



# COMMISSARIO DELEGATO

OCDPC 482/2017

## REGIONE TOSCANA

SETTORE GENIO CIVILE VALDARNO INFERIORE E COSTA

INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO SUL BACINO DEL RIO MAGGIORE - TRATTO 3 - APERTURA CANALE ED ADEGUAMENTO ALVEO NEL TRATTO DA VIA RODOCANACCHI A VIA TOTI, COMPRESO NUOVO PONTE VIA TOTI - COMUNE DI LIVORNO

### PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

DIRIGENTE RESPONSABILE DEL CONTRATTO

Ing. Francesco PISTONE

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Francesco PISTONE

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

PROGETTISTI



Studio INGeo

Ingegneri e Geologi Associati

Via dell'Acquacalda 840 A - 55100 Lucca

Telefono 0583 - 48682

Telefax 0583 - 464539

E-mail ingegneri@ingeo.it

Ing. Paolo Barsotti

CODICE ELABORATO

Anno	Commessa	Progetto	Elaborato	Tipologia	n°
2019	049	E	SPE	REL	B100

LIVELLO	Numero	Data	Stesura	Controllo	Approvazione
1 ^ Emissione		30/04/2020			
2 ^ Emissione		24/06/2020			
3 ^ Emissione		07/07/2020			

OGGETTO ELABORATO

Relazione geologica  
(a cura del Geol. Alessandro Ungari)

	Soggetto competente	Data	Firma	ELABORATO
Emesso	Progettista coordinatore/integratore Ing. Barsotti	Aprile 2020		REL
Visionato	R.U.P. Ing. Francesco Pistone			B.1
Confermato	D.R.C. Ing. Francesco Pistone			

Livorno - Via Aristide Nardini 31, 57125

Il presente fascicolo redatto a cura del dott. Geologo Alessandro Ungari contiene nell'ordine:

- Studio geologico e sismico preliminare (da pag. 3 a pag. 57);
- Studio geologico-tecnico definitivo (da pag. 58 a pag. 106);
- Elaborato Tavole e Allegati fuori dai testi degli studi citati (da pag. 107 a pag. 772).

**dott. Geologo Alessandro Ungari**  
- Pisa -  
Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126  
Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298  
C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

**COMUNE DI LIVORNO**  
**PROVINCIA DI LIVORNO**

***INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO  
SUL BACINO DEL RIO MAGGIORE, COMUNE DI LIVORNO***  
**- TRATTO 3 -**

**OGGETTO:** *STUDIO GEOLOGICO E SISMICO PRELIMINARE*

**COMMITTENTE:** REGIONE TOSCANA

**PROGETTAZIONE:** STUDIO INGEO

Redatto da:

dott. geol. Alessandro Ungari

Data:

marzo 2020



## Sommario

1. Premessa.....	4
1.1 Ubicazione dei tratti d'interesse e nello specifico del TRATTO 3.....	4
1.2 Normative di riferimento.....	5
2. Il Rio Maggiore e le opere previste (TRATTO 3).....	6
2.1 TRATTO 3 di intervento.....	7
2.1.1 Vita nominale.....	8
2.1.2 Classe d'uso.....	9
2.1.3 Periodo di riferimento.....	9
3. Inquadramento territoriale.....	9
3.1 Quadro idro-geomorfologico.....	9
3.2 Quadro geologico.....	11
3.3 Cenni litologico tecnici dei terreni interessati dagli interventi (TRATTO 3).....	17
3.4 Quadro idrogeologico.....	18
4. Ricognizione delle norme di salvaguardia e dei vincoli.....	20
4.1 Distretto Appennino Settentrionale - PGRA.....	20
4.1.1 Pericolosità da alluvione fluviale.....	20
4.1.2 Pericolosità derivata da fenomeni di flash flood.....	22
4.1.3 Rischio di alluvione.....	23
4.1.4 Fase transitoria ai sensi della D.C.I.I. 17 dicembre 2015, n. 232.....	24
4.2 La normativa della Regione Toscana.....	24
4.3 Pericolosità e vulnerabilità del territorio (SU comunali e provinciali).....	28
4.4 Valutazione dei vincoli.....	31
5. Fattibilità per gli interventi sul TRATTO 3.....	32
6. Indagini in situ.....	34
6.1 Penetrometrie dinamiche/statiche e ricostruzione litologica delle verticali.....	35
6.2 Sondaggi geognostici.....	38
6.3 Prove SPT in foro.....	39
6.4 Prove di permeabilità Lefranc.....	39
6.5 Prove di laboratorio.....	40
6.6 Prospezioni geofisiche.....	40
7. Sismicità dell'area e azioni sismiche di sito.....	41
7.1 Zonizzazione sismica.....	41
7.1.1 Zonizzazione sismogenetica.....	42
7.1.2 Strutture sismogenetiche.....	44

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508



---

7.1.3 Storia sismica di Livorno.....	44
7.2 Pericolosità sismica del sito.....	46
7.3 Categoria di sottosuolo e condizione topografica.....	46
7.4 Stati limite e probabilità di superamento.....	48
7.5 Valutazione dell'azione sismica di progetto.....	49
7.5.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.....	49
7.5.2 Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale.....	51
7.5.3 Gli spettri di progetto per gli stati limite.....	51
7.5.4 Calcolo dei parametri sismici e dell'accelerazione massima attesa sul sito.....	52
8. Il modello geologico del sottosuolo - TRATTO 3.....	52
8.1 Il modello geologico.....	52
8.2 Parametri geotecnici.....	53
9. Suscettibilità alla liquefazione.....	53
10. Terre e rocce da scavo.....	55
11. Considerazioni conclusive.....	55

## **Allegati e tavole fuori testo**

## 1. Premessa

A seguito dell'aggiudicazione definitiva della gara *Servizi di progettazione relazione geologica di livello preliminare e definitivo relativamente agli "Interventi di riduzione del rischio idraulico sul bacino del Rio Maggiore nel Comune di Livorno Tratti 3, 5, 6 e 7"* (CIG: 801700844A - CUP: J45B17000720002), avvenuta con Decreto n. 19168 del 21 novembre 2019, e del relativo contratto professionale stipulato con sottoscrizione il giorno 18 dicembre 2019 da parte dell'ing. Francesco Pistone, Dirigente responsabile del Settore Genio Civile Valdarno Inferiore della Regione Toscana, reso operativo ai sensi dell'art. 19 del D.M. 49/2018 con comunicazione pervenuta tramite PEC il giorno 28 gennaio 2020 (data ultima di consegna il giorno 13 aprile 2020), il sottoscritto geol. Alessandro Ungari, iscritto all'Ordine dei Geologi della Toscana con il numero 1423, ha redatto il presente studio geologico-tecnico, di natura preliminare, a supporto degli interventi previsti sui tratti specifici del corso d'acqua citato, al fine di una sua messa in sicurezza dal punto di vista idraulico e, in particolare con queste note, sul **TRATTO 3**.

Il quadro di riferimento progettuale per l'attuazione di tali interventi è stato dato con la "Redazione dello studio idrologico idraulico e progetto preliminare degli interventi di riduzione del rischio idraulico sul bacino idrografico del Rio Maggiore, in Comune di Livorno (LI)" relativo all'intervento "Rio Maggiore - Adeguamento alveo, argini e casse di espansione, compresa realizzazione di scolmatore - I stralcio" con affidamento avvenuto tramite Ordinanza del Commissario Delegato n. 11/2018 a Hydrogeo Ingegneria S.r.l.. Con tale studio sono stati definiti anche i costi delle opere e degli oneri accessori, nonché individuati gli stralci funzionali che potessero permettere una celere attuazione degli interventi. Infine sono stati affidati gli incarichi per l'esecuzione dei rilievi topografici del corso d'acqua e dei manufatti interferenti.

Le presenti note si sono basate, invece, sullo studio dei risultati riguardanti una campagna geognostica, svoltasi lungo il corso d'acqua in esame (agosto 2018, gennaio, marzo e maggio 2019), e confrontati con quei dati, recuperabili dalla bibliografia scientifica e letteratura tecnica, presenti nell'intorno delle sponde del Rio Maggiore. Lo scopo è stato quello di:

- valutare le possibili interazioni tra le opere in progetto e la situazione geologica che attualmente caratterizza la zona in esame,
- ricostruire il modello geologico del sottosuolo, che rimane imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della relazione d'opera geotecnica,
- valutare le proprietà sismiche dei terreni specifici.

Il tutto per arrivare a indicare la fattibilità realizzativa degli interventi dal punto di vista geologico.

### **1.1 Ubicazione dei tratti d'interesse e nello specifico del TRATTO 3**

La porzione di territorio, sede degli interventi in progetto, ricade all'interno del Comune di Livorno (Provincia di Livorno) e risulta di competenza idraulica del Consorzio 5 Toscana Costa.

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

In particolar modo, ci troviamo nella porzione centro meridionale del capoluogo livornese, in un'area compresa tra i quartieri Goito, Fabbriotti, Coteto e Salviano, a Nord, e Ardenza, La Rosa, La Scopaia e La Leccia, a Sud, con sbocco a mare del Rio Maggiore in corrispondenza dell'Accademia Navale.

Dal punto di vista cartografico i tratti in esame risultano inquadrati nello stralcio della sezione 283080 della CTR della Toscana in scala 1:10.000 (**Tavola 1**).

Con gli stralci dei fogli 16E62 e 16E54 della Regione Toscana, CTR in scala 1:2.000 (**Tavola 2**), viene invece mostrato il **TRATTO 3** oggetto di studio con il presente lavoro.

### **1.2 Normative di riferimento**

Il presente studio, oltre a prendere in esame gli elaborati geologici di pericolosità e fattibilità degli Strumenti Urbanistici (SU) del Comune di Livorno e le Norme tecniche di attuazione del Regolamento Urbanistico (RU), è stato condotto in ottemperanza alle pertinenti normative vigenti di seguito richiamate:

**Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152** - "Norme in materia ambientale" e successive modifiche e integrazioni;

**Decreto Consiglio Regione Toscana 24 luglio 2007, n. 72** - "Piano di Indirizzo Territoriale";

**Decreto Presidente Giunta Regione Toscana 9 luglio 2009, n. 36/R** - "Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2, della Legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico";

**Deliberazione Consiglio Regione Toscana 2 luglio 2014, n. 58** - "Integrazione del Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) con valenza di piano paesaggistico. Adozione ai sensi dell'articolo 17, comma 1, della Legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio)";

**Legge Regione Toscana 10 novembre 2014, n. 65** - "Norme per il governo del territorio";

**Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018** - "Norme tecniche per le costruzioni";

**Legge Regione Toscana 24 luglio 2018, n. 41** - "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni) Modifiche alla LR 80/2015 e alla LR 65/2014";

**Circolare Consiglio Superiore Lavori Pubblici 21 febbraio 2019, n. 7** - "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle N.T.C. di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

Sono state prese in considerazione anche l'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 e le successive modifiche e integrazioni, che definiscono la nuova classificazione sismica del territorio nazionale e le nuove norme tecniche per la costruzione in zona sismica.

Infine, abbiamo preso visione delle cartografie contenute nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, con le relative misure di salvaguardia, adottato con le delibere 231 e 232 del 17 dicembre 2015 dal Comitato Istituzionale Integrato da componenti designati dalle regioni, il cui territorio ricade nel distretto idrografico, non già

rappresentate nel medesimo Comitato, come richiesto dalle due direttive europee 2000/60/CE e 2007/60/CE, e approvato definitivamente dallo stesso Comitato Istituzionale con delibera 235 del 3 marzo 2016.

## **2. Il Rio Maggiore e le opere previste (TRATTO 3)**

Il Rio Maggiore è tra i più lunghi e capienti corsi d'acqua che scendono dalle Colline livornesi e ha origine a una quota di 300 m sul l.m.m. nella Valle Benedetta in prossimità del Poggio Lecceta.

I suoi numerosi rigagni e botri, provenienti da ogni lato, soprattutto in sinistra idrografica con i botri Santa Lucia, Sant'Antonio e della Ginestra, pur risultando piuttosto brevi, tanto da superare raramente il chilometro di lunghezza, sono però capaci di formare rapidamente un fragoroso ruscello che si va a scavare la via nella valle, grazie anche alle numerose sorgenti presenti che alimentano il corso d'acqua e garantiscono una sua portata pressoché costante per tutto l'anno.

Dopo due chilometri dal suo punto di origine, il Rio Maggiore riceve, da Nord, il suo primo considerevole affluente, ossia il Fosso delle Mantelline. Quest'ultimo prende il nome dalla località omonima posta a Sud del Poggio Cancelliaia (346 m), rilievo collinare vicino al più conosciuto Monte La Poggia (384 m).

Al quarto chilometro, in località Podere San Giuseppe, sempre dal Poggio Cancelliaia, il Rio Maggiore prende le acque dal Fosso delle Troie, il più grande dei suoi affluenti.

Nel tratto compreso tra i due maggior affluenti citati, in riva sinistra, il Rio Maggiore riceve anche le acque dei fossi del Castelluccio e Burchietto.

Il corso d'acqua lambisce, poi, la località di Limoncino, a una quota di circa 70 metri d'altezza sul mare, per poi essere attraversato dai ponti lungo la via della Valle Benedetta. Prima di questi due ponti, come ultimi affluenti, riceve due rigagnoli sulle sponda sinistra dalla collina di Bellosguardo.

Poco più a valle, la pendenza del letto del corso d'acqua diminuisce gradualmente e il Rio Maggiore perde velocità e fragore, addentrandosi così nel quartiere di Salviano della città livornese.

In quest'ultima parte del suo corso, di lunghezza pari a circa 4 km, il Rio Maggiore attraversa varie località periferiche al centro. Dopo Salviano, costeggia il limite meridionale del quartiere di Coteto, mantenendo una direzione Est-Ovest, per poi deviare verso SW in corrispondenza della località di Giuncaia.

Tocca, poi, il Cimitero della Misericordia, lungo il suo lato Sud, passando infine sotto la via dell'Ardenza, la vecchia strada Aurelia, e arrivando all'altezza di via C. Cattaneo, poco prima dell'area sportiva contenente lo Stadio comunale Armando Picchi, dove raggiunge una condotta sotterranea realizzata in più tratti a periodi diversi, tra la fine del 1800, l'epoca della costruzione dello stesso stadio (dal 1933 al 1935), con la deviazione del suo percorso naturale, e gli anni '70/'80 tramite gli ultimi tombamenti.

Il tratto tombato prosegue a Nord del campo scuola Renato Martelli e continua nei pressi della Curva Nord dello stadio, per poi sottostare al percorso pedonale che congiunge via Giorgio Rodocanacchi al viale Nazario Sauro; successivamente scorre nelle vicinanze di Barriera Margherita fino

allo sbocco in mare, situato all'interno del complesso dell'Accademia Navale.

La condotta sotterranea, lunga circa 1 km da via C. Cattaneo fino allo sbocco in mare, è interamente costituita da una struttura scatolare in c.a. con chiusini che permettono l'accesso per le opere di manutenzione e sorveglianza. Non mancano anche in questo tratto tombato colatori secondari di collegamento alla condotta principale.

I lavori d'interramento nella zona dove attualmente risiede il percorso pedonale furono effettuati in seguito ai non rari allagamenti che si verificarono nell'area che va da via Lusena al viale N. Sauro.

Risale al maggio 2013 la fine lavori per la mitigazione idraulica sul Rio Maggiore nell'ambito del Piano Particolareggiato del Nuovo Centro, tramite la costruzione di quattro casse d'espansione (n. 1 posta in destra idraulica e n. 3 in sinistra del Rio Maggiore) e risagomature arginali.

Leggere modifiche in corso d'opera sono state effettuate per la cassa posizionata più a monte, dove non è stata realizzata la parte in destra idraulica, e per una di quelle più a valle in cui è stata eseguita solo la parte in sponda sinistra. Gli effetti attesi sono una consistente riduzione delle portate, che globalmente secondo le indicazioni progettuali si riducono da 114,8 a 67,9 mc/sec.

Sono del 9 e 10 settembre 2017 le eccezionali precipitazioni che si sono letteralmente abbattute sul bacino del Rio Maggiore, tradotte poi in devastanti effetti sulla sua parte più urbanizzata.

Le erosioni d'alveo e, in particolar modo, le esondazioni, che hanno causato purtroppo anche la perdita di vite umane, si sono registrate soprattutto in corrispondenza di attraversamenti di sezione insufficiente od ostruita da materiale flottante, effetti al suolo del transito di un'eccezionale portata superiore alla capacità di deflusso del corso d'acqua, che si è generata con un evento meteorico che secondo le analisi specifiche risulta associabile a un tempo di ritorno più che cinquecentennale.

Nel post evento sono stati svolti interventi in somma urgenza per ripristinare le condizioni di sicurezza in tratti critici a seguito di erosioni spondali, asportare il materiale depositato nelle casse d'espansione esistenti e rimuoverci il materiale vegetale (soprattutto tronchi e ramaglie) trasportato dalla corrente e depositato generalmente a monte delle sezioni degli attraversamenti stradali.

Da qui lo studio idrologico idraulico e il progetto preliminare degli interventi di riduzione del rischio idraulico sul bacino idrografico del Rio Maggiore da parte di Hydrogeo Ingegneria S.r.l., come già citato in premessa, che tra le altre ha individuato gli stralci funzionali al fine di attuare gli interventi in progetto.

## **2.1 TRATTO 3 di intervento**

Gli interventi di riduzione del rischio idraulico sul bacino del Rio Maggiore, relativamente al **TRATTO 3** di nostra competenza, riguardano il sottopasso di via E. Toti e la struttura scatolare in c.a. che va da via N. Sauro a via G. Rodocanacchi, all'interno della quale passano attualmente le acque del Rio Maggiore. In **Figura 1** è visibile una panoramica aerea del tratto in esame estratta da Google Earth, mentre nell'**Allegato A** sono riportate delle fotografie dei luoghi d'interesse datate gennaio 2020.

Verrà, così, realizzato un nuovo attraversamento carrabile su via E. Toti, con sezione di progetto rettangolare in c.a. e dimensioni di 10 m x 3,9 m con savanella di magra.



**Figura 1** - Vista aerea del **TRATTO 3** d'intervento da Google Earth.

A valle del nuovo ponte si prevede un tratto aperto del corso d'acqua lungo il viale N. Sauro e fino all'imbocco della nuova opera di sottoattraversamento di viale Italia, che rientra nel TRATTO 2. La sezione di progetto del canale si mantiene rettangolare, di larghezza 10 m, con savanella di magra e muri verticali in c.a. rivestiti in pietra. Ai lati del canale si prevede la realizzazione di un percorso pedonale in sinistra idraulica e di una pista ciclabile in destra, a raccordo con l'esistente. La lunghezza del tratto di intervento è circa 40 m.

Anche a monte del ponte su via E. Toti, il Rio Maggiore verrà riaperto con opera in c.a. a sezione rettangolare di larghezza pari a 10 m, con savanella di magra e pareti rivestite in bozze di pietra. Nella definizione del nuovo percorso a cielo aperto sono state valutate le distanze minime tra le opere da realizzare e gli edifici esistenti, vista la delicatezza degli interventi in questo tratto fortemente urbanizzato. Ove queste non consentono un'agevole realizzazione delle nuove opere si è optato per il mantenimento dell'attuale perimetro del corso d'acqua, utilizzando le strutture esistenti come cassaforma per i nuovi muri di contenimento in c.a. Gli allargamenti della sezione rispetto all'impronta del tratto tombato attuale, definiti secondo il criterio succitato, hanno portato le distanze minime dagli edifici esistenti pari a 3 m. In sinistra idraulica si prevede la realizzazione di un percorso pedonale. La lunghezza del tratto di intervento è circa 170 m.

Per maggiori dettagli architettonici e strutturali rimandiamo agli elaborati progettuali dello Studio INGEO di Lucca (LU), via dell'Acquacalda n. 840/A, che dovranno anche attribuire una vita nominale, una Classe d'uso e il conseguente periodo di riferimento agli interventi specifici, in accordo con i tecnici della Regione Toscana. Al riguardo, in questa sede, ipotizziamo in prima battuta quanto di seguito riportato.

### **2.1.1 Vita nominale**

La vita nominale di progetto  $V_N$  di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

livelli prestazionali. I valori minimi di  $V_N$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella **Tabella 1**. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

**Tabella 1** - Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni (Tab. 2.4.I delle NTC 2018).

In prima analisi prendiamo come riferimento una vita nominale  $V_N$  pari a 50 anni.

### 2.1.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le NTC definiscono 4 Classi d'uso. Come classe di riferimento prendiamo in questa sede la seguente:

Classe II - "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti."

### 2.1.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione a un periodo di riferimento  $V_R$ :  $V_R = V_N \times C_U$  con  $C_U$  definito al variare della classe d'uso, come mostrato nella **Tabella 2**.

Dalle ipotesi fatte deriva un periodo di riferimento  $V_R = 50 \times 1 = 50$  anni.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

**Tabella 2** - Valori del coefficiente d'uso  $C_U$  (Tab. 2.4.II delle NTC 2018).

## 3. Inquadramento territoriale

### 3.1 Quadro idro-geomorfologico

La zona d'interesse si colloca in quell'area pianeggiante chiamata Piana di Livorno, che degrada dolcemente verso il mare, formatasi con la trasgressione eustatica tirreniana e costituita da sedimenti prevalentemente del Pleistocene superiore.

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

La Piana di Livorno, corrispondente al cosiddetto Terrazzo basso e costiero (compreso tra le località di Suese e Antignano), è delimitata a Nord dall'orlo meridionale della Pianura dell'Arno, a Ovest dal Mar Tirreno, a Sud ed Est dai Monti Livornesi, oltreché dalle Colline Livornesi, insieme di blandi e dolci rilievi caratterizzati da depositi neogenici e del Pleistocene inferiore e medio.

Escludendo le evoluzioni paleogeografiche più remote e focalizzandoci a quelle a noi più vicine, geologicamente parlando, tra 10 e 5 milioni di anni fa, all'epoca del Miocene superiore, i Monti Livornesi si trovavano circondati dal mare fino alla massima estensione di questo dominio, avvenuta nel Pliocene inferiore, quando le cime più alte dovevano creare un vero e proprio arcipelago di piccole isole.

A metà Pliocene, col graduale ritiro del mare e con la conseguente terminazione dell'azione morfologica ad esso connessa, è andata sviluppandosi nel tempo una diffusa rete idrografica con spiccata tendenza erosiva. È per questo che nell'area montana non esistono residui di strutture geomorfologiche superficiali più antiche di questi periodi.

Per le aree pianeggianti di Livorno non possono, invece, essersi conservate naturalmente morfologie più antiche dell'età dei vari terrazzi eustatici che le compongono. Qui la conformazione idrografica è decisamente posteriore al Tirreniano (100.000 anni fa), in quanto le aste dei corsi d'acqua incidono il terrazzo riferibile a questo piano.

La rete idrografica ha acquisito la conformazione attuale durante le glaciazioni del Wurm.

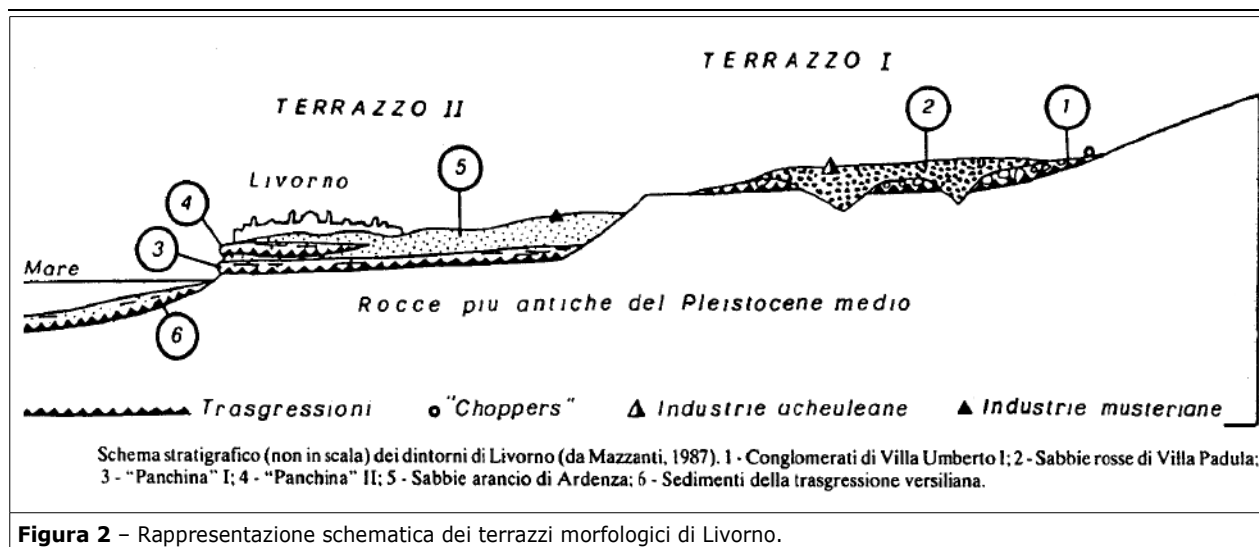
È plausibile ritenere, comunque, che anche prima delle trasgressioni tirreniane non fosse presente un sistema di valli ben incise, la morfologia fosse pianeggiante e i fenomeni di deposizione successivi abbiano sepolto queste lievi ondulazioni, andando a formare una piana in dolcissima pendenza, sulla quale i corsi d'acqua devono avere dilavato la sola superficie, operando delle impercettibili incisioni.

Oggi, la fascia costiera del territorio del Comune di Livorno presenta lineamenti morfologici molto variabili, in cui si distinguono un'ampia pianura prospiciente la costa, dove è sviluppata la città, una zona collinare-montana, rappresentata dai rilievi occidentali dei Monti Livornesi, e una zona pedecollinare di raccordo tra la piana e i rilievi più alti, caratterizzata da una serie di spianate morfologiche (**Figura 2**).

La Piana di Livorno si presenta, così, come un ampio triangolo isoscele col vertice a Sud, in corrispondenza di Antignano - Maroccone, la base a tramontana, tra la foce del Calambrone e la fattoria Suese a Stagno, il lato di ponente rappresentato dalla linea di costa e quello di levante corrispondente all'orlo occidentale dei Monti Livornesi.

La zona montana (e collinare, per le sue altezze) è costituita dalla dorsale dei Monti Livornesi, che si allinea in direzione N-S da Bocca di Gesso - Le Parrane fino a Castiglioncello - Rosignano Marittimo. Malgrado non raggiunga mai i 500 m di altitudine, questa catena montuosa si presenta ben delineata grazie al brusco dislivello con le zone più depresse che la circondano.





**Figura 2** – Rappresentazione schematica dei terrazzi morfologici di Livorno.

Il terrazzo più interno e più alto è quello di Fattoria delle Pianacce (località sopra Antignano), che risulta compreso, dal punto di vista altimetrico, tra le quote di 120 m e 60 m sul l.m.m. e occupa una fascia larga un paio di chilometri nel punto massimo, bordando i Monti Livornesi dalle aree collinari di Guasticce a Nord fino a Calafuria a Sud, con una direzione NNE-SSW.

La seconda spianata, chiamata Terrazzo di Villa Padula, è invece di ridotte dimensioni estendendosi arealmente tra il Rio Popogna - Ardenza e il Rio Paganello a Nord, con quote massime di 40 m sul l.m.m.

Il terzo e il più basso è il Terrazzo di Livorno, che coincide con la piana della città e raggiunge le quote massime di 20-25 m sul l.m.m.

Nella **Tavola 3** di PS del Comune di Livorno non si rilevano particolari segni geomorfologici ad eccezione dei lineamenti sopra menzionati, così da avere una lettura piuttosto semplice di tale aspetto. Nel dettaglio, l'area pianeggiante specifica risulta avere un assetto, nel complesso, stabile assestandosi su quote medie di 6 m s.l.m.m. (dato da CTR al 2.000).

### 3.2 Quadro geologico

L'area comunale livornese si inserisce in un territorio geologicamente complesso, dove affiorano unità differenti per caratteri litologici e assetto tettonico. Si hanno, infatti, sia rocce che formano il substrato antico della Toscana marittima sia sedimenti marini e fluvio-lacustri del ciclo neogenico di età compresa tra il Miocene superiore e il Quaternario: le rocce più antiche costituiscono l'ossatura della dorsale dei Monti Livornesi mentre i sedimenti neogenici vanno a colmare le depressioni tettoniche e formano le zone collinari terrazzate e le piane.

Il quadro generale brevemente descritto è il frutto di una serie di eventi tettonici complessi, inizialmente influenzati da regimi compressivi e poi caratterizzati da sforzi distensivi.

Dopo la sedimentazione delle arenarie del Macigno avvenuta nell'Oligocene, l'area del livornese è stata infatti interessata da un corrugamento tettonico verificatosi nel successivo Miocene, con traslazione delle

unità liguri, provenienti da un dominio di sedimentazione più occidentale rispetto a quello toscano, e loro messa in posto come falde di ricoprimento.

Successivamente, a partire dal Miocene superiore, circa 10 milioni di anni fa, inizia e si sviluppa nella Toscana occidentale una fase distensiva: si instaurano così i bacini di sprofondamento come la Piana di Livorno, la Pianura Pisana, il bacino del Tora-Fine, separati da aree più elevate come i Monti Livornesi, i Monti Pisani, quelli d'Oltreserchio ecc.

Tali fasi tettoniche continuano a fasi alterne per tutto il Pliocene. Nel Pliocene medio si registra una fase di lento sollevamento generale che risulta attiva almeno fino al Pleistocene inferiore.

Fino a questo momento la piana litoranea continua a far parte di un bacino in subsidenza che sembra interessato da repentini e limitati sprofondamenti. Con la chiusura del Pliocene inferiore si chiude, anche, il modellamento geomorfologico legato ai movimenti distensivi lungo le faglie e prende importanza prepotentemente l'oscillazione del livello del mare con le sue trasgressioni e regressioni dovute all'eustatismo glaciale. Questo si verifica almeno lungo la fascia costiera interessata dai terrazzi eustatici.

Durante il Pleistocene medio si ha un lentissimo sollevamento che si esaurisce intorno ai 100.000 anni fa. È in questo periodo che vengono modellati i terrazzi che bordano verso mare i Monti Livornesi.

La spianata più alta, ovvero il Terrazzo di Fattoria delle Pianacce, risale all'interglaciale Mindel - Riss compreso tra 250 e 400.000 anni fa, mentre il Terrazzo di Villa Padula, intermedio, è probabilmente di età intrarissiana (200.000 anni fa).

Col Pleistocene superiore cominciano le trasgressioni marine tirreniane: in tutto se ne contano tre, seguite da altrettante regressioni coincidenti con i periodi glaciali delle tre fasi Wurmiane.

Durante questi movimenti marini di trasgressione e regressione si registra il modellamento della spianata più bassa, il Terrazzo di Livorno, al quale corrisponde più a Sud quello di Quercianella.

Con l'ultima fase Wurmiana, circa 20.000 anni fa, si rileva il massimo abbassamento del livello del mare, più basso di 100 m rispetto a quello attuale.

Diecimila anni fa inizia la grande risalita del mare con la trasgressione Versiliana fino al raggiungimento della posizione attuale.

Nell'area livornese, l'attività tettonica post-parossistica è dunque documentata fino al Pleistocene inferiore.

Occorre sottolineare che nessuno dei terrazzi descritti è stato interessato da faglie. Le loro inclinazioni sono sempre piuttosto dolci e sembrano legate al processo di avanzamento della costa durante il progressivo innalzamento del mare nelle varie fasi eustatiche positive.

Per quel che riguarda la spianata di abrasione marina del Terrazzo di Livorno, questa addirittura non sembra neanche interessata da fenomeni di sollevamento o sprofondamento in qualche modo dimostrabili. Si evidenzia, perciò, la sostanziale stabilità dell'area nei tempi più recenti, almeno a partire da 100.000 anni fa.

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Nella porzione centro Sud della Piana, partendo dall'alto, la litostratigrafia del sottosuolo viene schematizzata in questo modo:

- formazioni marine e salmastre del Pleistocene inferiore, costituite da argille, argille sabbiose e sabbie;
- formazioni marine del Pliocene, formate da marne, calcareniti, argille con intercalazioni sabbiose e sabbie;
- formazioni marine e salmastre del Messiniano (Miocene superiore) caratterizzate da conglomerati, calcari organogeni, depositi evaporitici e sabbie.

Il substrato del complesso più antico, riferibili a rocce dell'Alloctono ligure, tende ad approfondirsi procedendo verso Nord. Nel centro urbano di Livorno, ad esempio, questo presenta già una profondità di diverse centinaia di metri.

Tralasciando le rocce appartenenti al Dominio toscano, che non interessano direttamente il nostro studio, andiamo invece a focalizzare la nostra attenzione su quelle litologie che troviamo nel bacino idrografico del Rio Maggiore, corso d'acqua oggetto degli interventi citati. Per fare questo ci siamo serviti della cartografia geologica di A. Lazzarotto, R. Mazzanti e C. Nencini (1990) relativa ai comuni di Livorno e Collesalveti e alle sue note illustrative, in quanto ritenute maggiormente idonee a descrivere la realtà litostratigrafica del territorio livornese (**Tavola 4**).

Tra le rocce facenti capo al Dominio ligure e presenti in quest'area prevalgono nettamente gli argilloscisti, con interstrati di calcari silicei e marnosi a palombini e tipo alberese, marne, marnoscisti e siltiti con calcareniti, normalmente a giacitura caotica.

Il Complesso Alloctono inferiore, riferibile alle età comprese dal Cretaceo superiore al Paleocene superiore, presenta le seguenti unità litostratigrafiche:

- Argilliti varicolori del Fortulla, di colore rosso e verde, presenti in strati di spessore decimetrico ed aventi una potenza complessiva stimabile in alcune centinaia di metri; l'ambiente deposizionale di questa formazione è quello di scarpata continentale e gli affioramenti migliori si trovano nella zona di Valle Benedetta, dove è ben visibile il rapporto con le soprastanti unità del Complesso Alloctono intermedio e superiore;
- Formazione di Antignano, formata da argilliti, arenarie calcarifere, marne, siltiti e subordinati livelli di brecce; siltiti e argilliti si presentano in livelli di spessore decimetrico con colore grigio scuro, in cui sono intercalati strati calcarei color nocciola, aventi uno spessore di alcuni decimetri, e banchi di calcari marnosi di color grigio chiaro; questi depositi si sono formati in un ambiente di scarpata continentale; sono inoltre presenti, sia pure in quantità subordinata, livelli di brecce costituite da ciottoli di natura calcarenitica e calcareo-marnosa, immersi in una matrice fine di natura argillitica; l'intera formazione ha uno spessore stimabile in alcune centinaia di metri e gli affioramenti più evidenti si trovano lungo il litorale, nei pressi di Antignano, lungo il Rio Marocccone, e a Monte La Poggia - Valle Benedetta.
- Flysch calcareo-marnoso di Poggio S. Quirico, costituito da livelli calcareo-marnosi, marnosi a base arenacea, argillitici e arenacei; sono inoltre presenti livelli di brecce ad elementi calcareo-marnosi; l'ambiente di deposizione di quest'unità è quello di piana in facies torbida e il suo spessore totale è

stimabile in alcune centinaia di metri; gli affioramenti migliori si trovano nei pressi di Monte La Poggia e di Montenero e fra i fossi della Banditella e delle Pianacce, sopra Antignano.

Nella parte meridionale della piana, fra Ardenza - Collinaia e il Marroccone, le prime due formazioni citate poco sopra costituiscono, anche, il substrato della parte meridionale del Terrazzo di Livorno: affiorano, infatti, su tutta la scarpata di costa e al piede delle prime pendici.

Anche nell'Alloctono intermedio del Cretaceo superiore sono distinguibili diverse unità litostratigrafiche:

- Arenarie, siltiti e argilliti con Pithonella e livelli di brecce, sedimentatisi in ambiente di scarpata continentale, formazione che è costituita principalmente da livelli di siltiti e argilliti di colore grigio con intercalazioni di arenarie in strati decimetrici e subordinati livelli di brecce con clasti marnosi, siltitici e arenacei; lo spessore stimato è di un centinaio di metri circa e affioramenti consistenti si ritrovano in varie località, ossia sulle pendici sopra Limoncina, lungo il Botro del Molino, in Popogna, nella valle del Quarata;
- Flysch calcareo-marnoso di Monteverdi M.mo; questo si caratterizza per la sua elevata variabilità litologica, dovuta alla presenza di livelli di natura molto diversa, come gli strati di marne arenacee in cui sono intercalati orizzonti di spessore decimetrico di arenaria argillitica, a cui seguono, in sequenza, banchi di calcare marnoso, un banco di circa 10 metri di potenza con ciottoli di varia natura e dimensioni, immersi in una matrice fine argillitica. La sequenza stratigrafica termina con strati di calcare marnoso. La deposizione di questa formazione è avvenuta in ambiente pelagico in facies torbida. Notevoli affioramenti sono osservabili nella zona di Monte La Poggia.

Dell'Alloctono superiore, di età Giurese superiore - Cretaceo inferiore e caratterizzato da litotipi di natura molto eterogenea, come quelli di origine ofiolitica (serpentiniti, gabbri, brecce di gabbro, plagiograniti e basalti) e altri di origine sedimentaria (diaspri, argilliti e calcari silicei a palombini), le rocce che interessano il bacino idrografico del Rio Maggiore sono quelle stratigraficamente più alte, ovvero le:

- Argille e calcari silicei a palombini, formazione che risulta un po' presente ovunque nel territorio livornese e che costituisce tra l'altro i rilievi di Castellaccio, il Montaccio e, più a meridione, i colli di Quercianella, dal Botro Rogiolo fino al Torrente Chioma.

La serie litostratigrafica del livornese prosegue, poi, con le formazioni appartenenti al Complesso Neoautoctono di età miocenica superiore. Tra quelle a noi più vicine ricordiamo le formazioni:

- Conglomerati rossi e verdi, talora ligniferi, che si presentano in rapporto di discordanza stratigrafica col sottostante Alloctono ligure e sono costituiti, dal punto di vista litologico, da ciottoli di dimensioni assai variabili, derivanti dalle sottostanti unità, immersi in una matrice sabbiosa - siltosa di colore rosso; gli spessori sono molto variabili da zona a zona, ma sempre minori dei cento metri; la loro deposizione è avvenuta in ambiente deltizio e gli affioramenti più significativi sono nei pressi di Poggio Corbolone e di Quarata;
- sedimenti della Formazione del Calcare di Rosignano, con affioramenti nei pressi di Villa Limone, a Limoncina, in Popogna, a Cafaggio e in Quarata, riferibile a un ambiente deposizionale di scogliera;
- Calcare dell'Acquabona, unità costituita da brecce calcaree di colore bianco formate da frammenti di colonie coralline e algali (due piccolissimi lembi sono presenti nella zona di Ardenza);

- 
- Conglomerato di Villa Mirabella con ciottoli subarrotondati provenienti dalle formazioni del sottostante Complesso Alloctono, immersi in una matrice sabbiosa con elevato cemento calcareo (l'ambiente deposizionale è di delta);
  - Calcare di Castelnuovo, unità calcarea corallifera che presenta numerose interdigitazioni di materiale terrigeno (sabbie, ciottoli), che fanno ritenere una sua deposizione in un ambiente transizionale, di tipo deltizio;
  - Marne e Marne argillose depositatesi in ambiente lagunare, anch'esse affioranti dove si rinviene la Formazione del Calcare di Rosignano;
  - Gessi e marne calcareo-sabbiose di Case Pian di Torri, unità costituita da alternanze di livelli gessosi e marnosi in banchi di spessore intorno ai 10 m, depositatesi in ambiente evaporitico (lagunare chiuso); gli unici e minuscoli affioramenti sono nei pressi del Rio della Puzzolente ed a Limoncino;
  - Sabbie e conglomerati della Villa di Poggio Piano, appartenenti ad un ambiente deposizionale di tipo transizionale; si rinvengono quasi esclusivamente nella zona del Rio Paganello alle pendici settentrionali de La Poggia.

Mancano completamente in affioramento lungo il Rio Maggiore le sequenze stratigrafiche del Pliocene inferiore e medio (Argille azzurre, Sabbie gialle e Calcareni e sabbie ad Amphistegina), che costituiscono invece il substrato sul quale poggiano i depositi del Terrazzo di Livorno per gran parte della Piana.

La serie stratigrafica affiorante nella zona del livornese prosegue con le formazioni del Quaternario. I sedimenti delle varie unità stratigrafiche si sono via via addossati a quelle precedenti, determinando una morfologia a terrazzi debolmente degradanti dalle pendici collinari verso il mare.

Per questa complessità di sedimentazione si hanno continue variazioni verticali e rapidi passaggi laterali nel pacco di terreni più superficiali.

Le unità sono caratterizzate, alla base, dalla presenza di sedimenti marini di esiguo spessore, più in alto, di sedimenti ancora marini e di colmamento, a modesto spessore, e, al tetto, di sedimenti continentali eolico-dunali, salmastro-palustri e deltizio-fluviali, sempre a spessore modesto. Si hanno:

- Conglomerati di Villa Umberto I e conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci costituiti da ciottoli provenienti dallo smantellamento di unità dell'Alloctono e del Flysch di Calafuria; questa formazione si è deposta in un ambiente di mare basso e deltizio-lacustre ed è visibile su tutto il Terrazzo alto di Fattoria delle Pianacce.
- Sabbie rosse, calcareniti sabbiose di Villa Padula ovvero depositi di origine continentale, eolica, che affiorano nella zona tra Collinaia e Salviano, sul Terrazzo di Villa Padula-Salviano.
- Conglomerato di S. Stefano: costituito da ciottoli provenienti dallo smantellamento di unità dell'Alloctono e della Successione toscana, immersi in una matrice sabbiosa; dal punto di vista paleoambientale, questi depositi testimoniano una fase trasgressiva con l'impostazione di condizioni deposizionali tipiche di mare basso. Affioramenti minuscoli si trovano nella zona di S. Stefano ai Lupi.
- Calcareni sabbiose di Castiglioncello ("panchina") con i livelli inferiori che presentano caratteri deposizionali tipici di ambiente marino litorale, mentre i livelli superiori di tipo continentale; gli affioramenti si trovano in grande abbondanza sul Terrazzo di Livorno, lungo tutto il litorale da Ardenza fino al Marroccone e sulla spianata di Quercianella fino a Chioma.

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

---

- Conglomerati, calcareniti sabbiose e sabbie limose di Rio Maggiore, di ambiente di tipo fluvio-lacustre con gli unici affioramenti osservabili nei dintorni di Salviano.

- Sabbie di Ardenza, formazione costituita da sabbie fini derivanti da accumulo di tipo eolico e affiorante su un'ampia fascia del Terrazzo di Livorno, da Antignano a S. Stefano ai Lupi.

Infine, chiudono la complessa sequenza stratigrafica del livornese, i depositi di età variabile dal Pleistocene superiore all'Olocene: si tratta principalmente di alluvioni recenti dei corsi d'acqua, depositi di spiaggia, sedimenti palustri alluvionali e di colmata. Questi ultimi occupano tutta l'area bassa a settentrione della città, fra il bordo del terrazzo (la cosiddetta Gronda dei Lupi) e lo Scolmatore dell'Arno.

Per il dettaglio degli affioramenti e per una miglior resa grafica, circa i vari tratti in studio, abbiamo fatto riferimento, invece, alla cartografia geologica di PS del Comune di Livorno (**Tavola 5**), che non apporta sostanziali modifiche a quanto già asserito sopra, eccezion fatta per la terminologia delle unità litostratigrafiche. Abbiamo, così, dalla foce all'altezza di via di Levante, lungo il Rio Maggiore, i seguenti depositi come descritti dagli elaborati geologici di PS:

\* Depositi quaternari:

- Depositi antropici - Area fortemente antropizzata (ant) ovvero area dove la struttura antropica impedisce l'osservazione degli elementi geologici e geomorfologici

\* Depositi olocenici:

- Coperture detritiche indifferenziate (a3) - Accumuli detritici di varia natura e granulometria,

\* Depositi pleistocenici dei terrazzi glacioeustatici:

- Sabbie rosso arancio di Donoratico (QSD), coincidenti con le Sabbie rosse di Ardenza - Sabbie da medie a fini, talora siltose, di colore variabile dal rosso bruno all'arancio, con screziature giallo ocra o grigio-verdi e presenza di noduli carboniosi e ferro-manganesiferi; struttura massiva, talvolta con lenti da centimetriche a decimetriche di sabbie più grossolane con clasti di dimensioni ruditiche; rari gasteropodi polmonati e resti vegetali. Ambiente continentale ma variabile tra l'eolico, il colluviale e quello di piana di esondazione fluviale (in quest'ultimo caso possono contenere quantità diverse di ciottoli o di materiali detritici brecciformi). Lo spessore medio è dell'ordine di qualche metro, difficilmente superiore a 5 m. Pleistocene superiore.

- Calcareniti (Panchina) di Castiglioncello (QCP), coincidenti con le Calcareniti sabbiose di Castiglioncello - Banchi di calcareniti grossolane e medie ben cementate alternate a sabbie di colore chiaro, e sabbie-limose e limi di colore bruno-rossiccio (rif. QSD e/o VDG); localmente brecce costituite da clasti angolosi e subangolosi di argilliti e argilloscisti (liguridi) di dimensioni variabili da centimetriche a decimetriche e isorientati, in matrice sabbioso-siltosa di colore bruno (cfr. Brecce di P.ta Casotto del progetto CARG, qui incorporate nella Panchina). I banchi calcarenitici hanno spessori che variano dai 50 cm ai 2 m e sono caratterizzati dalla presenza di ciottoli clastosostenuti alla base forati da litofagi, concrezioni intrasedimentarie suborizzontali e verticali, stratificazione incrociata concava e presenza di frammenti di faune ad ospiti caldi di spiaggia. Ambiente marino litorale di spiaggia, di duna ed eolico e/o colluviale. Lo spessore massimo complessivo è intorno ai 10 m. Pleistocene superiore.

- Calcareniti - Litofacies sabbiosa (QCPa), coincidente con le Calcareniti sabbiose di Castiglioncello - Litofacies di QCP caratterizzata da strati laminati di sabbie da medie a grossolane, ben cementate, di colore marrone chiaro, spessori da 50 cm a 2 m, e strati massivi di sabbie da medie a fini non cementate, di colore marrone scuro, spessi fino a 1 m (cfr. QSD). Pleistocene superiore.

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

---

- Calcareniti - Litofacies conglomeratica (QCPb), coincidente con le Calcareniti sabbiose di Castiglioncello -  
Litofacies di QCP caratterizzata da conglomerati clastosostenuti, con matrice sabbiosa grossolana, in cui è visibile una stratificazione incrociata planare ad alto angolo. Si trovano spesso alternati alle sabbie della litofacies QCPa. Pleistocene superiore.

### **3.3 Cenni litologico tecnici dei terreni interessati dagli interventi (TRATTO 3)**

La **Tavola 6**, relativa alla Carta litologico-tecnica di PS, conferma il quadro geologico descritto in precedenza, accorpando rocce e terreni in 5 classi principali a seconda della coerenza dei depositi (Unità litotecnica), suddivise in varie sottoclassi che tengono conto dell'estrema variabilità litologica, strutturale, fisica, granulometrica e di addensamento che caratterizza gli affioramenti.

Le caratteristiche litotecnica condizionano, ovviamente, la distribuzione spaziale, la frequenza, le caratteristiche morfometriche, il cinematismo dei movimenti gravitativi e incidono sui possibili fenomeni di subsidenza (in concomitanza con l'assetto idrogeologico), di cedimenti e cedimenti differenziali, di possibile liquefazione dinamica in condizioni sismiche.

Dalla carta sopra citata osserviamo che nella porzione più vicina al mare, interessante soprattutto il **TRATTO 3**, sono presenti in affioramento e/o sub-affioramento **litotipi coerenti (Classe 1)** e, in particolare, quelli della **sottoclasse LC3** caratterizzata da materiali lapidei monolitologici stratificati e non fratturati a piccola scala.

Man mano che ci spostiamo verso monte, sul Rio Maggiore e sulle sue sponde, sia di destra che di sinistra, per l'ultima parte del **TRATTO 3**, vengono cartografati **litotipi semincoerenti (Classe 2)** della **sottoclasse LS2** costituita da materiali granulari cementati o molto addensati a grana prevalentemente medio fine.

Relativamente alla porzione di sottosuolo normalmente corrispondente al concetto di volume significativo, quella entro cui si esercita l'influenza delle strutture, e riguardo alla sua litostratigrafia e caratterizzazione geotecnica, sono state prese in considerazione le indagini geognostiche effettuate tra il 2018 e 2019 dalla ditta GAIA Servizi S.n.c. (sede in Via Lenin n. 132/Q di San Giuliano Terme - PI), che per conto della Regione Toscana, molto prima dell'incarico professionale relativo al presente studio, ha indagato i terreni lungo il Rio Maggiore, dalla foce fino alla località Limoncino.

Tali indagini, presentate più avanti nei capitoli di pertinenza, insieme a quelle del laboratorio geotecnico, che ha analizzato i campioni prelevati con i carotaggi e vedremo con lo studio definitivo, confermano tendenzialmente il quadro conoscitivo così come presentato, mettendo in evidenza un sottosuolo costituito da un primo importante orizzonte di natura antropica con materiali di riporto in matrice limo sabbiosa e argillosa, una successione di depositi granulari alternati a sedimenti più coesivi e un'orizzonte "guida" argilloso e argilloso limoso piuttosto consistente.

In prima analisi, sembra opportuno pensare che le alternanze rilevate possano influenzare l'aspetto litotecnico dei terreni del sottosuolo specifico, caratterizzati da proprietà meccaniche generalmente variabili in relazione al tenore di limo, argilla o sabbia presente.

---

### **3.4 Quadro idrogeologico**

Per il territorio del Comune di Livorno, ma un po' per tutti gli ambienti, l'assetto idrogeologico è dominato, in prima battuta, dalla permeabilità media delle formazioni presenti e, in seconda istanza, dalla presenza di una ricarica che garantisca o meno i necessari afflussi idrici sotterranei e permettano l'instaurarsi di una falda strutturata (o di più falde, a seconda degli acquiferi presenti).

Nell'area livornese, coerentemente con l'assetto geomorfologico e litologico, è possibile schematizzare a livello idrogeologico due aree principali, una collinare che andremo a descrivere brevemente e una pianeggiante sulla quale ci soffermeremo con più attenzione considerati i tratti del Rio Maggiore sui quali dovremmo intervenire che ricadono appunto sulle aree pianeggianti.

Il settore montano-collinare, costituito da quelle rocce descritte nei paragrafi precedenti, non permette, almeno sulla base delle conoscenze attuali, significativi volumi di immagazzinamento idrico che alimentino una vera e propria falda sotterranea. A testimonianza di ciò vi è anche la mancanza di manifestazioni sorgive perenni in queste aree.

I deflussi sotterranei, relativamente modesti, si possono registrare lungo le linee di drenaggio preferenziale, condizionate dall'andamento dei sistemi di discontinuità all'interno dei vari ammassi litoidi caratterizzati da una medio-bassa permeabilità secondaria.

Le ofioliti rappresentano i litotipi che più permettono una circolazione idrica fino ad una certa profondità, visto il loro stato di fratturazione generalmente di notevole entità tanto da permettere una loro discreta imbibizione.

Per le altre rocce, soprattutto quelle argillitico-scistose delle liguridi, la circolazione è limitata alla copertura terrigena superficiale e alla roccia alterata (da pochi metri a qualche decina di metri), strettamente legata alle ricariche meteoriche stagionali e difficilmente alimentante in maniera significativa acquiferi profondi.

L'area pianeggiante livornese, posta tra la Pianura Pisana, a Nord, e i rilievi collinari e montuosi, a Sud del centro abitato, risulta, a livello regionale, una tipica area costiera, con una conosciuta e precisa configurazione idrogeologica per il Terrazzo di Livorno e con la parte Sud della Provincia di Pisa, strutturata da consistenti spessori di alluvioni fluviali, influenzata da linee di spiaggia in avanzamento e trasformata continuamente nell'evoluzione paleogeografia in quelle forme geomorfologiche proprie delle aree retrodunali.

La situazione nel centro abitato e nell'area portuale risulta completamente diversa grazie alle fasi di imbonimento, alle bonifiche agrarie e ai banchinamenti, che hanno complicato ulteriormente la situazione con una lama di mare e una linea di transizione salata-salmastradolce in avanzamento nell'entroterra, mai uniforme.

In quest'area si rileva, così, una falda freatica, talvolta semifreatica, piuttosto limitata e confinata in quegli spessori superficiali legati sia ai riporti antropici, sia ai depositi terrigeni a maggiore componente sabbiosa riferibili all'Olocene e al Pleistocene.

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508



La base di tale falda superficiale è un notevole orizzonte di sedimenti a prevalenza argillosa e con variabilità da sabbiosa ad argillosa.

Tale dato viene confermato, anche, dalle informazioni ricavabili dai pozzi presenti nella maggior parte del territorio cittadino, tendenzialmente ad uso domestico, con profondità in genere di pochi metri, da 6/7 a 10/12 in media, che si interrompono, infatti, dove si registrano i primi depositi argillosi impermeabili.

All'interno dei depositi superficiali del Pleistocene, a componente sabbiosa, risulta spesso presente, come è lecito aspettarsi, il classico litotipo calcarenitico costiero chiamato appunto Panchina: le sue bancate, non sempre continue, talvolta fratturate e/o poco cementate, possono contribuire ad aumentare localmente l'immagazzinamento idrico.

È in questa ottica che si inseriscono le aree adiacenti al Rio Maggiore e, in particolar modo per quel che ci riguarda, quelle in esame (tratti d'intervento 3, 5, 6 e 7).

Dai dati a nostra disposizione, infatti, si registrano quasi ovunque nel sottosuolo d'interesse un pacco più superficiale costituito da sabbie e calcareniti, comunque incoerente e permeabile per porosità, che tende a sormontare livelli argillosi (orizzonte "guida"), in ogni caso a componente fine, impermeabili, che rappresentano la base locale dell'acquifero di cui sopra, come del resto è visibile dalle fotografie delle carote riportate in allegato alla presente.

La soggiacenza del primo acquifero presente nella zona è piuttosto eterogenea, con variazioni laterali e profondità comprese tra 2 e 4 m dal p.c.; la potenzialità del corpo idrico risulta piuttosto limitata e il sistema di flusso risulta semplice e locale.

Nella Carta idrogeologica di PS sono state suddivise le varie rocce e i diversi terreni in base al tipo di permeabilità (porosità primaria, secondaria e mista) e al grado (da alto a basso e nullo). Così facendo e seguendo le normative e direttive tecniche, gli esperti comunali hanno individuato 3 classi principali e le necessarie sottoclassi a seconda della velocità di flusso della risorsa idrica sotterranea nello specifico litotipo (analisi qualitativa).

Alle unità idrogeologiche definite in carta è stato possibile attribuire facilmente valori medi di permeabilità, tenendo presente che nello specifico alcune terreni possono anche presentare dati in assoluto diversi.

Per quanto ci riguarda, i tratti d'interesse lungo il Rio Maggiore sembrano caratterizzati in superficie da litotipi a permeabilità primaria media (Classe 3), che corrisponde a valori di conducibilità idraulica K compresi tra 10<sup>-3</sup> cm/sec e 10<sup>-1</sup> cm/sec.

Qui, i **depositi alluvionali**, le **coltri detritiche**, le **sabbie**, le **ghiaie**, i **conglomerati**, la **calcarenite sabbiosa pleistocenica**, cioè la **Panchina**, possiedono una discreta permeabilità per porosità primaria, talvolta anche una componente secondaria nella calcarenite. I **limi** e le **argille recenti**, oltre alle **argille** del **Pleistocene medio**, sono i depositi a minore permeabilità tra quelli presenti e, in pratica, possono considerarsi impermeabili o a bassissima permeabilità (limi debolmente

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

sabbiosi); in tali litotipi la percentuale di frazione sabbiosa eventualmente presente è direttamente proporzionale all'insorgere di una debole permeabilità locale. I **depositi alluvionali** lungo i corsi d'acqua principali hanno una buona permeabilità, ma la loro consistenza è modesta e limitata a una ristretta fascia lungo gli alvei attuali.

La mappatura di tutti i pozzi censiti nel Comune di Livorno, oltre a portare informazioni al database geologico, ha garantito anche la costruzione delle isofreatiche, grazie ai dati pregressi e a quelli per la redazione del nuovo quadro conoscitivo. I pozzi sono stati divisi a seconda del loro uso prevalente (netta prevalenza dell'uso domestico in ambito cittadino) e sono stati selezionati quelli dotati di stratigrafia.

Il modello idrogeologico generale così proposto, anche a livello di battente freatico sotterraneo, viene ragionevolmente ritenuto affidabile nel suo complesso, soprattutto nel trend generale di flusso idrogeologico monte-valle, tenendo conto che l'estrema variabilità di ricarica dovuta alla piovosità stagionale abbia un'influenza notevole sull'andamento della falda, in particolare nei vari periodi dell'anno con punte minime nei periodi di magra (estate) e massime in quelli di piena (autunno-inverno).

Come si può notare, anche nell'estratto cartografico di **Tavola 7**, che comprende tutti e 4 i tratti di nostra competenza, le isofreatiche individuano una tavola d'acqua a debole gradiente idraulico verso la linea di costa, immagazzinata per la maggior parte nei depositi alluvionali sciolti attuali e pleistocenici, con spessore di pochi metri e fenomeni di drenaggio da e verso gli alvei dei fossi più importanti (ad esempio il Rio Maggiore e Rio Ardenza) a seconda dei periodi stagionali.

#### **4. Ricognizione delle norme di salvaguardia e dei vincoli**

Le vigenti normative in materia di pericolosità e rischio sono, oggi, dettate essenzialmente dal Comitato Istituzionale Integrato del Distretto Appennino Settentrionale e dalla Regione Toscana.

##### **4.1 Distretto Appennino Settentrionale - PGRA**

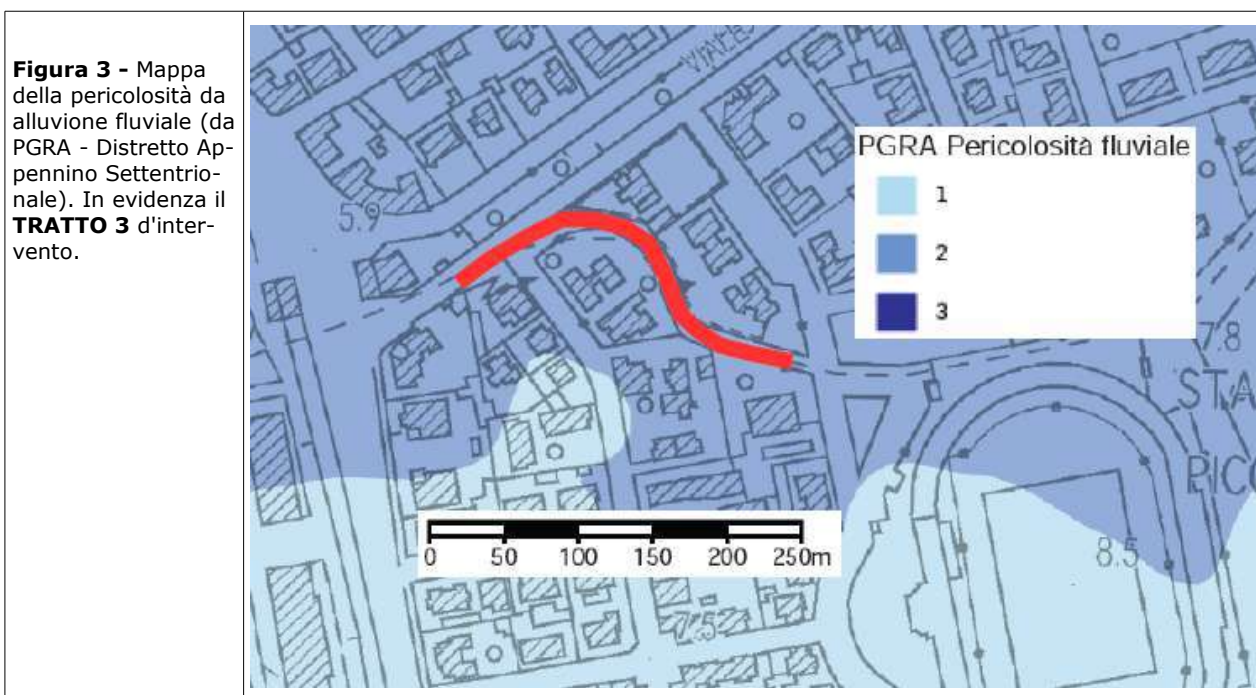
Per quanto ci riguarda, le mappe di pericolosità e rischio da alluvioni del PGRA del Distretto Distretto Appennino Settentrionale, relativamente all'UoM Toscana Costa, indicano che l'intera area d'interesse specifico non risulta soggetta alla disciplina riguardante la pericolosità da alluvione costiera.

Relativamente alle aree destinate per la realizzazione delle misure di protezione (ovvero interventi di qualsiasi tipo da attuare per mitigare gli effetti delle alluvioni sugli elementi esposti al rischio) e a quelle di contesto fluviale, dovrebbero uscire a marzo 2020 mappature in merito tramite gli aggiornamenti richiesti dalla normativa vigente.

##### **4.1.1 Pericolosità da alluvione fluviale**

L'area di interesse specifico, quella del **TRATTO 3**, ricade all'interno della **classe media P2 di pericolosità da alluvione (Figura 3)**. Lo scenario alluvionale corrispondente è il seguente:

- per la **classe P2** si hanno le alluvioni poco frequenti di media probabilità di accadimento con tempi di ritorno  $100 \leq T \leq 200$  anni.



Gli articoli 9 e 10 de La disciplina di piano dell'unità di gestione Toscana Costa, di seguito riportati integralmente, si riferiscono specificamente alle aree P2:

*Art. 9 - Aree a pericolosità da alluvione media (P2) - Norme*

1. Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi seguenti del presente articolo e al successivo art. 10.

2. Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1, l'Autorità di bacino si esprime sugli interventi di seguito elencati, in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone:

a) misure di protezione previste dal PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone e misure previste dal PGA;

b) interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica, ad eccezione delle manutenzioni ordinarie, straordinarie e dei ripristini;

c) interventi di ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico esistenti, riferite ai servizi essenziali, e della rete infrastrutturale primaria, nonché degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006 dichiarati di interesse pubblico;

d) nuovi interventi relativi alle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e alla rete infrastrutturale primaria;

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

e) interventi di ampliamento, di ristrutturazione e nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi nonché gli impianti dichiarati di interesse pubblico di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006, compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi.

3. Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P2.

Art. 10 - Aree a pericolosità da alluvione media (P2) - Indirizzi per gli strumenti governo del territorio

1. Fermo quanto previsto all'art. 9 e all'art. 14 comma 8, nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:

- a) sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica;
- b) le previsioni di nuova edificazione sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico;
- c) sono da evitare le previsioni che comportano la realizzazione di sottopassi, se non diversamente localizzabili;
- d) le previsioni di volumi interrati sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico.

Ci riguardano da vicino anche i seguenti articoli della stessa normativa e successivi a quelli riportati sopra:

Art. 12 - Aree a pericolosità e sistemi arginali

1. Nelle porzioni di territorio presidiate da sistemi arginali per il contenimento delle piene, al fine di limitare i danni in caso di collasso, gli strumenti urbanistici dei Comuni individuano le fasce di inedificabilità sulla base di criteri stabiliti dalla Regione, ai sensi dell'articolo 26.

Art. 13 - Adeguamento delle attività ed opere esistenti

1. Le amministrazioni locali e le autorità competenti favoriscono processi di adeguamento delle attività ed opere pubbliche e private esistenti che non risultano coerenti con la presente disciplina, al fine di garantire l'effettiva attuazione degli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4 e assicurare la mitigazione e gestione del rischio idraulico.

#### **4.1.2 Pericolosità derivata da fenomeni di flash flood**

La mappa della pericolosità derivata da fenomeni di flash flood viene ottenuta attraverso studi di tipo statistico e modellistico alla scala di elaborazione 1:10.000.

Le mappe della propensione al verificarsi dei fenomeni tipo flash flood vengono periodicamente rielaborate dalle varie Autorità di bacino interessate in funzione delle modifiche del quadro conoscitivo di base (aggiornamento serie storiche, revisione modellazione idrologica, ulteriori approfondimenti della ricerca scientifica).

In tale mappa viene rappresentata la distribuzione nel bacino della propensione al verificarsi di eventi intensi e concentrati; la rappresentazione è in quattro classi a propensione crescente.

Per quanto riguarda l'UoM Toscana Costa, questa mappa non è stata ancora elaborata. Si prevede di vederla con il prossimo aggiornamento del PGRA del Distretto Appennino Settentrionale con le scadenze di marzo 2020.

L'art. 19 de La disciplina di piano dell'unità di gestione Toscana Costa, di seguito riportato integralmente, si riferisce specificamente alle aree soggette ad eventi intensi e concentrati, dando i seguenti indirizzi:

*Art. 19 - Indirizzi per le aree predisposte al verificarsi di eventi intensi e concentrati (flash flood)*

*1. La mappa della pericolosità da flash flood di cui all'art. 6 definisce alla scala dell'intero bacino la predisposizione al verificarsi di eventi intensi e concentrati.*

*2. Nelle aree classificate nella mappa di cui al comma 1 a pericolosità molto elevata ed elevata, per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:*

*a) per le aree urbanizzate sono da predisporre piani di protezione civile orientati ad affrontare tali eventi, coordinati con i piani di protezione civile sovracomunali e coerenti con la mappa di cui al comma 1;*

*b) in relazione alle previsioni che comportano nuove edificazioni sono da indicare criteri diretti alla fase di attuazione finalizzati a mitigare gli effetti di eventi intensi e concentrati, tra cui azioni di difesa locale e piani di gestione dell'opera integrati con la pianificazione di protezione civile comunale e sovracomunale;*

*c) al fine di diminuire la vulnerabilità degli elementi esposti, incentivare le azioni di proofing e retrofitting degli edifici esistenti e le azioni di difesa locale con particolare riguardo agli eventi di cui al presente articolo.*

*3. La mappa di cui al comma 1 è riesaminata e, se del caso, aggiornata secondo le scadenze di cui alla direttiva 2007/60/CE e al d.lgs. n. 49/2010.*

*4. L'Autorità di bacino procede ad eventuali riesami intermedi in base a mutate condizioni del quadro conoscitivo o ad indagini di dettaglio proposte dai Comuni. Tali indagini devono essere trasmesse all'Autorità di bacino al fine di integrare il quadro conoscitivo di area.*

*5. Le modifiche, conseguenti alle attività di cui al comma 3 e 4, sono approvate dall'Autorità di bacino.*

#### **4.1.3 Rischio di alluvione**

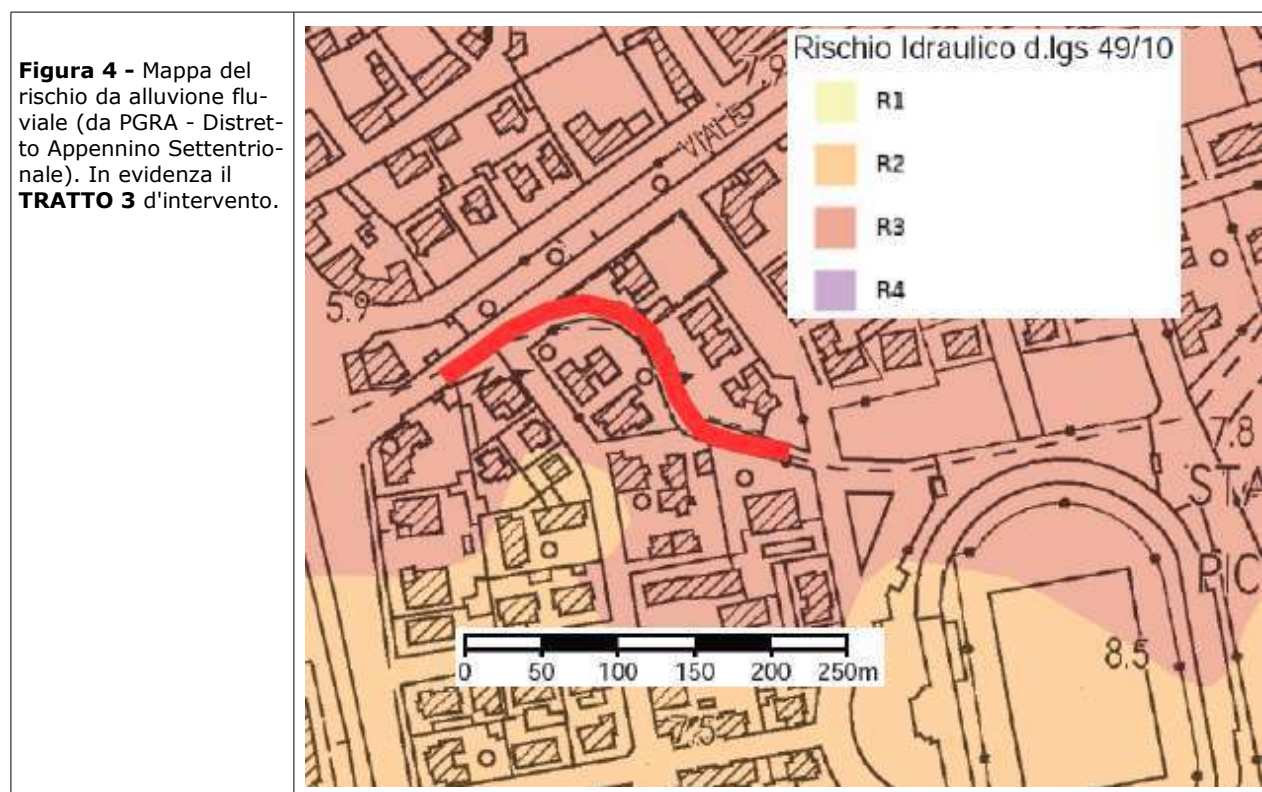
La mappa del rischio di alluvioni definisce la distribuzione del rischio ai sensi di quanto previsto dal decreto legislativo n. 49/2010. Le aree a rischio sono rappresentate in quattro classi secondo la seguente gradazione: R4, rischio molto elevato; R3, rischio elevato; R2, rischio medio; R1, rischio basso.

La rappresentazione della mappa del rischio è alla scala 1:10.000 e deriva dalla sovrapposizione della mappa di pericolosità da alluvione con le classi di danno potenziale. La rappresentazione su mappa del rischio può presentare, oltre agli errori di scala derivanti dai criteri di elaborazione delle mappe di pericolosità, anche errori connessi con la completezza e l'aggiornamento dei database utilizzati (vedi relazione di piano).

Per quanto riguarda il **TRATTO 3** di interesse, questo e tutta l'area circostante urbanizzata ricadono all'interno della **classe di rischio elevato (R3)**, come mostrato in **Figura 4**. Nella disciplina di piano non vi è alcun articolo normativo specifico.

Il rischio R rappresenta, comunque, il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alle proprietà, ai beni ambientali, ai beni culturali e delle perturbazioni alle attività economiche dovuto al

fenomeno naturale considerato di assegnata intensità. Ai fini applicativi si definisce il valore R del rischio come il prodotto tra pericolosità, vulnerabilità ed entità del bene considerato.



#### **4.1.4 Fase transitoria ai sensi della D.C.I.I. 17 dicembre 2015, n. 232**

Le mappe relative alla pericolosità da alluvione contenute nel PGRA sostituiscono, in coerenza con la normativa specifica, quelle del PAI con particolare riferimento alla pericolosità idraulica, costituendone l'aggiornamento ai sensi della direttiva 2007/60/CE, secondo il comma 1 dell'art. 1 della delibera del Comitato Istituzionale Integrato n. 232 del 17 dicembre 2016.

In base alla stessa delibera, con l'art. 4, la Regione Toscana entro 180 giorni dal 17 dicembre 2015 avrebbe dovuto provvedere ad emanare gli atti diretti a dare applicazione alle disposizioni del piano nel settore urbanistico. Decorso tale termine, infatti, le disposizioni della Disciplina del PGRA hanno avuto carattere immediatamente vincolante, in coerenza con la normativa regionale vigente, per le amministrazioni, gli enti pubblici nonché per i soggetti privati nel territorio delle unità di gestione dell'Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone.

È dell'ottobre 2018 l'entrata in vigore della Legge regionale della Toscana in materia idraulica che andremo a vedere di seguito.

#### **4.2 La normativa della Regione Toscana**

È del 1 ottobre 2018 l'entrata in vigore della L.R. 24 luglio 2018, n. 41, normativa toscana sulla pericolosità idraulica e sul suo rischio.

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Con questa legge la Regione Toscana va ad abrogare la vecchia e discussa L.R. 21/2012 che aveva introdotto limiti assai rigidi per tutta una serie di opere ricadenti all'interno delle perimetrazioni a pericolosità idraulica molto elevata, siglate dai PAI con PI4 e dai PGRA con P3.

Oltre al fatto di disciplinare le zone soggette a demanio idrico e tutelare le aree dei corsi idrici e quelle adiacenti, si chiude finalmente un ciclo legato alla nota "Direttiva Alluvioni" del 2010, disciplina che ha revisionato profondamente gli strumenti urbanistici e di pianificazione territoriale della Toscana, anche se questi nel loro complesso presentavano già avanzati studi di valutazione del rischio idraulico, proprio per le oggettive caratteristiche di fragilità del territorio.

Sono state inserite, infine, opportune clausole transitorie per consentire l'applicazione e l'uso degli attuali strumenti urbanistici comunali (PS, RU e PO) non ancora aggiornati al DLgs 49/2010, in particolare per raccordare i previgenti quattro livelli di pericolosità idraulica con i tre nuovi livelli introdotti appunto dalla Direttiva Alluvioni. In tal modo si vuol evitare i rischi di applicazioni interpretative nel passaggio dal vecchio al nuovo regime di tutela della sicurezza idraulica.

Le nuove disposizioni regionali hanno, quindi, l'obiettivo di ridurre le conseguenze negative, derivanti dalle alluvioni, per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche, nonché mitigare i fenomeni di esondazione e dissesto idrogeologico, disciplinare la gestione del rischio di alluvioni in relazione alle trasformazioni del territorio e tutelare i corsi d'acqua.

Al Capo I Disposizioni generali, art. 1 Oggetto si legge quanto segue:

*1. Nel rispetto del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni), la Regione, al fine di ridurre le conseguenze negative, derivanti dalle alluvioni, per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche, nonché al fine di mitigare i fenomeni di esondazione e dissesto idrogeologico, disciplina la gestione del rischio di alluvioni in relazione alle trasformazioni del territorio e la tutela dei corsi d'acqua.*

In virtù dell'art. 1, sempre al Capo I si legifera secondo l'art. 3 Tutela dei corsi d'acqua questo:

*1. Non sono consentiti nuove costruzioni, nuovi manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce di larghezza di dieci metri dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua del reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della legge regionale 27 dicembre 2012, n. 79 (Nuova disciplina in materia di consorzi di bonifica. Modifiche alla l.r. 69/2008 e alla l.r. 91/1998. Abrogazione della l.r. 34/1994), fatto salvo quanto previsto ai commi 2, 3 e 4.*

*2. Negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce di larghezza di dieci metri dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua del reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della l.r. 79/2012, nel rispetto della normativa statale e regionale di riferimento e delle condizioni di cui al comma 5, sono consentiti i seguenti interventi:*

*a) interventi di natura idraulica, quali in particolare:*

- 1) trasformazioni morfologiche degli alvei e delle golene;*
- 2) impermeabilizzazione del fondo degli alvei;*

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

---

3) rimodellazione della sezione dell'alveo;

4) nuove inalveazioni o rettificazioni dell'alveo.

b) reti dei servizi essenziali e opere sovrappassanti o sottopassanti il corso d'acqua;

c) opere finalizzate alla tutela del corso d'acqua e dei corpi idrici sottesi;

d) opere connesse alle concessioni rilasciate ai sensi del regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 (Approvazione del testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici);

e) interventi volti a garantire la fruibilità pubblica;

f) itinerari ciclopeditoni;

g) opere di adduzione e restituzione idrica;

h) interventi di riqualificazione ambientale.

.....

4. Nelle aree comprendenti le due fasce di larghezza di dieci metri dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua del reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della l.r. 79/2012, nel rispetto della normativa statale e regionale di riferimento nonché delle condizioni di cui al comma 5, sulle infrastrutture a sviluppo lineare esistenti e loro pertinenze, sui parcheggi pubblici e privati, legittimamente realizzati sotto il profilo edilizio e con autorizzazione idraulica oppure senza autorizzazione idraulica in quanto non richiesta dalla normativa vigente al momento della realizzazione dell'intervento, sono consentiti interventi di adeguamento e ampliamento per la messa in sicurezza delle infrastrutture ai sensi della normativa tecnica di riferimento.

5. Gli interventi di cui ai commi 2, 3 e 4 sono consentiti, previa autorizzazione della struttura regionale competente, che verifica la compatibilità idraulica nel rispetto delle seguenti condizioni:

a) sia assicurato il miglioramento o la non alterazione del buon regime delle acque;

b) non interferiscano con esigenze di regimazione idraulica, accessibilità e manutenzione del corso d'acqua e siano compatibili con la presenza di opere idrauliche;

c) non interferiscano con la stabilità del fondo e delle sponde;

d) non vi sia aggravio del rischio in altre aree derivante dalla realizzazione dell'intervento;

e) non vi sia aggravio del rischio per le persone e per l'immobile oggetto dell'intervento;

f) il patrimonio edilizio esistente di cui al comma 3 sia inserito nel piano di protezione civile comunale al fine di prevenire i danni in caso di evento alluvionale.

6. Il rispetto delle condizioni di cui al comma 5 costituisce elemento di verifica della compatibilità idraulica ai fini del rilascio dell'autorizzazione di cui al medesimo comma 5. L'autorizzazione idraulica è rilasciata dalla struttura regionale competente con le modalità definite nel regolamento di cui all'articolo 5, comma 1, lettera e), della legge regionale 28 dicembre 2015, n. 80 (Norme in materia di difesa del suolo, tutela delle risorse idriche e tutela della costa e degli abitati costieri). L'autorizzazione è rilasciata entro quarantacinque giorni dal ricevimento della domanda.

.....

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508



8. Gli interventi di cui al comma 2, lettere e) ed f), sono realizzati, nel rispetto delle condizioni di cui al comma 5 e a condizione che siano adottate nei piani comunali di protezione civile misure per regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

9. Le disposizioni di cui al presente articolo non si applicano alle opere, interventi e manufatti privi di rilevanza edilizia di cui all'articolo 137 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio), previa verifica di compatibilità idraulica. La verifica è effettuata dalla struttura regionale competente nell'ambito del rilascio della concessione demaniale ai sensi del regolamento emanato con decreto del Presidente della Giunta regionale 12 agosto 2016, n. 60/R (Regolamento in attuazione dell'articolo 5 della legge regionale 28 dicembre 2015 n. 80 "Norme in materia di difesa del suolo, tutela delle risorse idrica e tutela della costa e degli abitati costieri" recante disciplina del rilascio delle concessioni per l'utilizzo del demanio idrico e criteri per la determinazione dei canoni).

Riguardo ai tratti coperti del Rio Maggiore, la stessa legge regionale promuove quanto riportato agli artt. 4, 5 e 6:

*Art. 4 Interventi di adeguamento sui tratti coperti dei corsi d'acqua*

1. Fermo restando quanto previsto all'articolo 115 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (Norme in materia ambientale), non sono consentite le coperture dei corsi d'acqua insistenti sul demanio idrico, fluviale, lacuale e su tutto il reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della l.r. 79/2012.

2. Al fine di garantire la tutela della pubblica incolumità, la Regione, nell'ambito del rilascio della concessione demaniale, detta indirizzi ai concessionari di cui all'articolo 6 per la realizzazione degli interventi di adeguamento dei tratti coperti dei corsi d'acqua atti a garantirne la funzionalità idraulica e la riduzione del rischio, nonché a consentirne la manutenzione nel rispetto del seguente ordine di priorità:

a) riapertura totale del corso d'acqua;

b) eventuale delocalizzazione di edifici e strutture che interferiscono con le strutture del corso d'acqua;

c) ampliamento della sezione esistente esclusivamente in zona edificata e nel caso di dichiarata mancanza di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, allo scopo di ovviare a situazioni di pericolo e a garantire la tutela della pubblica incolumità, o altre tipologie di interventi finalizzati alla riduzione del rischio idraulico.

*Art. 5 Gestione transitoria dei tratti coperti dei corsi d'acqua*

1. Nelle more della realizzazione degli interventi di adeguamento di cui all'articolo 4, i soggetti concessionari di cui all'articolo 6 garantiscono l'esercizio provvisorio dell'opera in condizioni di rischio compatibili con la tutela della pubblica incolumità.

2. All'atto del rilascio la concessione è comunicata al comune territorialmente interessato affinché d'intesa con la Regione:

a) disponga le condizioni di esercizio transitorio dell'opera;

b) individui il tempo di ritorno della portata che transita nel tratto coperto del corso d'acqua;

c) stabilisca le misure di prevenzione volte a gestire le situazioni di rischio in relazione alle attività di cui alla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 febbraio 2004 (Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e

funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile).

3. Il comune inserisce le prescrizioni relative al comma 2, lettere a), b) e c), nel piano di protezione civile comunale e lo trasmette alla struttura regionale competente. Nel medesimo piano il comune individua altresì:

a) le condizioni di vigilanza, allertamento ed emergenza correlate alla tipologia degli eventi idrologici e idrogeologici che possono comportare condizioni di rischio;

b) le procedure di emergenza;

c) le operazioni periodiche di sorveglianza e ispezione da compiere per il miglioramento del funzionamento del corso d'acqua.

Art. 6 Gestione dei tratti coperti dei corsi d'acqua

1. I tratti coperti contigui fra loro, sul medesimo corso d'acqua, ancorché eseguiti in epoche diverse e da soggetti diversi, sono dati in concessione ad uno o più soggetti in forma associata e, laddove non sia possibile individuare un unico soggetto, al comune territorialmente interessato.

2. Qualora il tratto coperto del corso d'acqua ricada in un'area urbanizzata ed attraversi più di due proprietà, o la copertura sia stata eseguita per pubblica utilità, la gestione dello stesso e la relativa concessione sono affidate al comune o ai comuni territorialmente interessati in forma associata.

#### **4.3 Pericolosità e vulnerabilità del territorio (SU comunali e provinciali)**

Gli elaborati di pericolosità del 2019, redatti in base al D.P.G.R. Toscana n. 53/R del 2011, a supporto dello SU dell'Amministrazione comunale di Livorno, inquadrano il **TRATTO 3** in esame:

- all'interno di una perimetrazione a **Classe G.2 di Pericolosità geomorfologica (Tavola 8)**;
- in una perimetrazione a **Classe I.4 di Pericolosità idraulica (Tavola 9)**;
- in una perimetrazione a **Classe S.3 di Pericolosità sismica locale (Tavola 10)**.

Relativamente alla **Pericolosità geomorfologica media** individuata, lo SU afferma che nella **Classe G.2** vengono inserite le Aree in cui sono presenti ..... elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; ..... .

Nella **Classe G.2** sono stati inseriti gran parte dei terreni dei terrazzi basso (Livorno) e medio (Villa Padula), in quanto tali aree presentano elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto. Molte di queste aree coincidono col territorio urbanizzato di Livorno e con i settori di retrocosta a morfologia subplanare associati agli affioramenti di panchina calcarenitica e/o comunque di depositi pleistocenici in aree a bassissima pendenza.

Per l'**aspetto idraulico**, il territorio comunale è stato preventivamente esaminato, in maniera dettagliata, da Prima Ingegneria STP, che ha redatto uno studio idrologico idraulico completo dei corsi d'acqua del livornese, ottenendo un quadro aggiornato rispetto al precedente attraverso:

- l'esecuzione di uno studio idrologico di tutti i bacini di interesse con le nuove carte pluviometriche predisposte dalla Regione Toscana nel 2014 e aggiornate a seguito dell'evento alluvionale del 2017;
- dove disponibili, le informazioni, le portate dei vari corsi d'acqua sono state ricavate dallo studio idrologico del Prof. Castelli del gennaio 2018 che ha effettuato un'analisi delle varie aste fluviali del territorio a seguito dell'evento alluvionale del settembre 2017 per Tr 30 e 200 anni oltre che ricostruendo l'evento stesso;
- l'applicazione di modelli idraulici 1D/2D per i vari corsi d'acqua, impiegando dati topografici rilevabili da progetti e lavori pregressi e rilievi specifici laddove non dai dati lidar implementati, dove riscontrati, dai dati degli studi esistenti. I modelli idraulici sono stati applicati per Tr=200, 30 e 500 anni;
- la definizione delle mappe di pericolosità ai sensi della normativa vigente e identificazione delle classi di battenti e velocità per Tr=200 anni.

Riguardo alla **Pericolosità idraulica molto elevata**, che interessa il **TRATTO 3** e l'intera area relativa all'incarico affidatomi, lo SU afferma che nella **Classe I.4** ricadono le *Aree interessate da allagamenti per eventi con  $Tr < 30$  anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni: a) vi sono notizie storiche di inondazioni; b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.*

Detto ciò, occorre ricordare che alle **classi di pericolosità idraulica** (elevata e molto elevata, talvolta media) vengono associati dei battenti idraulici, ovvero dei valori soglia, modellati su un determinato tempo di ritorno e approvati dalle Autorità competenti. Nella **Figura 5**, estratto di PS, di PS sono cartografati tali battenti idraulici: sul **TRATTO 3** variano dagli oltre 2 m ai 25 cm, valori soglia modellati su un tempo di ritorno duecentennale e riferiti al piano campagna, oltre i quali si ritiene di stare in sicurezza. A questi, i tecnici hanno associato anche le velocità della corrente di esondazione che nello specifico risultano sia inferiori che superiori di 1 m/sec (**Figura 6**). La combinazione del battente e della velocità della corrente, associata allo scenario relativo, valuta la magnitudo idraulica (nel particolare MOLTO SEVERA M3), che risulta indispensabile per la valutazione del rischio dell'area e la conseguente sua gestione.

Relativamente all'**aspetto sismico**, l'analisi e la valutazione integrata di tutte le informazioni disponibili hanno portato all'elaborazione della Carta MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica), nella quale si valutano per il territorio livornese gli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico. Tali studi (**Tavola 11**) individuano e caratterizzano il nostro sito come una zona di attenzione per le instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti nel territorio. Il tipo di instabilità che più interessa il nostro sito è quello della liquefazione, in seconda battuta quello dei cedimenti differenziali.

---

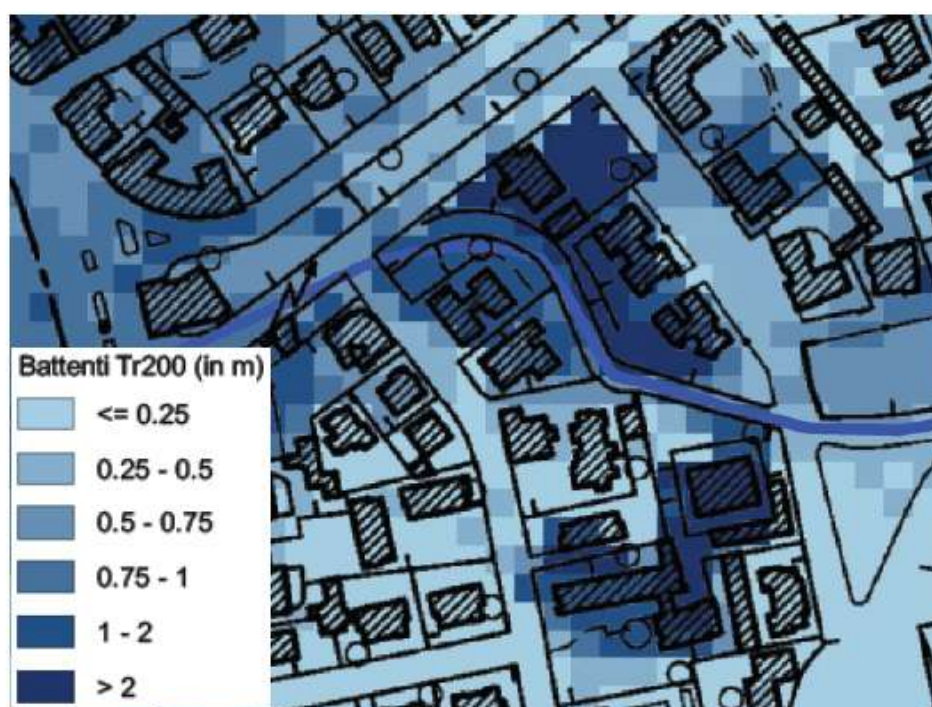
- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

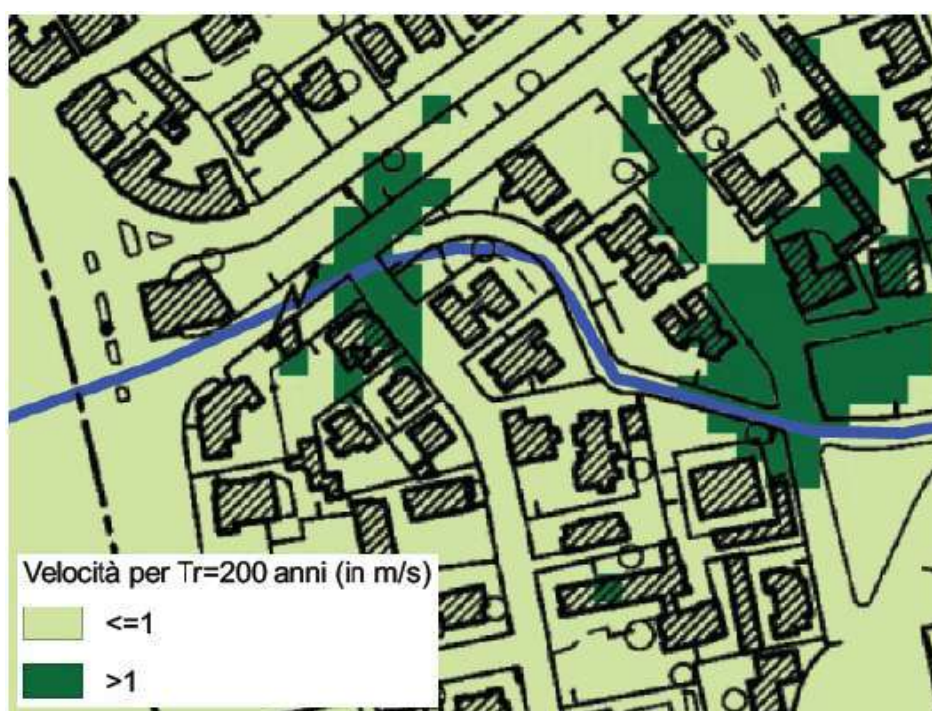
Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

**Figura 5** - Carta dei battenti idraulici per  $Tr = 200$  anni relativa al **TRATTO 3** (da PS - Comune di Livorno). Fuori scala.



**Figura 6** - Carta della velocità della corrente di esondazione per  $Tr = 200$  anni relativa al **TRATTO 3** (da PS - Comune di Livorno). Fuori scala.



Gli elaborati geologici dello SU riportano quanto segue per la Zona 22 d'interesse specifico:

- **ZONA 30502022:** questa zona ricomprende tutte le situazioni stratigrafiche in cui abbiamo sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di spessore tra 1 - 25 m, sopra ad argille e argille limose di spessore maggiore di 50 m. Questa zona è una delle zone fondamentali del presente studio in

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

quanto comprende buona parte del territorio comunale nella zona della piana inondabile. Viste le condizioni litostratigrafiche e idrogeologiche è possibile il generarsi di fenomeni di liquefazione (**S3**).

Da questa e dalle altre carte tematiche in materia è stato, infine, prodotto l'elaborato ultimo relativo alla pericolosità sismica a corredo degli SU comunali, secondo cui il sito si trova in un'area a **Pericolosità sismica locale elevata - Classe S.3** all'interno della quale sono state perimetrate quelle *zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.*

Riguardo alle problematiche idrogeologiche, ovvero alla **Vulnerabilità della falda**, il sito viene classificato, secondo lo SU di Livorno, in **CLASSE 2** ovvero a **Vulnerabilità da molto elevata a elevata (Tavola 12)**. A questa **CLASSE EE=>E**, gli elaborati fanno corrispondere i sistemi acquiferi liberi in complessi ghiaioso-sabbiosi, talvolta debolmente cementati, dotati di elevata permeabilità, con scarsa copertura di suolo attivo.

Le condizioni di soggiacenza (spesso scarsa), la discreta connessione con la rete idrografica esaltata dalle depressioni indotte in pozzi e campi-pozzo creano le condizioni di elevato potenziale di inquinamento in aree ove sovente si forma la risorsa idrica sotterranea.

#### **4.4 Valutazione dei vincoli**

Oltre a quelli già enunciati, occorre sottolineare che il tratto in esame, come del resto tutto il Rio Maggiore, risulta vincolato dal punto di vista paesaggistico rientrando nei fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775 e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna. Al riguardo, l'art. 8 della "Disciplina dei Beni paesaggistici (artt. 134 e 157 del Codice)" indica gli obiettivi da perseguire, promuovendo direttive e prescrizioni specifiche.

Inoltre, una parte del tratto del Rio Maggiore qui studiato fa parte di quei territori costieri compresi nella fascia di 300 metri, a partire dalla linea di battigia (valido anche per i terreni elevati sul mare). L'art. 14 della "Disciplina dei Beni paesaggistici (artt. 134 e 157 del Codice)" stabilisce che in tali territori si perseguono gli obiettivi, con valore di indirizzo, si attuano le direttive, si applicano le prescrizioni d'uso di cui alle "Schede dei sistemi costieri", Allegato C al PIT toscano.

Infine ci si trova in in quelle aree soggette a vincolo paesaggistico diretto - disciplina degli immobili e delle aree di notevole interesse pubblico. L'insieme di tali aree corrisponde a quelle definite da specifici decreti ministeriali e corrispondono a quelle definite dall'art. 136 del Codice dei Beni

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

culturali. Il PIT disciplina tali aree all'art. 14 della "Disciplina del piano" e all'elaborato 8 B "Disciplina dei beni paesaggistici (artt. 134 e 157 del Codice)" nonché, in riferimento a ciascuna singola area, alla sezione 4 "art. 136: Disciplina degli immobili e delle aree di notevole interesse pubblico", in apposite schede.

## 5. Fattibilità per gli interventi sul TRATTO 3

Dagli elaborati urbanistici il **TRATTO 3** cade internamente all'UTOE 3 CITTA' OTTO-NOVECENTESCA e il Rio Maggiore rappresenta un'invariante strutturale come corso d'acqua della rete idrografica, individuato dal "Quadro conoscitivo idraulico - PGRA e reticolo di gestione ex L.R. 79/2012".

Il nuovo PS del Comune di Livorno, al fine di conseguire gli obiettivi del PIT toscano, propone un rafforzamento delle connessioni verdi tra la costa e la collina tramite un sistema di parchi e parchi attrezzati, che dalla costa dell'Ardenza attraverso le aree sportive e a parco del quartiere La Rosa, la fascia verde lungo il Rio Maggiore e il Nuovo Centro, raggiunge il piede dei Monti livornesi in corrispondenza delle casse di espansione a protezione del Nuovo Centro e di Salviano da un lato, della Leccia e di Villa Corridi dall'altro.

A questo riguardo, durante le prossime fasi di studio, i progettisti incaricati e i tecnici regionali dovranno doverosamente confrontarsi con i tecnici dell'Amministrazione comunale competenti per dare conformità al progetto in studio, se non ancora fatto.

Ricordiamo, qui, che l'area chiamata Nuovo Centro ha rivestito e riveste un ruolo determinante nella storia recente dello sviluppo del territorio afferente al Rio Maggiore.

Nel 2015 è stata, infatti, approvata la variante al Piano Particolareggiato e la contestuale variante al PS e al RU. La variante urbanistica ha confermato l'interesse pubblico alla trasformazione dell'area, in funzione del superamento delle condizioni di perifericità funzionale, rispetto al tessuto urbano dei quartieri circostanti, mediante "la previsione di aree a servizi, di insediamenti residenziali e commerciali -artigianali non nocivi, l'impianto di due distributori di carburante e il mantenimento delle attività produttive attualmente già insediate". La superficie territoriale di tale UTOE, comprese le infrastrutture ferroviarie e stradali esistenti, ammonta a complessivi 1.050.210 mq.

Con il Nuovo Centro sono state anche costruite le casse di espansione, inserite nel primo stralcio funzionale delle Opere di Urbanizzazione e la cui realizzazione era propedeutica al rilascio dei titoli abilitativi all'attività edilizia.

Il RU ha, infine, recepito gli azionamenti previsti con il Nuovo Centro.

Fino a quando il Comune di Livorno non avrà emanato il POC, Piano Operativo Comunale, le condizioni di fattibilità, ovvero i condizionamenti alle trasformazioni del territorio, vengono ancora dettate dal D.P.G.R. n. 53/R del 2011, in funzione della classificazione di pericolosità, sia in termini geologici sia idraulici sia sismici, assumendo così valenza di condizionamento preliminare e di massima.

Alle varie classi di pericolosità individuate, dovranno essere seguite per il **TRATTO 3** specifico le prescrizioni, indicazioni e valutazioni di seguito riportate.

Riguardo alla **Pericolosità geologica media (G.2)**, le condizioni di attuazione saranno indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello realizzativo al fine di non modificare negativamente le condizioni e i processi geomorfologici presenti nell'area.

Per la **Pericolosità idraulica molto elevata (P.4)** occorre rispettare i seguenti principi:

- a) sono da consentire nuove edificazioni o infrastrutture per le quali sia prevista la preventiva o contestuale o realizzazione di interventi strutturali per la riduzione del rischio sui corsi d'acqua o sulle cause dell'insufficiente drenaggio finalizzati alla messa in sicurezza idraulica per eventi di ritorno duecentennali;
- b) è da consentire la realizzazione di brevi tratti di collegamento tra viabilità esistenti, con sviluppo non superiore a 200 m, assicurandone comunque la trasparenza idraulica e il non aumento del rischio nelle aree contermini;
- c) gli interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi idrologici e idraulici, non devono aumentare il livello di rischio in altre aree con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena a valle;
- d) della sussistenza delle condizioni di cui sopra deve essere dato atto anche nel titolo abilitativo all'attività edilizia;
- e) deve essere garantita la gestione del patrimonio edilizio e infrastrutturale esistente e di tutte le funzioni connesse, tenendo conto della necessità di raggiungimento anche graduale di condizioni di sicurezza idraulica fino a tempi di ritorno di 200 anni;
- f) possono essere comunque realizzati attraversamenti per ragioni di tutela igienico-sanitaria e comunque a seguito di parere favorevole dell'autorità idraulica competente;
- g) possono essere previsti ulteriori interventi, diversi da quelli indicati, per i quali sia dimostrato che la loro natura è tale da non determinare pericolo per persone e beni, da non aumentare la pericolosità in altre aree e purché siano adottate, ove necessario, idonee misure atte a ridurre la vulnerabilità.

Per la **Pericolosità sismica locale elevata (S.3)** abbiamo:

- a) nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, devono essere realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate alle verifiche dei cedimenti ed estese almeno al volume significativo del terreno di fondazione;
- b) nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri o comunque dalla presenza del substrato rigido entro le prime decine di metri, è realizzata una campagna di indagini geofisica (ad esempio profili sismici a riflessione/rifrazione, prove sismiche in foro, profili MASW, HVSr) e geotecniche (ad esempio sondaggi, preferibilmente a carotaggio continuo) che definisca spessori,

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra coperture e bedrock sismico.

Per quanto concerne gli aspetti connessi alle problematiche idrogeologiche, gli interventi in progetto dovranno essere realizzati nel rispetto del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.. In particolare dovrà essere prevista un'adeguata gestione dei materiali di risulta degli scavi nelle fasi di cantiere, in ottemperanza alle normative ambientali vigenti.

Sono da valutare i colatori secondari di collegamento alla condotta principale tombata, per quanto riguarda le acque che potrebbero affluirvi, eventualmente tramite analisi chimiche e batteriologiche di laboratorio, al fine di accertare una loro qualità e, se concentrazioni di eventuali inquinanti fossero sopra i limiti stabiliti dalla legge, prendere le dovute misure cautelative, in base anche a quello suggerito dagli elaborati di PS, secondo cui le aree a **Vulnerabilità da molto elevata a elevata**, come la nostra, sono da salvaguardare contro inquinanti di qualsiasi genere. Non sono da escludere eventuali controlli periodici dell'acqua nel sottosuolo per verificarne la qualità.

Con l'Ordinanza del Capo del Dipartimento di Protezione Civile n. 482 del 20 settembre 2017 recante "Primi interventi urgenti di protezione civile in conseguenza degli eccezionali eventi meteorologici verificatisi nei giorni 9 e 10 settembre 2017 nel territorio dei comuni di Livorno, di Rosignano Marittimo e di Collesalveti, in provincia di Livorno", veniva nominato il Presidente della Regione Toscana Commissario delegato, in prima analisi per la predisposizione e l'attuazione di interventi pubblici urgenti e indifferibili di messa in sicurezza, anche in termini di somma urgenza, dei territori interessati, nonché di interventi urgenti volti a evitare situazioni di pericolo o maggiori danni a cose e persone, in seconda analisi per la ricalibratura delle casse di espansione esistenti sul Rio Maggiore e degli organi di sfioro, la rimozione del tratto tombato che va dalla foce all'altezza di via C. Cattaneo e tutte le opere a queste associate.

Pertanto, alle opere previste per il **TRATTO 3**, si assegnano una **Fattibilità geologica F2**, una **Fattibilità idraulica F4** e una **Fattibilità sismica F3**, soggette alle condizioni, ai principi, alle indicazioni e alle prescrizioni di natura geologico tecnica come espresse precedentemente.

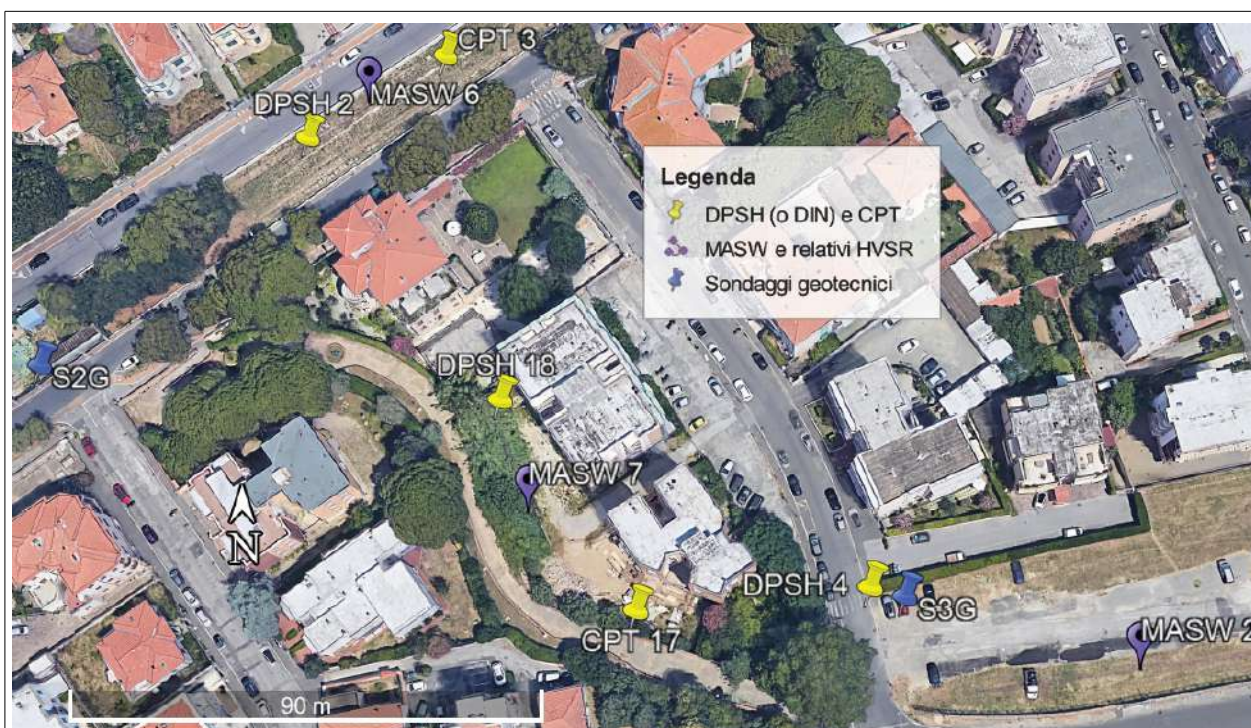
## 6. Indagini in situ

Oltre alle informazioni ricavate dalla bibliografia esistente e letteratura tecnica, che hanno permesso di raccogliere alcuni dati riguardanti le caratteristiche del sottosuolo limitrofo al sito specifico, sono state consultate le informazioni relative alla campagna geognostica effettuata da GAIA Servizi S.n.c. di San Giuliano terme (PI). Per il **TRATTO 3** di intervento facciamo riferimento alle seguenti indagini, come ubicate in **Figura 7**:

- n. 3 penetrometrie dinamiche superpesanti **DIN2**, **DIN4** e **DIN18**, rispettivamente del 23 gennaio 2019, 10 agosto 2018 e 17 maggio 2019;
- n. 2 penetrometrie statiche **CPT3** e **CPT17** datate 23 gennaio 2019 e 17 maggio 2019;



- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo **S2G** e **S3G**, rispettivamente del 20 marzo 2019 e 29 gennaio 2019, con prove SPT in foro, prelievo di campioni e prove di permeabilità Lefranc;
- varie analisi geotecniche di laboratorio sui campioni di terreno raccolti durante il sondaggio;
- n. 3 prospezioni sismiche superficiali **MASW2**, **MASW6** e **MASW7** mediante tecnica "Multichannel Analysis of Surface Waves", le prime due del 10 agosto 2018 e l'ultima del 29 maggio 2019;
- n. 3 sondaggi verticali in sismica passiva a stazione singola **HVSR2**, **HVSR6** e **HVSR7**, associate alle rispettive MASW.



**Figura 7** - Ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche superpesanti **DPSH** (chiamate nel testo **DIN**) e statiche **CPT**, dei sondaggi geognostici **SxG** e delle stese **MAWS**, al centro delle quali sono stati misurati i microtremori ambientali con tecnica **HVSR**.

La sintesi dei dati in nostro possesso ha, così, permesso una ricostruzione litostratigrafica dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area d'intervento e una valutazione della variabilità laterale delle loro caratteristiche litotecniche. Il tutto è servito a definire il modello geologico del sottosuolo specifico e valutarne le proprietà sismiche, oltre a indicare preliminarmente alcuni parametri geotecnici medi dei terreni modellati.

### **6.1 Penetrometrie dinamiche/statiche e ricostruzione litologica delle verticali**

Lo strumento utilizzato per queste indagini da parte di GAIA Servizi S.n.c. è stato un penetrometro Pagani Geotechnical Equipment tipo TG 63 - 200 kN, configurabile per prove sia statiche CPT che dinamiche continue DP, nel nostro caso superpesanti DPSH. Queste saranno state sicuramente

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

eseguite nel rispetto delle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" redatte dall'Associazione Geotecnica Italiana e sulla base della "Raccomandazione ISSMFE" per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa.

Una **penetrometria dinamica superpesante** consiste nel misurare la resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa verticalmente nel terreno tramite un dispositivo di infissione agente a percussione. Il campo di utilizzazione della prova è molto vasto, potendo venire eseguita praticamente in tutti i tipi di terreno (dalle argille alle ghiaie), anche se è preferibile in tipologie granulari. La prova, che fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e consistenza dei terreni attraversati, viene considerata terminata al raggiungimento del rifiuto strumentale, corrispondente ad un numero di colpi maggiore di 100 per avanzamento.

La punta conica, che nello specifico ha un diametro pari a 50,50 mm, angolo di apertura di 60° e area di 20 cm<sup>2</sup>, è collegata ad una batteria di aste. Le aste utilizzate sono lunghe 1 m e hanno un peso pari a 6,20 kg per metro lineare. Il dispositivo di infissione della punta è costituito da un maglio avente un peso pari a 63,50 kg, il quale cade liberamente da un'altezza di 75 cm.

Le nostre prove hanno visto l'infissione della punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi necessari a tale avanzamento.

Per l'intervento in esame (**TRATTO 3**), ci limitiamo a relazionare le 3 prove **DIN2**, **DIN4** e **DIN18**, con la prima che rimane marginalmente a Nord del tratto tombato del Rio Maggiore, la seconda immediatamente a valle e la terza nella sua parte centrale.

La resistenza dinamica alla punta del terreno (espressa in Kg/cm<sup>2</sup>) viene ottenuta attraverso la cosiddetta "Formula degli Olandesi", in funzione del numero di colpi necessari alla penetrazione del sistema punta/aste:

$$R_{pd} = M_2 \times H / A \times e \times (M + P) = M_2 \times H \times N / A \times \delta \times (M + P)$$

dove M è il peso della massa battente, H l'altezza di caduta del maglio, A l'area della punta conica, e l'infissione per colpo ( $= \delta / N$ ), N il numero di colpi, P il peso totale delle aste e del sistema di battuta.

I valori di N<sub>20</sub> e q<sub>cd</sub> sono tabulati e diagrammati in funzione della profondità in metri, come riportato nell'**Allegato B**, dove sono anche presenti i dati derivati dei principali parametri geomeccanici (attendibili  $\varphi$  = angolo di attrito e  $\gamma$  = peso in volume del terreno), oltre al valore ricavato di N<sub>spt</sub>. Si fa presente anche che dalle penetrometrie dinamiche risulta artificioso ricavare informazioni dettagliate sulle caratteristiche granulometriche dei depositi indagati (ghiaie, sabbie, limi, argille), specie se non correlate e/o tarate con carotaggi immediatamente vicini.

Le prove hanno raggiunto rispettivamente i -10 m (**DIN2**), i -7,60 m (**DIN4**) e i -6,80 m (**DIN18**) dal p.c. locale, con le ultime due profondità corrispondenti a livelli ad alta densità dinamica che hanno determinato il rifiuto strumentale, ovvero fino a quando l'attrito laterale sulle aste ha assunto intensità tale da falsare i risultati delle prove stesse.

Considerata la lontananza della prova **DIN2** dal tratto di interesse, tralasciamo l'interpretazione dei suoi dati che, tra l'altro, a prima vista non appaiono troppo in linea con quelli del sottosuolo specifico. Le altre due prove (**DIN4** e **DIN18**), invece, sembrano verosimili nell'andamento dei grafici Colpi/Resistenza, tanto da far pensare a un sottosuolo piuttosto omogeneo e con una certa continuità laterale. Avendo visto anche gli scavi del **TRATTO 4** nel giorno 5 febbraio 2020, possiamo associare ai dati penetrometrici dei primi 3-4 m una coltre di terreno alterato e di riporto, che sovrasta un'orizzonte di probabile natura sabbioso-limosa e argillosa, spesso 1/2 m e caratterizzato da valori di  $N_{spt}$  bassi, a sua volta poggiante su un sottosuolo sempre più addensato e plausibilmente formato da sabbie con ghiaie e/o depositi cementati, indagato fino al raggiungimento del rifiuto strumentale.

Le **prove penetrometriche statiche** consistono, invece, nell'infissione di una punta conica nel terreno, a velocità costante, per mezzo di un martinetto idraulico che esercita la spinta necessaria su una batteria di aste alla cui estremità è collegata la punta stessa; per ogni 20 cm d'avanzamento viene misurata la resistenza incontrata.

La *punta meccanica* in dotazione al penetrometro utilizzato, costruita da Pagani, era "tipo Begemann" ovvero costituita da una parte conica terminale (angolo apertura cono  $60^\circ$ , diametro 35,7 mm e area  $10 \text{ cm}^2$ ) attraverso la quale si misura la resistenza alla punta. Il *manicotto* attraverso il quale si misura la resistenza dell'attrito laterale locale ha un diametro di 35,7 mm e una lunghezza di 133 mm per una superficie laterale  $150 \text{ cm}^2$ . La parte immediatamente retrostante la punta, detta *mantello*, ha forma tronco-conica con un diametro che va diminuendo leggermente verso il manicotto al fine di minimizzare l'influenza della punta sul manicotto stesso. Le *aste di manovra* hanno lunghezza di 1000 mm e diametro esterno pari a 36 mm. La *cella di carico*, accoppiata a un visualizzatore digitale Pagani per il rilevamento dati, è una "NBC elettronica"; l'insieme viene tarato periodicamente presso le officine Pagani.

Durante la prova, la velocità di penetrazione della punta è di circa 2 cm/s, valori rientranti nelle specifiche AGI 1994 ( $2,0 \pm 0,5 \text{ cm/s}$ ), periodicamente verificati in corso d'opera. La forza di penetrazione, valutabile fino al limite di resistenza dell'attrezzatura di prova (rifiuto), è stata misurata grazie a un trasduttore di forza a ponti estensimetrici con risoluzione di 10 kg (detto *cella di carico di sommità*) che è collegato al martinetto.

La prova effettuata ha consentito di misurare direttamente i parametri di resistenza alla punta a rottura in  $\text{kg/cm}^2$  ( $R_p$  o  $Q_c$ ), resistenza d'attrito laterale locale in  $\text{kg/cm}^2$  ( $R_l$  o  $F_s$  o  $R_f$ ) e resistenza totale alla punta + resistenza d'attrito laterale locale (manicotto) in Kg ( $R_t$ ).

Da essi sono stati inoltre derivati i valori dei parametri qui di seguito elencati che, tuttavia, poiché ottenuti attraverso correlazioni empiriche, debbono essere valutati e considerati con le dovute cautele:  $M_o$  modulo di deformazione edometrico in  $\text{kg/cm}^2$ ;  $C_u$  coesione non drenata in  $\text{kg/cm}^2$ ;  $D_r$  densità relativa in %;  $\phi$  angolo di attrito interno in gradi sessagesimali;  $\sigma'_{vo}$  pressione verticale efficace a metà strato in  $\text{kg/cm}^2$ ;  $\gamma$  peso di volume naturale in  $\text{t/mc}$ .

E' stata infine calcolata la resistenza all'avanzamento totale della colonna di aste allacciata alla punta nei vari intervalli di manovra, ossia il valore del rapporto  $F_t = R_p/R_l$  ( $Q_c/F_s$  o  $R_p/R_f$ ), conosciuto come *Rapporto Begemann*.

I dati penetrometrici di campagna sono stati elaborati dalla ditta esecutrice tramite programmi di calcolo per risalire alla litologia del sottosuolo lungo la prova (**Allegato B**). Sono anche rappresentati i grafici relativi ai valori di resistenza alla punta  $Q_c$  e resistenza laterale locale  $F_s$ , rilevati ogni 20 cm. Questi valori sono stati ricavati moltiplicando la lettura alla punta o laterale per la costante di trasformazione  $C_t$ , la quale è legata alle caratteristiche tecniche del penetrometro impiegato. La modellizzazione lungo le verticali è stata eseguita secondo le raccomandazioni AGI '77, le quali adottano l'interpretazione di Begemann (1965) che considera le variazioni litologiche in base al rapporto  $Q_c/F_s = F_t$ . Sono state, inoltre, riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di  $Q_c$  e  $F_r = (F_s/Q_c)\%$ .

Come la prova **DIN2**, anche la penetrometria **CPT3** risulta troppo distante rispetto al Rio Maggiore e alle opere d'intervento che ci interessano nello specifico, così da tralasciare l'interpretazione dei suoi dati che, tra l'altro, a prima vista non appaiono troppo in linea con quelli del sottosuolo specifico. La **CPT17**, invece, è stata spinta fino a -3,40 m dal p.c. locale, profondità dove è andata a rifiuto e coincidente con un probabile deposito antropico addensato.

## 6.2 Sondaggi geognostici

I sondaggi geognostici a carotaggio continuo sono stati svolti utilizzando una sonda Atlas Copco Mustang A32 CB, che ha permesso di operare l'infissione di un carotiere semplice, effettuata a spinta e rotazione, attraverso aste di piccolo diametro per aprire un foro (generalmente pari a 101 mm di diametro) e raggiungere una profondità di 15 m dal p.c. per entrambi i carotaggi qui presi in considerazione (**S2G** e **S3G**). Per la stabilità delle pareti, vista la litologia del sottosuolo, i tratti carotati saranno stati almeno in parte rivestiti con tubazione di diametro interno maggiore di quello del carotiere (generalmente di 127 mm).

È stato seguito, pertanto, il metodo "convenzionale" che consiste in una continua alternanza di manovre di carotaggio e manovre di rivestimento. Con questa tipologia d'indagine è stato possibile sia prelevare le carote di terreno sulla verticale dei punti di sondaggi, sia estrarre alcuni campioni di terreno per sottoporli alle analisi di laboratorio, sia eseguire le prove SPT in foro a profondità prefissate.

La metodologia d'indagine diretta, come quella di un sondaggio a carotaggio continuo, permette di ricostruire le effettive sequenze litostratigrafiche dei terreni perforati. Nel nostro caso sono state rinvenute successioni caratterizzate da alternanze di argille e limi con passate sabbioso-limose, talvolta ghiaiose, più o meno addensate, che sovrastano intorno agli 8 m di profondità un orizzonte "guida" a componente argillosa e argillo-limosa, piuttosto consistente, attribuibile alle argille del Pleistocene medio. Sopra quanto descritto è presente un corposo spessore di materiale antropico formato da laterizi vari, inerti, clasti, sabbie e limi.

Le descrizioni litologiche degli orizzonti individuati lungo i sondaggi, secondo scansioni variabili con intervalli di profondità da decimetrici a metrici, fino alla profondità raggiunta, ovvero 15 m dal p.c.

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

locale, così come descritte dai tecnici di GAIA Servizi S.n.c., sono riportate nell'**Allegato C**, dove è presente anche l'elaborato fotografico con la postazione del cantiere sul punto di indagine e le cassette con le carote di terreno prelevate durante il carotaggio.

Grazie ad un'oculata conservazione, da parte dei tecnici del Genio Civile di Pisa, delle cassette catalogatrici delle carote di terreno prelevate durante i carotaggi, sono in fase di revisione le descrizioni litologiche dei terreni indagati. I relativi logs, che saranno presentati con lo studio geologico-tecnico definitivo a seguire il presente, vengono qui considerati per l'elaborazione del modello geologico del sottosuolo specifico.

### **6.3 Prove SPT in foro**

Le prove SPT (Standard Penetration Test) sono state eseguite durante le perforazioni, tre nel foro **S2G** e una nel **S3G**. L'indagine consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63,5 kg che liberamente cade da un'altezza di 76 cm. Durante una prova si misura:

- N1 ovvero il numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di avviamento;
- N2 ossia il numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;
- N3 cioè il numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore  $NSPT = N2 + N3$ .

Il campionatore usato da GAIA Servizi S.n.c. è il campionatore Raymond ed è rappresentato da un tubo carotiere avente diametro esterno di 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo alle aste di 813 mm; questo è diviso longitudinalmente a metà con i due semitubi tenuti insieme, durante l'infissione, da una scarpa tagliente avvitata alla base e da un anello in testa. Alla fine della prova si svita la scarpa e il carotiere si apre in due permettendo di estrarre il campione di terreno.

Le elaborazioni dei dati specifici di campagna saranno effettuate mediante un foglio di calcolo e presentate con lo studio geologico-tecnico definitivo che seguirà il presente.

### **6.4 Prove di permeabilità Lefranc**

Nell'ambito della campagna geognostica sono state eseguite, all'interno dei sondaggi, prove di permeabilità tipo Lefranc a diverse profondità di perforazione, secondo le "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" (AGI, 1977).

Le prove di permeabilità tipo Lefranc, eseguite in fori di sondaggio, consentono di ottenere una stima quantitativa del coefficiente di permeabilità del terreno. Queste, a seconda delle modalità esecutive e delle caratteristiche granulometriche e tessiturali del deposito, si distinguono in prove a carico costante e prove a carico variabile.

La prova a carico costante, eseguita in avanzamento durante la perforazione a diversi livelli di profondità, consiste nel misurare la portata necessaria per mantenere costante il livello d'acqua nel

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

foro, controllando tale livello con una sondina elettrica e misurando la portata con un contatore di precisione inserito nella mandata della pompa della sonda. Ogni singola prova ha in genere una durata di circa 60 minuti, preceduta da una fase di immissione d'acqua in foro finalizzata alla creazione di un flusso idrico con direzione radiale e l'instaurarsi di condizioni di filtrazione in regime laminare, in mezzo saturo, controllando la costanza dell'altezza e la misura della portata, tendenzialmente ogni 5 minuti.

Nella prova a carico variabile è misurata la velocità di riequilibrio del livello idrico dopo averlo alterato mediante immissione (generalmente fino a piano campagna) di acqua in foro. La prova consiste nell'eseguire alcune letture di livello dell'acqua in foro (h) a frequenti intervalli di tempo (t) annotando sia il livello dell'acqua sia il tempo di ciascuna lettura.

Nel sondaggio **S2G** la prova Lefranc è stata svolta a carico costante alla profondità di 3,0 - 3,5 m, in un perforo di 0,127 m e con portata di immissione pari a 0,00077 mc/sec; nel sondaggio **S3G**, con soggiacenza della falda a -3,5 m dal p.c., si è effettuato la prova a carico variabile alla profondità di 2,5 - 3,0 m e in un perforo di 0,127 m. I risultati, riportati dalla ditta esecutrice nel fascicolo dei sondaggi (**Allegato C**) hanno dato rispettivamente coefficienti di permeabilità del terreno  $k$  pari a  $6,07E-04$  m/sec e  $1,22E-06$  m/sec.

### **6.5 Prove di laboratorio**

Queste prove, eseguite durante i mesi di aprile, maggio e giugno del 2019 nel laboratorio della LABOTER S.n.c. di Paolo Tognelli e C. (Sede via N. Sauro n. 440, Pistoia), hanno valutato le caratteristiche generali, i parametri e le proprietà indice dei terreni campionati, analizzato le loro granulometrie e sottoposto i vari provini ad alcune analisi meccaniche.

Rimandiamo alla relazione definitiva per i parametri geotecnici ricavati dal laboratorio e le tipologie d'indagine con le quali questi sono stati ricavati.

### **6.6 Prospezioni geofisiche**

Con l'entrata in vigore delle NTC 2008 la stima della pericolosità sismica viene definita tramite un approccio sito dipendente e non più attraverso un criterio zona dipendente. Al riguardo, come abbiamo già fatto cenno, sono state eseguite alcune indagini geofisiche. Si tratta di n. 3 prospezioni sismiche superficiali con tecnica MASW ("Multichannel Analysis of Surface Waves"), **MASW2**, **MASW6** e **MASW7**, in onde di Rayleigh finalizzate a ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde S e al conseguente calcolo del parametro Vs30 e n. 3 sondaggi in sismica passiva a stazione singola elaborati con la metodologia basata sul rapporto spettrale H/V (**HVSR2**, **HVSR6** e **HVSR7**) per il calcolo della frequenza di risonanza caratteristica di sito e per verificare i risultati ottenuti dalle MASW. Naturalmente, tutto ciò diventa possibile quando è conosciuto il profilo litologico del sottosuolo tramite indagini geognostiche di tipo diretto, come nel nostro caso. Ciò, infatti, permette di minimizzare i problemi interpretativi della metodologia geofisica, consentendo di ridurre in modo drastico i possibili modelli di sottosuolo capaci di generare tali risposte.

Nel particolare, dei tre profili sismici verticali forniti dalle elaborazioni, quello che appare più in linea con i dati geognostici di tipo diretto a disposizione è il profilo relativo alla **MASW2**, tra l'altro modellato grazie ai dati HVSR oltre la profondità di 200 m dalla superficie. Qui le velocità delle onde S evidenziano un loro progressivo aumento con la profondità, informazione che possiamo ritenere

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

plausibilmente valida per tutto il **TRATTO 3** in esame, a conferma dell'andamento litologico riscontrato sia con le penetrometrie dei terreni nei primi metri di sottosuolo che con i carotaggi che hanno raggiunto la profondità di 15 m dal p.c. locale. I modelli derivanti dalle **MASW6** e **MASW7**, nonostante non si approfondiscano quanto quello della **MASW2**, risultano in linea con la modellazione di riferimento, in particolar modo con le nuove rielaborazioni svolte da GAIA Servizi S.n.c. su richiesta specifica.

Relativamente al grafico del **rapporto H/V (HVS2)**, questo evidenzia la presenza di un picco su una frequenza compresa tra **0,3** e **0,4 Hz**. Tale frequenza di risonanza può essere considerata frequenza fondamentale di sito e può indicare un contrasto di impedenza profondo, ben oltre i 200 m di profondità. Tale bedrock può corrispondere al complesso lapideo antico che caratterizza la parte collinare di Livorno, con netta prevalenza di formazioni argillitico-marnose-scistose dell'Alloctono ligure, comprendenti anche strati calcarei e silicei e grandi ammassi di ofioliti, oltre alla formazione arenacea del Domino toscano che affiora presso Calafuria. Le altre misure **HVS6** e **HVS7** permettono soltanto di intuire la presenza di tale picco in corrispondenza delle proprie verticali di indagine e non di verificarla, in quanto non sono state elaborate al di sotto degli 0,5 Hz. Con la revisione eseguita da GAIA Servizi S.n.c. in data 27 febbraio 2020 vengono evidenziati i picchi mancanti grazie all'eliminazione del taglio della curva HVS alle basse frequenze ovvero inferiori a 0,5 Hz. Si registrano così frequenze intorno a **0,4 Hz** per la prova **HVS6** e tra **0,4** e **0,5 Hz** per il sondaggio **HVS7**, confermando i dati che emergono con l'indagine **HVS2**.

Relativamente al tale campagna, è stata redatta dalla ditta esecutrice GAIA Servizi S.n.c. una relazione tecnica, che alleghiamo al presente studio (**Allegato D**): questa descrive la strumentazione utilizzata, la metodologia e l'acquisizione delle varie indagini svolte nonché i risultati raggiunti.

## **7. Sismicità dell'area e azioni sismiche di sito**

### **7.1 Zonizzazione sismica**

In materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e relativamente alle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica, è stata emanata l'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 "Primi provvedimenti in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (modificata e integrata nel tempo) che, a seguito della nuova mappa sismica dei comuni italiani contestualmente ridisegnata, disciplina la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni.

Con il D.M. 14 gennaio 2008 e la Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 2 febbraio 2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008" è diventata operativa la nuova normativa sismica sopra citata.

In base alla nuova mappa di pericolosità sismica dei comuni italiani (O.P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"), le Regioni hanno aggiornato gli elenchi delle zone sismiche, nell'ambito del proprio territorio di competenza, perseguendo altresì l'omogeneizzazione delle mappe, soprattutto nelle aree di confine con altre regioni e definendo eventualmente le sottozone, nell'ambito

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

di uno stesso comune, differenziate anche in relazione alle caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche di dettaglio.

Per quanto riguarda il territorio toscano, la mappa regionale, che è stata approvata con D.G.R.T. n. 878 del 8 ottobre 2012 (aggiornata con D.G.R.T. n. 421 del 26/05/2014), inserisce il territorio del Comune di Livorno in un'area a bassa sismicità, Zona Sismica 3.

In base al D.P.G.R. 22 ottobre 2012, n. 58/R della Toscana "Regolamento di attuazione dell'articolo 117, comma 2, lettera g) della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Verifiche nelle zone a bassa sismicità. Determinazione del campione da assoggettare a verifica", la Zona Sismica 3 viene suddivisa in fasce di pericolosità che tengano conto del valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico su suolo rigido e pianeggiante (Categoria A), allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), riferito al periodo di ritorno ( $T_R$ ) di 475 anni, corrispondente in termini progettuali ad una vita nominale ( $V_N$ ) di 50 anni e classe d'uso ( $C_U$ ) pari ad 1 (classe d'uso II), di seguito indicato "a<sub>g</sub>": a) fascia A, con valori di  $a_g > 0,15g$ ; b) fascia B, con valori di  $0,125 < a_g \leq 0,15g$ ; c) fascia C, con valori di  $a_g \leq 0,125g$ .

Ai sensi dell'art. 107, comma 1, lettera d-bis della L.R. 1/2005, il progettista assevera la zona sismica e la fascia di pericolosità del sito, specificandone il valore a<sub>g</sub>.

L'azione sismica di progetto prende in considerazione anche il fattore S che è direttamente legato al profilo litostratigrafico del sottosuolo su cui insistono le opere. Tale fattore S unito al già citato a<sub>g</sub>, fornisce un'idea degli effetti di sito attraverso la relazione  $S \times a_g$  (Accelerazione di progetto).

Le nuove norme tecniche disciplinano la progettazione e la verifica delle opere e dei sistemi geotecnici, soggetti ad azioni sismiche, nonché i requisiti che devono essere soddisfatti dai siti di costruzione e dai terreni interagenti con le opere in presenza di tali azioni.

In aggiunta, le opere e i sistemi geotecnici devono soddisfare le prescrizioni relative alle combinazioni di carico non sismico.

### **7.1.1 Zonizzazione sismogenetica**

Il Comune di Livorno ricade nella zona sismogenetica 921 (Etruria), in base alla Zonizzazione sismogenetica del territorio nazionale elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e vulcanologia (INGV) e denominata ZS9 (**Figura 8**), cui corrisponde una profondità "efficace", definita come l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, di 1 - 5 km e un meccanismo di fagliazione prevalentemente normale. Tale zona, che racchiude le aree di vulcanismo recente del margine tirrenico, è caratterizzata da elevato flusso di calore e una diffusa sismicità di energia moderata.

Ad ogni zona sismogenetica corrisponde un valore di Mmax che rappresenta un elemento di tipo cautelativo adottato per garantire le determinazioni di amax dalla possibilità che si verifichino, seppure con probabilità molto bassa, eventi di magnitudo superiore a quelle verificatisi nel corso del periodo di osservazione del catalogo dei terremoti utilizzato dall'INGV. Questa scelta riflette ovviamente la scarsa conoscenza del potenziale sismogenetico di una data regione; non a caso, è oggetto di particolare

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

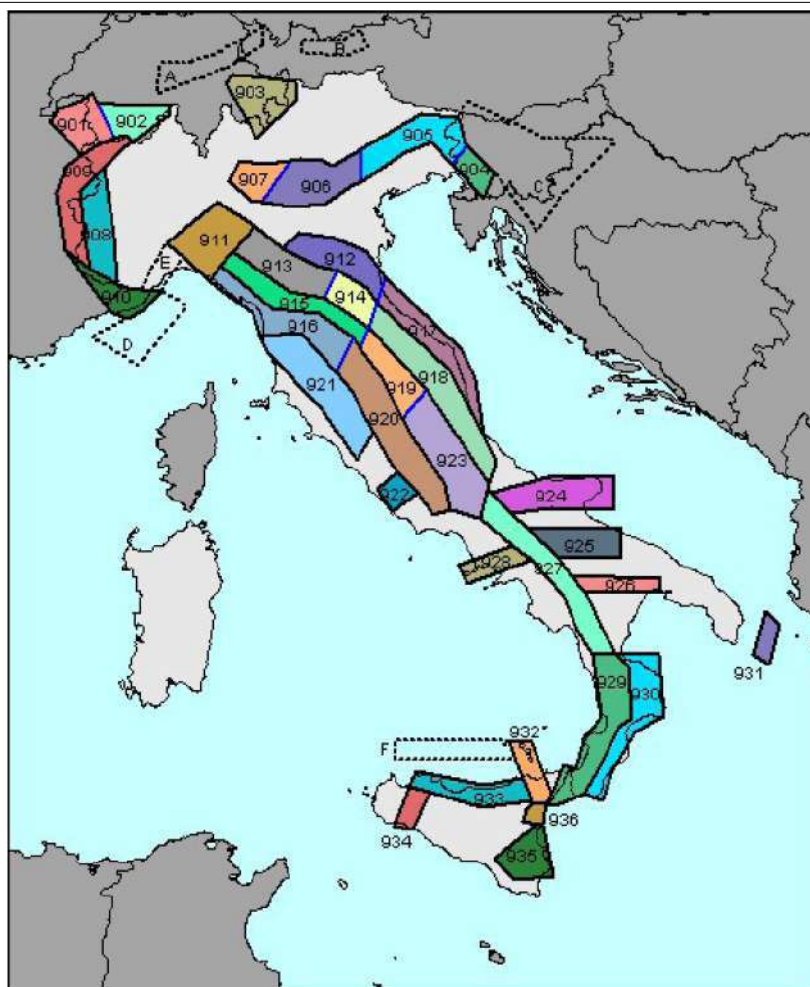
Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508



attenzione nelle regioni a sismicità medio-bassa e/o in quelle poco investigate.

**Figura 8** - Zonizzazione sismogenetica ZS9 (da Rapporto Conclusivo - 2004) sulla Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica (INGV).



Nel Rapporto Conclusivo del 2004 sulla Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica ad opera dell'INGV sono stati definiti due insiemi di valori di  $M_{max}$ , determinando inizialmente  $M_w$  (Magnitudo momento) e poi gli altri tipi di Magnitudo:

- 1) uno definito  $M_{max1}$  ("osservata") e calibrato, in modo cautelativo, sui dati sismologici e geologici;
- 2) l'altro,  $M_{max2}$  ("cautelativa"), maggiormente cautelativo corrispondente al criterio di portare al valore  $M_{wmax} = 6,14$   $M_w$  tutte le ZS con  $M_{wmaxCPTI2}$  inferiore a tale valore.

La zona sismogenetica in oggetto è caratterizzata da un valore  $M_{max1}$  di 5,91 e, conseguentemente, da un valore  $M_{max2}$  di 6,14.

Il sisma di progetto sarà scelto tra i due suddetti valori in quanto è necessario fare riferimento ad un evento il cui periodo di ritorno è 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) al fine di progettare per evitare il collasso della struttura.

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

### 7.1.2 Strutture sismogenetiche

Le strutture sismogenetiche in una certa area, riconosciute come attive, ne determinano la sua pericolosità sismica. Le informazioni riguardanti tali strutture sono contenute in due banche dati: una è il DISS dell'INGV e l'altra Ithaca del SGN.

Il database delle singole fonti sismogenetiche (DISS Database of Individual Seismogenic Sources nella Versione 3.2.1) opera una raccolta di potenziali fonti di terremoti di dimensioni superiori a Mw 5,5 in Italia e nelle aree immediatamente circostanti.

L'analisi di detto catalogo porta alla conoscenza di alcune Strutture Sismogenetiche Singole presenti nel raggio di 100 Km dal sito di nostro interesse:

Nome sorgente	DISS - ID	Data evento noto	Mw	Distanza in Km
<i>Orciano Pisano</i>	<i>ITIS066</i>	<i>14/08/1846</i>	<i>5,7</i>	<i>5 - 10</i>
<i>Garfagnana sud</i>	<i>ITIS051</i>		<i>6,1</i>	<i>55 - 60</i>
<i>Garfagnana nord</i>	<i>ITIS050</i>	<i>07/09/1920</i>	<i>6,4</i>	<i>65 - 70</i>
<i>Aulla</i>	<i>ITIS067</i>	<i>05/05/1481</i>	<i>5,8</i>	<i>70 - 75</i>
<i>Pontremoli</i>	<i>ITIS085</i>	<i>14/02/1834</i>	<i>5,7</i>	<i>90 - 95</i>
<i>Mugello ovest</i>	<i>ITIS087</i>	<i>13/06/1542</i>	<i>5,9</i>	<i>90 - 95</i>
<i>Mugello est</i>	<i>ITIS086</i>	<i>29/06/1929</i>	<i>6,2</i>	<i>95 - 100</i>

La struttura sismogenetica che può maggiormente interessare la pericolosità sismica di Livorno, considerata la ridotta distanza, è quella di Orciano Pisano che nel 1846 provocò già un terremoto particolarmente distruttivo.

Con ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano, ovvero quelle faglie in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie.

Per l'area pianeggiante livornese non vengono individuate strutture. Quelle più vicine interessano il pisano: si tratta delle strutture 61604, 61605, 61606 e 61607 del sistema Viareggio - Pisa. A queste strutture potrebbero fare capo gli antichi eventi sismici avvenuti tra 1100 e il 1500, legati alla formazione della pianura versilio-pisana.

### 7.1.3 Storia sismica di Livorno

Grazie all'INGV e al prodotto DBMI15 v2.0 (Database Macrosismico Italiano aggiornato al 2019), che fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4,0$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2017, emerge che gli eventi sismici con epicentro nel sottosuolo intorno a Livorno sono due, avvenuti nel 1814 (Costa pisano-livornese) e nel 1950 (Livornese): il primo con magnitudo Mw stimata di 5,12 e intensità I di 5-6, il secondo Mw di 4,9 e I di 6. Altri eventi nell'area riportano una magnitudo più bassa dei due citati.

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Gli eventi di maggior intensità che la città di Livorno ha subito nel corso dei secoli, oltre a quelli associati alla Costa pisano-livornese del 1814, sono invece quelli del 1808 (Livorno), 1950 (Livornese), 1549 (Livorno), 1771 (Livorno), 1920 (Garfagnana), 1646 (Livorno), 1742 (Livorno), 1846 (Colline pisano-livornesi - Orciano Pisano). Nella **Tabella 3** che segue viene riprodotta la storia sismica di Livorno andando a considerare eventi con intensità percepita **Is** maggiore di 4.

Intensità <b>Is</b>	Anno Me Gi	Area epicentrale	Intensità <b>I</b>	Mw	<b>Tabella 3</b> - Storia sismica di Livorno, con <b>Is</b> intensità percepita a Livorno, <b>I</b> intensità nell'area epicentrale, <b>Mw</b> magnitudo area epicentrale.
4	1811 07 15	Modenese-Reggiano	6-7	5.13	
4	1887 02 23	Liguria occidentale	9	6.27	
4	1902 08 04	Lunigiana	6	4.78	
4	1904 11 17	Pistoiese	7	5.10	
4	1930 05 24	Appennino tosco-emiliano	5	4.91	
4	1939 10 15	Garfagnana	6-7	4.96	
4	1983 11 09	Parmense	6-7	5.04	
4-5	1878 09 10	Lunigiana	6-7	4.98	
4-5	1911 09 13	Chianti	7	5.08	
5	1740 03 06	Garfagnana	8	5.64	
5	1767 01 21	Lunigiana	7	5.27	
5	1894 12 12	Livorno	5	4.16	
5	1914 01 15	Livornese	5	4.33	
5	1914 10 27	Lucchesia	7	5.63	
5	1972 10 25	Appennino settentrionale	5	4.87	
5	1984 04 22	Costa pisano-livornese	5	4.10	
5	1984 05 21	Costa pisano-livornese		3.97	
HF	1802 08 10	Toscana centrale	5	4.16	
5-6	1732 05 21	Livorno	4-5	3.93	
5-6	1987 01 22	Costa pisano-livornese	5-6	4.15	
6	1808 10 26	Livorno	6	4.63	
6	1950 04 01	Livornese	6	4.99	
6-7	1549 05 08	Livorno	6-7	4.86	
6-7	1771 01 08	Livorno	5-6	4.40	
6-7	1814 04 03	Costa pisano-livornese	6-7	5.12	
6-7	1920 09 07	Garfagnana	10	6.53	
7	1646 04 05	Livorno	6	4.63	
7	1742 01 27	Livornese	6	4.87	
7	1846 08 14	Colline Pisane	9	6.04	

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

## **7.2 Pericolosità sismica del sito**

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 e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

Questa rappresenta l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche e viene descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento"  $V_R$  espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari a un valore prefissato; la probabilità è denominata Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento  $PV_R$ .

La pericolosità sismica del territorio nazionale è, invece, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (Categoria A di sottosuolo, vedi oltre), con superficie topografica orizzontale (Categoria topografica T1, vedi oltre), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $PV_R$  nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Un'alternativa è l'uso di accelerogrammi, purché congruenti con la pericolosità sismica del sito.

Ai fini delle NTC 2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $PV_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:  $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;  $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  $T^*C$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 2475 anni). I valori dei principali parametri sismici ( $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*C$ ) sono attualmente forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Tutto ciò che riguarda l'individuazione della pericolosità sismica di sito viene riportato nell'**Allegato E** (da "GeoStru Parametri Sismici").

## **7.3 Categoria di sottosuolo e condizione topografica**

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, ovvero dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito specifico.

Per definire l'azione sismica di progetto, come già detto, abbiamo deciso di valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante le analisi effettuate nel gennaio-marzo 2019 sull'area d'interesse.

Secondo le NTC 2018, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

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

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

Pertanto, i risultati indicano una velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m  **$V_{s,eq}(0-30)$**  pari a **276 m/sec (MASW2)** e intorno ai **260 m/sec (MASW6 e MASW7 rielaborate)**, valori che tendono ad aumentare, seppur leggermente, con il piano fondale pensato a profondità intorno ai 5/6 m dal p.c. locale, come nel nostro caso.

Da quanto detto è possibile definire il sito in esame come appartenente alla **Categoria di sottosuolo C**, in base alle indicazioni delle NTC 2018 (**Tabella 4**).

Dal punto di vista topografico, la superficie del sito presenta una configurazione semplice, pianeggiante e, pertanto, riferibile alla **Categoria T1**, come da classificazione normativa (**Tabella 5**).

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

**Tabella 4** - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II delle NTC 2018).

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

**Tabella 5** - Categorie topografiche (Tab. 3.2.III delle NTC 2018).

#### 7.4 Stati limite e probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli **Stati Limite di Esercizio** (SLE) sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli **Stati Limite Ultimi** (SLU) sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella **Tabella 6**.

Stati Limite	$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

**Tabella 6** - Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  al variare dello stato limite considerato (Tab. 3.2.I delle NTC 2018).

Qualora la protezione nei confronti degli SLE sia di prioritaria importanza, i valori di  $P_{V_R}$  forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza  $P_{V_R}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  si ricava il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma utilizzando la relazione:

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PV_R) = -C_u V_N / \ln(1 - PV_R)$$

L'**Allegato E** (da "GeoStru PS"), che individua la pericolosità del sito specifico, mostra la strategia di progetto, viste la tipologia dell'opera e le considerazioni effettuate precedentemente, ed esplicita i valori di progetto dei parametri sismici per gli stati limite d'interesse, riferiti alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento. Si può notare che, per un  $T_R = 475$  anni (stato limite SLV), abbiamo  $a_g = 0,109 \text{ g (SLV)}$ , valore che pone il sito specifico nella **fascia C di pericolosità sismica**.

### 7.5 Valutazione dell'azione sismica di progetto

Secondo le NTC, la stima della pericolosità sismica viene basata su una griglia di 10751 punti, ove viene fornita la terna di valori  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T^*C$  per nove periodi di ritorno  $T_R$ .

Il moto sismico di ciascun punto del suolo al di sotto della costruzione può essere decomposto in componenti secondo tre direzioni ortogonali (due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z). Per ciascuna componente dell'azione sismica può essere fornita una rappresentazione puntuale mediante la sola accelerazione massima attesa, attraverso l'intero spettro di risposta o con storie temporali dell'accelerazione (accelerogrammi). Qualora la costruzione sia di dimensioni limitate o le sue fondazioni siano sufficientemente rigide e resistenti, si può assumere che il moto sia lo stesso per tutti i punti al di sotto della costruzione. Altrimenti si deve tener conto della variabilità spaziale del moto, nei modi definiti dalle NTC 2018 (non nel nostro caso).

La rappresentazione di riferimento per le componenti dell'azione sismica è lo spettro di risposta elastico in accelerazione per uno smorzamento convenzionale del 5%. Esso fornisce la risposta massima in accelerazione del generico sistema dinamico elementare con periodo di oscillazione  $T \leq 4s$  ed è espresso come il prodotto di una forma spettrale per l'accelerazione massima del terreno.

#### 7.5.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti, nelle quali  $T$  e  $S_e$  sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale orizzontale.

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\ T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$

Nelle precedenti espressioni i vari termini che entrano in gioco hanno i seguenti significati:

- $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = S_s \times S_T$  essendo  $S_s$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica;

- $\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\times$  diversi dal 5%, mediante la relazione  $\eta = \sqrt{(10/(5 + \epsilon))} \geq 0,55$  dove  $\epsilon$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- $F_0$  è il fattore di amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;
- $T_c$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da  $T_c = C_c \times T^*c$  con  $C_c$  coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- $T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante ( $T_B = T_c / 3$ );
- $T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione  $T_D = 4,0 a_g / g + 1,6$ .

Le condizioni del sito di riferimento rigido, in generale, non corrispondono a quelle effettive. È necessario, quindi, modificare la forma spettrale su sottosuolo di Categoria A attraverso il coefficiente stratigrafico  $S_s$ , il coefficiente topografico  $S_T$  e il coefficiente  $C_c$  che incide sul valore del periodo  $T_c$ .

Per sottosuolo di Categoria A, infatti, i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le Categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T^*c$  relativi al sottosuolo di Categoria A, mediante le espressioni fornite dalle NTC 2018 (**Tabella 7**), nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T^*c$  è espresso in secondi.

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

**Tabella 7** - Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$  (dalla Tab. 3.2.IV delle NTC).

Allo stesso modo, per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati sotto (**Tabella 8**), in funzione delle categorie topografiche, già definite, e dell'ubicazione dell'opera o intervento.

Anche se non è il nostro caso, ricordiamo che la variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove  $S_T$  assume valore unitario.



Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

**Tabella 8** - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  (Tab. 3.2.V delle NTC).

### 7.5.2 Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico  $S_{ve}$  è definito dalle espressioni che seguono:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

dove  $T$  è il periodo proprio di vibrazione (in direzione verticale) e  $F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione  $F_v = 1,35 \times F_0 (a_g / g)^{0,5}$ .

I valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $S$ ,  $\eta$  sono già stati definiti per le componenti orizzontali; i valori di  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella **Tabella 9**.

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati in **Tabella 8**.

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

**Tabella 9** - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale (Tab. 3.2.VI delle NTC 2018).

### 7.5.3 Gli spettri di progetto per gli stati limite

Per lo stato limite di operatività (SLO) lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $PV_R$  considerato.

Qualora le verifiche agli stati limite di danno SLD, di salvaguardia della vita SLV e di prevenzione al collasso SLD non vengano effettuate tramite l'uso di opportune storie temporali del moto del terreno

ed analisi non lineari dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle costruzioni le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tenga conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio di vibrazione a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di risposta di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per quella verticale, è lo spettro di risposta elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $PV_R$  considerato. Per valutare la domanda verrà utilizzato tale spettro, nel caso di analisi non lineare statica ponendo  $\eta = 1$ , nel caso di analisi lineare, statica o dinamica con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule precedenti (per le componenti orizzontali) e nelle formule specifiche (per le componenti verticali)  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di comportamento definito nel capitolo 7 delle NTC.

Si assumerà comunque  $S_d(T) \geq 0,2 a_g$ .

#### **7.5.4 Calcolo dei parametri sismici e dell'accelerazione massima attesa sul sito**

Nell'**Allegato E** sono esposti i parametri e i coefficienti sismici (indipendenti e dipendenti), nonché l'accelerazione massima attesa sul sito  $A_{max}$ . Tali valori sono riferiti a opere fondazionali superficiali. Questi sono rappresentati dal coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$ , coefficiente funzione della categoria di sottosuolo  $C_c$ , coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ , coefficiente sismico orizzontale  $K_h$ , coefficiente sismico verticale  $K_v$  e coefficiente sismico orizzontale  $Beta$ .

## **8. Il modello geologico del sottosuolo - TRATTO 3**

Attraverso la correlazione dei dati emersi e relazionati in questo lavoro assieme a una ragionata e cautelativa analisi di tutte le informazioni a nostra disposizione e relative a lavori svolti in zona, è stato ricostruito il profilo geologico del sottosuolo d'interesse (**modello geologico**).

### **8.1 Il modello geologico**

Il quadro riassuntivo dei dati emersi dalle penetrometrie (**DIN4**, **DIN18** e **CPT17**) e dai sondaggi geognostici (**S2G** e **S3G**), nonché tramite le prospezioni geofisiche (**MASW2**, **MASW6** e **MASW7**, nonché i relativi **tromini**), integrati con quelli della bibliografia e letteratura tecnica, è stato messo in evidenza attraverso il **modello geologico** riportato a seguire.

In linea di massima abbiamo:

- in superficie un primo strato di **terreno vegetale alterato**, caratterizzato da limo, sabbia e argilla, dove sono presenti anche **consistenti materiali di riporto** (spessori che possono variare tra i 2 e oltre i 3 m, che chiamiamo **Corpo Geologico 1 - Cgl1**;
- al di sotto, per uno spessore di 5 m circa, si registrano dei **depositi a componente mista, da sabbiosi a limosi e argillosi**, più o meno consistenti, **talvolta con orizzonti ghiaiosi** e dove non mancano spessori o blocchi di **calcareniti** (Panchina) (**Corpo Geologico 2 - Cgl2**);

- alla base della successione descritta è sempre presente un **deposito argilloso e argilloso limoso grigio azzurro**, mediamente consistente e coesivo, **talvolta intercalato con orizzonti sabbiosi**, compreso tra i -8 m circa dal p.c. locale fino almeno ai 15 m di profondità (quota raggiunta con i sondaggi messi a disposizione da parte della Regione Toscana per espletare il presente lavoro) e chiamato **Corpo Geologico 3 - Cgl3**. Si tratta del substrato argilloso del Pleistocene medio del Terrazzo di Livorno.

Riguardo alle condizioni piezometriche, i dati in nostro possesso indicano un livello idrico piuttosto omogeneo e superficiale, che si attesta tra i 3 m e 4 m di profondità dal p.c. lungo tutto il tratto considerato nella modellazione geologica.

Procedendo dal piano campagna, il **Cgl1** risulta dotato di una conducibilità idraulica media, al di sotto il **Cgl2** è dotato di una conducibilità idraulica da elevata a media con permeabilità bassa dove la componente argillosa diventa preponderante. Infine la base dei corpi idrogeologici è rappresentata dal **Cgl3**, praticamente impermeabile.

Tutti gli Orizzonti mostrano un diverso grado di conducibilità idraulica per porosità ed il *reservoir* acquifero è rappresentato in sostanza dal **Cgl2** e in parte dal **Cgl1**, soprattutto quando è costituito da materiali grossolani di riporto.

Con il **Cgl1**, più o meno permeabile, rintracciamo così un acquifero più libero e non confinato superiormente; qui la ricarica della falda avviene in gran parte dall'esterno tramite precipitazioni dirette o drenate dagli spessori litologici pedecollinari verso la pianura e il mare.

### **8.2 Parametri geotecnici**

Sulla base dei risultati forniti dalle indagini, qui presentate (mancano ancora i dati delle analisi di laboratorio sui campioni prelevati durante i sondaggi geognostici, che saranno inseriti negli elaborati definitivi, e le elaborazioni delle SPT in foro), e attraverso la correlazione delle informazioni fornite dalla bibliografia e letteratura tecnica, il sottosuolo d'interesse per il **TRATTO 3** sembra caratterizzato da discreti parametri geotecnici, con compressibilità bassa e consistenza elevata. Pertanto, ci si può aspettare una buona risposta geotecnica dei terreni sotto i carichi di progetto del ponte di via E. Toti e per le opere previste lungo il **TRATTO 3** del Rio Maggiore, sia in fase di cantiere che a lavoro ultimato.

Riguardo, comunque, ai principali parametri, rimandiamo allo studio geotecnico indirizzato alla progettazione, nel quale sarà elaborato il modello specifico del sottosuolo e saranno affrontate le verifiche geologico-tecniche di competenza. specifica

## **9. Suscettibilità alla liquefazione**

Un incremento istantaneo di pressioni neutre, che può comportare un totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari e determinare un completo decadimento della resistenza tangenziale o rigidità di un terreno a comportamento esclusivamente granulare, origina il fenomeno della liquefazione. La causa si può cercare in uno o più eventi sismici e in tutte le manifestazioni ad essi associate.

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Durante un sisma, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino a eguagliare la pressione litostatica e la tensione di confinamento, annullando la resistenza al taglio / rigidità e inducendo fenomeni di fluidificazione.

In genere, per sismi di elevata magnitudo la liquefazione del deposito può essere indotta da un numero, anche ridotto, di cicli di carico in quanto ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di grande intensità. Al contrario, in terremoti di bassa magnitudo lo stesso effetto lo si può ottenere, con facilità, solo con un numero superiore di cicli di carico. Pertanto una magnitudo elevata del sisma (maggiore intensità degli sforzi di taglio che si applicano al terreno) e una sua lunga durata (maggiore numero di cicli di carico) rendono più probabile l'innescarsi del fenomeno in un deposito liquefacibile.

La probabilità che un deposito raggiunga condizioni tali da innescare il fenomeno della liquefazione dipende dalle seguenti condizioni:

- granulometria uniforme nel campo delle sabbie medio-fini;
- terreni immersi in falda, e quindi saturi;
- stato di addensamento sciolto;
- pressione litostatica relativamente ridotta;
- scossa sismica di notevole intensità.

Riprendendo l'Erocodice 8, nelle NTC 2018 viene chiarito che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

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  $qc_{1N} > 180$ , dove  $(N1)_{60}$  è la resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_1$  è il valore della resistenza determinata con le prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate come sabbia monogranulare pulita, come da figura 7.11.1 delle norme, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  parte (a) e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$  parte (b).

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Ritornando all'argomento relativo al presente Capitolo, già in questa sede possiamo escludere il rischio di liquefazione per il sottosuolo d'interesse, considerati i depositi che lo costituiscono, in cui la componente coesiva è sempre presente e in maniera anche importante.

Inoltre, c'è da dire che i terreni a dominante sabbiosa mostrano sempre un buon grado di addensamento, addirittura con orizzonti cementati, tanto da rigettare problematiche legate alla liquefazione.

Laddove sarà ritenuto opportuno, in sede di studio definitivo che seguirà il presente, verrà comunque valutato quantitativamente il potenziale di liquefazione, mediante i metodi più accettati a livello internazionale, con elaborazione dei dati SPT o CPT a disposizione.

## 10. Terre e rocce da scavo

Si ricorda che l'intervento in progetto può comportare la rimozione di una certa quantità di terra o roccia da scavo. Al riguardo, le disposizioni sono contenute nel nuovo D.P.R. 279/2016, approvato in via definitiva dal Consiglio dei Ministri il 14 luglio 2016 ed entrato in vigore il 22 agosto 2017 con il **D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120** "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164".

Tale decreto va ad abrogare la normativa precedente ed ha come obiettivo principale quello di agevolare e incrementare il ricorso alla gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, semplificando le procedure e riducendo gli oneri documentali, fissando, inoltre, tempi certi e definiti per l'avvio delle attività di gestione di materiali e garantendo che avvengano in condizioni di sicurezza ambientale e sanitaria, prevedendo un rafforzamento del sistema di controlli e vigilanza da parte delle autorità competenti.

## 11. Considerazioni conclusive

Alla luce del quadro descritto, come emerso dalle indagini in sito che la Regione Toscana ha messo a disposizione, si ritiene che le condizioni geologiche s.l. del **TRATTO 3** siano tali da non costituire impedimento alla realizzazione degli interventi in progetto.

Si ricorda che con lo studio geologico-tecnico definitivo, che seguirà il presente, sarà elaborato il modello geotecnico indirizzato alla progettazione e verranno operate le varie verifiche tecniche richieste e di competenza specifica.

Si rimane, comunque, a disposizione per ulteriori chiarimenti.

Pisa, marzo 2020

dott. Geologo Alessandro Ungari



**dott. Geologo Alessandro Ungari**  
- Pisa -  
Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126  
Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298  
C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

**COMUNE DI LIVORNO**  
**PROVINCIA DI LIVORNO**

***INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO  
SUL BACINO DEL RIO MAGGIORE, COMUNE DI LIVORNO***


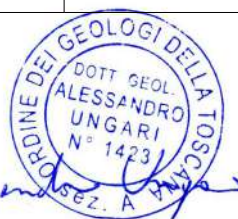
**- TRATTO 3 -**

**OGGETTO:** *STUDIO GEOLOGICO-TECNICO DEFINITIVO*

**COMMITTENTE:** REGIONE TOSCANA

**PROGETTAZIONE:** STUDIO INGEO

Redatto da:	dott. geol. Alessandro Ungari
Data:	aprile 2020

## Sommario

1. Premessa.....	4
2. Tipologia delle opere come da progetto preliminare.....	4
2.1 Vita nominale, Classe d'uso e Periodo di riferimento.....	5
3. Problematiche geotecniche e scelte analitiche.....	6
4. Indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche.....	8
4.1 Penetrometrie dinamiche/statiche.....	8
4.2 Sondaggi geognostici.....	9
4.3 Elaborazione dei dati delle prove SPT in foro.....	10
4.4 Risultati delle prove di permeabilità Lefranc.....	12
4.5 Risultati delle prove di laboratorio.....	12
4.6 Prospezioni geofisiche.....	13
5. Sismicità dell'area e azioni sismiche di sito.....	13
5.1 Zonizzazione sismica e pericolosità sismica del sito.....	13
5.2 Categoria di sottosuolo e condizione topografica.....	14
5.3 Stati limite e probabilità di superamento.....	14
6. Modello geotecnico.....	15
7. Modello idrogeologico.....	17
8. Progetto in studio e sue varianti.....	18
9. Considerazioni sulle spinte dei terreni.....	21
10. Verifiche di stabilità: procedure, approcci e metodi di calcolo.....	24
10.1 Approccio metodico.....	25
10.2 Procedure e metodi di calcolo utilizzati.....	28
10.3 Pendii in falda.....	31
10.4 Valutazione dell'azione sismica (metodo pseudostatico).....	32
10.5 Valutazione del fenomeno di liquefazione dei terreni.....	34
11. Verifiche di stabilità.....	38
11.1 Fronti di scavo muniti di paratie di pali.....	39
11.2 Fronti di scavo con pendio naturale.....	40
11.3 Fronti di scavo con paratie di pali e scatolare a U.....	41
12. Indicazioni geotecniche e operative.....	43
12.1 Operazioni di scavo.....	44
12.2 Opere strutturali e non solo.....	45

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

---

12.3 Stati testimoniali e monitoraggi.....	47
13. Considerazioni conclusive.....	48

**Allegati e tavole fuori testo in fascicolo separato (un solo elaborato sia per lo studio geologico e sismico preliminare sia per quello geologico-tecnico definitivo)**



## 1. Premessa

Il progetto in disamina riguarda gli interventi sul Rio Maggiore nel Comune di Livorno (LI), finalizzati a ridurre il rischio idraulico sul suo bacino e, in particolar modo, sul **TRATTO 3** che va da via N. Sauro a via G. Rodocanacchi. Tale tratto risulta, cartograficamente, inquadrato grazie agli stralci dei fogli 16E62 e 16E54 della CTR della Toscana in scala 1:2.000, come visualizzato in **Tavola 2**.

A seguito dello relazione geologica e sismica preliminare, parte integrante della presente, sono stati approfonditi gli studi di natura geologico-tecnica indirizzati alla progettazione strutturale per un giusto dimensionamento delle opere previste e ad una valutazione delle interazioni opere/terreno.

Per tutto questo, su incarico e per conto della Regione Toscana (*Incarico del 18 dicembre 2019 con CIG: 801700844A e CUP: J45B17000720002*), dopo la ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo d'interesse, sono state operate le verifiche richieste in relazione alle specifiche competenze, come da normativa vigente (NTC 2018).

Il presente studio è stato svolto in ottemperanza alle pertinenti normative in vigore:

**EuroCodice 7, UNI ENV 1997** - "Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali";

**EuroCodice 8, UNI ENV 1998** - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici";

**Legge Regione Toscana 10 novembre 2014, n. 65** - "Norme per il governo del territorio";

**Decreto Presidente Giunta Regione Toscana 9 luglio 2009, n. 36/R** - "Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2, della Legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico";

**Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018** - "Norme tecniche per le costruzioni";

**Legge Regione Toscana 24 luglio 2018, n. 41** - "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni) Modifiche alla LR 80/2015 e alla LR 65/2014";

**Circolare Consiglio Superiore Lavori Pubblici 21 febbraio 2019, n. 7** - "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle N.T.C. di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

## 2. Tipologia delle opere come da progetto preliminare

Gli interventi di riduzione del rischio idraulico sul bacino del Rio Maggiore, relativamente al **TRATTO 3**, che ha una lunghezza di circa 170 m, riguardano:

- il nuovo sottopasso di via E. Toti, con sezione di progetto rettangolare in c.a. e dimensioni di 10 m x 3,9 m con savanella di magra, e il conseguente attraversamento carrabile sulla strada (**Figura 1**);
- la riapertura del Rio Maggiore con una nuova struttura ad U in c.a. (**Figura 2**), che va da via N. Sauro a via G. Rodocanacchi, a sezione rettangolare di larghezza pari a 10 m, con savanella di magra e pareti rivestite in bozze di pietra.

---

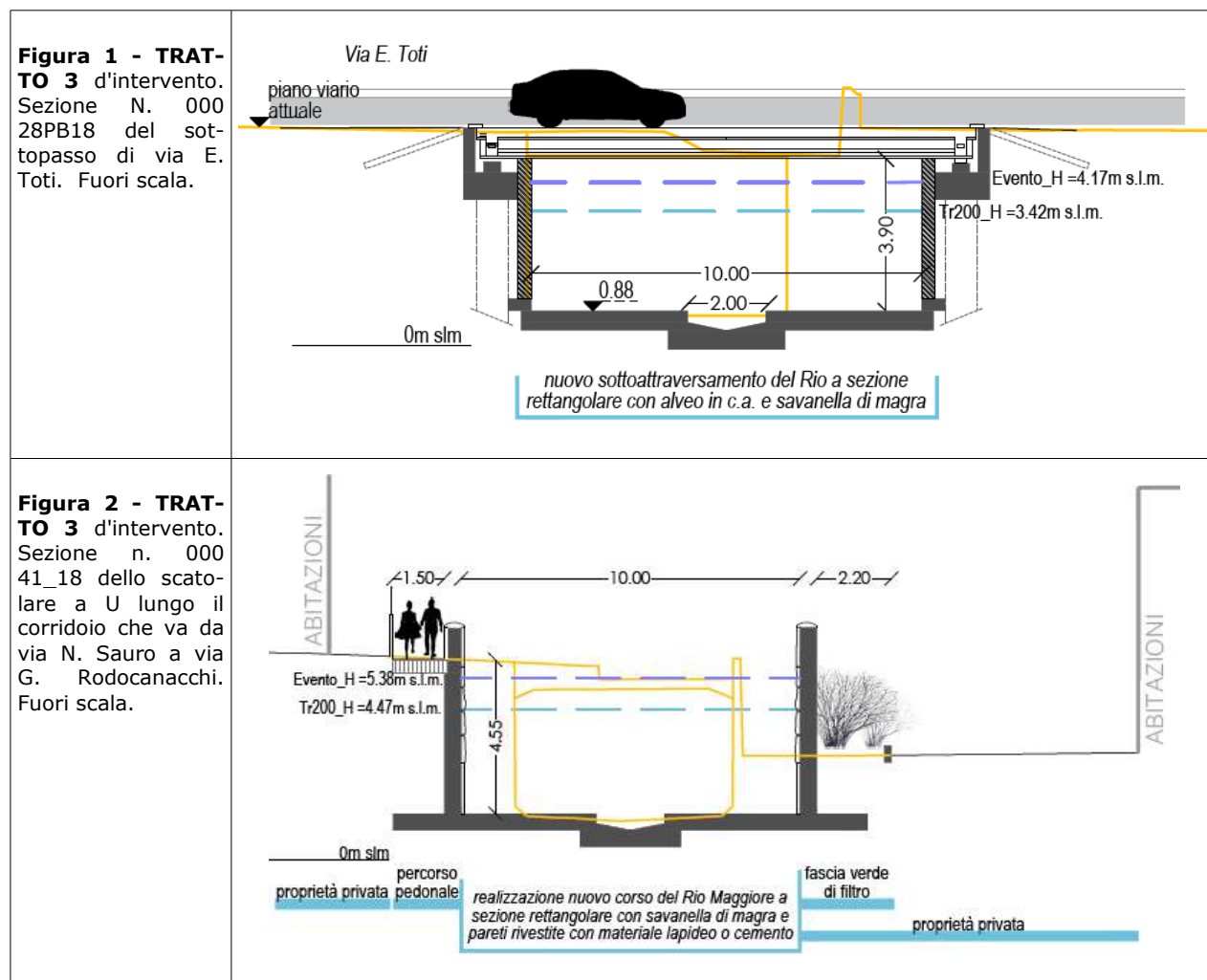
- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Per maggiori dettagli architettonici e strutturali rimandiamo agli elaborati progettuali dello Studio INGEO di Lucca (LU), via dell'Acquacalda n. 840/A, oltre che a quanto riportato nel seguito del presente studio.



## 2.1 Vita nominale, Classe d'uso e Periodo di riferimento

Di concerto con i tecnici della Regione Toscana e l'ing. Paolo Barsotti dello Studio INGEO di Lucca, responsabile dell'incarico ingegneristico, è stato deciso di non inquadrare gli interventi in esame in quelle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso e, tantomeno, in quelle infrastrutture la cui funzionalità durante eventi sismici possa assumere rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.

Confermiamo, quindi, quanto già scritto nella relazione geologica e sismica preliminare, viste le caratteristiche delle opere in progetto e il contesto territoriale in cui si inseriscono.

Pertanto, sia per il ponte su via E. Toti che per lo scatolare ad U lungo tutto il tratto in questione, la vita nominale  $V_N$  viene assunta uguale a 50 anni (Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari), mentre la Classe d'uso, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

eventuale collasso, è la II ("Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. .... Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, ....."): ne deriva che il **periodo di riferimento  $V_R$**  risulta **pari a 50 anni**.

### 3. Problematiche geotecniche e scelte analitiche

La situazione del sottosuolo d'interesse, come già evidenziata dallo studio preliminare e definita nei particolari tecnici più avanti in questa sede, mostra un andamento piuttosto regolare degli orizzonti geologico-tecnici (vedi modelli geologico e geotecnico del sottosuolo specifico). Tuttavia può risultare naturale che i terreni presentino, nella realtà, diverse risposte geotecniche, quando interessati dalle varie strutture, che attualmente risultano in progetto e che andremo di seguito ad esaminare, per quelle che sono le competenze specifiche.

Riguardo al tema in studio, è opportuno prendere in esame la potenziale pericolosità geologico-tecnica collegata agli interventi antropici in programma. Con il termine pericolosità si individuano quelle situazioni caratterizzate da un insieme di fattori e condizioni che possono essere causa di potenziale grave pericolo o di grave danno per il territorio. La pericolosità rappresenta, di conseguenza, una caratteristica specifica di un sito non sempre collegata all'intervento umano. Nello specifico, l'insediamento di un'opera può comportare, in relazione alle sue dimensioni e alla sua tipologia, un incremento del livello di pericolosità determinabile attraverso valutazioni morfologiche, geotecniche, idrogeologiche, ecc.

Pertanto, il progetto deve tener conto dell'esistenza di opere e sovraccarichi in prossimità dello scavo, deve esaminare l'influenza dello scavo sul regime delle acque superficiali e deve garantire la stabilità e la funzionalità delle costruzioni preesistenti nell'area interessata dallo scavo, nonché garantire sempre un grado di sicurezza elevato per ogni fase lavorativa.

Innanzitutto occorre ricordare che, per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 metri, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo. Le verifiche devono essere svolte nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) e nei confronti degli stati limite di servizio (SLE), quando pertinenti.

Le azioni dovute al terreno, all'acqua e ai sovraccarichi anche transitori devono essere calcolate in modo da pervenire, di volta in volta, alle condizioni più sfavorevoli. Le ipotesi per il calcolo delle azioni del terreno e delle sollecitazioni della struttura di sostegno devono essere giustificate portando in conto la deformabilità relativa del terreno-struttura di sostegno, le modalità esecutive dello scavo, le caratteristiche meccaniche del terreno e il tempo di permanenza dello scavo.

Le verifiche di sicurezza, per fronti di scavo naturali, devono essere effettuate con metodi che tengano conto della forma e posizione della superficie di scorrimento, dell'assetto strutturale, dei parametri geotecnici e del regime delle pressioni interstiziali. Queste devono essere eseguite lungo superfici di scorrimento cinematicamente possibili, in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso.

Riguardo alle opere di sostegno, le verifiche eseguite mediante analisi di interazione terreno-struttura o con metodi semplificati devono sempre rispettare le condizioni di equilibrio e congruenza, nonché la compatibilità con i criteri di resistenza del terreno. È necessario, inoltre, portare in conto la dipendenza della spinta dei terreni dallo spostamento dell'opera.

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine. Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, che compongono le opere stesse.

Nelle condizioni di esercizio, per tutti i casi, devono essere valutati gli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante al fine di verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità di manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle pressioni interstiziali.

Specifiche analisi dell'interazione tra opere e terreno devono, inoltre, essere sviluppate per valutare l'influenza dell'opera di sostegno sulla sicurezza e sulla funzionalità delle costruzioni in adiacenza e/o particolarmente sensibili agli spostamenti e per individuare gli eventuali interventi per limitarne gli effetti sfavorevoli, tenendo conto anche della sequenza delle fasi costruttive.

Quando sussistano condizioni tali da non consentire un'agevole valutazione delle pressioni interstiziali, le verifiche di sicurezza devono essere eseguite assumendo le condizioni più sfavorevoli che ragionevolmente si possono prevedere.

Il grado di sicurezza ritenuto accettabile dal progettista deve essere giustificato sulla base del livello di conoscenze raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica, nonché sulla base delle conseguenze di un'eventuale collasso.

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa visione delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che, se saturo, è per lo meno bifase; ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi e il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1 - si usano leggi costitutive semplificate, ovvero un modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione efficace  $C'$  e totale  $C_u$  e angolo di resistenza al taglio  $\phi$ , costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb;

2 - in alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Riguardo allo scatolare a U e a quello del sottopasso di via E. Toti in progetto, le fondazioni saranno di tipo diretto e realizzate in c.a. mediante una platea da gettare in due tempi su altrettante porzioni, suddivise longitudinalmente, per garantire il passaggio delle acque del Rio Maggiore, alternativamente, durante i lavori di cantiere. Come le opere fondali, anche le strutture portanti verranno costruite in calcestruzzo armato. Il tutto sarà dimensionato in conformità alle normative vigenti e, quindi, in grado di sopportare le azioni generate dai carichi permanenti, dovuti al peso proprio della struttura (fondazioni e traversi) e delle sovrastrutture (vedi il sovrappasso di via E. Toti), da quelli variabili come la presenza di acqua all'interno della vasca, nonché quelle relative ai carichi accidentali tipo la neve, oltre a quelli legati al passaggio veicolare sulla viabilità stradale.

Le tipologie fondazionali a platea servono a garantire alla struttura elevata rigidità, dovuta al comportamento statico bidirezionale, e assicurare stabilità al manufatto; inoltre hanno numerosi vantaggi tecnici come l'estrema capacità di ripartizione dei carichi sul terreno con conseguente annullamento di eventuali cedimenti differenziali, che possono essere legati a disomogeneità del sottosuolo e/o a eventuali squilibri nei carichi, semplicità di esecuzione e rapidità di realizzazione.

Non minor importanza avranno le considerazioni relative alla perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua (vedi verifica UPL per il galleggiamento). Le opere geotecniche, infatti, devono essere verificate nei confronti dei possibili stati limite di sollevamento, in base alle normative vigenti.

#### 4. Indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche

Tra la redazione dello studio geologico e sismico preliminare e la stesura del presente lavoro sono stati analizzati le ulteriori informazioni di carattere geotecnico a disposizione, soprattutto quelli di laboratorio, ed elaborati alcuni dati acquisiti con la campagna geognostica per arrivare a definire un modello fisico-meccanico del sottosuolo il più rispondente possibile alla realtà.

La scarsità di dati, soprattutto oltre una certa profondità, non ha infatti impedito di giungere a un modello accettabile, grazie alla discriminazione e al giudizio tecnico, alla conoscenza a priori regionale e locale, alle dovute cautele tecniche e al ragionevole buon senso.

Seppur un certo grado di incertezza rimanga sempre, il modello attraverso i suoi caratteristici valori parametrici può, in qualche modo, rispecchiare bene il sottosuolo d'interesse specifico.

I sondaggi geognostici a carotaggio continuo, che interessano direttamente il **TRATTO 3** in esame, sono due: il primo **S2G** è posto in corrispondenza del ponte che verrà su via E. Toti e il secondo **S3G** immediatamente a monte del tratto considerato. Riguardo alle penetrometrie, quelle prese in considerazione sono la dinamica superpesante **DIN18** e la statica **CPT17**. Delle indagini geofisiche facciamo riferimento alle prospezioni sismiche superficiali **MASW2**, **MASW6** e **MASW7** e i rispettivi sondaggi verticali in sismica passiva a stazione singola **HVSR2**, **HVSR6** e **HVSR7**.

##### 4.1 Penetrometrie dinamiche/statiche

Riguardo alle **prove penetrometriche dinamiche superpesanti**, come già detto in relazione preliminare, gli unici dati derivati dei principali parametri geomeccanici, che risultano attendibili, sono

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

l'angolo di attrito e il peso in volume del terreno, oltre naturalmente ai valori ricavati di  $N_{spt}$ ; artificioso è ricavare informazioni dettagliate sulle caratteristiche granulometriche dei depositi indagati (ghiaie, sabbie, limi, argille) e, di conseguenza, risalire a una litologia verosimile del terreno indagato, specie se non correlate e/o tarate con carotaggi immediatamente vicini.

Nell'**Allegato B** sono riportate le indagini penetrometriche dinamiche tramite le letture di campagna, i diagrammi colpi/resistenza, i valori parametrici derivati, ai quali rimandiamo per una loro lettura critica.

La prova, raggiungendo soltanto i -6,80 m (**DIN18**) dal p.c. locale, profondità corrispondente a livelli ad alta densità dinamica che hanno determinato il rifiuto strumentale, ha potuto dare informazioni solo per il tratto superficiale del sottosuolo d'interesse. Occorre dire, però, che il punto d'indagine posto in destra idraulica del Rio Maggiore, trovandosi a una quota ben più bassa di 2/3 m rispetto a quelle dei due sondaggi ubicati alle due estremità del **TRATTO 3**, garantisce una buona profondità d'indagine in senso assoluto, tanto da indicare un sottosuolo piuttosto omogeneo e con una certa continuità laterale.

Dalle **prove penetrometriche statiche**, come detto in relazione preliminare, è possibile derivare i valori dei parametri qui di seguito elencati che, tuttavia, poiché ottenuti attraverso correlazioni empiriche, debbono essere valutati e considerati con le dovute cautele:  $M_0$  modulo di deformazione edometrico in kg/cmq;  $C_u$  coesione non drenata in kg/cmq;  $D_r$  densità relativa in %;  $\varphi$  angolo di attrito interno in gradi sessagesimali;  $\sigma'_{vo}$  pressione verticale efficace a metà strato in Kg/cmq;  $\gamma$  peso di volume naturale in t/mc.

Purtroppo la prova **CPT17**, arrestatasi a -3,40 m dal p.c. locale, profondità dove è andata a rifiuto e coincidente con un probabile deposito antropico addensato, non ci offre granché dal punto di vista fisico e meccanico.

Nell'**Allegato B** sono, comunque, riportate le indagini penetrometriche statiche tramite i dati di campagna, i diagrammi di resistenza e sulla litologia, i valori parametrici derivati, ai quali rimandiamo per una loro lettura critica.

#### **4.2 Sondaggi geognostici**

Relativamente ai sondaggi geognostici di nostro interesse (**S2G** e **S3G**), nell'**Allegato F** vengono presentate le descrizioni litologiche riviste dal sottoscritto, a seguito della presa visione, presso il Genio Civile di Pisa, delle cassette che hanno conservato le carote di terreno prelevate dai vari punti di indagine durante le perforazioni, e grazie a un intreccio critico dei dati a disposizione, tra i quali le foto originali delle cassette catalogatrici delle carote, i logs litologici di GAIA Servizi S.n.c. e le descrizioni dei campioni effettuate dal laboratorio geotecnico.

Sono non pochi i dettagli litologici che in questo modo sono emersi, tanto da avere una visione più ampia della geologia del sottosuolo d'interesse specifico e da pensare di prenderne spunto per ricostruire il modello, prima geologico e poi geotecnico.

### 4.3 Elaborazione dei dati delle prove SPT in foro

Le elaborazioni dei dati di campagna delle prove SPT in foro sono state effettuate mediante un foglio di calcolo, che utilizza le principali correlazioni presenti in letteratura per ottenere i parametri fisico-meccanici e di deformabilità dei terreni, grazie al numero di colpi di tali prove. Nella letteratura scientifica e tecnica vi sono, infatti, numerose correlazioni tra la resistenza alla penetrazione ( $N_{spt}$ ) e i parametri geotecnici dei terreni sia granulari che coesivi (su questi ultimi vi sono riserve sull'utilizzo delle prove SPT sia in foro che tramite penetrometro dinamico).

Come già accennato nello studio preliminare, le prove SPT a fondo foro di un carotaggio, eseguite a diverse profondità e su litologie tendenzialmente incoerenti, consistono nel misurare il numero di colpi richiesto per provocare l'avanzamento per battitura di un campionatore standard, lungo tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno. La resistenza dinamica puntuale (ovvero il numero di colpi detto  $N_{spt}$ ) si ottiene sommando il numero di colpi necessario per l'avanzamento negli ultimi 30 cm.

Si fa presente che ciascuna delle correlazioni proposte è stata tarata e studiata su terreni di differenti caratteristiche e provenienza e che una correlazione sperimentale non sostituisce nella maggior parte dei casi le prove di laboratorio. L'intento è quello, comunque, di dare supporto all'elaborazione di carattere geotecnico e, magari, confermare quanto emerge dalle altre indagini di sito e dalle analisi fisico-meccaniche sui campioni di terreno.

I valori di  $N_{spt}$  ricavati dalle indagini di campagna sono stati, quindi, prima normalizzati  $N1(60)$  utilizzando vari coefficienti moltiplicativi che tengono conto rispettivamente:

- del metodo di rilascio del maglio e del tipo di maglio utilizzato (CE),
- della pressione verticale efficace agente alla profondità di prova (CN),
- della lunghezza delle aste (CR),
- del diametro del foro (CB),
- del tipo di campionatore utilizzato (CS).

La correzione per il rapporto di energia si basa sulla formula  $CE = E_r / 60$  con  $E_r$  che corrisponde al 65% e conseguentemente CE risulta pari a 1,08 (dati italiani con martello DONUT).

Per la correzione relativa alla tensione litostatica efficace viene considerata la relazione di Liao e Whitman (1986) secondo cui si ha  $CN = 1/(\sigma_v)^{0,5}$ .

Per la correzione CR riguardante la lunghezza delle aste sotto la testa della battitura viene seguita la seguente **Tabella 1**.

Lunghezza aste	3 - 4 m	CR	0,75	<b>Tabella 1</b> - Correzione per la lunghezza delle aste.
	4 - 6 m	CR	0,85	
	6 - 10 m	CR	0,95	
	10 m	CR	1	

Riguardo alla correzione per il diametro del foro vengono presi in considerazione i valori della

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

**Tabella 2.**

<i>Diametro del foro</i>	65 - 115 mm	CB	1	<b>Tabella 2</b> - Correzione per il diametro del foro.
	115 - 150 m	CB	1,05	
	150 - 200 m	CB	1,15	

Per il tipo di campionatore utilizzato durante la prova si hanno le correzioni CS come da **Tabella 3.**

<i>Tipo di campionatore</i>	Standard	CS	1	<b>Tabella 3</b> - Correzione per il metodo di campionamento.
	Senza astuccio	CS	1,2	

Nell'**Allegato G** viene presentato il report del foglio elettronico con alcuni valori parametrici relativi ai calcoli come suggeriti dalle formule dei vari autori considerati, grazie al valore normalizzato  $N1(60)$ , relativamente alle tre prove SPT nel foro del carotaggio **S2G** e alla prova SPT nel foro **S3G**. Per le formule dei vari autori citati nel report rimandiamo all'ampia letteratura scientifica e tecnica. I valori parametrici dei reports vengono riferiti a terreni con comportamento sia granulare che coesivo, lasciando l'interpretazione al progettista sulla vera natura del deposito indagato, indicata tuttavia dal relativo log litologico.

Per quelle considerate, in linea con le elaborazioni effettuate da GAIA Servizi S.n.c. relative alle penetrometrie dinamiche superpesanti, si riportano a seguire le formule dei singoli autori.

Per la Densità relativa  $D_r$ , riguardante i terreni granulari, ci riferiamo a Terzaghi & Peck (1948, 1967). Disponendo del valore normalizzato di  $N_{spt}$ , ovvero  $(N1)60$ , la migliore correlazione media tra resistenza alla penetrazione e densità relativa è riportata nella seguente **Tabella 4** come da autori:

	<b>Molto sciolto</b>	<b>Sciolto</b>	<b>Medio</b>	<b>Denso</b>	<b>Molto denso</b>	<b>Tabella 4</b> - Correlazione tra Densità relativa $D_r$ e il valore normalizzato $(N1)60$ .
<b><math>D_r</math></b>	0 % - 15 %	15 % - 35 %	35 % - 65 %	65 % - 85 %	85 % - 100 %	
<b><math>(N1)60</math></b>	0-3	3-8	8-25	25-42	42-58	

Anche se la prima correlazione di Terzaghi & Peck (1948) non teneva conto delle tensioni efficaci, Peck precisò che essa andava intesa in un ambito di piccole sollecitazioni tensionali ( $\sigma_v < 70 \text{ kN/mq}$ ). È pertanto valida per profondità di pochi metri al di sotto del piano di fondazione.

Per l'Angolo di attrito efficace  $\phi'$ , relativo ai terreni granulari, la formula di riferimento è la seguente:

$$\phi' = 27,2 + 0,28 N_{spt} \quad \text{di Peck, Hanson \& Thorburn (1953, 1974).}$$

Questa risulta valida per le sabbie in genere, in condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 5 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 8 m per terreni in falda (pressione efficace inferiore a 8/10 t/mq).

Il Modulo di deformazione drenato  $E'$  (Modulo di Young), riguardante i terreni granulari, viene riferito a D'Appollonia et al. (1970), metodo valido per sabbia con ghiaia e sabbie SC. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di  $N_{spt}$  ad una diminuzione di  $E$  con la

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508



profondità. Le formule sono:

$$E \text{ (in kg/cmq)} = 7,71 \text{ Nspt} + 191 \text{ (ghiaia più sabbia),}$$

$$E \text{ (in kg/cmq)} = 10,63 \text{ Nspt} + 375 \text{ (sabbia SC).}$$

Per la Coesione non drenata  $C_u$  (terreni coesivi) abbiamo il metodo di Terzaghi - Peck (1948-1967), valido per argille di media plasticità, che si basa sulla seguente relazione:

$$C_u \text{ (in kg/cmq)} = 0,067 \text{ Nspt.}$$

Il Peso di volume  $\gamma$  viene ricavato, per i terreni granulari, con la correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,70 \text{ t/mc}$  e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ( $Nspt = 0$ ) a 0,545 ( $Nspt = 28$ ), secondo Terzaghi e Peck (1948-1967), e per i terreni coesivi con la correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65 \text{ t/mc}$  e per peso di volume secco variabile da 1,33 ( $Nspt = 0$ ) a 1,99 ( $Nspt = 95$ ), secondo Bowles (1982).

#### **4.4 Risultati delle prove di permeabilità Lefranc**

Nell'ambito della campagna geognostica sono state eseguite, all'interno dei sondaggi, prove di permeabilità tipo Lefranc a diverse profondità di perforazione, come già premesso nella relazione preliminare.

Ricordiamo, qui, che nel sondaggio **S2G** la prova Lefranc (svolta a carico costante alla profondità di 3,0 - 3,5 m e con portata di immissione pari a 0,00077 mc/sec) ha dato un valore del coefficiente di permeabilità del terreno **k** pari a **6,07E-04 m/sec**, mentre in **S3G** (prova a carico variabile alla profondità di 2,5 - 3,0 m con soggiacenza della falda a -3,5 m dal p.c.) **k** era uguale a **1,22E-06 m/sec (Allegato C)**.

#### **4.5 Risultati delle prove di laboratorio**

Tali prove, eseguite tra aprile e giugno 2019 nel laboratorio della LABOTER S.n.c. di Paolo Tognelli e C. (Sede via N. Sauro n. 440, Pistoia), hanno valutato le caratteristiche generali, i parametri e le proprietà indice dei terreni campionati, analizzato le loro granulometrie e sottoposto i provini ad analisi meccaniche (**Tabella 5**).

Nella tabella precedente viene visualizzata l'intera scheda di sintesi dei parametri geotecnici delle terre studiate e prelevate in tutti i sondaggi svolti da GAIA Servizi S.n.c. durante la campagna geognostica, mentre i certificati delle analisi di laboratorio relativi ai campioni dei sondaggi **S2G** e **S3G** sono riportati nell'**Allegato H**.

I parametri geotecnici ricavati e le tipologie d'indagine alle quali facciamo riferimento specifico sono: l'umidità allo stato naturale  $W$ , il peso di volume  $\gamma$ , in condizioni di umidità naturale, secco e saturo, l'indice dei vuoti, la porosità e la saturazione, i limiti di Atterberg (liquido, plastico, ecc.), questi ultimi per i soli campioni del carotaggio **S3G**, le granulometrie, la prova di compressione assiale con espansione laterale libera (ELL), la prova di taglio diretto consolidato - drenato (CD), quest'ultima per i soli campioni del sondaggio **S2G**, la prova di consolidazione edometrica, quest'ultima per i soli campioni del carotaggio **S3G**.

Riferimento			Caratteristiche fisiche								Limiti di consistenza				Granulometria				Compr.	Taglio diretto			Edometrica				
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	$\gamma$ kN/m³	$\gamma_{acc}$ kN/m³	$\gamma_{sat}$ kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Chiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	$\sigma$ kPa	$\phi$ °	c kPa	24,6 kPa	49,2 kPa	98,4 kPa	196,8 kPa	393,6 kPa		
G1	1	4.8-5.3	23,0	19,7	16,0	19,9	0,65	39,5	95,1						6,7	50,1	43,2	282	30,5	11,7			7569	6037	5241		
G1	2	7.5-8.0	25,6	19,3	15,4	19,5	0,72	41,9	95,6						10,1	45,8	44,1	175									
2 G	1	4.5-5.0	18,1	20,1	17,0	20,5	0,56	35,8	87,6					5,9	37,9	26,3	29,9	256	22,0	19,3				5482	5414		
2 G	2	8.4-9.0	27,4	19,4	15,2	19,4	0,74	42,6	99,6						11,7	42,4	45,9	159	26,6	15,1							
3 G	1	2.5-3.0	19,0	20,4	17,1	20,6	0,55	35,3	93,9	33,2	17,7	15,5	0,91	0,7	37,6	30,9	30,8	152			24600	6930	4229	4534	6866		
3 G	2	9.5-10.0	28,0	18,8	14,7	19,1	0,80	44,5	94,4	44,3	22,9	21,4	0,76		2,2	41,1	56,7	158			2076	1990	2984	4841			
4 G	1	1.8-2.3	16,6	19,0	16,3	20,1	0,62	38,4	71,6	44,0	19,1	24,9	1,10	1,5	48,4	10,3	39,8	374					11187	6508			
G5	1	1.8-2.2	18,4	20,6	17,4	20,8	0,52	34,1	95,6	48,4	24,1	24,3	1,24	3,4	30,1	20,6	45,9	534	24,8	25,3			8708	8708	15435		
G5	2	2.8-3.4	27,3											0,6	81,8	10,4	7,2										
6G	1	2.0-2.5	16,9	20,1	17,2	20,6	0,54	35,0	84,7	29,1	19,9	9,2	1,33	7,9	46,1	26,1	19,9				3324	2121	2937	4896	7935		
6 G	2	3.5-4.0	20,2	20,2	16,8	20,4	0,57	36,4	95,1	38,1	23,4	14,7	1,22	7,6	45,2	20,3	26,9		27,5	18,1							
G1		2.0-3.0								43,8	20,7	23,1		1,7	9,5	42,9	45,9										
G3		3.0-4.0								33,4	19,7	13,7		4,0	37,2	36,6	22,2										
G4		1.0-2.0								47,5	23,6	23,9		1,8	36,3	15,2	46,7										
G5		2.0-3.0												2,1	68,6	18,6	10,7										
G6		3.5-4.5												25,6	39,3	23,9	11,2										
G7		1.0-2.0												15,6	74,4	6,4	3,6										
G9		2.0-3.0												15,5	32,9	27,3	24,3										

**Tabella 5** - Parametri ricavati dalle analisi geotecniche di laboratorio effettuate sui campioni raccolti durante le perforazioni svolte da GAIA Servizi S.n.c. per la campagna di indagine geognostica sul Rio Maggiore commissionata dalla Regione Toscana.

#### 4.6 Prospezioni geofisiche

Relativamente alla caratterizzazione sismica del sito, come detto nel preliminare, è stata redatta dalla ditta Gaia Servizi S.n.c., esecutrice dell'indagine in situ, una relazione tecnica (**Allegato D**), nella quale si descrive la strumentazione utilizzata, la metodologia e l'acquisizione delle varie indagini svolte e i risultati raggiunti.

Al riguardo ricordiamo che i risultati del profilo **MASW2** hanno indicato una velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m **Vs\_eq(0-30)** pari a **276 m/sec**, quelli del **MASW6** **261 m/sec** e quelli del **MASW7** **259 m/sec** (per questi ultimi due profili facciamo riferimento alle nuove rielaborazione eseguite da GAIA Servizi S.n.c. e datate 27 febbraio 2020).

Inoltre, dai grafici del rapporto H/V è emersa la presenza di picchi nell'intervallo di frequenza compreso tra **0,3/0,4 Hz (HVS2)** e **0,4/0,5 Hz (HVS6 e HVS7 rielaborati)**. Le tre registrazioni HVS2 a stazione singola, eseguite nell'area d'interesse, sono infatti tra loro ben correlabili evidenziando una buona omogeneità laterale del sottosuolo specifico. Queste frequenze possono, quindi, essere considerate **frequenze fondamentali di sito**.

### 5. Sismicità dell'area e azioni sismiche di sito

Riprendiamo, qui, molte delle indicazioni già espresse nello studio preliminare per il progetto in esame e riguardanti l'argomento specifico.

#### 5.1 Zonizzazione sismica e pericolosità sismica del sito

Il territorio comunale di Livorno viene classificato in Zona Sismica 3. Tale zona, in base al D.P.G.R. 22 ottobre 2012, n. 58/R della Toscana, viene suddivisa in fasce di pericolosità che tengano conto del valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico su suolo rigido e pianeggiante (Categoria A), allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), riferito al periodo

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

di ritorno (TR) di 475 anni, corrispondente in termini progettuali ad una vita nominale (VN) di 50 anni e classe d'uso (CU) pari ad 1 (classe d'uso II), di seguito indicato "ag": a) fascia A, con valori di  $ag > 0,15g$ ; b) fascia B, con valori di  $0,125 < ag \leq 0,15g$ ; c) fascia C, con valori di  $ag \leq 0,125g$ .

L'**Allegato E** (da "GeoStru PS"), che individua la pericolosità del sito specifico, mostra la strategia di progetto, viste la tipologia dell'opera e le considerazioni effettuate precedentemente, ed esplicita i valori di progetto dei parametri sismici per gli stati limite d'interesse, riferiti alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento. Si può notare che, per un  $TR = 475$  anni (stato limite SLV), abbiamo **ag = 0,109 g (SLV)**, valore che pone il sito specifico nella **fascia C di pericolosità sismica**.

## 5.2 Categoria di sottosuolo e condizione topografica

I risultati delle indagini geofisiche, come visto precedentemente, hanno indicato una velocità media delle onde di taglio **Vs\_eq(0-30)** intorno ai 260 m/sec, valori riferiti ai primi 30 m di profondità dal piano di campagna, che tendono ad aumentare con la base di imposta delle strutture ben più profonda.

Pertanto, è possibile inquadrare complessivamente il sito specifico nella **Categoria di sottosuolo C**, definita dalle NTC 2018 nel seguente modo:

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

Dal punto di vista topografico, la superficie del sito in esame presenta una configurazione semplice, pianeggiante e, pertanto, riferibile alla **Categoria T1**, come da classificazione delle NTC 2018.

## 5.3 Stati limite e probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite sono individuati riferendosi alle prestazioni delle opere nel loro complesso.

Gli Stati Limite Ultimi (SLU) sono:

1. lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV);
2. lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella **Tabella 6**.

Stati Limite	$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

**Tabella 6** - Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato (Tab. 3.2.I delle NTC 2018).

Gli SLU per le opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono le opere stesse.

Poiché le accelerazioni che competono allo Stato Limite ultimo di Collasso sono maggiori, le verifiche sono effettuate con tali sollecitazioni.

Nell'**Allegato E** viene mostrata la strategia di progetto, visti gli interventi in esame e date le considerazioni effettuate precedentemente, e vengono esplicitati i valori di progetto dei parametri sismici per gli stati limite d'interesse, riferiti alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento. Inoltre sono esposti i parametri e i coefficienti sismici (indipendenti e dipendenti), compresa l'accelerazione massima attesa sul sito specifico Amax. Tali valori sono riferiti alla stabilità dei pendii. Questi sono rappresentati dal:

- coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss,
- coefficiente funzione della categoria di sottosuolo Cc,
- coefficiente di amplificazione topografica St,
- coefficiente sismico orizzontale Kh,
- coefficiente sismico verticale Kv,
- coefficiente sismico orizzontale Beta.

## 6. Modello geotecnico

Elaborando tutti i dati a disposizione, come emersi dalla campagna geognostica svolta da GAIA Servizi S.n.c. su incarico della Regione Toscana e redatti sia con lo studio geologico e sismico preliminare del febbraio 2020, sia con il presente di natura geotecnica e in forma definitiva, integrati con quelli della bibliografia esistente e letteratura tecnica, quando possibile, siamo andati a definire, grazie al modello geologico già ricostruito, il modello geotecnico ovvero uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni interessati dalle opere in progetto, finalizzato all'analisi quantitativa dello specifico problema ingegneristico da affrontare.

Il modello geotecnico è riferito tendenzialmente al volume significativo, cioè a quella parte di sottosuolo influenzato, direttamente o indirettamente, dal cuneo di rottura solidale alla fondazione in progetto (vedi il ponte su via E. Toti e lo scatolare ad U dove scorreranno le acque del Rio Maggiore), assegnando alle diverse litologie qui presenti determinati valori parametrici, dal punto di vista fisico-meccanico.

Nell'ottica di una progettazione basata sul metodo degli stati limite, i valori dei parametri geotecnici devono essere interpretati nel senso di valori caratteristici, ovvero di valori ottenuti con una stima ragionata e cautelativa di un dato parametro, in relazione agli stati limite considerati per il progetto. Pertanto, tutti i parametri geotecnici ricavati, sono stati pensati ed elaborati al fine di rilevare per ciascun livello individuato nel modello il valore caratteristico, ovvero quello più cautelativo.

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Per il **TRATTO 3** proponiamo, quindi, un **modello geotecnico** sia per il sottopasso di via E. Toti basato essenzialmente sul vicinissimo sondaggio S2G (**Tavole 13 e 14**) sia per il corridoio lungo il quale sarà realizzato lo scatolare a U, dove scorreranno le acque del Rio Maggiore, tramite una sezione geologico-tecnica del sottosuolo congiungente i punti di sondaggio S2G e S3G, passando per quelli delle penetrometrie DIN18 e CPT17 (**Tavola 15**). Di seguito vengono riportate le descrizioni dei corpi geotecnici così modellati e i principali parametri fisico meccanici dei terreni relativi al corridoio citato; per quelli del ponte di via E. Toti facciamo riferimento direttamente alla sezione litologica e stratigrafica di **Tavola 13** e alla relativa tabella di **Tavola 14**.

- ✓ **Corpo geotecnico 1**, da 0 a 0,60/3,10 m di profondità (**Cgt1**) - per questa parte di terreno, talvolta di incerte caratteristiche meccaniche in quanto costituita essenzialmente da una miscela eterogenea di terreno naturale e di materiali inerti di origine antropica, è ipotizzabile una determinata acquisizione tensionale e deformativa nel corso del tempo. Si tratta di riporto in matrice mista (sabbiosa, limosa e argillosa) costituito da elementi lapidei e materiali inerti di dimensioni centimetriche a comportamento coesivo e granulare.

Peso di volume saturo <b>Y<sub>sat</sub></b> = 19,22 kN/mc	Peso di volume efficace <b>Y'</b> = 9,22 kN/mc
Coesione non drenata <b>C<sub>u</sub></b> = 77,50 kPa	Angolo di attrito interno non drenato <b>φ<sub>u</sub></b> = 29°
Coesione drenata <b>C'</b> =	Angolo di attrito interno drenato <b>φ'</b> = 29°
Coeff. di compressibilità <b>C<sub>c</sub></b> =	Modulo edometrico <b>Mo</b> = 8826 kPa
Coeff. di consolidazione <b>C<sub>v</sub></b> =	Resistenza alla punta <b>R<sub>p</sub></b> = 19,42 kPa
Numero di colpi prova <b>N<sub>spt</sub></b> = 5	

- ✓ **Corpo geotecnico 2**, da 0,60/3,10 a 5,60/7,30 m di profondità (**Cgt2**) - si tratta di un terreno costituito da sabbia con argilla limosa a tratti debolmente ghiaiosa, a colorazioni nocciola, con un comportamento dominante coesivo. Per questo pacco di strati sono stati definiti i parametri caratteristici riportati di seguito.

Peso di volume saturo <b>Y<sub>sat</sub></b> = 20,10 kN/mc	Peso di volume efficace <b>Y'</b> = 10,10 kN/mc
Coesione non drenata <b>C<sub>u</sub></b> = 49 kPa	Angolo di attrito interno non drenato <b>φ<sub>u</sub></b> =
Coesione drenata <b>C'</b> = 19,30 kPa	Angolo di attrito interno drenato <b>φ'</b> = 22°
Coeff. di compressibilità <b>C<sub>c</sub></b> = 0,089	Modulo edometrico <b>Mo</b> = 5482 kPa
Coeff. di consolidazione <b>C<sub>v</sub></b> = 3,42x10 <sup>-4</sup> cmq/kg	Resistenza alla punta <b>R<sub>p</sub></b> = 981 kPa
Numero di colpi prova <b>N<sub>spt</sub></b> = 2	

- ✓ **Corpo geotecnico 3**, da 5,60/7,30 a 6,80/8,10 m di profondità con lente più superficiale verso via E. Toti (**Cgt3**) - è costituito da alternanze di sabbie e sabbie limose, a tratti debolmente ghiaiose, e frequenti intercalazioni di calcarenite (Panchina). Il suo comportamento dominante è granulare. A questo corpo sono stati attribuiti i seguenti dati geotecnici.

Peso di volume saturo <b>Y<sub>sat</sub></b> = 18,82 kN/mc	Peso di volume efficace <b>Y'</b> = 8,82 kN/mc
Coesione non drenata <b>C<sub>u</sub></b> = 0,0 kPa	Angolo di attrito interno non drenato <b>φ<sub>u</sub></b> = 30°
Coesione drenata <b>C'</b> = 0,0 kPa	Angolo di attrito interno drenato <b>φ'</b> = 30°
Coeff. di compressibilità <b>C<sub>c</sub></b> =	Modulo edometrico <b>Mo</b> = 16916 kPa
Coeff. di consolidazione <b>C<sub>v</sub></b> = cmq/kg	Resistenza alla punta <b>R<sub>p</sub></b> = 3619 kPa

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Numero di colpi prova <b>Nspt</b> = 9	
---------------------------------------	--

- ✓ **Corpo geotecnico 4**, da 6,80/7,30 a 15,00 m di profondità (**Cgt4**) - si ha a questa profondità un terreno formato da argille con limo, a colorazioni grigio azzurre, mediamente consistente e mediamente compressibile a comportamento dominante coesivo. I suoi valori sono di seguito proposti.

Peso di volume saturo <b>Y<sub>sat</sub></b> = 19,10 kN/mc	Peso di volume efficace <b>Y'</b> = 9,10 kN/mc
Coesione non drenata <b>C<sub>u</sub></b> = 79 kPa	Angolo di attrito interno non drenato <b>φ<sub>u</sub></b> = °
Coesione drenata <b>C'</b> = 15,10 kPa	Angolo di attrito interno drenato <b>φ'</b> = 26,6°
Coeff. di compressibilità <b>C<sub>c</sub></b> = 0,197	Modulo edometrico <b>M<sub>o</sub></b> = 2984 kPa
Coeff. di consolidazione <b>C<sub>v</sub></b> = 7,38x10 <sup>-4</sup> cmq/kg	Resistenza alla punta <b>R<sub>p</sub></b> =
Numero di colpi prova <b>Nspt</b> =	

I dati che caratterizzano i vari corpi geotecnici sopra riportati, come quelli tabellati nelle relative tavole, derivano da un ragionamento del tutto cautelativo. Infatti, laddove erano presenti più parametri per uno stesso corpo modellato, su più verticali d'indagine, come riferimento è stato impiegato non il valore medio ma quello del parametro maggiormente scadente. Per inciso tale metodica è stata impiegata sia per la parametrizzazione di dettaglio evidenziata nelle sezioni che per quella di sintesi indicata nelle varie tabelle, sopra riprodotte per ogni corpo geotecnico, come quella nella relativa tavola per il sottopasso di via E. Toti.

Pertanto, i parametri assegnati ai 4 corpi geotecnici sono più penalizzati rispetto a quelli in sezione: infatti gli stessi corrispondono a quelli del livello peggiore intercetto dalle indagini geognostiche.

Infine, occorre anche precisare che il valore dell'angolo d'attrito interno in condizione drenate è stato assunto come uguale a quello che si avrebbe in condizioni non drenate, in quanto risulta pacifico che, a lungo termine e a seguito di una sollecitazione sismica, la disposizione dei grani assume un assetto maggiormente resiliente che a breve termine. Per il modello della zona corridoio, il valore della coesione non drenata assunto per il Cgt1 corrisponde cautelativamente a quello desunto dai dati restituiti dal test penetrometrico CPT17.

Comunque, ricordiamo che rimane al progettista incaricato, in base anche all'opera in progetto e alla sua precisa collocazione, l'eventuale scelta, quando appropriata, dei valori parametrici che più possono avvicinarsi al caso di verifica specifico.

## 7. Modello idrogeologico

Il sistema idrogeologico di un congruo intorno del sito d'intervento è caratterizzato da una circolazione idrica (seppur limitata) per falde sovrapposte con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa.

Circa le condizioni piezometriche, i dati in nostro possesso indicano un livello idrico piuttosto omogeneo e superficiale, che si attesta tra i 3 m e 4 m di profondità dal p.c. lungo tutto il tratto considerato nella modellazione.

Procedendo dal piano campagna, il **Cgt1** risulta dotato di una conducibilità idraulica media, al di sotto il **Cgt2** ha una permeabilità bassa, soprattutto dove la componente argillosa diventa preponderante, il **Cgt3** è dotato di una conducibilità idraulica da elevata a media e potenziale sede di acquifero, infine il **Cgt4** fa da base dei corpi idrogeologici menzionati, risultando praticamente impermeabile.

Ai fini dell'intervento, la falda che può interessare maggiormente sembra in prima ipotesi quella superficiale: questa si sviluppa, nel caso specifico, tra il piano campagna e il primo acquifero confinato, ovvero il **Cgt3**, e viene alimentata direttamente dalle piogge e/o dal reticolo idrografico, anche se nella zona specifica sembra completamente confinato, considerata la spinta urbanizzazione presente.

Visto però che gli scavi di cantiere andranno ad approfondirsi ben oltre le profondità sopra citate, è plausibile aspettarsi acqua durante le fasi di cantiere per le quali è opportuno prendere tutte le precauzioni del caso.

Innanzitutto, considerato che il sistema superficiale presenta una scarsa potenzialità ed è soggetto a variazioni nell'arco stagionale (durante la stagione piovosa, in occasione di precipitazioni abbondanti, il suo livello si può anche innalzare avvicinandosi al piano di campagna che è posto in destra idraulica lungo questa porzione del Rio Maggiore e saturare il terreno più superficiale di natura antropica), le fasi lavorative di intervento sono da prevedere nei periodi estivi e/o particolarmente siccitosi, quando la falda idrica si può abbattere notevolmente e raggiungere i suoi minimi annuali in modo naturale. Questo, anche considerando che il **TRATTO 3** risulta uno dei tratti più delicati tra gli interventi di riapertura del Rio Maggiore, visto che si inserisce nella porzione di territorio livornese a più alto impatto urbanistico.

La presenza di acqua durante il cantiere comporta, quindi, differenti accorgimenti come l'utilizzo di idonee armature di sostegno, la disposizione, ove sia possibile, del terreno di risulta, in modo che possa eventualmente formare una barriera protettiva all'ingresso dell'acqua nello scavo, e l'impiego di idonei sistemi per l'eliminazione delle acque e il loro controllo.

## 8. Progetto in studio e sue varianti

Il progetto per la costruzione dello scatolare ad U lungo la zona corridoio compresa tra via N. Sauro e G. Rodocanacchi, che andrà a sostituire l'esistente struttura tombata dove scorrono attualmente le acque del Rio Maggiore, prevede la realizzazione di uno scavo per un'altezza dell'ordine di 5/6 m, con pianta di dimensione superiori a quelle della fondazione in progetto larga 11,30 m. Anche su via E. Toti è in progetto uno scavo per la fondazione del sottopasso, che presenta una luce di 10 m (larghezza) x 4,00/4,20 m (altezza), con quest'ultima variabilità dovuta al massetto per la pendenza di fondo, previsto in alternativa alla savanella di magra del progetto preliminare.

Considerato il contesto urbano fortemente antropizzato in cui si va a intervenire e le particolari condizioni operative (spazi ridotti e stretti), i tecnici progettisti dello Studio INGEO di Lucca (LU) hanno pensato di intervenire, preliminarmente, su tutto il tratto d'interesse posto in sinistra idraulica del Rio Maggiore, con una **paratia di pali accostati**, opera di sostegno assicurata principalmente dalla resistenza del volume di terreno posto dinnanzi e dai previsti ancoraggi. Il fine è quello di risolvere eventuali problemi di natura statica legati alla vicina presenza degli edifici di tipo residenziale lungo il **TRATTO 3**, di sostenere tutto il terreno a tergo della struttura ed abbattere le problematiche di natura idraulica dovute alla presenza di acqua nel sottosuolo specifico (impermeabilità), grazie anche a un jet grouting di sutura tra palo e palo. Con lo stesso scopo, il medesimo intervento sarà eseguito anche sulla destra idraulica del corso d'acqua, almeno per la porzione posta più a valle del **TRATTO 3**, quella corrispondente all'ansa, qui più accentuata, fino a tutto il sottopasso di via E. Toti, con uno stop centrale di circa 20 m, visto che il piano campagna su questo lato risulta decisamente più basso rispetto alle quote circostanti e, di conseguenza, con meno problematiche di natura statica legate alla presenza degli edifici, che oltretutto si trovano su questo lato a una relativa lontananza dagli scavi in progetto (**Tavola 16**).

Le paratie di pali accostati saranno realizzate, per la gran parte del **TRATTO 3**, con pali trivellati in CFA ad elica continua per non produrre eccessivi rumori e vibrazioni a salvaguardia del contesto edilizio presente. Il diametro dei pali è previsto di 600 mm e il loro interasse di 1 m, mentre la lunghezza di progetto risulta variabile tra 11 e 12 m. Sul lato sinistro del corso d'acqua, nella porzione di monte del tratto, vi sarà una piccola fascia attrezzata a micropali (diametro 300 mm, lunghezza 12 m e interasse 50 cm), considerati i luoghi stretti in cui si andrà a intervenire. Sul lato destro, in corrispondenza dell'ansa del Rio Maggiore, quella più a Sud, saranno invece utilizzati micropali di diametro 255 mm, lunghezza 8 m e interasse 50 cm, vista la quota del piano campagna decisamente più bassa rispetto a quella del lato in sinistra idraulica.

Tutti i pali saranno uniti in sommità da una trave di coronamento in c.a. avente funzione di collegamento e ripartizione fra i pali. In destra tale trave sarà utilizzata per l'inserimento di un primo livello di tiranti, negli altri casi i tiranti sono pensati a diverse profondità al fine di garantire stabilità alle paratie.

Alle paratie sarà abbinato un jet grouting verticale di sutura intervallato ai pali, come accennato. La tecnologia del jetting, che consiste nell'iniettare ad altissima pressione nel terreno un fluido stabilizzante (acqua/cemento con eventuale aggiunta di additivi e/o bentonite), ha come scopo infatti il consolidamento di volumi delimitati di terreno al fine di migliorarne le caratteristiche fisico-meccaniche, quali la resistenza e la permeabilità, per garantire maggiormente l'impermeabilità del fronte di scavo. La sua profondità prevista coincide con quella del fondo scavo o leggermente più bassa.

A ridosso delle paratie saranno, poi, realizzate le opere definitive, ovvero i muri di sostegno e le fondazioni del manufatto ad U, dove scorreranno le acque del Rio Maggiore, oltre al sottopasso di via E. Toti. Gli spessori dei muri risultano di 60 cm e quello della fondazione pari a 70 cm, oltre al magrone di



sottofondo spesso 10 cm circa, al rivestimento in pietra di 5 cm e al massetto per la pendenza di fondo variabile da 16 cm a quasi 0 cm, rispettivamente dai lati verso il centro.

Pertanto, le fasi di cantiere possono essere inquadrate, in estrema sintesi, nei seguenti 3 punti:

- una fase iniziale in cui i fronti in sinistra idraulica del Rio Maggiore e, in parte, sulla destra saranno muniti di opere di sostegno, in particolare di paratie di pali, come sopra descritte, abbinati a un jet grouting per garantire tenuta idraulica e migliorare la resistenza meccanica dei terreni;
- uno scavo a carattere naturale sul lato destro, per la porzione non interessata dalle paratie, con inclinazione di 2:3 (B:L), in considerazione dello spazio a disposizione, per un'altezza di 2/3 m e demolizione dello scatolare esistente;
- una fase finale di completamento delle strutture fondali e dei muri verticali relativi all'opera principale in progetto all'interno della quale scorreranno le acque del Rio Maggiore, nonché del sottopasso di via E. Toti.

Per abbattere la superficie piezometrica che andrà a incontrare lo scavo è prevista l'installazione di wellpoints sulla destra idraulica del corso d'acqua. Tale sistema di drenaggio viene utilizzato in tutti quei terreni che sono permeabili per porosità come ghiaia, sabbia, limo e argilla. L'impianto, nella sua forma più schematica, è costituito da una serie di micropozzi (wellpoints), installati nella zona di terreno in cui si deve abbassare la falda, collegati tra loro e a una pompa ad alto gradiente di vuoto tramite una serie di collettori, raccordi e giunti di collegamento. L'impianto viene installato trivellando dei fori nel terreno e infiggendo le punte grazie all'ausilio di una pompa jetting che lava letteralmente il terreno permettendo al sistema di lavorare al meglio. In caso di terreni argilloso limosi è necessario creare una camera di prefiltro con sabbia che costituirà un'intercapedine a protezione dall'intasamento del filtro e creerà una comunicazione drenante nei terreni stratificati.

Naturalmente l'aggettamento libero sarebbe la forma più semplice e intuitiva di rimozione dell'acqua nello scavo. Esso permetterebbe di poter movimentare grandi quantità di liquido in un breve tempo lasciando asciutta l'area superficiale di scavo. Consiste nell'aspirazione diretta di acqua tramite pompe fino al raggiungimento della quota desiderata. La tipologia di terreno è ininfluyente per l'aspirazione. Occorre fare però sempre fare attenzione ai coefficienti di permeabilità del terreno che nel nostro caso non sembrano alti da far pensare a una trasmissività elevata.

Per entrambi i tipi di acque occorre garantire che queste non vengano contaminate dalle attività di cantiere, adottando opportuni accorgimenti tecnici.

Nella **Tavola 17** è riportata la planimetria di dettaglio redatta dallo Studio INGEO di Lucca (LU) per il progetto definitivo relativo agli interventi sul **TRATTO 3** del Rio Maggiore, nella quale sono visibili le tracce delle sezioni di progetto e l'edilizia locale ivi presente. Le relative sezioni mirano, così, a studiare le varie interferenze che gli interventi in progetto possono avere, dal punto di vista della stabilità, sull'ambiente circostante, soprattutto quello urbano.

A tal fine, per quello che è di propria competenza, sono state scelte alcune sezioni, quelle ritenute maggiormente significative e anche più critiche, e su queste eseguite le verifiche per analizzare

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

la stabilità generale opera-terreno (Capitolo 11).

Le NTC 2108 e la relativa circolare del Ministero delle Infrastrutture forniscono una serie di indicazioni da seguire quando si costruisce su siti sismici con pendii naturali o artificiali a rischio di instabilità. Tali normative hanno introdotto nuove disposizioni che consentono l'uso di metodi di verifica pseudo-statici già noti (Fellenius, Bishop, Morgenstern, Janbu, Espinoza), e metodi di analisi dinamica, valutando sempre in modo opportuno le azioni indotte dalle vibrazioni sismiche per verificare quella situazione di superamento della resistenza a rottura del terreno.

## 9. Considerazioni sulle spinte dei terreni

Per la progettazione di opere di sostegno, come nel caso in esame, occorre valutare la spinta dei terreni posizionati a monte dei manufatti, ovvero la pressione che questi esercitano sulle superfici verticali delle strutture, al fine di predisporle e realizzarle per un appropriato contenimento. In questo senso, si può arrivare a risultati soddisfacenti utilizzando le condizioni di rottura in stato limite attivo e passivo di un volume di terreno, dedotte da Coulomb, riprese da Rankine ed estese da Muller-Breslau.

Tali metodi partono dall'ipotesi che le superfici di rottura dove scorre il terreno siano piane. La realtà è un po' diversa: a causa dell'attrito fra la parete e il terreno, le superfici assumono, infatti, un andamento curvilineo.

Di conseguenza, i risultati ottenuti con le metodologie classiche risultano, spesso, non cautelativi, soprattutto per il calcolo della spinta passiva (ovvero quella resistente). E', quindi, opportuno riferirsi, almeno per il calcolo della spinta passiva, al metodo Caquot-Kerisel il quale considera le superfici di scorrimento curvilinee.

Occorre, anche, sottolineare che la spinta esercitata dall'acqua a tergo di opere di contenimento risulta sensibilmente più elevata di quella esercitata dal solo terreno. Da questa osservazione nasce, pertanto, l'esigenza di realizzare, a tergo dei muri, un drenaggio in grado di garantire nel tempo, un adeguato smaltimento delle acque di infiltrazione piovana e/o di falda.

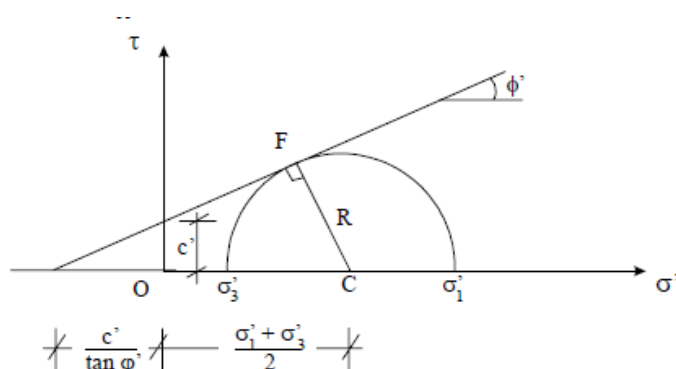
Dalla teoria di Rankine si ricava che le spinte attive e passive vengono calcolate, rispettivamente, secondo le seguenti espressioni:

$$S_A = \int \sigma'_{hA} dz = \frac{1}{2} \gamma H^2 * K_A \quad S_P = \int \sigma'_{hP} dz = \frac{1}{2} \gamma H^2 * K_P$$

con  $K_A$  che viene definito coefficiente di spinta attiva e  $K_P$  coefficiente di spinta passiva ( $\sigma$  tensione limite attiva e passiva,  $\gamma$  peso di volume del terreno e  $H$  generica profondità di calcolo della spinta). Entrambi i coefficienti dipendono dall'angolo di attrito  $\phi$ , come di seguito specificato:

$$K_A = (1 - \sin\phi) / (1 + \sin\phi) \quad e \quad K_P = (1 + \sin\phi) / (1 - \sin\phi)$$

Se il terreno risulta dotato, oltre che di angolo di attrito, anche di coesione, la resistenza al taglio definita dal criterio di rottura di Mohr-Coulomb (**Figura 3**) diviene la seguente:  $\tau = c' + \sigma' \cdot \tan \phi'$ .

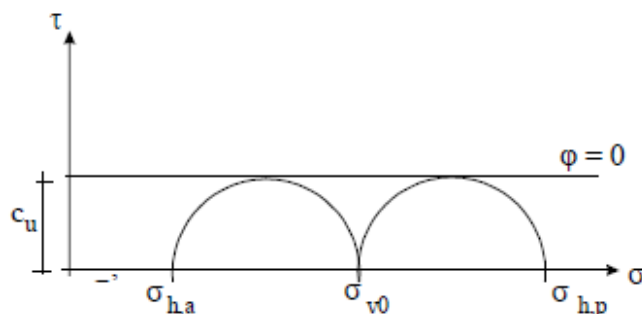
**Figura 3** - Stato tensionale di equilibrio limite per un terreno dotato di coesione e attrito.

Le espressioni che definiscono le spinte attive e passive, precedentemente citate, possono essere modificate per portare in conto il contributo della coesione:

$$S_A = \int \sigma'_{hA} dz = \int \gamma z K_a - 2c' K_a^{1/2} = 1/2 \gamma H^2 K_a - 2 H c' K_a^{1/2}$$

$$S_P = \int \sigma'_{hP} dz = \int \gamma z K_p + 2c' K_p^{1/2} = 1/2 \gamma H^2 K_p + 2 H c' K_p^{1/2}$$

Per le verifiche a breve termine si considerano, naturalmente, le condizioni non drenate, ovvero tutte quelle condizioni che si possono registrare durante gli scavi e/o immediatamente dopo, durante la posa in opere delle strutture. In questi casi, applicando il criterio di rottura di Mohr-Coulomb (**Figura 4**) in termini di tensioni efficaci, si ha:  $\phi = 0$  e  $c' = c_u$ .

**Figura 4** - Stati tensionali limite, attivo e passivo, per un terreno coesivo (condizioni non drenate).

Dalle espressioni di cui sopra abbiamo che:

$$K_a = K_p = 1 \quad \text{e} \quad S_A = 1/2 \gamma H^2 - 2 H c_u \quad S_P = 1/2 \gamma H^2 + 2 H c_u.$$

Quando il sottosuolo presenta, invece, strati orizzontali omogenei, la spinta esercitata su di una generica paratia sarà rappresentata dalla somma dei contributi di ciascun strato. Un generico strato  $i$ -esimo compreso tra le quote  $z_{1-i}$  e  $z_i$ , avente peso di volume  $\gamma_i$  e resistenza al taglio pari a  $\tau = c'_i + \sigma' \tan \phi_i$  eserciterà sul diaframma una spinta  $S_{Ai}$  pari all'area del digramma delle pressioni orizzontali nel tratto di sua competenza applicata al baricentro di tale area (**Figura 5**).

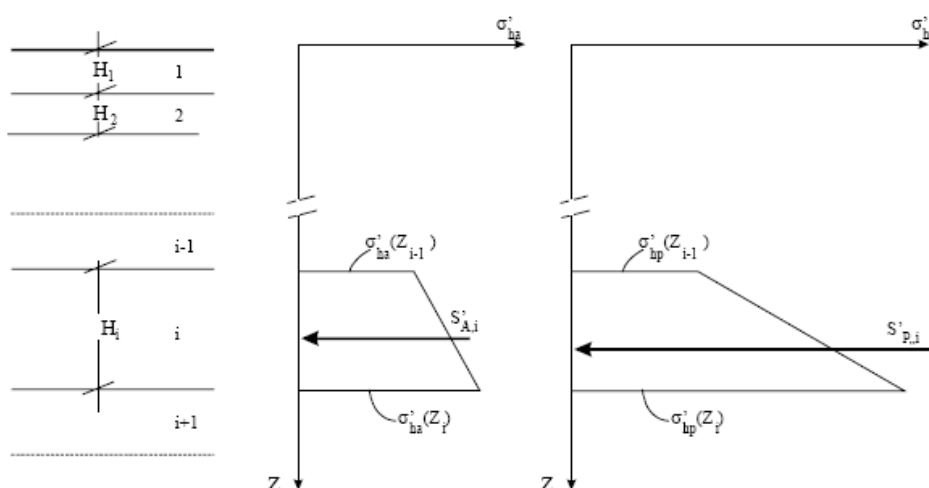
- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

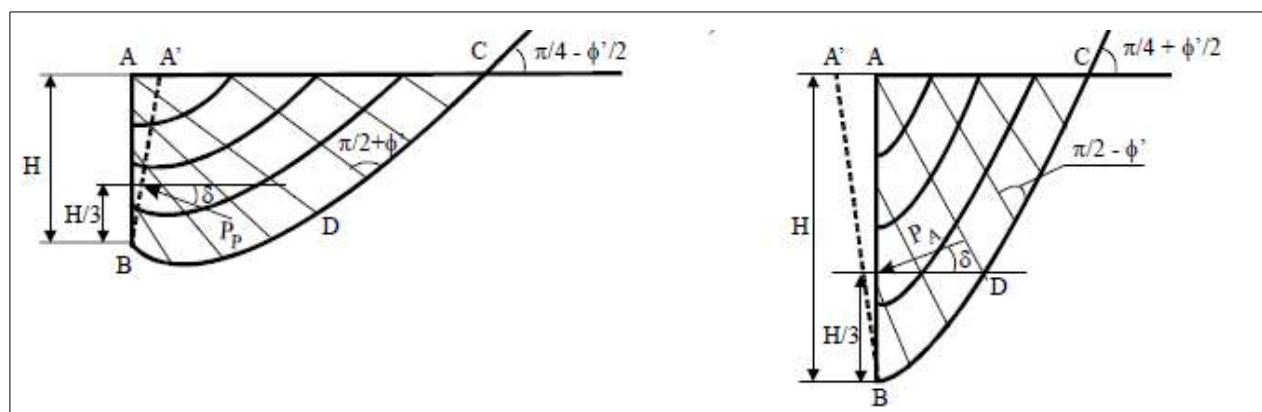
Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

**Figura 5** - Spinta attiva e passiva in un terreno a strati orizzontali omogenei.



Come già specificato, la teoria di Coulomb-Rankine parte dal presupposto che le superfici di rottura/scorrimento siano rettilinee. Questa condizione non risulta verificata in quanto l'attrito tra il terreno e l'opera modifica tali superfici come riportato in **Figura 6**.



**Figura 6** - Effetto dell'attrito terreno-parete sulla forma delle superfici di scorrimento nel caso di spinta attiva (a sinistra) e di spinta passiva (a destra).

La soluzione numerica individuata da Caquot e Kerisel, accoppiando le teorie di Rankine e Boussinesq, viene espressa in termini di coefficienti di spinta attiva e passiva ( $K_a$  e  $K_p$ ) in relazione all'angolo di attrito  $\phi'$ , all'attrito parete-terreno  $\delta$ , all'inclinazione della parete rispetto alla verticale  $\lambda$ , all'inclinazione del pendio a monte della parete  $\beta$ . I valori corrispondenti sono espressi in tabelle, facilmente ricavabili in bibliografia.

Confrontando la soluzione Caquot-Kerisel con quella Coulomb-Rankine, si ricava che i valori di spinta attiva ricavati con Coulomb-Rankine sono sempre inferiori ai valori ricavati con Caquot-Kerisel, mentre quelli di spinta passiva risultano sempre superiori. Nei casi più comuni dove  $\delta$ ,  $\lambda$  e  $\beta$  risultano positivi, i valori di spinta attiva si discostano tra loro per modeste differenze; per la spinta passiva, invece, le discrepanze sono sensibili e, dato che la spinta passiva è una forza resistente (cioè stabilizzante), non risulta cautelativo calcolarla con Coulomb-Rankine.

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Nel caso in esame, le paratie di pali saranno poste in opera ad una distanza relativamente ridotta rispetto agli edifici presenti lungo il **TRATTO 3**. Per il calcolo delle spinte è necessario, quindi, tenere conto del loro carico e applicarlo a monte delle opere di sostegno. Tale carico produce un incremento della tensione verticale  $\Delta\sigma'_{v0} = q$  e un incremento costante della tensione orizzontale  $\Delta\sigma'_h = K * q$ , dove il termine  $K$  assume il valore di  $K_a$  o  $K_p$  a seconda dello stato di deformazione considerato (attivo oppure passivo). Ne consegue che, nel calcolo della spinta (attiva o passiva) fino ad una generica profondità  $H$ , deve essere sommato un termine pari all'area di un rettangolo di altezza  $H$  e base  $Kq$ .

In presenza di sisma, inoltre, le opere in progetto sono perturbate da un'ulteriore forza (spinta in condizioni dinamica), generata da accelerazioni tangenziali prodotte dal sisma stesso. Il metodo utilizzato per valutare le azioni laterali dinamiche è quello pseudostatico di Mononobe-Okabe, secondo cui al peso proprio del cuneo va aggiunta una componente orizzontale, ed eventualmente anche una verticale, pari al peso complessivo moltiplicato per il prodotto dei coefficienti sismici.

Si raccomanda, comunque, alla progettazione strutturale la realizzazione di un'attenta analisi delle spinte dei terreni sulle opere di contenimento e quelle dei manufatti in progetto e verificare il loro dimensionamento.

## 10. Verifiche di stabilità: procedure, approcci e metodi di calcolo

Le verifiche di stabilità, per gli argomenti di seguito trattati, vengono condotte generalmente agli Stati Limite Ultimi (**SLU**), tenendo conto dei prescritti coefficienti parziali di sicurezza per le azioni ( $\gamma_F$ ), per i parametri geotecnici ( $\gamma_M$ ) e per le resistenze ( $\gamma_R$ ).

Naturalmente, occorre che sia sempre rispettata la principale condizione:

$$Ed \leq Rd \text{ ovvero } Rd / Ed \geq 1$$

dove **Rd** rappresenta il valore di progetto della resistenza al taglio disponibile e **Ed** lo sforzo di taglio mobilitato lungo la potenziale o effettiva superficie di scorrimento.

In base al metodo dell'equilibrio globale, nell'ipotesi di cinatismi di collasso rotazionale, il margine di sicurezza **Fs** è espresso, tradizionalmente, dal rapporto tra il momento delle azioni resistenti e il momento delle azioni destabilizzanti:

$$Fs = M_R / M_D$$

con  $M_R = Rd = R / \gamma_R * (\gamma_F * F_K ; X_K / \gamma_M ; a_d)$  e  $M_D = Ed = E * (\gamma_F * F_K ; X_K / \gamma_M ; a_d)$ .

Le azioni di progetto sono, dunque, espresse dal prodotto  $\gamma_F * F_K$ , mentre i parametri di progetto dei materiali si ottengono dal rapporto  $X_K / \gamma_M$ ;  $a_d$  è la geometria di progetto.

Nella formulazione della resistenza **Rd**, compare esplicitamente il coefficiente  $\gamma_R$ , che opera direttamente sulla resistenza del sistema e quindi la relazione di verifica **Rd / Ed  $\geq 1$**  può essere espressa dalla condizione:

$$Rd * (\gamma_F * F_K ; X_K / \gamma_M ; a_d) \geq \gamma_R$$

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

$$Ed * (Y_F * F_K ; X_K / Y_M; a_d)$$

Per i pendii artificiali in materiali sciolti, muniti di muri di sostegno o paratie, e fronti di scavo naturali, le verifiche di stabilità vengono di norma eseguite secondo l'**Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2)**, con i coefficienti di sicurezza parziali geotecnici come riportati nelle **Tabelle 7 e 8**.

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Per i carichi permanenti G2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

**Tabella 7** - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tab. 6.2.I delle NTC 2018).

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_Y$	$\gamma_Y$	1,0	1,0

**Tabella 8** - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab. 6.2.II delle NTC 2018).

Per il coefficiente parziale di resistenza R2, si considera almeno il valore  $\gamma_R = 1,1$  (**Tabella 9**).

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

**Tabella 9** - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo (Tab. 6.8.I delle NTC 2018).

La stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno di fondazione deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive, al termine della costruzione e in esercizio.

Le verifiche locali devono essere estese agli elementi artificiali di rinforzo eventualmente presenti all'interno e alla base del manufatto, con riferimento anche ai problemi di durabilità.

Se l'opera ha funzioni di ritenuta idraulica, lo stato limite ultimo è da verificarsi con riferimento alla stabilità dei paramenti, in tutte le possibili condizioni di esercizio. Si deve porre particolare attenzione alle problematiche relative al sifonamento e all'erosione, in relazione alle caratteristiche dei terreni di fondazione dei materiali con i quali è realizzata l'opera, tenendo conto di quanto indicato per le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi idraulici nelle NTC 2018.

### 10.1 Approccio metodico

L'analisi di stabilità di un pendio, attraverso la valutazione dell'equilibrio limite, consiste nella determinazione di un coefficiente di sicurezza **Fs** nei confronti di movimenti gravitativi (di traslazione

e/o rotazione di volumi di terra o roccia compresi fra la superficie del pendio e una superficie di taglio potenziale), in condizioni statiche o dinamiche (per azioni sismiche).

La procedura di calcolo prende in considerazione tutte le forze e/o i momenti agenti lungo il piano di taglio, fornendo una valutazione della stabilità globale attraverso le equazioni d'equilibrio fornite dalla statica.

I metodi di calcolo di **Fs** impiegati si basano sulle tecniche di verifica dette **LEM** (Metodo dell'Equilibrio Limite). Nei metodi **LEM** il calcolo di **Fs** viene effettuato su una specifica superficie di scivolamento definita entro un pendio. Dato che le porzioni potenzialmente instabili sono definibili in un spazio 3D, il calcolo viene sviluppato sopra una striscia rappresentativa di larghezza unitaria, quindi bidimensionale (2D) della superficie di potenziale scivolamento.

Nell'applicazione del metodo dell'equilibrio limite, tale superficie separa la parte di pendio stabile da quella potenzialmente instabile. La parte stabile inferiore rimane indeformata e non subisce rotture. Si suppone che la massa superiore, fino al momento della rottura, non subisca deformazioni. Collassi e deformazioni sono posteriori allo sviluppo di una superficie di rottura. Viene, quindi, assunto un comportamento a rottura rigido perfettamente plastico: non si deforma fino a quando non arriva a rottura. Tuttavia, il valore di **Fs** (e quindi il suo grado di stabilità o propensione al movimento) si riferisce alle condizioni precedenti al fenomeno di rottura.

Per ogni superficie di potenziale scivolamento si può, pertanto, derivare lo sforzo di taglio totale mobilitato **τ<sub>m</sub>** (domanda) e la resistenza al taglio disponibile **τ<sub>f</sub>** (capacità) e, quindi, è possibile definire **Fs** come:

$$F_s = M_R / M_D = \tau_f / \tau_m$$

Usando, ad esempio, il criterio di rottura Mohr-Coulomb, **Fs** diventa il fattore per cui occorre dividere i parametri della resistenza al taglio del terreno lungo i vari tratti della superficie, per provocare la rottura del pendio lungo tutta la superficie considerata e nel medesimo tempo, ovvero:

$$\tau_f = (c' / F_s) * (\sigma' \tan \Phi' / F_s)$$

che avverrà qualora sia verificata la condizione di eguaglianza tra sforzi mobilitati e disponibili, cioè tra domanda e capacità.

Se  $F_s > 1,0$  siamo in condizioni di stabilità, mentre per  $F_s < 1,0$  siamo in condizioni instabili dovuti a un generalizzato deficit di resistenza. Un altro assunto fondamentale dei metodi **LEM** è che nel caso di variabilità delle caratteristiche di resistenza al taglio lungo la superficie di scivolamento, sebbene **Fs** possa essere, in realtà, localmente variabile, si assume che **Fs** sia costante lungo tutta la superficie di potenziale scivolamento assunta. Ovvero abbiamo dovunque la medesima frazione di resistenza al taglio mobilitata rispetto a quella massima mobilitabile.

**Fs** deve essere valutato entro un preciso riferimento spaziale. È perciò necessario considerare una potenziale superficie di scorrimento nella massa del pendio e valutare tutte le forze (e momenti) agenti (ovvero che inducono lo scivolamento) e resistenti (che si oppongono allo scivolamento) su detta superficie. In pratica, essendo infinite le superfici di scivolamento possibili, **Fs** viene valutato per

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

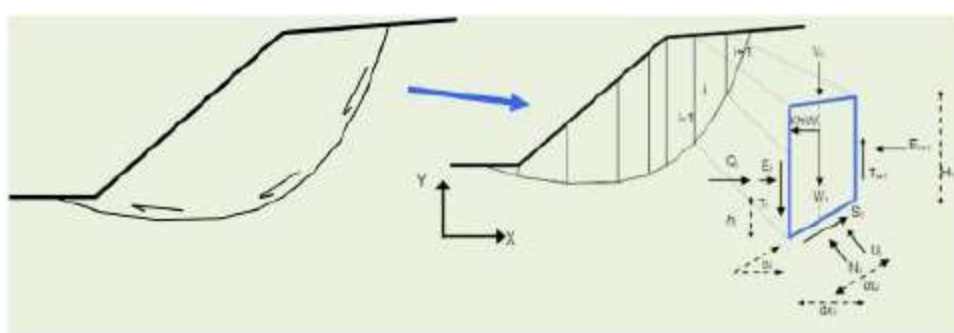
Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

ognuna delle superfici di un campione rappresentativo, generate con un certo criterio entro il volume del pendio assunto.

In tal modo il FATTORE DI SICUREZZA del pendio sarà quello che compete alla superficie di scorrimento con **Fs** più basso. Tale superficie è detta anche SUPERFICIE CRITICA. Una superficie di scivolamento assunta che divide in due parti distinte il pendio (**Figura 7** in sx). Superiormente abbiamo una massa potenzialmente instabile supposta rigida e inferiormente una massa rigida stabile. L'equazione permette di determinare la stabilità del pendio nei confronti della superficie considerata in precedenza.

**Figura 7** - A sinistra pendio con superficie di scivolamento e a destra massa potenzialmente instabile suddivisa in conci. Nel particolare le forze agenti sul concio singolo. Da SSAP.



Le forze agenti sono le componenti tangenziali del peso proprio della massa e degli eventuali sovraccarichi superficiali agenti sulla superficie di scivolamento, mentre le forze resistenti sono le resistenze al taglio mobilitate nei vari punti di detta superficie, che dipendono dagli sforzi normali applicati e dalla resistenza al taglio locale del suolo. Sistemi di forze interne e esterne (esempio opere di rinforzo) influiscono nella stabilità globale del pendio e devono essere considerate opportunamente; cosa che viene effettuata in tutti i metodi di calcolo rigorosi che verranno trattati più avanti.

Per procedere con il calcolo di **Fs** la massa potenzialmente instabile viene suddivisa in *Fette* detti *Conci* delimitate da superficie verticali (**Figura 7** in dx). Su ogni concio vengono valutate singolarmente le forze agenti e resistenti. Tutte le forze agenti sul concio singolo sono presentate sulla destra della **Figura 7** (particolare). Queste forze sono il peso del concio **W**, la Forza di taglio **S** mobilitata sulla base del concio, la Forza peso normale **N** alla base del concio, la Forza esercitata dal carico idraulico **U** agente sulla base, la Forza verticale interconco **T**, la Forza orizzontale interconco **E**.

**Fs** può essere determinato mediante un sistema di equazioni per l'equilibrio dei corpi rigidi, ovvero l'equilibrio alla traslazione nelle direzioni verticali e orizzontali e l'equilibrio alla rotazione rispetto a un punto:

$$\begin{cases} \sum V_i = 0 \\ \sum H_i = 0 \\ \sum M_i = 0 \end{cases}$$

In pratica tutto il sistema di forze verticali, orizzontali e dei momenti devono garantire una somma 0.

Quando tutti i parametri di interesse sono noti si passa al calcolo di **Fs**. L'algoritmo di calcolo può implementare uno dei diversi metodi esistenti nell'ambito dei modelli **LEM** dove i procedimenti di

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508



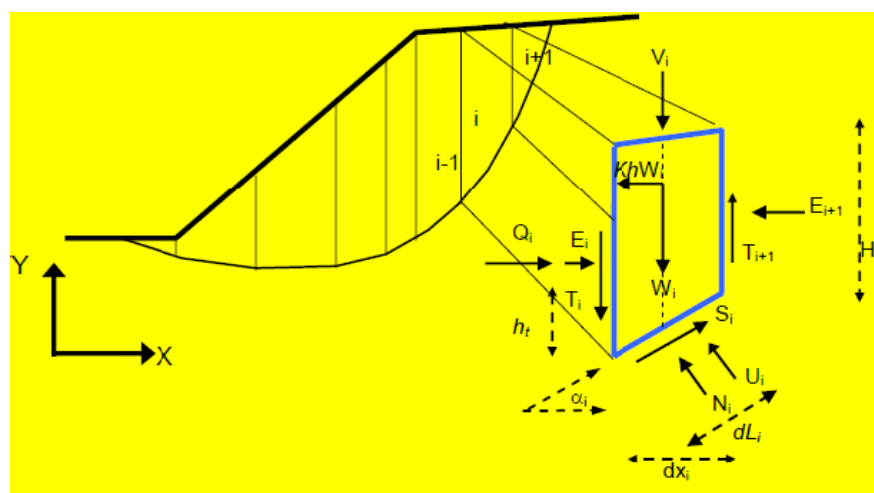
calcolo avvengono in modo iterativo. I vari metodi, BISHOP (1955), MORGESTERN & PRICE (1965), SPENCER (1967), JANBU (1973) sono tutti riconducibili al Metodo dell'Equilibrio Generale, abbreviato con **GLE**. Questi metodi si diversificano per il tipo delle assunzioni e semplificazioni fatte per ridurre il numero delle incognite nel problema, tuttavia come mostrato in numerosi studi comparativi di diversi autori, la differenza percentuale dei valori di **Fs** calcolati generalmente non supera il 10%, che è perfettamente compatibile con il grado di incertezza insito in tale tipo di analisi. Lo sviluppo delle equazioni alla base della determinazione di **Fs** verrà illustrato con maggior dettaglio nel proseguo del presente lavoro.

### 10.2 Procedure e metodi di calcolo utilizzati

Per le verifiche d'interesse specifico è stato utilizzato il programma **SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM (SSAP - Versione 4.9.9)** sviluppato dal dott. geol. L. Borselli (Docente di Geotecnica e Geologia Applicata Facoltà di Ingegneria, Universidad Autonoma de San Luis Potosi, San Luis Potosi - Mexico, già Ricercatore e Responsabile di Sezione CNR - IRPI, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, ITALIA). A partire dalla versione 4.0 di SSAP e nei successivi aggiornamenti è stato implementato un nuovo kernel di calcolo del fattore **Fs**, basato sull'algoritmo di Zhu (2005), che dal 2009 in poi l'autore è riuscito risolutamente a sviluppare tanto da avere un considerevole miglioramento e potenziamento del programma.

Se osserviamo in dettaglio la **Figura 8** è possibile visualizzare il sistema di forze che agiscono in un concio i-esimo.

**Figura 8** – Sistema di forze 1 che agiscono in un concio i-esimo. Da SSAP.



Si noti che per ogni concio sono definite le seguenti forze e grandezze:

$i$  = indice numerico del concio,

$\alpha_i$  = angolo di inclinazione della base del concio,

$dL$  = lunghezza della base del concio,

$dx$  = larghezza del concio,

$H$  = altezza verticale del concio,

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

ht = altezza punto di applicazione delle forze interconco, ,

c' = coesione del terreno sulla base del conco, ,

$\varphi'$  = angolo di attrito del terreno sulla base del conco, ,

W = forza peso agente sulla base del conco, ,

Kh = coefficiente sismico orizzontale, ,

U = pressione interstiziale alla base del conco, ,

T = forza tangenziale verticale interconco, ,

E = forza orizzontale interconco, ,

Q = risultante delle forze orizzontali esterne ad ogni conco (esempio azioni sismiche o opere di sostegno),

V = risultante delle forze verticali esterne ad ogni conco (esempio azioni sismiche o sovraccarichi verticali o opere di sostegno).

Le varie procedure di calcolo nell'ambito del metodo dell'equilibrio limite si diversificano proprio per il tipo di assunzioni finalizzate a eliminare alcune incognite nel sistema di equazioni che permette di ottenere **Fs**. Tale sistema di due equazioni non lineari è piuttosto complesso e deve essere risolto sempre in modo iterativo, risultando le incognite (**Fs** e  $\lambda$ ) espresse in forma implicita (ovvero in entrambi i membri delle equazioni).  $\lambda$  è una variabile ausiliaria che è utilizzata nella relazione funzionale delle forze interconco T(x), E(x), inizialmente incognite (Zhu et al., 2005). Utilizzando la notazione dell'algoritmo di Zhu et al. (2005) avremo che **Fs** e  $\lambda$  sono legati da:

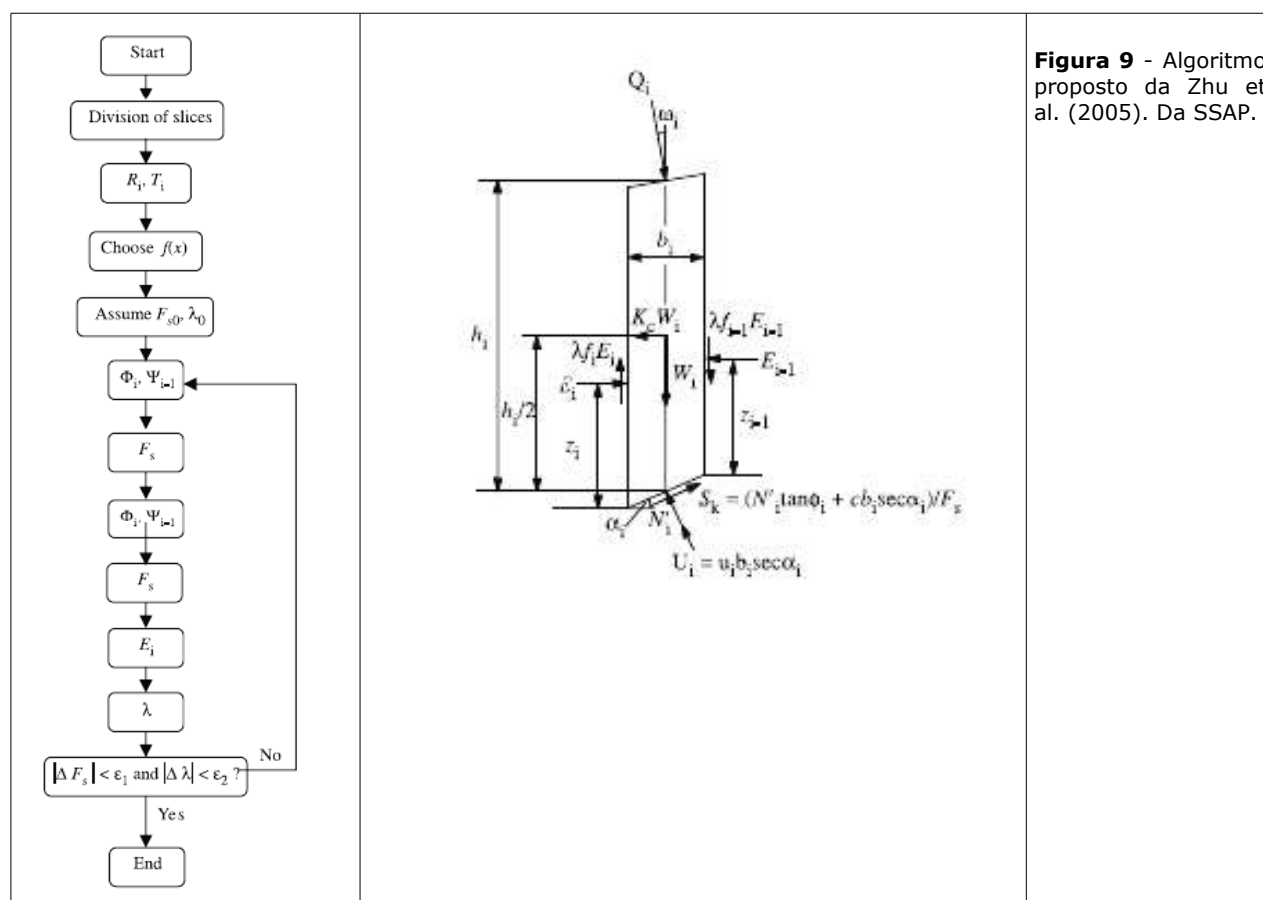
$$\left\{ \begin{array}{l} F_s = \frac{f(N_{(x)}, U_{(x)}, \alpha_{(x)}, T_{(x)}, V_{(x)}, dx_{(x)}, Q_{(x)}, F_s)}{f(\alpha_{(x)}, W_{(x)}, V_{(x)}, dx_{(x)}, T_{(x)}, \lambda)} \\ \lambda = \frac{f(dx_{(x)}, E_{(x)}, \alpha_{(x)}, W_{(x)}, V_{(x)}, Q_{(x)})}{f(dx_{(x)}, T_{(x)}, \lambda)} \end{array} \right.$$

Il sistema viene risolto iterativamente, assumendo un valore di tentativo iniziale, sia per **Fs** che per  $\lambda$  nel membro di destra di ogni equazione del sistema e ripetendo i calcoli fino a convergenza quando la differenza tra i due **Fs** e  $\lambda$  calcolati in iterazioni successive diventa minore di un certo valore assunto (generalmente 0,001). L'algoritmo proposto da Zhu et al. (2005) è illustrato nella **Figura 9**.

Nell'equazione vista precedentemente, **Fs** esprime il rapporto tra forze resistenti e agenti nei confronti della potenziale direzione di scivolamento, ma al contempo la formulazione secondo Zhu et al. (2005) consente di tenere conto contemporaneamente dell'equilibrio delle forze e dei momenti in tutti i conci. Per ottenere questo nella equazione sono, inoltre, espresse tutte le componenti delle forze di interazione tra i conci.

Le forze **T(x)** di interazione verticali interconco sono inizialmente incognite. Però nelle procedure di calcolo rigorose (quelle usate da SSAP) esse non vengono trascurate come nel caso di procedure

semplificate (per esempio di Fellenius, Bishop, Janbu semplificato). Per la risoluzione dell'equazione precedente vengono quindi fatte alcune assunzioni utili alla risoluzione numerica.



I vari metodi di calcolo di **F<sub>s</sub>**, implementati nella notazione unificata della stessa equazione, si diversificano per le assunzioni relative alle forze di interazione tra i conci e in particolare per l'espressione della **T(x)** in funzione delle forze di interazioni orizzontali e della geometria della superficie di scivolamento o dei parametri geomeccanici e idraulici associati alle superfici verticali interconco. Vengono, inoltre, fatte alcune assunzioni aggiuntive sulla posizione del punto di applicazione (thrust line) e in alcuni casi sulla funzione di interazione interconco **f(x)** (variabile tra 0,0 e 1,25) che esprime la direzione di applicazione della risultante locale tra **T(x)** e **E(x)**.

Nel programma SSAP viene utilizzato l'algoritmo iterativo di calcolo di **F<sub>s</sub>** proposto da Zhu et al. (2005). Tale algoritmo, originariamente sviluppato per il metodo di calcolo Morgenstern & Price (1965), è stato però ulteriormente sviluppato con un'ulteriore generalizzazione del metodo consentendo di usare l'algoritmo di Zhu et al. (2005) con tutti i vari metodi di calcolo rigorosi del **LEM** adottati più diffusamente nelle verifiche di stabilità.

In tutti i casi i valori di **F<sub>s</sub>** e **λ** vengono ricavati mediante un procedimento numerico iterativo tramite un algoritmo particolare ottimizzato dall'autore di SSAP.

In SSAP sono state implementate le strategie computazionali proposte da Zhu et al (2003) per eliminare i problemi di convergenza che notoriamente affliggono i vari metodi e in particolare il metodo di calcolo JANBU RIGOROSO (Janbu, 1973).

Nella **Tabella 10**, riportata sotto, vi sono tre gruppi di metodi di calcolo che si diversificano per la tipologia delle assunzioni relative alla espressione della **T(x)** inizialmente incognita.

<b>Tabella 10</b> – Relazione funzionale che esprime $t(x)$ per i vari modelli di calcolo implementati in SSAP. Da SSAP.	Gruppo	Modello di calcolo adottato per la risoluzione di FS	Relazione funzionale che esprime $T(x)$
	1	Spencer (1967,73)	$T(x) = \lambda E(x)$
	1	Sarma I (1973)	$T(x) = \frac{\lambda}{F_5} \left\{ \bar{c} H(x) + \left[ (E(x) - Pw(x)) \tan \bar{\varphi}' \right] \right\}$
	2	Morgestern & Price (1965)	$T(x) = \lambda f(x) E(x)$
	2I	Chen -Morgestern (1983)	$T(x) = [\lambda f(x) + f_0(x)] E(x)$
	2	Borselli(2016) <sup>1</sup>	$T(x) = \lambda [f(x) + f_1(x)] E(x)$
	2	Sarma II (1979)	$T(x) = \frac{\lambda}{F_5} f(x) \left\{ \bar{c} H(x) + \left[ (E(x) - Pw(x)) \tan \bar{\varphi}' \right] \right\}$
	3	Janbu Rigoroso (1973) <sup>2</sup>	$T(x) = E(x) \tan \alpha_i + h_i \frac{dE(x)}{dx} - h_q \frac{dQ}{dx} + 0.5 K_e H \frac{dW}{dx}$

Il GRUPPO 1 (Spencer e Sarma I) non fa uso della funzione interconco **f(x)**, ma **T(x)** è espressione diretta della costante  $\lambda$ , di **E(x)** e di parametri medi di resistenza al taglio sulla verticale del conco.

Nel GRUPPO 2 (Sarma II, Morgestern & Price, Chen & Morgestern, Borselli) invece **T(x)** è sempre espressione sia di  $\lambda$  che di **f(x)** e di **E(x)**. I metodi Chen & Morgestern(1983) e Borselli (2016) sono generalizzazioni del metodo di Morgestern & Price (1965).

Mentre nel GRUPPO 3 (metodo Janbu rigoroso) è direttamente dipendente da **E(x)** e dalla sua derivata prima rispetto a x, oltre che da altri fattori. Il metodo Janbu rigoroso non necessita né di  $\lambda$  né di **f(x)** perché nella sua formulazione originale è garantito in modo automatico l'equilibrio di tutte le forze e di tutti i momenti.

### 10.3 Pendii in falda

Per ogni conco la pressione interstiziale alla base viene calcolata attraverso il coefficiente della pressione interstiziale alla base di ogni conco, **ru<sub>i</sub>** che viene determinato, nel caso generico di un conco costituito da strati di materiali diversi (**Figura 10**):

- Pisa -

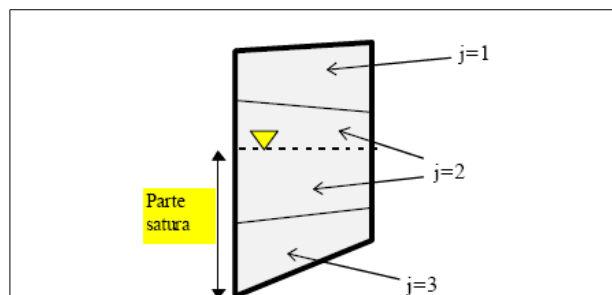
Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

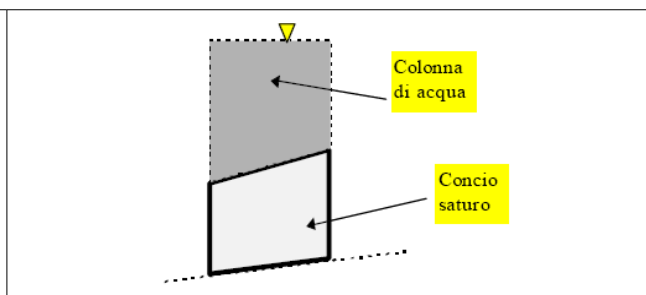
C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

$$r_{u_i} = \frac{V_w \gamma_w}{\sum_j V_j \gamma_j}$$

dove **j** è l'indice dello strato che fa parte del concio i-esimo, **V<sub>w</sub>** è il volume della parte di concio satura, **Y<sub>w</sub>** è il peso unitario dell'acqua, **V<sub>j</sub>** è il volume dello strato j che fa parte del concio i-esimo, **Y<sub>j</sub>** è il peso unitario dello strato j (peso unitario sopra falda o peso unitario saturo, se in falda).



**Figura 10** - Indice dello strato nel singolo concio. Da SSAP.



**Figura 11** - Sovraccarico della colonna d'acqua sul concio. Da SSAP.

Il sovraccarico della colonna di acqua sopra il concio i-esimo (nel caso di scarpate sommerse), **S<sub>wi</sub>** è invece dato dalla seguente espressione (**Figura 11**):

$$S_{w_i} = V_{sw_i} \gamma_w$$

dove **V<sub>swi</sub>** è il volume della colonna d'acqua sopra il concio i-esimo.

#### 10.4 Valutazione dell'azione sismica (metodo pseudostatico)

Nelle verifiche agli SLU la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudostatico, ovvero in condizioni dinamiche.

I metodi pseudostatici consistono, infatti, nel verificare la stabilità di una massa di terreno delimitata dalla superficie libera e dalla più sfavorevole delle superfici di potenziale scorrimento. Le forze agenti sono costituite, oltre che dal peso proprio del volume dei terreni interessati, dalle forze d'inerzia orizzontali e verticali dovute all'azione sismica:

$$F_h = K_h * W \quad F_v = K_v * W$$

con il coefficiente sismico orizzontale **K<sub>h</sub>** = β<sub>s</sub> \* (a<sub>max</sub> / g) e il coefficiente sismico verticale **K<sub>v</sub>** = ± 0,5 K<sub>h</sub>.

Conformemente alle NTC 2018, i termini che entrano in gioco nelle relazioni precedenti sono **W** che è il peso del volume di terreno potenzialmente instabile, **β<sub>s</sub>** che rappresenta il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, **a<sub>max</sub>** che è l'accelerazione sismica massima prevista per il sito e **g** che coincide con l'accelerazione di gravità (9,81 m/sec<sup>2</sup>).

I coefficienti riduttivi **β<sub>s</sub>** sono riportati nella **Tabella 11**.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima **a<sub>max</sub>** attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

<b>Tabella 11</b> - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (dalla Tab. 7.11.I delle NTC 2018).		Categoria di sottosuolo	
		A	B, C, D, E
		$\beta_s$	$\beta_s$
	$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
	$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
	$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima prevista per un sito può essere valutata con riferimento alla situazione stratigrafica (coefficiente stratigrafico **Ss**) e topografica (coefficiente topografico **St**):

$$a_{max} = S * a_g = (S_s * S_t) * a_g$$

In questa espressione **ag** rappresenta l'accelerazione orizzontale massima per un sito con Categoria di sottosuolo A (terreno rigido).

Il fattore topografico (**St**) di amplificazione, risulta necessario per portare in debito conto l'incremento sismico dovuto all'orografia del terreno; sono penalizzate, infatti, quelle situazioni che presentano pendii di maggiore inclinazione, come riportano le Tabelle 5 e 8 della relazione geologica e sismica preliminare (rispettivamente corrispondenti alla Tab. 3.2.III Categorie topografiche e Tab. 3.2.V Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_t$  delle NTC 2018).

Riguardo al fattore **Ss**, come già sappiamo, la normativa tecnica ha sempre posto attenzione al problema del sottosuolo di fondazione, introducendo diverse categorie stratigrafiche e andando ad amplificare la risposta dei suoli meno consistenti. Si classificano, così, in base alla velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

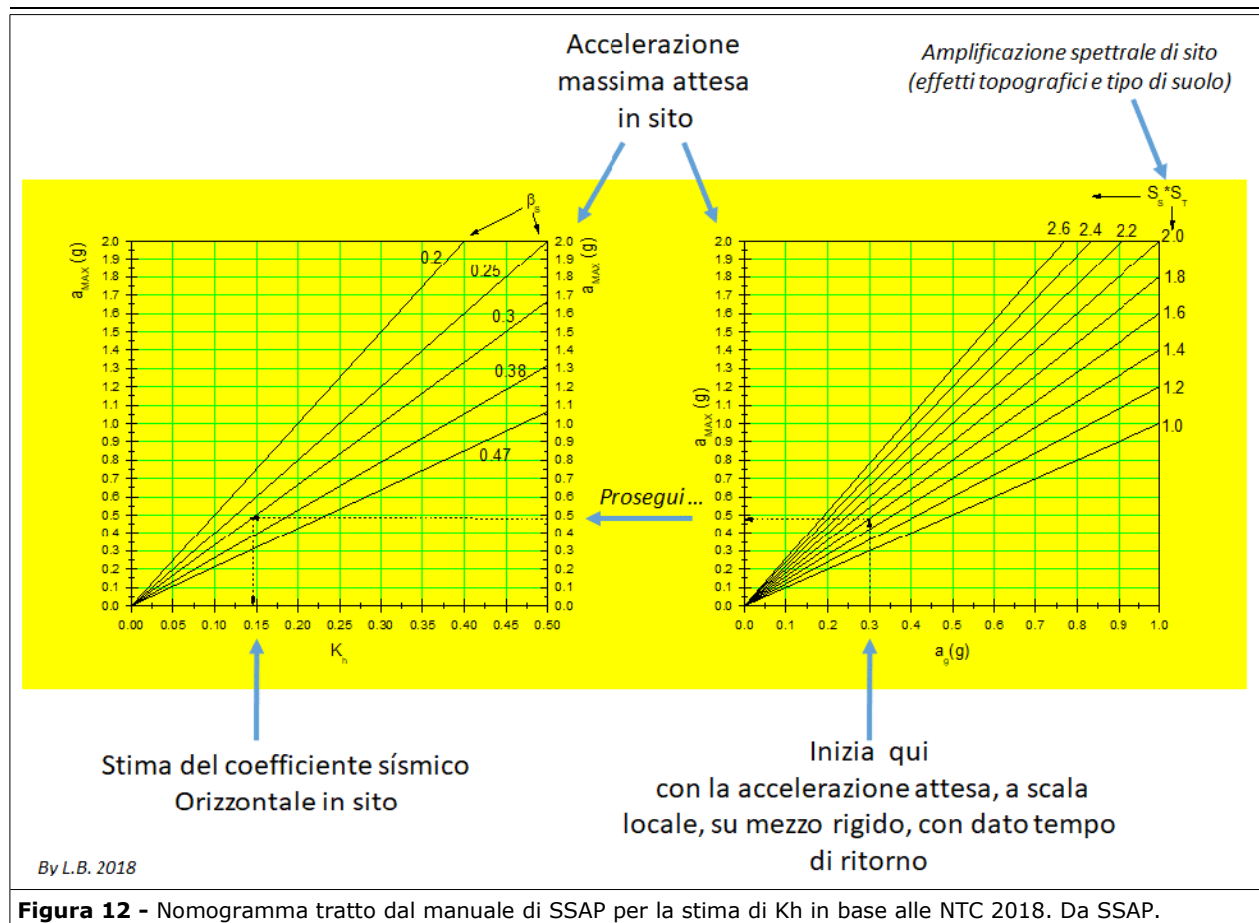
Nelle NTC 2018, più volte richiamate, il coefficiente di amplificazione stratigrafico  $S_s$  viene valutato secondo la Tabella 7 della relazione geologica e sismica preliminare che corrisponde alla Tab. 3.2.IV Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$  delle norme.

Tutti i vari termini di riferimento sopracitati sono, come detto, funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. A questo punto, un ruolo fondamentale per i calcoli lo gioca il tempo di ritorno dell'evento sismico, come spiegato al paragrafo 7.4 della relazione geologica e sismica preliminare.

Una determinazione approssimata del coefficiente sismico orizzontale **Kh** secondo l'equazione precedente può essere visualizzata con il nomogramma tratto dal manuale di SSAP in **Figura 12**. Da qui si può vedere come, in generale, possiamo avere un ampio spettro di amplificazione (o riduzione) delle accelerazioni attese in sito e indotte dagli effetti topografici locali e dalla classe di terreni identificati dalla NTC 2018. Questo si riflette nell'estremo campo di variazione del valore di **Kh** in funzione del valore assunto di:

$$K_h = 0,2 \div 1,2 a_g$$

Il coefficiente sismico verticale è invece assunto conformemente alla normativa sismica vigente e pari alla metà del coefficiente sismico orizzontale, come abbiamo visto sopra.



### 10.5 Valutazione del fenomeno di liquefazione dei terreni

Il processo di liquefazione di un suolo è quel fenomeno per cui un terreno perde, sostanzialmente, resistenza e rigidità in risposta a uno stress applicato, usualmente uno stress ciclico, prodotto da un terremoto, che induce il terreno stesso a comportarsi come un fluido viscoso o liquido pesante. Tale fenomeno viene osservato soprattutto in terreni saturi, con basso addensamento, e tipicamente caratterizzati da granulometrie sabbiose e/o sabbioso limose sciolte.

Se il terreno si trova in condizioni sature, la tendenza a comprimersi in seguito a un carico monotono (per esempio, un aumento del carico su un terrapieno) e/o a un carico ciclico (vibrazioni o scuotimento sismico) produce un incremento della pressione dei pori (pressione neutra) in risposta alla compressione del suolo. Il processo contrattivo (o dilatazione negativa) dei depositi soggetti a liquefazione, prodotto da uno stress ciclico, porta rapidamente a un incremento progressivo della pressione dei pori, dato che il tempo necessario a dissipare questa pressione è generalmente molto più lungo della durata del sisma.

Pertanto, a uno stress ciclico da sisma abbiamo in pochi secondi una risalita della pressione dei pori fino a eguagliare la pressione di contatto dei granuli, così da innescare un progressivo incremento del coefficiente della pressione interstiziale con la progressione dello stress ciclico.

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Se l'incremento di pressione dei pori raggiunge livelli equivalenti alla pressione totale, si produce una pressione efficace eguale a zero e, quindi, il terreno liquefacibile inizia a comportarsi come un fluido. In sostanza lo stato di liquefazione si verifica quando la tensione effettiva del terreno è ridotta praticamente a zero, ovvero quando la sua resistenza al taglio si riduce quasi totalmente (valore teorico in quanto la resistenza al taglio effettiva non potrà mai essere nella realtà pari a zero).

Con il programma **SSAP** del dott. geol. L. Borselli è possibile fare riferimento al processo di liquefazione, che ha luogo su pendii naturali o artificiali, tramite verifiche con procedure particolari, una volta analizzata preliminarmente la liquefacibilità del deposito associata a una specifica sollecitazione sismica di progetto.

Pertanto, il primo passo da fare per integrare in una verifica di stabilità l'effetto di una potenziale liquefazione totale o parziale è rispondere a una serie di quesiti:

1. se e quali orizzonti del nostro pendio hanno caratteristiche potenzialmente liquefacibili;
2. se esistono orizzonti liquefacibili, quale è il potenziale di liquefazione (Fattore di sicurezza a liquefazione **Fslq**) rispetto a uno stress ciclico (sismico) in condizioni non drenate, che potrà produrre una liquefazione totale o parziale.

Le varie fasi da seguire per determinare in prima analisi il Fattore di sicurezza a liquefazione **Fslq** sono di seguito descritte, come riportate nella **Tabella 12**:

- Fase 1 e 2 - calcolo del rapporto di stress ciclico considerando la correzione per la profondità (**CSR**);
- Fase 3 - valutazione del rapporto di resistenza ciclico (**CRR**) considerando la correzione per la magnitudo del sisma (**MSF**);
- Fase 4 - calcolo del fattore di correzione per pendenza media del pendio in funzione del grado di addensamento del deposito;
- Fase 5 - calcolo finale del Fattore di sicurezza a liquefazione del deposito che risulta **Fslq = CRR / (CSR / MSR / K $\alpha$ )**.

Per valori di **Fslq**  $\leq 1,0$  viene associato un potenziale di liquefazione totale mentre per **Fslq**  $> 1,0$  si considera che il processo possa presentarsi solo parzialmente. Alcuni autori ritengono che **Fslq** sia da utilizzarsi come un indicatore probabilistico del processo di liquefazione e che alla condizione limite **Fslq = 1,0** sia da associare una probabilità di liquefazione del 50%.

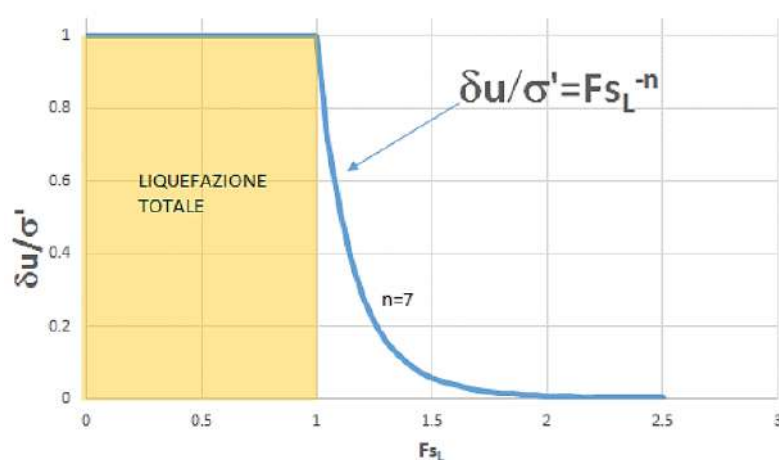
Per **Fslq**  $> 1,0$  vari autori hanno proposto una relazione tipo quella mostrata in **Figura 13** che lega il fattore di sicurezza a liquefazione e il rapporto tra l'eccesso di pressione dei pori prodotto dal sisma rispetto allo sforzo efficace pre-sisma.

Come già accennato, anche in situazioni estreme esiste sempre una residua resistenza al taglio nelle fasi iniziali post liquefazione, quelle caratterizzate dalle condizioni più critiche (pressione dei pori equivalente allo stress efficace pre-liquefazione).



**Tabella 12** - Le 5 fasi per determinare in prima analisi il Fattore di sicurezza a liquefazione  $F_{sliq}$ . Da SSAP.

Fase	Equazione o grafico	Parametro	Descrizione
1	$CSR = \frac{\tau_{cyc}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 r_d \left( \frac{\sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \left( \frac{a_{max}}{g} \right)$	CSR	cyclic stress ratio - rapporto di stress ciclico indotto dal indotto dal sisma
2	$r_d = 1 - 0.012z$ (Vedasi anche fig. 2.24a)	$r_d$	Coefficiente di riduzione di stress in profondità
3	$CRR_{M=7.5, \sigma'_{v0}=1} = \exp \left( \frac{(N_1)_{60cs}}{14.1} + \left( \frac{(N_1)_{60cs}}{126} \right)^2 - \left( \frac{(N_1)_{60cs}}{23.6} \right)^3 + \left( \frac{(N_1)_{60cs}}{25.4} \right)^4 - 2.8 \right)$ CRR (fig.2.25a) MSF (fig.2.25b)	CRR; MSF	cyclic resistance ratio - rapporto di resistenza ciclico del deposito e magnitudo scaling factor
4	$K\alpha$ (figura 2.25.b)	$K\alpha$	Coefficiente di correzione per Fattore di sicurezza a liquefazione per depositi in pendio
5	$F_{sliq} = CRR / (CSR / MSF / K\alpha)$	$F_{sliq}$	Fattore di sicurezza a liquefazione



**Figura 13** - Relazione tra il fattore di sicurezza a liquefazione e il rapporto tra l'eccesso di pressione dei pori prodotto dal sisma rispetto allo sforzo efficace pre-sisma (Towhata, 2008, modificato). Da SSAP.

Esistono varie procedure empiriche e di laboratorio per valutare questi valori di resistenza. Il metodo di Olson & Stark (2003) definisce una procedura completa per valutare gli appropriati valori di resistenza al taglio, in condizioni non drenate equivalenti, dei depositi soggetti a liquefazione totale.

Nella **Tabella 13** sono riportate le fasi della procedura che è quella adottata da SSAP una volta che le condizioni di liquefacibilità del deposito risultano stabilite come totali secondo il valore corretto del numero di colpi  $N_{spt}$  che indica il valore di  **$F_{sliq}$** .

Le tre fasi sono:

- Fase 1 - valutazione del comportamento contrattivo (depositi poco addensati) o dilatativo (depositi addensati) nel punto interno al pendio dove verrà valutata la resistenza al taglio non drenata equivalente, secondo la procedura di Olson & Stark (2003), mediante l'equazione in tabella e il grafico di **Figura 14**, con la liquefazione localmente possibile solo nel caso di comportamento contrattivo;
- Fase 2a e 2b - nel caso il punto venga attribuito a un comportamento contrattivo (liquefazione locale possibile) la resistenza al taglio viene assegnata considerando il rapporto di sforzo di taglio (shear strength ratio) di picco (2a) e residuo (2b) come da tabella;
- Fase 3 - il rapporto dello sforzo di taglio locale finale, nel caso di un comportamento contrattivo, che può favorire fenomeni di flow slides o lateral spreading (flow failures) deve tener conto anche del valore di **Fsliq** del deposito, con il valore finale locale valutato tramite l'equazione tabellata nella riga 3, che poi è la procedura proposta in SSAP come variante del modello di Olson & Stark originale. Essendo **Fsliq** associato a una probabilità di liquefazione totale (più o meno alta) il valore finale di resistenza dipenderà anche da questo ultimo valore.

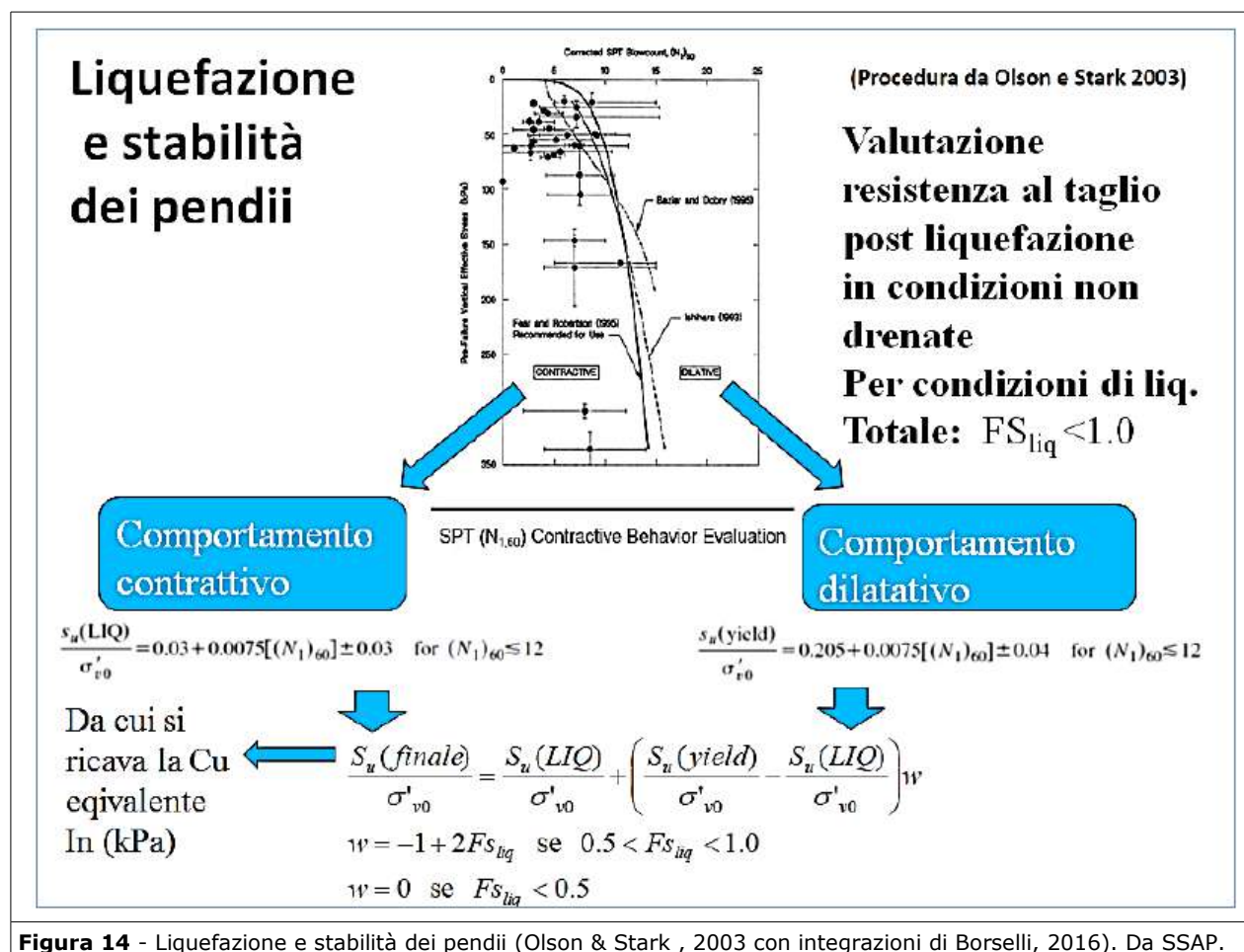
Fase	Equazione	Descrizione.
1	$(\sigma'_{v0})_{\text{boundary}} = 9.58 \times 10^{-4} [(N_1)_{60}]^{4.79}$ <p>(figura 2.28)</p>	Boundary line per qualificare un comportamento o contrattivo o dilatativo
2a	$\frac{s_u(\text{yield})}{\sigma'_{v0}} = 0.205 + 0.0075[(N_1)_{60}] \pm 0.04 \quad \text{for } (N_1)_{60} \leq 12$	Shear strength ratio di picco per depositi con comportamento o dilatativo
2b	$\frac{s_u(\text{LIQ})}{\sigma'_{v0}} = 0.03 + 0.0075[(N_1)_{60}] \pm 0.03 \quad \text{for } (N_1)_{60} \leq 12$	Shear strength ratio residuo per depositi con comportamento o contrattivo
3	$\frac{S_u(\text{finale})}{\sigma'_{v0}} = \frac{S_u(\text{LIQ})}{\sigma'_{v0}} + \left( \frac{S_u(\text{yield})}{\sigma'_{v0}} - \frac{S_u(\text{LIQ})}{\sigma'_{v0}} \right) w$ $w = -1 + 2Fs_{liq} \quad \text{se } 0.5 < Fs_{liq} < 1.0$ $w = 0 \quad \text{se } Fs_{liq} < 0.5$	Valore finale del shear strength ratio

**Tabella 13** - Procedura in 3 fasi adottata dal programma SSAP per valutare la liquefazione di un deposito (Olson & Stark, 2003). Da SSAP.

Nel caso di terreni con valori **Fsliq** > **1,0**, dove non sono stimate condizioni di liquefazione totale, la resistenza al taglio deve essere valutata in condizione non drenate, facendo però riferimento a mutate condizioni di pressione dei pori e sforzo efficace.

La relazione proposta in **Figura 13** viene utilizzata da SSAP per valutare l'incremento di pressione dei pori associato a valori **Fsliq** > **1,0**. Questo procedimento consente, essendo sempre noto a priori il livello dello sforzo verticale efficace pre-sisma, di calcolare la nuova pressione dei pori

massima e determinare le nuove condizioni per calcolare la resistenza al taglio in termini di pressioni efficaci (criterio di rottura Mohr-Coulomb), in questo caso per le condizioni di liquefazione parziale.



**Figura 14** - Liquefazione e stabilità dei pendii (Olson & Stark, 2003 con integrazioni di Borselli, 2016). Da SSAP.

## 11. Verifiche di stabilità

Il cantiere operativo che andrà a intervenire sul **TRATTO 3** del Rio Maggiore avrà lo scopo, come visto, di realizzare uno scatolare a U da via N. Sauro a via G. Rodocanacchi e un sottopasso su via E. Toti.

Su alcune sezioni tipo, ritenute maggiormente significative e più critiche per le condizioni di stabilità, in riferimento a quanto riportato al Capitolo 8, sono state eseguite le consuete verifiche con la simulazione matematica realizzata utilizzando il metodo di calcolo denominato **MORGENSTERN & PRICE (1965)** contenuto nel programma **SSAP**, già ampiamente introdotto, e studiando le condizioni di stabilità di volumi di terreno delimitati inferiormente da superfici di scorrimento.

Le analisi (statiche, sotto sollecitazione sismica e post-sisma a liquefazione), sono state condotte in condizioni drenate e non drenate (in base alla progressione cantieristica ipotizzata), tramite i valori di progetto come da normativa vigente, imponendo una griglia di ricerca del fattore di sicurezza minimo **Fsmin**, tenuto conto della geologia e geotecnica del sito specifico, nonché della presenza di acqua nel sottosuolo.

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Per quello che concerne l'influenza sismica di un probabile evento tellurico che potrebbe colpire l'area in esame, il comportamento dei fronti di scavo, muniti e non di opere di sostegno, come quello dei pendii naturali, è strettamente legato alla natura del terreno e alle condizioni esistenti prima del terremoto.

Nelle analisi condotte con i metodi pseudostatici, il campo di accelerazione all'interno del pendio, nel particolare caso, è assunto uniforme e le componenti orizzontale e verticale delle forze di inerzia sono applicate nel baricentro della massa potenzialmente in frana, nei metodi globali, o nei baricentri delle singole strisce, nei metodi dei conci. Qui i parametri geotecnici di progetto vengono ulteriormente degradati di un 25% per effetto della riduzione indotta dagli stress ciclici e dall'eventuale accumulo di pressioni interstiziali, che può verificarsi durante la saturazione del deposito. La continua crescita della pressione interstiziale per effetto del sisma (carico dinamico ciclico) determina, infatti, una riduzione della resistenza al taglio non drenata dei terreni liquefacibili rispetto ai valori di picco in condizioni statiche, fino al suo quasi annullamento, come già ampiamente ricordato in precedenza.

Nei metodi pseudostatici la verifica allo SLU, nella condizione non drenata (data la rapidità dell'impulso), viene riferita al cinematismo di collasso critico, caratterizzato dal più basso valore del coefficiente di sicurezza **F<sub>sm</sub>**.

Anche per la verifica post-sisma a liquefazione **F<sub>slq</sub>**, svolta ancora in condizione non drenata, i parametri geotecnici di progetto sono quelli degradati del 25% citati sopra. In più vengono considerati i parametri drenati dell'orizzonte potenzialmente liquefacibile (valori di progetto ridotti del 25%), che per l'areale di nostro interesse, come suggerito anche dalle carte di PS del Comune di Livorno, risulta essere il **Corpo geotecnico Cgt3** (alternanze di sabbie e sabbie limose, a tratti debolmente ghiaiose, e frequenti intercalazioni di calcarenite - Panchina -, sede dell'acquifero del Terrazzo di Livorno).

La simulazione relativa alla situazione con il livello di invaso alla portata con tempo di ritorno duecentennale del corso d'acqua (evento di durata modesta, rispetto ai tempi di ricorrenza di eventi sismici, per il quale non è da considerata, eventualmente, l'azione del sisma in quanto assai improbabile), che poi è quella che viene assunta da normativa per la progettazione delle opere di sistemazione idraulica, è stata completamente omessa visto che il cosiddetto serbatoio pieno andrebbe a garantire ulteriore stabilità all'opera-terreno. Anche la simulazione di rapido svasso del Rio Maggiore non è stata analizzata dato che le pareti e il fondo del corso d'acqua, ad opera finita, saranno costituite da uno scatolare a U in c.a. tale da non far risentire l'effetto memoria delle pressioni originali pre-svaso ai sedimenti presenti lungo le sponde del Rio Maggiore.

In generale, ne deriva che se  $F_{sm} > 1,0$  siamo in condizioni di stabilità, mentre per  $F_{sm} < 1,0$  siamo in condizioni instabili dovuti a un generalizzato deficit di resistenza.

### **11.1 Fronti di scavo muniti di paratie di pali**

Lungo la zona corridoio del **TRATTO 3**, che va da via N. Sauro a via G. Rodocanacchi, sulla sinistra idraulica del Rio Maggiore e, in parte, sulla destra saranno realizzate, come già detto, opere di sostegno che permetteranno ai mezzi di cantiere di arrivare alla quota d'imposta delle fondazioni dello scatolare a U in progetto e di mettere in opera le strutture verticali ad esse associate. Nella stessa modalità operativa sarà eseguita anche la porzione di tratto relativo al ponte su via E. Toti.

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Si tratta, nel particolare, di paratie di pali trivellati in CFA ad elica continua, armati e gettati in opera, finalizzati a contrastare la situazione di instabilità causata, soprattutto, dalla presenza dei sovraccarichi esterni e da tutti quei fattori come la litologia, la presenza di acqua, le possibili azioni dinamiche dovute a un sisma. I pali saranno intervallati a un jet grouting, ben più superficiale, al fine di garantire una certa tenuta idraulica e migliorare la resistenza meccanica delle terre. A queste paratie vanno aggiunte quelle di micropali, come già anticipato in precedenza.

Il loro dimensionamento e approfondimento, dati di input per le verifiche di stabilità, sono stati progettati dai tecnici dello Studio INGEO di Lucca (LU), incaricati della progettazione strutturale.

I risultati relativi alle analisi di stabilità sui fronti di scavo con queste tipologie di opere possono essere sintetizzati come nel prospetto che segue (**Tabella 14**), dove sono riportati i valori minimi di **F<sub>smin</sub>** riscontrati in tutte le verifiche effettuate a breve termine e in condizione statica, vista l'opera provvisoria di sostegno.

	SPONDA SINISTRA Analisi statica - condizione non drenata -	SPONDA DESTRA Analisi statica - condizione non drenata-	<b>Tabella 14</b> - Valori emersi dalle analisi svolte con il metodo di Morgenstern & Price (1965) per la ricerca del coefficiente di sicurezza minimo <b>F<sub>smin</sub></b> lungo le sezioni ritenute maggiormente critiche del <b>TRATTO 3</b> munite di paratie di pali.
Sez. S.9	<b>F<sub>smin</sub> = 2,9068</b>		
Sez. S.6	<b>F<sub>smin</sub> = 2,5931 (Allegato L)</b>	<b>F<sub>smin</sub> = 4,4003</b>	
Sez. S.4	<b>F<sub>smin</sub> = 2,2465</b>		
Sez. S.3	<b>F<sub>smin</sub> = 1,5883 (Allegato N)</b>		
Sez. S.2	<b>F<sub>smin</sub> = 1,2575 (Allegato O)</b>		
Sez. S.1	<b>F<sub>smin</sub> = 1,2868 (Allegato P)</b>		

Negli **Allegati L, N, O e P** vengono inseriti i reports più significativi per il tipo di analisi argomentata nel presente paragrafo. Le elaborazioni sono state effettuate lungo superfici di scorrimento in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso.

L'**Allegato L** è riferito alla **Sezione S.6** (sinistra idraulica) del **TRATTO 3** - zona corridoio con verifiche di stabilità del fronte munito della paratia di pali (analisi statica non drenata - condizione di breve termine). Con le stesse condizioni e le varie tipologie di intervento, vengono riportate le verifiche di stabilità relativamente alla sponda sinistra della **Sezione S.3 (Allegato N)**, **Sezione S.2 (Allegato O)** e **Sezione S.1 (Allegato P)**.

I dati ottenuti dalla generazione di 10.000 superfici di scorrimento mostrano, in condizioni statiche a breve termine, valori del fattore di sicurezza **F<sub>smin</sub>** sempre maggiori di 1,1 garantendo quindi una certa stabilità al fronte di scavo così come progettato.

### **11.2 Fronti di scavo con pendio naturale**

Nella fase preliminare di cantiere è previsto anche uno scavo a carattere naturale, per un'altezza di 2/3 m, con inclinazione di 2:3 (B:L) sul lato destro del **TRATTO 3**, per la porzione non interessata dalla paratia vista precedentemente, in considerazione dello spazio a disposizione.

Per l'eventuale acqua sotterranea che andremo ad incontrare sarà installato un sistema di wellpoints finalizzato ad abbattere la sua superficie piezometrica.

La normativa vigente (NTC 2018 e relativa circolare) afferma che per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista un'armatura di sostegno delle pareti di scavo. In più, le verifiche devono essere svolte nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU) e nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE), quando pertinenti.

Con questo paragrafo si vuole così relazionare le verifiche agli SLU sulla stabilità dei fronti di scavo a carattere naturale e specifici del progetto, che prevede una loro determinata inclinazione.

Le presenti analisi sono state, quindi, svolte nelle condizioni a breve termine, in tensioni totali, utilizzando i parametri non drenati di resistenza e facendo riferimento, ancora, alla simulazione matematica realizzata tramite il programma **SSAP** per risalire al margine di sicurezza **F<sub>smin</sub>**, ovvero al rapporto tra le resistenze e le azioni di progetto, con la verifica da ritenersi soddisfatta con **R<sub>d</sub> ≥ E<sub>d</sub>**.

I risultati relativi alle analisi di stabilità sui fronti di scavo naturali possono essere sintetizzati come nel prospetto che segue (**Tabella 15**), dove sono riportati i valori minimi di **F<sub>smin</sub>** riscontrati in tutte le verifiche effettuate a breve termine e in condizione statica, vista la transitorietà dell'intervento.

	SPONDA DESTRA Analisi statica - condizione non drenata -	<b>Tabella 15</b> – Valori emersi dalle analisi svolte con il metodo di Morgenstern & Price (1965) per la ricerca del coefficiente di sicurezza minimo <b>F<sub>smin</sub></b> lungo le sezioni ritenute maggiormente critiche del <b>TRATTO 3</b> a fronte naturale.
Sez. S.4	<b>F<sub>smin</sub> = 1,5584 (Allegato M)</b>	
Sez. S.3	<b>F<sub>smin</sub> = 1,6888 (Allegato N)</b>	
Sez. S.2	<b>F<sub>smin</sub> = 1,2854 (Allegato O)</b>	

Negli **Allegati M, N e O** vengono inseriti i reports svolti lungo le sezioni in destra idraulica del Rio Maggiore, studiate in condizione non drenata e in assenza di opere di sostegno. Le elaborazioni sono state effettuate lungo superfici di scorrimento in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso.

L'**Allegato M** è riferito alla **Sezione S.4** con verifica statica di stabilità del fronte naturale, considerando la condizione non drenata (a breve termine). Nello stesso modo si hanno i reports relativi alla **Sezione S.3** con l'**Allegato N** e alla **Sezione S.2** con l'**Allegato O**.

I dati ottenuti dalla generazione di 10.000 superfici di scorrimento mostrano, in condizioni statiche a breve termine, valori del fattore di sicurezza **F<sub>smin</sub>** sempre maggiori di 1,1 garantendo quindi una certa stabilità al fronte di scavo così come progettato.

### **11.3 Fronti di scavo con paratie di pali e scatolare a U**

La fase di completamento dei lavori sul **TRATTO 3** in questione porterà a termine le strutture fondali e quelle dei muri verticali relativi all'opera principale in progetto, ovvero allo scatolare a U, all'interno del quale scorreranno le acque del Rio Maggiore, nonché il sottopasso di via E. Toti.

Il dimensionamento, dati di input geometrici per le verifiche di stabilità, sono stati forniti dai tecnici dello Studio INGEO di Lucca (LU), incaricati della progettazione strutturale.

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Il grado di stabilità, in condizioni statiche e dinamiche (per azioni sismiche), viene ancora valutato attraverso la determinazione del fattore di sicurezza **Fsmin**, come già ben spiegato nelle pagine precedenti, con i metodi dell'equilibrio limite, che studiano le condizioni di stabilità di volumi di terreno delimitati inferiormente da superfici di scorrimento.

Anche per queste analisi sono stati utilizzati i valori di progetto, sia a breve che a lungo termine, rispettivamente in termini di tensioni totali e di sforzi efficaci.

Ricordiamo che le verifiche sismiche sono state eseguite a breve termine, considerata la rapidità dell'impulso tellurico, e solo nella fase post-operam, vista la bassa probabilità di tale accadimento durante i lavori di costruzione delle opere.

Infine, sono state valutate le condizioni post sisma a liquefazione seguendo le linee descritte all'inizio del presente capitolo.

I relativi risultati possono essere sintetizzati come nel prospetto che segue (**Tabelle 16, 17 e 18**), dove sono riportati i valori minimi di **Fsmin** riscontrati in tutte le verifiche relative agli argomenti qui trattati (analisi statica in condizione drenata, analisi dinamica in condizione non drenata e analisi post sisma a liquefazione in condizione non drenata con parametri drenati per lo strato potenzialmente liquefacibile).

	SPONDA SINISTRA Analisi statica - condizione drenata -	SPONDA DESTRA Analisi statica - condizione drenata -	<b>Tabella 16</b> - Valori emersi dalle analisi statiche condotte in condizione drenata con il metodo di Morgenstern & Price (1965) per la ricerca del coefficiente di sicurezza minimo <b>Fsmin</b> lungo le sezioni ritenute maggiormente critiche del <b>TRATTO 3</b> post operam.
Sez. S.9	<b>Fsmin = 2,5008 (Allegato I)</b>		
Sez. S.6	<b>Fsmin = 2,7178</b>	<b>Fsmin = 4,4787</b>	
Sez. S.4	<b>Fsmin = 2,1078 (Allegato M)</b>	<b>Fsmin = 1,7740 (Allegato M)</b>	
Sez. S.3	<b>Fsmin = 2,4636</b>	<b>Fsmin = 2,2246 (Allegato N)</b>	
Sez. S.2	<b>Fsmin = 1,9122 (Allegato O)</b>	<b>Fsmin = 2,2820</b>	
Sez. S.1	<b>Fsmin = 2,6121</b>		

**Note:** per le verifiche sulle Sezioni S.4 e S.3 è stato dato al Cgt1 un valore minimo di coesione efficace (3 kPa) per non andare incontro a instabilità sulla parte corticale del modello geometrico che avrebbero portato a valori fittizi del fattore di sicurezza del fronte in studio

	SPONDA SINISTRA Analisi dinamica - condizione non drenata -	SPONDA DESTRA Analisi dinamica - condizione non drenata -	<b>Tabella 17</b> - Valori emersi dalle analisi dinamiche condotte in condizioni non drenate con il metodo di Morgenstern & Price (1965) per la ricerca del coefficiente di sicurezza minimo <b>Fsmin</b> lungo le sezioni ritenute maggiormente critiche del <b>TRATTO 3</b> post operam.
Sez. S.9	<b>Fsmin = 3,3973</b>		
Sez. S.6	<b>Fsmin = 2,3978 (Allegato L)</b>	<b>Fsmin = 3,5232</b>	
Sez. S.4	<b>Fsmin = 3,2873</b>	<b>Fsmin = 1,3933 (Allegato M)</b>	
Sez. S.3	<b>Fsmin = 2,1281</b>	<b>Fsmin = 1,6296 (Allegato N)</b>	
Sez. S.2	<b>Fsmin = 3,1049</b>	<b>Fsmin = 1,7669 (Allegato O)</b>	
Sez. S.1	<b>Fsmin = 2,0403 (Allegato P)</b>		

	SPONDA SINISTRA Analisi post-sisma a liquefazione	SPONDA DESTRA Analisi post-sisma a liquefazione	<b>Tabella 18</b> - Valori emersi dalle analisi post sisma a liquefazione condotte con il metodo di Morgenstern & Price (1965) per la ricerca del coefficiente di sicurezza minimo <b>F<sub>smin</sub></b> lungo le sezioni ritenute maggiormente critiche del <b>TRATTO 3</b> post operam.
Sez. S.9	Omessa visto l'alto valore di Nspt dato al <b>Cgt3</b> nel modello geotecnico		
Sez. S.6	<b>Fsliq = 3,0378</b>	<b>Fsliq = 3,7797</b>	
Sez. S.4	<b>Fsliq = 3,1165</b>	<b>Fsliq = 2,0417</b>	
Sez. S.3	<b>Fsliq = 2,3163</b>	<b>Fsliq = 1,1315 (Allegato N)</b>	
Sez. S.2	<b>Fsliq = 2,6694</b>	<b>Fsliq = 1,3619 (Allegato O)</b>	
Sez. S.1	<b>Fsliq = 2,1730</b>		

Negli **Allegati I, L, M, N, O e P** vengono inseriti i reports più significativi come emerge dai valori del coefficiente di sicurezza sopra tabellati. Le elaborazioni sono state effettuate lungo superfici di scorrimento in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso.

L'**Allegato I** è riferito alla **Sezione S.9** (sezione tipo per il **TRATTO 3** - sottopasso di via E. Toti in sinistra idraulica) post-operam, con verifica statica di stabilità considerando la condizione drenata (a lungo termine). L'**Allegato M** è riferito alla **Sezione S.4** (destra e sinistra idraulica) post-operam, con verifica statica di stabilità considerando la condizione drenata (a lungo termine) e verifica dinamica a breve termine (condizione non drenata). L'**Allegato N** è riferito alla **Sezione S.3** post-operam (destra idraulica), con verifica statica drenata, dinamica a breve termine e post-sisma a liquefazione. L'**Allegato O** è riferito alla **Sezione S.2** post-operam, con verifica statica di stabilità considerando la condizione drenata (sinistra idraulica), verifica dinamica a breve termine (destra idraulica) e verifica post-sisma a liquefazione (destra idraulica). L'**Allegato P** è riferito alla **Sezione S.1** post-operam, con verifica dinamica a breve termine (sponda sinistra).

I dati ottenuti dalla generazione di 10.000 superfici di scorrimento mostrano valori del fattore di sicurezza **F<sub>min</sub>** sempre maggiori di 1,1 per tutte le condizioni studiate, garantendo quindi una certa stabilità al fronte di scavo così come progettato.

## 12. Indicazioni geotecniche e operative

Le informazioni emerse dalla campagna geognostica, associate alle conoscenze del sottosuolo del Terrazzo di Livorno e, nello specifico, a quelle dell'area d'interesse, hanno portato a evidenziare un sistema idrogeologico caratterizzato da una circolazione idrica (seppur limitata) per falde sovrapposte, con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa (vedi modello idrogeologico). Così, nei primi metri di sottosuolo, tra quote di 1/2 m sul l.m.m., dove sono presenti terreni da granulari a coesivi, al di sotto del **Cgt1** costituito tendenzialmente da materiali di riporto, si possono avere livelli più o meno continui a componente limosa e sabbiosa, a tratti a granulometrie anche più grossolane, sede di acquiferi. La presenza o meno di acqua sotterranea diventa, così, una delle maggiori problematiche da affrontare in sede di cantiere.



---

### **12.1 Operazioni di scavo**

Per scopi cantieristici, ciò che interessa maggiormente è, quindi, la soggiacenza dell'acquifero e la sua potenzialità. L'alimentazione sembra avvenire direttamente dalle piogge e dal reticolo idrografico minore della zona, seppur limitato dalla forte antropizzazione presente. Inoltre, tale sistema si può considerare non confinato e delimitato inferiormente dal corpo **Cgt4**, formato da argilla con limo e impermeabile, e per questo con caratteristiche idrodinamiche condizionate solamente dalla pressione atmosferica. Ci sembra di poter dire, però, che l'acquifero in oggetto possa presentare una scarsa potenzialità e sia soggetto a variazioni nell'arco stagionale. Naturalmente sono anche da considerare le acque di scorrimento proprie del Rio Maggiore, all'interno del quale si andrà a operare.

Pertanto, le operazioni di scavo incontreranno acqua sotterranea e di scorrimento, visto che il fondo della soletta del nuovo scatolare a U, come del sottopasso di via E. Toti, sono previsti a una profondità di circa 5/6 m dal p.c. posto in sinistra idraulica, minore di 2/3 m in destra dove il terreno risulta depresso.

Per questi motivi e, soprattutto, considerata la necessità di salvaguardare i manufatti limitrofi e adiacenti al **TRATTO 3** in esame, nonché ridurre al minimo le probabili turbative che si possono innescare nelle aree circostanti, si consiglia di andare a operare, preliminarmente, alcuni **campi pilota di scavo** nei punti meno invasivi al fine di prendere visione della reale situazione idrogeologica del sottosuolo e delle vere caratteristiche dei terreni d'interesse, sia per le fondazioni che per le opere verticali in progetto, provvisorie e definitive, almeno per quel che riguarda i parametri a breve termine. Con questo intervento, di limitata entità e soprattutto di ridotto prezzo, si può anche valutare qualitativamente la stabilità dei fronti naturali che si andrà a realizzare e le interferenze che questi possono subire con eventuali venute di acqua dalle pareti o dal fondo dello scavo.

In questo senso, può essere conveniente da parte dei tecnici della Regione Toscana seguire attentamente, in questo periodo di lavori esecutivi, quello che avviene sul **TRATTO 4** limitrofo a quello oggetto di studio, che va da via G. Rodocanacchi a via dei Pensieri, sul quale sono infatti in atto i lavori finalizzati alla rimozione della tombatura del Rio Maggiore per una lunghezza di circa 230 m, lungo la cosiddetta zona stadio, con rifacimento degli attraversamenti delle due vie citate sopra. Sono da analizzare gli scavi, le eventuali venute d'acqua dalle pareti e, di conseguenza, la loro tenuta, la soggiacenza dell'acqua e la potenzialità dell'acquifero presente, le tipologie d'intervento progettate e/o variate rispetto a quanto trovato. L'esperienza così maturata può servire da guida, quindi, per i tecnici che saranno incaricati dei lavori di esecuzione sul **TRATTO 3**.

Come prima prescrizione di cantiere si consiglia, comunque, di eseguire preferibilmente le operazioni di scavo e di getto in periodi estivi e/o particolarmente siccitosi, quando in pratica la superficie piezometrica risulta depressa in modo naturale e le acque del Rio Maggiore possano presentare portate idriche di minima.

Si ritiene, in ogni caso, che le operazioni di scavo potranno svolgersi ricorrendo a particolari impianti di drenaggio tipo wellpoints, come già annunciati nel progetto, nonostante le difficoltà operative e la delicatezza dell'intervento, inserito in un contesto profondamente urbanizzato, come già ampiamente sottolineato.

Il drenaggio con il sistema wellpoint viene utilizzato in tutti quei terreni che sono permeabili per porosità, come ghiaie, sabbie, limi e argille. L'impianto nella sua forma più schematica è costituito da una serie di minipozzi (wellpoints), installati nella zona di terreno in cui si deve abbassare la superficie piezometrica, collegati tra loro e a una pompa ad alto grado di vuoto tramite una serie di collettori, raccordi e giunti di collegamento. Il principio di funzionamento si basa sulla deviazione del flusso idrico in direzione degli elementi filtranti, i wellpoints, messi in depressione dalla pompa. Il gradiente venutosi a creare tra la pressione di affioramento dell'acqua nel terreno (pressione atmosferica) e gli elementi filtranti (wellpoints) dirige verso questi ultimi il flusso di falda con una velocità, nei vari tipi di terreno, caratterizzata dalla permeabilità. Quando in una specifica sezione di terreno l'impianto wellpoint emunge la quantità d'acqua che filtra attraverso gli interstizi, la superficie idrica nel terreno comincia a deprimersi formando una superficie a forma di cono. Proseguendo il pompaggio, aumenta la sezione di terreno che rimane senza acqua finché la portata emunta dall'impianto wellpoint non sarà pari alla portata di filtrazione. A questo punto il livello dell'acqua sotterranea si stabilizza formando il cosiddetto cono di influenza. Naturalmente l'ampiezza di questo cono di influenza è strettamente legato alla permeabilità dei terreni interessati e, quindi, sarà più ampio nei terreni ad elevata permeabilità e più stretto in quelli a ridotta permeabilità. Così, l'abbassamento temporaneo delle acque presenti nel sottosuolo permetterà di realizzare, nel modo più pratico ed economico, uno scavo all'asciutto e operare quanto in progetto.

Riguardo al sistema wellpoint posto sulla destra idraulica e finalizzato ad abbattere la superficie piezometrica che andrà a incontrare lo scavo, si consiglia un utilizzo entro limiti di sicurezza che dovrà essere legato a un appropriato dimensionamento, generalmente basato sull'esperienza pratica maturata per analogia in cantieri simili a quello d'interesse specifico. Al riguardo, come indicato sopra, visto il contesto ambientale e geologico del tutto simile al **TRATTO 3**, potrà venire utile quello in progetto per il **TRATTO 4**, dove attualmente risultano in corso d'opera i lavori per la riduzione del rischio idraulico.

Anche un'eventuale spessore di magrone al di sotto della base fondale può, comunque, servire a dissipare, in fase di costruzione dell'opera, le sovrappressioni d'acqua sul fondo dello scavo e/o ipotetiche venute d'acqua dalle pareti. Questo strato di ghiaia e/o pietrisco, rullata e costipata in modo da formare un piano omogeneo, andrà anche a regolarizzare la quota di fondo per il getto delle estese strutture fondali.

E' inoltre necessario interporre tra il terreno in sito e lo strato drenante un telo di geotessile indispensabile per impedire il miscelamento degli inerti con il terreno naturale e, quindi, impedire il precoce intasamento del dreno.

Riguardo ai fronti naturali nella condizione di breve termine, che presentano inclinazioni / altezze variabili e risultano posizionati in destra idraulica, non sono da sottovalutare eventuali opere provvisorie di sostegno delle pareti dello scavo, come sbadacchiature e/o puntellature con legno o ferro di adeguata dimensione.

### **12.2 Opere strutturali e non solo**

Relativamente ai materiali, si ricorda che le fondazioni in progetto saranno in c.a., di tipo diretto, realizzate mediante platea formata da una soletta spessa 70 cm più 10 cm di magrone.

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

Per permettere alle acque del Rio Maggiore di scorrere durante i lavori sul **TRATTO 3**, i tecnici progettisti hanno pensato di dividere in due la platea lungo il corso d'acqua e di gettarle in due fasi distinte, per poi collegarle strutturalmente.

Anche le strutture verticali dello scatolare a U, come quelle del sottopasso di via E. Toti, verranno realizzate in cemento armato, come del resto i pali delle paratie.

Il dimensionamento dei muri di contenimento dovrà essere svolto in conformità alle normative vigenti al fine di sopportare le azioni generate dai carichi permanenti dovuti al peso proprio, delle sovrastrutture del ponte di via E. Toti, del terreno circostante, quelle generate dalle costruzioni circostanti, nonché quelle relative ai carichi accidentali.

Relativamente alle paratie di pali, la loro tecnica è di uso corrente nel campo dell'ingegneria civile per realizzare opere strutturali e idrauliche, con funzione temporanea o permanente. Si tratta, nel caso specifico, di paratie di pali trivellati in CFA (*Continuous Flight Auger*) ad elica continua.

I pali realizzati con il metodo dell'elica continua (CFA PILES) sono pali trivellati gettati in opera, eseguiti a rotazione con l'utilizzo di una apposita *rotary*, montante specifica elica continua dotata di un'asta cava e chiusa alla base, con un dispositivo che impedisce l'entrata di terreno ed acqua durante lo scavo.

Il procedimento realizzativo consta inizialmente nell'infissione a rotazione dell'elica continua fino alla profondità prefissata. Dopo aver raggiunto tale profondità, il calcestruzzo (ad alto grado di slump) viene pompato in pressione attraverso l'asta vuota della trivella, per formare il palo, grazie al dispositivo di chiusura alla base della trivella, riempiendo il vuoto, man mano che la trivella viene estratta. Pertanto, durante l'esecuzione, le pareti dello scavo sono sostenute dalle spirali dell'elica e dal terreno che si trova fra di esse, in prima battuta, e dal calcestruzzo che costituisce il palo.

La pressione e il flusso del calcestruzzo sono monitorati durante tutta l'operazione. Le attrezzature utilizzate dagli operatori specializzati sono dotate di una serie completa di strumenti in grado di automatizzare tutte le fasi di esecuzione e misurare tutte le caratteristiche principali del processo di realizzazione dei pali: profondità di scavo, pressione del getto di calcestruzzo, flusso di calcestruzzo all'interno dell'asta, quantità totale di calcestruzzo iniettato. La strumentazione fornisce agli operatori la possibilità di controllare, costantemente, la costruzione del palo e può essere collegata a un registratore di dati, fornendo: nome del progetto, numero del palo, data, tempo di costruzione, diametro del palo.

Al termine dell'iniezione di calcestruzzo si procede all'inserimento dell'armatura. Le armature hanno normalmente una lunghezza variabile da 6 a 13 m e consistono di 6 o più barre di acciaio di diametro non inferiore a 20 mm. Le staffe (diametro minimo di 8 mm) vengono assemblate e saldate alle barre longitudinali ogni 200 mm per formare una gabbia rigida. Le staffe sono una caratteristica particolare di queste gabbie: quando l'inserimento dell'armatura all'interno dei pali è difficoltosa (lunghezze superiori a 9 metri), le gabbie possono essere soggette alla necessità di resistenza a pressioni o vibrazioni e quindi devono essere il più possibile rigide. Le staffe pertanto devono essere ben saldate ai ferri longitudinali.

Nei terreni con uno scarso grado di consistenza non sono necessari né tubi di rivestimento, né la rischiosa e poco pratica metodologia con fanghi bentonitici per sostenere gli scavi.

Questi tipi di pali sono, pertanto, indicati per usi nelle città (bassa rumorosità e assenza di vibrazioni) o ambienti particolari e, prevalentemente, quando il tempo di esecuzione e lo spazio a disposizione sono esigui.

In alcune porzioni del **TRATTO 3** sono, invece, previsti micropali cioè pali trivellati e rinforzati con un'armatura tubolare in acciaio per tutta la loro lunghezza (in generale, hanno diametro variabile da 90 a 300 mm, diametro armatura tra 60 e 200 mm, lunghezza raggiungibile 25 m). In questo caso i macchinari risultano meno ingombranti e le condizioni logistiche possono presentarsi anche più sconvenienti (spazi particolarmente ristretti come la porzione in sinistra idraulica del tratto sul quale s'interverrà con tale sistema). Rimane sempre una soluzione conveniente in ambito urbano con edifici prossimi all'intervento, in quanto limitano il disturbo indotto dalle vibrazioni in fase di esecuzione al terreno e alle strutture limitrofe.

Tutti i pali e micropali saranno uniti in sommità da una trave di coronamento in c.a. avente funzione di collegamento e ripartizione fra loro. In destra tale trave sarà utilizzata per l'inserimento di un primo livello di tiranti, negli altri casi i tiranti sono pensati a diverse profondità al fine di garantire stabilità alle paratie.

Alle paratie sarà abbinato un jet grouting verticale di sutura intervallato ai pali, come già detto nelle pagine precedenti.

### **12.3 Stati testimoniali e monitoraggi**

A tutela di tutti i progettisti come della Committenza, si consiglia di eseguire eventuali stati testimoniali sui vari immobili esistenti nell'intorno del **TRATTO 3** d'intervento che potrebbero essere influenzati dagli interventi previsti, soprattutto, durante le fasi di realizzazione dell'opera. Si tratta di descrivere, anche attraverso fotografie digitali, lo stato al momento dei sopralluoghi, prima dei lavori, ovvero riscontrare e censire lesioni, fratture e quant'altro di simile.

In questa sede, si pensa anche di attrezzare ad hoc particolari punti, dove le problematiche potrebbero essere più importanti, con fessurimetri o altri strumenti di monitoraggio che potrebbero servire durante le operazioni di sbancamento e scavo, di pompaggio, di demolizione dell'esistente struttura, dove scorrono attualmente le acque del Rio Maggiore, nonché quelle immediatamente successive.

In fase di esecuzione, infatti, sono possibili predisposizioni di strumenti per una campagna di controllo che può protrarsi per tutta la durata dei lavori e andare anche oltre. In particolare i controlli potrebbero interessare:

- il lato in sinistra idraulica con inclinometri per il rilievo di eventuali deformazioni subite dalle paratie sotto il peso dei vari edifici presenti, come per la porzione in destra idraulica, anch'essa attrezzata con tali opere di sostegno;

- rilievi topografici di precisione su capisaldi in sommità alle paratie, piuttosto che in corrispondenza degli edifici esistenti, ritenuti maggiormente sensibili alle operazioni di scavo, di pompaggio e, in generale, di intervento per verificare eventuali movimenti;
- su entrambi i lati del tratto d'intervento, per il controllo degli spostamenti dei muri dello scatolare a U e dei loro fronti;
- ecc.

### 13. Considerazioni conclusive

Le verifiche di stabilità relative agli interventi di riduzione del rischio idraulico sul **TRATTO 3** del Rio Maggiore del Comune di Livorno, che prevedono la realizzazione di uno scatolare a U da via N. Sauro a via G. Rodocanacchi e di un sottopasso su via E. Toti, sono state condotte secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2), come da normative tecniche vigenti, con una previsione di progetto moderatamente cautelativa. Queste hanno, naturalmente, valenza geotecnica e non strutturale.

Sulla base dei risultati si nota che i fronti risultano sufficientemente stabili, sia muniti che non di opere di sostegno e a fine opera, con un coefficiente di sicurezza minimo **Fsliq** pari a 1,1315 (corrispondente allo scenario più critico emergente con l'analisi post-sisma a liquefazione sulla Sezione S.3 sponda destra, condotta in maniera del tutto cautelativa per i parametri geotecnici come modellati e i valori di progetto utilizzati), in corrispondenza al cerchio di scorrimento più sfavorevole, il quale risulta comunque maggiore di 1,1 come da NTC 2018.

Alla luce del quadro descritto si ritiene, quindi, che le condizioni del sito non facciano pensare a specifiche pregiudiziali di carattere cantieristico per la realizzazione degli interventi in progetto, fatte salve le indicazioni e prescrizioni relazionate nel presente lavoro. Gli interventi studiati, infatti, non pregiudicheranno la stabilità dei luoghi e non risulteranno essere in contrasto con le condizioni di equilibrio idrogeologico dell'area su cui insistono, soprattutto se la posa in opera delle paratie di pali verrà realizzata ad hoc, come lo scatolare a U, stando ben attenti nel non lasciare tempi morti nelle fasi esecutive e abbandonare, così, alle azioni degradanti degli agenti atmosferici i fronti privi di protezione sulla sponda destra del tratto d'interesse, soggetti anche a carichi dell'edificio esistente.

Occorre, comunque, sottolineare che le valutazioni operate in questo studio rimangono valide se riferite alle condizioni al contorno esistenti, ossia all'assetto attuale di equilibrio idrogeologico del territorio d'interesse specifico.

Ricordiamo, infine, di porre attenzione al materiale di risulta degli scavi che risulta soggetto al D.P.R. 13/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da

scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164". Riguardo all'eventuale stoccaggio in cantiere dello stesso, prima di essere smaltito con regolare formulario, ci appare opportuno collocarlo a distanze idonee dal bordo delle scarpate, le quali non devono risultare mai inferiori a 5 metri.

Pisa, aprile 2020

dott. geologo Alessandro Ungari



The image shows a handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Alessandro Ungari'. Overlaid on the signature is a circular blue ink stamp. The text within the stamp, starting from the top and moving clockwise, reads: 'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA', 'DOTT. ALESSANDRO UNGARI', and 'N° 1423'.

---

- Pisa -

Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126

Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298

C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

**dott. Geologo Alessandro Ungari**  
- Pisa -  
Via Trieste n. 25 - C.A.P. 56126  
Tel.: 050 52 00 054 - Cell.: 347 64 38 298  
C.F.: NGRLSN67B07B950H / P.IVA: 01651150508

**COMUNE DI LIVORNO**  
**PROVINCIA DI LIVORNO**

***INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO  
SUL BACINO DEL RIO MAGGIORE, COMUNE DI LIVORNO  
- TRATTO 3 -***

**OGGETTO:** TAVOLE E ALLEGATI FUORI DAI TESTI DELLO STUDIO GEOLOGICO E SISMICO PRELIMINARE E DELLO STUDIO GEOLOGICO-TECNICO DEFINITIVO

**COMMITTENTE:** REGIONE TOSCANA

**PROGETTAZIONE:** STUDIO INGEO

Redatto da:

dott. geol. Alessandro Ungari

Data:

marzo e aprile 2020



## **Tavole fuori testo**

**Tavola 1** - COROGRAFIA per i tratti 3, 5, 6 e 7 - Scala 1:10.000

**Tavola 2** - PLANIMETRIA DI DETTAGLIO per il TRATTO 3 - Scala 1:2.000

**Tavola 3** - CARTA GEOMORFOLOGICA (da PS comunale) per i tratti 3, 5, 6 e 7 - Scala 1:10.000

**Tavola 4** - CARTA GEOLOGICA DEI COMUNI DI LIVORNO E COLLESALVETTI (da Lazzarotto et alii, 1987) per il bacino del Rio Maggiore - Scala 1:25.000

**Tavola 5** - CARTA GEOLOGICA (da PS comunale) per i tratti 3, 5, 6 e 7 - Scala 1:10.000

**Tavola 6** - CARTA LITOLOGICO-TECNICA (da PS comunale) per i tratti 3, 5, 6 e 7 - Scala 1:10.000

**Tavola 7** - CARTA IDROGEOLOGICA (da PS comunale) per i tratti 3, 5, 6 e 7 - Scala 1:10.000

**Tavola 8** - CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA (da PS comunale) per i tratti 3, 5, 6 e 7 - Scala 1:10.000

**Tavola 9** - CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA (da PS comunale) per i tratti 3, 5, 6 e 7 - Scala 1:10.000

**Tavola 10** - CARTA DELLA PERICOLOSITA SISMICA LOCALE (da PS comunale) per i tratti 3, 5, 6 e 7 - Scala 1:10.000

**Tavola 11** - CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (da PS comunale) per i tratti 3, 5, 6 e 7 - Scala 1:10.000

**Tavola 12** - CARTA DELLE AREE CON PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE E DELLA VULNERABILITA' DELLA FALDA (da PS comunale) per i tratti 3, 5, 6 e 7 - Scala 1:10.000

**Tavola 13** - MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO 3 - SOTTOPASSO DI VIA E. TOTI - Scala come da tavola

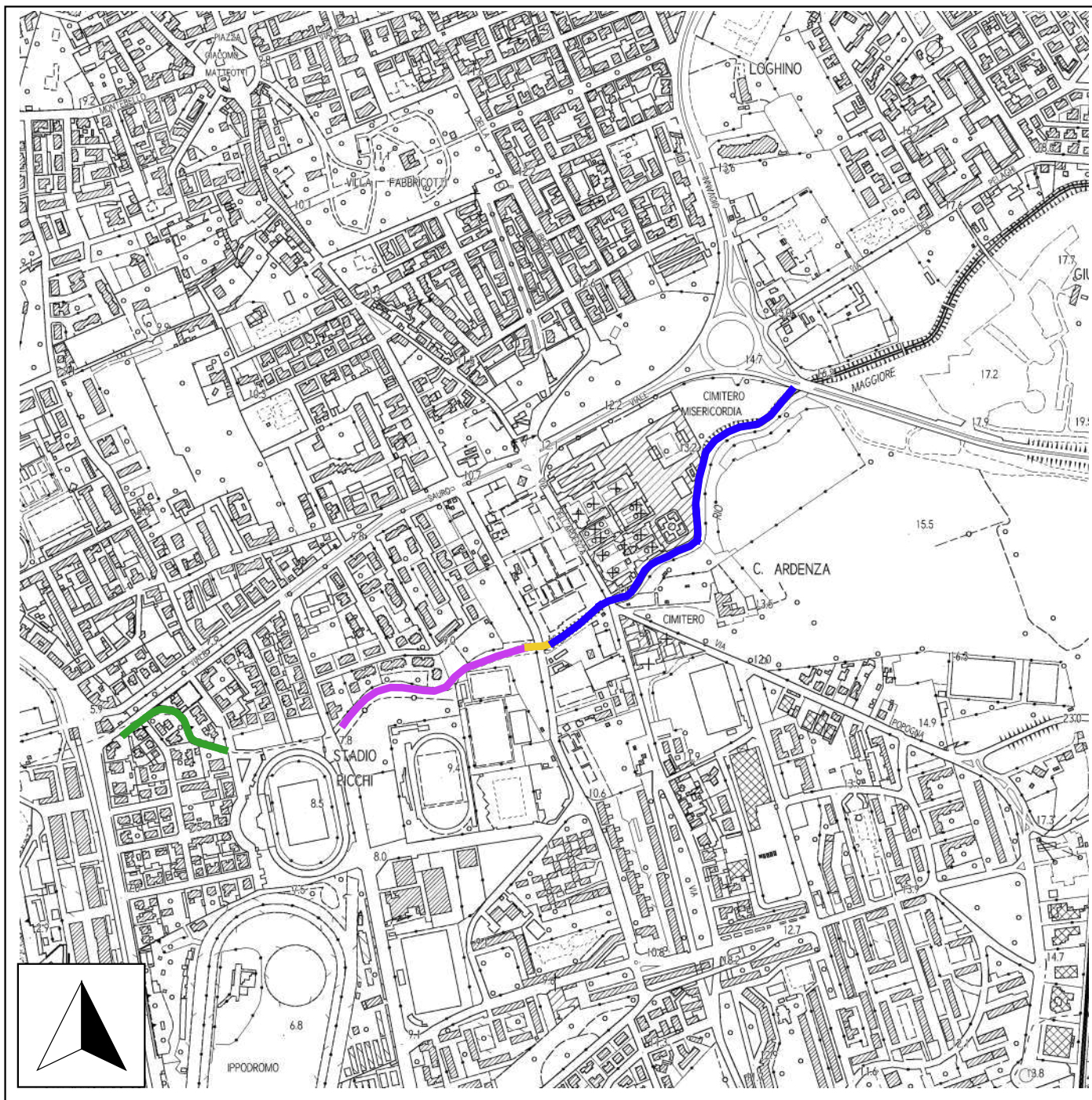
**Tavola 14** - TABELLA DEI VALORI FISICO-MECCANICI RELATIVA AL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO 3 - SOTTOPASSO DI VIA E. TOTI DI TAVOLA 13

**Tavola 15** - MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO 3 - ZONA CORRIDOIO COMPRESA TRA VIA E. TOTI E VIA G. RODOCANACCHI E RELATIVA TABELLA DEI PARAMETRI FISICO-MECCANICI - Scala come da tavola

**Tavola 16** - PLANIMETRIA DELLE PARATIE E DELLO SCATOLARE A U IN PROGETTO SUL TRATTO 3 D'INTERVENTO (da Studio INGEO di Lucca - LU) - Fuori scala

**Tavola 17** - PLANIMETRIA DELLE IMPRONTE DEGLI EDIFI INTERFERENTI CON LE TRACCE DELLE SEZIONI DI PROGETTO SUL TRATTO 3 D'INTERVENTO (da Studio INGEO di Lucca - LU) - Fuori scala





## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione  
del rischio idraulico  
sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

### **TAVOLA 1** **COROGRAFIA**

#### Legenda

Tratti oggetto di intervento

- Tratto 3
- Tratto 5
- Tratto 6
- Tratto 7

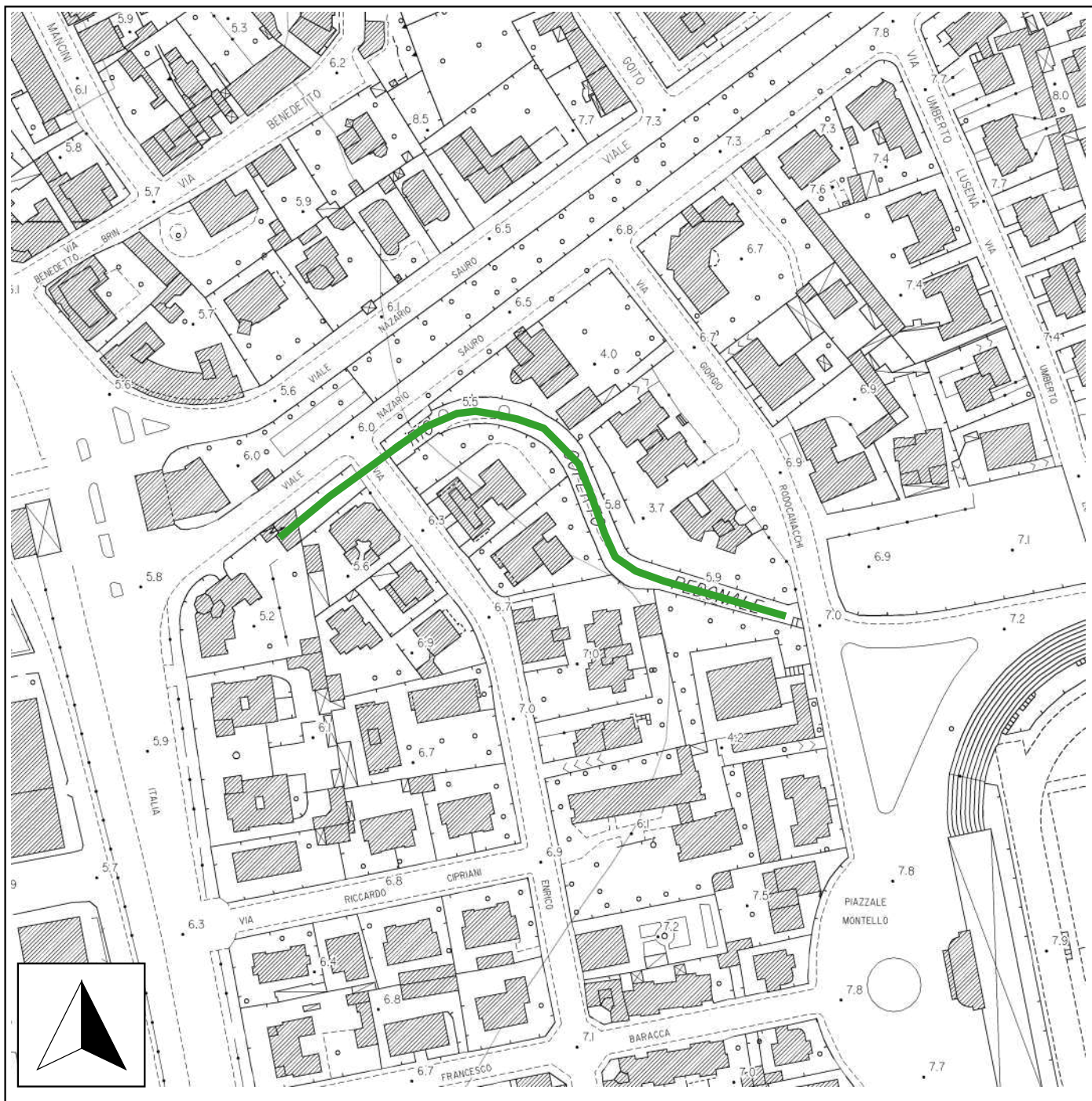
100 0 100 200 300 400 m



Scala 1 : 10000

Geol. A. Ungari





## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione  
del rischio idraulico  
sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

## TAVOLA 2 PLANIMETRIA DI DETTAGLIO

### Legenda

Tratti oggetto di intervento

Tratto 3

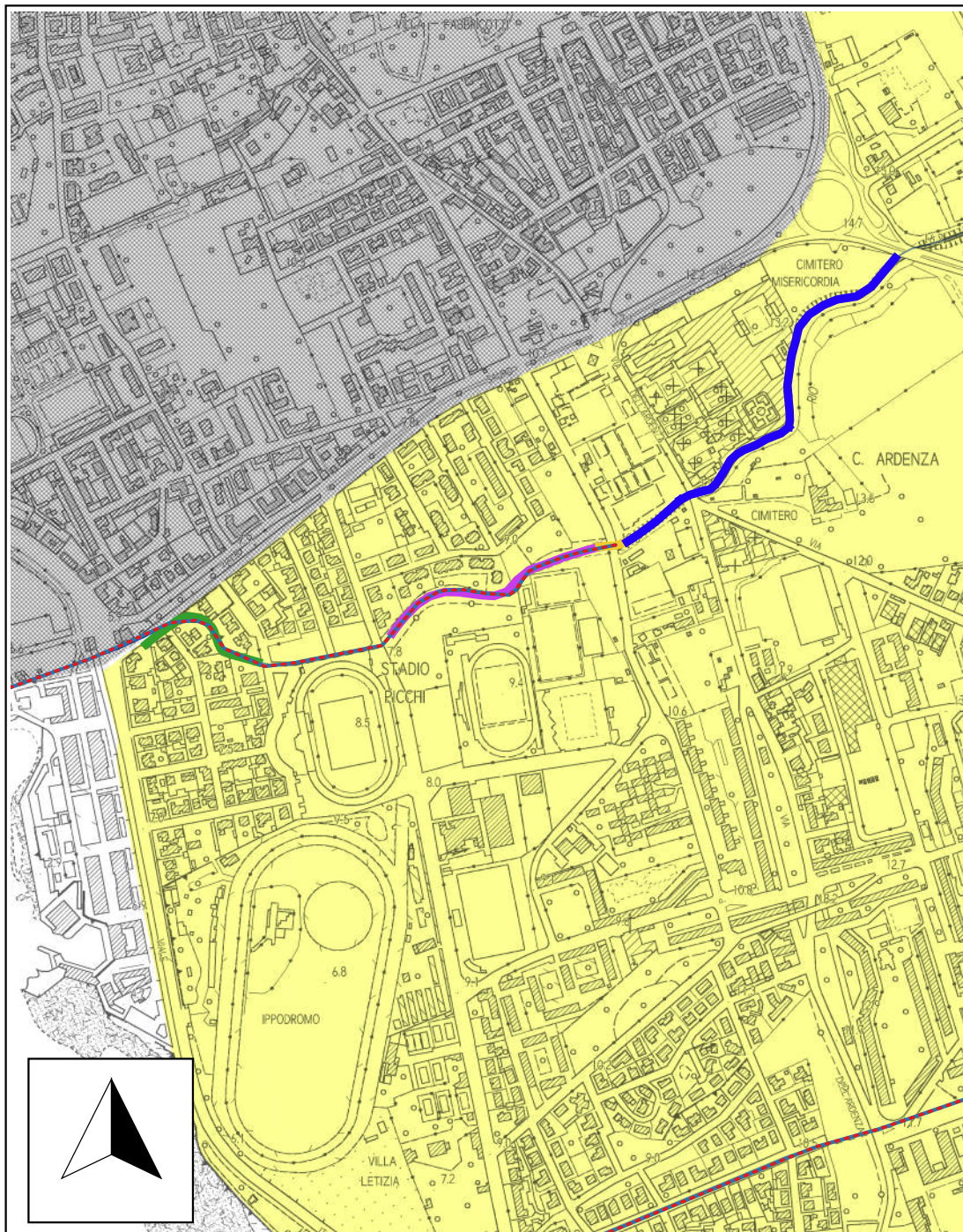
15 0 15 30 45 60 m



Scala 1 : 2000

Geol. A. Ungari





## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione  
del rischio idraulico  
sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

### **TAVOLA 3** CARTA GEOMORFOLOGICA (da P.S. comunale)

#### **Legenda**

Tratti oggetto di intervento

- Tratto 3
- Tratto 5
- Tratto 6
- Tratto 7

Forme lineari int 2019

- FOSSO TOMBATO

terrazzi pleistocene

- Terrazzo di Livorno
- Riporti antropici diffusi e aree portuali

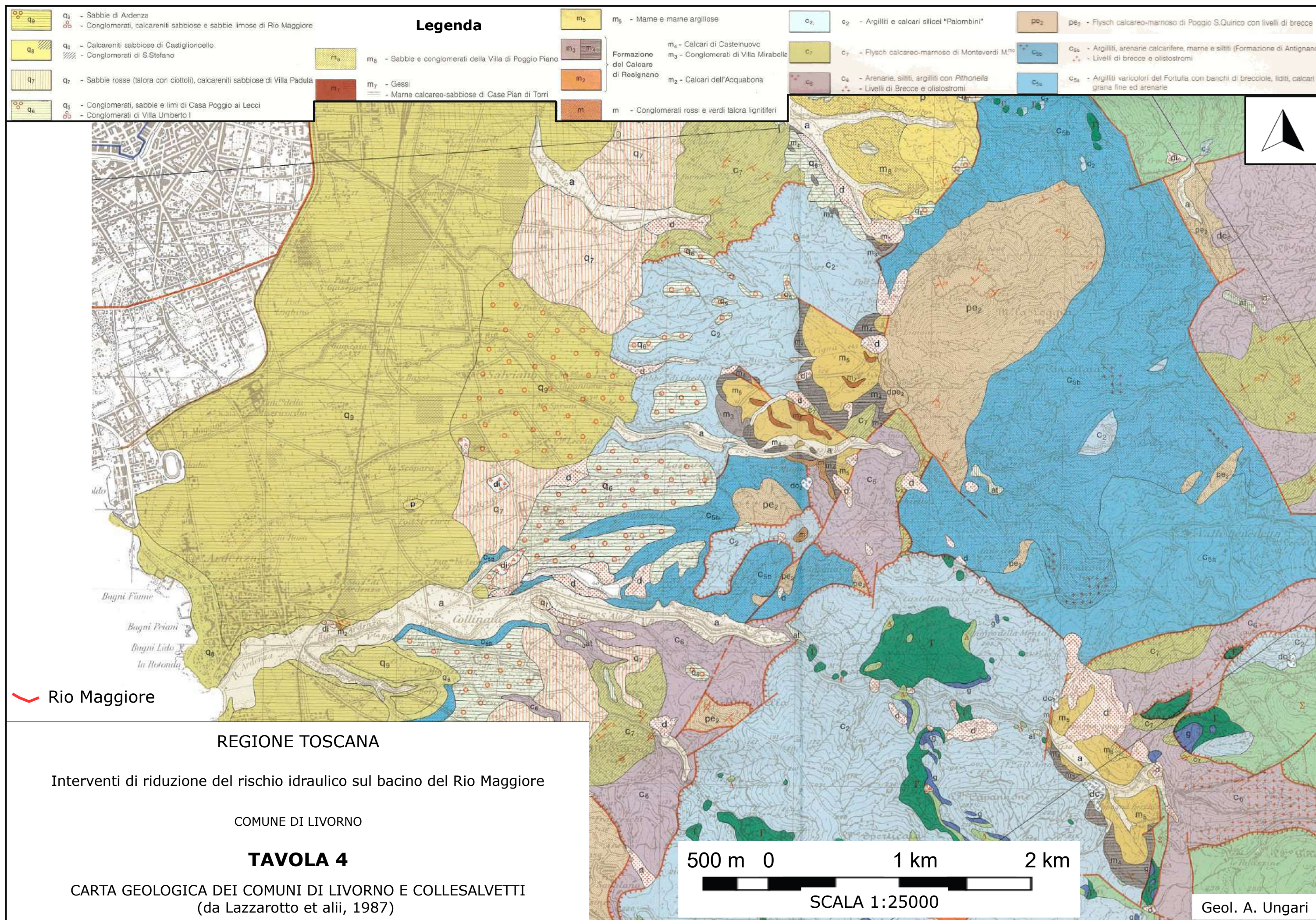
100 0 100 200 300 400 m



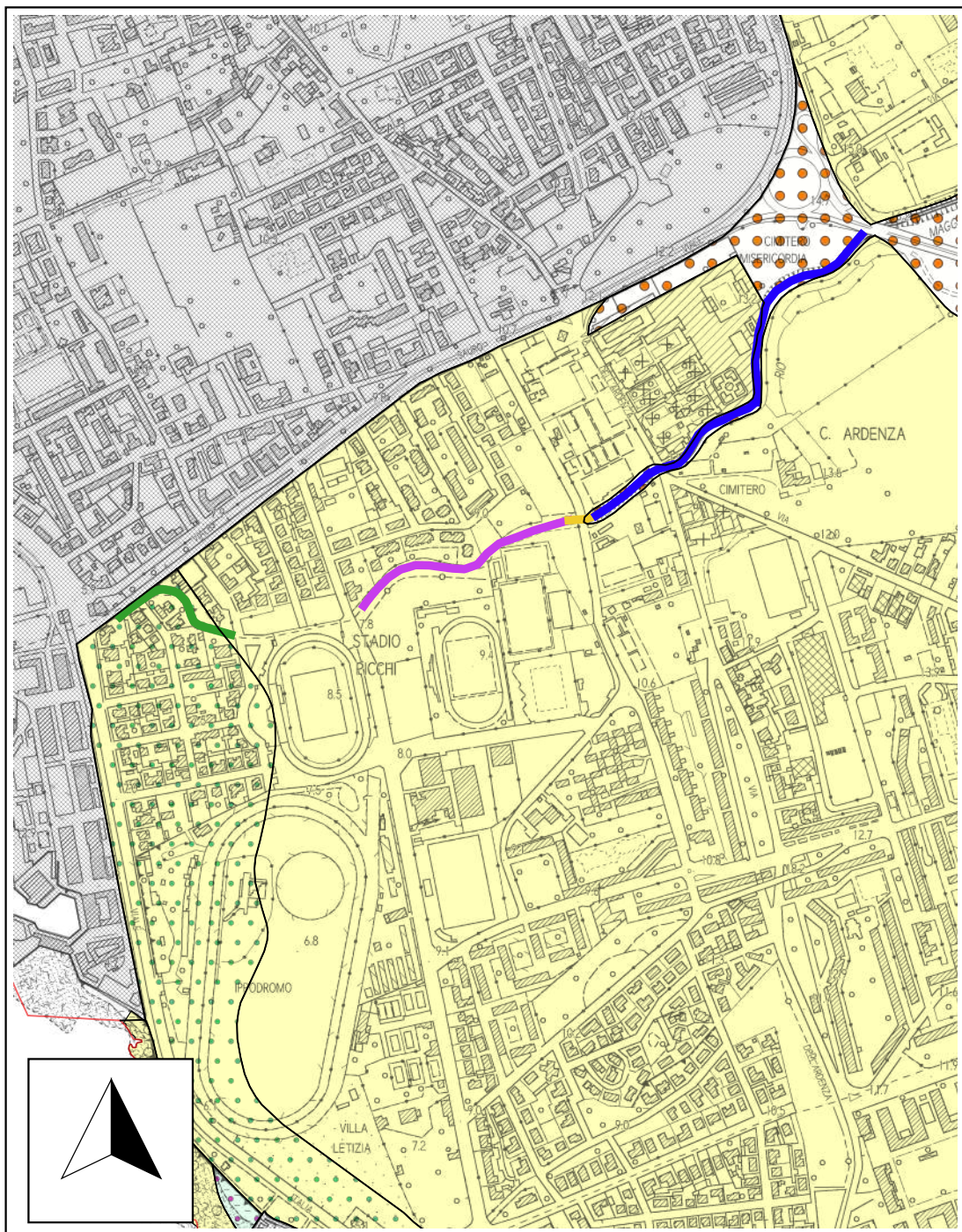
SCALA 1 : 10000

Geol. A. Ungari









## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione  
del rischio idraulico  
sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

### **TAVOLA 5** CARTA GEOLOGICA (da P.S. comunale)

#### **Legenda**

Tratti oggetto di intervento

Tratto 3

Tratto 5

Tratto 6

Tratto 7

#### **LimiteGeologico**

— contatto con area rilevabile (mare, lago, ghiacciaio, strutture antropiche)

— contatto stratigrafico e/o litologico

#### **Unità geologiche cartografate**

a3 Coperture detritiche indifferenziate (olocene)

ant Area non rilevabile con strutture e manufatti antropici

g2a Depositi di spiaggia attuali (Olocene)

QCPa Litofacies sabbiosa nelle calcareniti (Pleistocene sup.)

QCPb Litofacies conglomeratica nelle calcareniti (Pleistocene sup.)

QSD Sabbie rosso arancio di Donoratico (Pleistocene sup.)

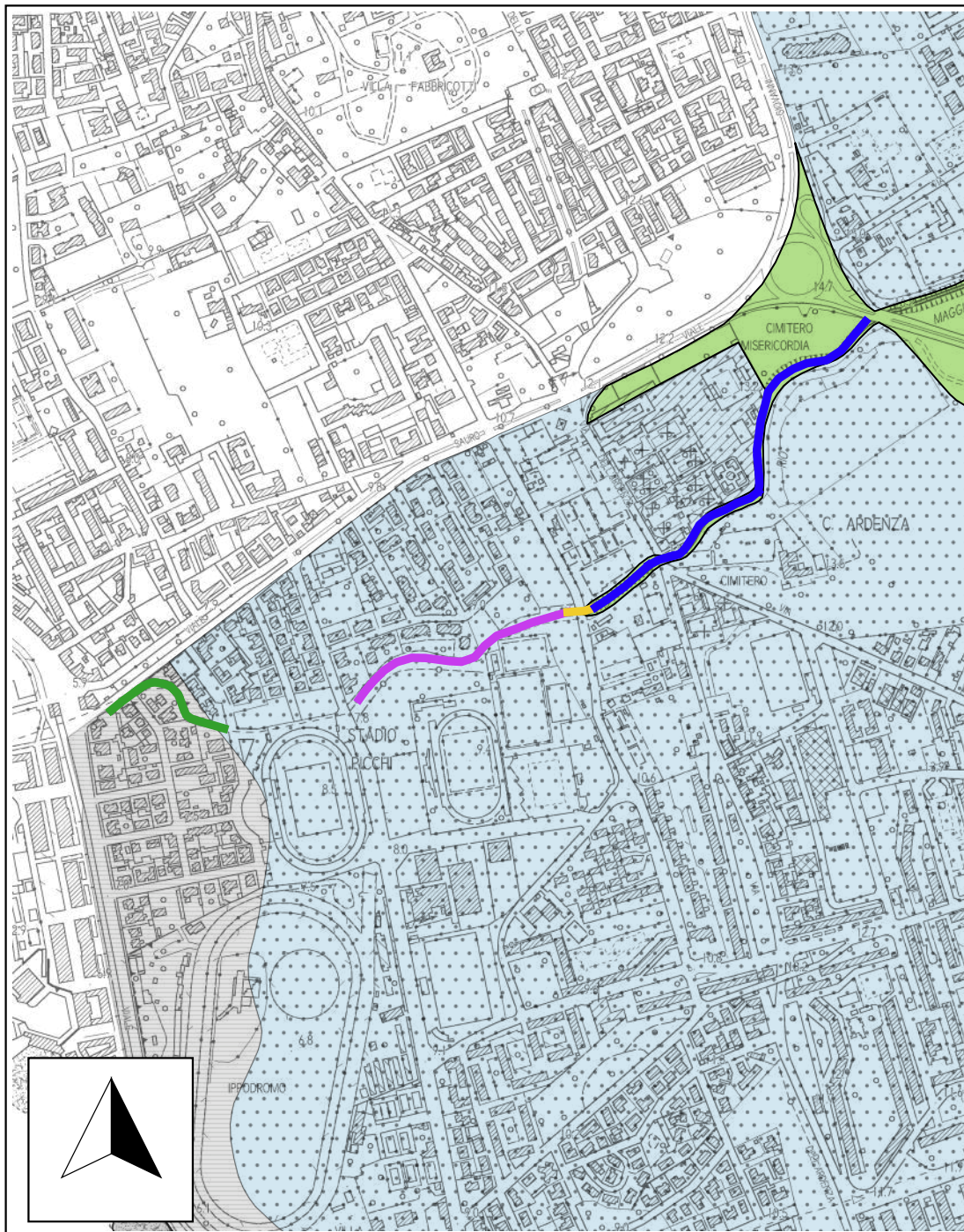
100 0 100 200 300 400 m



SCALA 1 : 10000

Geol. A. Ungari





## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione  
del rischio idraulico  
sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

### **TAVOLA 6** CARTA LITOLOGICO-TECNICA (da P.S. comunale)

#### **Legenda**

Tratti oggetto di intervento

- Tratto 3
- Tratto 5
- Tratto 6
- Tratto 7

#### **Unità Litotecniche**

- LC3 Materiale lapideo monolitologico, stratificato, non fratturato a piccola scala
- LC5 Materiale lapideo plurilitologico, stratificato, non fratturato
- LI1 Materiale detritico eterogeneo ed eterometrico; depositi di versante s.l.
- LS2 Materiale granulare cementato o molto addensato a grana prevalentemente medio-fine

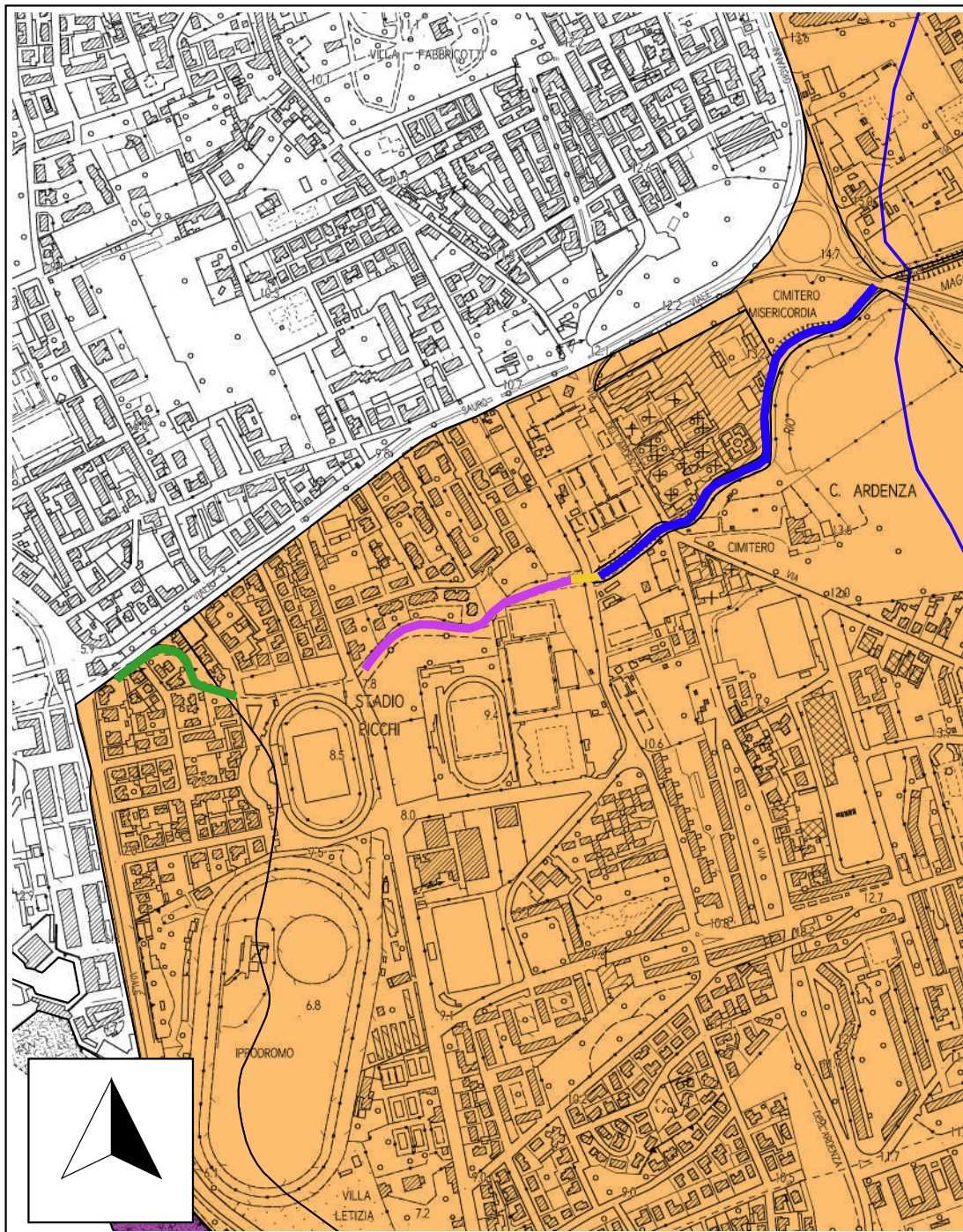
100 0 100 200 300 400 m



SCALA 1 : 10000

Geol. A. Ungari





## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione  
del rischio idraulico  
sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

### **TAVOLA 7** CARTA IDROGEOLOGICA (da P.S. comunale)

#### **Legenda**

Tratti oggetto di intervento

- Tratto 3
- Tratto 5
- Tratto 6
- Tratto 7
- Isolinea di quota media della falda

Unità idrogeologiche e grado di permeabilità

- 3 Permeabilità primaria media
- 4 Permeabilità primaria medio-alta
- nc Permeabilità non classificabile

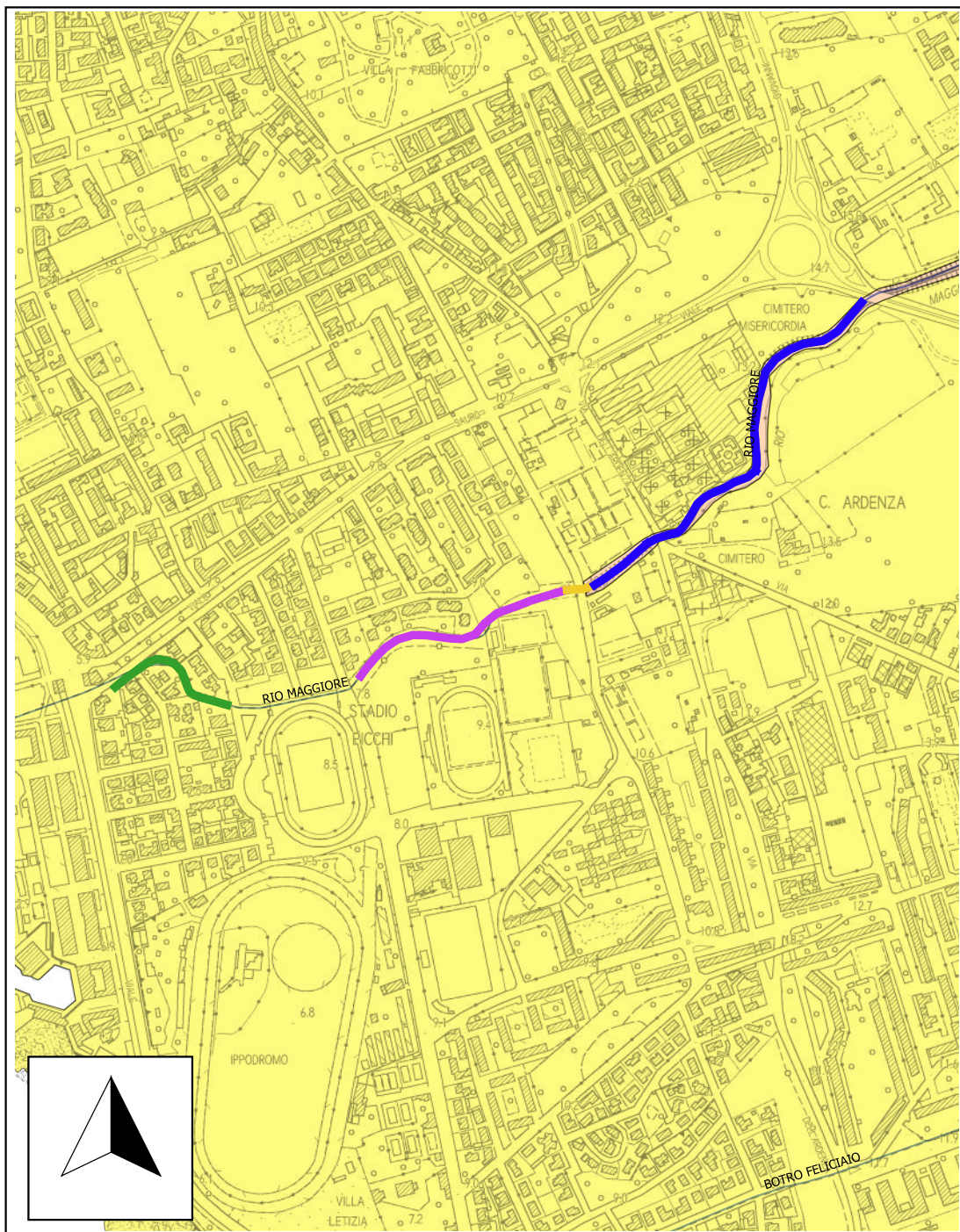
100 0 100 200 300 400 m



SCALA 1 : 10000

Geol. A. Ungari





## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione  
del rischio idraulico  
sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

### TAVOLA 8

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA  
(da P.S. comunale)

#### Legenda

Tratti oggetto di intervento

Tratto 3

Tratto 5

Tratto 6

Tratto 7

Classi di Pericolosità geomorfologica ai sensi del DPGRT 53/R

G2 Pericolosità media

G3 Pericolosità elevata

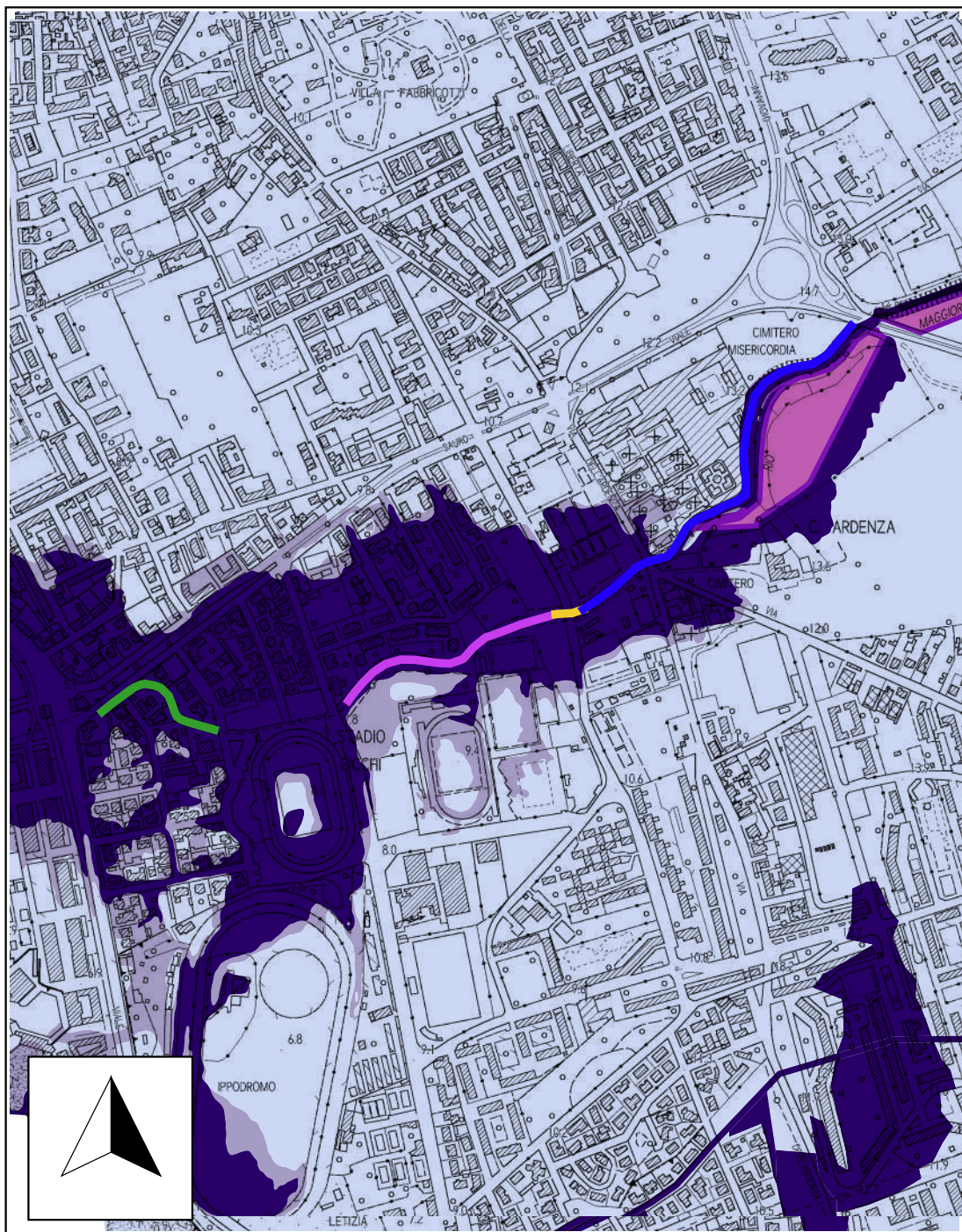
100 0 100 200 300 400 m



SCALA 1 : 10000

Geol. A. Ungari





## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione  
del rischio idraulico  
sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

### TAVOLA 9

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA  
(da P.S. comunale)

#### Legenda

Tratti oggetto di intervento

- Tratto 3
- Tratto 5
- Tratto 6
- Tratto 7

pericolosità Idraulica

- P.I.2 Pericolosità media DPGR 53/R
- P.I. 3 Pericolosità elevata DPGR 53/R
- P.I.4 Pericolosità molto elevata DPGR 53/R
- Cassa di espansione esistente

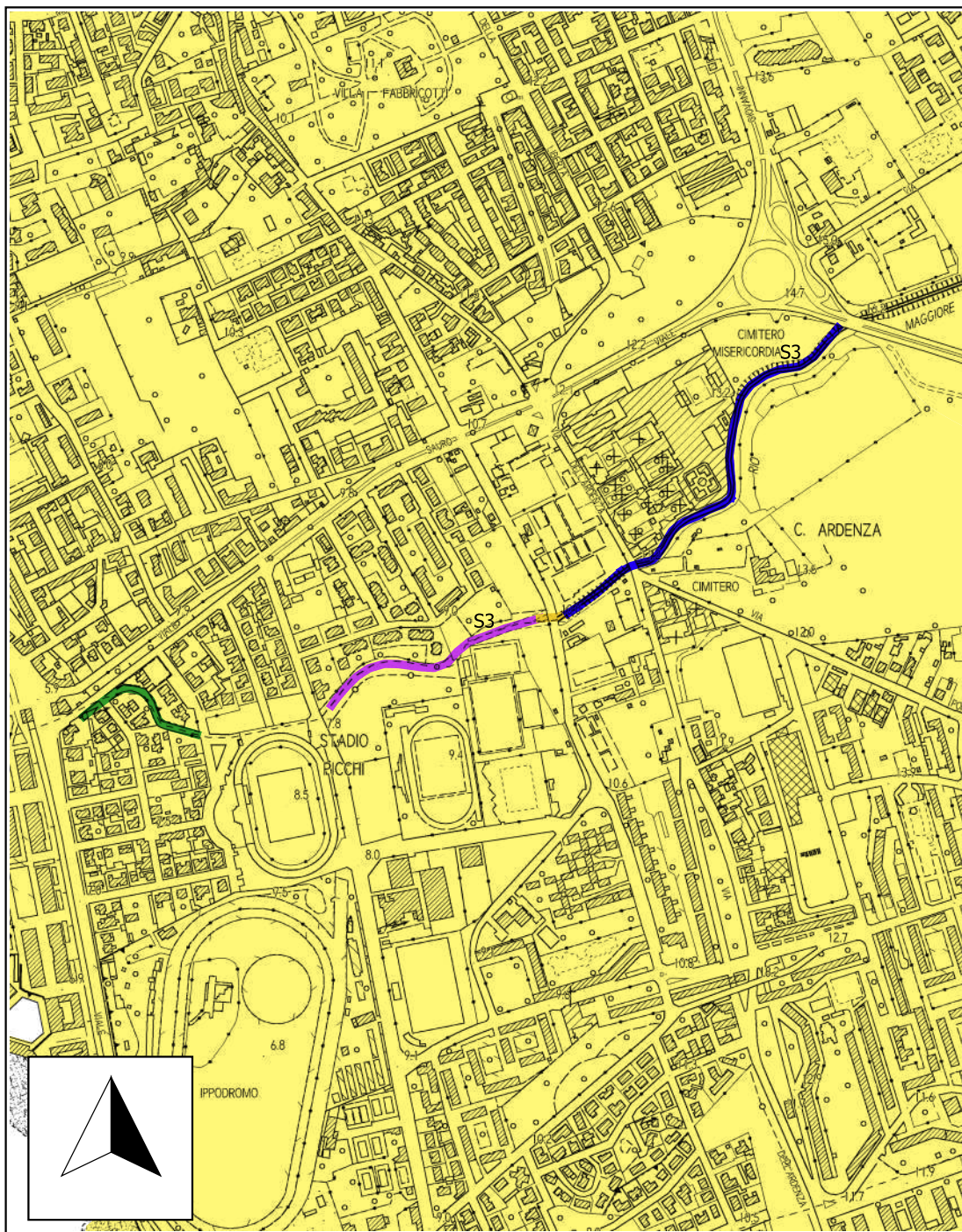
100 0 100 200 300 400 m



SCALA 1 : 10000

Geol. A. Ungari





## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione  
del rischio idraulico  
sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

### TAVOLA 10

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA  
(da P.S. comunale)

#### Legenda

Tratti oggetto di intervento

Tratto 3

Tratto 5

Tratto 6

Tratto 7

Classi di pericolosità sismica locale ai sensi del DPGRT 53/R

S3 Pericolosità elevata

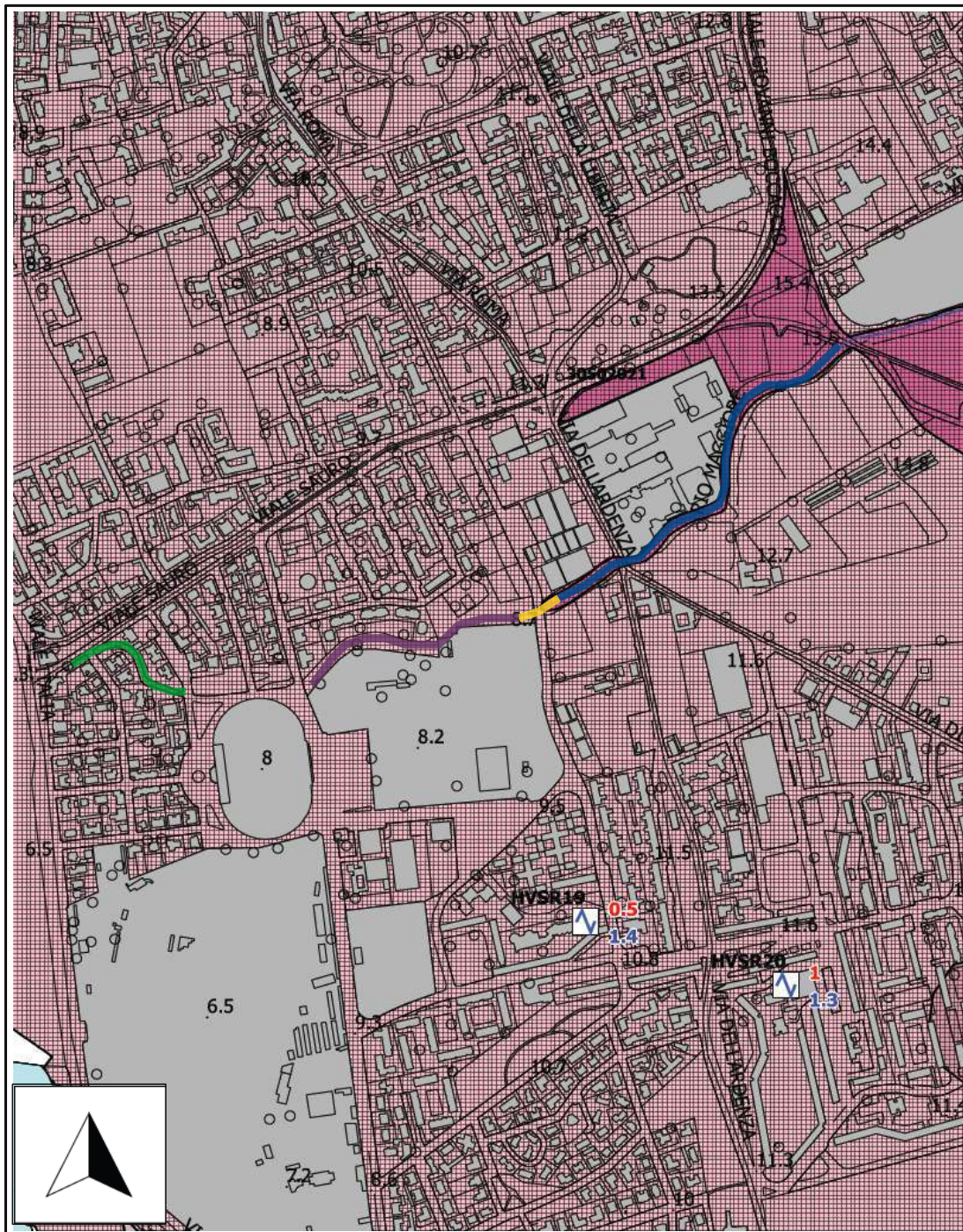
100 0 100 200 300 400 m



SCALA 1 : 10000

Geol. A. Ungari





## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione  
del rischio idraulico  
sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

### TAVOLA 11

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN  
PROSPETTIVA SISMICA  
(da P.S. comunale)

#### Legenda

Tratti oggetto di intervento

- Tratto 3
- Tratto 5
- Tratto 6
- Tratto 7

Zone di attenzione per instabilità

- ZA\_LQ - Zona di attenzione per liquefazione - Zona 22
- ZA\_LQ - Zona di attenzione per liquefazione - Zona 24

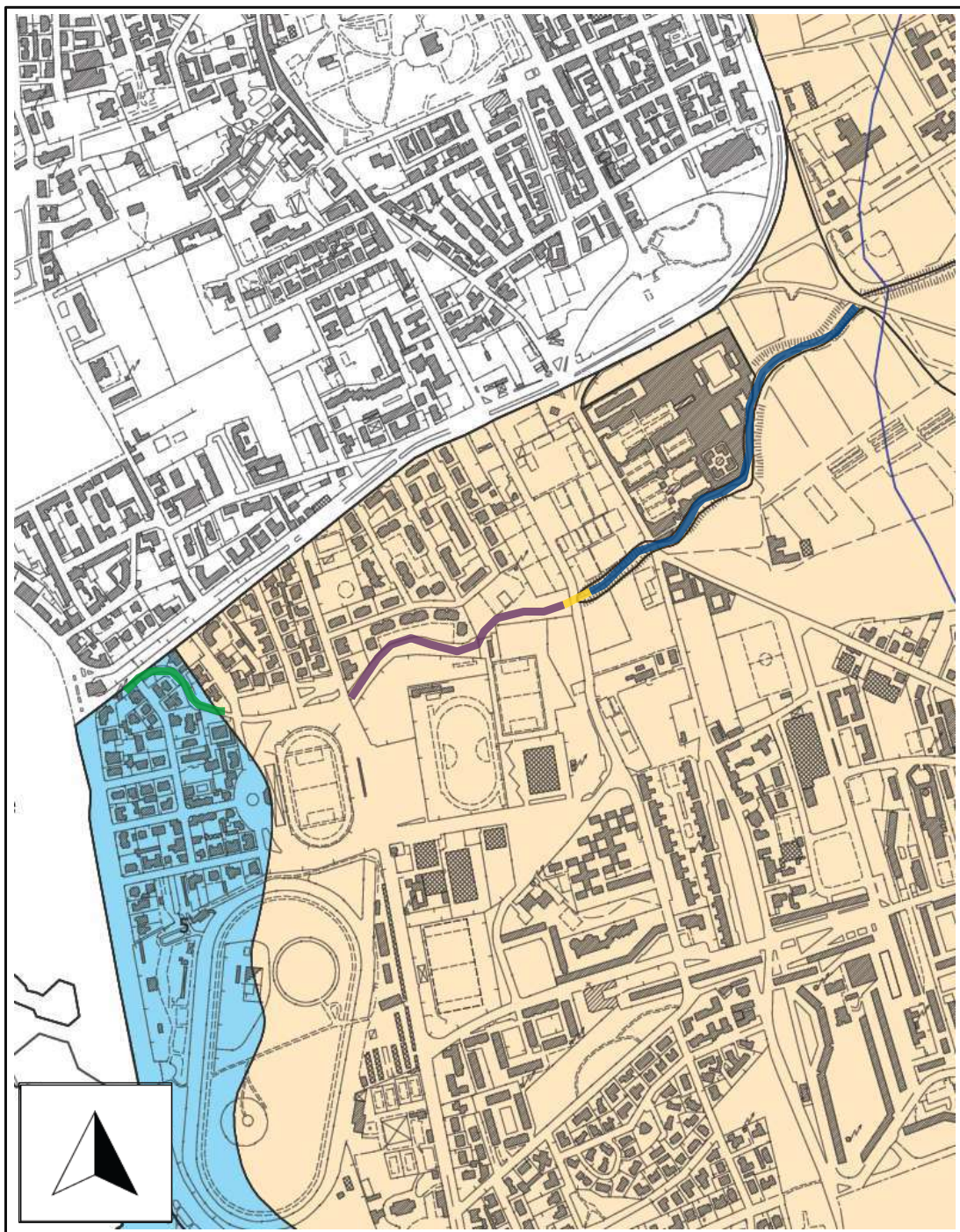
100 0 100 200 300 400 m



SCALA 1 : 10000

Geol. A. Ungari





## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione  
del rischio idraulico  
sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

### TAVOLA 12




CARTA DELLE ARRE CON PROBLEMATICHE  
IDROGEOLOGICHE  
E DELLA VULNERABILITA' DELLA FALDA  
(da P.S. comunale)

#### Legenda

Tratti oggetto di intervento

-  Tratto 3
-  Tratto 5
-  Tratto 6
-  Tratto 7

Definizione grado di vulnerabilità

-  Classe 2 Vulnerabilità da molto elevata a elevata (EE - E)
-  Classe 5 Vulnerabilità da alta a media (A - M)
-  Isolinea di quota assoluta media della falda (parziale modifica rilievo pregresso)

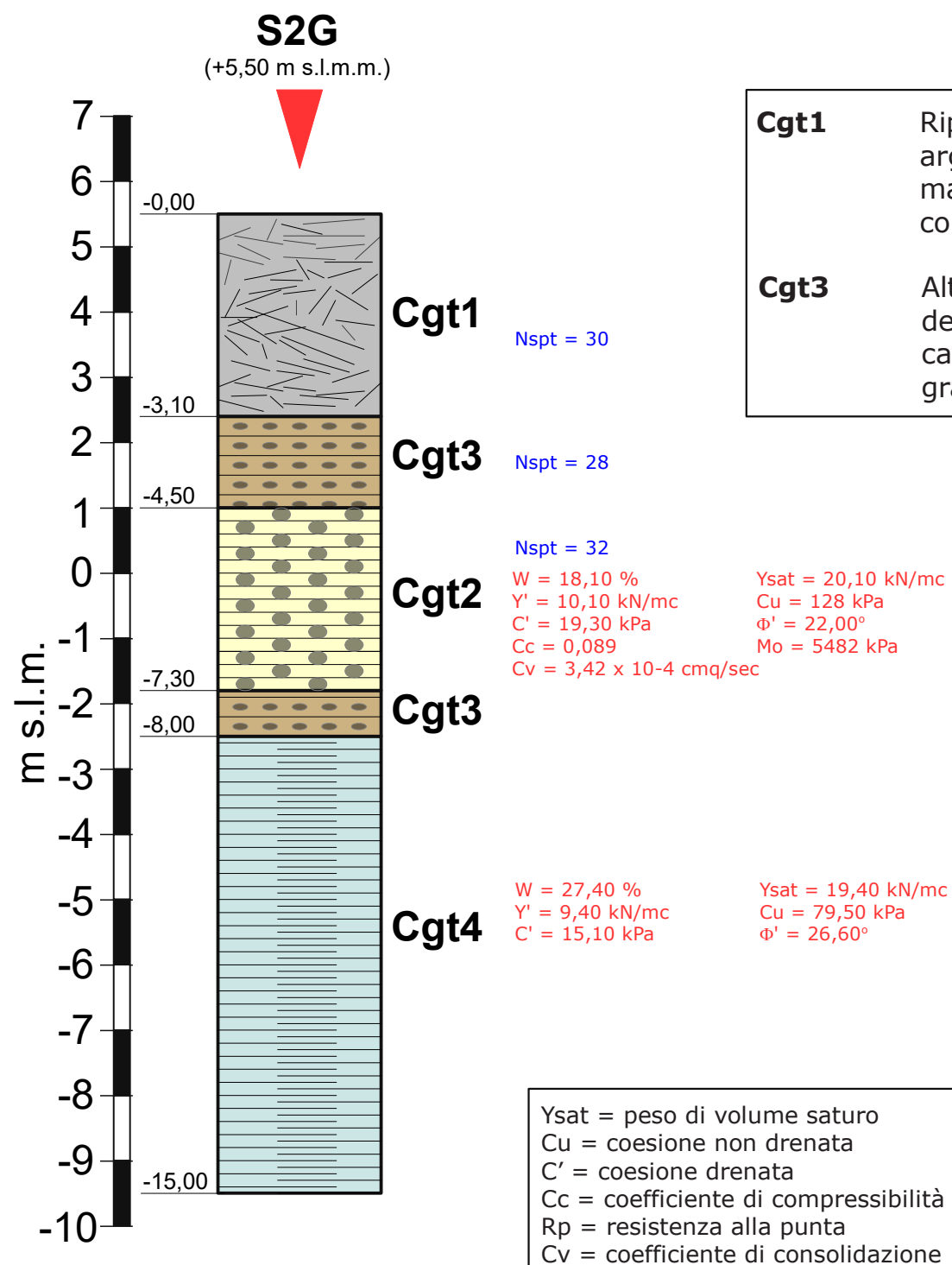
100 0 100 200 300 400 m



SCALA 1 : 10000

Geol. A. Ungari





**Cgt1** Riporto in matrice mista (sabbiosa, limosa ed argillosa) costituito da elementi lapidei e materiali inerti di dimensioni centimetriche con comportamento coesivo e granulare

**Cgt3** Alternanze di sabbie e sabbie limose a tratti debolmente ghiaiose e frequenti intercalazioni di calcarenite a comportamento dominante granulare

**Cgt2** Sabbia con argilla limosa a tratti debolmente ghiaiosa, color nocciola a comportamento dominante coesivo

**Cgt4** Argille con limo di colore grigio azzurro mediamente consistenti e mediamente compressibili a comportamento dominante coesivo

#### NOTE

La sezione litologica e stratigrafica, nonché il relativo modello geotecnico, sono stati realizzati utilizzando i dati restituiti dall'unica indagine geognostica presente all'interno del quadrante in studio del **TRATTO 3** (ponte di via E. Toti) come da planimetria qui evidenziata ed estratta da Google Earth. L'intervento riguardante la riduzione del rischio idraulico sul bacino del Rio maggiore nel Comune di Livorno relativo al **TRATTO 6** è stato indicato nello studio idrologico idraulico e progetto preliminare redatti da Hydrogeo Ingegneria S.r.l..

I parametri fisico-meccanici indicati lungo la verticale e quelli tabellati sono contraddistinti dall'avere il colore dei caratteri diversi. Più precisamente i colori dei caratteri corrispondono a:

- rosso indagini di laboratorio,
- blu tests penetrometrici dinamici di tipo SPT.

Per le QUOTE ASSOLUTE relative ai vari punti d'indagine abbiamo fatto riferimento ai dati LIDAR della Regione Toscana sulla base delle ubicazioni redatte da GAIA Servizi S.n.c. tramite Google Earth.

#### REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione del rischio idraulico sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

#### TAVOLA 13

MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO 3 - SOTTOPASSO DI VIA E. TOTI



	VERIFICHE SLU						VERIFICHE SLE				
	CONDIZIONI NON DRENATE			CONDIZIONI DRENATE							
	Ysat (kN/m <sup>3</sup> )	Cu (kPa)	Φ <sub>u</sub> (°)	Y' (kN/m <sup>3</sup> )	C' (kPa)	Φ' (°)	Cc (-)	Mo (kPa)	Cv (cmq/Kg)	Rp (kPa)	Nspt (-)
<b>Cgt1</b>	20,10	0,00	36,00	10,10	-	36,00*	-	8826	-	2942	30
<b>Cgt2</b>	20,10	128	-	10,10	19,30	22,00	0,089	5482	3,42x10 <sup>-4</sup>	-	28
<b>Cgt3</b>	20,00	0,00	35,00	10,00	-	35,00*	-	3923	-	981	32
<b>Cgt4</b>	19,40	79,50	-	9,40	15,10	26,60	0,197**	2984**	7,38x10 <sup>-4</sup> **	-	-

Ysat = peso di volume saturo

Φ<sub>u</sub> = angolo di attrito interno non drenato

Cc = coefficiente di compressibilità

Nspt = numero di colpi prova SPT

Y' = peso di volume efficace

C' = coesione drenata

Mo = modulo edometrico

Cv = coefficiente di consolidazione

Cu = coesione non drenata

Φ' = angolo di attrito interno drenato

Rp = resistenza alla punta

## NOTE

\* il valore dell'angolo d'attrito interno in condizione drenate è stato assunto come uguale a quello che si avrebbe in condizioni non drenate, in quanto risulta pacifico che, a lungo termine e/o a seguito di una sollecitazione, la disposizione dei grani assume un assetto maggiormente resiliente che a breve termine.

\*\* i valori dei parametri di compressibilità dello Corpo geotecnico Cgt4, che si sviluppa dalla profondità di 8,00 m sino a quella di 15,00 m (di fine indagine), sono stati assunti sulla base delle indagini di laboratorio realizzate sul campione 2 del carotaggio S3G, in quanto lo stesso è stato prelevato durante la perforazione all'interno di un'orizzonte con caratteristiche fisico-meccaniche del tutto analoghe a quelle dello corpo geotecnico suddetto.

## REGIONE TOSCANA

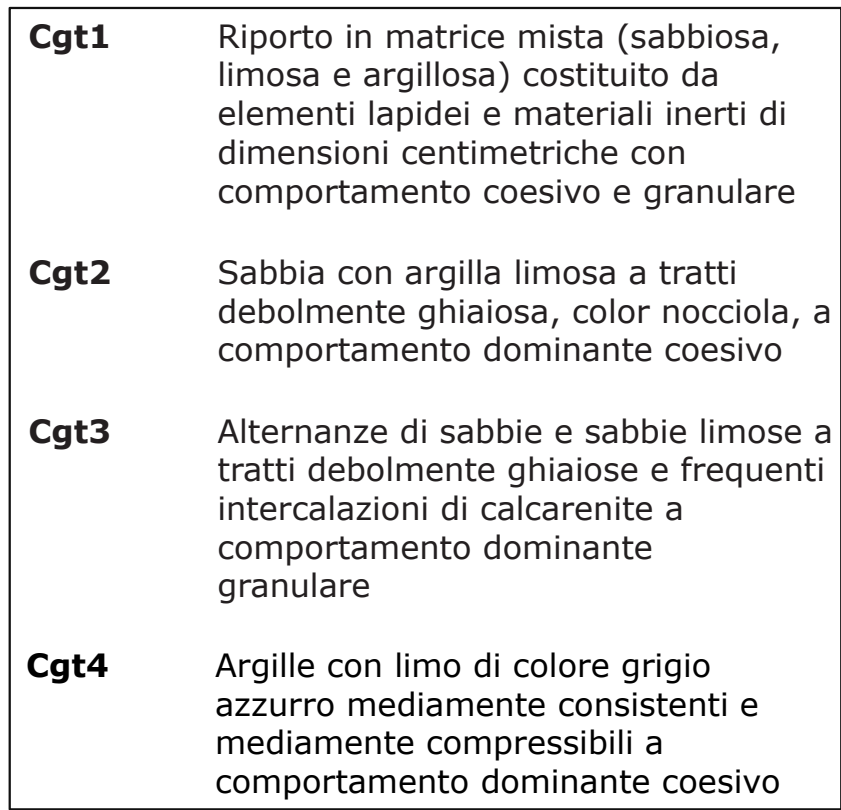
Interventi di riduzione del rischio idraulico sul bacino del Rio Maggiore

COMUNE DI LIVORNO

## TAVOLA 14

TABELLA DEI VALORI FISICO-MECCANICI RELATIVA AL MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO 3 –  
SOTTOPASSO DI VIA E. TOTI DI TAVOLA 13





	VERIFICHE SLU						VERIFICHE SLE				
	CONDIZIONI NON DRENATE			CONDIZIONI DRENATE							
	Ysat (kN/m3)	Cu (kPa)	Φu (°)	Y' (kN/m3)	C' (kPa)	Φ' (°)	Cc (-)	Mo (kPa)	Cv (cmq/Kg)	Rp (kPa)	Nspt (-)
Cgt1	19,22	77,50*	29,00	9,22	-	29,00**	-	8826	-	2942	5
Cgt2	20,10	49	-	10,10	19,30	22,00	0,089	5482	3,42X10-4	981	2
Cgt3	18,82	0,00	30,00	8,82	0,00	30,00**	-	16966	-	3619	9
Cgt4	19,10	79,00	-	9,10	15,10	26,60	0,197	2984	7,38x10-4	-	-

Ysat = peso di volume saturo	Y' = peso di volume efficace
Cu = coesione non drenata	$\Phi_u$ = angolo di attrito interno non drenato
C' = coesione drenata	$\Phi'$ = angolo di attrito interno drenato
Cc = coefficiente di compressibilità	Mo = modulo edometrico
Rp = resistenza alla punta	Nspt = numero di colpi prova SPT
Cv = coefficiente di consolidazione	

La sezione litologica e stratigrafica, nonché il relativo modello geotecnico, sono stati realizzati utilizzando i dati restituiti dalle indagini geognostiche effettuate all'interno del quadrante in studio del **TRATTO 3** (corridoio compreso tra via E. Toti e via G. Rodocanacchi) come da planimetria qui evidenziata ed estratta da Google Earth.

L'intervento riguardante la riduzione del rischio idraulico sul bacino del Rio maggiore nel Comune di Livorno relativo al **TRATTO 3** è stato indicato nello studio idrologico idraulico e progetto preliminare redatti da Hydrogeo Ingegneria S.r.l..

Le informazioni reperite da dette indagini sono state integrate dal sondaggio S2g, ubicato a Ovest della porzione nord occidentale del tratto in questione e distante una ventina di metri, nonché dal sondaggio geognostico S3g, collocato a Est al di fuori del corridoio e anch'esso distante una ventina di metri.

I parametri fisico-meccanici indicati lungo le verticali, come quelli tabellati, sono contraddistinti dall'avere il colore dei caratteri diversi. Più precisamente i colori dei caratteri corrispondono a:

- rosso      indagini di laboratorio,
- nero      tests penetrometrici statici,
- blu        tests penetrometrici dinamici di tipo SPT,
- verde    tests penetrometrici dinamici superpesanti.

Il modello geotecnico del sottosuolo investigato è stato realizzato seguendo un ragionamento cautelativo: infatti, laddove erano presenti più parametri per uno stesso livello nella medesima verticale d'indagine, come riferimento è stato impiegato non il valore medio ma quello del parametro maggiormente scadente. Per inciso tale metodica è stata impiegata sia per la parametrizzazione di dettaglio evidenziata in sezione sia per quella di sintesi indicata nello studio geologico-tecnico definitivo tramite tabelle. In quest'ultimo caso i parametri assegnati agli orizzonti sono più penalizzati rispetto alla sezione: infatti gli stessi corrispondono a quelli del livello peggiore intercettato dalle indagini geognostiche.

\*in modo del tutto cautelativo il valore assunto della coesione non drenata è stato fatto corrispondere a quello desunto dai dati restituiti dal test penetrometrico CPT17;

\*\* il valore dell'angolo d'attrito interno in condizione drenate è stato assunto come uguale a quello che si avrebbe in condizioni non drenate, in quanto risulta pacifico che, a lungo termine e/o a seguito di una sollecitazione, la disposizione dei grani assume un assetto maggiormente resiliente che a breve termine.

Per le QUOTE ASSOLUTE relative ai vari punti d'indagine abbiamo fatto riferimento ai dati LIDAR delle Regione Toscana sulla base delle ubicazioni redatte da GAIA Servizi S.n.c. tramite Google Earth.

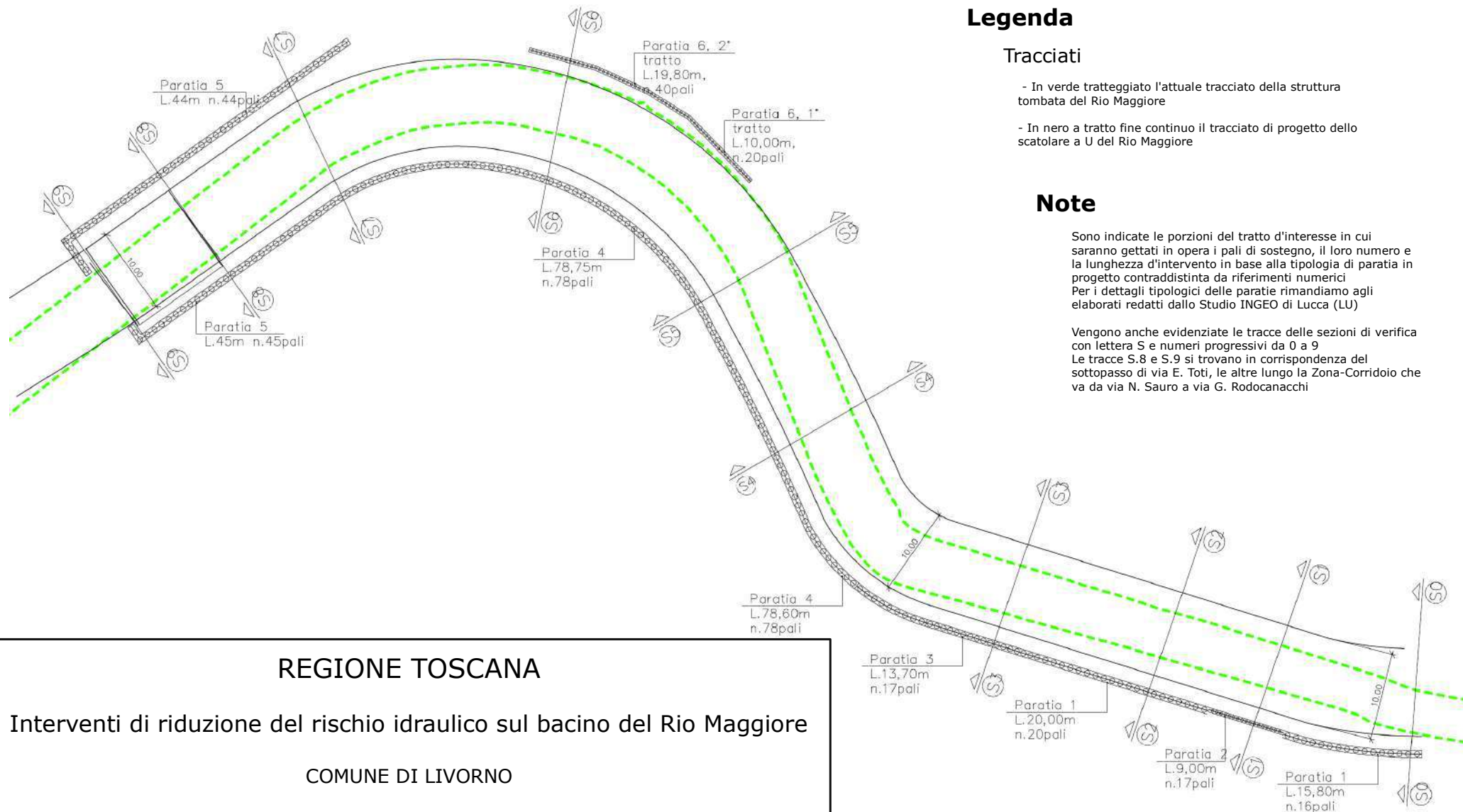
## Interventi di riduzione del rischio idraulico sul bacino del Rio Maggiore

## TAVOLA 15

MODELLO GEOTECNICO DEL TRATTO 3 - ZONA CORRIDOIO COMPRESA TRA VIA E. TOTI E VIA G. RODOCANACCHI E  
RELATIVA TABELLA DEI PARAMETRI FISICO-MECCANICI







## Legenda

### Tracciati

- In verde tratteggiato l'attuale tracciato della struttura tombata del Rio Maggiore
- In nero a tratto fine continuo il tracciato di progetto dello scatolare a U del Rio Maggiore

### Note

Sono indicate le porzioni del tratto d'interesse in cui saranno gettati in opera i pali di sostegno, il loro numero e la lunghezza d'intervento in base alla tipologia di paratia in progetto contraddistinta da riferimenti numerici. Per i dettagli tipologici delle paratie rimandiamo agli elaborati redatti dallo Studio INGEO di Lucca (LU).

Vengono anche evidenziate le tracce delle sezioni di verifica con lettera S e numeri progressivi da 0 a 9. Le tracce S.8 e S.9 si trovano in corrispondenza del sottopasso di via E. Toti, le altre lungo la Zona-Corridoio che va da via N. Sauro a via G. Rodocanacchi.

Fuori scala

## REGIONE TOSCANA

Interventi di riduzione del rischio idraulico sul bacino del Rio Maggiore

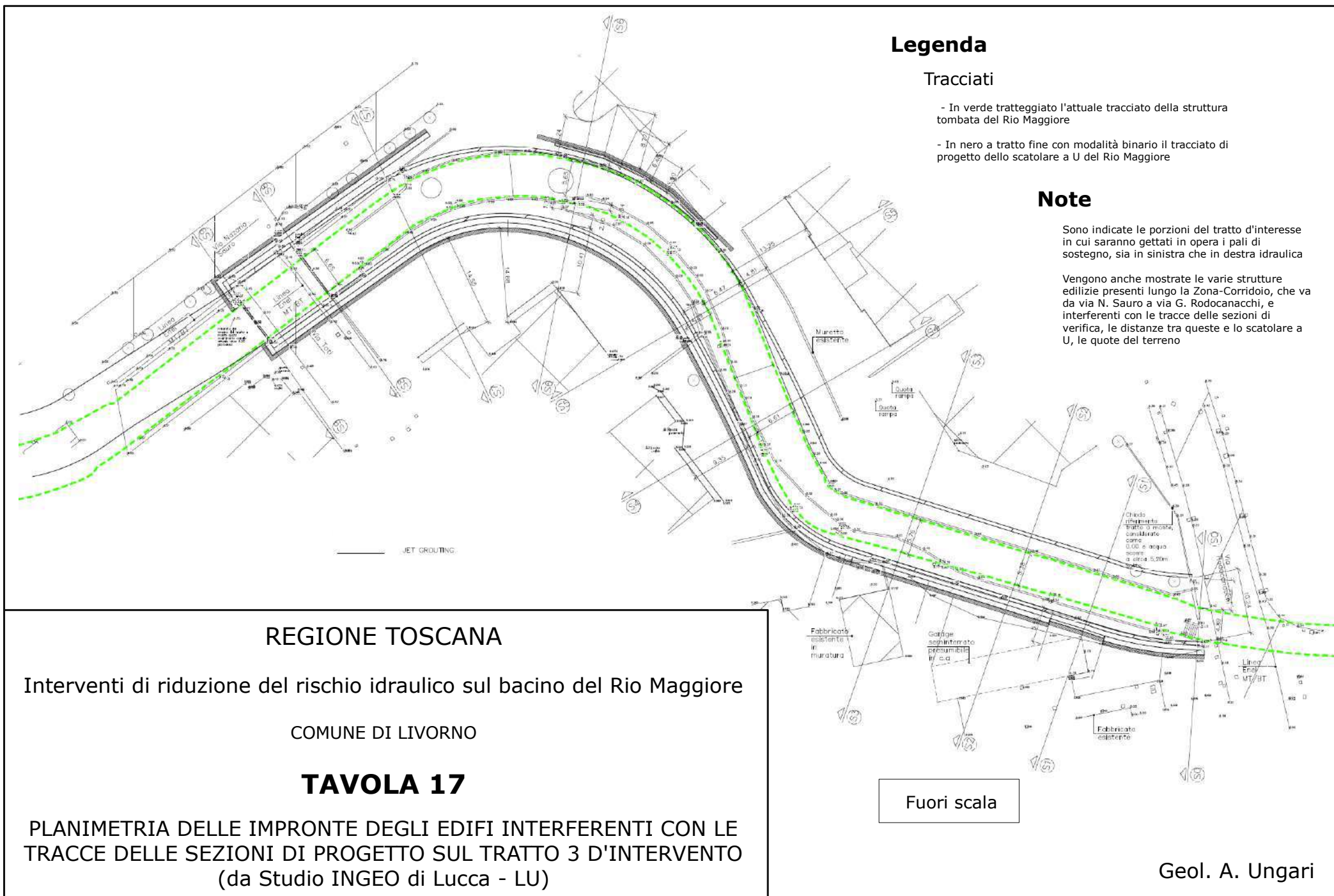
COMUNE DI LIVORNO

## TAVOLA 16

PLANIMETRIA DELLE PARATIE E DELLO SCATOLARE A U IN PROGETTO  
SUL TRATTO 3 D'INTERVENTO  
(da Studio INGEO di Lucca - LU)

Geol. A. Ungari





## **Allegati fuori testo**

**Allegato A** - Fotografie dei luoghi d'interesse relativi al TRATTO 3 datate gennaio 2020

**Allegato B** - Elaborazione dei dati riguardanti le prove penetrometriche dinamiche super-pesanti DPSH e statiche CPT (da GAIA Servizi S.n.c.)

**Allegato C** - Logs litologici dei sondaggi geognostici con fotografie delle cassette catalogatrici delle carote dei terreni perforati (da GAIA Servizi S.n.c.) e risultati delle prove di permeabilità Lefranc nei fori di sondaggio (da GAIA Servizi S.n.c.)

**Allegato D** - Relazione geofisica relativa alle indagini sismiche MASW e HVSr (da GAIA Servizi S.n.c.) e relazione geofisica sulla revisione delle elaborazioni del febbraio 2020 (da GAIA Servizi S.n.c.)

**Allegato E** - Parametri sismici di sito (da GEOSTRU PS)

**Allegato F** - Logs litologici dei sondaggi geognostici rivisitati dopo presa visione delle carote contenute nelle cassette conservate presso il Genio Civile di Pisa

**Allegato G** - Elaborazione dei dati di campagna delle prove SPT a fondo foro di sondaggio

**Allegato H** - Certificati delle analisi del laboratorio geotecnico LABOTER S.n.c.

**Allegato I** - Reports delle analisi di stabilità da SSAP per alcune verifiche sulle Sezioni S.9

**Allegato L** - Reports delle analisi di stabilità da SSAP per alcune verifiche sulle Sezioni S.6

**Allegato M** - Reports delle analisi di stabilità da SSAP per alcune verifiche sulle Sezioni S.4

**Allegato N** - Reports delle analisi di stabilità da SSAP per alcune verifiche sulle Sezioni S.3

**Allegato O** - Reports delle analisi di stabilità da SSAP per alcune verifiche sulle Sezioni S.2

**Allegato P** - Reports delle analisi di stabilità da SSAP per alcune verifiche sulle Sezioni S.1

### **Nota**

*Si vuol informare che in diversi allegati, quelli riferiti alla campagna geognostica eseguita da GAIA S.n.c. e alle analisi svolte da LABOTER S.n.c., è possibile trovare una numerazione non progressiva a causa della selezione del materiale specifico per il tratto in studio dall'intero fascicolo redatto dalle due ditte e consegnato alla Regione Toscana a conclusione del lavoro di indagine.*

## **Allegato A**



**Pedonale e ciclabile sopra lo scatolare esistente dove scorre il Rio Maggiore (scatto dalla porzione di monte del TRATTO 3)**



**Porzione centrale del TRATTO 3**





**Ultima porzione della pedonale e ciclabile del TRATTO 3**



**Sullo sfondo via E. Toti dove sarà realizzato il nuovo ponte sul Rio Maggiore nuovamente a cielo aperto**

  
 Dott. Geol.  
 ALESSANDRO  
 UNGARI  
 N° 1423  
 Ordine dei Geologi della Toscana  
 Sez. A

## **Allegato B**

## RELAZIONE TECNICA

Committente:  
Regione Toscana  
Località: Rio Maggiore  
Livorno  
Data Indagine:  
Gennaio-Marzo 2019  
Codice lavoro: 190122a

**PROVE PENETROMETRICHE STATICHE  
CPT  
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE  
DPSH**

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.n.c.**

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: [info@gaiaservizi.com](mailto:info@gaiaservizi.com)

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 01/04/2019

**GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

A handwritten signature in blue ink is written over the company details.

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 3: Prova penetrometrica DPSH 2



Figura 4: Prova penetrometrica CPT 3





**Figura 1: Prova penetrometrica CPT 17**



**Figura 2: Prova penetrometrica DPSH 18**



Figura 5: Prova penetrometrica DPSH 4

### COORDINATE PUNTI INDAGINE (GAUSS BOAGA)

DPSH 2: 1.606.016 E – 4.820.375 N

CPT 3: 1.606.043 E – 4.820.393 N

CPT 17: 1.606.086 E – 4.820.284 N

DPSH 18: 1.606.057 E – 4.820.326 N

DPSH 4: 1.606.130 E – 4.820.286 N

# LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:**  
**TG63-200 - Pagani - Piacenza**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale :  $R_t \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

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

N.B. : nonostante la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata alla stessa quota della punta .

## CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

# LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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

**Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977**

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

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

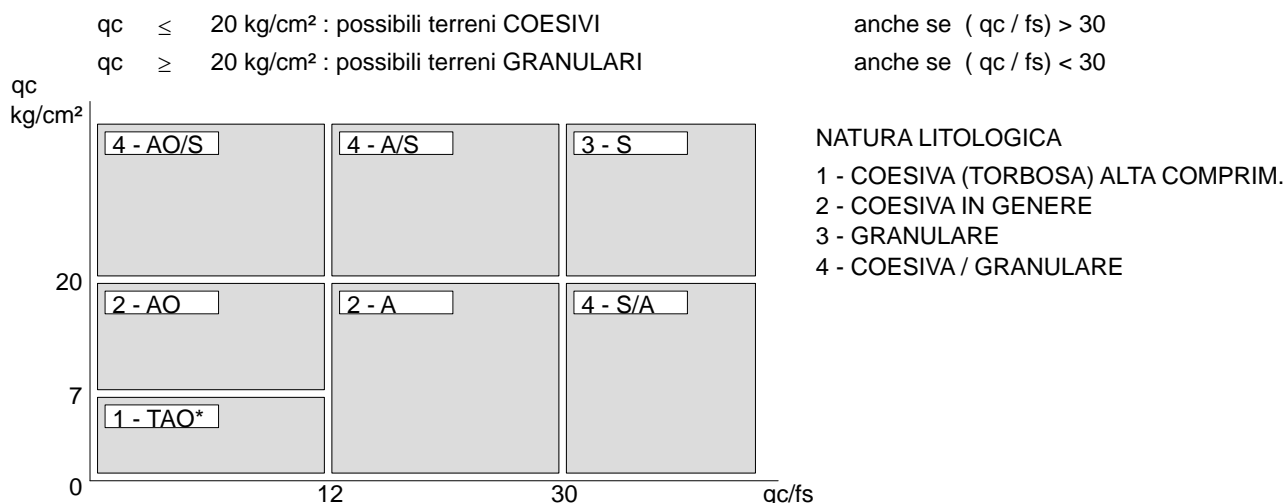
Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

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



# LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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



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

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $qc$  - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $Cu$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $Cu$  -  $qc$  ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $Cu$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [ correl. : Eu -  $Cu$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  -  $qc$  ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983 )
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. : Mo -  $qc$  - natura]  
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni : Dr -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  (Schmertmann 1976 )]
- $\emptyset'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\emptyset'$  - Dr -  $qc$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
 $\emptyset'_{Ca}$  - Caquot (1948)  $\emptyset'_{Ko}$  - Koppejan (1948)  
 $\emptyset'_{DB}$  - De Beer (1965)  $\emptyset'_{Sc}$  - Schmertmann (1978)  
 $\emptyset'_{DM}$  - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)  $\emptyset'_{Me}$  - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
(  $g$  = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : ( $A_{max}/g$ ) - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Yoshida Motonori 1988 )

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

**CPT**
**3**

riferimento

**190122a**

certificato n°

105/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190122a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

 Scala: **1:65**

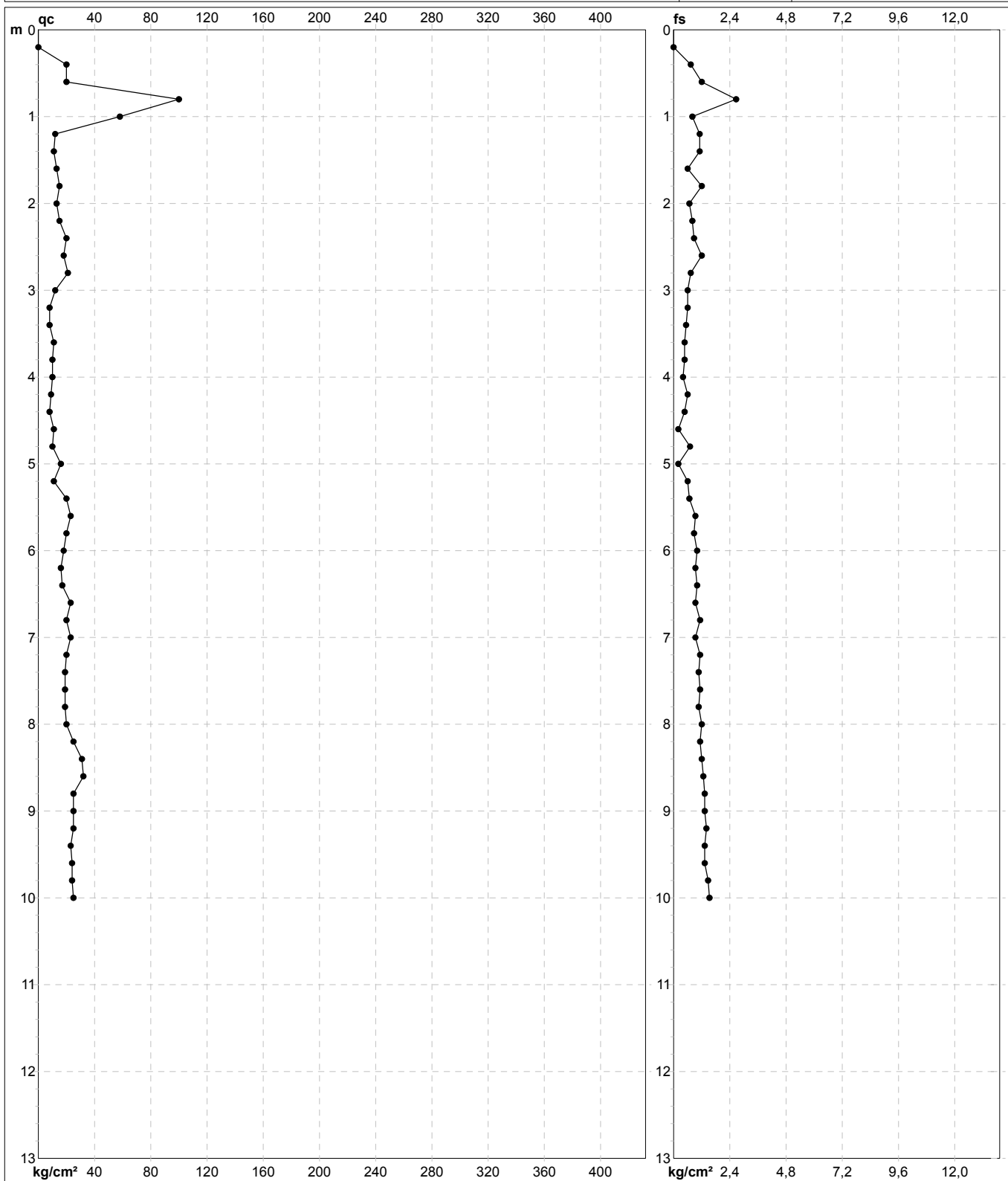
 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data esec.: **23/01/2019**

 Data certificato: **15/03/2019**

Quota inizio:

 Falda: **Non rilevata**

 Penetrometro: **TG63-200**  
 Responsabile: **Geol. Massimiliano Vannozzi**  
 Assistente:

 Preforo: **m**  
 Corr.astine: **kg/ml**

Cod. punta:

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**
**3**

riferimento

**190122a**

certificato n°

105/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190122a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

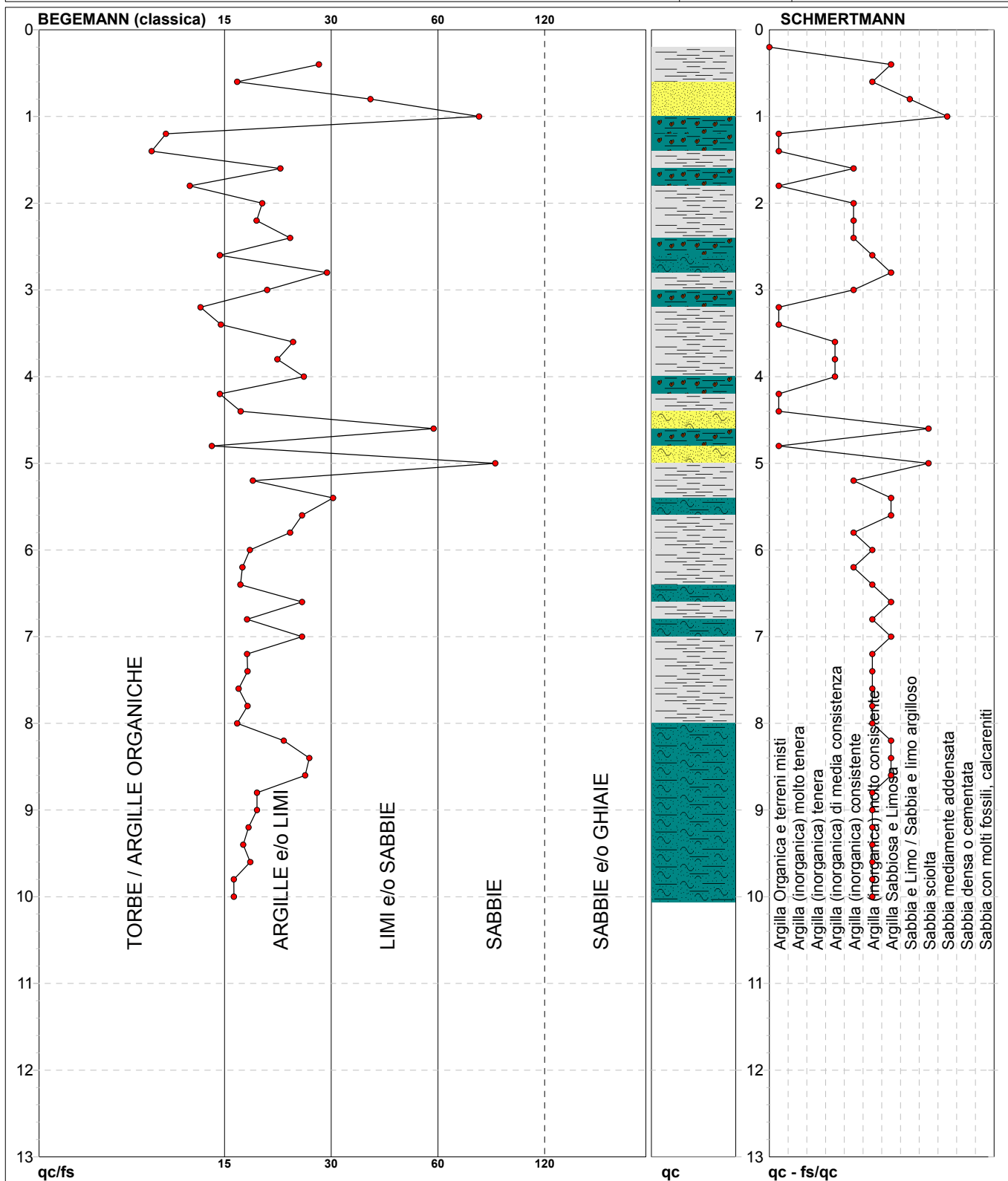
 Scala: **1:65**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data exec.: **23/01/2019**

 Data certificato: **15/03/2019**

 Falda: **Non rilevata**


Torbe / Argille org. :	23 punti, 35,94%	Argilla Organica e terreni misti:	8 punti, 12,50%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	9 punti, 14,06%
Argille e/o Limi :	38 punti, 59,38%	Argilla (inorganica) media consist.:	3 punti, 4,69%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	1 punto, 1,56%
Limi e/o Sabbie :	2 punti, 3,13%	Argilla (inorganica) consistente:	8 punti, 12,50%	Sabbia sciolta:	2 punti, 3,13%
Sabbie:	2 punti, 3,13%	Argilla (inorganica) molto consist.:	17 punti, 26,56%	Sabbia mediamente addensata:	1 punto, 1,56%

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## PARAMETRI GEOTECNICI

**CPT**
**3**

riferimento

**190122a**

certificato n°

105/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190122a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data eseg.: **23/01/2019**

 Pagina: **1**

 Data certificato: **15/03/2019**

Laboratorio:

 Falda: **Non rilevata**

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\phi_{Sc}$ (°)	$\phi_{Ca}$ (°)	$\phi_{Ko}$ (°)	$\phi_{DB}$ (°)	$\phi_{DM}$ (°)	$\phi_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0,20	--	--	4	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	20,00	27,40	4	1,93	0,08	79	0,80	99,9	136,0	204,0	60,0	80	39	37	35	32	41	27	--	33,3	50,0	60,0	
0,60	20,00	16,67	4	1,93	0,11	84	0,80	71,7	136,0	204,0	60,0	70	38	35	33	30	40	27	--	33,3	50,0	60,0	
0,80	100,00	37,45	3	2,00	0,15	131	--	--	--	--	--	100	42	42	39	37	45	34	--	166,7	250,0	300,0	
1,00	58,00	72,50	3	1,93	0,19	117	--	--	--	--	--	93	41	38	35	33	42	31	--	96,7	145,0	174,0	
1,20	12,00	10,81	2	1,92	0,23	81	0,57	19,5	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,40	11,00	9,91	2	1,91	0,27	83	0,54	14,9	91,2	136,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,60	13,00	21,67	2	1,93	0,31	85	0,60	14,6	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,80	15,00	12,50	2	1,95	0,35	93	0,67	14,2	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,00	13,00	19,40	2	1,93	0,39	87	0,60	11,0	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,20	15,00	18,75	2	1,95	0,42	95	0,67	11,0	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	20,00	22,99	4	1,93	0,46	102	0,80	12,4	136,0	204,0	60,0	35	33	28	25	24	32	27	--	33,3	50,0	60,0	
2,60	18,00	15,00	2	1,98	0,50	98	0,75	10,4	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	21,00	28,77	4	1,93	0,54	104	0,82	10,6	140,0	210,0	63,0	33	33	28	25	23	32	27	--	35,0	52,5	63,0	
3,00	12,00	20,00	2	1,92	0,58	93	0,57	6,2	152,0	228,1	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	8,00	13,33	2	1,86	0,62	84	0,40	3,7	174,1	261,2	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,40	8,00	15,09	2	1,86	0,65	85	0,40	3,4	183,8	275,7	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,60	11,00	23,40	2	1,91	0,69	95	0,54	4,6	192,9	289,3	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,80	10,00	21,28	2	1,90	0,73	86	0,50	3,9	204,7	307,0	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,00	10,00	25,00	2	1,90	0,77	87	0,50	3,7	216,8	325,2	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	9,00	15,00	2	1,88	0,81	88	0,45	3,0	220,9	331,3	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,40	8,00	17,02	2	1,86	0,84	88	0,40	2,5	212,7	319,1	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	11,00	55,00	4	1,87	0,88	98	0,54	3,4	247,3	371,0	42,5	--	28	22	19	18	25	26	--	18,3	27,5	33,0	
4,80	10,00	14,29	2	1,90	0,92	89	0,50	2,9	249,2	373,8	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	16,00	80,00	4	1,90	0,96	107	0,70	4,2	267,1	400,6	51,8	10	29	24	20	19	27	27	--	26,7	40,0	48,0	
5,20	11,00	18,33	2	1,91	0,99	100	0,54	2,9	268,8	403,2	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,40	20,00	29,85	4	1,93	1,03	114	0,80	4,6	287,9	431,8	60,0	16	30	24	21	20	28	27	--	33,3	50,0	60,0	
5,60	23,00	24,73	4	1,94	1,07	120	0,87	4,8	297,2	445,8	69,0	20	31	25	22	20	28	28	--	38,3	57,5	69,0	
5,80	20,00	22,99	4	1,93	1,11	115	0,80	4,2	310,0	465,1	60,0	14	30	24	21	20	27	27	--	33,3	50,0	60,0	
6,00	18,00	18,00	2	1,98	1,15	109	0,75	3,7	324,6	486,8	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,20	16,00	17,20	2	1,96	1,19	110	0,70	3,2	330,9	496,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,40	17,00	17,00	2	1,97	1,23	111	0,72	3,2	342,5	513,8	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	23,00	24,73	4	1,94	1,27	123	0,87	3,9	355,2	532,8	69,0	16	30	24	21	20	27	28	--	38,3	57,5	69,0	
6,80	20,00	17,70	4	1,93	1,31	118	0,80	3,4	367,1	550,6	60,0	10	29	23	20	19	26	27	--	33,3	50,0	60,0	
7,00	23,00	24,73	4	1,94	1,34	124	0,87	3,6	379,5	569,3	69,0	14	30	24	21	19	27	28	--	38,3	57,5	69,0	
7,20	20,00	17,70	4	1,93	1,38	119	0,80	3,2	383,6	575,4	60,0	9	29	23	20	19	26	27	--	33,3	50,0	60,0	
7,40	19,00	17,76	2	1,99	1,42	119	0,78	2,9	386,2	579,3	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,60	19,00	16,81	2	1,99	1,46	120	0,78	2,8	392,2	588,3	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,80	19,00	17,76	2	1,99	1,50	120	0,78	2,7	397,6	596,4	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,00	20,00	16,67	4	1,93	1,54	121	0,80	2,8	409,0	613,5	60,0	6	29	23	19	18	26	27	--	33,3	50,0	60,0	
8,20	25,00	22,12	4	1,94	1,58	127	0,91	3,1	437,5	656,3	75,0	13	30	23	20	19	27	28	--	41,7	62,5	75,0	
8,40	31,00	25,83	4	1,97	1,62	137	1,03	3,6	457,0	685,5	93,0	20	31	24	21	20	28	29	--	51,7	77,5	93,0	
8,60	32,00	25,20	4	1,97	1,66	137	1,07	3,6	468,2	702,3	96,0	20	31	24	21	20	28	29	--	53,3	80,0	96,0	
8,80	25,00	18,80	4	1,94	1,70	128	0,91	2,9	457,3	685,9	75,0	11	30	23	20	19	26	28	--	41,7	62,5	75,0	
9,00	25,00	18,80	4	1,94	1,74	128	0,91	2,8	462,8	694,2	75,0	11	30	23	20	19	26	28	--	41,7	62,5	75,0	
9,20	25,00	17,86	4	1,94	1,78	129	0,91	2,7	467,9	701,8	75,0	10	29	23	20	18	26	28	--	41,7	62,5	75,0	
9,40	23,00	17,29	4	1,94	1,81	129	0,87	2,5	460,1	690,1	69,0	7	29	22	19	18	25	28	--	38,3	57,5	69,0	
9,60	24,00	18,05	4	1,94	1,85	130	0,89	2,5	470,7	706,0	72,0	8	29	23	19	18	26	28	--	40,0	60,0	72,0	
9,80	24,00	16,33	4	1,94	1,89	130	0,89	2,4	474,4	711,7	72,0	7	29	22	19	18	25	28	--	40,0	60,0	72,0	
10,00	25,00	16,34	4	1,94	1,93	130	0,91	2,4	484,8	727,3	75,0	8	29	23	19	18	26	28	--	41,7	62,5	75,0	



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**
**17**

riferimento

**190517a**

certificato n°

301/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190517a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec.: **17/05/2019**

 Data certificato: **28/06/2019**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Falda: **-1,00 m** da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0		0,00	0,00										
0,40	55,0	68		55,00	0,87	63	1,6								
0,60	30,0	49		30,00	1,27	24	4,2								
0,80	22,0	46		22,00	1,60	14	7,3								
1,00	18,0	34		18,00	1,07	17	5,9								
1,20	10,0	20		10,00	0,67	15	6,7								
1,40	4,0	12		4,00	0,53	8	13,3								
1,60	10,0	17		10,00	0,47	21	4,7								
1,80	15,0	20		15,00	0,33	45	2,2								
2,00	17,0	25		17,00	0,53	32	3,1								
2,20	8,0	18		8,00	0,67	12	8,4								
2,40	6,0	14		6,00	0,53	11	8,8								
2,60	260,0	310		260,00	3,33	78	1,3								
2,80	240,0	290		240,00	3,33	72	1,4								
3,00	200,0	260		200,00	4,00	50	2,0								
3,20	214,0	278		214,00	4,27	50	2,0								
3,40	500,0	600		500,00	6,67	75	1,3								

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

**CPT**
**17**

riferimento

**190517a**

certificato n°

301/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190517a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

 Scala: **1:65**

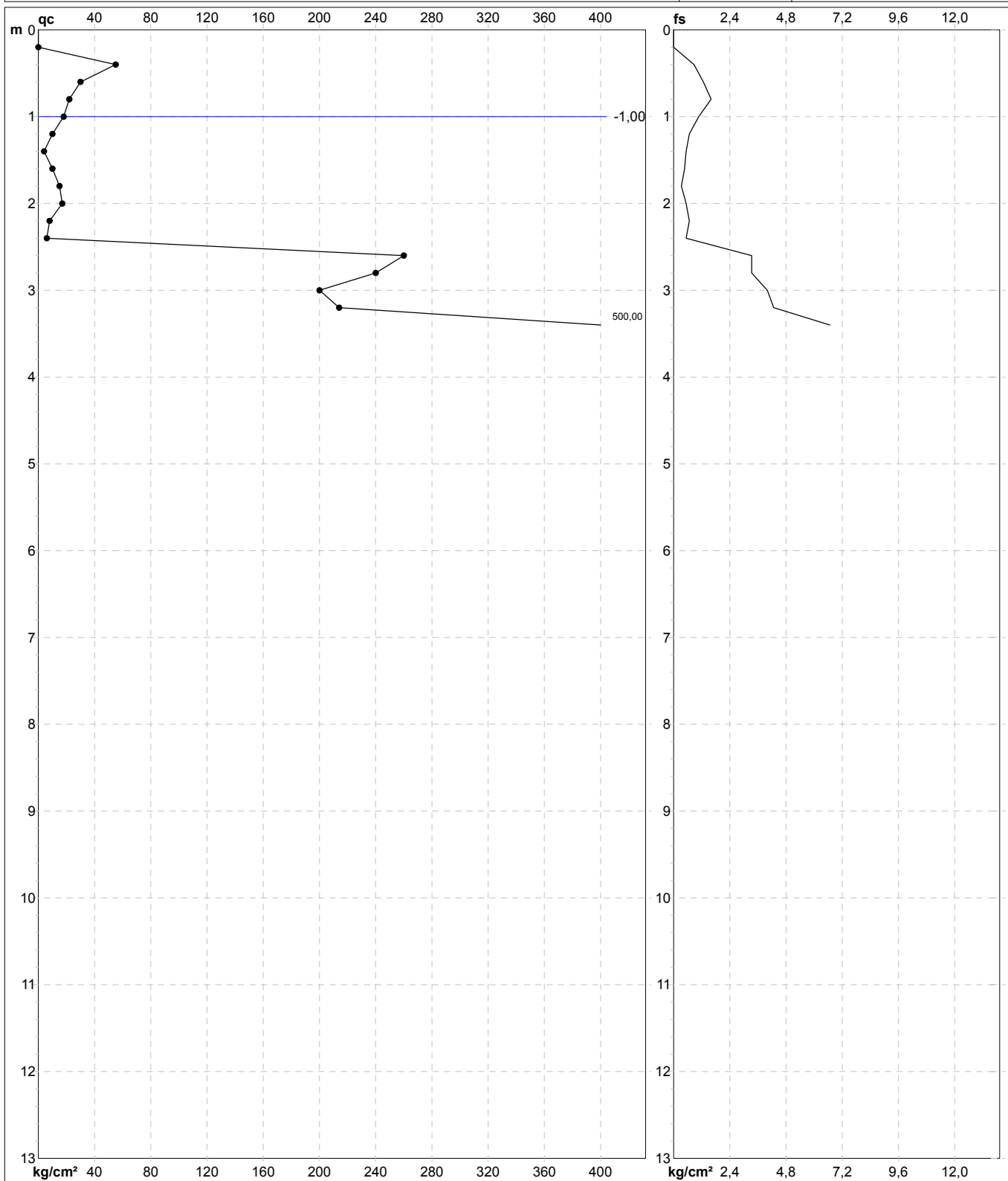
 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data eseg.: **17/05/2019**

 Data certificato: **28/06/2019**

Quota inizio:

 Falda: **-1,00 m** da p.c.

 Penetrometro: **TG63-200**  
 Responsabile: **Geol. Jacopo Martini**  
 Assistente:

 Preforo: **m**  
 Corr.astine: **kg/ml**

Cod. punta:

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**
**17**

riferimento

**190517a**

certificato n°

301/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190517a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

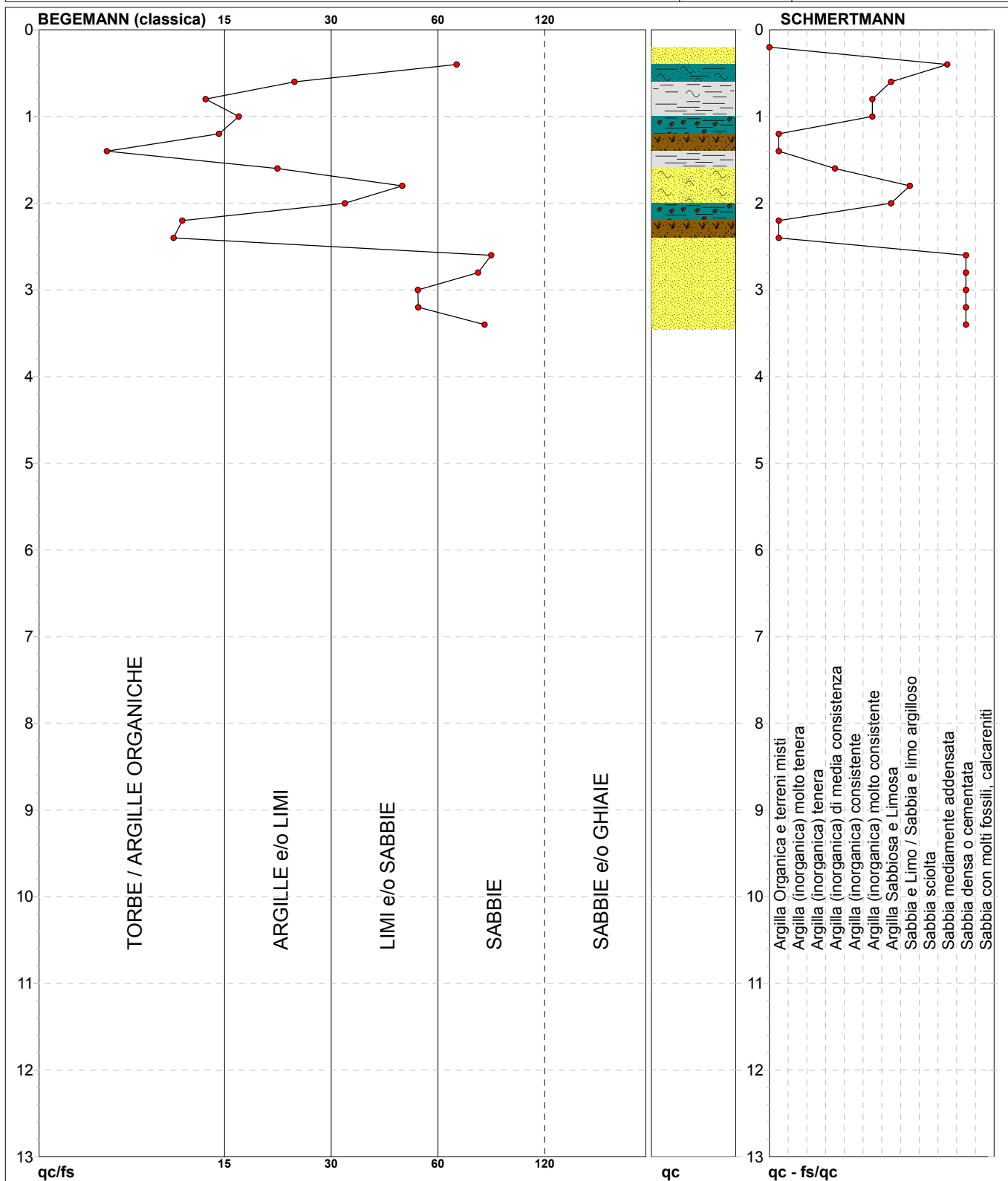
 Scala: **1:65**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data esec.: **17/05/2019**

 Data certificato: **28/06/2019**

 Falda: **-1,00 m da p.c.**


Torbe / Argille org. : 54 punti, 84,38%  
Argille e/o Limi : 3 punti, 4,69%  
Limi e/o Sabbie : 4 punti, 6,25%  
Sabbie: 4 punti, 6,25%

Argilla Organica e terreni misti: 4 punti, 6,25%  
Argilla (inorganica) media consist.: 1 punto, 1,56%  
Argilla (inorganica) molto consist.: 2 punti, 3,13%

Argilla Sabbiosa e Limosa: 2 punti, 3,13%  
Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.: 1 punto, 1,56%  
Sabbia mediamente addensata: 1 punto, 1,56%  
Sabbia densa o cementata: 5 punti, 7,81%

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## PARAMETRI GEOTECNICI

**CPT**
**17**

riferimento

**190517a**

certificato n°

301/19

 Committente: **Regione Toscana**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec.: **17/05/2019**

 Cantiere: **190517a**

 Data certificato: **28/06/2019**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Falda: **-1,00 m** da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma'$ vo U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\phi$ Sc (°)	$\phi$ Ca (°)	$\phi$ Ko (°)	$\phi$ DB (°)	$\phi$ DM (°)	$\phi$ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0,20	--	--	3	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	55,00	63,22	3	1,93	0,08	102	--	--	--	--	--	100	42	42	40	37	45	31	2,00	91,7	137,5	165,0	
0,60	30,00	23,62	4	1,96	0,11	94	1,00	94,1	170,0	255,0	90,0	83	40	37	35	32	41	29	--	50,0	75,0	90,0	
0,80	22,00	13,75	4	1,93	0,15	91	0,85	53,1	143,8	215,8	66,0	66	37	34	32	30	39	28	--	36,7	55,0	66,0	
1,00	18,00	16,82	2	0,98	0,17	84	0,75	39,3	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,20	10,00	14,93	2	0,90	0,19	72	0,50	20,9	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,40	4,00	7,55	1	0,46	0,20	61	0,20	6,3	10,8	16,2	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,60	10,00	21,28	2	0,90	0,22	73	0,50	17,7	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,80	15,00	45,45	4	0,89	0,24	88	0,67	23,0	113,3	170,0	49,5	42	34	30	27	26	34	27	--	25,0	37,5	45,0	
2,00	17,00	32,08	4	0,91	0,25	89	0,72	23,2	123,0	184,5	54,1	45	34	31	28	26	35	27	--	28,3	42,5	51,0	
2,20	8,00	11,94	2	0,86	0,27	75	0,40	10,2	68,0	102,0	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	6,00	11,32	1	0,46	0,28	76	0,30	6,8	15,3	22,9	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	260,00	78,08	3	1,15	0,30	206	--	--	--	--	--	100	42	43	41	38	45	40	--	433,3	650,0	780,0	
2,80	240,00	72,07	3	1,15	0,33	197	--	--	--	--	--	100	42	43	40	37	45	39	--	400,0	600,0	720,0	
3,00	200,00	50,00	3	1,15	0,35	190	--	--	--	--	--	100	42	41	39	36	44	38	--	333,3	500,0	600,0	
3,20	214,00	50,12	3	1,15	0,37	196	--	--	--	--	--	100	42	41	39	36	44	38	--	356,7	535,0	642,0	
3,40	500,00	74,96	3	1,15	0,40	251	--	--	--	--	--	100	42	45	43	40	45	40	--	833,3	1250,0	1500,0	

# **LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

## **DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica : diametro base cono D , area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici) .

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

## **DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici**

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta \approx 10$  cm, punta conica ( $\alpha \approx 60-90^\circ$ ), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta \approx 10$  cm, punta conica ( $\alpha \approx 60-90^\circ$ ), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta \approx 30$  cm, punta conica ( $\alpha \approx 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta \approx 20-30$  cm, punta conica ( $\alpha \approx 60^\circ$ ), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

# LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

## VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Previa definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo  $(M+m)/2$

media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi Nspt della prova SPT :  $Nspt = \beta N$  [ove per il coefficiente  $\beta$  potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia  $\beta_t$  fornito dal programma] .

## VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica Rpd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$Rpd = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento  $\delta$  Rpd = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo =  $\delta/N$  P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$Rpd' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove :  $Q = (M H) / (A \delta)$  = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (Nspt,Qspt),

dall 'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$Rpd' = Q N = Qspt Nspt \Rightarrow Nspt = N [Q/Qspt] = \beta_t N ,$$

ove il rapporto  $\beta_t = Q/Qspt$  viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,

relativamente alla prova SPT ( $Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$  ) per  $M = 63.5 \text{ kg}$ ,  $H = 0.75 \text{ m}$ ,  $D = 50.8 \text{ mm}$ ,

$A = 20.27 \text{ cm}^2$ ,  $d = 0.30 \text{ m}$  ) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente

prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt ->  $\phi'$  ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

Nspt -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Nspt -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min =  $1/3 G = 2.65$ ]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico  $G = 2.70$ ]

Rpd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )

( g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni :  $(A_{max}/g)$  ]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Yoshida Motonori 1988 )

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

**DIN**
**2**

riferimento

**190122a**

certificato n°

094/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190122a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec.: **23/01/2019**

 Pagina: **1**

 Data certificato: **15/03/2019**

Elaborato:

 Falda: **Non rilevata**

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	5		52,54					
0,40	1	5		52,54					
0,60	1	5		48,22					
0,80	2	6		57,86					
1,00	2	4		38,57					
1,20	2	3		28,93					
1,40	2	3		28,93					
1,60	3	2		17,82					
1,80	3	3		26,73					
2,00	3	4		35,64					
2,20	3	2		17,82					
2,40	3	3		26,73					
2,60	4	4		33,13					
2,80	4	3		24,85					
3,00	4	5		41,41					
3,20	4	2		16,56					
3,40	4	2		16,56					
3,60	5	3		23,21					
3,80	5	3		23,21					
4,00	5	3		23,21					
4,20	5	3		23,21					
4,40	5	3		23,21					
4,60	6	3		21,77					
4,80	6	3		21,77					
5,00	6	2		14,51					
5,20	6	2		14,51					
5,40	6	2		14,51					
5,60	7	2		13,67					
5,80	7	2		13,67					
6,00	7	2		13,67					
6,20	7	1		6,83					
6,40	7	2		13,67					
6,60	8	3		19,37					
6,80	8	2		12,92					
7,00	8	2		12,92					
7,20	8	2		12,92					
7,40	8	1		6,46					
7,60	9	4		24,48					
7,80	9	4		24,48					
8,00	9	5		30,60					
8,20	9	5		30,60					
8,40	9	6		36,73					
8,60	10	6		34,90					
8,80	10	6		34,90					
9,00	10	9		52,36					
9,20	10	8		46,54					
9,40	10	9		52,36					
9,60	11	9		49,88					
9,80	11	9		49,88					
10,00	11	9		49,88					

H = profondità

L1 = prima lettura (colpi punta)

L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta

Asta = numero di asta impiegata

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

**DIN**
**2**

riferimento

**190122a**

certificato n°

094/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190122a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

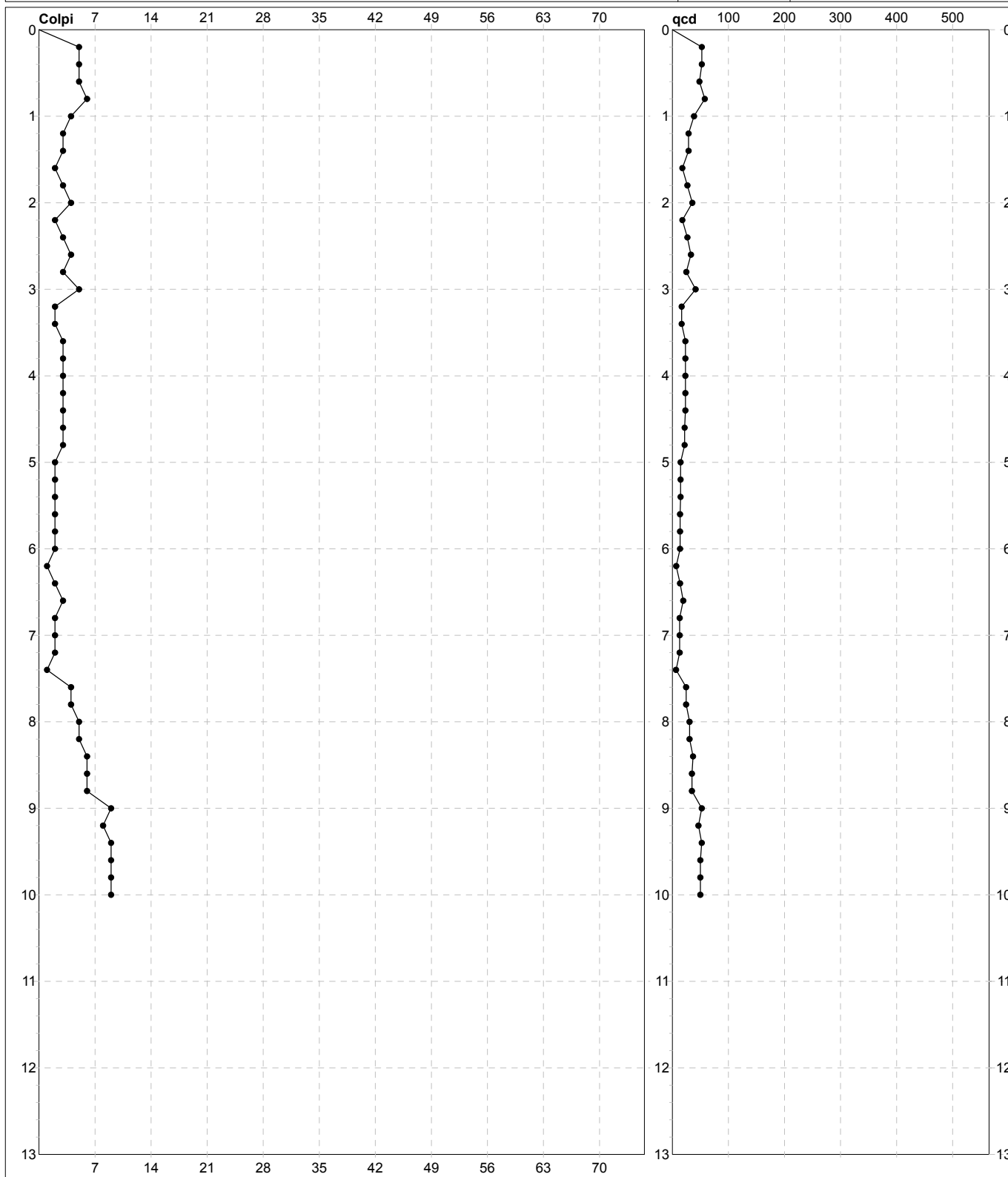
 Scala: **1:65**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data esec.: **23/01/2019**

 Data certificato: **15/03/2019**

 Falda: **Non rilevata**

**Penetrometro:** DPSH (S. Heavy)

Massa battente: 63,50 m

Altezza caduta: 0,75 m

Avanzamento: 0,20 m

Responsabile: Geol. Massimiliano Vannozzi

Assistente:

Preforo: m

Corr.astine: kg/ml

Cod.ISTAT: 0



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## SUDDIVISIONE GEOTECNICA

**DIN**
**2**

riferimento

**190122a**

certificato n°

094/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190122a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 23/01/2019

Pagina: 1

Data certificato: 15/03/2019

Elaborato:

Falda: Non rilevata

### PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 1,00	Media	5	1,49	7	49,95	47,28	91	57	2,50	Coes./Gran.	
2	1,00 : 3,40	Media	3	1,49	4	26,26	24,06	110	36	1,31	Coes./Gran.	
3	3,40 : 7,40	Media	2	1,49	3	16,46	15,02	125	29	0,82	Coes./Gran.	
4	7,40 : 8,80	Media	5	1,49	8	30,96	28,33	160	63	1,55	Coes./Gran.	
5	8,80 : 10,00	Media	9	1,49	13	50,15	46,25	179	93	2,51	Coes./Gran.	

### NATURA COESIVA

### NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	$\phi$ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 1,00	7	0,44	1,86	36,00	0,97	39	25	29	245	1,90	1,45	150	---
2	1,00 : 3,40	4	0,25	1,80	41,67	1,13	30	15	28	222	1,87	1,39	116	---
3	3,40 : 7,40	3	0,19	1,78	44,21	1,19	28	11	27	214	1,86	1,38	105	---
4	7,40 : 8,80	8	0,50	1,87	34,98	0,94	41	28	29	253	1,91	1,46	161	---
5	8,80 : 10,00	13	0,81	1,93	30,31	0,82	55	40	31	291	1,95	1,53	218	---

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

**DIN**
**4**

riferimento

**190122a**

certificato n°

465/18

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190122a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 10/08/2018

Pagina: 1

Data certificato: 15/03/2019

Elaborato:

Falda: Non rilevata

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	14		147,10					
0,40	1	10		105,07					
0,60	1	12		115,72					
0,80	2	7		67,50					
1,00	2	4		38,57					
1,20	2	2		19,29					
1,40	2	2		19,29					
1,60	3	3		26,73					
1,80	3	4		35,64					
2,00	3	3		26,73					
2,20	3	3		26,73					
2,40	3	3		26,73					
2,60	4	4		33,13					
2,80	4	3		24,85					
3,00	4	2		16,56					
3,20	4	3		24,85					
3,40	4	1		8,28					
3,60	5	3		23,21					
3,80	5	3		23,21					
4,00	5	2		15,47					
4,20	5	2		15,47					
4,40	5	1		7,74					
4,60	6	1		7,26					
4,80	6	1		7,26					
5,00	6	2		14,51					
5,20	6	2		14,51					
5,40	6	12		87,08					
5,60	7	11		75,18					
5,80	7	11		75,18					
6,00	7	10		68,34					
6,20	7	5		34,17					
6,40	7	12		82,01					
6,60	8	12		77,49					
6,80	8	9		58,12					
7,00	8	12		77,49					
7,20	8	15		96,87					
7,40	8	36		232,48					
7,60	9	100		612,09					

H = profondità

L1 = prima lettura (colpi punta)

L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta

Asta = numero di asta impiegata

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

**DIN**
**4**

riferimento

**190122a**

certificato n°

465/18

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190122a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

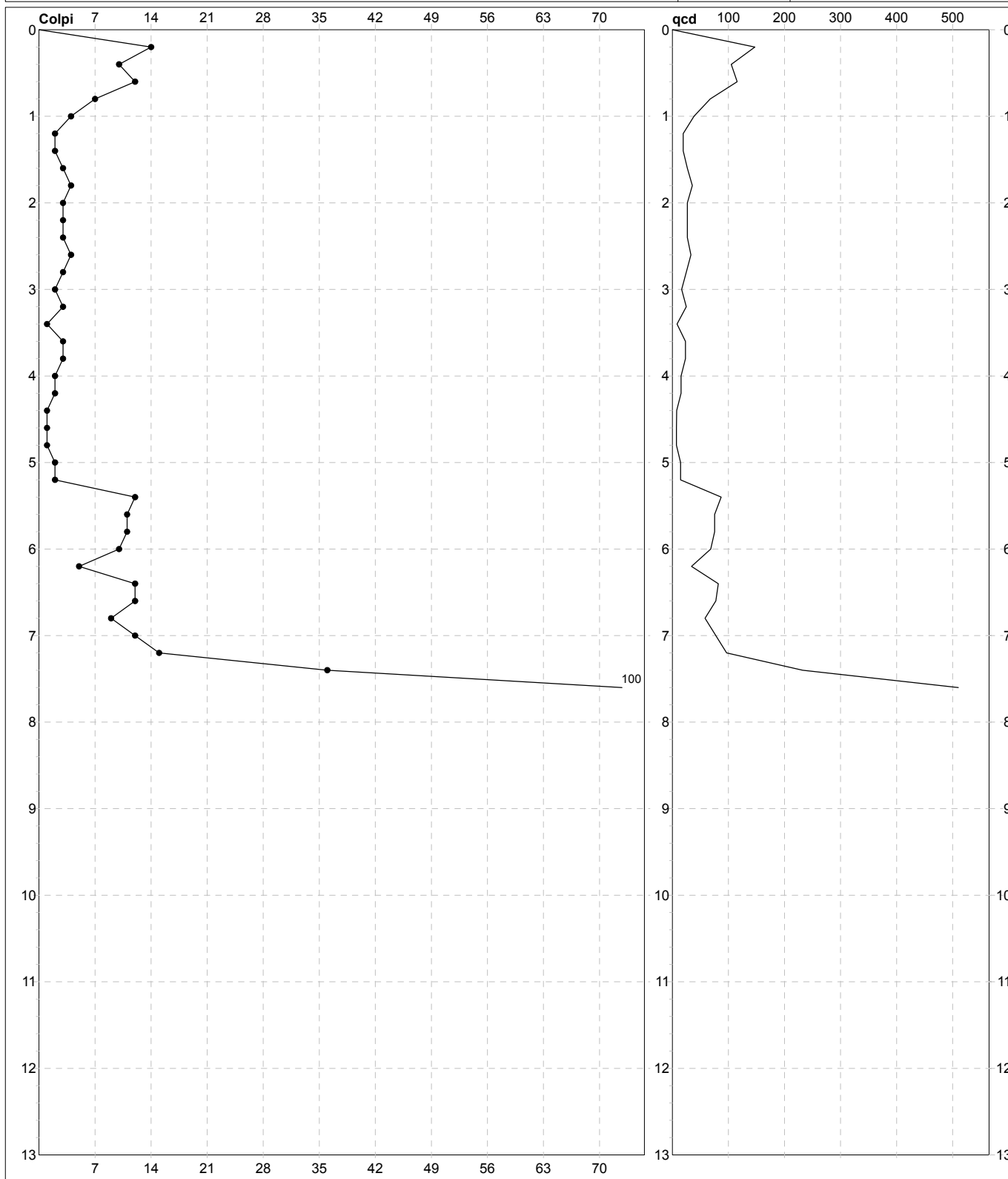
 Scala: **1:65**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data esec.: **10/08/2018**

 Data verificato: **15/03/2019**

 Falda: **Non rilevata**

**Penetrometro:** DPSH (S. Heavy)

Massa battente: 63,50 m

Altezza caduta: 0,75 m

Avanzamento: 0,20 m

Responsabile: Geol. Massimiliano Vannozzi

Assistente:

Preforo: m

Corr.astine: kg/ml

Cod.ISTAT: 0

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>	<b>DIN</b>	<b>4</b>
	riferimento	<b>190122a</b>
	certificato n°	465/18

Committente: <b>Regione Toscana</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data esec.: 10/08/2018
Cantiere: <b>190122a</b>	Pagina: 1	Data certificato: 15/03/2019
Località: <b>Rio Maggiore - Livorno</b>	Elaborato:	Falda: Non rilevata

PARAMETRI GENERALI													
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione	
1	0,00 : 0,80	Media	11	1,49	16	108,85	101,66	101	110	5,44	Coes./Gran.		
2	0,80 : 3,20	Media	3	1,49	4	26,59	24,06	108	36	1,33	Coes./Gran.		
3	3,20 : 5,20	Media	2	1,49	3	13,69	12,53	119	29	0,68	Coes./Gran.		
4	5,20 : 7,20	Media	11	1,49	16	73,19	67,04	171	110	3,66	Coes./Gran.		
5	7,20 : 7,60	Media	68	1,49	101	422,29	395,22	266	482	21,11	Coes./Gran.		

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 0,80	16	1,00	1,97	27,79	0,75	61	44	32	315	1,97	1,55	252	---
2	0,80 : 3,20	4	0,25	1,80	41,67	1,13	30	15	28	222	1,87	1,39	116	---
3	3,20 : 5,20	3	0,19	1,78	44,21	1,19	28	11	27	214	1,86	1,38	105	---
4	5,20 : 7,20	16	1,00	1,97	27,79	0,75	61	44	32	315	1,97	1,55	252	---
5	7,20 : 7,60	101	6,31	2,10	20,20	0,55	234	100	45	970	2,24	1,99	983	---

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

**DIN**
**18**

riferimento

**190517a**

certificato n°

304/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190517a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec.: **17/05/2019**

 Pagina: **1**

 Data certificato: **28/06/2019**

Elaborato:

 Falda: **Non rilevata**

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	4		42,03					
0,40	1	4		42,03					
0,60	1	3		28,93					
0,80	2	2		19,29					
1,00	2	2		19,29					
1,20	2	1		9,64					
1,40	2	1		9,64					
1,60	3	2		17,82					
1,80	3	1		8,91					
2,00	3	1		8,91					
2,20	3	1		8,91					
2,40	3	2		17,82					
2,60	4	1		8,28					
2,80	4	3		24,85					
3,00	4	8		66,25					
3,20	4	13		107,66					
3,40	4	3		24,85					
3,60	5	2		15,47					
3,80	5	3		23,21					
4,00	5	2		15,47					
4,20	5	2		15,47					
4,40	5	2		15,47					
4,60	6	2		14,51					
4,80	6	3		21,77					
5,00	6	3		21,77					
5,20	6	3		21,77					
5,40	6	3		21,77					
5,60	7	8		54,67					
5,80	7	14		95,68					
6,00	7	13		88,84					
6,20	7	12		82,01					
6,40	7	7		47,84					
6,60	8	5		32,29					
6,80	8	100		645,78					

H = profondità

L1 = prima lettura (colpi punta)

L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta

Asta = numero di asta impiegata

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

**DIN**
**18**

riferimento

**190517a**

certificato n°

304/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190517a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

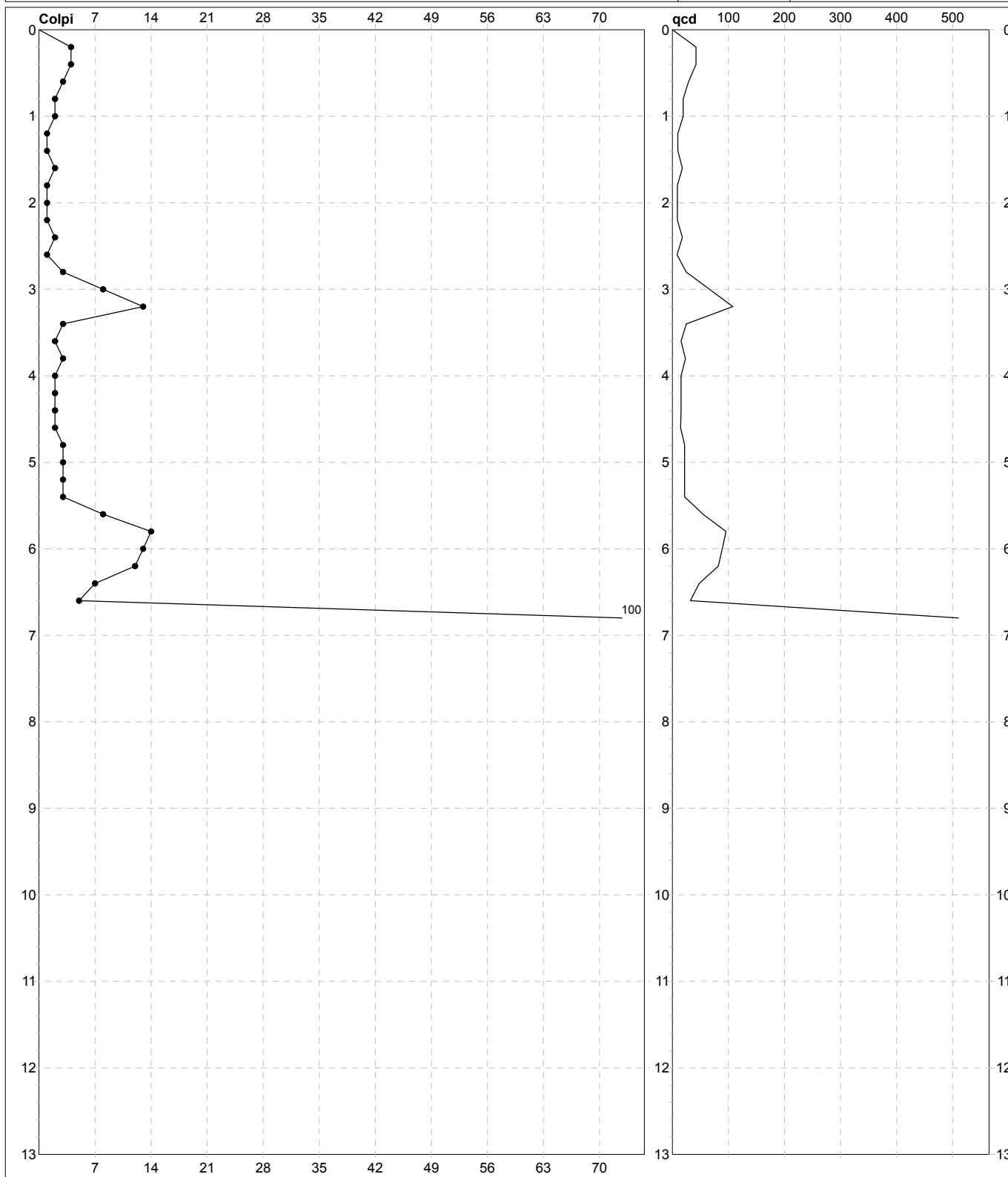
 Scala: **1:65**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data esec.: **17/05/2019**

 Data certificato: **28/06/2019**

 Falda: **Non rilevata**

**Penetrometro:** DPSH (S. Heavy)

Massa battente: 63,50 m

Altezza caduta: 0,75 m

Avanzamento: 0,20 m

Responsabile: Geol. Jacopo Martini

Assistente:

Preforo: m

Corr.astine: kg/ml

Cod.ISTAT: 0

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## SUDDIVISIONE GEOTECNICA

**DIN**
**18**

riferimento

**190517a**

certificato n°

304/19

 Committente: **Regione Toscana**

 Cantiere: **190517a**

 Località: **Rio Maggiore - Livorno**

 U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 17/05/2019

Data certificato: 28/06/2019

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: Non rilevata

### PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,60	Media	4	1,49	5	37,66	34,67	78	43	1,88	Coes./Gran.	
2	0,60 : 2,80	Media	2	1,49	2	13,94	12,39	93	21	0,70	Coes./Gran.	
3	2,80 : 3,20	Media	11	1,49	16	86,96	78,26	149	110	4,35	Coes./Gran.	
4	3,20 : 5,40	Media	3	1,49	4	19,23	17,72	126	36	0,96	Coes./Gran.	
5	5,40 : 6,20	Media	12	1,49	18	80,30	72,27	173	121	4,02	Coes./Gran.	
6	6,20 : 6,60	Media	6	1,49	9	40,07	36,90	156	70	2,00	Coes./Gran.	
7	6,60 : 6,80	Media	100	1,49	149	645,78	581,21	279	657	32,29	Coes./Gran.	

### NATURA COESIVA

### NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	$\phi$ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 0,60	5	0,31	1,83	39,28	1,06	33	18	28	230	1,88	1,41	127	---
2	0,60 : 2,80	2	0,13	1,75	46,91	1,27	25	8	27	207	1,85	1,36	93	---
3	2,80 : 3,20	16	1,00	1,97	27,79	0,75	61	44	32	315	1,97	1,55	252	---
4	3,20 : 5,40	4	0,25	1,80	41,67	1,13	30	15	28	222	1,87	1,39	116	---
5	5,40 : 6,20	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65	47	32	330	1,98	1,57	275	---
6	6,20 : 6,60	9	0,56	1,89	34,00	0,92	44	32	30	261	1,92	1,48	173	---
7	6,60 : 6,80	149	9,31	2,10	20,20	0,55	331	100	45	1340	2,24	1,99	1392	---

## **Allegato C**



## REPORT SONDAGGI

Committente:  
Regione Toscana  
Località: Rio Maggiore  
Livorno  
Data Indagine:  
Gennaio-Marzo 2019  
Codice lavoro: 190129w

### SONDAGGI GEOGNOSTICI SONDAGGI AMBIENTALI

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.n.c.**

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: [info@gaiaservizi.com](mailto:info@gaiaservizi.com)

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 03/07/2019

**GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

A handwritten signature in blue ink is written over the company details.

## **COORDINATE PUNTO INDAGINE (GAUSS BOAGA):**

**S2G: 1.605.966 E – 4.820.330 N**



**Sondaggio S2G – Postazione**



**Sondaggio S2G – Cassa 1**





Sondaggio S2G – Cassa 2



Sondaggio S2G – Cassa 3

Committente: <b>Regione Toscana</b>				<div>CAMPIONI:</div> <div>Shelby</div> <div>Osterberg</div> <div>Denison</div> <div>Denison fustella</div> <div>S.P.T.</div> <div>Rimaneggiato</div>		Riferimento: <b>20190129W</b>		Numero: <b>S2G</b>			
Cantiere: <b>Riomaggiore</b>						Pagina: <b>1/1</b>					
Indagine:						Data: <b>20/03/2019</b>					
Stratigrafia da: <b>Sondaggio Geognostic</b>						Responsabile: Operatore: <b>Massimiliano Vannozzi</b>					
Codice: <b>S01.00201.042</b>				PIEZOMETRI: ATA Tubo aperto CSG Casagrande		Quota:		Falda: <b>non rilevata</b>			
Profondità Scala: 1:80		stratigrafia	campioni			S.P.T.		DESCRIZIONE		Manovre % Recup.	
		tipo	sigla	quota	quota	colpi					
0								Riporto grossolano in matrice sabbiosa			
1					1,50	12 14 16					
2					1,95						
3					3,00	10 13 15					
4					3,45						
4,50				4,50						4,50	
5				5,00				Limo sabbioso nocciola			
6					5,50	10 14 18					
7					5,95						
8											
9											
7,50				8,40 9,00						3,00	
8								Argilla limosa sabbiosa			
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
15,00											7,50
16											
note:											Sonda tipo: Mait

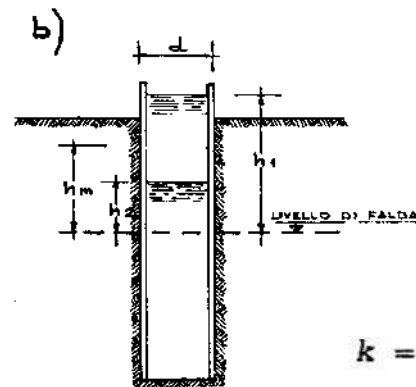
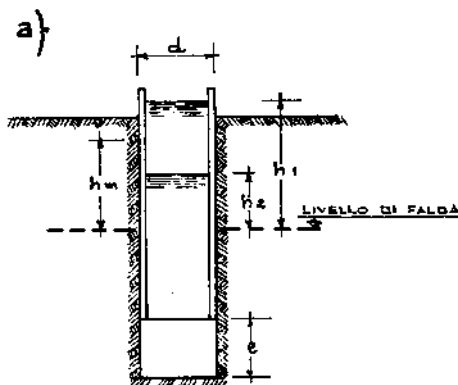
Prova Lefranc in pozzo

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO COSTANTE raccomandazioni A.G.I. 1977			
Località:	Livorno Accademia - Riomaggiore		
Codice Lavoro n°	190129W		
Data della prova:	20-mar-19	n° prova:	S8G - Lefranc 1
Committente:	Regione Toscana		
Sigla del pozzo:	S8G - Lefranc 1	prof.:	3.0 - 3.5 m

Diametro del perforo (d)	0.127	metri
Portata di immissione (m³/s)	0.00077	m³/s
Profondità del perforo	3.50	metri
Altezza (l) del tratto di foro investigato non interessato dalla tubazione di rivestimento	0.5	metri

Permeabilità k Formula A.G.I. 1977	6.07E-04	m/s
------------------------------------	----------	-----

Misura n°	Tempo	Abbassamenti
1		0
2		0
3		0
4		0
5		0
6		0
7		0
8		0
9		0
10		0
11		0
12		0
13		0
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		



$$k = \frac{q}{C_F h d} \quad [m \ s^{-1}]$$



## **COORDINATE PUNTO INDAGINE (GAUSS BOAGA):**

**S3G: 1.606.137 E – 4.820.287 N**



**Sondaggio S3G – Postazione**



**Sondaggio S3G – Cassa 1**


















**Sondaggio S3G – Cassa 2**



**Sondaggio S3G – Cassa 3**

Committente: <b>Regione Toscana</b>				<div>CAMPIONI: Shelby Osterberg Denison Denison fustella S.P.T. Rimaneggiato</div>		Riferimento: <b>20190129W</b>		Numero: <b>S3G</b>																																																																																																																																																																								
Cantiere: <b>Riomaggiore</b>						Pagina: <b>1/1</b>																																																																																																																																																																										
Indagine:						Data: <b>29/01/2019</b>																																																																																																																																																																										
						Responsabile: Operatore: <b>Massimiliano Vannozzi</b>																																																																																																																																																																										
Stratigrafia da: <b>Sondaggio Geognostic</b>		<div><div> Caranto</div><div> Tracce fossili</div><div> Resti organici</div><div> Concrezioni</div></div>		PIEZOMETRI: ATA Tubo aperto CSG Casagrande		Quota: Falda: <b>non rilevata</b>																																																																																																																																																																										
Codice: <b>S01.00201.042</b>																																																																																																																																																																																
<table><tr><th rowspan="2">Profondità Scala: 1:80</th><th rowspan="2">stratigrafia</th><th colspan="3">campioni</th><th colspan="2">S.P.T.</th><th rowspan="2">DESCRIZIONE</th><th rowspan="2">Manovre % Recup.</th></tr><tr><th>tipo</th><th>sigla</th><th>quota</th><th>quota</th><th>colpi</th></tr><tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Riporto grossolano in matrice sabbioso limosa</td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td>2,20</td><td></td><td></td><td>2,50 3,00</td><td></td><td></td><td>Sabbia deb.limosa, color nocciola</td><td>2,20</td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>6</td><td>5,60</td><td></td><td></td><td></td><td>6,00 6,45</td><td><div><div>28</div><div>32</div><div>36</div></div></td><td>Sabbia da media a grossa con intercalazioni di calcarenite, nocciola</td><td>3,40</td></tr><tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>8</td><td>8,20</td><td></td><td></td><td>9,50 10,00</td><td></td><td></td><td>Argilla limosa sabbiosa</td><td>2,60</td></tr><tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>15</td><td>15,00</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6,80</td></tr><tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>										Profondità Scala: 1:80	stratigrafia	campioni			S.P.T.		DESCRIZIONE	Manovre % Recup.	tipo	sigla	quota	quota	colpi	0							Riporto grossolano in matrice sabbioso limosa		1									2	2,20			2,50 3,00			Sabbia deb.limosa, color nocciola	2,20	3									4									5									6	5,60				6,00 6,45	<div><div>28</div><div>32</div><div>36</div></div>	Sabbia da media a grossa con intercalazioni di calcarenite, nocciola	3,40	7									8	8,20			9,50 10,00			Argilla limosa sabbiosa	2,60	9									10									11									12									13									14									15	15,00							6,80	16								
Profondità Scala: 1:80	stratigrafia	campioni			S.P.T.		DESCRIZIONE	Manovre % Recup.																																																																																																																																																																								
		tipo	sigla	quota	quota	colpi																																																																																																																																																																										
0							Riporto grossolano in matrice sabbioso limosa																																																																																																																																																																									
1																																																																																																																																																																																
2	2,20			2,50 3,00			Sabbia deb.limosa, color nocciola	2,20																																																																																																																																																																								
3																																																																																																																																																																																
4																																																																																																																																																																																
5																																																																																																																																																																																
6	5,60				6,00 6,45	<div><div>28</div><div>32</div><div>36</div></div>	Sabbia da media a grossa con intercalazioni di calcarenite, nocciola	3,40																																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																																																
8	8,20			9,50 10,00			Argilla limosa sabbiosa	2,60																																																																																																																																																																								
9																																																																																																																																																																																
10																																																																																																																																																																																
11																																																																																																																																																																																
12																																																																																																																																																																																
13																																																																																																																																																																																
14																																																																																																																																																																																
15	15,00							6,80																																																																																																																																																																								
16																																																																																																																																																																																
note: <span>Sonda tipo: Mait</span>																																																																																																																																																																																



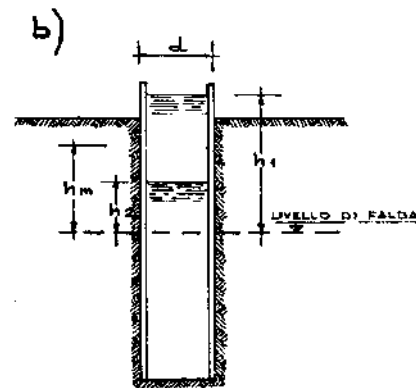
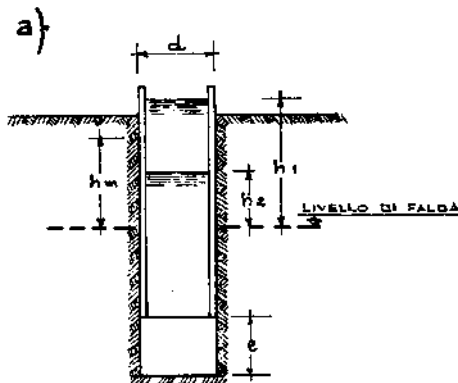
Prova Lefranc in pozzo

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE raccomandazioni A.G.I. 1977			
Località:	Livorno Accademia - Riomaggiore		
Codice Lavoro n°	190129W		
Data della prova:	29-gen-19	n° prova:	S3G - Lefranc 1
Committente:	Regione Toscana		
Sigla del pozzo:	S3G - Lefranc 1	prof.:	2.5 - 3.0 m

Diametro del perforo (d)	0.127	metri
Livello statico prima della prova* (hm)	3.50	metri
Profondità del perforo	3.00	metri
Altezza (l) del tratto di foro investigato non interessato dalla tubazione di rivestimento	0.5	metri

Permeabilità k Formula A.G.I. 1977	1.22E-06	m/s
------------------------------------	----------	-----

Misura n°	Tempo	Abbassamenti
1	0	0
2	30	0.018
3	60	0.04
4	120	0.09
5	240	0.18
6	420	0.4
7	600	0.52
8	900	0.64
9	1200	0.74
10	1500	0.89
11	1800	0.94
12	2700	1.08
13	3600	1.27
14	5700	1.48
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		



$$k = \frac{A}{C_L (t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad [ms^{-1}]$$

## **Allegato D**

## RELAZIONE TECNICA

Committente: Regione  
Toscana

Località: Livorno – Rio  
Maggiore

Data Indagine: 2019

Codice lavoro: 190122a

### INDAGINI SISMICHE MASW

### INDAGINI SISMICHE HVSR

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.n.c.**

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano  
Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 19/06/2019

**GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

## Sommario

PREMESSA .....	3
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR .....	4
GENERALITA' .....	4
SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE .....	7
ELABORAZIONE DEI DATI HVSR .....	7
INDAGINI MASW .....	30
GENERALITA' .....	30
SISTEMA DI ACQUISIZIONE .....	31
INDAGINI EFFETTUATE .....	32

## PREMESSA

Per incarico della Regione Toscana, sono state eseguite indagini geofisiche presso il Rio Maggiore, nel Comune di Livorno.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio (VS), è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di superficie da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), sono inoltre state eseguite una serie di misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - HVSR) utile a definire eventuali risonanze di sito e a meglio vincolare il modello VS specie in profondità.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.



## INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

### GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

- ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di:

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremiti;
- dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

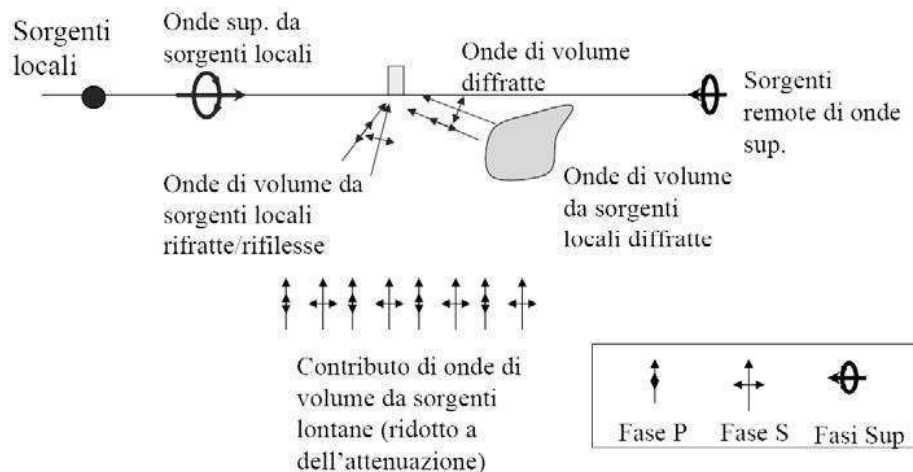
Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.



**Figura 1: Modalità di generazione e propagazione di microtremore**

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

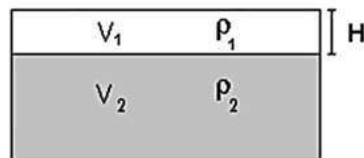
Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche del metodo HVSR sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche.

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $H$  del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a (equazione 1):

$$(f_r) = V_s / 4H$$

$$(f_r) = V_p / 4H$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva  $H/V$  relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione 1.

L'utilità delle misure  $H/V$  risiede quindi nella possibilità di ricavare empiricamente la frequenza di sito e, a fianco di curve di dispersione date da misure *MASW*, a vincolare il modello  $V_s$  specie in profondità.

## SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE

La misura prevede la registrazione del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di geofono tridimensionale.

La strumentazione di acquisizione utilizzata per la presente indagine è un prospettore sismico SARA "SR04 GeoBox" a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: 300 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;

Lo strumento di misura è stato orientato secondo le direzioni geografiche (E e W).

Sono state eseguite n°11 registrazioni della durata di circa 20 minuti.

## ELABORAZIONE DEI DATI HVSR

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *winMASW Academy* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site effects assessment using ambient excitations, 2005*).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale.

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti" e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di  $f_0$  – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

Viene riportata anche la check-list proposta dalla procedura SESAME per l'ottenimento di una curva H/V affidabile.

## HVSR 2

Dataset: MT\_20180810\_153626.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 0

Smoothing (%): 5

### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

show data reset show for others

step1 (optional) - dedimale  
 12800 new frequency resample

step2 - HV computation  
 random events join Rot. 2.0% clean wave  
 20 window length (s)  
 0 tapering (%)  
 9 outlier tolerance threshold  
☒ spectral smoothing (triangular window)  
☐ show particle motion (raw data)  
☒ full output compute

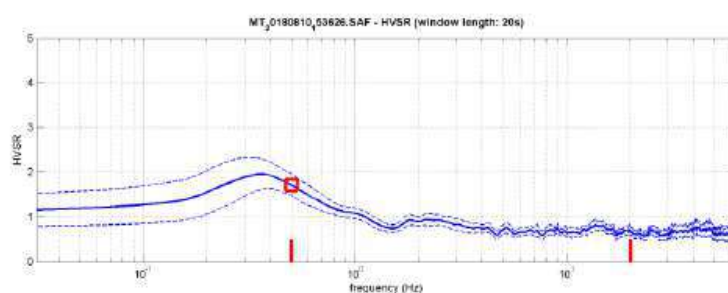
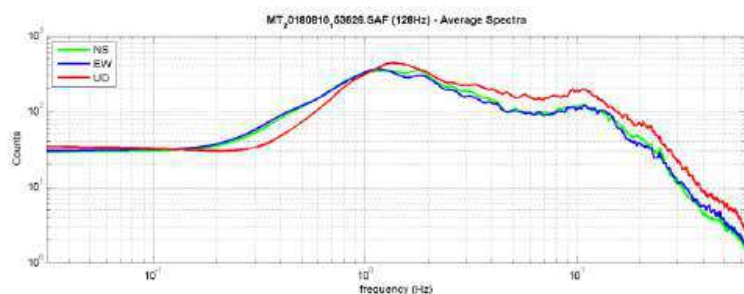
step3a (optional) - directivity analysis  
 compute min freq 32 Hz

step3b (optional) - directivity over time  
 directivity in time time step 10 s

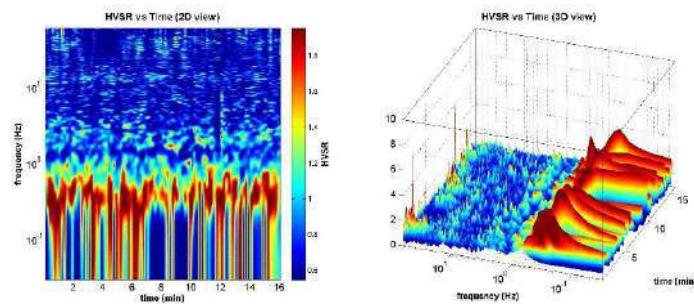
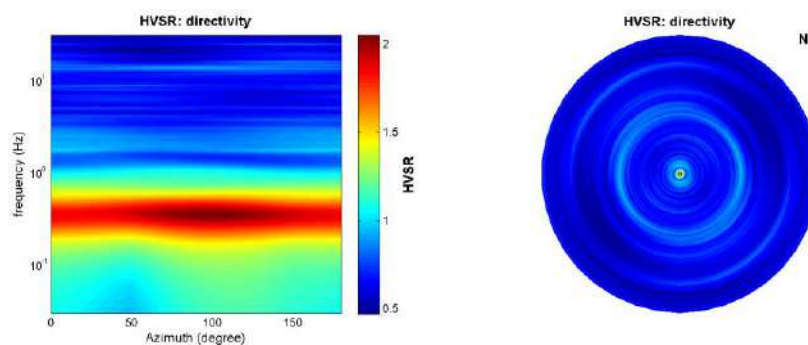
save - option1: save HVSR as it is  
 save HV from 0.05 to 64 Hz  
 save HV curve (as it is)

save - option2: picking HV curve  
 pick HV curve save picked HV

quick analysis (F-Va-M)  
 100 Average V/S (10%)  
 20 (V/S surface to bedrock)  
 20 depth of the bedrock (m)  
 1500 V/S of the bedrock  
 clear compute



To render the HVSR (also jointly with MAGW or PAMSESAC data), save the HV curve, go to the "Woody Spectroscopic Modeling & Fitting" panel and upload the saved HV curve

**PERSISTENZA H/V****DIREZIONALITA' H/V**

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 0.5

Peak HVSr value: 1.7

**==== Criteria for a reliable H/V curve =====**

- #1.  $[f_0 > 10/Lw]$ :  $0.500 > 0.5$  (OK)
- #2.  $[nc > 200]$ :  $970 > 200$  (OK)
- #3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

**==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====**

- #1.  $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2]$ : (NO)
- #2.  $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2]$ : yes, at frequency 1.3Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]$ :  $1.7 < 2$  (NO)
- #4.  $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$ : (OK)
- #5.  $[\sigma_A(f_0) < \epsilon(f_0)]$ :  $5.040 > 0.075$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $0.247 < 2$  (OK)

*Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities. Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change*



**HVSR\_6**

Dataset: MT\_20180810\_153626.SAF

Sampling frequency (Hz): 300

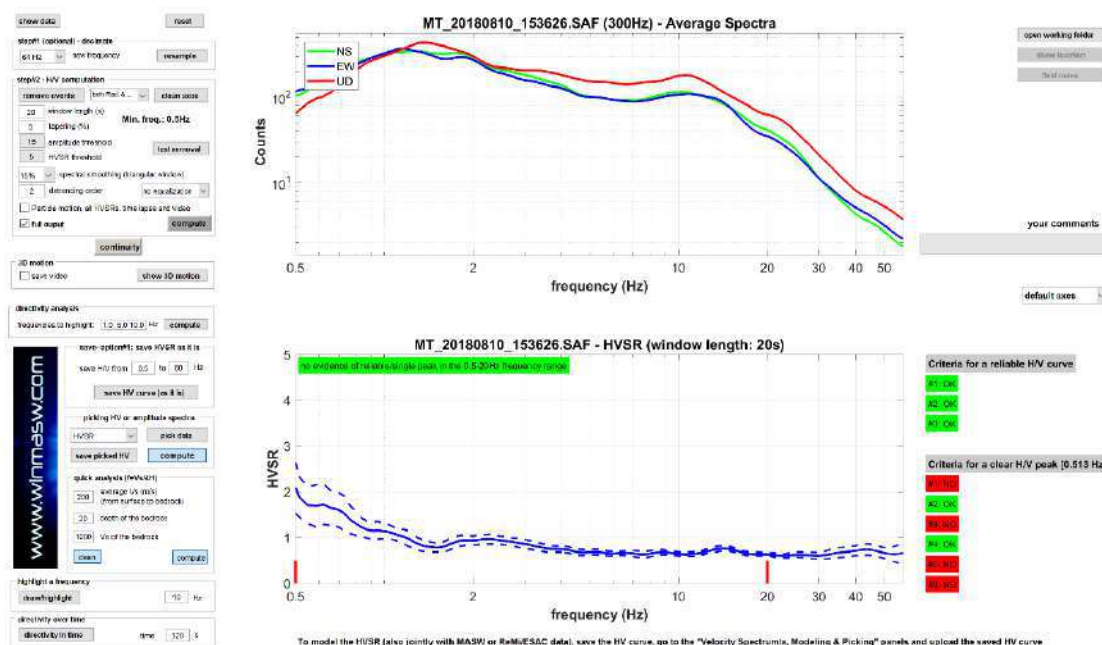
Window length (sec): 20

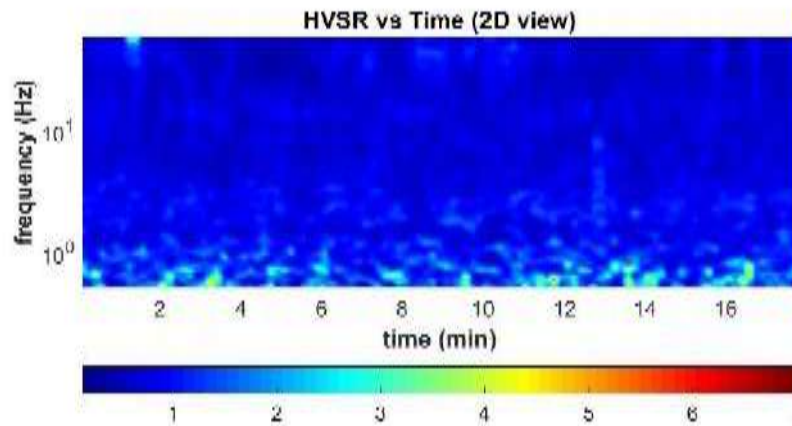
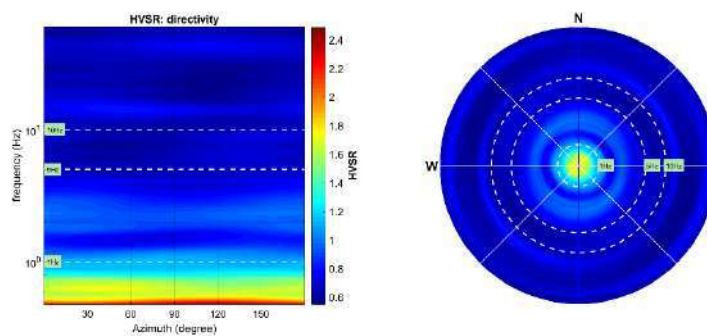
Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 20.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

**PERSISTENZA H/V****DIREZIONALITA' H/V**

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 0.5

Peak HVSR value: 1.9

**=== Criteria for a reliable H/V curve =====**

- #1.  $[f_0 > 10/L_w]: 0.513 > 0.5$  (OK)
- #2.  $[nc > 200]: 1097 > 200$  (OK)
- #3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

**=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====**

- #1.  $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_H/V(f_-) < A_0/2]:$  (NO)
- #2.  $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_H/V(f_+) < A_0/2]:$  yes, at frequency 1.3Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]: 1.9 < 2$  (NO)
- #4.  $[f_{\text{peak}}[A_H/V(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]:$  (OK)
- #5.  $[\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)]: 0.144 > 0.077$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]: 5.645 < 2$  (NO)

*Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities. Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change*

**HVSR 7**

Dataset: MT\_20190529\_144905.SAF

Sampling frequency (Hz): 300

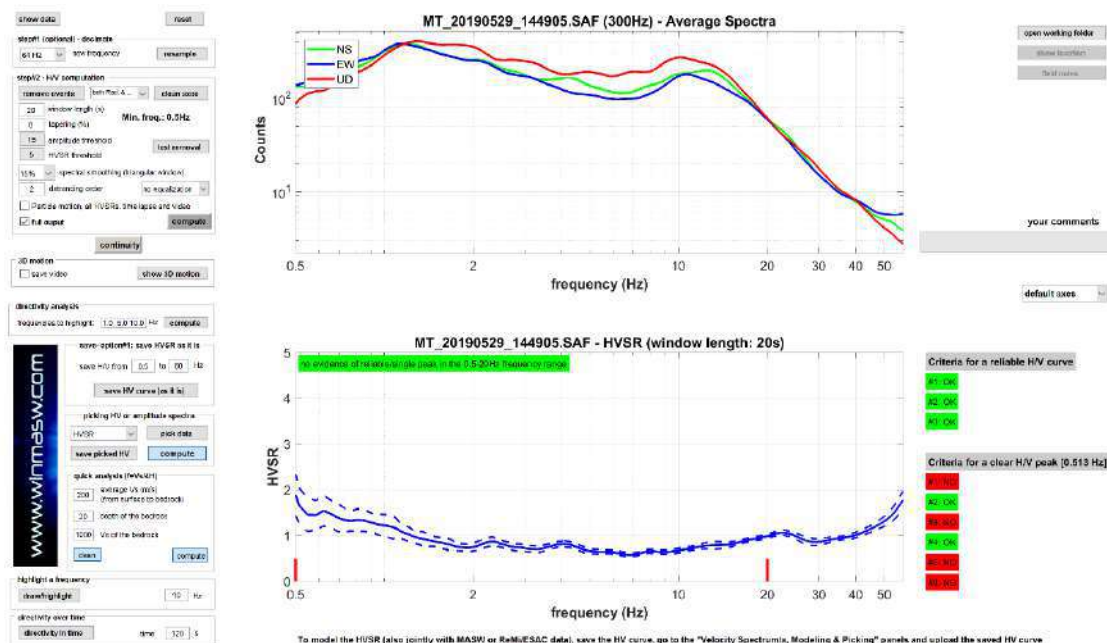
Window length (sec): 20

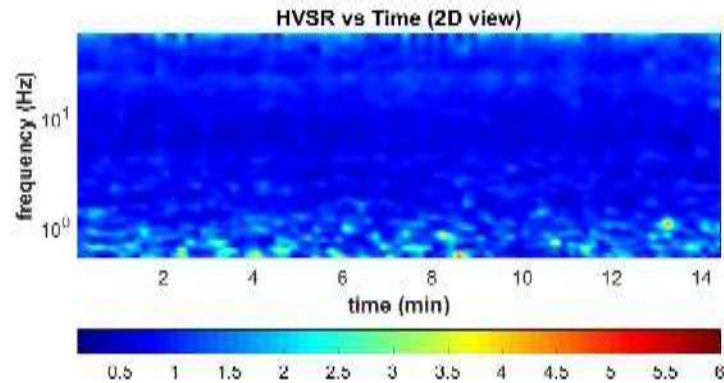
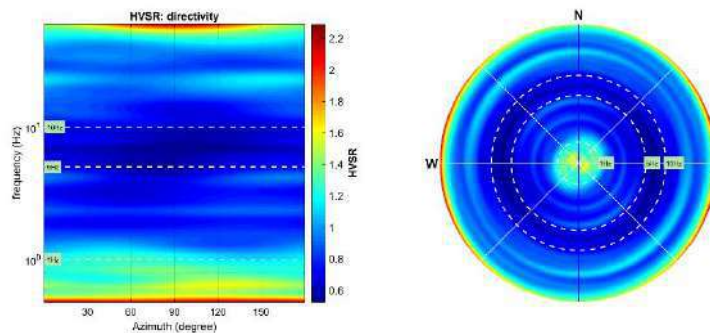
Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 15.0

Tapering (%): 0

Smoothing (%): 15

**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**

**PERSISTENZA H/V****DIREZIONALITA' H/V**

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 0.5

Peak HVSR value: 1.7

**=== Criteria for a reliable H/V curve =====**

- #1.  $[f_0 > 10/L_w]$ :  $0.513 > 0.5$  (OK)
- #2.  $[nc > 200]$ :  $892 > 200$  (OK)
- #3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

**=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====**

- #1.  $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_H/V(f_-) < A_0/2]$ : (NO)
- #2.  $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_H/V(f_+) < A_0/2]$ : yes, at frequency 1.6Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]$ :  $1.7 < 2$  (NO)
- #4.  $[f_{\text{peak}}[A_H/V(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$ : (OK)
- #5.  $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$ :  $0.193 > 0.077$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $8.028 < 2$  (NO)

*Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities. Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change*

## INDAGINI MASW

### GENERALITA'

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Negli ultimi decenni l'analisi delle onde di superficie si è dimostrata un utile strumento per la determinazione del profilo verticale VS non più solamente per studi di carattere crostale (e.g. Evison et al., 1959) ma anche per indagini *near surface* (Stokoe et al., 1988; Glangaud et al., 1999; Park et al., 1999; Xia et al., 1999; 2004; Shtivelman, 1999; 2002; Foti et al., 2000; Louie, 2001; O'Neill et al., 2006; Dal Moro et al., 2007; Dal Moro & Pipan, 2007).

La sismica a rifrazione ad onde di corpo (P ed S) ha così trovato una valida integrazione, in grado di superare i limiti connessi al canale a bassa velocità (*Low Velocity Layer - LVL*) ed allo strato nascosto (*blind layer*).

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

## SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione dei dati per indagini MASW deve essere effettuato uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale per generare onde di Rayleigh e/o una "di taglio" per quelle di Love.

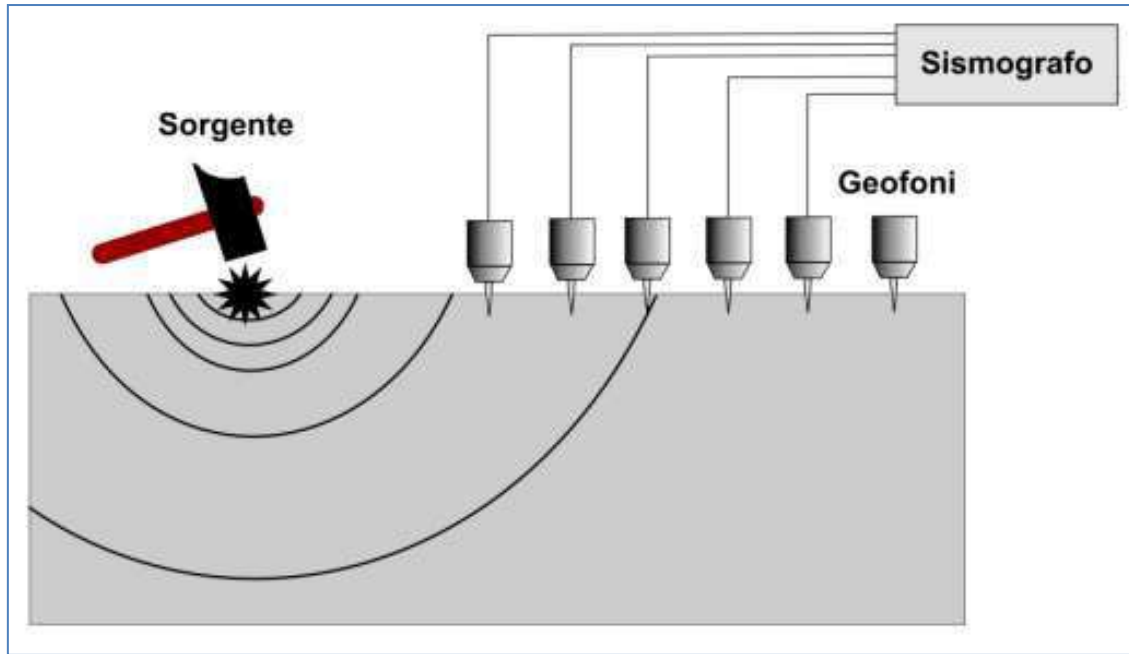


Figura 2: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico Ambrogeo Echo 24/2002 a 16 bit, collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz in configurazione ZVF per acquisire la componente verticale dell'onda di Rayleigh.

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza da 10 kg.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta.



## INDAGINI EFFETTUATE

Sono state eseguite n°11 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh (componente verticale ZVF).

I dati acquisiti sono stati elaborati utilizzando il software *winMASW Academy*.

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. si caricano il file acquisiti in campagna (files SEGY)
2. calcolo dello spettro di velocità (che rappresenta, in scala colorimetrica, le ampiezze delle onde in funzione della velocità di fase e della frequenza)
3. identificazione della curva di dispersione
4. modellazione congiunta considerando la dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V

L'analisi dei dati è stata quindi svolta considerando congiuntamente, dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V.

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW2	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	2 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 7m
Coordinate Gauss-Boaga	43° 31.665'N - 10° 18.817'E



**Figura 6: Stendimento sismico MASW2**

## MASW 2

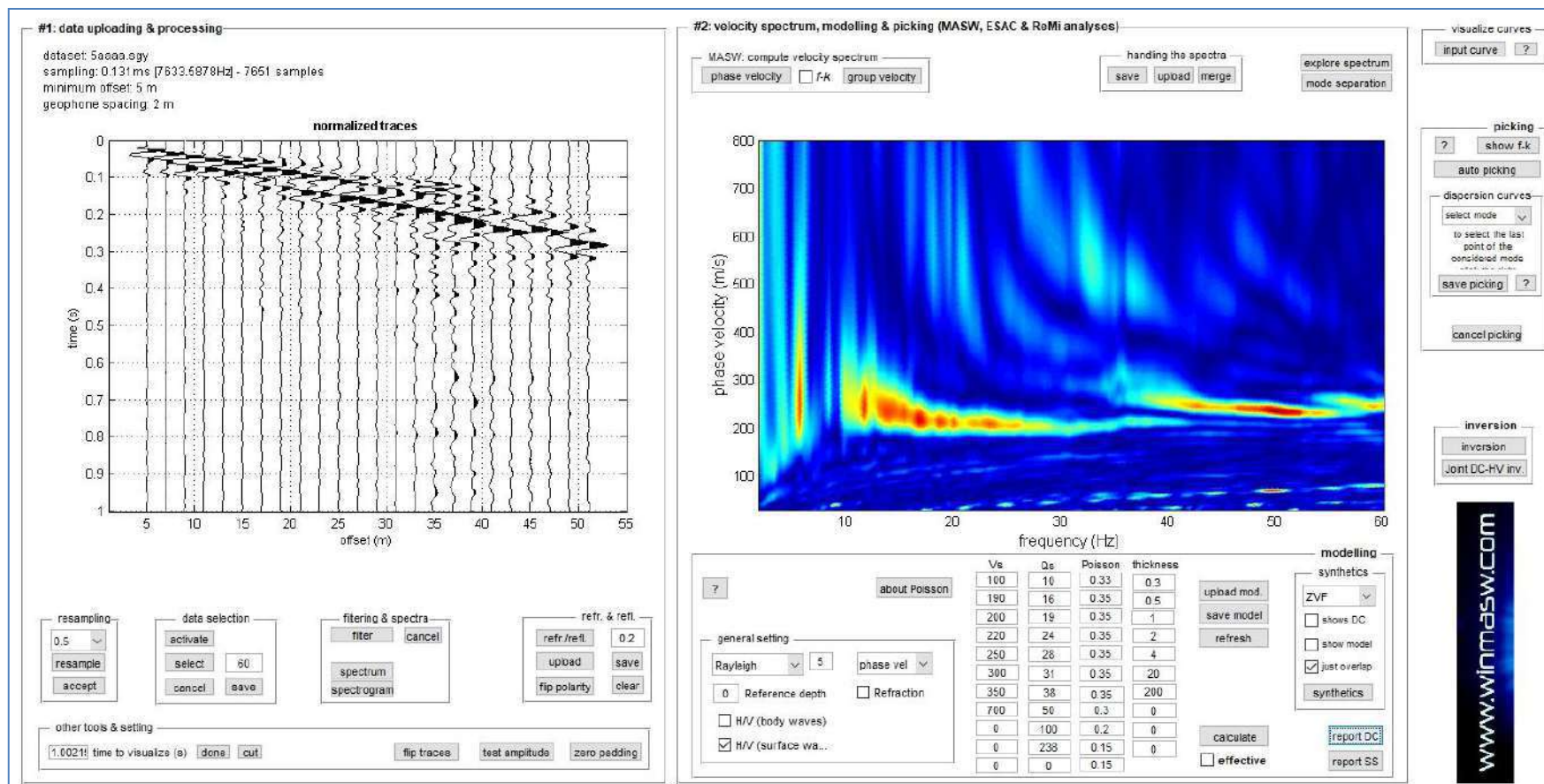


Figura 7: Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità



## MASW 2

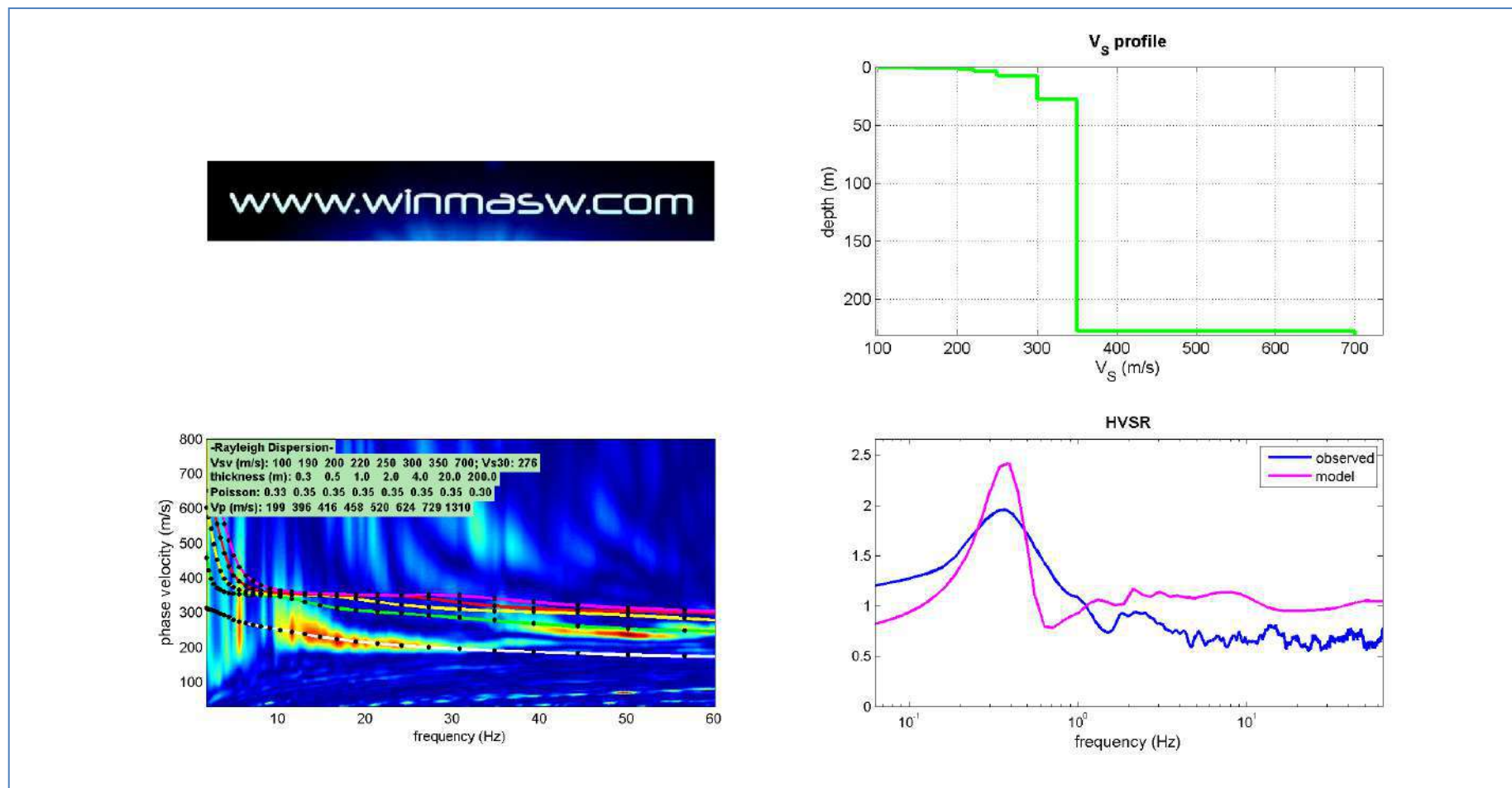


Figura 8: Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in blu le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

**MASW 2*****Mean model***

Vs (m/s): 100, 190, 200, 220, 250, 300, 350, 700

Thickness (m): 0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 20.0, 200.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.66 1.83 1.84 1.87 1.90 1.94 1.98 2.12

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 17 66 74 90 118 175 242 1039

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 199 396 416 458 520 624 729 1310

Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30

Vs30 (m/s): 276

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW6	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	1.5 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 6.5m
Coordinate Gauss-Boaga	43° 31.727'N - 10° 18.704'E



Figura 18: Stendimento sismico MASW6

## MASW 6

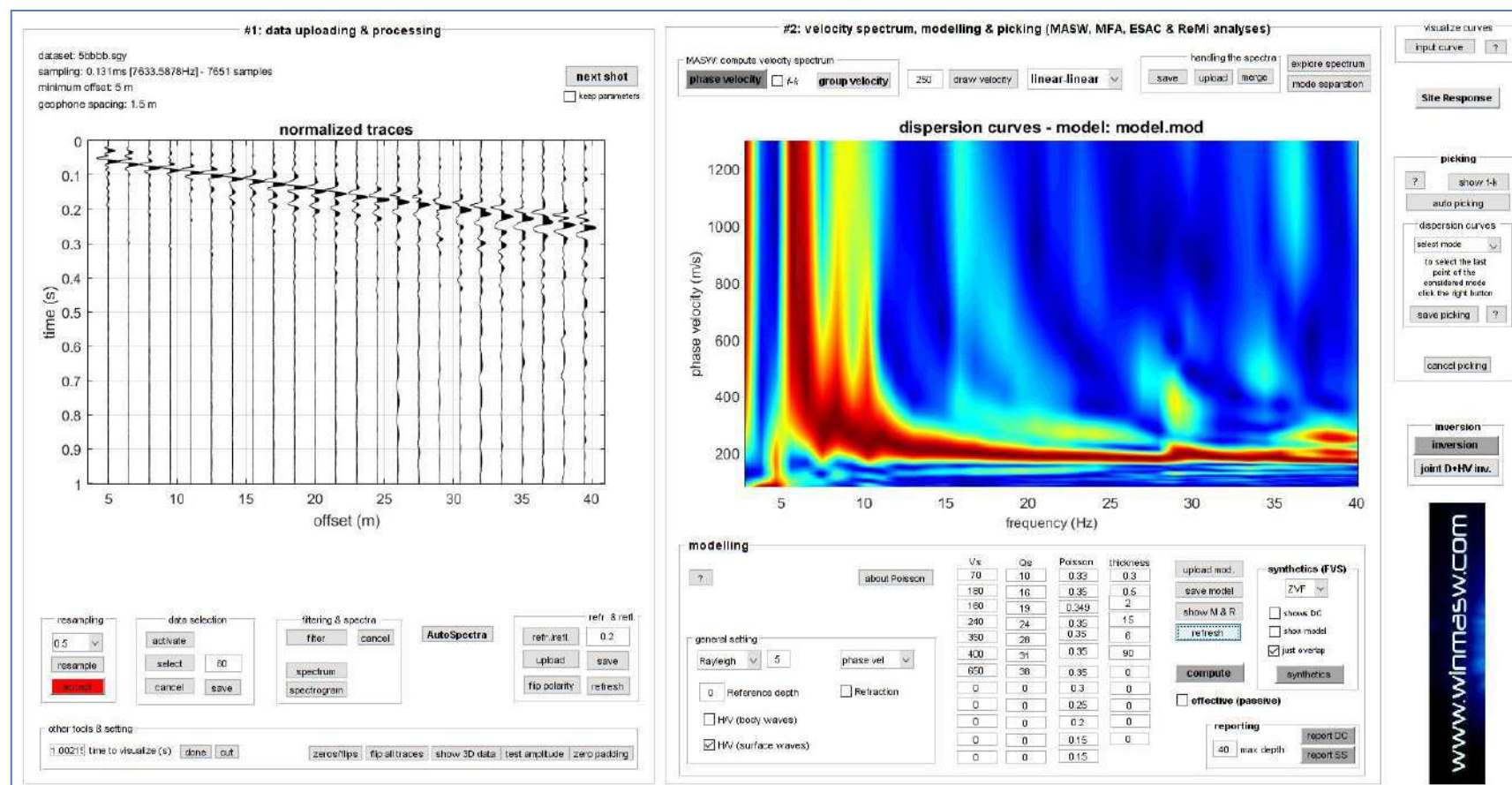


Figura 19: Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità



## MASW 6

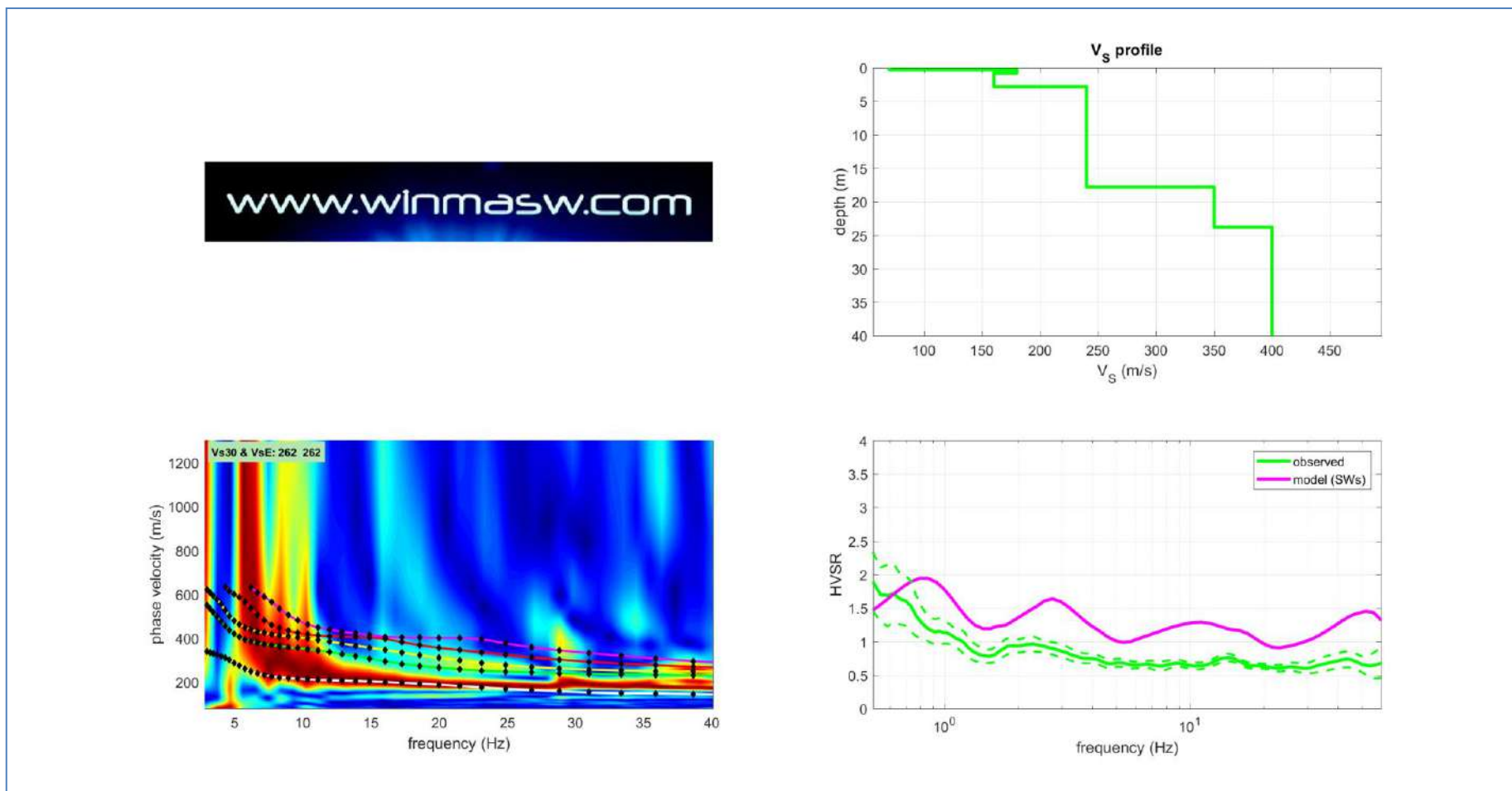


Figura 20: Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in verde le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

**MASW 6*****Mean model***

Vs (m/s): 70, 180, 160, 240, 350, 400, 650

Thickness (m): 0.3, 0.5, 2.0, 15.0, 6.0, 90.0

**Vs model (Vs30 & VsE: 262 262 m/s)**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	70	0.3000	0.3000
2	180	0.5000	0.8000
3	160	2	2.8000
4	240	15	17.8000
5	350	6	23.8000
6	400	90	113.8000
7	650	0	0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.58 1.82 1.79 1.89 1.98 2.01 2.13

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 8 59 46 109 242 321 899

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 139 375 333 499 728 832 1353

Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 and VsE (m/s): 262 262

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW7	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	1.5 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 6.5m
Coordinate Gauss-Boaga	43° 31.682'N - 10° 18.729'E



Figura 21: Stendimento sismico MASW7

## #2: veloc



## MASW 7

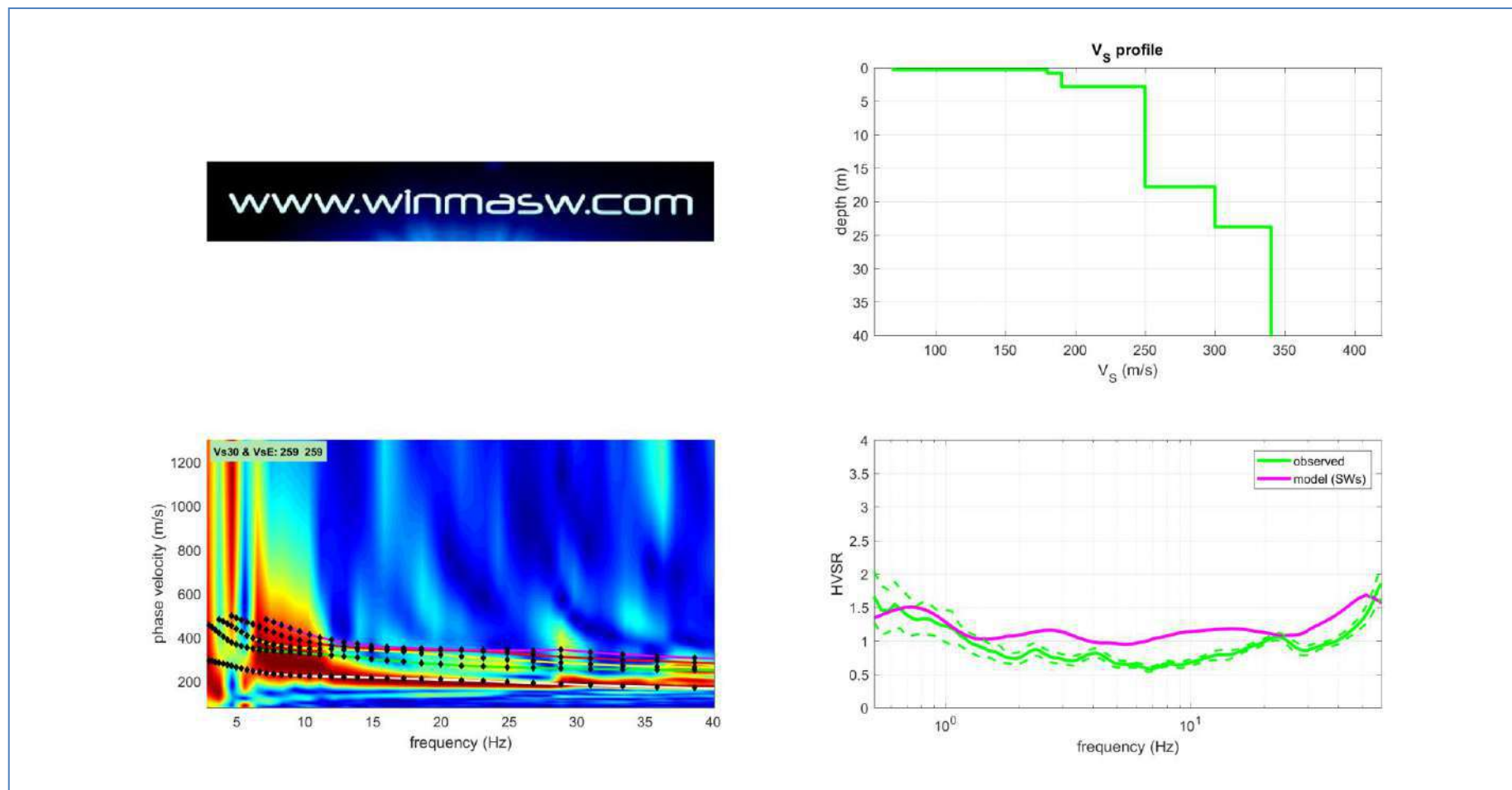


Figura 23: Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in verde le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.



**MASW 7*****Mean model***

Vs (m/s): 70, 180, 190, 250, 300, 340, 500

Thickness (m): 0.3, 0.5, 2.0, 15.0, 6.0, 80.0

**Vs model (Vs30 & VsE: 259 259 m/s)**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	70	0.3000	0.3000
2	180	0.5000	0.8000
3	190	2	2.8000
4	250	15	17.8000
5	300	6	23.8000
6	340	80	103.8000
7	500	0	0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.58 1.82 1.83 1.90 1.94 1.97 2.06

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 8 59 66 118 175 228 516

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 139 375 395 520 624 707 1041

Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 and VsE (m/s): 259 259

San Giuliano Terme (PI),

19 giugno 2019

**GAIA Servizi S.n.c.****Dott. Jacopo Martini**

**GAIA Servizi S.n.c.**  
 di Massimiliano Vannozzi & C.  
 Via Leno 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
 P. IVA 01687250508 N. REA PI - 145167

## RELAZIONE TECNICA

Committente: Regione  
Toscana

Località: Livorno – Rio  
Maggiore

Data Indagine: 2019

Codice lavoro: 190122a

### REVISIONE ELABORAZIONI

INDAGINI SISMICHE MASW

INDAGINI SISMICHE HVSR

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.n.c.**

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano  
Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 27/02/2020

**GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

## Sommario

PREMESSA .....	3
BREVE COMMENTO AI RISULTATI.....	28

## PREMESSA

Su richiesta della Regione Toscana sono state eseguite nuove elaborazioni delle acquisizioni MASW 6, 7, 8, 9, 10, 11 eseguite presso il Rio Maggiore nel 2019.

Tale rielaborazione è stata eseguita eliminando il taglio della curva HVSR alle basse frequenze, inferiori a 0.5Hz.

Di seguito sono riportati i risultati di tale elaborazione.

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW6	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	1.5 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 6.5m
Coordinate Gauss-Boaga	43° 31.727'N - 10° 18.704'E



Figura 1: Stendimento sismico MASW6



## MASW 6

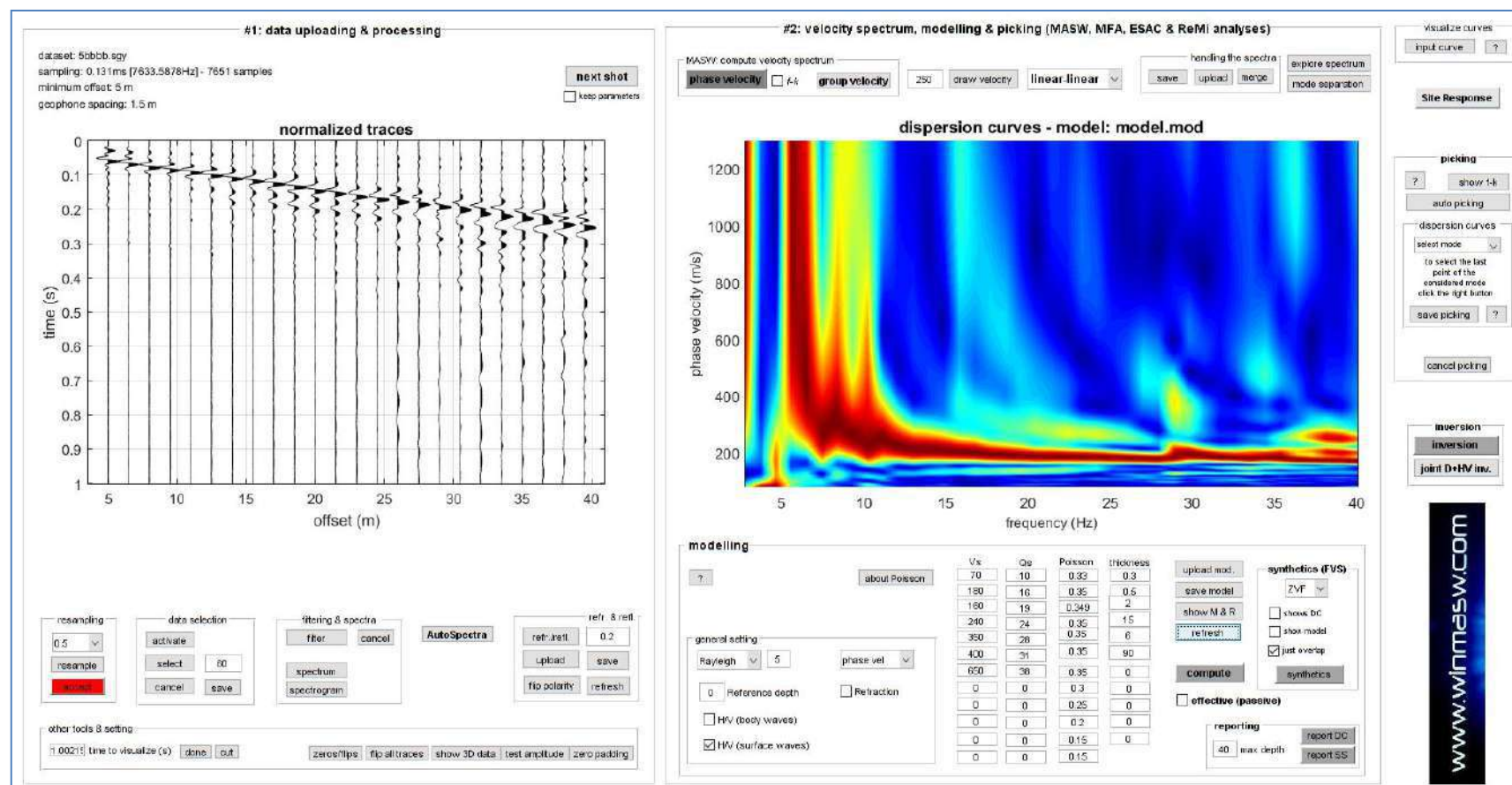


Figura 2: Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

## MASW 6

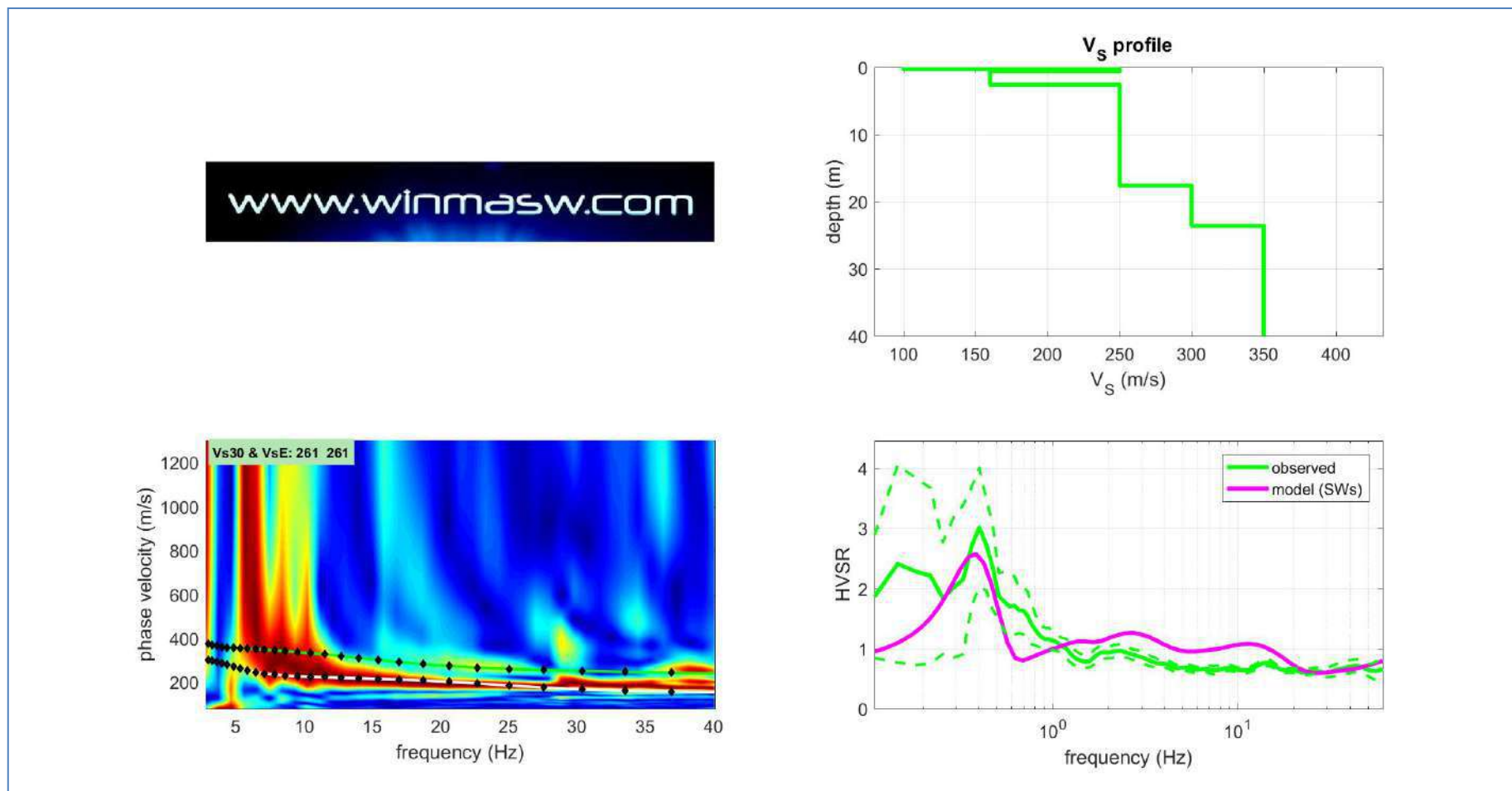


Figura 3: Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in verde le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

**MASW 6*****Mean model***

Vs (m/s): 100, 250, 160, 250, 300, 350, 700

Thickness (m): 0.3, 0.3, 2.0, 15.0, 6.0, 200.0

**Vs model (Vs30 & VsE: 261 261 m/s)**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	100	0.3000	0.3000
2	250	0.3000	0.6000
3	160	2	2.6000
4	250	15	17.6000
5	300	6	23.6000
6	350	200	223.60...
7	700	0	0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.66 1.90 1.79 1.90 1.94 1.98 2.15

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 17 119 46 118 175 242 1051

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 199 521 333 520 624 728 1457

Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 and VsE (m/s): 261 261

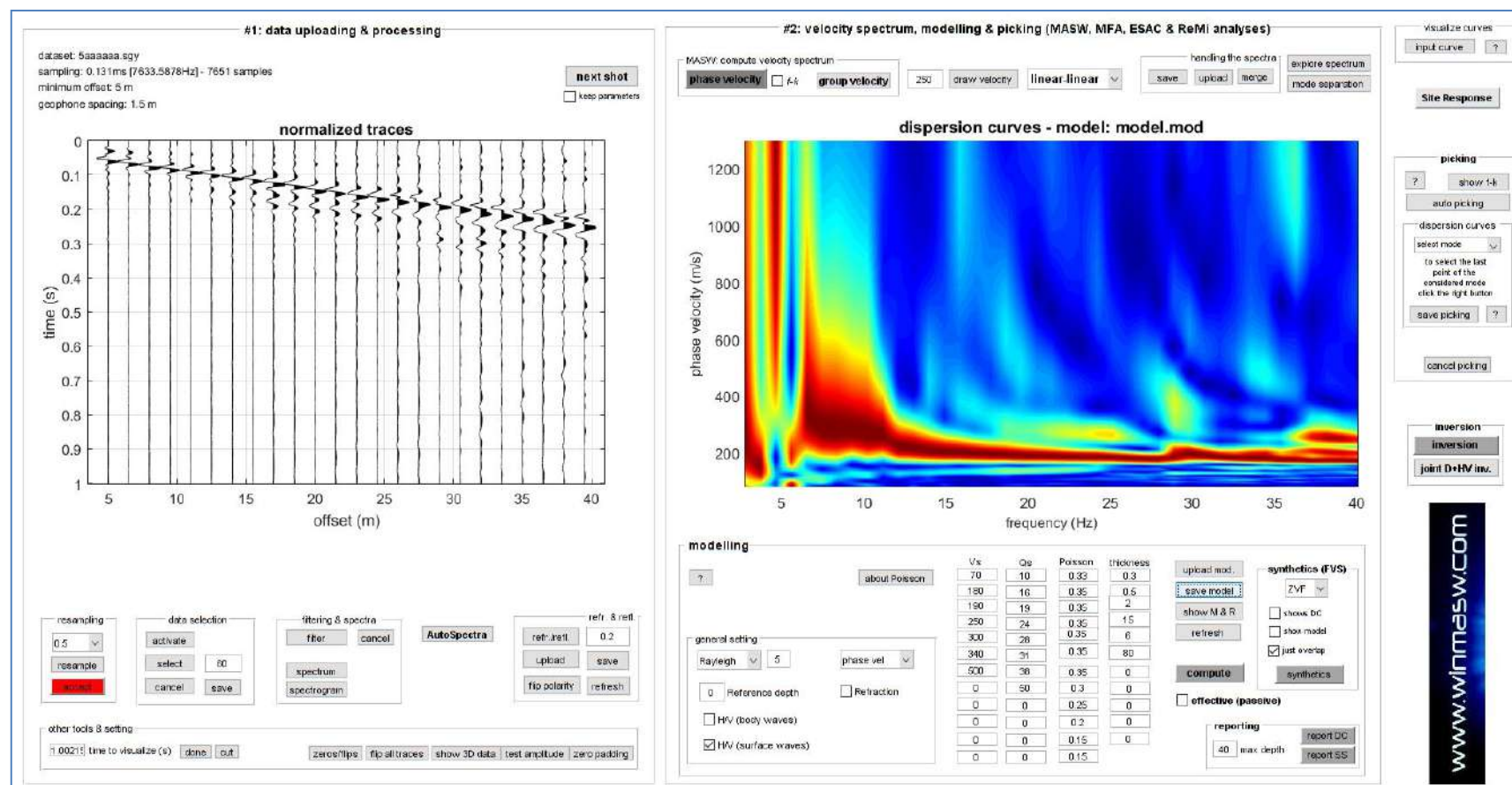
CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW7	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	1.5 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 6.5m
Coordinate Gauss-Boaga	43° 31.682'N - 10° 18.729'E



Figura 4: Stendimento sismico MASW7



## #2: veloc



**Figura 5:** Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità



## MASW 7

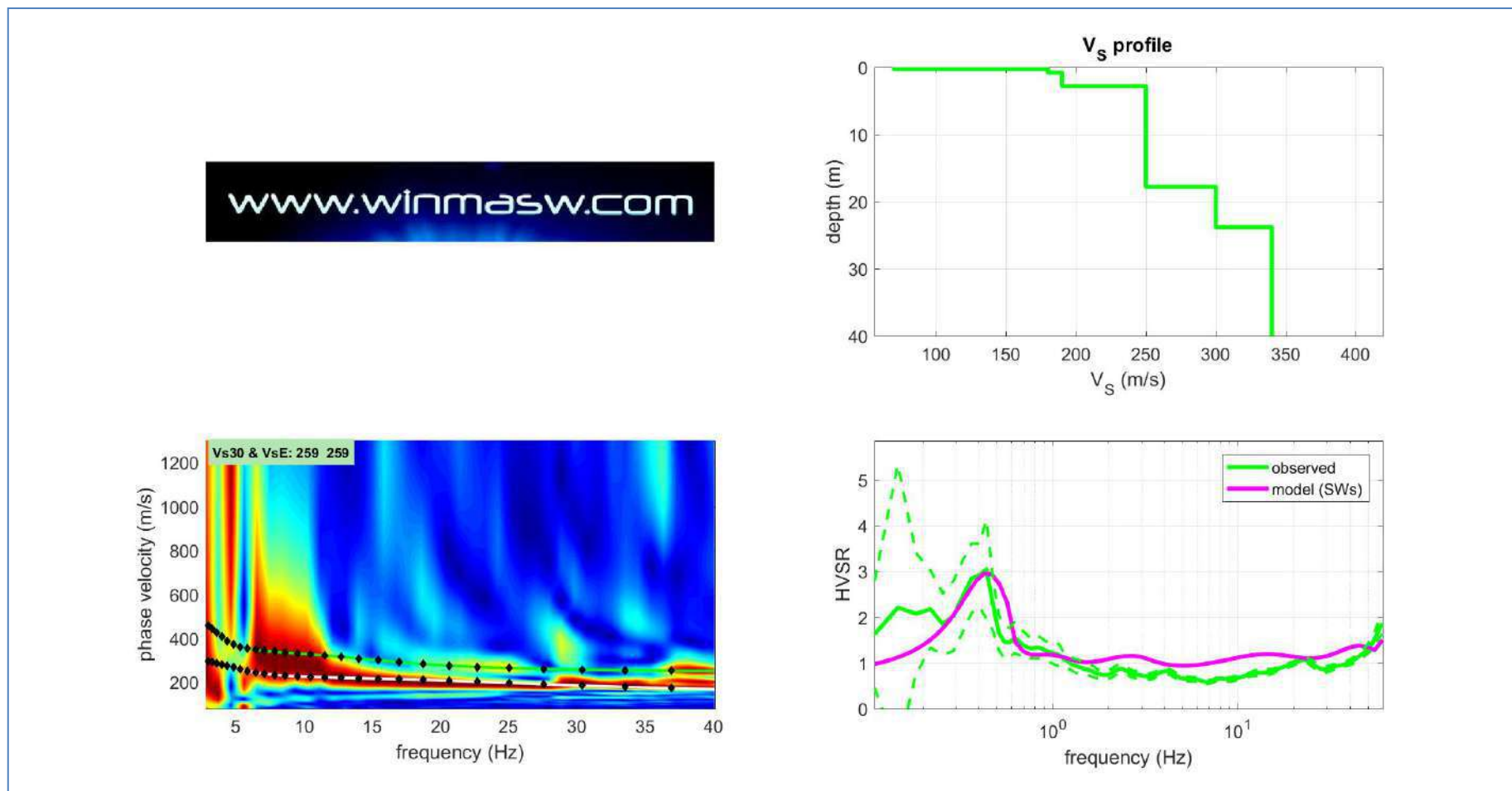


Figura 6: Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in verde le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

**MASW 7*****Mean model***

Vs (m/s): 70, 180, 190, 250, 300, 340, 500, 900

Thickness (m): 0.3, 0.5, 2.0, 15.0, 6.0, 80.0, 180.0

**Vs model (Vs30 & VsE: 259 259 m/s)**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	70	0.3000	0.3000
2	180	0.5000	0.8000
3	190	2	2.8000
4	250	15	17.8000
5	300	6	23.8000
6	340	80	103.80...
7	500	180	283.80...
8	900	0	0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.58 1.82 1.83 1.90 1.94 1.97 2.06 2.18

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 8 59 66 118 175 228 516 1766

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 139 375 395 520 624 707 1041 1684

Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30

Vs30 and VsE (m/s): 259 259

## BREVE COMMENTO AI RISULTATI

In tutte le rielaborazioni eseguite, l'andamento delle velocità sismiche nei primi 30m di profondità rimangono praticamente le stesse ricavate dalla precedente elaborazione.

L'analisi delle curve delle curve HVSR alle frequenze inferiori a 0.5Hz ha portato ad evidenziare livelli sismici a profondità superiori ai 100m.

\*\*\*\*\*

San Giuliano Terme (PI),  
27 febbraio 2020

**GAIA Servizi S.n.c.**

**Dott. Jacopo Martini**

**GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

## **Allegato E**

## Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni  
Muro rigido: 0

### Sito in esame.

latitudine: 43,529315  
longitudine: 10,312338  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

### Siti di riferimento

Sito 1	ID: 20932	Lat: 43,5399	Lon: 10,2481	Distanza:
5310,904				
Sito 2	ID: 20933	Lat: 43,5418	Lon: 10,3170	Distanza:
1439,730				
Sito 3	ID: 21155	Lat: 43,4919	Lon: 10,3196	Distanza:
4206,544				
Sito 4	ID: 21154	Lat: 43,4900	Lon: 10,2507	Distanza:
6623,687				

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50anni  
Coefficiente cu: 1

### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,033 g  
Fo: 2,576  
Tc\*: 0,206 [s]

### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,041 g  
Fo: 2,576  
Tc\*: 0,233 [s]

### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,109 g  
Fo: 2,470  
Tc\*: 0,271 [s]

### Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,140 g  
Fo: 2,491  
Tc\*: 0,277 [s]



# Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

## SLO:

Ss: 1,500  
Cc: 1,770  
St: 1,000  
Kh: 0,010  
Kv: 0,005  
Amax: 0,484  
Beta: 0,200

## SLD:

Ss: 1,500  
Cc: 1,700  
St: 1,000  
Kh: 0,012  
Kv: 0,006  
Amax: 0,604  
Beta: 0,200

## SLV:

Ss: 1,500  
Cc: 1,620  
St: 1,000  
Kh: 0,039  
Kv: 0,020  
Amax: 1,608  
Beta: 0,240

## SLC:

Ss: 1,490  
Cc: 1,600  
St: 1,000  
Kh: 0,050  
Kv: 0,025  
Amax: 2,048  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50  
Geostru

## Coordinate WGS84

latitudine: 43.528344  
longitudine: 10.311338

## **Allegato F**

<b>Committente</b> REGIONE TOSCANA		<b>Cantiere</b> RIO MAGGIORE (LIVORNO)	<b>Sondaggio</b> S2G	<b>Profondità raggiunta</b> 15,00 m dal p.c.		
<b>Tipo di carotaggio</b> A rotazione		<b>Quota in m sul l.m.m.</b> 5,5 (dati da LIDAR Regione Toscana)	<b>Coordinate E-N (GaussBoaga)</b> 1.605.966 - 4.820.330	<b>Inizio-fine perforazione</b> 20 MARZO 2019		
<b>Ditta di perforazione</b> GAIA SERVIZI S.N.C.		<b>Sonda tipo</b> ATLAS COPCO MUSTANG A32 CB	<b>Capo sonda</b> MASSIMILIANO VANNOZZI	<b>Aiuto sonda</b>		
Scala	Litologia	Descrizione	Campioni tipo	Diametro foro	Falda	Piezometro
1		Terreno vegetale alterato 0,10		101 mm		
		Riporto costituito da materiali vari, inerti e laterizi in matrice limosa e sabbiosa, da grigio chiaro a rossastro a marroncino				
2		SPT in foro tra -1,50 m e -1,95 m (12, 14, 16)				
3		3,10				
4		Sabbia a color marrone grigio, talora con ghiaia sparsa e clasti grossolani cementati, da chiari a rossastri				
		SPT in foro tra -3,00 m e -3,45 m (10, 13, 15)				
5		4,50	Shelby			
		Campione 5,00				
6		Ghiaia in matrice limo argillosa a color nocciola 5,20				
7		Argilla nocciola con esili passate limose, talvolta ghiaiosa, più o meno consistente				
		SPT in foro tra -5,50 m e -5,95 m (10, 14, 18) 6,10				
8		Argilla limosa e sabbiosa a color nocciola con clasti centimetrici, talvolta ghiaie cementate 6,60				
9		Argilla nocciola con esili passate limose, talvolta ghiaiosa, con screziature carboniose, più o meno consistente 7,30				
		Calcarenite cementata (Panchina) alternata a sabbia 7,50				
10		Sabbia grigio nocciola con clasti da millimetrici a centimetrici e resti animali (conchiglie) 8,00				
11		Argilla limosa grigio nocciola con piccoli clasti 8,30				
		Sabbia grigia con clasti 8,40				
12		Campione 9,00	Shelby			
13		Argilla e argilla limosa a color grigio azzurro, più o meno consistente, talvolta sabbiosa, con screziature carboniose e resti animali (conchiglie)				
14						
15		15,00				
16						

**Progetto: INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO SUL BACINO DEL RIO MAGGIORE, COMUNE DI LIVORNO (PROVINCIA DI LIVORNO)**

<b>Committente</b> REGIONE TOSCANA		<b>Cantiere</b> RIO MAGGIORE (LIVORNO)	<b>Sondaggio</b> S3G		<b>Profondità raggiunta</b> 15,00 m dal p.c.	
<b>Tipo di carotaggio</b> A rotazione		<b>Quota in m sul l.m.m.</b> 6,30 (dati da LIDAR Regione Toscana)	<b>Coordinate E-N (GaussBoaga)</b> 1.606.137 - 4.820.287		<b>Inizio-fine perforazione</b> 26 GENNAIO 2019	
<b>Ditta di perforazione</b> GAIA SERVIZI S.N.C.		<b>Sonda tipo</b> ATLAS COPCO MUSTANG A32 CB	<b>Capo sonda</b> MASSIMILIANO VANNOZZI		<b>Aiuto sonda</b>	
Scala	Litologia	Descrizione	Campioni tipo	Diametro foro	Falda	Piezometro
1		Riporto con materiali centimetrici in matrice sabbioso limosa e argillosa a colori grigio bruni, talvolta rossastri, a tratti cementato	Shelby	101 mm	-3,50 m da p.c.	
2		2,30				
		Argilla limosa con clasti a color nocciola, consistente2,50				
3		Campione3,00				
		Argilla limosa, talvolta sabbiosa, con clasti a color nocciola, consistente e umida3,90				
4		Sabbia limosa a color nocciola umida e addensata4,25				
		Argilla limosa a color nocciola consistente e umida4,60				
5		Sabbia limosa e argillosa, con clasti, a color nocciola satura5,10				
		Argilla limosa, con clasti e resti carboniosi, a color nocciola consistente e umida5,60				
6		Sabbia grossolana con clasti centimetrici e millimetrici, a color nocciola, addensata6,00				
		SPT in foro tra -6,00 m e -6,45 m (28, 32, 36)6,45				
7		Sabbia, anche limosa, a color nocciola, talvolta cementata con clasti centimetrici, dove sono intercalati orizzonti calcarenitici (Panchina) tra 7,55 e 8,10. Più o meno umida8,10				
8			Shelby			
9		Argilla e argilla limosa a color grigio azzurro, piuttosto consistente, raramente con clasti, con screziature carboniose e resti animali (conchiglie)9,50				
10		Campione				
11		Argilla e argilla limosa a color grigio azzurro con screziature carboniose e resti animali (conchiglie)				
12						
13						
14						
15		15,00				
16						

**Progetto: INTERVENTI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO SUL BACINO DEL RIO MAGGIORE**  
/ **COMUNE DI LIVORNO (PROVINCIA DI LIVORNO)**

## **Allegato G**



					Prove SPT nel foro del sondaggio S2G						
1) VALORE NORMALIZZATO											
	Peso specif.	REGISTRAZIONI NSPT				Profondità	Tensione tot.	Press. Acqua	Tens.efficace	Tens.efficace	Fatt.co
Peso terreno	$\gamma$	N°	Profondità	N°colpi	N1(60)Valore corretto	H	$\sigma_{v0}$	$\sigma'_{w}$	$\sigma'_{v0}$	$\sigma'_{v0}$	CN
	20,0 KN/m3	1	1,95	30	51	0,0 m	0,0 KN/m2	0,0 KN/m2	0,0 KN/m2	0,0 Kg/cmq	0,00
Peso acqua	$\gamma_w$	2	3,45	28	33	1,0 m	20,0 KN/m2	0,0 KN/m2	20,0 KN/m2	0,2 Kg/cmq	2,24
	10,0 KN/m3	3	5,95	32	34	2,0 m	40,0 KN/m2	0,0 KN/m2	40,0 KN/m2	0,4 Kg/cmq	1,58
Profondità falda	Hf	4			0	3,0 m	60,0 KN/m2	0,0 KN/m2	60,0 KN/m2	0,6 Kg/cmq	1,29
	4,0 m	5			0	4,0 m	80,0 KN/m2	0,0 KN/m2	80,0 KN/m2	0,8 Kg/cmq	1,12
Rendimento	ER	6			0	5,0 m	100,0 KN/m2	-10,0 KN/m2	90,0 KN/m2	0,9 Kg/cmq	1,05
	65 %	7			0	6,0 m	120,0 KN/m2	-20,0 KN/m2	100,0 KN/m2	1,0 Kg/cmq	1,00
		8			0	7,0 m	140,0 KN/m2	-30,0 KN/m2	110,0 KN/m2	1,1 Kg/cmq	0,95
		9			0	8,0 m	160,0 KN/m2	-40,0 KN/m2	120,0 KN/m2	1,2 Kg/cmq	0,91
		10			0	9,0 m	180,0 KN/m2	-50,0 KN/m2	130,0 KN/m2	1,3 Kg/cmq	0,88
						10,0 m	200,0 KN/m2	-60,0 KN/m2	140,0 KN/m2	1,4 Kg/cmq	0,85
						11,0 m	220,0 KN/m2	-70,0 KN/m2	150,0 KN/m2	1,5 Kg/cmq	0,82
						12,0 m	240,0 KN/m2	-80,0 KN/m2	160,0 KN/m2	1,6 Kg/cmq	0,79
						13,0 m	260,0 KN/m2	-90,0 KN/m2	170,0 KN/m2	1,7 Kg/cmq	0,77
						14,0 m	280,0 KN/m2	-100,0 KN/m2	180,0 KN/m2	1,8 Kg/cmq	0,75
						15,0 m	300,0 KN/m2	-110,0 KN/m2	190,0 KN/m2	1,9 Kg/cmq	0,73
						16,0 m	320,0 KN/m2	-120,0 KN/m2	200,0 KN/m2	2,0 Kg/cmq	0,71
						17,0 m	340,0 KN/m2	-130,0 KN/m2	210,0 KN/m2	2,1 Kg/cmq	0,69
						18,0 m	360,0 KN/m2	-140,0 KN/m2	220,0 KN/m2	2,2 Kg/cmq	0,67
						19,0 m	380,0 KN/m2	-150,0 KN/m2	230,0 KN/m2	2,3 Kg/cmq	0,66
						20,0 m	400,0 KN/m2	-160,0 KN/m2	240,0 KN/m2	2,4 Kg/cmq	0,65
						21,0 m	420,0 KN/m2	-170,0 KN/m2	250,0 KN/m2	2,5 Kg/cmq	0,63
						22,0 m	440,0 KN/m2	-180,0 KN/m2	260,0 KN/m2	2,6 Kg/cmq	0,62
						23,0 m	460,0 KN/m2	-190,0 KN/m2	270,0 KN/m2	2,7 Kg/cmq	0,61
						24,0 m	480,0 KN/m2	-200,0 KN/m2	280,0 KN/m2	2,8 Kg/cmq	0,60
						25,0 m	500,0 KN/m2	-210,0 KN/m2	290,0 KN/m2	2,9 Kg/cmq	0,59
						26,0 m	520,0 KN/m2	-220,0 KN/m2	300,0 KN/m2	3,0 Kg/cmq	0,58
						27,0 m	540,0 KN/m2	-230,0 KN/m2	310,0 KN/m2	3,1 Kg/cmq	0,57
						28,0 m	560,0 KN/m2	-240,0 KN/m2	320,0 KN/m2	3,2 Kg/cmq	0,56
						29,0 m	580,0 KN/m2	-250,0 KN/m2	330,0 KN/m2	3,3 Kg/cmq	0,55

2)STIMA PARAMETRI MECCANICI TERRENI INCORENTI					
N°	Profondità	N1(60)	Densità relativa		
			Skempton(1986)	Gibbs&Holtz	Schultze
1	2,0 m	51	92,20 %	158,08 %	170,90 %
2	3,5 m	33	74,16 %	105,80 %	104,08 %
3	6,0 m	34	75,28 %	96,81 %	94,94 %
4	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
5	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
6	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
7	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
8	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
9	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
10	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502

N°	Profondità	N1(60)	Modulo elastico							
			Schmertmann sf	Schmertmann sm	Schmertmann sg	Terzaghi	D'Appolonia1	D'Appolonia2	Schulze	Webb1
1	2,0 m	51	40,8 Mpa	61,2 Mpa	102,0 Mpa	50,0 Mpa	58,4 Mpa	91,7 Mpa	34,6 Mpa	32,1 Mpa
2	3,5 m	33	26,4 Mpa	39,6 Mpa	66,0 Mpa	40,2 Mpa	44,5 Mpa	72,6 Mpa	25,1 Mpa	23,4 Mpa
3	6,0 m	34	27,2 Mpa	40,8 Mpa	68,0 Mpa	40,8 Mpa	45,3 Mpa	73,6 Mpa	25,6 Mpa	23,9 Mpa
4	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
5	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
6	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
7	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
8	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
9	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
10	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa

N°	Profondità	N1(60)	Angolo di attrito interno							
			Japanese	Road Bridge	De Mello	Owasaki	Sowers	Malcev	Peck	Meyerhof 1
1	2,0 m	51	42,3 °	42,7 °	33,8 °	46,9 °	42,3 °	29,9 °	41,5 °	42,5 °
2	3,5 m	33	36,9 °	37,2 °	32,0 °	40,7 °	37,2 °	26,8 °	36,4 °	40,3 °
3	6,0 m	34	37,2 °	37,6 °	32,0 °	41,1 °	37,5 °	25,9 °	36,7 °	40,5 °
4	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
5	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
6	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
7	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
8	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
9	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
							Schmertmann sf	Schmertmann sm	Schmertmann sg	Schmertmann g
							40,9 °	42,1 °	43,7 °	45,4 °
							38,4 °	40,0 °	41,9 °	43,9 °
							38,5 °	40,2 °	42,0 °	44,0 °
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502

N°	Profondità	N1(60)	Modulo edometrico				
			Farrent	Malcev1	Malcev2	Malcev3	Malcev4
1	2,0 m	51	36,2 Mpa	21,9 Mpa	26,5 Mpa	57,1 Mpa	64,2 Mpa
2	3,5 m	33	23,4 Mpa	15,5 Mpa	18,5 Mpa	38,3 Mpa	42,9 Mpa
3	6,0 m	34	24,1 Mpa	15,8 Mpa	19,0 Mpa	39,4 Mpa	44,1 Mpa
4	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
5	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
6	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
7	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
8	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
9	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
10	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa

						Prove SPT nel foro del sondaggio S3G						
1) VALORE NORMALIZZATO												
	Peso specif.	REGISTRAZIONI NSPT				Profondità	Tensione tot.	Press. Acqua	Tens.efficace	Tens.efficace	Fatt	
Peso terreno	$\gamma$	N°	Profondità	N°colpi	N1(60)Valore corretto	H	$\sigma_{v0}$	$\sigma'_{w}$	$\sigma'_{v0}$	$\sigma'_{v0}$	CN	
	18,8 KN/m3	1	6,45	68	69	0,0 m	0,0 KN/m2	0,0 KN/m2	0,0 KN/m2	0,0 Kg/cmq	0,00	
Peso acqua	$\gamma_w$	2			0	1,0 m	18,8 KN/m2	0,0 KN/m2	18,8 KN/m2	0,2 Kg/cmq	2,31	
	10,0 KN/m3	3			0	2,0 m	37,6 KN/m2	0,0 KN/m2	37,6 KN/m2	0,4 Kg/cmq	1,63	
Profondità falda	Hf	4			0	3,0 m	56,4 KN/m2	0,0 KN/m2	56,4 KN/m2	0,6 Kg/cmq	1,33	
	5,0 m	5			0	4,0 m	75,2 KN/m2	0,0 KN/m2	75,2 KN/m2	0,8 Kg/cmq	1,15	
Rendimento	ER	6			0	5,0 m	94,0 KN/m2	0,0 KN/m2	94,0 KN/m2	0,9 Kg/cmq	1,03	
	65 %	7			0	6,0 m	112,8 KN/m2	-10,0 KN/m2	102,8 KN/m2	1,0 Kg/cmq	0,99	
		8			0	7,0 m	131,6 KN/m2	-20,0 KN/m2	111,6 KN/m2	1,1 Kg/cmq	0,95	
		9			0	8,0 m	150,4 KN/m2	-30,0 KN/m2	120,4 KN/m2	1,2 Kg/cmq	0,91	
		10			0	9,0 m	169,2 KN/m2	-40,0 KN/m2	129,2 KN/m2	1,3 Kg/cmq	0,88	
						10,0 m	188,0 KN/m2	-50,0 KN/m2	138,0 KN/m2	1,4 Kg/cmq	0,85	
						11,0 m	206,8 KN/m2	-60,0 KN/m2	146,8 KN/m2	1,5 Kg/cmq	0,83	
						12,0 m	225,6 KN/m2	-70,0 KN/m2	155,6 KN/m2	1,6 Kg/cmq	0,80	
						13,0 m	244,4 KN/m2	-80,0 KN/m2	164,4 KN/m2	1,6 Kg/cmq	0,78	
						14,0 m	263,2 KN/m2	-90,0 KN/m2	173,2 KN/m2	1,7 Kg/cmq	0,76	
						15,0 m	282,0 KN/m2	-100,0 KN/m2	182,0 KN/m2	1,8 Kg/cmq	0,74	
						16,0 m	300,8 KN/m2	-110,0 KN/m2	190,8 KN/m2	1,9 Kg/cmq	0,72	
						17,0 m	319,6 KN/m2	-120,0 KN/m2	199,6 KN/m2	2,0 Kg/cmq	0,71	
						18,0 m	338,4 KN/m2	-130,0 KN/m2	208,4 KN/m2	2,1 Kg/cmq	0,69	
						19,0 m	357,2 KN/m2	-140,0 KN/m2	217,2 KN/m2	2,2 Kg/cmq	0,68	
						20,0 m	376,0 KN/m2	-150,0 KN/m2	226,0 KN/m2	2,3 Kg/cmq	0,67	
						21,0 m	394,8 KN/m2	-160,0 KN/m2	234,8 KN/m2	2,3 Kg/cmq	0,65	
						22,0 m	413,6 KN/m2	-170,0 KN/m2	243,6 KN/m2	2,4 Kg/cmq	0,64	
						23,0 m	432,4 KN/m2	-180,0 KN/m2	252,4 KN/m2	2,5 Kg/cmq	0,63	
						24,0 m	451,2 KN/m2	-190,0 KN/m2	261,2 KN/m2	2,6 Kg/cmq	0,62	
						25,0 m	470,0 KN/m2	-200,0 KN/m2	270,0 KN/m2	2,7 Kg/cmq	0,61	
						26,0 m	488,8 KN/m2	-210,0 KN/m2	278,8 KN/m2	2,8 Kg/cmq	0,60	
						27,0 m	507,6 KN/m2	-220,0 KN/m2	287,6 KN/m2	2,9 Kg/cmq	0,59	
						28,0 m	526,4 KN/m2	-230,0 KN/m2	296,4 KN/m2	3,0 Kg/cmq	0,58	
						29,0 m	545,2 KN/m2	-240,0 KN/m2	305,2 KN/m2	3,1 Kg/cmq	0,57	
						30,0 m	564,0 KN/m2	-250,0 KN/m2	314,0 KN/m2	3,1 Kg/cmq	0,56	

2)STIMA PARAMETRI MECCANICI TERRENI INCORENTI

N°	Profondità	N1(60)	Densità relativa		
			Skempton(1986)	Gibbs&Holtz	Schultze
1	6,5 m	69	107,24 %	132,70 %	128,59 %
2	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
3	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
4	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
5	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
6	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
7	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
8	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
9	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502
10	0,0 m	0	0,00 %	0,00 %	Err:502

N°	Profondità	N1(60)	Modulo elastico							
			Schmertmann sf	Schmertmann sm	Schmertmann sg	Terzaghi	D'Appolonia1	D'Appolonia2	Schulze	Webb1
1	6,5 m	69	55,2 Mpa	82,8 Mpa	138,0 Mpa	58,1 Mpa	72,3 Mpa	110,8 Mpa	44,1 Mpa	40,9 Mpa
2	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
3	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
4	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
5	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
6	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
7	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
8	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
9	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa
10	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	0,0 Mpa	19,1 Mpa	37,5 Mpa	7,7 Mpa	7,3 Mpa

N°	Profondità	N1(60)	Angolo di attrito interno							
			Japanese	Road Bridge	De Mello	Owasaki	Sowers	Malcev	Peck	Meyerhof 1
1	6,5 m	69	47,7 °	47,2 °	34,7 °	52,1 °	47,3 °	26,8 °	46,5 °	42,2 °
2	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
3	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
4	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
5	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
6	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
7	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
8	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
9	0,0 m	0	27,0 °	15,0 °	Err:502	15,0 °	28,0 °	Err:502	27,2 °	29,5 °
							Schmertmann sf	Schmertmann sm	Schmertmann sg	Schmertmann g
							43,0 °	43,8 °	45,2 °	46,6 °
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502
							Err:502	Err:502	Err:502	Err:502

N°	Profondità	N1(60)	Modulo edometrico				
			Farrent	Malcev1	Malcev2	Malcev3	Malcev4
1	6,5 m	69	49,0 Mpa	28,2 Mpa	34,6 Mpa	76,0 Mpa	85,5 Mpa
2	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
3	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
4	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
5	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
6	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
7	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
8	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
9	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa
10	0,0 m	0	0,0 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa	3,8 Mpa

N°	Profondità	N1(60)	Modulo di taglio	
			Ohsaki1	Ohsaki2
1	6,5 m	69	34,8 Mpa	29,5 Mpa
2	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
3	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
4	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
5	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
6	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
7	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
8	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
9	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
10	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa

3) STIMA PARAMETRI MECCANICI TERRENI COESIVI

N°	Profondità	N1(60)	Coesione non drenata									
			Terzaghi	DM-7_1	DM-7_2	DM-7_3	Sanglerat1	Sanglerat2	Sanglerat3	Shioi-Fukui1	Shioi-Fukui2	
1	6,5 m	69	462,3 Kpa	262,2 Kpa	510,6 Kpa	862,5 Kpa	862,5 Kpa	690,0 Kpa	462,3 Kpa	172,5 Kpa	345,0 Kpa	
2	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
3	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
4	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
5	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
6	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
7	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
8	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
9	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
10	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	

N°	Profondità	N1(60)	Modulo edometrico	
			Stroud1	Stroud2
1	6,5 m	69	34,5 Mpa	41,4 Mpa
2	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
3	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
4	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
5	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
6	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
7	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
8	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
9	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
10	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa

N°	Profondità	N1(60)	Modulo di taglio
			Ohsaki
1	6,5 m	69	38,1 Mpa
2	0,0 m	0	0,0 Mpa
3	0,0 m	0	0,0 Mpa
4	0,0 m	0	0,0 Mpa
5	0,0 m	0	0,0 Mpa
6	0,0 m	0	0,0 Mpa
7	0,0 m	0	0,0 Mpa
8	0,0 m	0	0,0 Mpa
9	0,0 m	0	0,0 Mpa
10	0,0 m	0	0,0 Mpa

N°	Profondità	N1(60)	Modulo di taglio	
			Ohsaki1	Ohsaki2
1	2,0 m	51	26,2 Mpa	23,5 Mpa
2	3,5 m	33	17,4 Mpa	16,9 Mpa
3	6,0 m	34	17,9 Mpa	17,2 Mpa
4	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
5	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
6	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
7	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
8	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
9	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
10	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa

3) STIMA PARAMETRI MECCANICI TERRENI COESIVI

N°	Profondità	N1(60)	Coesione non drenata									
			Terzaghi	DM-7_1	DM-7_2	DM-7_3	Sanglerat1	Sanglerat2	Sanglerat3	Shioi-Fukui1	Shioi-Fukui2	
1	2,0 m	51	341,7 Kpa	193,8 Kpa	377,4 Kpa	637,5 Kpa	637,5 Kpa	510,0 Kpa	341,7 Kpa	127,5 Kpa	255,0 Kpa	
2	3,5 m	33	221,1 Kpa	125,4 Kpa	244,2 Kpa	412,5 Kpa	412,5 Kpa	330,0 Kpa	221,1 Kpa	82,5 Kpa	165,0 Kpa	
3	6,0 m	34	227,8 Kpa	129,2 Kpa	251,6 Kpa	425,0 Kpa	425,0 Kpa	340,0 Kpa	227,8 Kpa	85,0 Kpa	170,0 Kpa	
4	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
5	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
6	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
7	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
8	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
9	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	
10	0,0 m	0	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	0,0 Kpa	

N°	Profondità	N1(60)	Modulo edometrico	
			Stroud1	Stroud2
1	2,0 m	51	25,5 Mpa	30,6 Mpa
2	3,5 m	33	16,5 Mpa	19,8 Mpa
3	6,0 m	34	17,0 Mpa	20,4 Mpa
4	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
5	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
6	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
7	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
8	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
9	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa
10	0,0 m	0	0,0 Mpa	0,0 Mpa

N°	Profondità	N1(60)	Modulo di taglio
			Ohsaki
1	2,0 m	51	30,1 Mpa
2	3,5 m	33	21,4 Mpa
3	6,0 m	34	21,9 Mpa
4	0,0 m	0	0,0 Mpa
5	0,0 m	0	0,0 Mpa
6	0,0 m	0	0,0 Mpa
7	0,0 m	0	0,0 Mpa
8	0,0 m	0	0,0 Mpa
9	0,0 m	0	0,0 Mpa
10	0,0 m	0	0,0 Mpa



## **Allegato H**



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

# LABOTER snc di Paolo Tognelli e C. Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

<b>Committente :</b>	<b>Regione Toscana</b>
	<b>Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa</b>
<b>Cantiere :</b>	<b>Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6</b>
<b>Verbale Accettazione n° :</b>	<b>47 del 30/01/2019</b>
<b>Data Certificazione :</b>	<b>02/07/2019</b>
<b>Campioni n°:</b>	<b>18</b>
<b>Certificati da n° a n° :</b>	<b>01981-01991 e 02764-02828</b>



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

Riferimento			Caratteristiche fisiche							Limiti di consistenza				Granulometria				Compr.	Taglio diretto			Edometrica				
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γ <sub>sec</sub> kN/m³	γ <sub>sat</sub> kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	σ kPa	φ °	c kPa	24,6 kPa	49,2 kPa	98,4 kPa	196,8 kPa	393,6 kPa	
G1	1	4.8-5.3	23,0	19,7	16,0	19,9	0,65	39,5	95,1						6,7	50,1	43,2	282	30,5	11,7			7569	6037	5241	
G1	2	7.5-8.0	25,6	19,3	15,4	19,5	0,72	41,9	95,6						10,1	45,8	44,1	175								
2 G	1	4.5-5.0	18,1	20,1	17,0	20,5	0,56	35,8	87,6					5,9	37,9	26,3	29,9	256	22,0	19,3				5482	5414	
2 G	2	8.4-9.0	27,4	19,4	15,2	19,4	0,74	42,6	99,6						11,7	42,4	45,9	159	26,6	15,1						
3 G	1	2.5-3.0	19,0	20,4	17,1	20,6	0,55	35,3	93,9	33,2	17,7	15,5	0,91	0,7	37,6	30,9	30,8	152			24600	6930	4229	4534	6866	
3 G	2	9.5-10.0	28,0	18,8	14,7	19,1	0,80	44,5	94,4	44,3	22,9	21,4	0,76		2,2	41,1	56,7	158				2076	1990	2984	4841	
4 G	1	1.8-2.3	16,6	19,0	16,3	20,1	0,62	38,4	71,6	44,0	19,1	24,9	1,10	1,5	48,4	10,3	39,8	374						11187	6508	
G5	1	1.8-2.2	18,4	20,6	17,4	20,8	0,52	34,1	95,6	48,4	24,1	24,3	1,24	3,4	30,1	20,6	45,9	534	24,8	25,3			8708	8708	15435	
G5	2	2.8-3.4	27,3											0,6	81,8	10,4	7,2									
6G	1	2.0-2.5	16,9	20,1	17,2	20,6	0,54	35,0	84,7	29,1	19,9	9,2	1,33	7,9	46,1	26,1	19,9				3324	2121	2937	4896	7935	
6 G	2	3.5-4.0	20,2	20,2	16,8	20,4	0,57	36,4	95,1	38,1	23,4	14,7	1,22	7,6	45,2	20,3	26,9		27,5	18,1						
G1		2.0-3.0								43,8	20,7	23,1		1,7	9,5	42,9	45,9									
G3		3.0-4.0								33,4	19,7	13,7		4,0	37,2	36,6	22,2									
G4		1.0-2.0								47,5	23,6	23,9		1,8	36,3	15,2	46,7									
G5		2.0-3.0												2,1	68,6	18,6	10,7									
G6		3.5-4.5												25,6	39,3	23,9	11,2									
G7		1.0-2.0												15,6	74,4	6,4	3,6									
G9		2.0-3.0												15,5	32,9	27,3	24,3									

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.5-5.0

**MODULO RIASSUNTIVO****CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	18,1	%
Peso di volume	20,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	17,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,557	
Porosità	35,8	%
Grado di saturazione	87,6	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	5,9	%
Sabbia	37,9	%
Limo	26,3	%
Argilla	29,9	%
D 10	0,000542	mm
D 50	0,026460	mm
D 60	0,162789	mm
D 90	2,839056	mm
Passante set. 10	87,1	%
Passante set. 42	68,4	%
Passante set. 200	56,2	%

**PERMEABILITA'**

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

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	256	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$c_u$	128	kPa	$c_u$ Rim	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	19,3	kPa	$\phi'$ 22,0 °
$c'$ Res		kPa	$\phi'$ Res °

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

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

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
98,4 ÷ 196,8	5482	0,000342	6,12E-09
196,8 ÷ 393,6	5414	0,000407	7,38E-09
393,6 ÷ 787,2	9914	0,000401	3,96E-09
787,2 ÷ 1574,4	20527	0,000463	2,21E-09

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

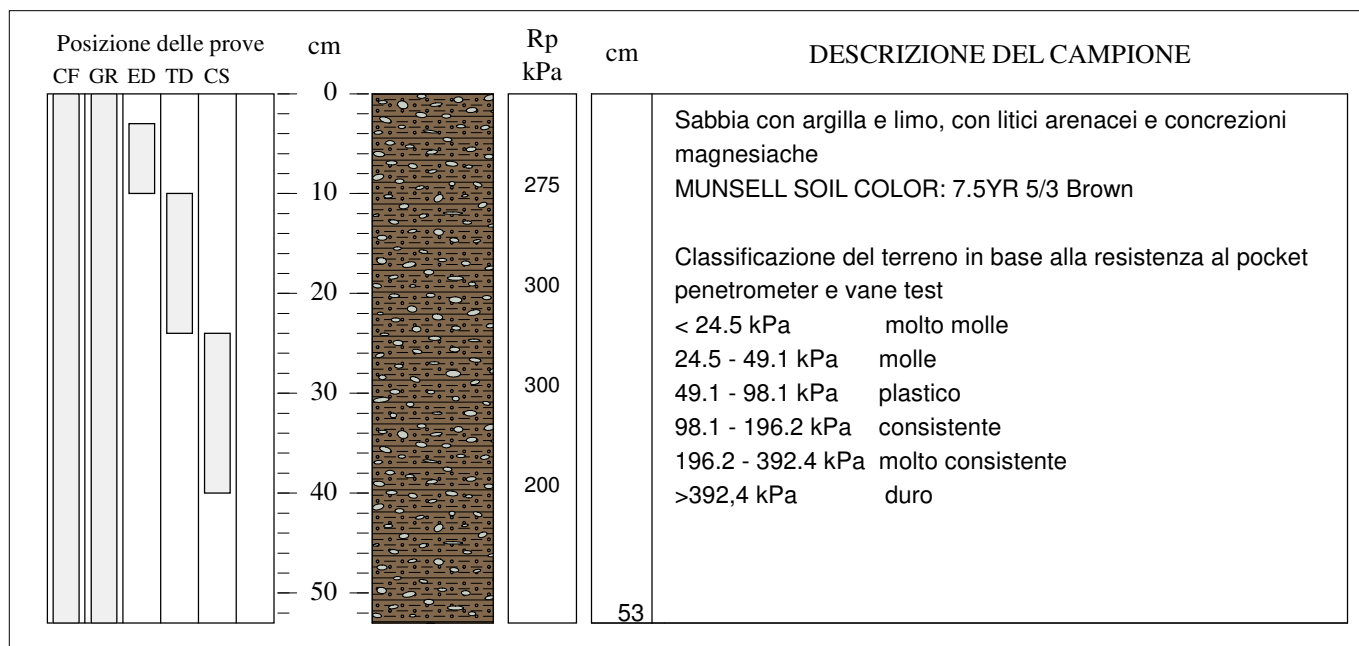
COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.5-5.0

**TIPO DI CAMPIONE**

- ☒ Cilindrico
- ☐ Cubico
- ☐ Massivo

**QUALITA' DEL CAMPIONE**

- ☒ Q5 (Ottima)
- ☐ Q4 (Buona)
- ☐ Q3 (Sufficiente)
- ☐ Q2 (Insufficiente)
- ☐ Q1 (Pessima)

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02764</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/07/19	Inizio analisi: 08/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19		Apertura campione: 08/04/19	Fine analisi: 09/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6
SONDAGGIO: 2 G CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 4.5-5.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

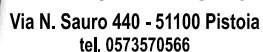
**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale = 18,1 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo☐ Stratificato☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C





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

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

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

**Peso di volume allo stato naturale = 20,1 kN/m<sup>3</sup>**

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02766** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 10/04/19

Apertura campione: 08/04/19

Fine analisi: 13/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

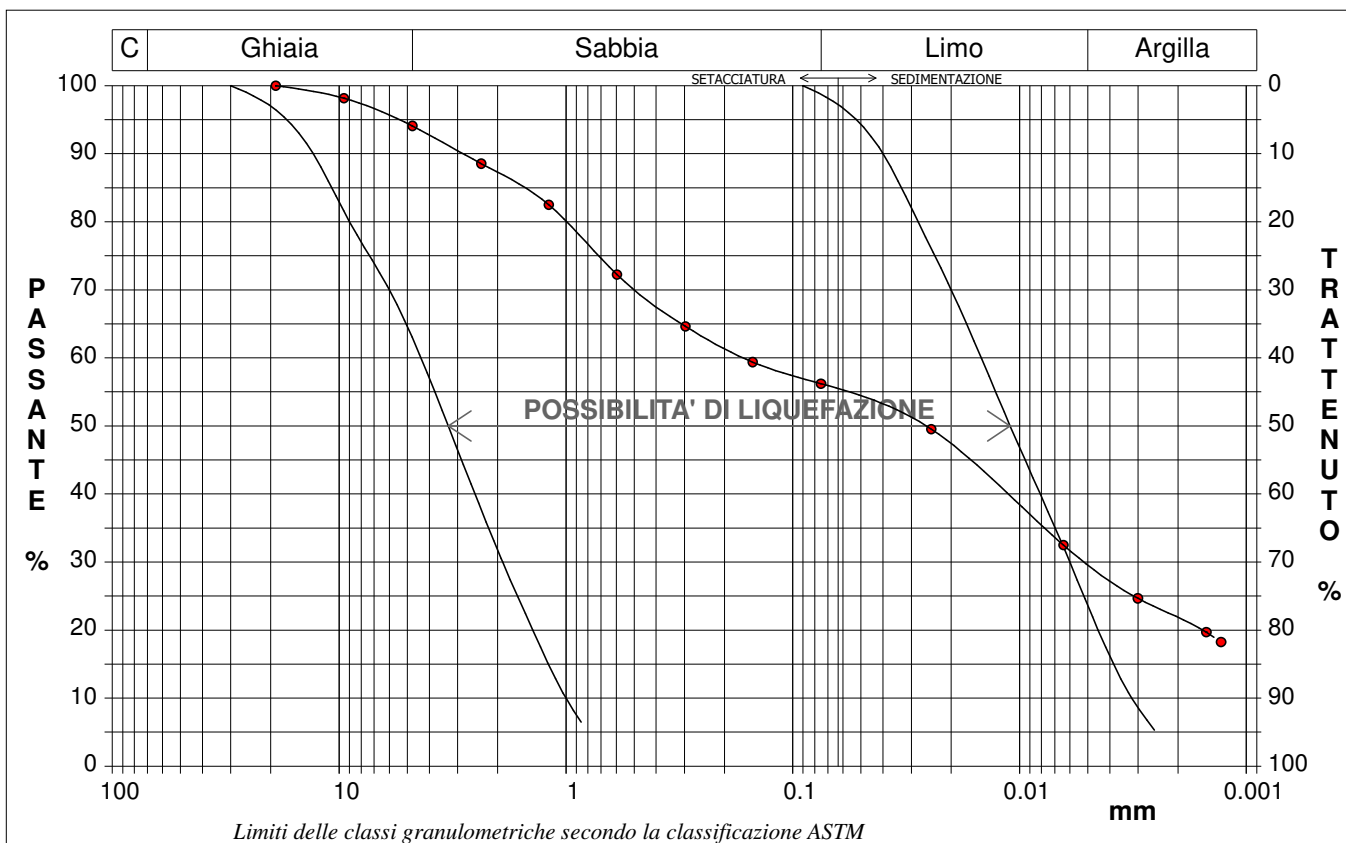
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.5-5.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	5,9 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	87,1 %	D10	0,00054 mm	
Sabbia	37,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	68,4 %	D30	0,00504 mm	
Limo	26,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	56,2 %	D50	0,02646 mm	
Argilla	29,9 %			D60	0,16279 mm	
Coefficiente di uniformità		300,09	Coefficiente di curvatura	0,29	D90	2,83906 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,5950	72,23	0,0064	32,48				
9,5200	98,15	0,2970	64,62	0,0030	24,65				
4,7500	94,08	0,1500	59,37	0,0015	19,68				
2,3600	88,53	0,0750	56,20	0,0013	18,25				
1,1900	82,49	0,0245	49,54						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02767** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 08/04/19

Apertura campione: 08/04/19

Fine analisi: 14/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

CAMPIONE: 1

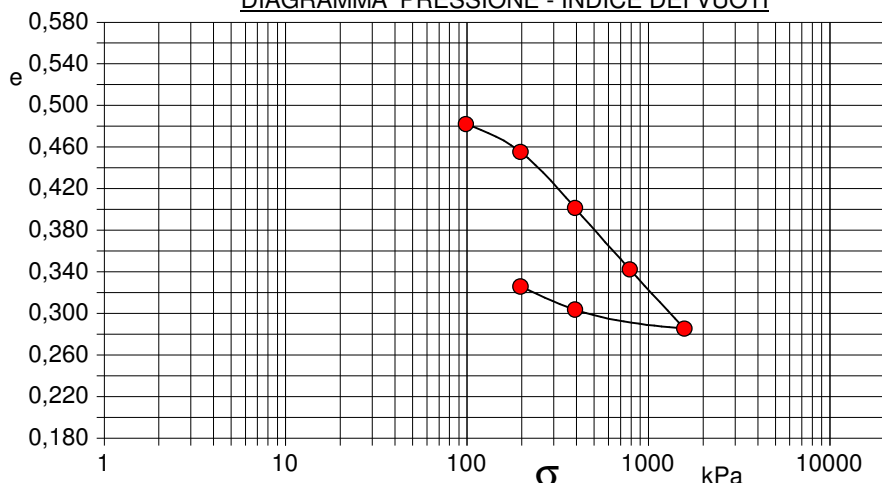
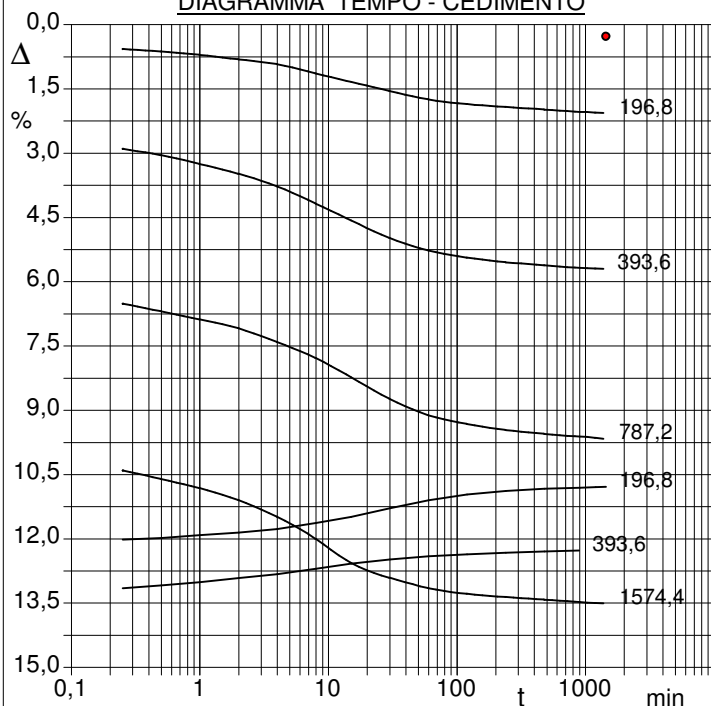
PROFONDITA': m 4.5-5.0

**PROVA EDOMETRICA**

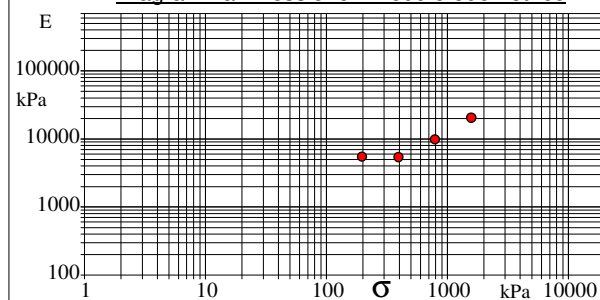
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

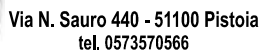
Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	21,03
Umidità (%)	18,1
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	12,84
Indice dei vuoti	0,49
Porosità (%)	32,71
Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTIDIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
98,4	5,4	0,482				
196,8	41,3	0,455	0,089	5482	0,000342	6,12E-09
393,6	114,0	0,401	0,179	5414	0,000407	7,38E-09
787,2	193,4	0,342	0,196	9914	0,000401	3,96E-09
1574,4	270,1	0,285	0,189	20527	0,000463	2,21E-09
393,6	245,5	0,304				
196,8	215,7	0,326				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11
---

Pressione 393,6 kPa		Pressione 196,8 kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,02	270,1	0,02	245,5				
0,25	263,1	0,25	240,4				
0,50	261,7	0,50	239,6				
1,00	260,2	1,00	238,3				
2,00	258,3	2,00	237,1				
4,00	256,5	4,00	235,5				
8,00	254,0	8,00	232,6				
15,00	251,6	15,00	229,7				
30,00	249,6	30,00	225,8				
60,00	248,1	60,00	222,0				
120,00	247,2	120,00	219,3				
240,00	246,5	240,00	217,7				
480,00	245,9	480,00	216,6				
887,10	245,5	900,00	216,1				
		1200,00	215,8				
		1440,00	215,7				

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02768** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 10/04/19

Apertura campione: 08/04/19

Fine analisi: 11/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

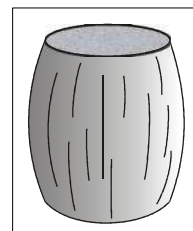
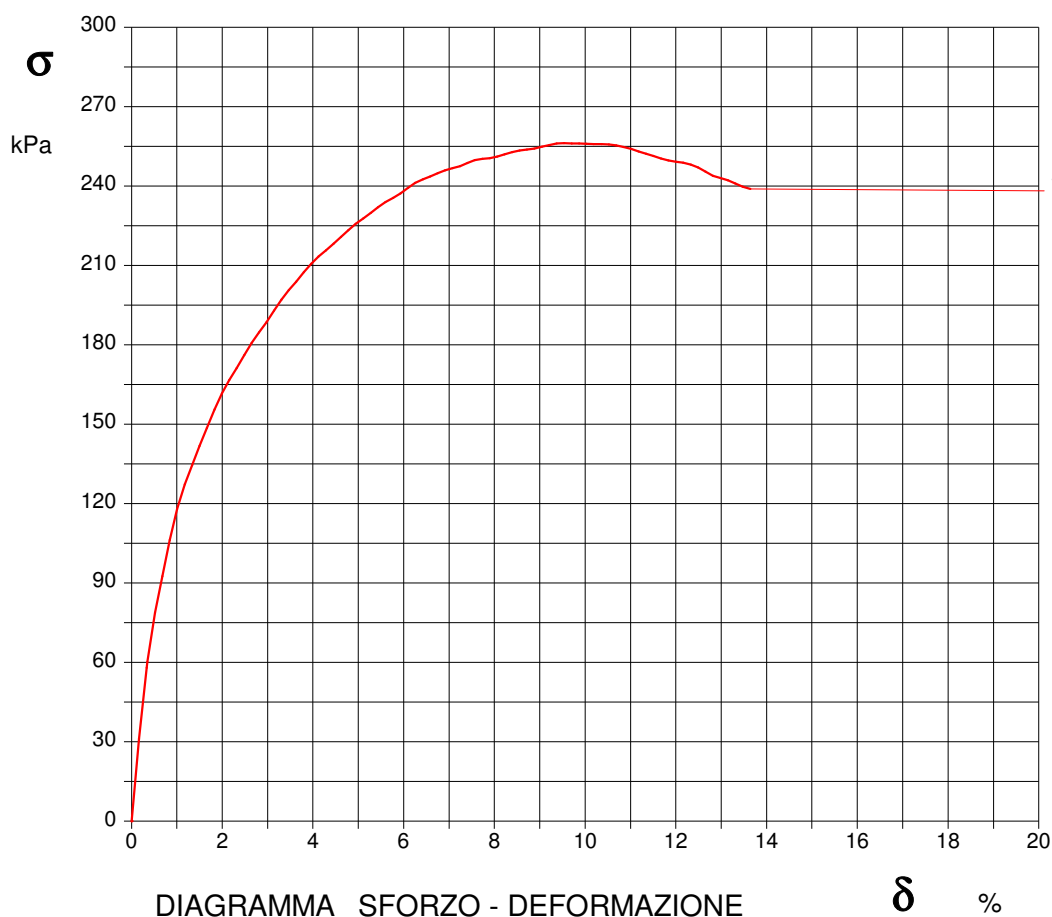
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.5-5.0

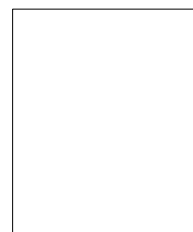
**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

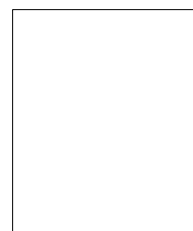
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	-----	-----
Altezza (cm):	7,62	-----	-----
Sezione (cm²):	11,58	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	20,0	-----	-----
Umidità naturale (%):	20,1	-----	-----



Provino 1

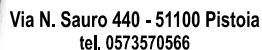


Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 17211	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---



Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06
---

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Lo sperimentatore  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02769** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 15/04/19

Apertura campione: 08/04/19

Fine analisi: 18/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.5-5.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

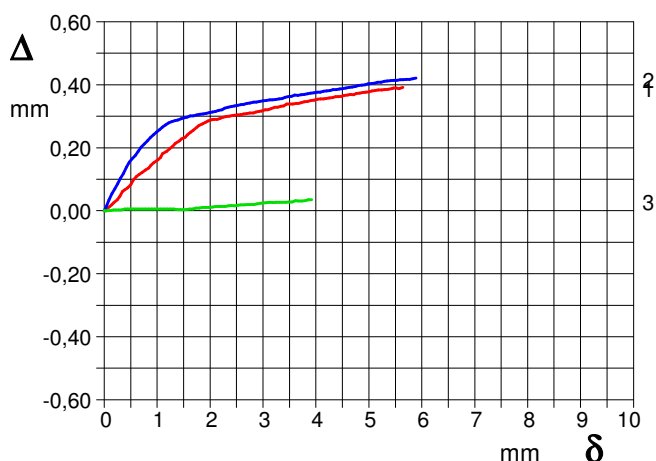
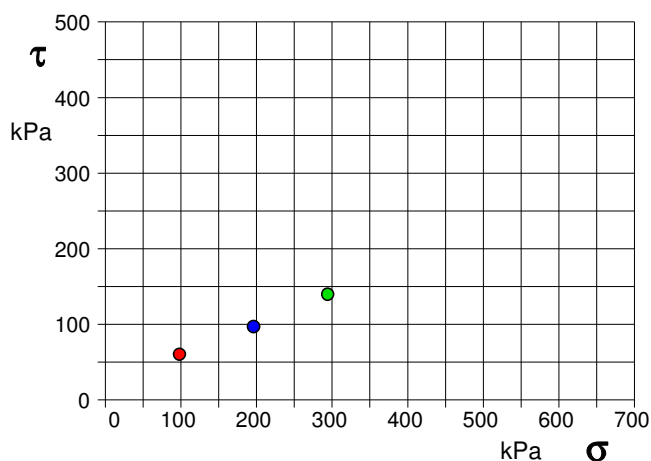
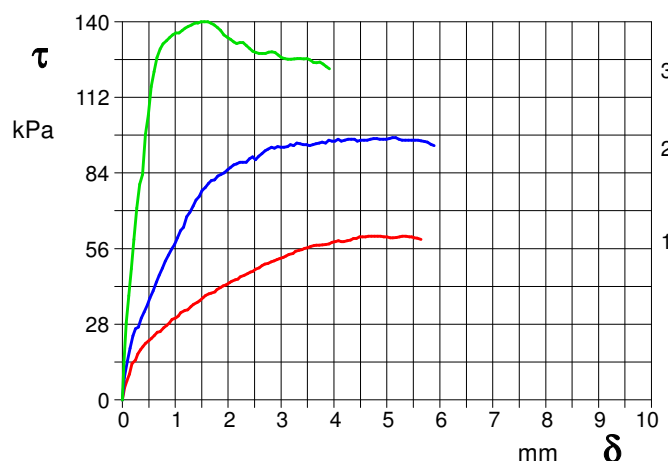
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	61	97	140
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,65	5,10	1,49
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,37	0,41	0,00
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 21,8	--- 21,5	--- 22,0
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,9 24,3	20,4 24,8	19,9 24,3

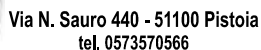
**DIAGRAMMA**Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04
---

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Lo sperimentatore  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02769** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19 Inizio analisi: 15/04/19

Apertura campione: 08/04/19 Fine analisi: 18/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

CAMPIONE: 1

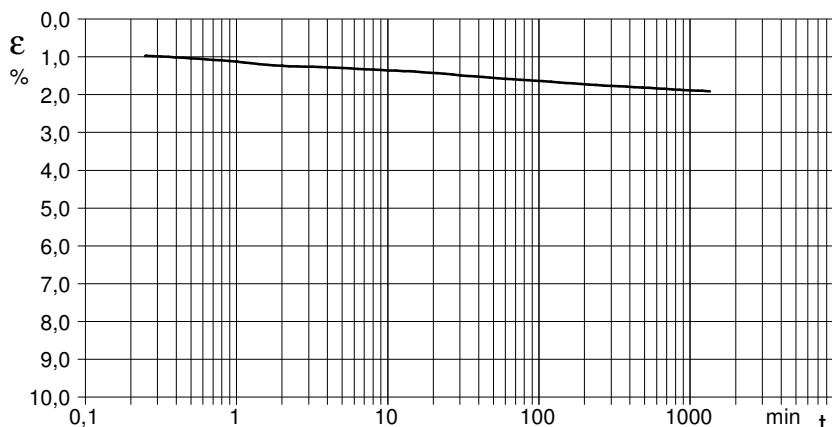
PROFONDITA': m 4.5-5.0

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

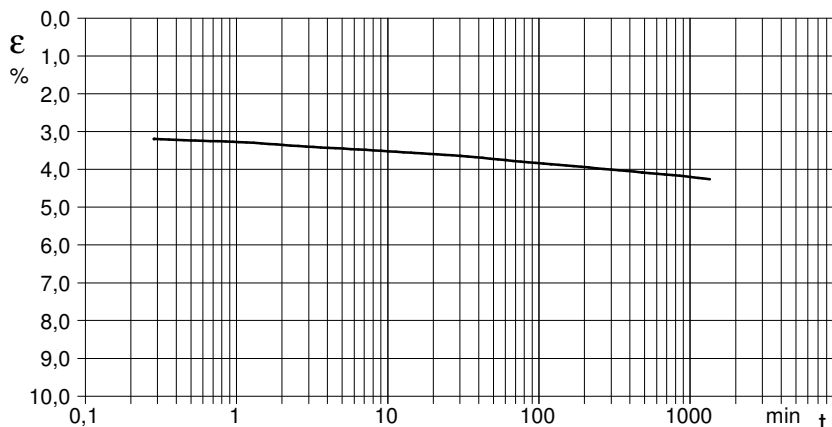
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

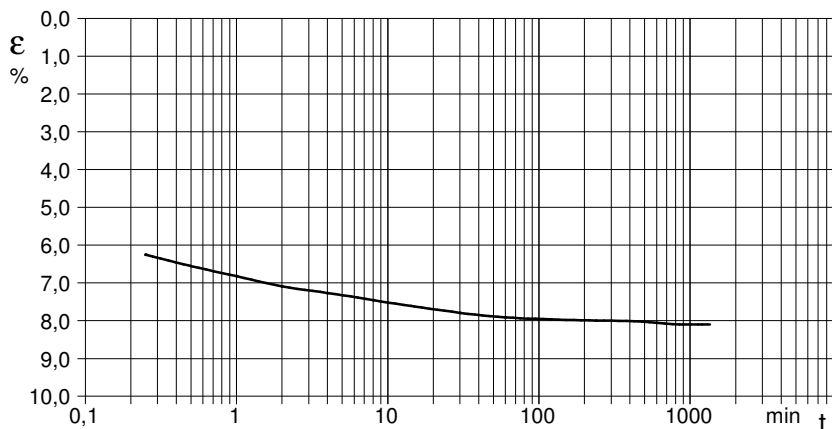
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,962
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,915
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

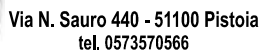
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,838
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T<sub>50</sub>

Vs = Df / tf



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04
---

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa			
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6			
SONDAGGIO: 2 G	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	4.5-5.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	61	97	140
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,65	5,10	1,49
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,37	0,41	0,00
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 21,8	--- 21,5	--- 22,0
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,9 24,3	20,4 24,8	19,9 24,3

**DIAGRAMMA**

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 19,3 kPa  
Angolo di attrito interno: 22,0 °

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

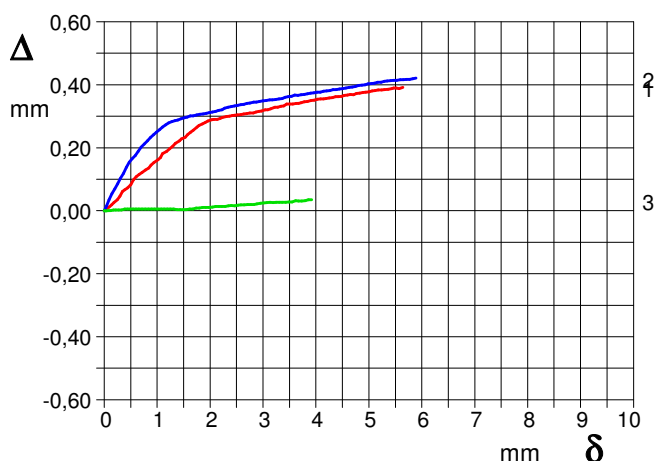
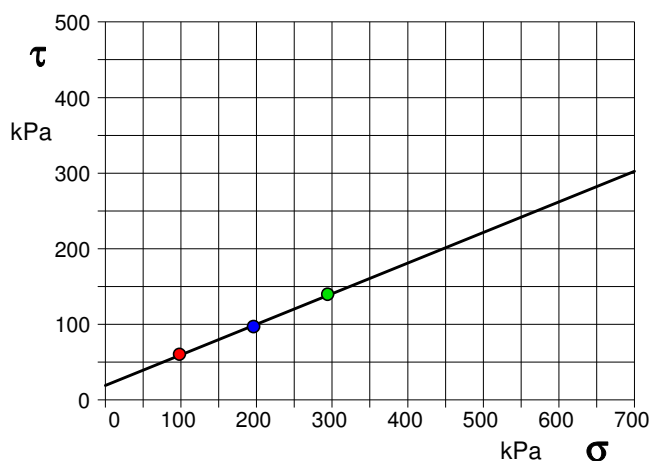


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

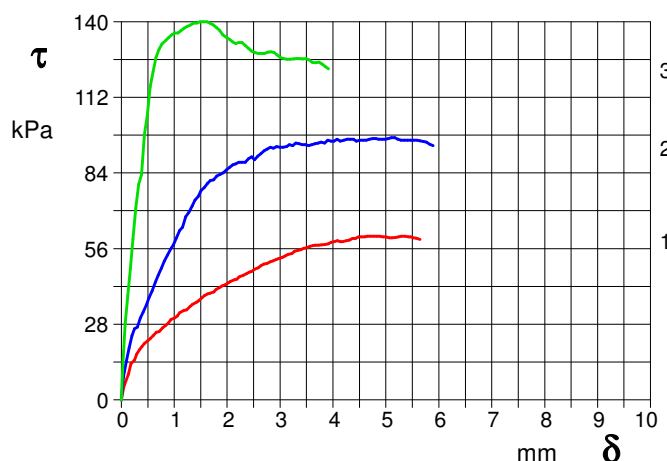


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 8.4-9.0

**MODULO RIASSUNTIVO****CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	27,4	%
Peso di volume	19,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,2	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,741	
Porosità	42,6	%
Grado di saturazione	99,6	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	11,7	%
Limo	42,4	%
Argilla	45,9	%
D 10	0,000710	mm
D 50	0,006618	mm
D 60	0,010163	mm
D 90	0,120480	mm
Passante set. 10	99,7	%
Passante set. 42	96,1	%
Passante set. 200	88,3	%

**PERMEABILITA'**

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

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	159	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$c_u$	80	kPa	$c_u$ Rim	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	15,1	kPa	$\phi'$ 26,6 °
$c'$ Res		kPa	$\phi'$ Res °

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

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

**PROVA EDOMETRICA**

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



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

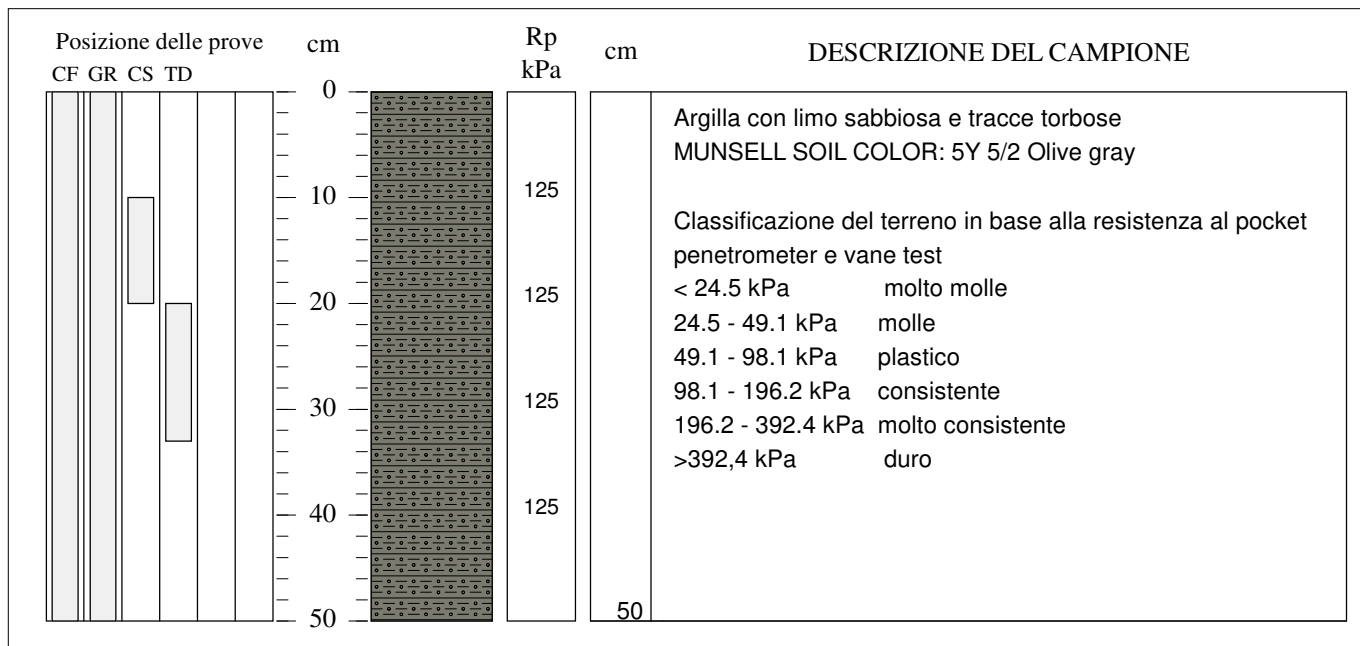
COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 8.4-9.0

**TIPO DI CAMPIONE**

- ☒ Cilindrico  
☐ Cubico  
☐ Massivo

**QUALITA' DEL CAMPIONE**

- ☒ Q5 (Ottima)  
☐ Q4 (Buona)  
☐ Q3 (Sufficiente)  
☐ Q2 (Insufficiente)  
☐ Q1 (Pessima)

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02770</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/07/19	Inizio analisi: 05/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19		Apertura campione: 05/04/19	Fine analisi: 06/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6
SONDAGGIO: 2 G CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 8.4-9.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

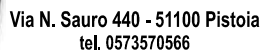
Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 27,4 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo☐ Stratificato☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



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

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

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

**Peso di volume allo stato naturale = 19,4 kN/m<sup>3</sup>**

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02772** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 10/04/19

Apertura campione: 05/04/19

Fine analisi: 13/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

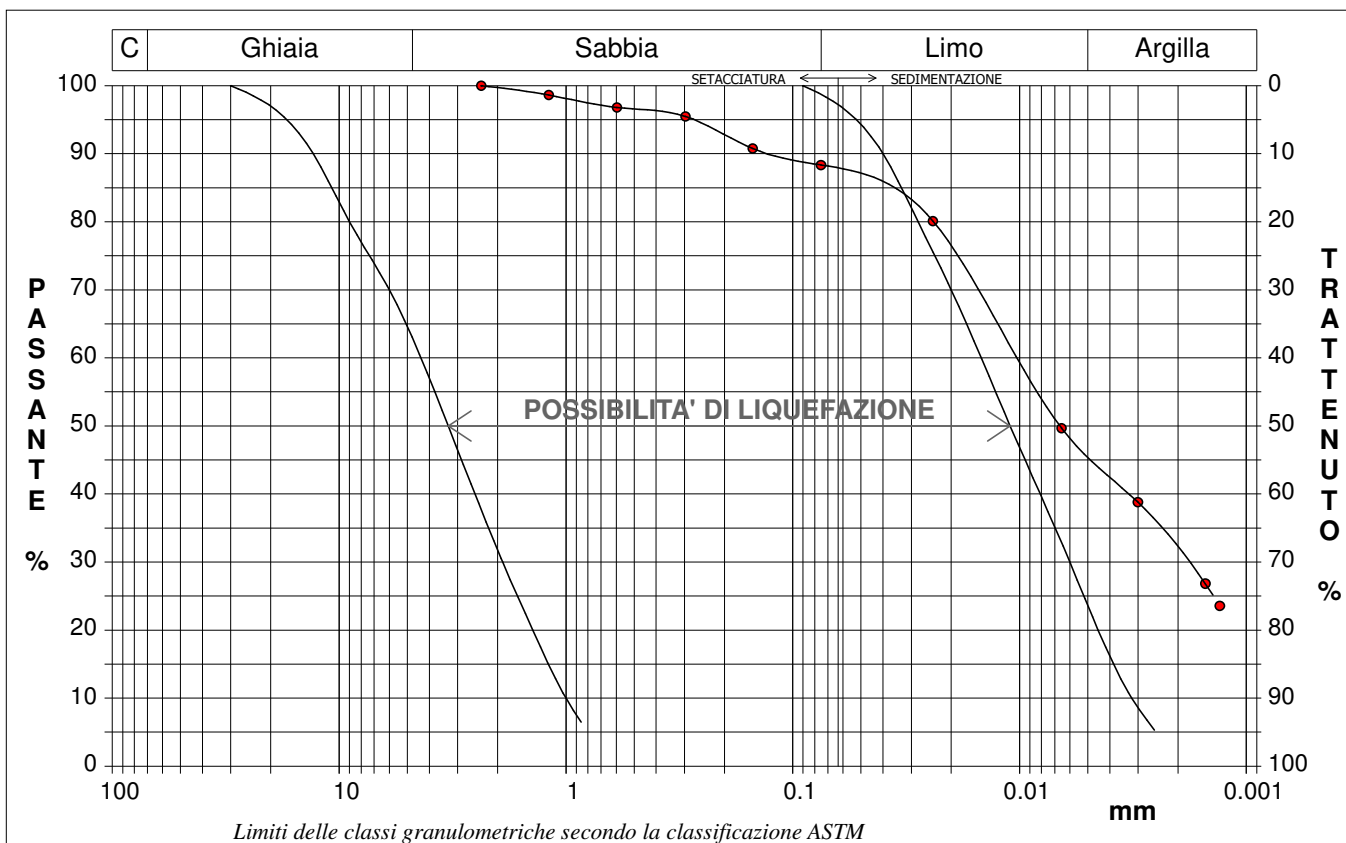
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 8.4-9.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,7 %	D <sub>10</sub>	0,00071 mm
Sabbia	11,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,1 %	D <sub>30</sub>	0,00182 mm
Limo	42,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	88,3 %	D <sub>50</sub>	0,00662 mm
Argilla	45,9 %			D <sub>60</sub>	0,01016 mm
				D <sub>90</sub>	0,12048 mm
Coefficiente di uniformità		14,32	Coefficiente di curvatura		0,46



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,3600	100,00	0,0750	88,35	0,0013	23,56				
1,1900	98,62	0,0241	80,10						
0,5950	96,79	0,0065	49,66						
0,2970	95,48	0,0030	38,79						
0,1500	90,76	0,0015	26,83						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02773** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 10/04/19

Apertura campione: 05/04/19

Fine analisi: 11/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

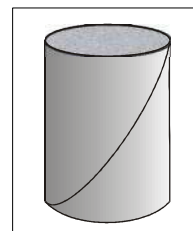
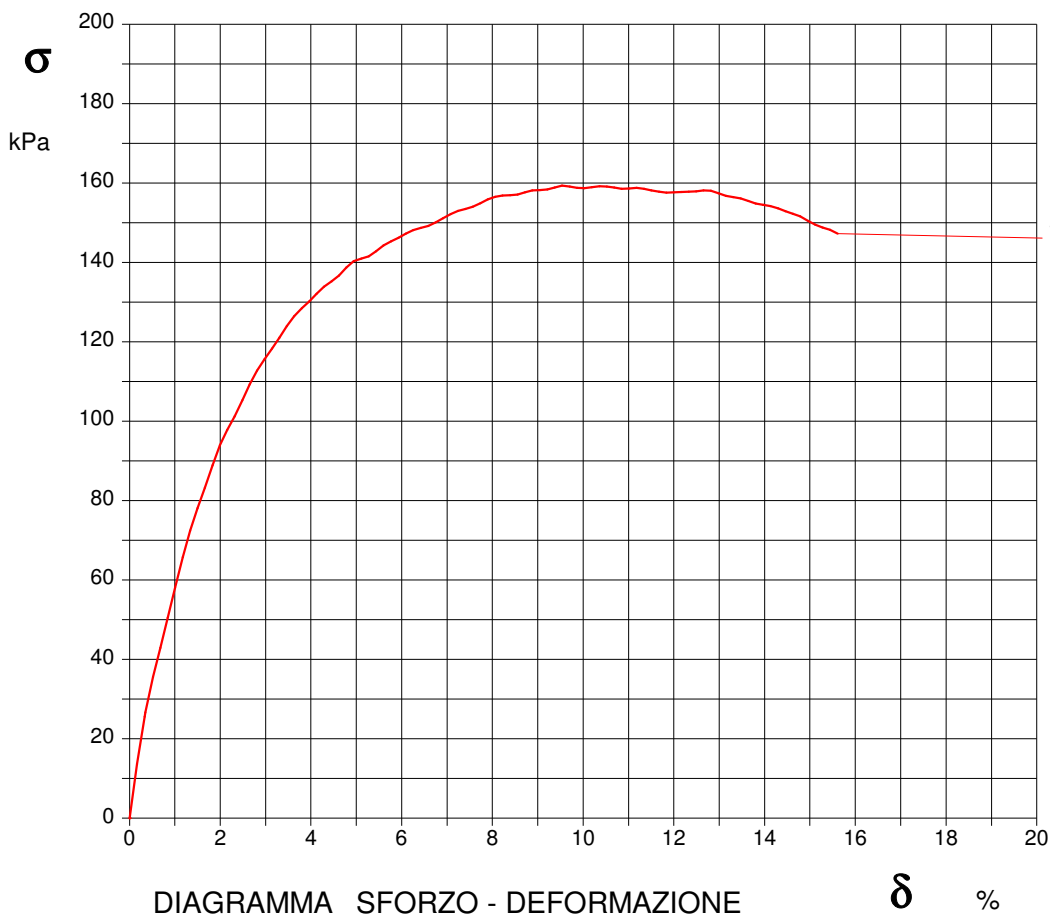
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 8.4-9.0

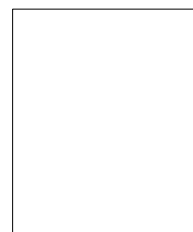
**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

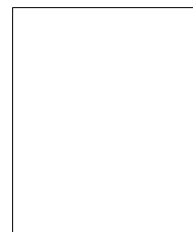
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	-----	-----
Altezza (cm):	7,62	-----	-----
Sezione (cm²):	11,58	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	18,9	-----	-----
Umidità naturale (%):	26,5	-----	-----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 7622	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

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

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02773</b>	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 02/07/19	Inizio analisi: 10/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19		Apertura campione: 05/04/19	Fine analisi: 11/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa				
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6				
SONDAGGIO: 2 G		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 8.4-9.0

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,35	26,7	12,82	158,1								
0,68	42,9	13,15	156,7								
1,01	58,1	13,47	156,2								
1,33	72,4	13,80	154,8								
1,66	83,2	14,13	154,2								
1,99	93,9	14,46	152,9								
2,32	101,2	14,79	151,6								
2,65	109,3	15,11	149,5								
2,97	115,6	15,44	148,2								
3,30	121,1	15,77	146,2								
3,63	126,5										
3,96	130,2										
4,29	133,9										
4,62	136,7										
4,94	140,4										
5,27	141,5										
5,60	144,3										
5,93	146,2										
6,26	148,1										
6,58	149,2										
6,91	151,1										
7,24	153,0										
7,57	154,0										
7,90	155,9										
8,22	156,9										
8,55	157,1										
8,88	158,1										
9,21	158,4										
9,54	159,4										
9,86	158,8										
10,19	159,0										
10,52	159,2										
10,85	158,6										
11,18	158,8										
11,50	158,2										
11,83	157,6										
12,16	157,8										
12,49	157,9										



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02774** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 15/04/19

Apertura campione: 05/04/19

Fine analisi: 17/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 8.4-9.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

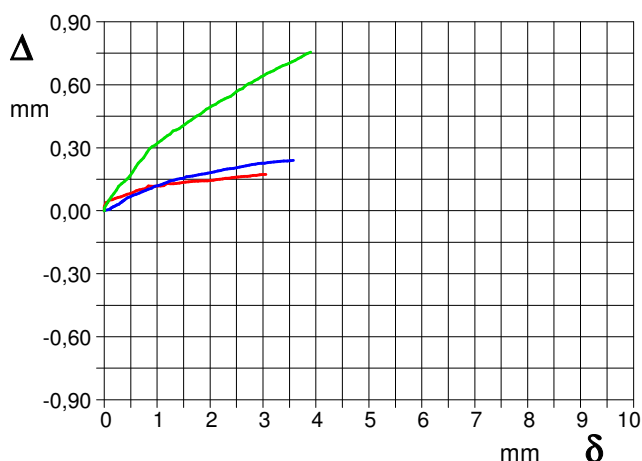
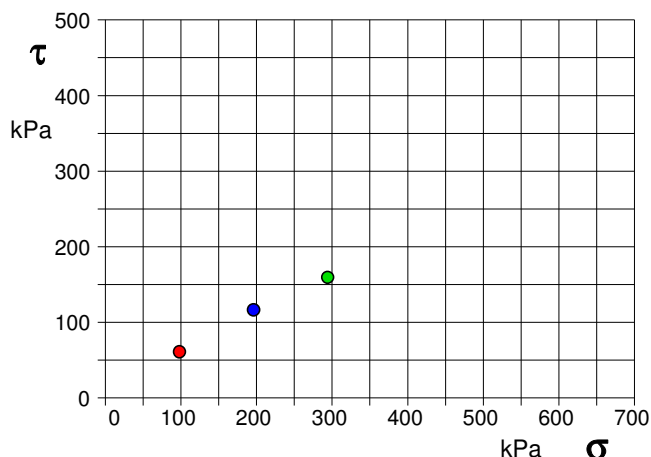
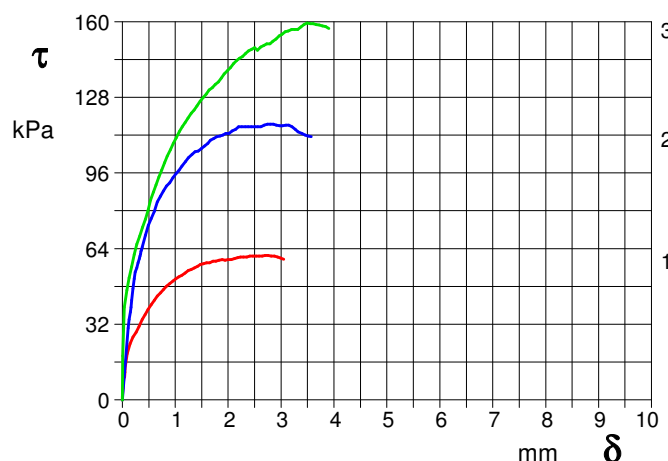
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	61	117	159
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,70	2,74	3,49
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,16	0,22	0,70
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 26,6	--- 26,9	--- 24,2
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,2 24,3	19,5 24,7	19,4 24,1

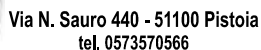
**DIAGRAMMA**Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04
---

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02774** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19 Inizio analisi: 15/04/19

Apertura campione: 05/04/19 Fine analisi: 17/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 2 G

CAMPIONE: 2

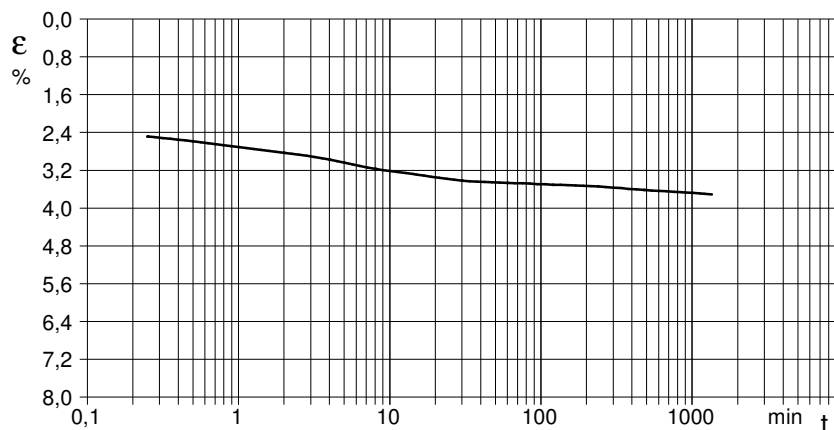
PROFONDITA': m 8.4-9.0

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

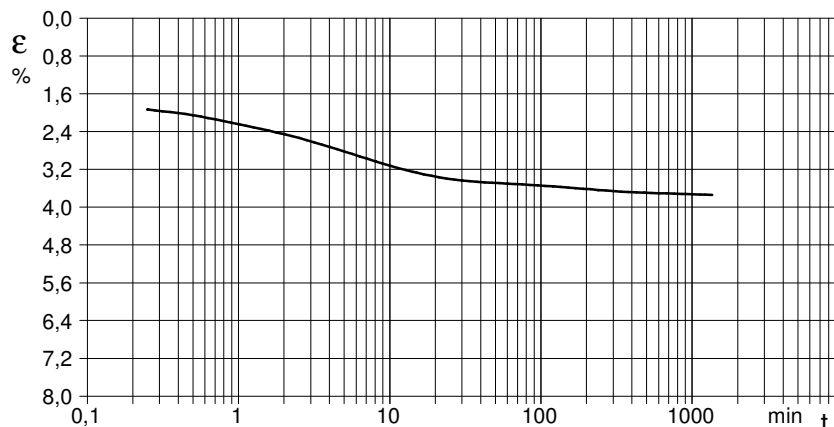
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

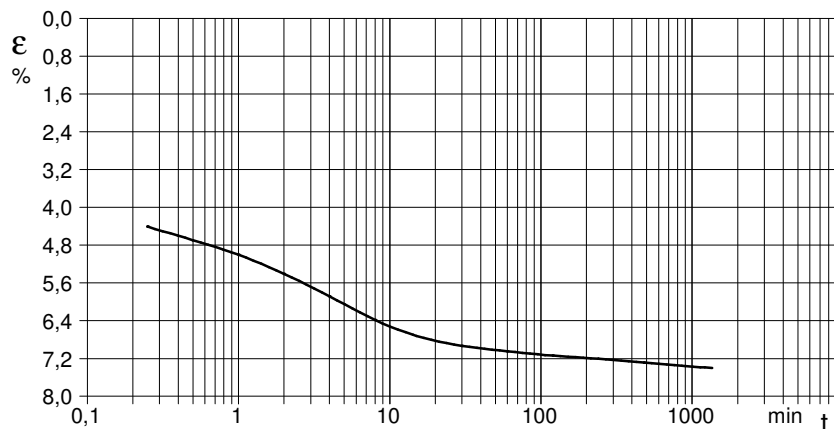
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,926
Sezione (cm²):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,925
Sezione (cm²):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

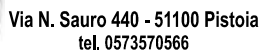
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,852
Sezione (cm²):	28,27
T <sub>50</sub> (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T<sub>50</sub>

Vs = Df / tf



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

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04
---

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa			
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6			
SONDAGGIO: 2 G	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	8.4-9.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	61	117	159
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,70	2,74	3,49
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,16	0,22	0,70
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 26,6	--- 26,9	--- 24,2
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,2 24,3	19,5 24,7	19,4 24,1

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 15,1 kPa  
Angolo di attrito interno: 26,6 °

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

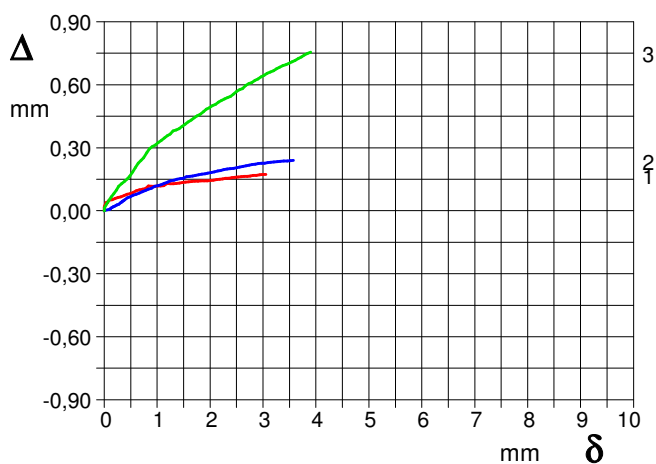
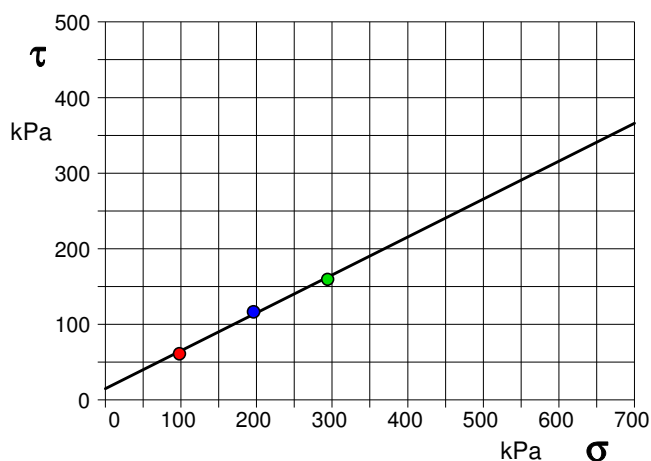


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

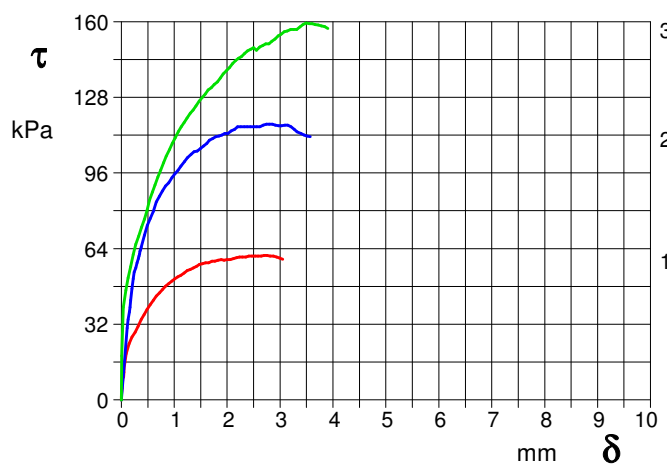


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**MODULO RIASSUNTIVO****CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	19,0	%
Peso di volume	20,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	17,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,6	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,547	
Porosità	35,3	%
Grado di saturazione	93,9	%
Limite di liquidità	33,2	%
Limite di plasticità	17,7	%
Indice di plasticità	15,5	%
Indice di consistenza	0,91	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 8

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	0,7	%
Sabbia	37,6	%
Limo	30,9	%
Argilla	30,8	%
D 10	0,000313	mm
D 50	0,033175	mm
D 60	0,066715	mm
D 90	0,539312	mm
Passante set. 10	96,0	%
Passante set. 42	88,4	%
Passante set. 200	61,7	%

**PERMEABILITA'**

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

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	152	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$c_u$	76	kPa	$c_u$ Rim	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	kPa	$\phi'$	°
$c'$ Res	kPa	$\phi'$ Res	°

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

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

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
12,3 ÷ 24,6	24600	Non calc.	- - -
24,6 ÷ 49,2	6930	0,000221	3,13E-09
49,2 ÷ 98,4	4229	0,000361	8,36E-09
98,4 ÷ 196,8	4534	0,001018	2,20E-08
196,8 ÷ 393,6	6866	0,000615	8,78E-09
393,6 ÷ 787,2	12148	0,000200	1,62E-09
787,2 ÷ 1574,4	25353	0,000776	3,00E-09



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

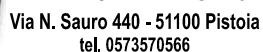
Posizione delle prove			cm		Rp	cm		DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	ED	CS			kPa			
			0					Sabbia con limo e argilla MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 5/3 Brown
			10		220			
			20		220			Argilla limosa con rari ciottoli MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 4/4 Dark yellowish brown
			26					
			30		230			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
			40		240			< 24.5 kPa molto molle
			50					24.5 - 49.1 kPa molle
								49.1 - 98.1 kPa plastico
								98.1 - 196.2 kPa consistente
								196.2 - 392.4 kPa molto consistente
						52		>392,4 kPa duro

**TIPO DI CAMPIONE**

- ☒ Cilindrico  
☐ Cubico  
☐ Massivo

**QUALITA' DEL CAMPIONE**

- ☒ Q5 (Ottima)  
☐ Q4 (Buona)  
☐ Q3 (Sufficiente)  
☐ Q2 (Insufficiente)  
☐ Q1 (Pessima)



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

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

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

## LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	96,0	%	Limite di liquidità	33,2	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	88,4	%	Limite di plasticità	17,7	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	61,7	%	Indice di plasticità	15,5	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6**      **INDICE DI GRUPPO: 8**

Tipi usuali dei materiali principali:  
Argille poco compressibili

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02775</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/07/19	Inizio analisi: 04/03/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19		Apertura campione: 04/03/19	Fine analisi: 05/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6
SONDAGGIO: 3 G CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.5-3.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 19,0 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo☐ Stratificato☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02776</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/07/19	Inizio analisi: 04/03/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19		Apertura campione: 04/03/19	Fine analisi: 04/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa				
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6				
SONDAGGIO: 3 G		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 2.5-3.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 20,4 kN/m<sup>3</sup>**

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02777** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 21/03/19

Apertura campione: 04/03/19

Fine analisi: 22/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**ABACO DI CASAGRANDE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	33,2	%
Limite di plasticità	17,7	%
Indice di plasticità	15,5	%
Indice di consistenza	0,91	
Passante al set. n° 40	SI	

**C - Argille inorganiche**

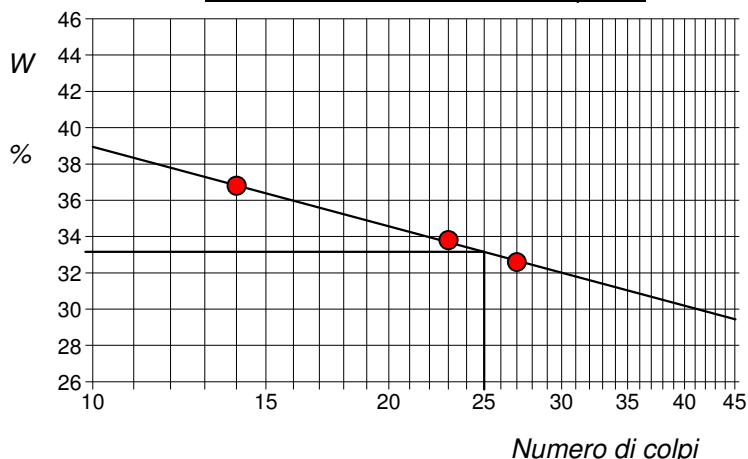
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

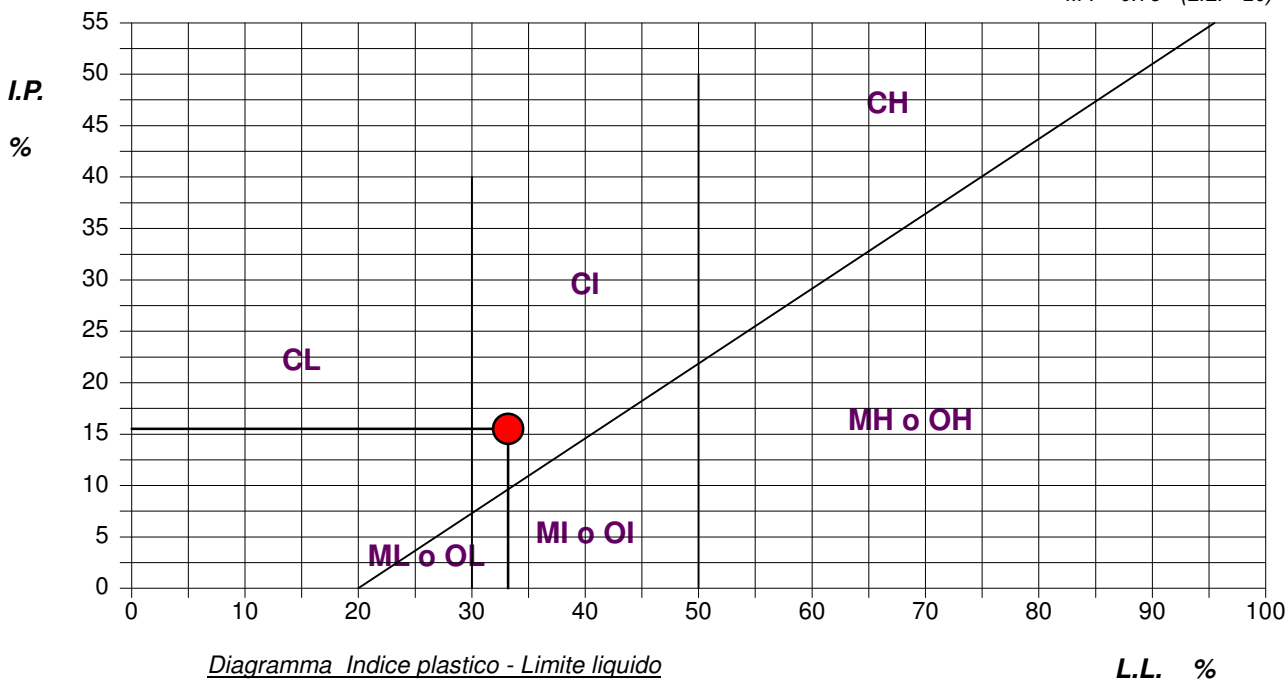
L - Bassa compressibilità

**I - Media compressibilità**

H - Alta compressibilità

**Determinazione del Limite di liquidità****ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE**

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02778** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 08/03/19

Apertura campione: 04/03/19

Fine analisi: 11/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

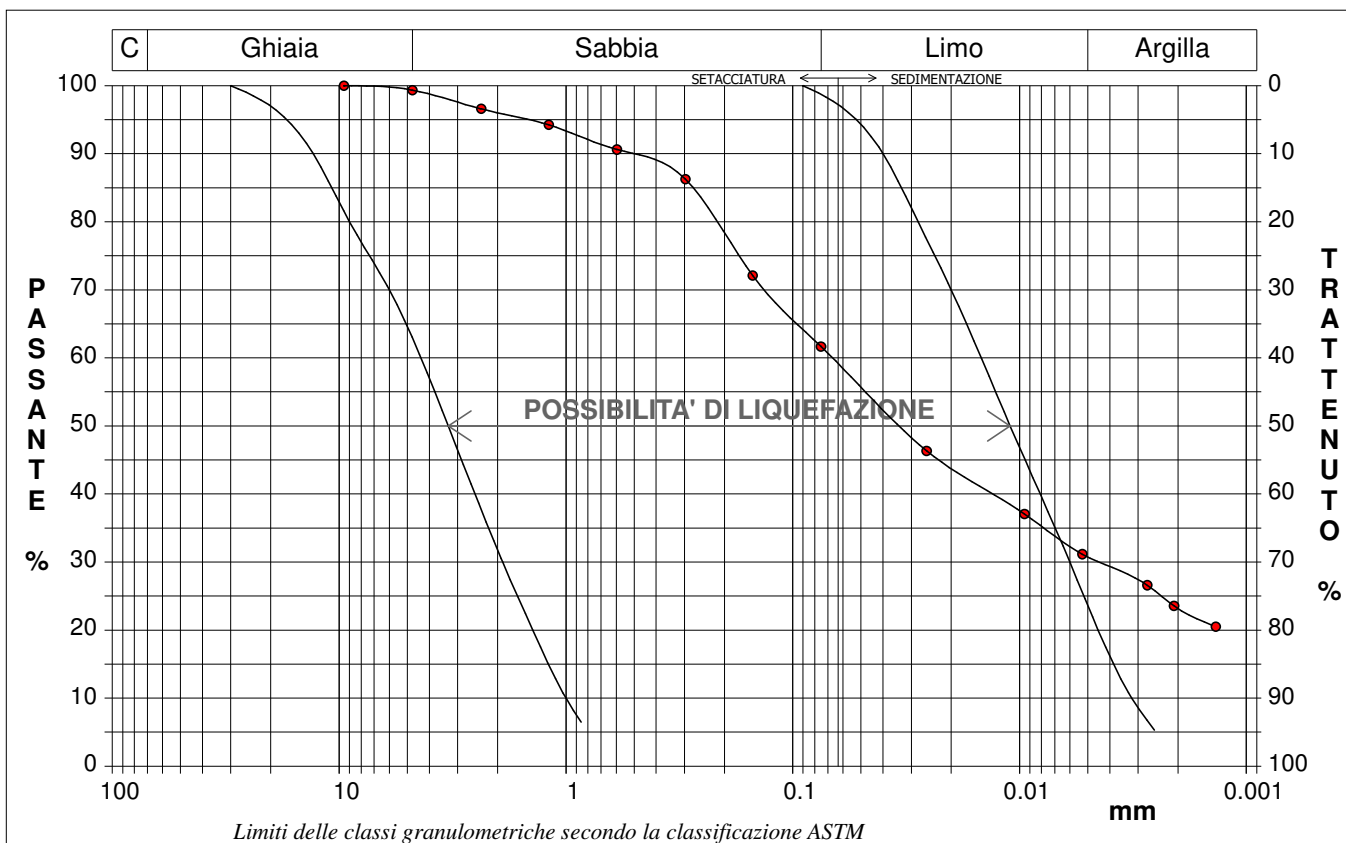
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	96,0 %	D <sub>10</sub>	0,00031 mm
Sabbia	37,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	88,4 %	D <sub>30</sub>	0,00448 mm
Limo	30,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	61,7 %	D <sub>50</sub>	0,03318 mm
Argilla	30,8 %			D <sub>60</sub>	0,06672 mm
				D <sub>90</sub>	0,53931 mm
Coefficiente di uniformità		212,87	Coefficiente di curvatura		0,96



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	86,27	0,0053	31,14				
4,7500	99,34	0,1500	72,11	0,0027	26,59				
2,3600	96,59	0,0750	61,68	0,0021	23,55				
1,1900	94,25	0,0257	46,32	0,0014	20,51				
0,5950	90,61	0,0095	37,06						



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02779** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 05/03/19

Apertura campione: 04/03/19

Fine analisi: 16/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**PROVA EDOMETRICA**

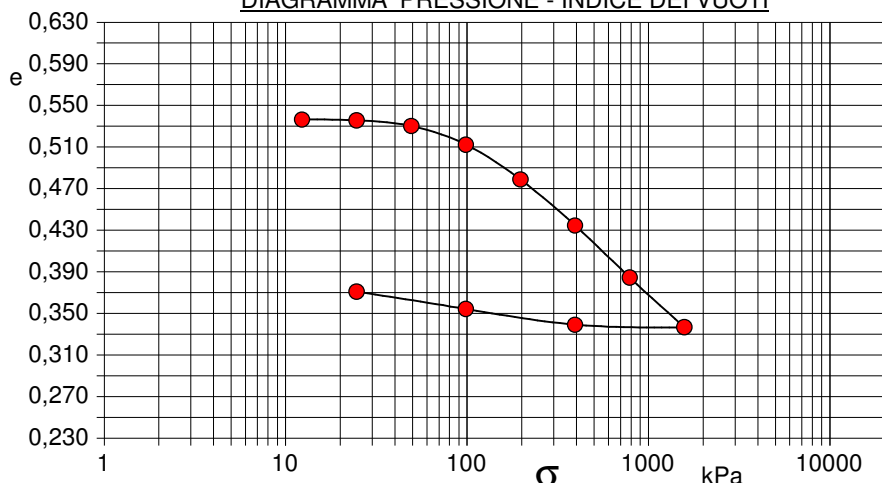
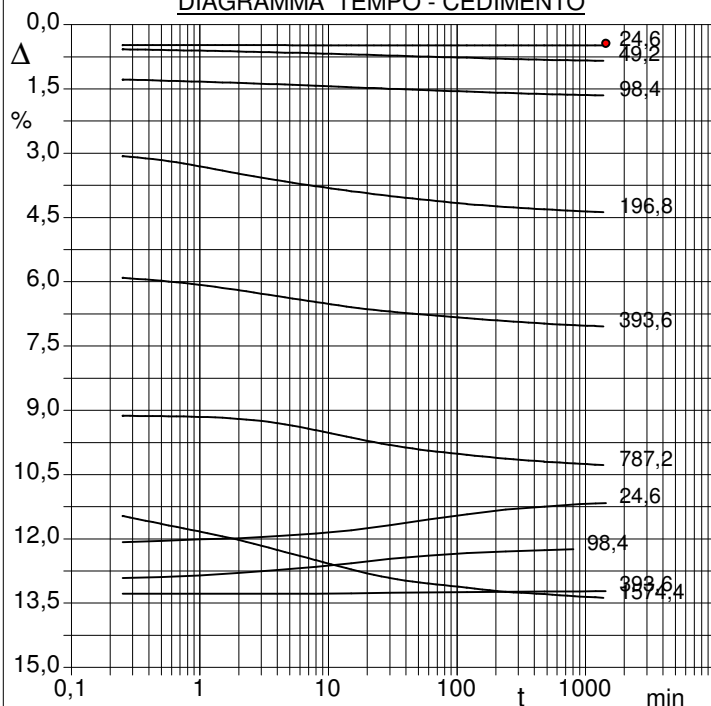
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

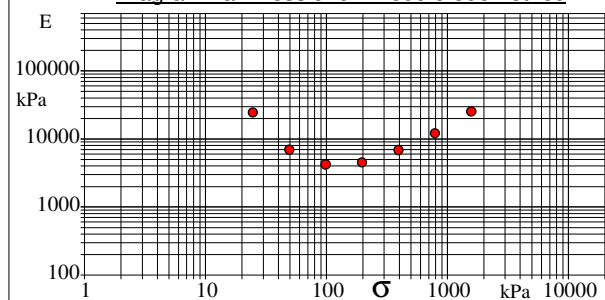
Peso di volume (kN/m³)	20,37
Umidità (%)	18,8
Peso specifico (kN/m³)	26,47

Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27

Volume dei vuoti (cm³)	13,82
Indice dei vuoti	0,54
Porosità (%)	35,20
Saturazione (%)	93,2

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTIDIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3	8,7	0,536				
24,6	9,7	0,536	0,003	24600	N.C.	N.C.
49,2	16,8	0,530	0,018	6930	0,000221	3,13E-09
98,4	40,1	0,512	0,060	4229	0,000361	8,36E-09
196,8	76,4	0,479	0,111	4534	0,001018	2,20E-08
393,6	140,8	0,435	0,147	6866	0,000615	8,78E-09
787,2	205,6	0,385	0,166	12148	0,000200	1,62E-09
1574,4	267,7	0,337	0,159	25353	0,000776	3,00E-09
393,6	264,4	0,339				
98,4	244,9	0,354				
24,6	223,3	0,371				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

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

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

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02779** Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19 Inizio analisi: 05/03/19

Apertura campione: 04/03/19 Fine analisi: 16/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

### PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

### LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24,6 kPa				Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	8,7			0,02	9,7			0,02	16,8			0,02	33,0		
0,25	9,5			0,25	11,5			0,25	29,4			0,25	55,5		
0,50	9,5			0,50	11,8			0,50	30,2			0,50	57,0		
1,00	9,5			1,00	12,1			1,00	30,9			1,00	59,3		
2,00	9,6			2,00	12,5			2,00	31,7			2,00	62,0		
4,00	9,6			4,00	12,9			4,00	32,6			4,00	64,5		
8,00	9,6			8,02	13,4			8,00	33,7			8,00	66,7		
15,00	9,6			15,02	13,9			15,00	34,6			15,00	68,5		
30,00	9,7			30,02	14,4			30,00	35,6			30,00	70,3		
60,00	9,7			60,02	14,9			60,00	36,6			60,00	71,9		
120,00	9,7			120,02	15,4			120,00	37,6			120,00	73,3		
240,00	9,7			240,02	15,9			240,00	38,4			240,00	74,4		
480,00	9,7			480,02	16,4			480,00	39,2			480,00	75,3		
900,00	9,7			900,02	16,7			900,00	39,7			900,00	75,9		
1200,00	9,7			1200,02	16,8			1200,00	40,0			1200,00	76,2		
1440,00	9,7			1421,70	16,8			1440,00	40,1			1440,00	76,4		

Pressione 393,6 kPa				Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	87,6			0,02	140,8			0,02	205,6			0,02	267,7		
0,25	118,2			0,25	182,5			0,25	229,3			0,25	265,7		
0,50	119,5			0,50	182,8			0,50	233,0			0,50	265,7		
1,00	121,5			1,00	183,0			1,00	236,6			1,00	265,7		
2,00	123,9			2,00	184,0			2,00	240,5			2,00	265,7		
4,00	126,7			4,00	186,0			4,00	245,2			4,00	265,7		
8,00	129,4			8,00	189,3			8,00	250,0			8,00	265,6		
15,00	131,9			15,00	192,7			15,00	254,3			15,00	265,4		
30,00	133,9			30,00	196,2			30,00	258,3			30,00	265,2		
60,00	135,5			60,00	198,8			60,00	260,9			60,00	265,0		
120,00	137,0			120,00	200,8			120,00	262,8			120,00	264,8		
240,00	138,3			240,00	202,6			240,00	264,7			240,00	264,7		
480,00	139,5			480,00	204,0			480,00	265,8			480,00	264,6		
900,00	140,3			900,00	205,0			900,00	266,9			900,00	264,5		
1200,00	140,6			1200,00	205,4			1200,00	267,3			1200,00	264,4		
1426,73	140,8			1440,00	205,6			1432,87	267,7			1434,30	264,4		

Pressione 98,4 kPa				Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	264,4			0,02	244,9										
0,25	258,3			0,25	241,5										
0,50	257,9			0,50	241,0										
1,00	257,1			1,00	240,3										
2,00	255,9			2,00	239,7										
4,00	254,6			4,00	238,8										
8,00	253,1			8,00	237,5										
15,00	251,4			15,00	236,0										
30,00	249,3			30,00	233,6										
60,00	247,8			60,00	231,0										
120,00	246,7			120,00	228,5										
240,00	245,8			240,00	226,3										
480,00	245,3			480,00	224,9										
806,00	244,9			900,00	223,7										
				1200,00	223,5										
				1440,00	223,3										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02780** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 04/03/19

Apertura campione: 04/03/19

Fine analisi: 05/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

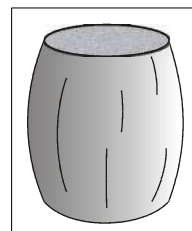
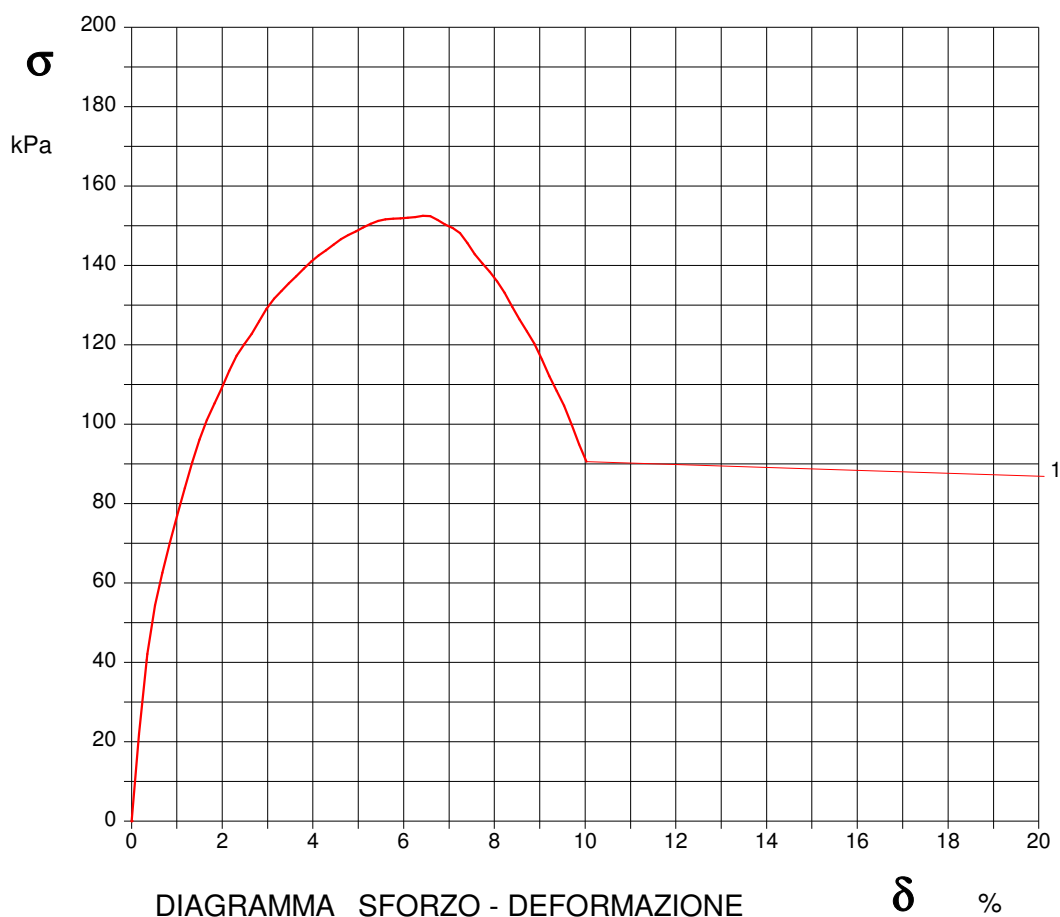
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

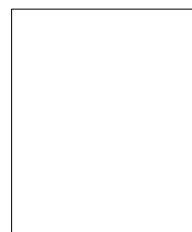
**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

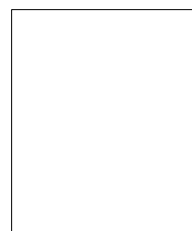
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	-----	-----
Altezza (cm):	7,62	-----	-----
Sezione (cm²):	11,58	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	19,8	-----	-----
Umidità naturale (%):	17,4	-----	-----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 12048	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---



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

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa				
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6				
SONDAGGIO:	3 G	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 2.5-3.0

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.5-10.0

**MODULO RIASSUNTIVO****CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	28,0	%
Peso di volume	18,8	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	14,7	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti	0,801	
Porosità	44,5	%
Grado di saturazione	94,4	%
Limite di liquidità	44,3	%
Limite di plasticità	22,9	%
Indice di plasticità	21,4	%
Indice di consistenza	0,76	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 13

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	2,2	%
Limo	41,1	%
Argilla	56,7	%
D 10	0,000431	mm
D 50	0,003757	mm
D 60	0,005926	mm
D 90	0,023902	mm
Passante set. 10	99,7	%
Passante set. 42	98,7	%
Passante set. 200	97,8	%

**PERMEABILITA'**

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

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	158	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$C_u$	79	kPa	$C_u$ Rim	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	kPa	$\phi'$	°
$c'$ Res	kPa	$\phi'$ Res	°

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

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

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	2076	0,000828	3,91E-08
49,2 ÷ 98,4	1990	0,000723	3,56E-08
98,4 ÷ 196,8	2984	0,000738	2,43E-08
196,8 ÷ 393,6	4841	0,000571	1,16E-08
393,6 ÷ 787,2	10581	0,001108	1,03E-08
787,2 ÷ 1574,4	22395	0,000541	2,37E-09

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

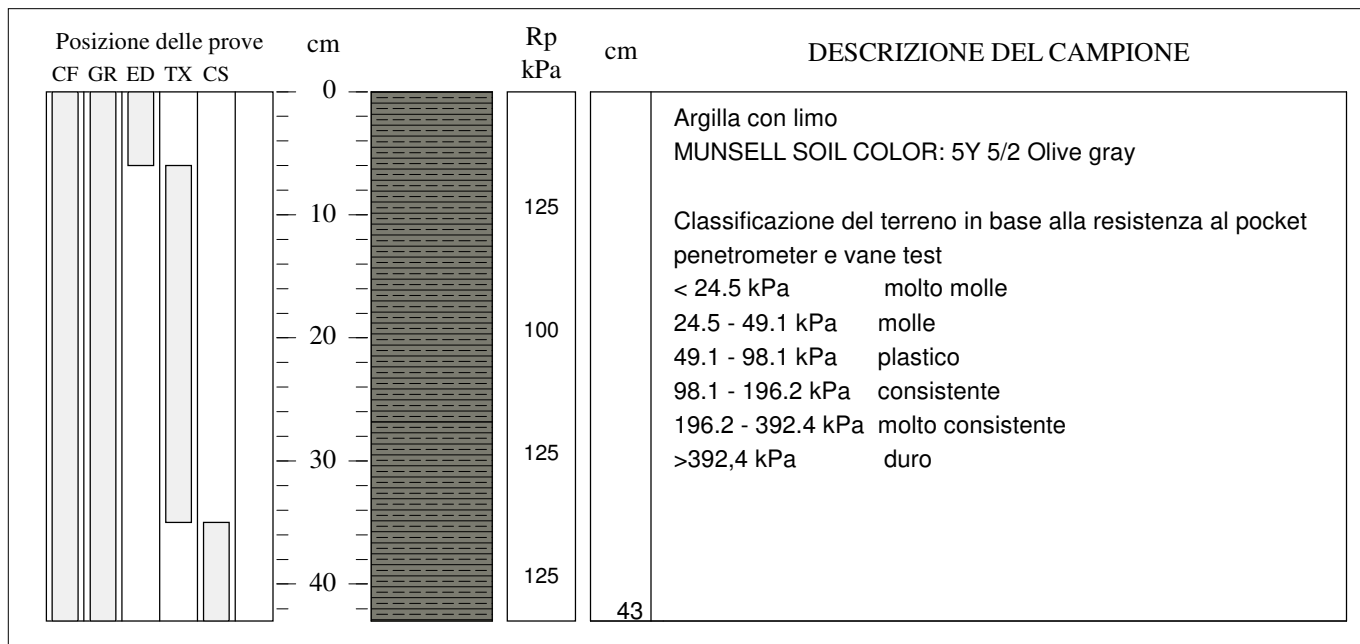
COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.5-10.0

**TIPO DI CAMPIONE**

- ☒ Cilindrico  
☐ Cubico  
☐ Massivo

**QUALITA' DEL CAMPIONE**

- ☒ Q5 (Ottima)  
☐ Q4 (Buona)  
☐ Q3 (Sufficiente)  
☐ Q2 (Insufficiente)  
☐ Q1 (Pessima)





**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

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

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

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02784</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 02/07/19	Inizio analisi: 08/03/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19		Apertura campione: 04/03/19	Fine analisi: 11/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa				
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6				
SONDAGGIO: 3 G		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 9.5-10.0

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	99,7	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,7	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	97,8	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	44,3	%
Limite di plasticità	22,9	%
Indice di plasticità	21,4	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6**

**INDICE DI GRUPPO: 13**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02781</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/07/19	Inizio analisi: 04/03/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19		Apertura campione: 04/03/19	Fine analisi: 05/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa			
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6			
SONDAGGIO: 3 G	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	9.5-10.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale = 28,0 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo☐ Stratificato☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02782</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/07/19	Inizio analisi: 04/03/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19		Apertura campione: 04/03/19	Fine analisi: 04/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa			
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6			
SONDAGGIO: 3 G	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	9.5-10.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 18,8 kN/m<sup>3</sup>**

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02783** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 12/03/19

Apertura campione: 04/03/19

Fine analisi: 13/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

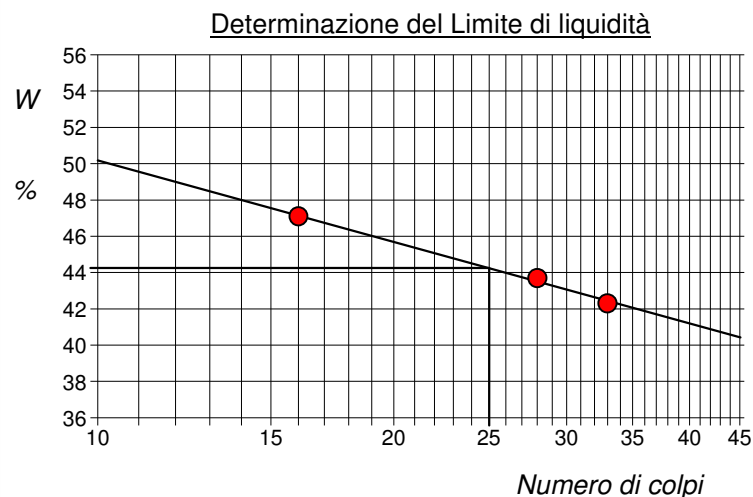
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.5-10.0

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	44,3	%
Limite di plasticità	22,9	%
Indice di plasticità	21,4	%
Indice di consistenza	0,76	
Passante al set. n° 40	SI	

C - Argille inorganiche

M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

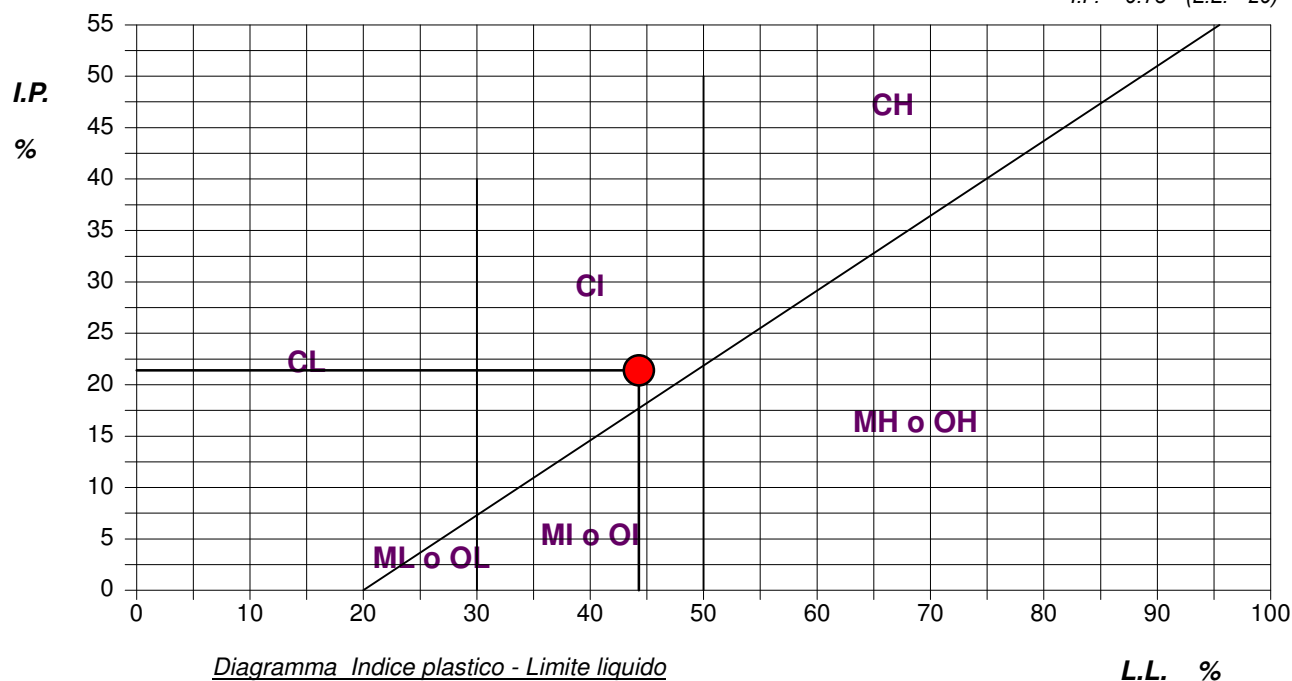
L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)





**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

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

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

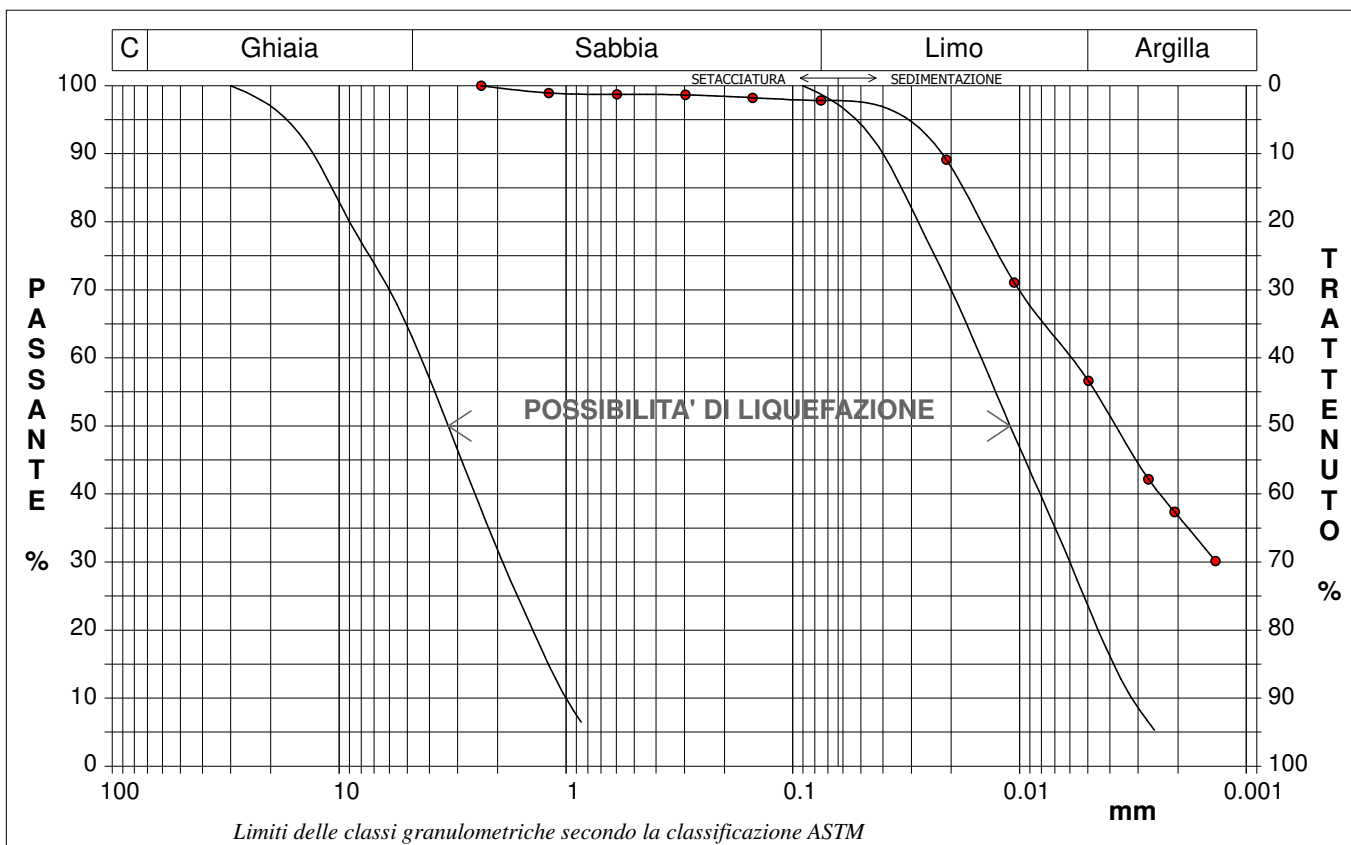
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02784</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/07/19	Inizio analisi: 08/03/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19		Apertura campione: 04/03/19	Fine analisi: 11/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa				
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6				
SONDAGGIO: 3 G		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 9.5-10.0

### ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,7 %	D10	0,00043 mm
Sabbia	2,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,7 %	D30	---
Limo	41,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	97,8 %	D50	0,00376 mm
Argilla	56,7 %			D60	0,00593 mm
				D90	0,02390 mm
Coefficiente di uniformità		13,74	Coefficiente di curvatura		---



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,3600	100,00	0,0750	97,83	0,0021	37,36				
1,1900	98,92	0,0210	89,13	0,0014	30,13				
0,5950	98,71	0,0106	71,07						
0,2970	98,65	0,0050	56,62						
0,1500	98,23	0,0027	42,17						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02785** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 05/03/19

Apertura campione: 04/03/19

Fine analisi: 15/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

CAMPIONE: 2

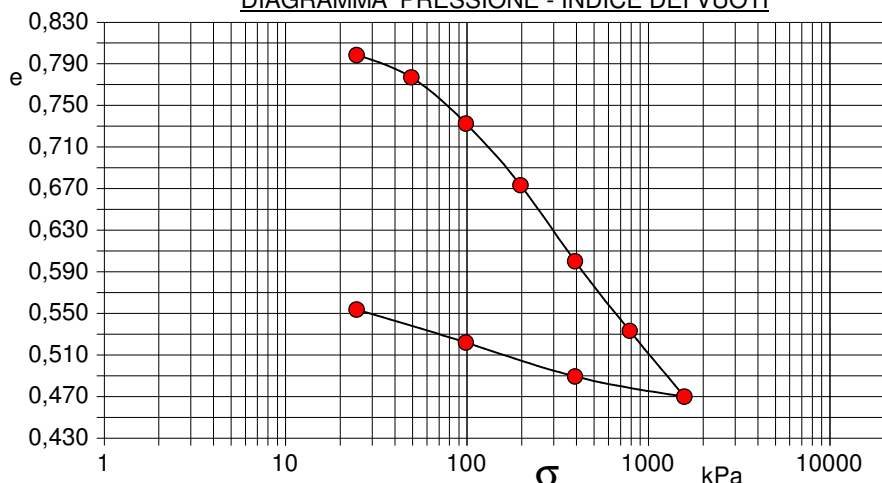
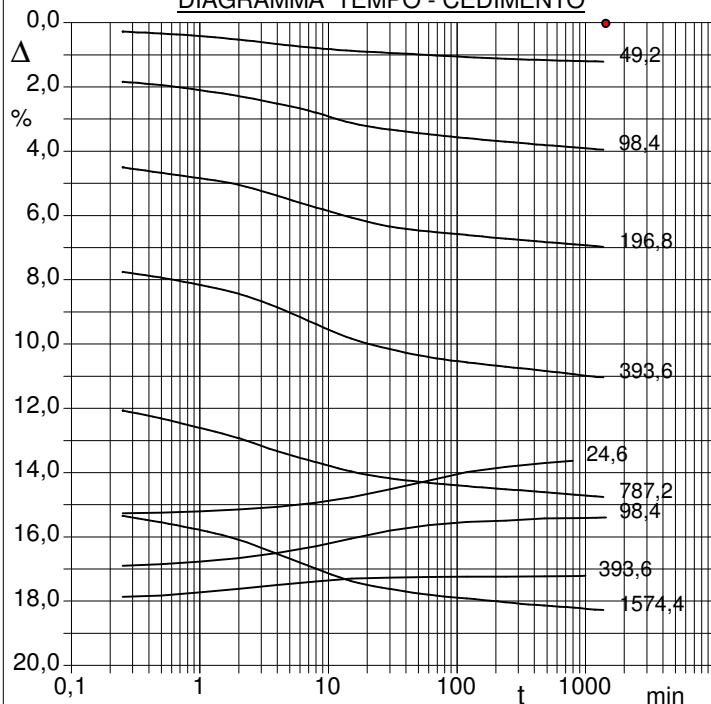
PROFONDITA': m 9.5-10.0

**PROVA EDOMETRICA**

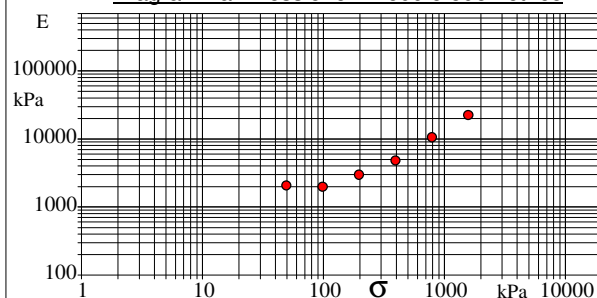
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

**Caratteristiche del campione**

Peso di volume (kN/m³)	18,82
Umidità (%)	27,9
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	17,44
Indice dei vuoti	0,80
Porosità (%)	44,41
Saturazione (%)	94,2

**DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI****DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,6	0,5	0,798				
49,2	24,2	0,777	0,071	2076	0,000828	3,91E-08
98,4	73,6	0,733	0,148	1990	0,000723	3,56E-08
196,8	139,6	0,673	0,197	2984	0,000738	2,43E-08
393,6	220,9	0,600	0,243	4841	0,000571	1,16E-08
787,2	295,3	0,533	0,222	10581	0,001108	1,03E-08
1574,4	365,6	0,470	0,210	22395	0,000541	2,37E-09
393,6	344,1	0,489				
98,4	307,8	0,522				
24,6	272,6	0,554				

**Diagramma Pressione - Modulo edometrico**



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02785** Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19 Inizio analisi: 05/03/19

Apertura campione: 04/03/19 Fine analisi: 15/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.5-10.0

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

**LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE**

Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	0,5			0,02	24,2			0,02	79,2			0,02	139,6		
0,25	5,6			0,25	35,5			0,25	90,0			0,25	155,1		
0,50	6,7			0,50	37,3			0,50	93,4			0,50	158,7		
1,00	8,3			1,00	40,2			1,00	96,8			1,02	163,3		
2,00	10,6			2,00	43,5			2,00	100,9			2,02	168,8		
4,00	13,3			4,00	47,8			4,00	107,7			4,02	177,2		
8,00	15,8			8,00	52,8			8,00	115,0			8,02	187,6		
15,00	17,5			15,00	58,5			15,00	121,2			15,02	196,6		
30,00	18,8			30,00	62,2			30,00	126,9			30,02	203,1		
60,00	20,1			60,00	64,8			60,00	129,9			60,02	208,1		
120,00	21,4			120,00	67,1			120,00	132,2			120,02	211,4		
240,00	22,5			240,00	69,0			240,00	134,4			240,02	214,1		
480,00	23,3			480,00	70,9			480,00	136,5			480,02	216,6		
900,00	23,9			900,00	72,4			900,00	138,3			900,02	219,3		
1200,00	24,1			1200,00	73,2			1200,00	139,1			1200,02	220,4		
1440,00	24,2			1421,25	73,6			1440,00	139,6			1440,02	220,9		

Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa				Pressione 98,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	220,9			0,02	295,3			0,02	365,6			0,02	344,1		
0,25	241,4			0,25	307,0			0,25	357,3			0,25	338,0		
0,50	246,3			0,50	311,0			0,50	356,5			0,50	337,0		
1,00	252,2			1,00	315,7			1,00	354,5			1,00	335,5		
2,00	258,6			2,00	321,8			2,00	352,3			2,00	333,3		
4,00	266,7			4,00	330,6			4,00	350,0			4,00	330,1		
8,00	273,5			8,00	339,8			8,00	347,8			8,00	325,8		
15,00	279,3			15,00	347,5			15,00	345,9			15,00	321,1		
30,00	283,6			30,00	352,4			30,00	345,4			30,00	316,1		
60,00	286,3			60,00	356,0			60,00	345,0			60,00	312,7		
120,00	288,5			120,00	358,4			120,00	344,8			120,00	310,7		
240,00	290,4			240,00	360,7			240,00	344,7			240,00	309,8		
480,00	292,2			480,00	362,8			480,00	344,6			480,00	308,6		
900,00	294,0			900,00	364,4			900,00	344,4			900,00	308,3		
1200,00	294,8			1200,00	365,3			995,20	344,1			1200,00	308,2		
1437,30	295,3			1440,00	365,6							1440,00	307,8		

Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	307,8														
0,25	305,4														
0,50	304,9														
1,00	304,1														
2,00	303,0														
4,00	301,3														
8,00	298,7														
15,00	295,3														
30,00	290,4														
60,00	285,0														
120,00	279,7														
240,00	276,4														
480,00	274,0														
794,62	272,6														

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02786** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 04/03/19

Apertura campione: 04/03/19

Fine analisi: 05/03/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: 3 G

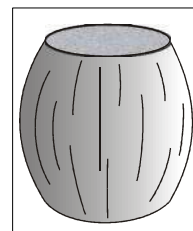
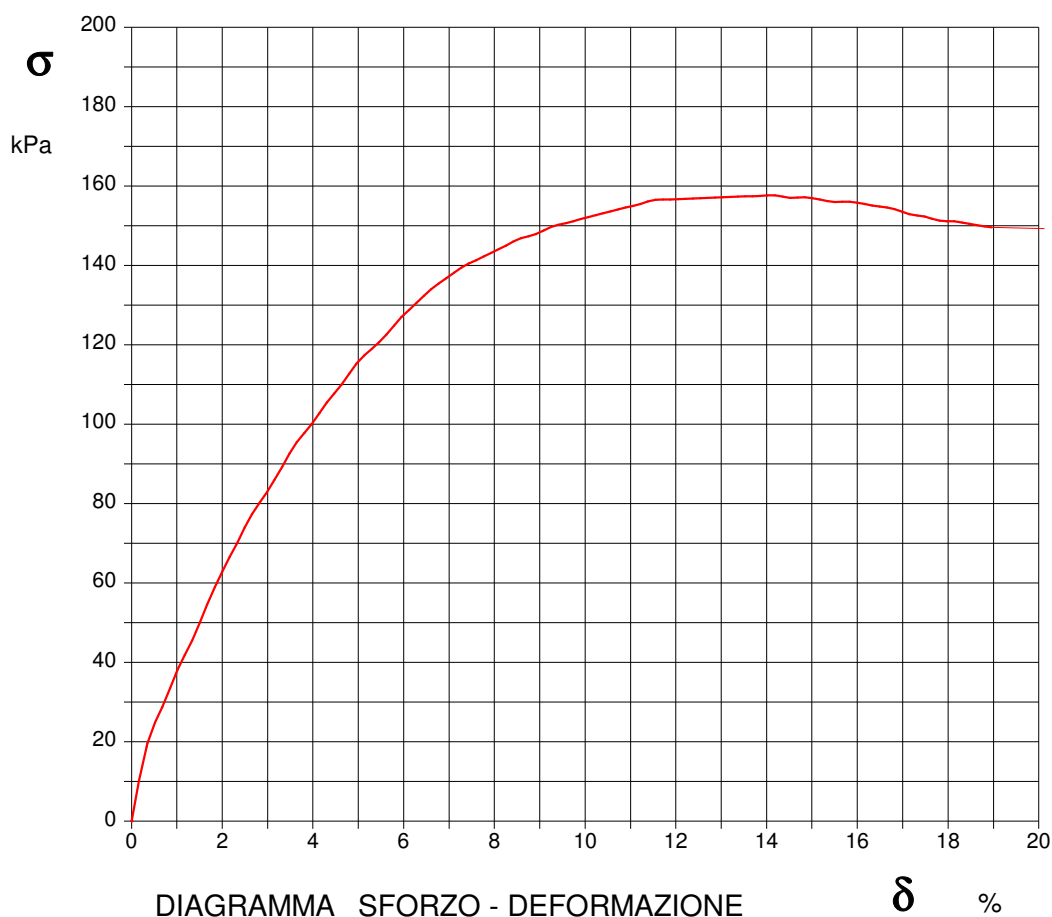
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.5-10.0

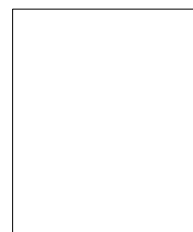
**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

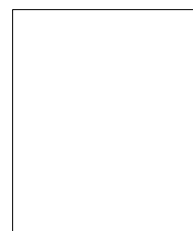
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	-----	-----
Altezza (cm):	7,59	-----	-----
Sezione (cm²):	11,70	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	18,6	-----	-----
Umidità naturale (%):	28,1	-----	-----



Provino 1

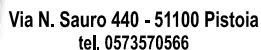


Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 5575	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---



Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06
---

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Lo sperimentatore  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: G3

CAMPIONE:

PROFONDITA': m 3.0-4.0

**MODULO RIASSUNTIVO****CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale		%
Peso di volume		kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco		kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo		kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	26,5	kN/m <sup>3</sup>
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità	33,4	%
Limite di plasticità	19,7	%
Indice di plasticità	13,7	%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40	NO	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 7

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	4,0	%
Sabbia	37,2	%
Limo	36,6	%
Argilla	22,2	%
D 10	0,000490	mm
D 50	0,024988	mm
D 60	0,067465	mm
D 90	0,555457	mm
Passante set. 10	96,0	%
Passante set. 42	86,5	%
Passante set. 200	61,1	%

**PERMEABILITA'**

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

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa	$\sigma$ Rim	kPa
$c_u$	kPa	$c_u$ Rim	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	kPa	$\phi'$	°
$c'$ Res	kPa	$\phi'$ Res	°

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

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

**PROVA EDOMETRICA**

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

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: G3

CAMPIONE:

PROFONDITA': m 3.0-4.0

Posizione delle prove			cm	Rp	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
GR	P	CF		kPa		
			0			Sabbia con limo argillosa
			10			
			20			
			30			
			40			
			50			
			60			
			70			
			80			
			90			
			100		100	

**TIPO DI CAMPIONE**

- ☐ Cilindrico  
☐ Cubico  
☒ Massivo

**QUALITA' DEL CAMPIONE**

- ☐ Q5 (Ottima)  
☐ Q4 (Buona)  
☐ Q3 (Sufficiente)  
☒ Q2 (Insufficiente)  
☐ Q1 (Pessima)

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02816</b>	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 02/07/19	Inizio analisi: 11/04/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19		Apertura campione: 08/04/19	Fine analisi: 15/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa				
RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6				
SONDAGGIO: G3		CAMPIONE:		PROFONDITA': m 3.0-4.0

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

## ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	96,0	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	86,5	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	61,1	%

## LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	33,4	%
Limite di plasticità	19,7	%
Indice di plasticità	13,7	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6****INDICE DI GRUPPO: 7**Tipi usuali dei materiali principali:  
Argille poco compressibili



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02815** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 15/04/19

Apertura campione: 08/04/19

Fine analisi: 16/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: G3

CAMPIONE:

PROFONDITA': m 3.0-4.0

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	33,4	%
Limite di plasticità	19,7	%
Indice di plasticità	13,7	%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40	NO	

C - Argille inorganiche

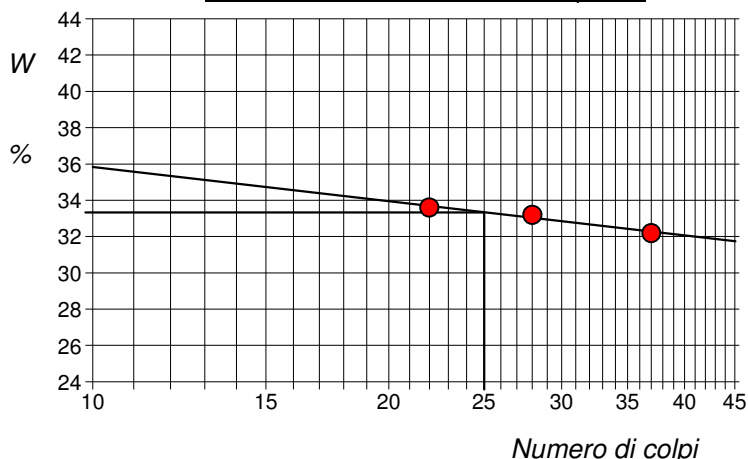
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

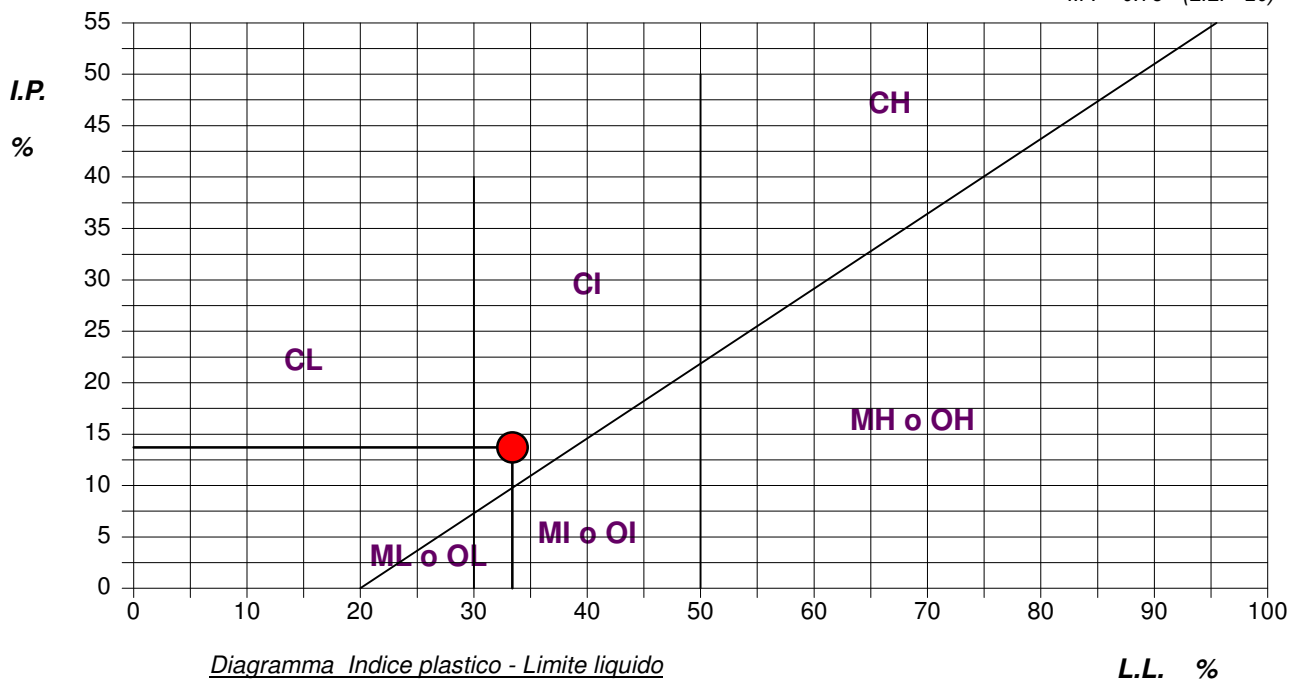
L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità

Determinazione del Limite di liquiditàABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02816** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19

Inizio analisi: 11/04/19

Apertura campione: 08/04/19

Fine analisi: 15/04/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: G3

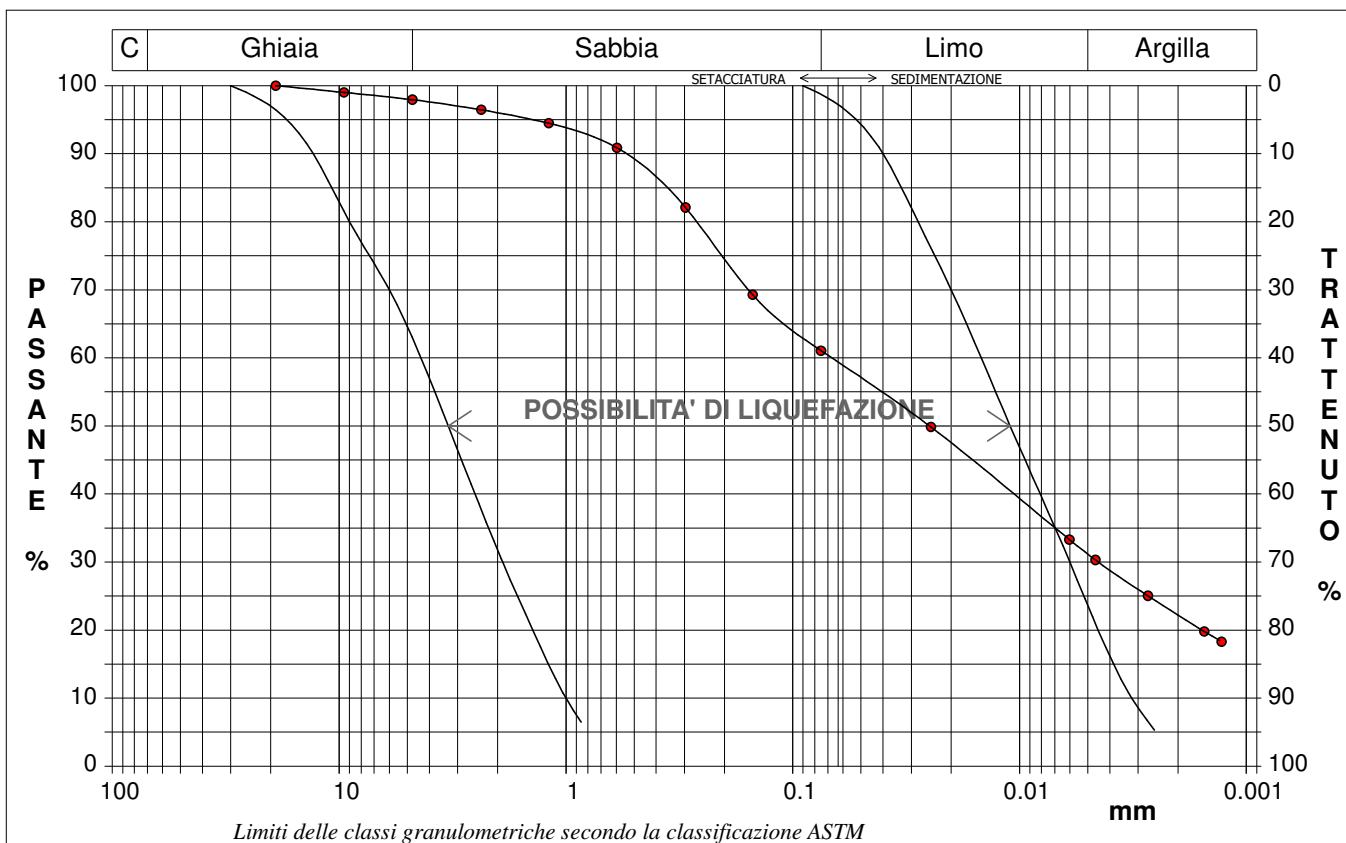
CAMPIONE:

PROFONDITA': m 3.0-4.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	4,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	96,0 %	D10	0,00049 mm	
Sabbia	37,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	86,5 %	D30	0,00449 mm	
Limo	36,6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	61,1 %	D50	0,02499 mm	
Argilla	22,2 %			D60	0,06746 mm	
Coefficiente di uniformità		137,74	Coefficiente di curvatura	0,61	D90	0,55546 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,5950	90,87	0,0060	33,31				
9,5200	99,01	0,2970	82,09	0,0046	30,30				
4,7500	97,94	0,1500	69,27	0,0027	25,04				
2,3600	96,45	0,0750	61,07	0,0015	19,78				
1,1900	94,49	0,0246	49,84	0,0013	18,28				



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

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

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

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02817** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 47 del 30/01/19

DATA DI EMISSIONE: 02/07/19 Inizio analisi: 10/06/19

Apertura campione: 08/04/19 Fine analisi: 13/06/19

COMMITTENTE: Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno inferiore e costa

RIFERIMENTO: Rio Maggiore - Livorno - CIG. 7653925AB6

SONDAGGIO: G3

CAMPIONE:

PROFONDITA': m 3.0-4.0

**PROVA DI COSTIPAMENTO STANDARD**

Modalità di prova: Norma ASTM D698

Tenore in acqua ottimo (%): **15,3**

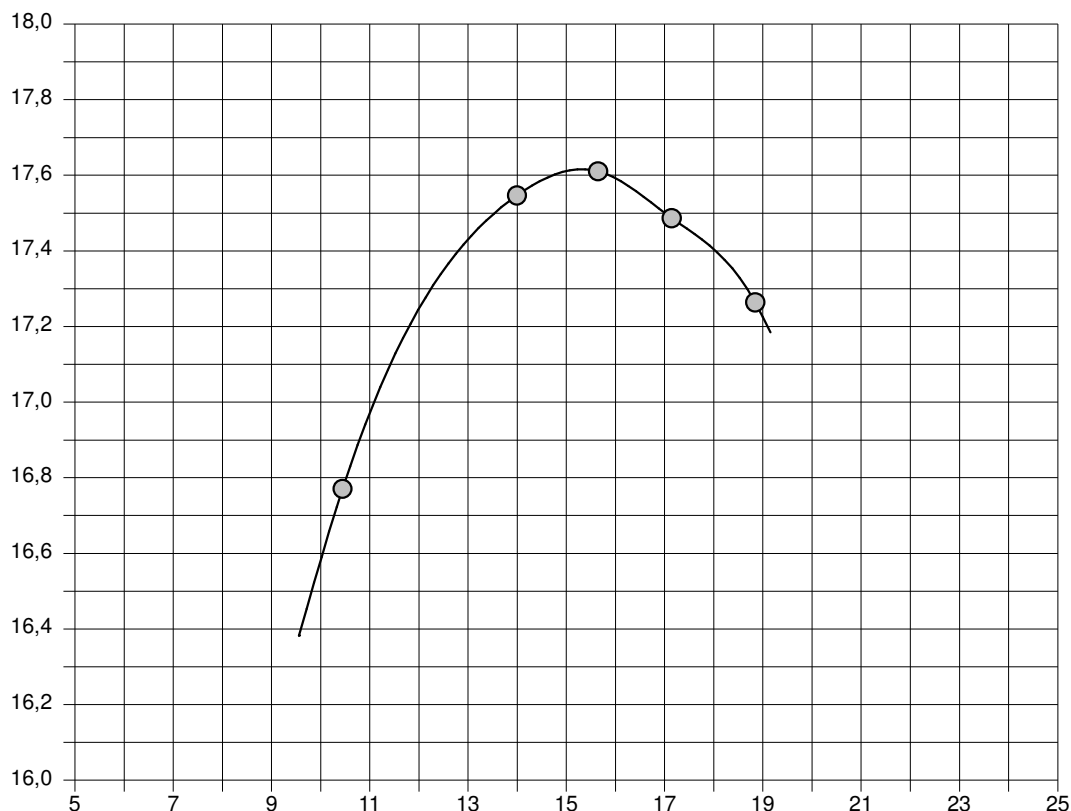
Peso di volume secco massimo (kN/m³): **17,6**

Materiale con  $\phi > 4,75 \text{ mm}$  (%): -

Volume della fustella (cm³): 944

Provino n°	Umidità %	Peso di volume umido kN/m³	Peso di volume secco kN/m³
1	10,4	18,52	16,77
2	14,0	20,00	17,55
3	15,6	20,37	17,61
4	17,1	20,48	17,49
5	18,8	20,52	17,26
----	----	----	----
----	----	----	----
----	----	----	----

$\gamma_d$   
kN/m³



**DIAGRAMMA TENORE IN ACQUA - PESO DI VOLUME SECCO**

% **W**

**COMMITTENTE:** REGIONE TOSCANA - Settore Genio Civile 'Valdarno Inferiore e Costa' - richiedente LABOTER s.n.c.

**RIFERIMENTO:** Rio maggiore - Livorno - CIG: 7653925AB6

**SONDAGGIO:** S3G

**CAMPIONE:** C2

**PROFONDITA':** m 9,50-9,80

## MODULO RIASSUNTIVO

### COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.

**Coesione:** ( $c_d$ ) 23,4 kPa  
**Angolo di attrito interno:** ( $\phi_d$ ) 25,5 °

### FOTOGRAFIA



Posizione delle prove TX	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				
	5	160			Argilla debolmente limosa [ESAME VISIVO], di colore grigio, consistente e struttura omogenea. Reagente all'HCl
	10				
	15	160			MUNSELL SOIL COLOR CHARTS: Gley1 Dark Greenish Gray 4/1 5G
	20				
	25	150			
	30			30	

217-19

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01026 Pagina 1/5

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 095 del 05/04/19

DATA DI EMISSIONE: 12/04/19

Inizio analisi: 05/04/19

Apertura campione: 05/04/19

Fine analisi: 11/04/19

COMMITTENTE: REGIONE TOSCANA - Settore Genio Civile 'Valdarno Inferiore e Costa' - richiedente LABOTER s.n.c.

RIFERIMENTO: Rio maggiore - Livorno - CIG: 7653925AB6

SONDAGGIO: S3G

CAMPIONE: C2

PROFONDITA': m 9,50-9,80

## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.

Modalità di prova: Norma Raccomandazioni A.G.I. - 1994

### TABELLA RIASSUNTIVA DEI DATI DELLA PROVA

PROVINO	1	2	3	PROVINO	1	2	3
Condizioni	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato	<b>Pressioni iniziali</b>			
<b>Caratteristiche iniziali dei provini</b>				Pressione di cella (kPa)	400	500	600
Massa (g)	167,55	167,68	167,12	Back pressure (kPa)	300	300	300
Altezza (cm)	7,62	7,62	7,62	Pressione efficace (kPa)	100	200	300
Diametro (cm)	3,81	3,81	3,81	<b>Valori finali o a rottura</b>			
Sezione (cm²):	11,40	11,40	11,40	Deformazione verticale (%)	10,4	12,9	14,4
Volume (cm³)	86,87	86,87	86,87	σ <sub>1</sub> –σ <sub>3</sub> (kPa)	226	375	531
Peso di volume (kN/m³)	18,9	18,9	18,9	Pressione interstiziale (kPa)	300	300	300
Umidità (%)	26,3	26,1	26,5	(σ <sub>1</sub> +σ <sub>3</sub> ) / 2 (kPa)	213	387	566
Peso specifico				(σ <sub>1</sub> –σ <sub>3</sub> ) / 2 (kPa)	113	187	266
Peso di volume secco (kN/m³)				<b>Calcolo della velocità di prova</b>			
Grado di saturazione (%)				T100 (minuti)	29,1	37,9	100,0
<b>Parametri di saturazione</b>				Deformazione stimata (%)	7	7	14
Coefficiente B	0,98	0,98	0,97	Velocità di prova (mm/min)	0,012	0,009	0,007
<b>Caratteristiche dopo la consolidazione</b>				Velocità di prova (mm/min)	0,005		
Altezza (cm)	7,45	7,34	7,25				
Variazione altezza (%)	-2,2	-3,7	-4,9				
Volume (cm³)	84,87	83,68	82,68				
Variazione volume (%)	-2,3	-3,7	-4,8				
Peso di volume (kN/m³)	19,8	20,1	20,4				
Umidità (%)	28,86	29,20	30,22				
Grado di saturazione (%)							
<b>Caratteristiche dopo la rottura</b>							
Altezza (cm)	5,93	5,82	5,73				
Volume (cm³)	84,22	82,38	80,56				
Peso di volume (kN/m³)	19,4	19,5	19,4				
Umidità (%)	27,35	26,79	27,04				
Grado di saturazione (%)							

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01026 Pagina 2/5  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 095 del 05/04/19

DATA DI EMISSIONE: 12/04/19 Inizio analisi: 05/04/19  
Apertura campione: 05/04/19 Fine analisi: 11/04/19

COMMITTENTE: REGIONE TOSCANA - Settore Genio Civile 'Valdarno Inferiore e Costa' - richiedente LABOTER s.n.c.

RIFERIMENTO: Rio maggiore - Livorno - CIG: 7653925AB6

SONDAGGIO: S3G CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 9,50-9,80

## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.

Modalità di prova: Norma Raccomandazioni A.G.I. - 1994

P	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura				
n	H <sub>o</sub>	φ	γ	γ <sub>s</sub>	w <sub>o</sub>	S <sub>o</sub>	σ <sub>3</sub>	u <sub>o</sub>	σ' <sub>3</sub>	ΔV/V	ΔH/H	w <sub>f</sub>	δ <sub>f</sub>	σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub>	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$
	cm	cm	kN/m <sup>3</sup>		%	%	kPa	kPa	kPa	%	%	%	%	kPa	kPa	kPa
1	7,62	3,81	18,9	0,00	26,3	92,5	400	300	100	2,3	2,2	27,4	10,4	226	213	113
2	7,62	3,81	18,9	0,00	26,1	92,3	500	300	200	3,7	3,7	26,8	12,9	375	387	187
3	7,62	3,81	18,9	0,00	26,5	92,3	600	300	300	4,8	4,9	27,0	14,4	531	566	266

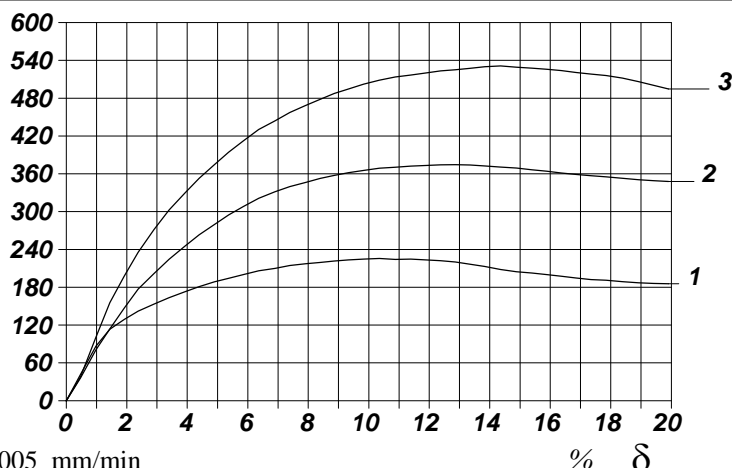
H<sub>o</sub> φ - Altezza e diametro provini  
w<sub>o</sub> w<sub>f</sub> - Umidità iniziale e finale  
γ γ<sub>s</sub> - Peso di volume e peso specifico  
S<sub>o</sub> - Grado di saturazione iniziale  
ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume  
σ<sub>3</sub>/u<sub>o</sub> - Press. di cella/Back pressure  
δ<sub>f</sub> - Deformazione a rottura  
σ<sub>1</sub> σ<sub>3</sub> - Tensioni totali

σ<sub>1</sub>-σ<sub>3</sub>  
kPa

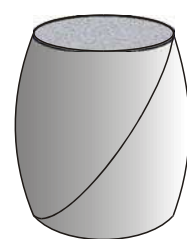
Diagramma

Tensione efficace -  
- Deformazione

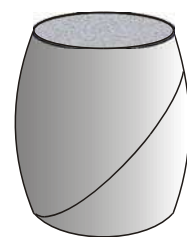
Velocità di deformazione: 0,005 mm/min



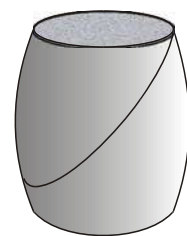
Tipo di rottura



Provino 1



Provino 2

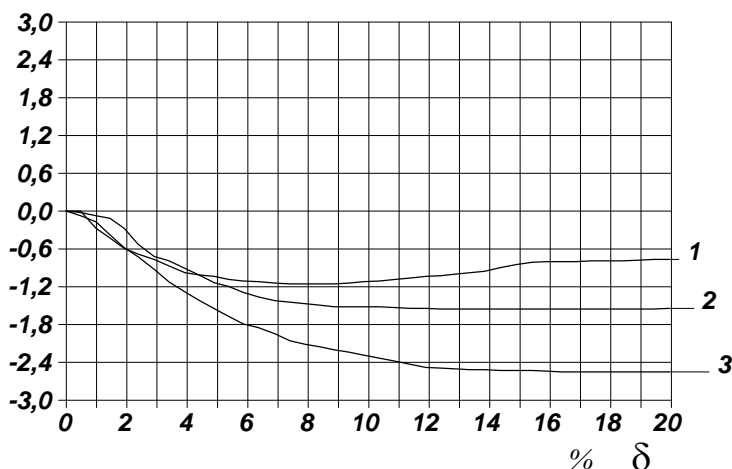


Provino 3

ΔV  
%

Diagramma

Variazione di volume -  
- Deformazione





CERTIFICATO DI PROVA N°: 01026 Pagina 3/5  
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 095 del 05/04/19

DATA DI EMISSIONE: 12/04/19 Inizio analisi: 05/04/19  
Apertura campione: 05/04/19 Fine analisi: 11/04/19

COMMITTENTE: REGIONE TOSCANA - Settore Genio Civile 'Valdarno Inferiore e Costa' - richiedente LABOTER s.n.c.

RIFERIMENTO: Rio maggiore - Livorno - CIG: 7653925AB6

SONDAGGIO: S3G CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 9,50-9,80

## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.

Modalità di prova: Norma Raccomandazioni A.G.I. - 1994

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta V$ %	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta V$ %	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta V$ %
0,36	0,47	41,7	0,00	0,36	0,47	36,1	-0,02	0,36	0,47	38,1	-0,07
0,75	0,98	86,5	-0,27	0,75	0,98	80,7	-0,07	0,75	0,98	100,6	-0,17
1,10	1,44	113,3	-0,42	1,10	1,44	114,0	-0,11	1,10	1,44	155,6	-0,37
1,46	1,92	129,0	-0,59	1,46	1,92	147,1	-0,27	1,46	1,92	197,9	-0,58
1,81	2,38	142,1	-0,68	1,81	2,38	177,3	-0,53	1,81	2,38	235,5	-0,73
2,21	2,90	153,3	-0,77	2,21	2,90	201,8	-0,72	2,21	2,90	271,7	-0,92
2,59	3,40	163,5	-0,87	2,59	3,40	224,5	-0,79	2,59	3,40	302,5	-1,12
2,99	3,92	172,8	-0,98	2,99	3,92	245,2	-0,91	2,99	3,92	329,5	-1,28
3,35	4,40	181,1	-1,01	3,35	4,40	263,3	-1,02	3,35	4,40	353,0	-1,42
3,73	4,90	188,5	-1,04	3,73	4,90	279,5	-1,14	3,73	4,90	374,6	-1,55
4,09	5,37	194,2	-1,08	4,09	5,37	294,7	-1,20	4,09	5,37	394,3	-1,67
4,46	5,85	199,8	-1,11	4,46	5,85	308,0	-1,29	4,46	5,85	412,1	-1,79
4,85	6,36	206,1	-1,12	4,85	6,36	321,1	-1,36	4,85	6,36	430,4	-1,85
5,26	6,90	209,9	-1,14	5,26	6,90	331,5	-1,42	5,26	6,90	444,2	-1,95
5,63	7,39	214,5	-1,15	5,63	7,39	339,5	-1,45	5,63	7,39	457,3	-2,06
6,03	7,91	217,3	-1,15	6,03	7,91	346,5	-1,47	6,03	7,91	468,5	-2,12
6,39	8,39	219,4	-1,15	6,39	8,39	352,8	-1,49	6,39	8,39	478,1	-2,15
6,75	8,86	221,4	-1,15	6,75	8,86	357,3	-1,52	6,75	8,86	487,6	-2,20
7,11	9,33	223,5	-1,14	7,11	9,33	361,9	-1,52	7,11	9,33	494,7	-2,24
7,49	9,83	224,6	-1,12	7,49	9,83	365,4	-1,52	7,49	9,83	502,2	-2,29
7,89	10,35	225,7	-1,11	7,89	10,35	368,7	-1,52	7,89	10,35	508,7	-2,33
8,29	10,88	224,3	-1,08	8,29	10,88	370,4	-1,53	8,29	10,88	513,6	-2,38
8,68	11,39	224,6	-1,06	8,68	11,39	372,2	-1,54	8,68	11,39	516,8	-2,43
9,06	11,89	223,3	-1,04	9,06	11,89	373,3	-1,54	9,06	11,89	520,1	-2,48
9,43	12,38	222,1	-1,03	9,43	12,38	374,3	-1,55	9,43	12,38	523,4	-2,49
9,80	12,86	220,1	-1,00	9,80	12,86	374,5	-1,55	9,80	12,86	525,1	-2,50
10,17	13,35	216,6	-0,98	10,17	13,35	373,9	-1,55	10,17	13,35	527,5	-2,52
10,54	13,83	213,1	-0,95	10,54	13,83	372,4	-1,55	10,54	13,83	529,8	-2,52
10,94	14,36	208,1	-0,90	10,94	14,36	370,7	-1,55	10,94	14,36	531,1	-2,53
11,34	14,88	204,6	-0,85	11,34	14,88	369,2	-1,55	11,34	14,88	529,3	-2,53
11,73	15,39	202,6	-0,81	11,73	15,39	366,2	-1,55	11,73	15,39	527,6	-2,53
12,11	15,89	199,9	-0,80	12,11	15,89	364,1	-1,55	12,11	15,89	526,0	-2,54
12,47	16,36	197,3	-0,80	12,47	16,36	361,3	-1,55	12,47	16,36	523,8	-2,55
12,84	16,85	194,7	-0,80	12,84	16,85	359,2	-1,55	12,84	16,85	520,7	-2,55
13,22	17,35	192,1	-0,79	13,22	17,35	356,9	-1,55	13,22	17,35	518,3	-2,55
13,60	17,85	191,0	-0,79	13,60	17,85	355,4	-1,55	13,60	17,85	515,9	-2,55
14,01	18,39	189,0	-0,79	14,01	18,39	352,9	-1,55	14,01	18,39	511,8	-2,55
14,41	18,91	187,1	-0,78	14,41	18,91	350,6	-1,55	14,41	18,91	506,4	-2,55
14,79	19,41	185,9	-0,77	14,79	19,41	349,2	-1,55	14,79	19,41	500,5	-2,55
15,17	19,91	185,5	-0,77	15,17	19,91	348,0	-1,54	15,17	19,91	494,6	-2,55

217-19

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01026** **Pagina 4/5**

**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 095 del 05/04/19**

**DATA DI EMISSIONE: 12/04/19**

**Inizio analisi: 05/04/19**

**Apertura campione: 05/04/19**

**Fine analisi: 11/04/19**

**COMMITTENTE:** REGIONE TOSCANA - Settore Genio Civile 'Valdarno Inferiore e Costa' - richiedente LABOTER s.n.c.

**RIFERIMENTO:** Rio maggiore - Livorno - CIG: 7653925AB6

**SONDAGGIO:** S3G

**CAMPIONE:** C2

**PROFONDITA': m** 9,50-9,80

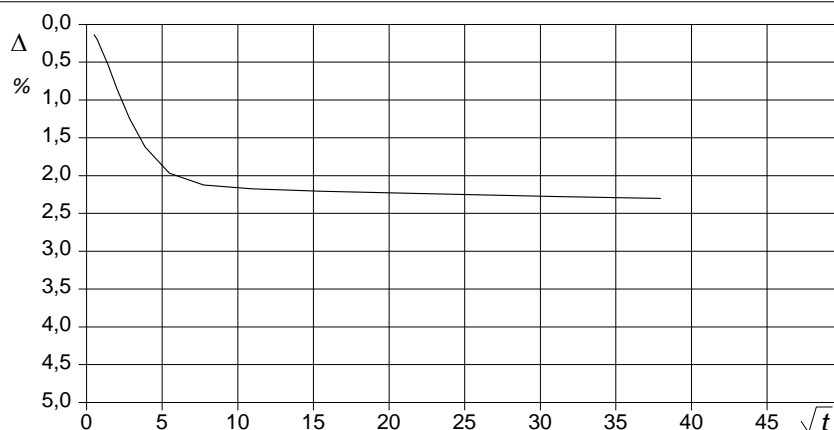
## PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE - FASE DI CONSOLIDAZIONE

**Modalità di prova: Norma Raccomandazioni A.G.I. - 1994**

### DIAGRAMMI TEMPO - VARIAZIONE DI VOLUME

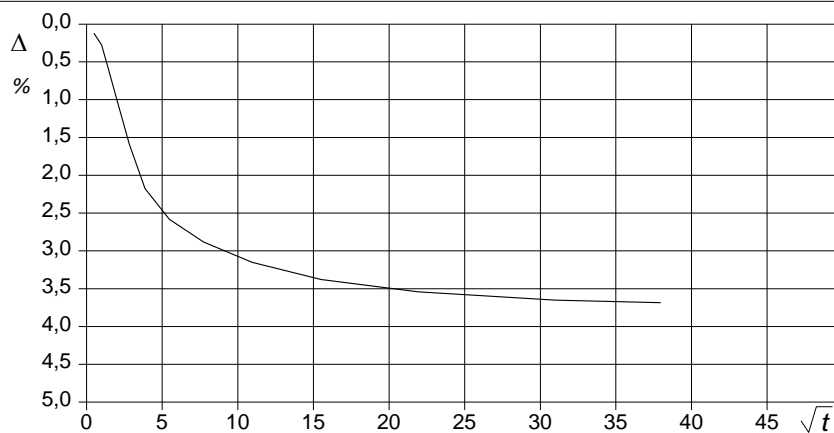
#### PROVINO 1

Pressione (kPa)	<b>100</b>
Altezza (cm)	<b>7,62</b>
Fattore F	<b>15,758</b>
T <sub>100</sub> (min)	<b>29,1</b>
Deformaz. stimata (%)	<b>7</b>
Veloc. stimata (mm/min)	<b>0,012</b>



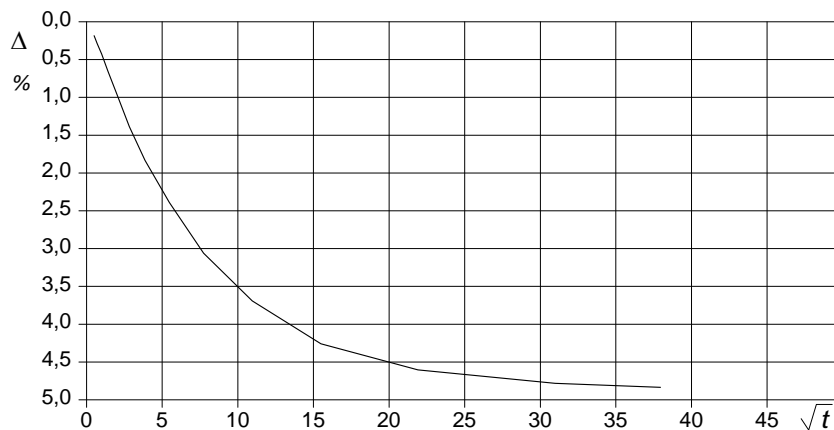
#### PROVINO 2

Pressione (kPa)	<b>200</b>
Altezza (cm)	<b>7,62</b>
Fattore F	<b>15,758</b>
T <sub>100</sub> (min)	<b>37,9</b>
Deformaz. stimata (%)	<b>7</b>
Veloc. stimata (mm/min)	<b>0,009</b>



#### PROVINO 3

Pressione (kPa)	<b>300</b>
Altezza (cm)	<b>7,62</b>
Fattore F	<b>15,758</b>
T <sub>100</sub> (min)	<b>100,0</b>
Deformaz. stimata (%)	<b>14</b>
Veloc. stimata (mm/min)	<b>0,007</b>



217-19 Velocità stimata di prova =  $(H \cdot \text{DefV}) / (100 \cdot F \cdot T_{100})$  - Velocità media di prova (mm/min): 0,005

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 01026 <b>Pagina</b> 5/5		<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 12/04/19 <b>Inizio analisi:</b> 05/04/19	
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 095 del 05/04/19		<b>Apertura campione:</b> 05/04/19 <b>Fine analisi:</b> 11/04/19	

<b>COMMITTENTE:</b> REGIONE TOSCANA - Settore Genio Civile 'Valdarno Inferiore e Costa' - richiedente LABOTER s.n.c.			
<b>RIFERIMENTO:</b> Rio maggiore - Livorno - CIG: 7653925AB6			
<b>SONDAGGIO:</b> S3G		<b>CAMPIONE:</b> C2	
		<b>PROFONDITA': m</b> 9,50-9,80	

### PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE - FASE DI CONSOLIDAZIONE

**Modalità di prova: Norma Raccomandazioni A.G.I. - 1994**

[illegible]

## **Allegato I**

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.9 sponda sinistra - sottopasso via E. Toti -  
Analisi statica drenata REV3.txt

Data: 18/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.9 PONTE via TOTI REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
10.00	10.20	22.50	12.92	22.50	11.47	10.00	8.40
10.00	10.30	22.50	15.10	22.50	12.92	40.00	8.40
10.10	10.30	23.20	15.10	40.00	12.92	-	-
10.10	11.00	23.20	15.70	40.00	11.47	-	-
20.80	11.00	26.70	15.83	22.50	11.47	-	-
20.80	11.47	29.91	15.88	-	-	-	-
20.80	12.92	29.91	14.96	-	-	-	-
20.80	16.85	37.01	14.96	-	-	-	-
21.40	16.85	40.00	14.96	-	-	-	-
21.40	15.70	40.00	12.92	-	-	-	-
22.50	15.70	22.50	12.92	-	-	-	-
23.10	15.70	-	-	-	-	-	-
23.20	15.70	-	-	-	-	-	-
26.70	15.83	-	-	-	-	-	-
29.91	15.88	-	-	-	-	-	-
29.91	14.96	-	-	-	-	-	-
37.01	14.96	-	-	-	-	-	-
40.00	14.96	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y

10.00	7.70	10.00	10.20	21.50	10.30	22.50	15.10
40.00	7.70	10.00	10.30	21.40	10.30	22.50	15.70
-	-	10.10	10.30	21.40	15.70	23.10	15.70
-	-	10.10	11.00	22.50	15.70	23.20	15.70
-	-	20.80	11.00	22.50	10.20	23.20	15.10
-	-	20.80	16.85	21.50	10.20	22.50	15.10
-	-	21.40	16.85	21.50	10.30	-	-
-	-	21.40	10.30	-	-	-	-
-	-	21.50	10.30	-	-	-	-
-	-	21.50	10.20	-	-	-	-
-	-	10.00	10.20	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X Y (in m)

10.00	10.20
21.50	10.20
21.50	10.30
21.40	10.30
21.40	11.20
21.40	12.60
21.40	12.66
21.42	12.72
21.45	12.77
21.51	12.81
21.57	12.82
21.65	12.82
22.00	12.83
22.95	12.85
24.95	12.85
40.00	12.90

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2  
STRATO 6  
STRATO 8

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0  
Coefficiente K 0.000800  
Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01  
Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00  
Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO



----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	C` mi	D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	17.91	15.44	0.00	0.00	0.00	20.10	20.10
1.461	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.10	20.10
STRATO 2	30.17	0.00	0.00	0.00	0.00	20.10	20.10
1.875	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00
STRATO 3	29.26	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00
1.785	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00
STRATO 4	29.26	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00
1.785	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.40	19.40
STRATO 5	21.83	12.08	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00
1.584	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00
STRATO 6	40.00	300.00	0.00	0.00	0.00	22.00	23.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00
STRATO 7	36.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00
2.525	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00
STRATO 8	40.00	300.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
(adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 100.00

Carico in X2 (Kpa): 30.00

Posizione carico da X1 m.: 29.91

a X2 m.: 37.01

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 100.00 a

30.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare  
in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- TIRANTI/ANCORAGGI PRESENTI -----

TIPO TIRANTE : Attivo

DISTRIBUZIONE FORZA RESISTENTE TIPO : Trapezoidale

PROCEDURA AUTOMATICA CALCOLO MOBILIZZAZIONE FORZA TIRANTI: Attivata

TIRANTE/ANCORAGGIO N.1

Coordinata X Testa (m):	22.50
Coordinata Y Testa (m):	13.70
Angolo con orizzontale(Gradi):	-25.00
Lunghezza (m):	16.00
Tensione o Forza (KN/m):	200.00
% lunghezza cementata (%) ):	75.00

----- PALIFICATE PRESENTI -----

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975) - HASSIOTIS (1997)

PALIFICATA N.1

Coordinata X Testa (m):	23.10
Coordinata Y Testa (m):	15.70
Lunghezza pali L (m)* :	11.15
Diametro pali D(m):	0.60
Interasse tra pali D1(m):	1.00
Lunghezza apertura tra pali D2(m):	0.40
Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018):	1.00

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: Attivata

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20%  
finale della lunghezza,  
ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto  
stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio  
(incastro).

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 10.60

37.60

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 13.60

39.40

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
 COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

Fattore di sicurezza (FS)	2.5008	- Min. -	X	Y	Lambda=
1.5000			20.80	11.00	
			21.15	11.30	
			21.33	11.46	
			21.46	11.57	
			21.58	11.67	
			21.68	11.76	
			21.79	11.85	
			21.89	11.94	
			22.00	12.03	
			22.11	12.13	
			22.21	12.22	
			22.31	12.31	
			22.41	12.41	
			22.51	12.51	
			22.61	12.61	
			22.72	12.72	
			22.82	12.83	
			22.93	12.96	
			23.04	13.08	
			23.14	13.20	
			23.24	13.32	
			23.35	13.44	
			23.45	13.57	
			23.55	13.70	
			23.66	13.83	
			23.77	13.97	
			23.87	14.11	
			23.97	14.24	
			24.07	14.39	
			24.18	14.53	
			24.29	14.70	
			24.42	14.90	

24.60	15.19
24.96	15.77

Fattore di sicurezza (FS)	2.5191	- N.2 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

20.80	11.03
21.13	11.30
21.30	11.44
21.42	11.54
21.53	11.63
21.62	11.71
21.72	11.79
21.82	11.87
21.92	11.96
22.02	12.04
22.12	12.12
22.21	12.21
22.30	12.30
22.40	12.40
22.49	12.50
22.58	12.61
22.68	12.72
22.78	12.85
22.88	12.98
22.98	13.11
23.08	13.23
23.17	13.36
23.27	13.50
23.36	13.64
23.46	13.78
23.56	13.93
23.66	14.08
23.75	14.23
23.85	14.38
23.95	14.54
24.05	14.71
24.17	14.91
24.34	15.20
24.67	15.75

Fattore di sicurezza (FS)	2.5243	- N.3 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

20.80	11.02
21.16	11.29
21.35	11.43
21.47	11.53
21.59	11.62
21.69	11.71
21.79	11.80
21.90	11.89
22.00	11.99
22.11	12.09

22.22	12.19
22.32	12.29
22.43	12.39
22.53	12.49
22.64	12.60
22.74	12.70
22.85	12.81
22.96	12.92
23.07	13.03
23.17	13.14
23.27	13.25
23.37	13.38
23.47	13.50
23.57	13.64
23.67	13.79
23.78	13.95
23.89	14.11
24.00	14.27
24.10	14.43
24.21	14.58
24.33	14.76
24.46	14.96
24.64	15.23
25.00	15.77

Fattore di sicurezza (FS)	2.5259	- N.4 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

20.80	11.02
21.18	11.33
21.38	11.50
21.52	11.61
21.64	11.72
21.76	11.81
21.87	11.91
21.98	12.00
22.10	12.10
22.22	12.19
22.33	12.29
22.44	12.39
22.55	12.49
22.66	12.59
22.76	12.70
22.87	12.82
22.99	12.94
23.11	13.07
23.22	13.19
23.33	13.32
23.45	13.45
23.56	13.58
23.67	13.71
23.78	13.85
23.89	13.99
24.00	14.13

24.12	14.28
24.23	14.42
24.35	14.57
24.46	14.71
24.58	14.87
24.73	15.05
24.92	15.30
25.30	15.78

Fattore di sicurezza (FS)	2.5316	- N.5 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

20.80	11.04
21.17	11.34
21.36	11.49
21.49	11.60
21.62	11.70
21.72	11.79
21.83	11.88
21.94	11.97
22.06	12.07
22.17	12.17
22.28	12.26
22.38	12.36
22.49	12.46
22.59	12.57
22.70	12.68
22.80	12.79
22.91	12.92
23.02	13.06
23.14	13.19
23.25	13.32
23.36	13.46
23.46	13.59
23.57	13.72
23.68	13.85
23.79	13.99
23.90	14.12
24.01	14.26
24.12	14.40
24.23	14.53
24.33	14.67
24.45	14.83
24.59	15.01
24.78	15.27
25.15	15.77

Fattore di sicurezza (FS)	2.5379	- N.6 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

20.80	11.01
21.16	11.36
21.35	11.54
21.49	11.67



21.61	11.78
21.72	11.89
21.83	11.99
21.94	12.09
22.05	12.20
22.15	12.30
22.26	12.41
22.37	12.51
22.48	12.62
22.58	12.72
22.69	12.83
22.80	12.94
22.91	13.05
23.02	13.16
23.13	13.28
23.24	13.39
23.34	13.51
23.45	13.63
23.55	13.76
23.66	13.88
23.77	14.02
23.88	14.16
23.99	14.31
24.10	14.45
24.21	14.59
24.32	14.73
24.44	14.88
24.57	15.06
24.76	15.30
25.13	15.77

Fattore di sicurezza (FS)	2.5419	- N.7 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

20.80	11.02
21.14	11.26
21.31	11.38
21.43	11.46
21.54	11.54
21.64	11.62
21.73	11.70
21.83	11.78
21.93	11.87
22.03	11.96
22.13	12.06
22.23	12.15
22.33	12.24
22.42	12.34
22.52	12.44
22.62	12.55
22.72	12.66
22.83	12.78
22.92	12.90
23.02	13.02

23.11	13.14
23.21	13.27
23.30	13.40
23.40	13.54
23.50	13.70
23.60	13.86
23.70	14.03
23.80	14.19
23.90	14.35
24.00	14.51
24.11	14.69
24.23	14.90
24.40	15.19
24.74	15.76

Fattore di sicurezza (FS)	2.5419	- N.8 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

20.80	11.01
21.22	11.37
21.44	11.55
21.60	11.68
21.74	11.80
21.87	11.91
21.99	12.02
22.12	12.13
22.24	12.24
22.37	12.35
22.50	12.46
22.62	12.57
22.75	12.68
22.87	12.80
23.00	12.91
23.12	13.03
23.25	13.15
23.37	13.27
23.50	13.39
23.63	13.51
23.75	13.63
23.88	13.75
24.00	13.88
24.13	14.00
24.25	14.13
24.38	14.26
24.51	14.39
24.63	14.52
24.76	14.65
24.88	14.78
25.02	14.93
25.18	15.10
25.40	15.34
25.82	15.80

Fattore di sicurezza (FS)	2.5421	- N.9 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

20.80	11.02
21.18	11.37
21.38	11.55
21.52	11.67
21.65	11.79
21.76	11.90
21.87	12.00
21.99	12.11
22.10	12.22
22.21	12.34
22.33	12.45
22.44	12.56
22.55	12.67
22.66	12.79
22.78	12.90
22.89	13.02
23.00	13.14
23.12	13.26
23.23	13.38
23.34	13.51
23.46	13.63
23.57	13.75
23.68	13.87
23.79	14.00
23.91	14.12
24.02	14.25
24.14	14.38
24.25	14.51
24.36	14.64
24.47	14.77
24.60	14.92
24.74	15.08
24.94	15.32
25.32	15.78

Fattore di sicurezza (FS)	2.5444	- N.10 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

20.80	11.01
21.17	11.27
21.36	11.40
21.50	11.50
21.61	11.59
21.72	11.67
21.83	11.75
21.94	11.84
22.05	11.93
22.16	12.02
22.27	12.12
22.38	12.21
22.48	12.31
22.59	12.41

22.69	12.52
22.80	12.63
22.91	12.75
23.03	12.88
23.14	13.01
23.25	13.13
23.35	13.26
23.46	13.40
23.56	13.53
23.67	13.68
23.78	13.82
23.89	13.98
24.00	14.14
24.11	14.29
24.22	14.45
24.33	14.60
24.45	14.77
24.58	14.97
24.77	15.24
25.14	15.77

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----  
 # DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR FS \*  
 # Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	2.501	411.8	164.6	214.2	Surplus
2	2.519	406.7	161.5	213.0	Surplus
3	2.524	411.4	163.0	215.8	Surplus
4	2.526	416.3	164.8	218.5	Surplus
5	2.532	412.7	163.0	217.1	Surplus
6	2.538	414.6	163.4	218.5	Surplus
7	2.542	409.6	161.1	216.2	Surplus
8	2.542	423.7	166.7	223.7	Surplus
9	2.542	416.1	163.7	219.7	Surplus
10	2.544	416.8	163.8	220.2	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 213.0

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
 di scivolamento  
 FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
 di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
 per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

-----  
 TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS  
 -----

-----						
phi '	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
	(c',Cu)					
	(kPa)					
	20.800	0.068	40.67	9.83	0.00	0.00
40.00	300.00					
	20.868	0.068	40.67	9.74	0.00	0.00
40.00	300.00					
	20.935	0.068	40.67	9.64	0.00	0.00
40.00	300.00					
	21.003	0.068	40.67	9.54	0.00	0.00
40.00	300.00					
	21.070	0.068	40.67	9.44	0.00	0.00
40.00	300.00					
	21.138	0.012	40.67	1.67	0.00	0.00
40.00	300.00					
	21.150	0.068	40.67	9.33	0.00	0.00
40.00	300.00					
	21.218	0.068	40.67	9.23	0.00	0.00
40.00	300.00					
	21.285	0.047	40.67	6.38	0.00	0.00
40.00	300.00					
	21.332	0.068	40.68	9.06	0.00	0.00
40.00	300.00					
	21.400	0.000	40.68	0.01	0.00	0.00
40.00	300.00					
	21.400	0.020	40.68	1.84	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.420	0.030	40.68	2.74	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.450	0.012	40.68	1.12	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.462	0.038	40.68	3.41	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.500	0.010	40.68	0.90	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.510	0.060	40.68	5.43	0.05	3.17
36.00	0.00					
	21.570	0.010	40.68	0.87	0.07	4.65
36.00	0.00					
	21.580	0.068	40.68	6.02	0.08	4.88
36.00	0.00					
	21.647	0.003	40.68	0.24	0.10	6.54
36.00	0.00					
	21.650	0.033	40.68	2.94	0.10	6.61
36.00	0.00					
	21.683	0.068	40.68	5.89	0.10	7.40
36.00	0.00					
	21.751	0.037	40.68	3.22	0.11	8.43
36.00	0.00					
	21.788	0.068	40.69	5.74	0.11	8.65
36.00	0.00					
	21.856	0.038	40.69	3.16	0.10	8.51

36.00	0.00					
21.894	0.068	40.69	5.60	0.10	8.32	
36.00	0.00					
21.961	0.039	40.69	3.18	0.10	7.87	
36.00	0.00					
22.000	0.000	40.69	0.03	0.09	7.63	
36.00	0.00					
22.000	0.068	40.69	5.46	0.09	7.62	
36.00	0.00					
22.068	0.040	40.69	3.23	0.09	7.09	
36.00	0.00					
22.108	0.068	41.69	5.32	0.09	6.79	
36.00	0.00					
22.176	0.035	41.69	2.72	0.08	6.16	
36.00	0.00					
22.211	0.068	42.73	5.17	0.08	5.85	
36.00	0.00					
22.279	0.034	42.73	2.53	0.07	5.05	
36.00	0.00					
22.312	0.068	43.78	5.03	0.06	4.76	
36.00	0.00					
22.380	0.032	43.78	2.33	0.06	4.11	
36.00	0.00					
22.412	0.068	44.79	4.88	0.05	3.85	
36.00	0.00					
22.479	0.021	44.79	1.47	0.05	3.26	
36.00	0.00					
22.500	0.014	44.79	0.94	0.05	3.11	
29.26	0.00					
22.514	0.068	45.77	4.49	0.04	3.00	
29.26	0.00					
22.582	0.032	45.77	2.12	0.04	2.38	
29.26	0.00					
22.614	0.068	46.72	4.35	0.03	2.09	
29.26	0.00					
22.682	0.034	46.72	2.17	0.02	1.42	
29.26	0.00					
22.716	0.068	47.59	4.20	0.02	1.12	
29.26	0.00					
22.783	0.037	47.59	2.23	0.01	0.57	
29.26	0.00					
22.820	0.013	48.38	0.80	0.00	0.00	
29.26	0.00					
22.833	0.064	48.38	3.83	0.00	0.00	
29.26	0.00					
22.898	0.032	48.38	1.89	0.00	0.00	
30.17	0.00					
22.930	0.020	48.82	1.16	0.00	0.00	
30.17	0.00					
22.950	0.068	48.82	3.84	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.018	0.019	48.82	1.03	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.036	0.064	49.28	3.51	0.00	0.00	



30.17	0.00					
23.100	0.040	49.28	2.15	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.140	0.060	49.74	3.14	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.200	0.043	49.74	2.08	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.243	0.020	50.19	0.97	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.263	0.047	50.19	2.22	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.311	0.035	50.19	1.63	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.346	0.068	50.64	3.02	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.414	0.035	50.64	1.53	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.449	0.068	51.07	2.85	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.516	0.036	51.07	1.48	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.553	0.068	51.49	2.68	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.620	0.038	51.49	1.46	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.658	0.068	51.88	2.51	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.726	0.042	51.88	1.49	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.768	0.068	52.72	2.32	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.835	0.036	52.72	1.20	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.872	0.068	53.58	2.14	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.939	0.035	53.58	1.05	0.00	0.00	
30.17	0.00					
23.974	0.068	54.44	1.95	0.00	0.00	
30.17	0.00					
24.042	0.033	54.44	0.91	0.00	0.00	
30.17	0.00					
24.075	0.068	55.27	1.77	0.00	0.00	
30.17	0.00					
24.142	0.035	55.27	0.86	0.00	0.00	
30.17	0.00					
24.177	0.068	56.30	1.57	0.00	0.00	
30.17	0.00					
24.245	0.045	56.30	0.98	0.00	0.00	
30.17	0.00					
24.290	0.068	57.09	1.34	0.00	0.00	
30.17	0.00					
24.358	0.060	57.09	1.07	0.00	0.00	
30.17	0.00					
24.418	0.068	57.80	1.08	0.00	0.00	

30.17	0.00					
	24.485	0.068	57.80	0.93	0.00	0.00
30.17	0.00					
	24.553	0.046	57.80	0.56	0.00	0.00
30.17	0.00					
	24.600	0.068	58.16	0.69	0.00	0.00
30.17	0.00					
	24.667	0.068	58.16	0.55	0.00	0.00
30.17	0.00					
	24.735	0.068	58.16	0.40	0.00	0.00
30.17	0.00					
	24.802	0.068	58.16	0.26	0.00	0.00
30.17	0.00					
	24.870	0.068	58.16	0.12	0.00	0.00
30.17	0.00					
	24.937	0.013	58.16	0.01	0.00	0.00
30.17	0.00					
	24.950	0.007	58.16	0.00	0.00	0.00
30.17	0.00					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----  
 -----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----

---

T(x)	X	ht	yt	yt'	E(x)
(kN/m)	(m)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
		(m)	(m)	(--)	(kN/m)
		(kN)	(--)	(--)	(--)
	20.800	0.000	11.001	11.956	0.000000000E+000
0.000000000E+000		2.1758229391E+002		0.083	10.670 10.480
	20.868	1.460	12.520	11.956	1.1639102608E+001
2.5283815626E-001		1.2680373457E+002		0.083	10.670 10.480
	20.935	1.500	12.618	2.365	1.7142178319E+001
2.2910344437E+000		7.1699151067E+001		0.083	7.136 7.020
	21.003	1.664	12.839	3.137	2.1331874174E+001
1.0823722377E+001		5.6688512320E+001		0.083	6.448 6.383
	21.070	1.808	13.042	2.710	2.4805711181E+001
2.1400611508E+001		5.3979842283E+001		0.083	6.256 6.214

21.138	1.914	13.206	2.391	2.8629230874E+001	
3.1195502952E+001	7.7595803660E+001		0.083	6.100	6.132
21.150	1.930	13.232	1.643	2.9605872715E+001	
3.2966122739E+001	8.1862170753E+001		0.083	6.035	6.141
21.218	1.976	13.337	1.005	3.5341040383E+001	
4.1128867482E+001	8.1971120925E+001		0.083	5.515	6.333
21.285	1.950	13.368	0.163	4.0687277980E+001	
4.5017887389E+001	6.8441026355E+001		0.083	4.686	6.604
21.332	1.896	13.355	-0.479	4.3563209377E+001	
4.5147745520E+001	5.3806600408E+001		0.083	4.008	6.794
21.400	1.796	13.313	-2.438	4.6501788129E+001	
4.3064598979E+001	3.1349785600E+001		0.083	2.956	7.043
21.400	1.673	13.190	-5.596	4.6505167801E+001	
4.3058597294E+001	3.1297248242E+001		3.187	2.954	1.017
21.420	1.666	13.200	0.516	4.7008048959E+001	
4.2032496902E+001	1.8764702659E+001		3.078	2.621	1.010
21.450	1.656	13.216	0.516	4.7283919052E+001	
4.0497125683E+001	6.2284016944E+000		2.948	2.252	1.001
21.462	1.652	13.222	0.516	4.7345466160E+001	
3.9937581171E+001	4.0776126447E+000		2.904	2.123	0.997
21.500	1.639	13.242	0.480	4.7390674844E+001	
3.8290760569E+001	-4.3867786634E+000		2.781	1.750	0.983
21.510	1.634	13.245	-0.240	4.7332002566E+001	
3.7903579609E+001	-6.4799989317E+000		2.761	1.674	0.980
21.570	1.562	13.225	-0.318	4.6722605036E+001	
3.5485427271E+001	-1.4437676213E+001		2.621	1.217	0.954
21.580	1.552	13.223	-0.061	4.6576527246E+001	
3.5167875902E+001	-1.6068487925E+001		2.606	1.163	0.950
21.647	1.491	13.220	-0.039	4.5044832375E+001	
3.2994039040E+001	-2.6764432950E+001		2.531	0.857	0.919
21.650	1.489	13.220	0.104	4.4970779018E+001	
3.2912589184E+001	-2.7045476183E+001		2.529	0.847	0.918
21.683	1.463	13.224	0.306	4.4022926947E+001	
3.1924262393E+001	-3.0243478878E+001		2.508	0.737	0.902
21.751	1.433	13.251	0.421	4.1730008594E+001	
3.0337558192E+001	-3.4704384448E+001		2.518	0.714	0.878
21.788	1.417	13.268	0.475	4.0416745776E+001	
2.9364356663E+001	-3.5430506849E+001		2.517	0.706	0.869
21.856	1.392	13.301	0.467	3.7985983956E+001	
2.7517992417E+001	-3.2462643566E+001		2.511	0.703	0.864
21.894	1.376	13.317	0.452	3.6836571790E+001	
2.6653076019E+001	-3.1202540666E+001		2.508	0.704	0.864
21.961	1.349	13.349	0.422	3.4643818085E+001	
2.5042605817E+001	-2.6865018968E+001		2.505	0.708	0.867
22.000	1.329	13.362	0.348	3.3724950865E+001	
2.4395206382E+001	-2.6480279431E+001		2.507	0.711	0.870
22.000	1.329	13.362	0.432	3.3715275424E+001	
2.4388289751E+001	-2.6518649889E+001		2.507	0.711	0.870
22.068	1.300	13.391	0.418	3.1774106050E+001	
2.2992202605E+001	-2.6931492650E+001		2.508	0.718	0.879
22.108	1.282	13.407	0.456	3.0727991712E+001	
2.2234816570E+001	-2.8060360942E+001		2.508	0.722	0.885
22.176	1.255	13.441	0.479	2.8583010356E+001	
2.0633661991E+001	-3.0013712167E+001		2.502	0.734	0.900

22.211	1.239	13.457	0.560	2.7562381403E+001
1.9855827121E+001	-3.2691264977E+001		2.497	0.742 0.908
22.279	1.218	13.498	0.563	2.4887356477E+001
1.8100574688E+001	-3.3024729614E+001		2.520	0.756 0.932
22.312	1.203	13.514	0.495	2.3887630578E+001
1.7544022383E+001	-3.0949473200E+001		2.545	0.760 0.942
22.380	1.173	13.548	0.486	2.1635225728E+001
1.6443750373E+001	-2.9676361216E+001		2.632	0.764 0.965
22.412	1.156	13.562	0.466	2.0744345932E+001
1.6085411410E+001	-2.8759163722E+001		2.684	0.762 0.975
22.479	1.121	13.595	0.464	1.8685443809E+001
1.5294987311E+001	-2.6250011347E+001		2.832	0.753 0.997
22.500	1.109	13.603	0.410	1.8168167808E+001
1.5146363373E+001	-2.4999885564E+001		0.198	0.748 0.834
22.514	1.101	13.609	0.521	1.7819370169E+001
1.4996031211E+001	-2.5912599935E+001		0.196	0.745 0.837
22.582	1.068	13.645	0.539	1.5777618419E+001
1.3753959388E+001	-2.8358853913E+001		0.181	0.737 0.854
22.614	1.052	13.663	0.611	1.4887058765E+001
1.3083808799E+001	-2.8724966314E+001		0.173	0.735 0.862
22.682	1.024	13.707	0.653	1.2768958721E+001
1.1258621523E+001	-3.0241858264E+001		0.150	0.736 0.879
22.716	1.011	13.729	0.686	1.1748935006E+001
1.0261147099E+001	-3.0035628791E+001		0.137	0.740 0.887
22.783	0.984	13.776	0.644	9.6721964820E+000
8.1976439904E+000	-2.5667027582E+001		0.110	0.752 0.901
22.820	0.964	13.796	0.552	8.8326914746E+000
7.4014701838E+000	-2.4767180778E+001		0.100	0.757 0.905
22.833	0.956	13.804	0.598	8.4956066539E+000
7.1118778584E+000	-2.5439341053E+001		0.096	0.759 0.906
22.898	0.923	13.843	0.577	6.8557416900E+000
5.8005798280E+000	-2.3223734010E+001		0.083	0.766 0.937
22.930	0.903	13.860	0.559	6.1422309468E+000
5.3097819105E+000	-2.3799533185E+001		0.083	0.766 0.938
22.950	0.893	13.872	0.643	5.6461022614E+000
4.9988899087E+000	-2.4424331267E+001		0.083	0.766 0.939
23.018	0.860	13.916	0.659	4.0930570184E+000
4.2087027877E+000	-1.8521054329E+001		0.083	0.762 0.939
23.036	0.851	13.929	0.761	3.7728392815E+000
4.0716174761E+000	-1.4041159079E+001		0.083	0.759 0.939
23.100	0.827	13.979	0.736	3.5947802599E+000
3.9188262930E+000	7.8255777273E+000		0.083	0.748 0.937
23.140	0.807	14.005	0.713	4.1761821345E+000
4.1081751769E+000	2.1844519748E+001		0.083	0.740 0.937
23.200	0.781	14.050	0.703	6.1412291698E+000
4.8003199289E+000	4.0484697344E+001		3.363	0.729 0.938
23.243	0.758	14.077	0.635	8.1142879958E+000
5.4528329552E+000	5.4375853279E+001		2.891	0.724 0.939
23.263	0.746	14.090	0.695	9.2982194191E+000
5.8214698624E+000	6.0597456115E+001		2.693	0.724 0.941
23.311	0.723	14.124	0.676	1.2412798946E+001
6.7984087137E+000	5.9449476364E+001		2.356	0.728 0.948
23.346	0.703	14.146	0.719	1.4351728723E+001
7.4459547439E+000	5.0818785713E+001		2.232	0.736 0.954

23.414	0.673	14.198	0.754	1.7292947574E+001	
8.6363598327E+000	3.1297810714E+001		2.149	0.767	0.972
23.449	0.655	14.224	0.829	1.8169648476E+001	
9.0610415038E+000	1.9822136772E+001		2.145	0.789	0.983
23.516	0.631	14.284	0.858	1.8843260794E+001	
9.5096641259E+000	-3.4195335342E+000		2.171	0.855	1.009
23.553	0.615	14.313	0.841	1.8459376597E+001	
9.4708506191E+000	-1.5068346120E+001		2.207	0.894	1.022
23.620	0.589	14.371	0.821	1.6876754341E+001	
8.8734731314E+000	-2.1977736915E+001		2.262	0.974	1.046
23.658	0.569	14.399	0.852	1.6069093230E+001	
8.4279879883E+000	-2.1812171106E+001		2.256	1.014	1.058
23.726	0.545	14.461	0.864	1.4517486950E+001	
7.4098520063E+000	-1.9418099663E+001		2.196	1.097	1.082
23.768	0.524	14.494	0.880	1.3798748343E+001	
6.8482258968E+000	-1.7990429266E+001		2.135	1.139	1.096
23.835	0.499	14.557	0.892	1.2500067392E+001	
5.8544352700E+000	-1.6850906970E+001		2.015	1.222	1.125
23.872	0.481	14.587	0.901	1.1932016322E+001	
5.4387743377E+000	-1.6348348107E+001		1.961	1.263	1.140
23.939	0.453	14.651	0.906	1.0730266463E+001	
4.6106535522E+000	-1.5764177038E+001		1.849	1.363	1.177
23.974	0.434	14.679	0.911	1.0219502052E+001	
4.2860974929E+000	-1.5426278674E+001		1.804	1.413	1.195
24.042	0.405	14.744	0.918	9.0851157253E+000	
3.6000334561E+000	-1.4954923710E+001		1.705	1.544	1.240
24.075	0.386	14.772	0.919	8.6206494049E+000	
3.3374819956E+000	-1.4556753957E+001		1.666	1.610	1.260
24.142	0.354	14.837	0.957	7.5682529710E+000	
2.7647553058E+000	-1.4778348249E+001		1.572	1.783	1.313
24.177	0.336	14.870	0.994	7.0648507391E+000	
2.5065493564E+000	-1.4490478609E+001		1.526	1.884	1.342
24.245	0.304	14.939	1.001	6.0694522453E+000	
2.0122602526E+000	-1.3715573164E+001		1.426	2.125	1.408
24.290	0.280	14.983	1.094	5.4765378210E+000	
1.7340150400E+000	-1.3623148764E+001		1.362	2.304	1.456
24.358	0.255	15.062	1.167	4.4966704633E+000	
1.2957893068E+000	-1.3711383614E+001		1.240	2.682	1.556
24.418	0.232	15.132	1.144	3.7153196240E+000	
9.7378497949E-001	-1.2280680978E+001		1.128	3.114	1.665
24.485	0.201	15.208	1.141	2.9410317600E+000	
6.8563996280E-001	-1.0947989539E+001		1.003	3.747	1.814
24.553	0.171	15.286	1.109	2.2352970557E+000	
4.5220296131E-001	-9.2094134733E+000		0.870	4.716	2.014
24.600	0.146	15.335	1.100	1.8468671455E+000	
3.4154401821E-001	-8.1521673374E+000		0.796	5.541	2.163
24.667	0.114	15.412	1.183	1.3165982460E+000	
2.1088690255E-001	-7.6843266162E+000		0.689	7.198	2.439
24.735	0.088	15.495	1.255	8.0804839490E-001	
1.0119209905E-001	-6.8555740413E+000		0.539	11.593	2.975
24.802	0.066	15.581	1.255	3.8981582039E-001	
3.0986399570E-002	-5.0286428491E+000		0.342	13.870	4.172
24.870	0.040	15.665	1.211	1.2824276682E-001	
5.5023983511E-003	-2.8480361194E+000		0.185	5.754	5.432

24.937	0.012	15.745	1.144	4.7992182928E-003
8.1421637554E-005	-5.5002256932E-001		0.121	1.753
24.950	0.003	15.756	1.144	8.7257829769E-004
1.8182049066E-005	-1.9026630327E-001		0.090	4.003
				3.985

-----  
 ---  
 LEGENDA SIMBOLI  
 X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure  
 -----  
 -----

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----						
X		dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS					
(kPa)	(kN/m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
20.800		0.068	0.089	40.671	71.917	6.409
367.411	32.743					
20.868		0.068	0.089	40.671	71.199	6.345
346.808	30.907					
20.935		0.068	0.089	40.671	70.482	6.281
273.711	24.393					
21.003		0.068	0.089	40.671	69.764	6.217
250.223	22.300					
21.070		0.068	0.089	40.671	69.046	6.153
258.240	23.014					
21.138		0.012	0.016	40.671	68.624	1.086
255.911	4.052					
21.150		0.068	0.089	40.673	68.201	6.078
275.601	24.562					
21.218		0.068	0.089	40.673	67.484	6.014
322.543	28.745					
21.285		0.047	0.062	40.673	66.875	4.156
363.226	22.574					
21.332		0.068	0.089	40.675	66.266	5.906
387.926	34.574					
21.400		0.000	0.000	40.675	65.907	0.009
406.277	0.058					



21.400	0.020	0.026	40.675	45.398	1.197
80.364	2.119				
21.420	0.030	0.040	40.675	45.164	1.787
80.063	3.167				
21.450	0.012	0.016	40.675	44.967	0.728
75.320	1.219				
21.462	0.038	0.050	40.678	44.734	2.225
73.538	3.658				
21.500	0.010	0.013	40.678	44.511	0.587
69.312	0.914				
21.510	0.060	0.079	40.678	44.766	3.542
68.522	5.421				
21.570	0.010	0.013	40.678	44.428	0.566
61.086	0.778				
21.580	0.068	0.089	40.682	44.051	3.926
60.012	5.349				
21.647	0.003	0.004	40.682	43.707	0.158
56.435	0.205				
21.650	0.033	0.044	40.682	43.531	1.914
56.255	2.473				
21.683	0.068	0.089	40.684	43.039	3.836
50.210	4.476				
21.751	0.037	0.049	40.684	42.527	2.096
51.129	2.520				
21.788	0.068	0.089	40.687	42.015	3.745
51.581	4.598				
21.856	0.038	0.050	40.687	41.502	2.062
47.684	2.369				
21.894	0.068	0.089	40.689	40.988	3.654
48.091	4.287				
21.961	0.039	0.051	40.689	40.469	2.073
42.127	2.157				
22.000	0.000	0.000	40.689	40.278	0.019
44.004	0.021				
22.000	0.068	0.089	40.692	39.946	3.561
45.120	4.022				
22.068	0.040	0.053	40.692	39.419	2.103
43.485	2.320				
22.108	0.068	0.091	41.691	39.061	3.536
46.756	4.232				
22.176	0.035	0.047	41.691	38.540	1.809
45.537	2.137				
22.211	0.068	0.092	42.733	38.140	3.510
47.933	4.411				
22.279	0.034	0.046	42.733	37.605	1.719
40.066	1.832				
22.312	0.068	0.094	43.784	37.139	3.477
38.869	3.639				
22.380	0.032	0.044	43.784	36.592	1.615
34.547	1.525				
22.412	0.068	0.095	44.788	36.063	3.435
33.940	3.232				
22.479	0.021	0.029	44.788	35.560	1.038
30.002	0.876				

	22.500	0.014	0.020	44.788	33.602	0.660
27.668	0.543					
	22.514	0.068	0.097	45.768	33.174	3.215
34.371	3.330					
	22.582	0.032	0.046	45.768	32.661	1.518
36.688	1.705					
	22.614	0.068	0.099	46.717	32.090	3.164
42.356	4.176					
	22.682	0.034	0.050	46.717	31.549	1.581
44.441	2.227					
	22.716	0.068	0.100	47.592	30.927	3.100
45.438	4.554					
	22.783	0.037	0.054	47.592	30.358	1.648
36.755	1.996					
	22.820	0.013	0.020	48.376	29.999	0.599
36.666	0.732					
	22.833	0.064	0.097	48.376	29.565	2.866
34.975	3.390					
	22.898	0.032	0.049	48.376	29.024	1.411
29.969	1.457					
	22.930	0.020	0.030	48.818	28.673	0.869
29.958	0.908					
	22.950	0.068	0.103	48.818	28.174	2.892
25.871	2.656					
	23.018	0.019	0.028	48.818	27.684	0.778
21.392	0.601					
	23.036	0.064	0.098	49.276	27.147	2.659
15.951	1.562					
	23.100	0.040	0.062	49.276	-11.562	-0.711
34.351	2.113					
	23.140	0.060	0.093	49.736	25.898	2.399
1.300	0.120					
	23.200	0.043	0.066	49.736	0.529	0.035
46.370	3.079					
	23.243	0.020	0.032	50.193	-71.442	-2.264
201.959	6.401					
	23.263	0.047	0.074	50.193	-58.354	-4.312
169.670	12.536					
	23.311	0.035	0.055	50.193	-31.697	-1.757
112.155	6.215					
	23.346	0.068	0.107	50.639	8.210	0.875
24.047	2.563					
	23.414	0.035	0.055	50.639	21.302	1.180
0.000	0.000					
	23.449	0.068	0.108	51.074	20.632	2.220
3.096	0.333					
	23.516	0.036	0.058	51.074	20.019	1.154
10.463	0.603					
	23.553	0.068	0.109	51.491	19.338	2.099
17.722	1.924					
	23.620	0.038	0.061	51.491	18.706	1.146
20.247	1.241					
	23.658	0.068	0.109	51.881	18.010	1.972
23.172	2.537					

	23.726	0.042	0.068	51.881	17.350	1.172
21.288	1.438					
	23.768	0.068	0.112	52.719	16.551	1.847
21.910	2.445					
	23.835	0.036	0.060	52.719	15.907	0.958
18.346	1.105					
	23.872	0.068	0.114	53.583	15.116	1.721
18.610	2.119					
	23.939	0.035	0.058	53.583	14.469	0.845
15.470	0.904					
	23.974	0.068	0.116	54.444	13.673	1.589
15.695	1.824					
	24.042	0.033	0.057	54.444	13.022	0.740
13.252	0.753					
	24.075	0.068	0.119	55.268	12.230	1.451
13.252	1.572					
	24.142	0.035	0.061	55.268	11.551	0.710
11.894	0.731					
	24.177	0.068	0.122	56.302	10.700	1.304
11.281	1.374					
	24.245	0.045	0.082	56.302	9.933	0.814
9.818	0.805					
	24.290	0.068	0.124	57.093	9.043	1.125
9.685	1.205					
	24.358	0.060	0.111	57.093	8.161	0.902
8.267	0.914					
	24.418	0.068	0.127	57.798	7.183	0.911
6.733	0.854					
	24.485	0.068	0.127	57.798	6.233	0.791
5.606	0.711					
	24.553	0.046	0.087	57.798	5.431	0.473
4.282	0.373					
	24.600	0.068	0.128	58.161	4.594	0.589
3.512	0.450					
	24.667	0.068	0.128	58.161	3.636	0.466
2.869	0.368					
	24.735	0.068	0.128	58.161	2.678	0.343
1.963	0.252					
	24.802	0.068	0.128	58.161	1.721	0.220
0.983	0.126					
	24.870	0.068	0.128	58.161	0.763	0.098
0.352	0.045					
	24.937	0.013	0.024	58.161	0.195	0.005
0.075	0.002					
	24.950	0.007	0.014	58.161	0.053	0.001
0.021	0.000					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 dl(m) : lunghezza base concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio

TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----  
-----

FORZE APPLICATE/RESISTENTI SU PALIFICATE\*,\*\*

-----  
-----

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975,79,81,82) - HASSIOTIS (1997)  
\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20%  
finale della lunghezza,  
ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto  
stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio  
(incastro).

-----  
-----

PALIFICATA

N.1-----

	Coordinata X Testa (m):
23.10	
	Coordinata Y Testa (m):
15.70	
	Lunghezza pali L (m)* :
11.15	
	Diametro pali D(m):
0.60	
	Interasse tra pali D1(m):
1.00	
	Lunghezza apertura tra pali D2(m):
0.40	
	Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018):
1.00	
Massima % mobilitazione di resistenza teorica plasticizzazione Suolo-Palo:	
100.00	

PROFONDITA' SUPERFICIE DI SCORRIMENTO H (m) : 2.55  
PENDENZA LOCALE INTERSEZIONE SUP. SCORRIMENTO-PALO alpha (gradi) : 49.28  
Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: ATTIVATA  
CRITERIO DI SPINTA ASSUNTO: Minima tra mobilitazione massima assunta e spinta  
E(x) reale  
MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO: ITO E MATSUI(1981)

--- PARAMETRI MASSIMI TEORICI IN CONDIZIONI DI PLASTICIZZAZIONE INTERFACCIA  
SUOLO PALO SECONDO TEORIA PLASTICIZZAZIONE ITO E MATSUI(1981) / KUMAR E  
HALL(2006)

FORZA UNITARIA SU PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO

qz0 (kN/m) : 1599.92

FORZA UNITARIA su PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP. SCORRIMENTO

qzmax (kN/m) : 2472.55

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (massima teorica per fronte larghezza 1 m) SU

PALIFICATA Fp (kN/m) : 5188.75

--- PARAMETRI FORZE E SFORZI MOBILITATI CALCOLATI E APPLICATI NELLA VERIFICA ---

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (Mobilizzata per fronte larghezza 1 m) SU

PALIFICATA Fpm (kN/m) : 3.59

COEFFICIENTE DI MOBILIZZAZIONE TOTALE CALCOLATO E APPLICATO alphaM (-) :

0.0007

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO

qz0m (kN/m) : 1.11

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP SCORRIMENTO

qzmaxm (kN/m) : 1.71

SFORZO DI TAGLIO (Mobilizzato Stimato) SU PALO LOCALIZZATO SU SUP. SCORRIMENTO

TAUpm (kPa) : 27.147

-----

RISULTATI INTERAZIONI CON SISTEMA DI CHIODI e/o TIRANTI

TABELLA INTERAZIONI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS - Versione 1.0

della tabella -

-----

NTir	X	Tipo	T	Th_mob	Tv_mob	sumA
alpha	beta	F	omega			
(-)	(m)	(-)	(-)	(kN/m)	(kN/m)	(kN)
(°)	(°)	(-)	(-)			
1	23.26	2	200.00	53.32	-24.86	34.13
50.19	-25.00	1.00	0.29			

-----

LEGENDA SIMBOLI

NTir(-) : Numero Tirante

X(m) : Ascissa intersezione

Tipo(-) : Tipo tirante 1=PASSIVO , 2=ATTIVO

T (kN/m) : Tensione di Progetto

Th\_mob (kN/m) : Reazione Mobilitata - componente Orizzontale

Tv\_mob (kN/m) : Reazione Mobilitata - componente Verticale

sumA(kN) : Sommatoria forze agenti a monte della intersezione

alpha(°) : Angolo pendenza locale superficie scivolamento

beta(°) : Angolo Tirante

sumA(kN) : Sommatoria forze agenti a monte della intersezione

F (-) : Coefficiente distribuzione trazione lungo fondazione

Omega(-) : Coefficiente mobilizzazione tensione nominale di progetto

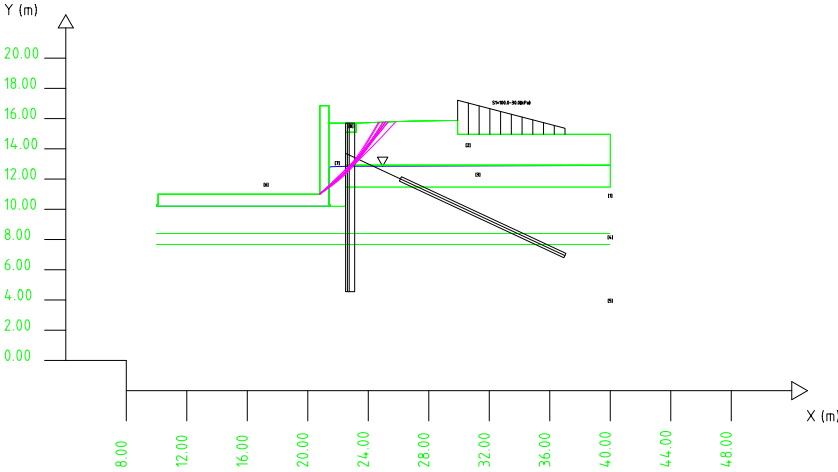
-----

-----

SSAP 4.9.9 (2019) - Slope Stability Analysis Program  
Software by Dr.Geol. L.Borselli - [www.lorenzo-borselli.eu](http://www.lorenzo-borselli.eu)  
SSAP/DXF generator rel. 1.5.4 (2019)

Data : 18/4/2020  
Localita' : Livorno  
Descrizione : Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del Rio Maggiore  
[n] = N. strato o lente

Sn --> Sovraccarico  
Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)  
Presenza Palificate (Per i dati vedi il report)  
Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



# Parametri Geotecnici degli strati #											
N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D		
1	17.91	15.44	0	20.10	20.10	0	0	0	0	0	0
2	30.17	0	0	20.10	20.10	0	0	0	0	0	0
3	29.26	0	0	20.00	20.00	0	0	0	0	0	0
4	29.26	0	0	20.00	20.00	0	0	0	0	0	0
5	21.83	12.08	0	19.40	19.40	0	0	0	0	0	0
6	40.00	300.00	0	25.00	25.00	0	0	0	0	0	0
7	36.00	0	0	22.00	23.00	0	0	0	0	0	0
8	40.00	300.00	0	25.00	25.00	0	0	0	0	0	0

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 2.5008  
Range Fs : 2.5008 - 2.5444  
Differenza % Range Fs : 1.71  
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000  
Lunghezza media segmenti (m) : 1.2  
Range X inizio generazione : 10.6 - 37.6  
Range X termine generazione : 13.6 - 39.4  
Livello Y minimo considerato : 0.0

TRATTO 3 - SOTTOPASSO VIA E. TOTI - SEZIONE S.9 SPONDA SINISTRA ANALISI STATICA DRENATA POST OPERAM



**Allegato L**

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.6 sponda sinistra - zona corridoio - Analisi  
statica non drenata REV3.txt

Data: 19/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.6 sponda sx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
10.80	8.90	23.30	10.96	23.30	9.46	10.80	6.96
23.30	8.90	40.40	10.96	40.40	9.46	40.40	6.96
23.30	9.46	-	-	-	-	-	-
23.30	10.21	-	-	-	-	-	-
23.30	10.96	-	-	-	-	-	-
23.30	11.90	-	-	-	-	-	-
23.30	13.30	-	-	-	-	-	-
23.30	13.90	-	-	-	-	-	-
23.90	13.90	-	-	-	-	-	-
24.00	13.90	-	-	-	-	-	-
31.95	13.90	-	-	-	-	-	-
31.95	13.30	-	-	-	-	-	-
34.25	13.30	-	-	-	-	-	-
40.40	13.30	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
10.80	5.46	23.30	13.30	-	-	-	-
40.40	5.46	23.30	13.90	-	-	-	-

-	-	23.90	13.90	-	-	-	-
-	-	24.00	13.90	-	-	-	-
-	-	24.00	13.30	-	-	-	-
-	-	23.30	13.30	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----

X Y (in m)

10.80	8.90
23.30	8.90
23.30	10.21
23.36	10.61
23.50	10.90
23.74	11.22
23.90	11.36
24.10	11.50
24.40	11.60
25.35	11.70
40.40	11.70

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 1

STRATO 6

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	C` mi	D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	0.00	0.00		55.36	19.22	19.22
4.264	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	24.79	0.00		0.00	18.82	18.82
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	0.00	0.00		35.00	20.10	20.10
1.858	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	24.79	0.00		0.00	18.82	18.82
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 5	5	0.00	0.00		56.43	19.10	19.10
4.435	0.00	0.00	0.00	0.00			

STRATO	6	0.00	0.00	300.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00		

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)  
 C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)  
 Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)  
 Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)  
 Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)  
 STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
 (adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di  
 Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in  
 MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato,  
 secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00

Carico in X2 (Kpa): 15.00

Posizione carico da X1 m.: 31.95

a X2 m.: 34.25

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a  
 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a  
 15.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare  
 in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- TIRANTI/ANCORAGGI PRESENTI -----

TIPO TIRANTE : Attivo

DISTRIBUZIONE FORZA RESISTENTE TIPO : Trapezoidale

PROCEDURA AUTOMATICA CALCOLO MOBILIZZAZIONE FORZA TIRANTI: Attivata

TIRANTE/ANCORAGGIO N.1

Coordinata X Testa (m): 23.30

Coordinata Y Testa (m): 11.90

Angolo con orizzontale(Gradi): -30.00

Lunghezza (m): 18.00

Tensione o Forza (KN/m): 200.00

% lunghezza cementata (%) ): 77.78

----- PALIFICATE PRESENTI -----

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975) - HASSIOTIS (1997)  
PALIFICATA N.1

Coordinata X Testa (m):	23.90
Coordinata Y Testa (m):	13.90
Lunghezza pali L (m)* :	11.15
Diametro pali D(m):	0.60
Interasse tra pali D1(m):	1.00
Lunghezza apertura tra pali D2(m):	0.40
Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018):	1.00

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: Attivata  
\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,  
ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio (incastro).

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI  
METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%  
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 11.39  
38.03  
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00  
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 14.35  
39.81  
\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.  
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

Fattore di sicurezza (FS)      2.5931   - Min.   -      X      Y      Lambda=  
0.1737

19.45	8.90
20.13	8.23
20.45	7.91
20.67	7.71
20.86	7.56
21.04	7.43
21.21	7.32
21.39	7.22
21.60	7.12
21.85	7.00
22.05	6.92
22.22	6.87
22.36	6.84
22.53	6.83
22.67	6.83
22.83	6.85
23.01	6.90
23.26	6.96
23.47	7.03
23.66	7.09
23.84	7.15
24.03	7.22
24.21	7.29
24.39	7.36
24.57	7.44
24.77	7.53
24.96	7.61
25.15	7.70
25.34	7.78
25.53	7.87
25.71	7.95
25.90	8.03
26.09	8.12
26.27	8.20
26.46	8.28
26.65	8.36
26.83	8.45
27.02	8.53
27.21	8.62
27.40	8.70
27.59	8.78
27.78	8.87
27.96	8.95
28.15	9.04
28.33	9.13
28.51	9.22
28.70	9.31
28.88	9.40
29.07	9.50
29.26	9.60
29.45	9.70



29.64	9.80
29.82	9.91
30.01	10.01
30.20	10.11
30.39	10.21
30.58	10.31
30.78	10.42
30.96	10.52
31.14	10.63
31.32	10.74
31.50	10.85
31.68	10.97
31.87	11.10
32.05	11.24
32.26	11.39
32.45	11.54
32.63	11.69
32.81	11.84
33.00	11.99
33.20	12.17
33.43	12.38
33.76	12.69
34.40	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	2.6248	- N.2 --	X	Y	Lambda=
0.2996					

21.09	8.90
21.98	8.27
22.37	8.01
22.60	7.87
22.78	7.80
22.97	7.75
23.13	7.74
23.31	7.75
23.52	7.79
23.82	7.87
24.08	7.93
24.32	8.00
24.55	8.06
24.77	8.12
24.99	8.18
25.22	8.24
25.45	8.31
25.69	8.38
25.91	8.45
26.13	8.52
26.34	8.60
26.55	8.69
26.77	8.78
26.98	8.87
27.21	8.98
27.45	9.10
27.68	9.22

27.90	9.34
28.12	9.46
28.34	9.58
28.56	9.71
28.78	9.84
29.00	9.97
29.23	10.12
29.46	10.26
29.68	10.40
29.91	10.54
30.13	10.68
30.35	10.82
30.58	10.96
30.81	11.11
31.04	11.26
31.26	11.40
31.48	11.55
31.69	11.71
31.91	11.87
32.15	12.06
32.42	12.29
32.81	12.62
33.59	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	2.6843	- N.3 --	X	Y	Lambda=
0.1457					

18.48	8.90
19.53	8.07
20.02	7.70
20.34	7.47
20.61	7.32
20.87	7.19
21.11	7.10
21.37	7.02
21.67	6.95
22.05	6.89
22.35	6.85
22.62	6.83
22.86	6.83
23.12	6.86
23.35	6.90
23.61	6.96
23.89	7.05
24.23	7.17
24.53	7.29
24.82	7.40
25.10	7.51
25.38	7.63
25.65	7.75
25.93	7.88
26.21	8.02
26.51	8.16
26.80	8.31

27.08	8.45
27.35	8.60
27.63	8.76
27.90	8.91
28.18	9.07
28.47	9.24
28.76	9.42
29.05	9.60
29.33	9.78
29.60	9.96
29.88	10.14
30.16	10.33
30.44	10.52
30.72	10.71
31.00	10.92
31.29	11.12
31.57	11.33
31.85	11.53
32.13	11.74
32.45	11.97
32.80	12.23
33.29	12.59
34.24	13.30

Fattore di sicurezza (FS)      2.7197   - N.4   --      X      Y      Lambda=  
0.1736

16.74	8.90
17.86	7.90
18.38	7.45
18.73	7.19
19.00	7.00
19.28	6.85
19.52	6.75
19.80	6.66
20.12	6.59
20.53	6.51
20.86	6.47
21.14	6.45
21.39	6.46
21.67	6.48
21.92	6.52
22.19	6.59
22.49	6.69
22.86	6.82
23.18	6.94
23.49	7.06
23.78	7.19
24.08	7.32
24.37	7.45
24.66	7.60
24.96	7.75
25.28	7.92
25.59	8.09

25.89	8.25
26.18	8.42
26.47	8.60
26.76	8.78
27.06	8.97
27.36	9.16
27.66	9.37
27.97	9.57
28.27	9.77
28.57	9.98
28.87	10.18
29.17	10.38
29.47	10.58
29.77	10.78
30.07	10.98
30.37	11.18
30.67	11.39
30.97	11.59
31.27	11.79
31.61	12.02
31.98	12.27
32.51	12.62
33.52	13.30

Fattore di sicurezza (FS)      2.7791   - N.5 --      X      Y      Lambda=  
0.1292

16.79	8.90
17.70	8.03
18.13	7.63
18.42	7.39
18.66	7.21
18.89	7.05
19.10	6.94
19.34	6.83
19.61	6.73
19.94	6.62
20.20	6.54
20.43	6.49
20.64	6.46
20.87	6.45
21.07	6.46
21.30	6.48
21.55	6.53
21.86	6.60
22.13	6.67
22.38	6.74
22.62	6.82
22.86	6.91
23.09	7.00
23.33	7.10
23.57	7.22
23.84	7.35
24.10	7.48

24.35	7.60
24.60	7.73
24.84	7.86
25.09	7.98
25.34	8.11
25.60	8.25
25.86	8.38
26.10	8.52
26.35	8.66
26.58	8.80
26.83	8.95
27.06	9.10
27.31	9.26
27.55	9.44
27.81	9.62
28.07	9.80
28.32	9.99
28.57	10.17
28.81	10.35
29.06	10.53
29.30	10.72
29.55	10.91
29.80	11.10
30.05	11.29
30.30	11.48
30.55	11.67
30.80	11.86
31.07	12.08
31.38	12.32
31.82	12.65
32.66	13.30

Fattore di sicurezza (FS)    2.7857   - N.6 --    X    Y    Lambda=  
0.2572

19.53	8.90
20.16	8.28
20.46	7.99
20.66	7.81
20.83	7.68
20.99	7.57
21.14	7.48
21.30	7.40
21.49	7.32
21.73	7.23
21.91	7.17
22.06	7.13
22.20	7.11
22.35	7.11
22.49	7.12
22.64	7.14
22.81	7.18
23.03	7.25
23.22	7.31

23.40	7.37
23.56	7.44
23.73	7.50
23.89	7.57
24.06	7.65
24.23	7.73
24.41	7.82
24.59	7.90
24.76	7.99
24.93	8.08
25.10	8.16
25.28	8.25
25.45	8.33
25.62	8.42
25.80	8.50
25.97	8.59
26.14	8.68
26.31	8.77
26.48	8.86
26.65	8.95
26.82	9.04
26.99	9.14
27.17	9.24
27.34	9.33
27.51	9.43
27.68	9.54
27.85	9.64
28.02	9.74
28.18	9.85
28.36	9.96
28.53	10.08
28.70	10.19
28.88	10.30
29.05	10.42
29.22	10.53
29.39	10.64
29.56	10.76
29.74	10.87
29.91	10.98
30.08	11.10
30.25	11.21
30.42	11.32
30.59	11.44
30.76	11.56
30.93	11.67
31.10	11.79
31.27	11.91
31.45	12.03
31.62	12.16
31.79	12.28
31.96	12.40
32.16	12.53
32.37	12.68
32.67	12.89

33.25 13.30

Fattore di sicurezza (FS) 2.8250 - N.7 -- X Y Lambda=  
0.0378

18.29	8.90
19.21	8.04
19.65	7.65
19.95	7.40
20.20	7.21
20.45	7.05
20.67	6.92
20.92	6.80
21.21	6.68
21.56	6.54
21.82	6.46
22.05	6.40
22.24	6.38
22.47	6.38
22.66	6.40
22.89	6.45
23.14	6.53
23.47	6.66
23.75	6.77
24.02	6.88
24.27	6.99
24.52	7.11
24.76	7.22
25.01	7.35
25.26	7.49
25.53	7.64
25.79	7.78
26.05	7.93
26.30	8.07
26.56	8.22
26.81	8.36
27.07	8.50
27.32	8.65
27.58	8.79
27.83	8.93
28.09	9.08
28.34	9.23
28.59	9.37
28.84	9.52
29.10	9.68
29.36	9.83
29.62	9.99
29.87	10.15
30.12	10.31
30.37	10.47
30.63	10.63
30.88	10.79
31.13	10.96
31.38	11.13



31.64	11.30
31.90	11.48
32.15	11.65
32.41	11.83
32.66	12.00
32.95	12.20
33.27	12.41
33.72	12.72
34.57	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	2.8260	- N.8 --	X	Y	Lambda=
0.2032					

14.97	8.90
16.67	7.90
17.48	7.44
18.03	7.16
18.48	6.96
18.93	6.80
19.34	6.68
19.80	6.57
20.31	6.48
20.95	6.40
21.43	6.36
21.85	6.36
22.22	6.40
22.64	6.49
23.00	6.61
23.41	6.79
23.87	7.02
24.44	7.34
24.96	7.64
25.45	7.93
25.93	8.21
26.39	8.48
26.86	8.76
27.32	9.04
27.80	9.33
28.28	9.62
28.74	9.92
29.20	10.21
29.66	10.51
30.12	10.82
30.63	11.17
31.21	11.57
32.03	12.15
33.62	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	2.8510	- N.9 --	X	Y	Lambda=
0.1427					

21.29	8.90
22.19	8.40
22.60	8.19

22.86	8.07
23.07	8.01
23.28	7.97
23.46	7.96
23.67	7.96
23.90	7.99
24.20	8.05
24.47	8.10
24.71	8.15
24.94	8.21
25.18	8.27
25.40	8.33
25.63	8.40
25.86	8.48
26.11	8.56
26.35	8.65
26.59	8.73
26.83	8.81
27.07	8.89
27.30	8.98
27.54	9.06
27.77	9.14
28.01	9.22
28.25	9.31
28.48	9.39
28.72	9.48
28.95	9.56
29.19	9.65
29.43	9.73
29.66	9.82
29.90	9.90
30.14	9.99
30.37	10.08
30.61	10.17
30.84	10.26
31.08	10.35
31.31	10.44
31.55	10.53
31.79	10.62
32.03	10.72
32.26	10.81
32.49	10.91
32.73	11.01
32.96	11.11
33.20	11.21
33.45	11.32
33.71	11.44
33.94	11.56
34.17	11.68
34.38	11.80
34.61	11.95
34.86	12.12
35.14	12.32
35.55	12.64

36.39 13.30

Fattore di sicurezza (FS) 2.8553 - N.10 -- X Y Lambda=  
0.2302

15.73 8.90  
17.42 7.71  
18.18 7.19  
18.67 6.90  
19.06 6.72  
19.46 6.59  
19.80 6.51  
20.20 6.47  
20.65 6.47  
21.25 6.49  
21.74 6.53  
22.18 6.59  
22.57 6.66  
22.99 6.76  
23.39 6.88  
23.80 7.02  
24.25 7.20  
24.77 7.43  
25.24 7.65  
25.68 7.86  
26.10 8.08  
26.53 8.32  
26.95 8.57  
27.38 8.84  
27.82 9.12  
28.30 9.44  
28.75 9.76  
29.19 10.07  
29.63 10.38  
30.06 10.70  
30.55 11.07  
31.09 11.49  
31.86 12.10  
33.37 13.30

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	2.593	638.3	246.2	342.9	Surplus
2	2.625	568.7	216.7	308.7	Surplus
3	2.684	667.2	248.6	368.9	Surplus
4	2.720	662.1	243.4	369.9	Surplus
5	2.779	622.5	224.0	353.7	Surplus
6	2.786	641.5	230.3	365.2	Surplus
7	2.825	677.4	239.8	389.7	Surplus
8	2.826	700.1	247.8	402.8	Surplus

9	2.851	647.7	227.2	375.1	Surplus
10	2.855	677.7	237.4	392.9	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 308.7

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

phi'	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
0.00	19.452	0.197	-44.90	0.39	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	19.649	0.197	-44.90	1.17	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	19.846	0.197	-44.90	1.94	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	20.043	0.085	-44.90	1.07	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	20.128	0.197	-43.99	3.04	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	20.325	0.128	-43.99	2.39	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	20.453	0.197	-41.99	4.26	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	20.650	0.023	-41.99	0.55	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	20.673	0.186	-39.42	4.72	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	20.859	0.179	-35.94	5.05	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	21.038	0.168	-32.81	5.15	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	21.207	0.185	-29.56	6.06	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	21.392	0.197	-26.62	6.85	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	21.589	0.009	-26.62	0.33	0.00	0.00
0.00	35.00					
0.00	21.598	0.197	-24.39	7.24	0.00	0.00
0.00	35.00					

	21.795	0.060	-24.39	2.26	0.00	0.00
0.00	35.00					
	21.854	0.098	-21.75	3.77	0.00	0.00
0.00	35.00					
	21.952	0.096	-21.75	3.77	0.25	6.76
24.79	0.00					
	22.048	0.167	-17.41	6.73	0.29	7.90
24.79	0.00					
	22.215	0.144	-11.30	5.88	0.35	9.72
24.79	0.00					
	22.359	0.168	-4.83	6.95	0.39	10.73
24.79	0.00					
	22.527	0.141	1.58	5.85	0.39	10.65
24.79	0.00					
	22.668	0.163	8.05	6.72	0.36	9.48
24.79	0.00					
	22.831	0.184	12.84	7.46	0.30	7.59
24.79	0.00					
	23.015	0.197	15.88	7.81	0.22	5.15
24.79	0.00					
	23.211	0.030	15.88	1.19	0.14	2.98
24.79	0.00					
	23.242	0.014	15.88	0.54	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.256	0.044	16.74	1.72	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.300	0.060	16.74	8.28	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.360	0.106	16.74	14.63	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.466	0.034	17.78	4.59	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.500	0.045	17.78	6.15	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.545	0.116	17.78	15.75	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.661	0.079	18.89	10.77	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.740	0.105	18.89	14.16	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.845	0.055	20.05	7.40	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.900	0.100	20.05	13.38	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.000	0.029	20.05	3.72	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.029	0.071	21.09	9.24	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.100	0.107	21.09	13.82	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.207	0.182	22.13	23.21	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.389	0.011	23.11	1.38	0.00	0.00
0.00	35.00					

	24.400	0.174	23.11	21.93	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.574	0.194	24.01	24.18	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.768	0.192	24.01	23.58	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.960	0.189	24.01	22.92	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.150	0.189	24.01	22.52	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.339	0.011	24.02	1.35	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.350	0.175	24.02	20.58	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.525	0.188	24.02	21.74	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.713	0.187	24.02	21.35	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.899	0.187	24.02	21.07	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.087	0.186	24.02	20.58	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.272	0.187	24.02	20.44	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.459	0.187	24.02	20.10	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.646	0.188	24.03	19.86	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.834	0.186	24.03	19.43	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.020	0.188	24.03	19.30	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.208	0.188	24.03	18.98	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.396	0.190	24.03	18.81	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.586	0.190	24.03	18.52	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.776	0.186	24.54	17.80	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.962	0.184	25.06	17.33	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.146	0.059	25.59	5.51	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.205	0.124	25.59	11.38	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.329	0.185	26.11	16.75	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.514	0.183	26.62	16.24	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.697	0.184	27.14	16.01	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.882	0.107	27.63	9.10	0.00	0.00
0.00	35.00					

	28.988	0.079	27.63	6.69	0.14	8.20
24.79	0.00					
	29.068	0.190	28.11	15.78	0.16	9.35
24.79	0.00					
	29.258	0.190	28.13	15.37	0.19	11.86
24.79	0.00					
	29.447	0.188	28.14	14.89	0.21	13.80
24.79	0.00					
	29.635	0.188	28.16	14.53	0.22	15.16
24.79	0.00					
	29.823	0.186	28.18	14.05	0.23	15.81
24.79	0.00					
	30.010	0.189	28.20	13.87	0.22	15.56
24.79	0.00					
	30.198	0.189	28.22	13.57	0.21	14.81
24.79	0.00					
	30.388	0.193	28.24	13.41	0.20	13.75
24.79	0.00					
	30.580	0.195	28.25	13.23	0.19	12.42
24.79	0.00					
	30.776	0.184	29.33	12.13	0.18	10.67
24.79	0.00					
	30.960	0.181	30.46	11.57	0.16	8.67
24.79	0.00					
	31.141	0.178	31.63	10.98	0.12	6.41
24.79	0.00					
	31.319	0.184	32.76	10.94	0.10	4.48
24.79	0.00					
	31.503	0.157	33.87	9.03	0.07	2.82
24.79	0.00					
	31.660	0.022	33.87	1.25	0.00	0.00
0.00	55.36					
	31.682	0.184	34.96	10.10	0.00	0.00
0.00	55.36					
	31.866	0.084	35.96	4.48	0.00	0.00
0.00	55.36					
	31.950	0.001	35.96	0.02	0.00	0.00
0.00	55.36					
	31.951	0.104	35.96	19.51	0.00	0.00
0.00	55.36					
	32.055	0.197	36.85	34.71	0.00	0.00
0.00	55.36					
	32.252	0.005	36.85	0.93	0.00	0.00
0.00	55.36					
	32.257	0.190	37.68	30.76	0.00	0.00
0.00	55.36					
	32.447	0.185	38.57	27.38	0.00	0.00
0.00	55.36					
	32.633	0.016	39.48	2.26	0.00	0.00
0.00	55.36					
	32.649	0.165	39.48	22.07	0.00	0.00
0.00	55.36					
	32.814	0.184	40.37	22.23	0.00	0.00
0.00	55.36					



	32.998	0.197	41.49	20.91	0.00	0.00
0.00	55.36					
	33.195	0.006	41.49	0.56	0.00	0.00
0.00	55.36					
	33.201	0.197	42.36	17.88	0.00	0.00
0.00	55.36					
	33.398	0.032	42.36	2.64	0.00	0.00
0.00	55.36					
	33.430	0.197	43.15	14.43	0.00	0.00
0.00	55.36					
	33.627	0.129	43.15	7.86	0.00	0.00
0.00	55.36					
	33.756	0.197	43.56	9.50	0.00	0.00
0.00	55.36					
	33.953	0.197	43.56	6.51	0.00	0.00
0.00	55.36					
	34.150	0.100	43.56	2.16	0.00	0.00
0.00	55.36					
	34.250	0.001	43.56	0.01	0.00	0.00
0.00	55.36					
	34.251	0.151	43.56	0.21	0.00	0.00
0.00	55.36					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----  
 -----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----  
 ---

X	ht	yt	yt'	E(x)
T(x)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
(m)	(m)	(m)	(--)	(kN/m)
(kN/m)	(kN)	(--)	(--)	(--)
19.452	0.000	8.900	-0.797	0.0000000000E+000
0.0000000000E+000	3.7572737207E-001		0.086	11.844 14.001
19.649	0.049	8.753	-0.797	9.9020298010E-001
1.1781210028E-003	9.6811354428E+000		0.086	11.844 14.001
19.846	0.078	8.586	-0.773	3.8128348145E+000
2.9007641411E-002	1.6105862323E+001		0.086	6.105 7.207
20.043	0.137	8.449	-0.727	7.3333631338E+000

9.7232958347E-002	2.3922311665E+001	0.086	5.389	6.341
20.128	0.154	8.381	-0.681	9.5777226949E+000
1.5921580537E-001	2.5337104617E+001	0.086	5.352	6.271
20.325	0.220	8.257	-0.598	1.4025124772E+001
3.0799119135E-001	2.1344764938E+001	0.086	5.467	6.305
20.453	0.274	8.187	-0.537	1.6661940629E+001
4.1771784163E-001	2.0293973724E+001	0.086	5.610	6.370
20.650	0.347	8.082	-0.533	2.0585067596E+001
5.8830989273E-001	2.1968991678E+001	0.086	5.836	6.456
20.673	0.355	8.069	-0.540	2.1100435214E+001
6.1502063414E-001	2.2201024361E+001	0.086	5.894	6.489
20.859	0.407	7.969	-0.555	2.5215567029E+001
8.3834399232E-001	2.3091394268E+001	0.086	6.448	6.789
21.038	0.435	7.867	-0.534	2.9518338150E+001
1.1059313901E+000	2.2237902690E+001	0.086	7.286	7.226
21.207	0.460	7.784	-0.462	3.2981819275E+001
1.3521770888E+000	1.9142121396E+001	0.086	8.131	7.677
21.392	0.485	7.704	-0.390	3.6235355260E+001
1.6042336545E+000	1.5620305317E+001	0.086	9.166	8.178
21.589	0.515	7.635	-0.349	3.8900383216E+001
1.8427788759E+000	1.3314402127E+001	0.086	10.306	8.611
21.598	0.516	7.632	-0.252	3.9021390430E+001
1.8546656449E+000	1.3147812628E+001	0.086	10.363	8.630
21.795	0.557	7.583	-0.237	4.0943363482E+001
2.0784737045E+000	8.9243954758E+000	0.086	11.127	8.909
21.854	0.572	7.571	-0.189	4.1460501038E+001
2.1466540320E+000	9.4537434532E+000	0.086	11.293	8.979
21.952	0.593	7.553	-0.171	4.2508807129E+001
2.2998906431E+000	1.0695723005E+001	0.088	11.390	4.362
22.048	0.616	7.538	-0.138	4.3528835279E+001
2.4554345109E+000	1.2461739935E+001	0.093	11.557	4.416
22.215	0.647	7.517	-0.092	4.6143803205E+001
2.8716939257E+000	2.4147714304E+001	0.108	11.416	4.500
22.359	0.669	7.509	0.139	5.0660800235E+001
3.6107452682E+000	4.1071877530E+001	0.135	9.789	4.373
22.527	0.734	7.560	0.482	5.9448022061E+001
5.0963602374E+000	5.6789027311E+001	0.190	6.889	3.900
22.668	0.828	7.658	0.368	6.7990609765E+001
6.7384170990E+000	5.8994006425E+001	0.250	5.188	3.380
22.831	0.819	7.672	0.112	7.7313919934E+001
8.7586801171E+000	5.0515347727E+001	0.326	4.071	2.885
23.015	0.802	7.697	0.154	8.5213168563E+001
1.0944053882E+001	4.7296382218E+001	0.410	3.351	2.460
23.211	0.779	7.731	0.171	9.5437949571E+001
1.3264615403E+001	4.9980474097E+001	0.505	2.814	2.121
23.242	0.776	7.736	0.171	9.6951363514E+001
1.3584982130E+001	5.5440511029E+001	0.519	2.750	2.320
23.256	0.774	7.738	0.178	9.7749785297E+001
1.3749311547E+001	5.7577810093E+001	0.387	2.720	2.290
23.300	0.769	7.746	10.089	1.0023429533E+002
1.4279790319E+001	5.3709696608E+001	0.308	2.620	2.192
23.360	1.795	8.791	7.389	1.0326395618E+002
1.4954119181E+001	5.1256387181E+001	0.155	2.502	2.080
23.466	1.949	8.977	1.727	1.0886650368E+002

1.6182821208E+001	5.9713606142E+001	0.126	2.314	1.908
23.500	1.994	9.032	1.545	1.1094215032E+002
1.6608328235E+001	6.0899546938E+001	0.117	2.257	1.859
23.545	2.045	9.098	1.389	1.1361920887E+002
1.7140984114E+001	6.0893209573E+001	0.118	2.188	1.801
23.661	2.166	9.255	1.306	1.2107394023E+002
1.8554754934E+001	6.7362484766E+001	0.119	2.027	1.671
23.740	2.236	9.352	1.174	1.2658004782E+002
1.9511871988E+001	7.2835641288E+001	0.125	1.931	1.597
23.845	2.319	9.472	1.111	1.3470694020E+002
2.0791504711E+001	8.4630978259E+001	0.133	1.820	1.516
23.900	2.357	9.530	1.045	1.3957648722E+002
2.1469273957E+001	9.3605165693E+001	0.138	1.767	1.479
24.000	2.425	9.634	1.016	1.4988295395E+002
2.2728036015E+001	9.5794199051E+001	0.229	1.679	1.418
24.029	2.441	9.661	0.956	1.5256877205E+002
2.3083789554E+001	9.1718254804E+001	0.233	1.657	1.403
24.100	2.482	9.729	0.997	1.5875812908E+002
2.3990072909E+001	8.6550779574E+001	0.242	1.602	1.368
24.207	2.550	9.839	0.617	1.6801103522E+002
2.5460338683E+001	7.9017445334E+001	0.258	1.523	1.318
24.389	2.545	9.908	0.376	1.8015479118E+002
2.7341319676E+001	5.7874451409E+001	0.278	1.448	1.281
24.400	2.544	9.911	0.285	1.8077771968E+002
2.7437849271E+001	5.6198837153E+001	0.279	1.444	1.280
24.574	2.519	9.961	0.277	1.8736913358E+002
2.8515740592E+001	2.3998693244E+001	0.292	1.413	1.280
24.768	2.486	10.014	0.270	1.8901826224E+002
2.9001539016E+001	-1.2240213813E+001	0.300	1.407	1.303
24.960	2.451	10.065	0.244	1.8272749535E+002
2.8713698348E+001	-3.6490357274E+001	0.301	1.422	1.342
25.150	2.409	10.107	0.212	1.7511603936E+002
2.7783550009E+001	-3.7888088412E+001	0.295	1.451	1.382
25.339	2.363	10.145	0.205	1.6839615563E+002
2.6626977936E+001	-3.8605922989E+001	0.287	1.481	1.417
25.350	2.361	10.148	0.186	1.6795554925E+002
2.6548480195E+001	-3.8213185230E+001	0.286	1.483	1.419
25.525	2.315	10.180	0.189	1.6281470256E+002
2.5512967618E+001	-2.9600923892E+001	0.279	1.505	1.440
25.713	2.268	10.216	0.203	1.5721718083E+002
2.4340703058E+001	-3.0510692719E+001	0.270	1.528	1.461
25.899	2.224	10.256	0.219	1.5139308976E+002
2.3121708369E+001	-3.1966310360E+001	0.260	1.551	1.482
26.087	2.183	10.298	0.236	1.4526322103E+002
2.1843006861E+001	-3.3607621780E+001	0.249	1.576	1.503
26.272	2.145	10.343	0.236	1.3887239937E+002
2.0514058867E+001	-3.2769719510E+001	0.238	1.603	1.526
26.459	2.105	10.386	0.223	1.3305738122E+002
1.9316255043E+001	-3.0098094707E+001	0.227	1.630	1.549
26.646	2.062	10.427	0.220	1.2761700696E+002
1.8224348887E+001	-2.8885323854E+001	0.218	1.659	1.574
26.834	2.020	10.468	0.222	1.2224374956E+002
1.7202226967E+001	-2.8509001421E+001	0.209	1.693	1.605
27.020	1.979	10.510	0.225	1.1695640734E+002

1.6295537349E+001	-2.8166117208E+001	0.201	1.735	1.645
27.208	1.938	0.244	1.1169444681E+002	
1.5540405112E+001	-2.4865136685E+001	0.195	1.789	1.701
27.396	1.903	0.257	1.0759995000E+002	
1.5040611912E+001	-1.3179705591E+001	0.191	1.876	1.794
27.586	1.866	0.247	1.0674184446E+002	
1.4851303797E+001	4.9700766745E+000	0.192	1.986	1.918
27.776	1.827	0.235	1.0949397638E+002	
1.4967493477E+001	2.3608927581E+001	0.195	2.120	2.074
27.962	1.785	0.236	1.1553890167E+002	
1.5323875104E+001	4.3126109214E+001	0.202	2.281	2.265
28.146	1.744	0.245	1.2542343455E+002	
1.5889706123E+001	6.2836027446E+001	0.211	2.496	2.526
28.205	1.730	0.243	1.2932760036E+002	
1.6092098641E+001	6.6770764482E+001	0.214	2.577	2.628
28.329	1.700	0.245	1.3783692202E+002	
1.6516791920E+001	6.5851646045E+001	0.220	2.764	2.864
28.514	1.656	0.252	1.4921017925E+002	
1.7116100265E+001	5.4456140426E+001	0.230	3.108	3.318
28.697	1.611	0.260	1.5791579028E+002	
1.7577550067E+001	3.9051905078E+001	0.238	3.542	3.922
28.882	1.565	0.267	1.6353973050E+002	
1.7844952904E+001	2.1178973661E+001	0.244	4.105	4.750
28.988	1.538	0.273	1.6522414351E+002	
1.7882193281E+001	1.1203747535E+001	0.246	4.499	4.443
29.068	1.518	0.283	1.6584258830E+002	
1.7856404042E+001	2.7543031924E+000	0.246	4.838	4.831
29.258	1.471	0.286	1.6406469471E+002	
1.7546044637E+001	-1.6388725489E+001	0.244	5.834	5.933
29.447	1.424	0.298	1.5962740023E+002	
1.6958639604E+001	-2.5438081316E+001	0.238	7.137	7.226
29.635	1.382	0.320	1.5446495968E+002	
1.6187548634E+001	-2.8310621540E+001	0.230	9.153	8.873
29.823	1.343	0.336	1.4898116117E+002	
1.5279415258E+001	-2.9224039577E+001	0.219	12.601	10.901
30.010	1.307	0.327	1.4352427914E+002	
1.4323635472E+001	-2.7577299864E+001	0.208	18.439	12.831
30.198	1.265	0.318	1.3864534737E+002	
1.3446404231E+001	-2.5801849342E+001	0.197	25.597	13.512
30.388	1.225	0.332	1.3376684672E+002	
1.2594225578E+001	-2.5655638141E+001	0.186	34.142	13.459
30.580	1.187	0.369	1.2884640126E+002	
1.1807284309E+001	-2.6411366101E+001	0.177	34.504	12.797
30.776	1.159	0.423	1.2351856080E+002	
1.1148867887E+001	-2.7454893204E+001	0.169	21.590	10.865
30.960	1.139	0.476	1.1842421482E+002	
1.0738139084E+001	-2.8500693320E+001	0.164	12.884	8.533
31.141	1.123	0.472	1.1309806544E+002	
1.0649349418E+001	-2.8021693619E+001	0.164	7.525	5.887
31.319	1.092	0.420	1.0834847516E+002	
1.0766033774E+001	-2.7796046762E+001	0.168	5.417	4.423
31.503	1.048	0.367	1.0304119671E+002	
1.1013037779E+001	-2.8032660887E+001	0.174	4.194	3.409
31.660	0.994	0.325	9.8757120917E+001	

1.1217351549E+001	-2.9641160636E+001	0.179	3.627	4.856
31.682	0.986	11.960	0.313	9.8094399051E+001
1.1238728865E+001	-3.0708148520E+001	0.180	3.559	4.729
31.866	0.915	12.018	0.217	9.1334698475E+001
1.1290977287E+001	-3.9325785061E+001	0.189	2.985	3.766
31.950	0.854	12.019	0.011	8.7922176983E+001
1.1243443076E+001	-3.9640195161E+001	0.247	2.787	3.452
31.951	0.854	12.019	0.435	8.7898396469E+001
1.1242926891E+001	-3.9662814083E+001	0.247	2.786	3.450
32.055	0.824	12.064	0.389	8.3247182750E+001
1.1108129955E+001	-4.7531600881E+001	0.253	2.583	3.148
32.252	0.748	12.136	0.366	7.2809002146E+001
1.0555915475E+001	-6.6450058936E+001	0.259	2.270	2.704
32.257	0.746	12.138	0.404	7.2441920592E+001
1.0526836066E+001	-6.6804111208E+001	0.258	2.263	2.693
32.447	0.676	12.215	0.447	5.9871692682E+001
9.3604654722E+000	-7.2041544945E+001	0.249	2.040	2.403
32.633	0.619	12.306	0.489	4.5454060194E+001
7.7082939801E+000	-7.1427452892E+001	0.224	1.872	2.206
32.649	0.614	12.314	0.496	4.4315316692E+001
7.5658223169E+000	-7.1021678759E+001	0.221	1.864	2.196
32.814	0.560	12.396	0.504	3.2327795197E+001
5.9125608252E+000	-6.9035742538E+001	0.189	1.796	2.118
32.998	0.497	12.490	0.477	2.0327148770E+001
4.0840287762E+000	-5.6813306545E+001	0.146	1.768	2.086
33.195	0.411	12.578	0.450	1.0878859300E+001
2.4917882896E+000	-4.8185901553E+001	0.103	1.779	2.101
33.201	0.409	12.581	0.505	1.0603962927E+001
2.4463723763E+000	-4.7811200249E+001	0.102	1.779	2.101
33.398	0.329	12.680	0.508	3.7767200830E+000
1.3435233752E+000	-2.9873293348E+001	0.086	1.808	2.137
33.430	0.316	12.697	0.503	2.8409462122E+000
1.1973973372E+000	-2.9269525395E+001	0.086	1.816	2.146
33.627	0.230	12.796	0.533	-3.1395854082E+000
2.9710649402E-001	-2.4429113859E+001	0.086	1.846	2.182
33.756	0.184	12.871	0.679	-5.7953664658E+000
2.0516704418E-002	-1.7002191913E+001	0.086	1.859	2.197
33.953	0.143	13.017	0.697	-8.0875531044E+000
-1.2549064734E-001	-3.2108312849E+000	0.086	1.884	2.225
34.150	0.084	13.145	0.565	-7.0599257088E+000
-4.3143095281E-002	7.5343202264E+000	0.086	1.914	2.260
34.250	0.029	13.185	0.400	-6.1903958056E+000
-3.0480439563E-002	8.1392041860E+000	0.086	2.050	2.420
34.251	0.029	13.186	0.400	-6.1855143359E+000
-3.0447133159E-002	8.2666622492E+000	0.086	2.057	2.428

-----  
 -----  
 ---

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust

$E(x)$ (kN/m) : Forza Normale interconcio  
 $T(x)$ (kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 $E'$  (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 $Rho(x)$  (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 $FS_{qFEM}(x)(-)$  : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 $FS_{srmFEM}(x)(-)$  : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength (m) (kPa)	TauS (m) (kN/m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
19.452	0.197	0.278	-44.901	-0.986	-0.274
35.008	9.733				
19.649	0.197	0.278	-44.901	-2.958	-0.822
35.183	9.781				
19.846	0.197	0.278	-44.901	-4.931	-1.371
35.449	9.855				
20.043	0.085	0.119	-44.901	-6.341	-0.758
35.950	4.295				
20.128	0.197	0.274	-43.988	-7.715	-2.112
35.979	9.847				
20.325	0.128	0.178	-43.988	-9.292	-1.658
36.107	6.444				
20.453	0.197	0.265	-41.986	-10.751	-2.848
36.117	9.568				
20.650	0.023	0.031	-41.986	-11.741	-0.367
36.484	1.139				
20.673	0.186	0.241	-39.418	-12.439	-2.995
36.528	8.793				
20.859	0.179	0.221	-35.942	-13.401	-2.965
36.841	8.151				
21.038	0.168	0.200	-32.809	-13.934	-2.792
36.726	7.360				
21.207	0.185	0.213	-29.560	-14.051	-2.989
36.516	7.769				
21.392	0.197	0.220	-26.617	-13.935	-3.069
36.258	7.986				
21.589	0.009	0.010	-26.617	-14.350	-0.146
36.357	0.370				
21.598	0.197	0.216	-24.390	-13.829	-2.990
36.108	7.807				
21.795	0.060	0.065	-24.390	-14.269	-0.934
36.115	2.365				
21.854	0.098	0.105	-21.749	-13.286	-1.397
36.400	3.827				
21.952	0.096	0.103	-21.749	-13.544	-1.396

14.655	1.510					
22.048	0.167	0.175	-17.406	-11.477	-2.014	
16.143	2.833					
22.215	0.144	0.146	-11.302	-7.874	-1.153	
18.559	2.717					
22.359	0.168	0.169	-4.828	-3.470	-0.585	
19.996	3.371					
22.527	0.141	0.141	1.584	1.146	0.162	
18.759	2.648					
22.668	0.163	0.165	8.054	5.718	0.941	
15.438	2.541					
22.831	0.184	0.189	12.844	8.801	1.659	
12.861	2.425					
23.015	0.197	0.205	15.879	10.444	2.138	
11.569	2.369					
23.211	0.030	0.032	15.879	10.284	0.326	
12.635	0.400					
23.242	0.014	0.014	15.879	10.252	0.147	
26.848	0.384					
23.256	0.044	0.046	16.740	10.697	0.495	
26.435	1.223					
23.300	0.060	0.063	16.740	38.044	2.384	
26.961	1.689					
23.360	0.106	0.111	16.740	37.905	4.215	
26.748	2.975					
23.466	0.034	0.035	17.780	39.834	1.402	
25.424	0.895					
23.500	0.045	0.047	17.780	39.761	1.879	
26.075	1.232					
23.545	0.116	0.121	17.780	39.610	4.808	
25.777	3.129					
23.661	0.079	0.084	18.891	41.531	3.486	
25.427	2.134					
23.740	0.105	0.111	18.891	41.337	4.584	
25.311	2.807					
23.845	0.055	0.059	20.050	43.278	2.538	
24.725	1.450					
23.900	0.100	0.106	20.050	-1188.713	-126.540	
24.488	2.607					
24.000	0.029	0.031	20.050	41.826	1.276	
24.634	0.752					
24.029	0.071	0.076	21.094	43.481	3.325	
23.938	1.830					
24.100	0.107	0.115	21.094	43.249	4.974	
23.068	2.653					
24.207	0.182	0.196	22.134	44.547	8.745	
25.638	5.033					
24.389	0.011	0.012	23.113	45.797	0.541	
26.681	0.315					
24.400	0.174	0.189	23.113	45.511	8.609	
29.200	5.523					
24.574	0.194	0.213	24.010	46.253	9.839	
32.590	6.933					
24.768	0.192	0.210	24.011	45.612	9.595	



36.444	7.667					
24.960	0.189	0.207	24.013	44.979	9.326	
39.734	8.238					
25.150	0.189	0.207	24.014	44.351	9.167	
40.905	8.454					
25.339	0.011	0.012	24.016	44.020	0.547	
41.662	0.518					
25.350	0.175	0.192	24.016	43.710	8.376	
40.703	7.800					
25.525	0.188	0.205	24.017	43.108	8.850	
41.027	8.423					
25.713	0.187	0.205	24.019	42.487	8.691	
41.290	8.447					
25.899	0.187	0.205	24.020	41.866	8.575	
41.590	8.519					
26.087	0.186	0.203	24.022	41.248	8.379	
41.906	8.513					
26.272	0.187	0.205	24.023	40.629	8.322	
41.173	8.434					
26.459	0.187	0.205	24.025	40.008	8.185	
40.635	8.313					
26.646	0.188	0.205	24.026	39.386	8.086	
40.256	8.265					
26.834	0.186	0.204	24.028	38.765	7.912	
39.691	8.101					
27.020	0.188	0.206	24.030	38.143	7.858	
38.871	8.008					
27.208	0.188	0.206	24.031	37.518	7.728	
37.562	7.737					
27.396	0.190	0.208	24.033	36.890	7.660	
35.963	7.468					
27.586	0.190	0.208	24.034	36.259	7.544	
34.410	7.159					
27.776	0.186	0.204	24.541	36.185	7.391	
33.121	6.765					
27.962	0.184	0.203	25.061	-13.517	-2.750	
31.945	6.499					
28.146	0.059	0.066	25.587	-266.584	-17.538	
31.555	2.076					
28.205	0.124	0.137	25.587	-254.644	-34.921	
31.532	4.324					
28.329	0.185	0.206	26.107	-59.579	-12.281	
31.682	6.531					
28.514	0.183	0.205	26.622	-11.807	-2.418	
32.382	6.633					
28.697	0.184	0.207	27.135	35.235	7.300	
33.474	6.935					
28.882	0.107	0.120	27.632	35.049	4.222	
34.628	4.171					
28.988	0.079	0.089	27.632	34.658	3.101	
27.017	2.417					
29.068	0.190	0.216	28.109	34.493	7.433	
26.678	5.749					
29.258	0.190	0.215	28.127	33.714	7.247	

25.881	5.564					
29.447	0.188	0.213	28.145	32.938	7.024	
25.013	5.334					
29.635	0.188	0.213	28.163	32.163	6.859	
24.223	5.166					
29.823	0.186	0.211	28.181	31.392	6.637	
23.457	4.959					
30.010	0.189	0.214	28.199	30.617	6.556	
22.538	4.826					
30.198	0.189	0.215	28.217	29.835	6.415	
22.087	4.749					
30.388	0.193	0.219	28.235	29.043	6.346	
21.584	4.716					
30.580	0.195	0.222	28.253	28.237	6.262	
20.970	4.650					
30.776	0.184	0.212	29.325	28.079	5.939	
19.843	4.197					
30.960	0.181	0.210	30.464	27.871	5.865	
18.266	3.844					
31.141	0.178	0.209	31.631	27.571	5.759	
17.174	3.587					
31.319	0.184	0.218	32.757	27.121	5.918	
16.250	3.546					
31.503	0.157	0.189	33.873	26.608	5.034	
15.857	3.000					
31.660	0.022	0.027	33.873	26.083	0.695	
54.200	1.443					
31.682	0.184	0.224	34.959	25.822	5.787	
55.014	12.329					
31.866	0.084	0.104	35.961	25.271	2.632	
56.055	5.838					
31.950	0.001	0.001	35.961	19.508	0.014	
56.420	0.042					
31.951	0.104	0.129	35.961	89.005	11.459	
56.954	7.333					
32.055	0.197	0.246	36.847	84.591	20.816	
58.850	14.482					
32.252	0.005	0.007	36.847	81.040	0.556	
61.948	0.425					
32.257	0.190	0.240	37.681	78.215	18.800	
63.052	15.156					
32.447	0.185	0.237	38.572	72.061	17.070	
66.636	15.785					
32.633	0.016	0.021	39.480	68.888	1.434	
66.644	1.387					
32.649	0.165	0.214	39.480	65.574	14.033	
68.098	14.573					
32.814	0.184	0.242	40.370	59.488	14.397	
68.050	16.469					
32.998	0.197	0.263	41.491	52.691	13.852	
65.765	17.289					
33.195	0.006	0.008	41.491	48.885	0.372	
65.606	0.500					
33.201	0.197	0.267	42.365	45.201	12.047	

62.591	16.681					
33.398	0.032	0.044	42.365	40.854	1.779	
61.225	2.666					
33.430	0.197	0.270	43.151	36.562	9.869	
61.275	16.539					
33.627	0.129	0.177	43.151	30.317	5.377	
58.126	10.309					
33.756	0.197	0.272	43.559	24.079	6.543	
56.320	15.304					
33.953	0.197	0.272	43.559	16.510	4.486	
54.818	14.896					
34.150	0.100	0.138	43.559	10.806	1.489	
55.196	7.605					
34.250	0.001	0.001	43.559	8.876	0.007	
55.288	0.046					
34.251	0.151	0.208	43.559	0.687	0.143	
55.098	11.443					

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 dl(m) : lunghezza base concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
 TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
 TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

#### FORZE APPLICATE/RESISTENTI SU PALIFICATE\*,\*\*

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975,79,81,82) - HASSIOTIS (1997)

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,

ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio

(incastro).

#### PALIFICATA

N.1

Coordinata X Testa (m):

23.90

Coordinata Y Testa (m):

13.90

Lunghezza pali L (m)\* :

11.15

Diametro pali D(m):

0.60

Interasse tra pali D1(m):  
1.00  
Lunghezza apertura tra pali D2(m):  
0.40  
Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018):  
1.00  
Massima % mobilitazione di resistenza teorica plasticizzazione Suolo-Palo:  
100.00

PROFONDITA' SUPERFICIE DI SCORRIMENTO H (m) : 6.73  
PENDENZA LOCALE INTERSEZIONE SUP. SCORRIMENTO-PALO alpha (gradi) : 20.05  
Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: ATTIVATA  
CRITERIO DI SPINTA ASSUNTO: Minima tra mobilitazione massima assunta e spinta E(x) reale  
MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO: ITO E MATSUI(1981)

--- PARAMETRI MASSIMI TEORICI IN CONDIZIONI DI PLASTICIZZAZIONE INTERFACCIA  
SUOLO PALO SECONDO TEORIA PLASTICIZZAZIONE ITO E MATSUI(1981) / KUMAR E  
HALL(2006)  
FORZA UNITARIA SU PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO  
qz0 (kN/m) : 100.62  
FORZA UNITARIA su PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP. SCORRIMENTO  
qzmax (kN/m) : 219.53  
FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (massima teorica per fronte larghezza 1 m) SU  
PALIFICATA Fp (kN/m) : 1076.86

--- PARAMETRI FORZE E SFORZI MOBILITATI CALCOLATI E APPLICATI NELLA VERIFICA ---  
FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (Mobilizzata per fronte larghezza 1 m) SU  
PALIFICATA Fpm (kN/m) : 139.58  
COEFFICIENTE DI MOBILIZZAZIONE TOTALE CALCOLATO E APPLICATO alphaM (-) :  
0.1296  
FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO  
qz0m (kN/m) : 13.04  
FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP SCORRIMENTO  
qzmaxm (kN/m) : 28.45  
SFORZO DI TAGLIO (Mobilizzato Stimato) SU PALO LOCALIZZATO SU SUP. SCORRIMENTO  
TAUpm (kPa) : 43.278

-----

RISULTATI INTERAZIONI CON SISTEMA DI CHIODI e/o TIRANTI  
TABELLA INTERAZIONI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS - Versione 1.0  
della tabella -

-----

NTir	X	Tipo	T	Th_mob	Tv_mob	sumA
alpha	beta	F	omega			
(-)	(m)	(-)	(-)	(kN/m)	(kN/m)	(kN)
(°)	(°)	(-)	(-)			
1	28.21	2	200.00	152.61	-88.11	287.14
25.59	-30.00	0.88	1.00			

-----

#### LEGENDA SIMBOLI

NTir(-)	: Numero Tirante
X(m)	: Ascissa intersezione
Tipo(-)	: Tipo tirante 1=PASSIVO , 2=ATTIVO
T (kN/m)	: Tensione di Progetto
Th_mob (kN/m)	: Reazione Mobilitata - componente Orizzontale
Tv_mob (kN/m)	: Reazione Mobilitata - componente Verticale
sumA(kN)	: Sommatoria forze agenti a monte della intersezione
alpha(°)	: Angolo pendenza locale superficie scivolamento
beta(°)	: Angolo Tirante
sumA(kN)	: Sommatoria forze agenti a monte della intersezione
F (-)	: Coefficiente distribuzione trazione lungo fondazione
Omega(-)	: Coefficiente mobilitazione tensione nominale di progetto

-----  
-----

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

-----  
Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.6 sponda sinistra - zona corridoio - Analisi  
dinamica non drenata REV3.txt

Data: 16/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.6 sponda sx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
5.00	7.44	17.50	9.50	17.50	8.00	5.00	5.50
5.00	7.54	17.50	11.84	17.50	9.50	34.60	5.50
5.10	7.54	18.20	11.84	34.60	9.50	-	-
5.10	8.00	18.20	12.44	34.60	8.00	-	-
5.10	8.24	26.15	12.44	17.50	8.00	-	-
15.80	8.24	26.15	11.84	-	-	-	-
15.80	9.50	28.45	11.84	-	-	-	-
15.80	14.09	34.60	11.84	-	-	-	-
16.40	14.09	34.60	9.50	-	-	-	-
16.40	12.44	17.50	9.50	-	-	-	-
17.50	12.44	-	-	-	-	-	-
18.10	12.44	-	-	-	-	-	-
18.20	12.44	-	-	-	-	-	-
26.15	12.44	-	-	-	-	-	-
26.15	11.84	-	-	-	-	-	-
28.45	11.84	-	-	-	-	-	-
34.60	11.84	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y

5.00	4.00	5.00	7.44	16.50	7.54	17.50	11.84
34.60	4.00	5.00	7.54	16.40	7.54	17.50	12.44
-	-	5.10	7.54	16.40	12.44	18.10	12.44
-	-	5.10	8.00	17.50	12.44	18.20	12.44
-	-	5.10	8.24	17.50	7.44	18.20	11.84
-	-	15.80	8.24	16.50	7.44	17.50	11.84
-	-	15.80	14.09	16.50	7.54	-	-
-	-	16.40	14.09	-	-	-	-
-	-	16.40	7.54	-	-	-	-
-	-	16.50	7.54	-	-	-	-
-	-	16.50	7.44	-	-	-	-
-	-	5.00	7.44	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X Y (in m)

5.00	7.44
16.50	7.44
16.50	7.54
16.40	7.54
16.40	8.75
16.45	9.14
16.54	9.36
16.70	9.64
17.00	9.84
17.30	10.04
17.80	10.14
19.55	10.24
34.60	10.24

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2  
STRATO 6  
STRATO 8

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0  
Coefficiente K 0.000800  
Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01  
Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00  
Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----



STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	0.00		0.00	26.25	20.10	20.10
1.198	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	0.00		0.00	41.52	19.22	19.22
2.475	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	18.59		0.00	0.00	18.82	18.82
0.917	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	18.59		0.00	0.00	18.82	18.82
0.917	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 5	5	0.00		0.00	42.32	19.10	19.10
2.559	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 6	6	0.00		0.00	300.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 7	7	36.00		0.00	0.00	22.00	23.00
2.525	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 8	8	0.00		0.00	300.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
(adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00

Carico in X2 (Kpa): 15.00

Posizione carico da X1 m.: 26.15

a X2 m.: 28.45

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a 15.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- TIRANTI/ANCORAGGI PRESENTI -----

TIPO TIRANTE : Attivo

DISTRIBUZIONE FORZA RESISTENTE TIPO : Trapezoidale

PROCEDURA AUTOMATICA CALCOLO MOBILIZZAZIONE FORZA TIRANTI: Attivata

TIRANTE/ANCORAGGIO N.1

Coordinata X Testa (m):	17.50
Coordinata Y Testa (m):	10.44
Angolo con orizzontale(Gradi):	-30.00
Lunghezza (m):	18.00
Tensione o Forza (KN/m):	200.00
% lunghezza cementata (%) ):	77.78

----- PALIFICATE PRESENTI -----

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975) - HASSIOTIS (1997)

PALIFICATA N.1

Coordinata X Testa (m):	18.10
Coordinata Y Testa (m):	12.44
Lunghezza pali L (m)* :	11.15
Diametro pali D(m):	0.60
Interasse tra pali D1(m):	1.00
Lunghezza apertura tra pali D2(m):	0.40
Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018):	1.00

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: Attivata

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,  
ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio (incastro).

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 5.59

32.23

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 8.55

34.01

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0390  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0195  
 COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

-----  
 \* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

Fattore di sicurezza (FS)	2.3978	- Min. -	X	Y	Lambda=
0.1429					

6.19	8.24
8.27	6.59
9.26	5.83
9.93	5.36
10.48	5.01
11.03	4.72
11.53	4.49
12.07	4.28
12.65	4.09
13.37	3.88
13.97	3.74
14.53	3.62
15.04	3.54
15.59	3.48
16.11	3.45
16.68	3.44
17.31	3.46
18.08	3.51
18.66	3.58
19.17	3.69
19.61	3.83
20.13	4.07
20.59	4.32
21.09	4.67
21.66	5.10
22.36	5.69
22.99	6.23
23.59	6.74
24.16	7.25
24.73	7.76
25.36	8.34
26.06	9.00
27.06	9.96
29.01	11.84

Fattore di sicurezza (FS)	2.4494	- N.2 --	X	Y	Lambda=
0.0736					

6.29	8.24
8.49	6.84
9.59	6.16
10.35	5.70
11.02	5.33
11.63	5.01
12.24	4.72
12.88	4.43
13.57	4.14
14.37	3.82
15.00	3.60
15.57	3.44
16.07	3.35
16.65	3.29
17.16	3.29
17.73	3.35
18.38	3.45
19.21	3.63
19.90	3.80
20.52	3.98
21.09	4.18
21.70	4.43
22.27	4.69
22.87	5.00
23.51	5.36
24.25	5.80
24.91	6.22
25.53	6.64
26.13	7.07
26.74	7.54
27.40	8.09
28.16	8.75
29.26	9.76
31.47	11.84

Fattore di sicurezza (FS)	3.4852	- N.3 --	X	Y	Lambda=
0.0674					

5.97	8.24
7.33	7.06
7.98	6.51
8.42	6.17
8.79	5.91
9.14	5.70
9.47	5.52
9.83	5.36
10.22	5.21
10.70	5.05
11.09	4.93
11.45	4.84
11.78	4.78

12.13	4.73
12.46	4.71
12.82	4.71
13.21	4.72
13.69	4.76
14.08	4.81
14.44	4.87
14.77	4.95
15.12	5.06
15.45	5.18
15.80	5.33
16.17	5.50
16.59	5.73
17.00	5.95
17.38	6.16
17.76	6.36
18.13	6.57
18.50	6.78
18.87	7.00
19.24	7.22
19.62	7.44
20.00	7.67
20.37	7.89
20.75	8.12
21.12	8.34
21.50	8.57
21.87	8.79
22.25	9.01
22.62	9.24
23.00	9.46
23.37	9.68
23.74	9.91
24.12	10.14
24.54	10.39
25.01	10.67
25.66	11.07
26.92	11.84

Fattore di sicurezza (FS)	3.5152	- N.4 --	X	Y	Lambda=
0.0884					

8.08	8.24
9.33	7.09
9.92	6.56
10.33	6.22
10.66	5.97
10.99	5.76
11.29	5.59
11.63	5.43
12.01	5.27
12.48	5.10
12.83	4.99
13.15	4.91
13.41	4.88

13.73	4.87
13.99	4.89
14.29	4.95
14.63	5.04
15.06	5.18
15.45	5.31
15.81	5.43
16.15	5.56
16.49	5.69
16.82	5.82
17.16	5.97
17.50	6.12
17.86	6.28
18.21	6.44
18.55	6.60
18.89	6.77
19.23	6.93
19.57	7.10
19.91	7.27
20.26	7.44
20.61	7.62
20.95	7.80
21.30	7.98
21.64	8.16
21.98	8.35
22.33	8.53
22.67	8.72
23.03	8.91
23.39	9.10
23.73	9.30
24.06	9.50
24.39	9.70
24.73	9.92
25.09	10.17
25.51	10.48
26.11	10.93
27.30	11.84

Fattore di sicurezza (FS)	3.6105	- N.5 --	X	Y	Lambda=
0.0568					

7.21	8.24
8.90	7.00
9.69	6.44
10.21	6.11
10.64	5.87
11.07	5.69
11.45	5.55
11.88	5.44
12.36	5.35
12.98	5.26
13.47	5.21
13.90	5.20
14.28	5.21

14.70	5.26
15.08	5.34
15.49	5.45
15.94	5.60
16.47	5.80
16.97	6.00
17.45	6.18
17.91	6.36
18.36	6.54
18.82	6.72
19.28	6.90
19.74	7.09
20.20	7.28
20.65	7.46
21.11	7.65
21.56	7.84
22.01	8.04
22.46	8.24
22.92	8.45
23.38	8.66
23.86	8.88
24.31	9.10
24.76	9.32
25.20	9.55
25.65	9.79
26.15	10.07
26.70	10.40
27.50	10.88
29.07	11.84

Fattore di sicurezza (FS)      3.6569   - N.6 --      X      Y      Lambda=  
0.0407

6.30	8.24
7.53	7.34
8.14	6.89
8.58	6.59
8.96	6.33
9.31	6.10
9.66	5.89
10.03	5.67
10.42	5.44
10.87	5.19
11.22	5.01
11.53	4.89
11.80	4.81
12.12	4.75
12.39	4.74
12.70	4.75
13.05	4.80
13.51	4.90
13.91	4.99
14.27	5.08
14.61	5.18



14.96	5.29
15.29	5.40
15.63	5.53
15.98	5.67
16.35	5.84
16.72	6.00
17.08	6.15
17.44	6.31
17.79	6.46
18.14	6.62
18.50	6.77
18.85	6.93
19.20	7.09
19.56	7.24
19.91	7.40
20.27	7.56
20.62	7.71
20.97	7.87
21.33	8.03
21.68	8.19
22.03	8.34
22.39	8.50
22.74	8.66
23.09	8.82
23.45	8.97
23.80	9.13
24.16	9.30
24.52	9.46
24.88	9.63
25.23	9.80
25.58	9.97
25.92	10.14
26.27	10.32
26.66	10.53
27.09	10.77
27.71	11.13
28.92	11.84

Fattore di sicurezza (FS)	3.6600	- N.7 --	X	Y	Lambda=
0.1547					

6.69	8.24
8.40	6.69
9.17	6.02
9.66	5.65
10.02	5.42
10.41	5.25
10.73	5.16
11.11	5.11
11.55	5.09
12.17	5.12
12.67	5.15
13.11	5.19
13.52	5.26

13.94	5.34
14.33	5.44
14.75	5.56
15.18	5.71
15.67	5.89
16.14	6.07
16.59	6.24
17.03	6.41
17.47	6.59
17.90	6.76
18.34	6.94
18.78	7.13
19.22	7.31
19.67	7.50
20.11	7.69
20.55	7.88
20.99	8.07
21.43	8.26
21.88	8.45
22.33	8.65
22.79	8.86
23.23	9.06
23.65	9.27
24.07	9.48
24.50	9.72
24.97	10.00
25.50	10.33
26.27	10.82
27.80	11.84

Fattore di sicurezza (FS)      3.7022   - N.8   --      X      Y      Lambda=  
0.1256

9.27	8.24
10.56	7.14
11.16	6.65
11.55	6.35
11.87	6.15
12.19	5.99
12.47	5.87
12.79	5.78
13.16	5.70
13.64	5.62
14.01	5.57
14.33	5.56
14.62	5.56
14.94	5.60
15.23	5.65
15.54	5.74
15.87	5.85
16.28	6.00
16.66	6.15
17.02	6.29
17.37	6.43

17.71	6.56
18.06	6.70
18.40	6.84
18.74	6.98
19.09	7.13
19.44	7.27
19.78	7.42
20.13	7.56
20.47	7.71
20.81	7.85
21.16	8.00
21.50	8.15
21.85	8.30
22.19	8.45
22.54	8.60
22.88	8.75
23.23	8.90
23.58	9.06
23.93	9.21
24.28	9.36
24.65	9.52
24.98	9.68
25.32	9.84
25.64	10.01
25.98	10.20
26.35	10.41
26.77	10.67
27.37	11.05
28.57	11.84

Fattore di sicurezza (FS)      3.7152   - N.9 --      X      Y      Lambda=  
0.2188

9.40	8.24
9.93	7.77
10.20	7.52
10.40	7.35
10.58	7.20
10.73	7.06
10.89	6.92
11.06	6.78
11.24	6.63
11.43	6.46
11.59	6.34
11.72	6.25
11.84	6.18
11.98	6.13
12.10	6.09
12.23	6.07
12.39	6.07
12.60	6.07
12.77	6.08
12.94	6.09
13.09	6.10

13.24	6.12
13.39	6.14
13.54	6.17
13.70	6.20
13.88	6.24
14.04	6.28
14.19	6.32
14.34	6.37
14.50	6.41
14.65	6.46
14.80	6.52
14.96	6.58
15.14	6.65
15.30	6.72
15.45	6.79
15.60	6.87
15.75	6.95
15.90	7.03
16.05	7.13
16.21	7.23
16.38	7.35
16.54	7.47
16.70	7.58
16.85	7.70
17.01	7.82
17.16	7.94
17.31	8.07
17.47	8.21
17.63	8.35
17.79	8.50
17.95	8.64
18.11	8.78
18.26	8.92
18.42	9.07
18.58	9.21
18.73	9.36
18.89	9.50
19.05	9.65
19.21	9.80
19.36	9.95
19.52	10.10
19.68	10.24
19.83	10.39
19.99	10.54
20.15	10.70
20.30	10.85
20.46	11.00
20.62	11.15
20.77	11.30
20.95	11.47
21.15	11.66
21.42	11.93
21.95	12.44

Fattore di sicurezza (FS)      3.7288   - N.10   --      X      Y      Lambda=  
0.0451

7.13	8.24
8.40	7.14
9.02	6.62
9.44	6.29
9.80	6.03
10.14	5.81
10.47	5.61
10.82	5.43
11.21	5.24
11.68	5.03
12.04	4.89
12.36	4.80
12.64	4.74
12.96	4.70
13.24	4.70
13.56	4.73
13.91	4.79
14.37	4.89
14.76	4.99
15.12	5.09
15.46	5.19
15.81	5.30
16.14	5.43
16.48	5.56
16.83	5.71
17.21	5.87
17.58	6.04
17.94	6.20
18.30	6.36
18.65	6.52
19.00	6.68
19.36	6.85
19.73	7.02
20.10	7.19
20.45	7.36
20.79	7.53
21.13	7.71
21.48	7.90
21.82	8.10
22.17	8.31
22.53	8.53
22.91	8.78
23.27	9.02
23.62	9.25
23.97	9.50
24.32	9.75
24.70	10.04
25.14	10.37
25.76	10.86
26.98	11.84

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----  
# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*  
# Analisi Deficit in riferimento a  $F_s(\text{progetto}) = 1.200$

Sup N.	$F_s$	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	2.398	1311.4	546.9	655.1	Surplus
2	2.449	1356.9	554.0	692.1	Surplus
3	3.485	1019.9	292.6	668.7	Surplus
4	3.515	966.7	275.0	636.7	Surplus
5	3.610	1031.4	285.7	688.6	Surplus
6	3.657	1072.9	293.4	720.8	Surplus
7	3.660	1041.9	284.7	700.3	Surplus
8	3.702	1026.9	277.4	694.1	Surplus
9	3.715	846.8	227.9	573.3	Surplus
10	3.729	982.4	263.5	666.2	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 573.3

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

-----  
TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR  $F_s$   
-----

	X	dx	alpha	W	ru	U
phi'	(c', Cu)					
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
0.00	6.187	0.256	-38.43	0.66	0.00	0.00
0.00	300.00					
0.00	6.443	0.256	-38.43	1.98	0.00	0.00
0.00	300.00					
0.00	6.698	0.256	-38.43	3.30	0.00	0.00
0.00	300.00					
0.00	6.954	0.242	-38.43	4.34	0.00	0.00
0.00	300.00					
0.00	7.196	0.256	-38.43	5.74	0.00	0.00
0.00	26.25					
0.00	7.451	0.256	-38.43	6.80	0.00	0.00
0.00	26.25					
0.00	7.707	0.256	-38.43	7.86	0.00	0.00
0.00	26.25					
0.00	7.962	0.256	-38.43	8.92	0.00	0.00
0.00	26.25					

	8.218	0.049	-38.43	1.84	0.00	0.00
0.00	26.25					
	8.267	0.256	-37.40	10.17	0.00	0.00
0.00	26.25					
	8.522	0.256	-37.40	11.19	0.00	0.00
0.00	26.25					
	8.778	0.256	-37.40	12.22	0.00	0.00
0.00	26.25					
	9.033	0.226	-37.40	11.63	0.00	0.00
0.00	26.25					
	9.259	0.256	-35.12	14.10	0.00	0.00
0.00	26.25					
	9.514	0.216	-35.12	12.65	0.00	0.00
0.00	26.25					
	9.730	0.195	-35.12	12.01	0.21	11.39
18.59	0.00					
	9.926	0.256	-32.17	16.44	0.25	14.24
18.59	0.00					
	10.181	0.256	-32.17	17.22	0.29	17.71
18.59	0.00					
	10.437	0.047	-32.17	3.27	0.32	20.73
18.59	0.00					
	10.484	0.256	-28.23	18.10	0.33	21.24
18.59	0.00					
	10.739	0.256	-28.23	18.77	0.35	23.64
18.59	0.00					
	10.995	0.033	-28.23	2.45	0.36	25.50
18.59	0.00					
	11.028	0.256	-24.86	19.48	0.36	25.66
18.59	0.00					
	11.283	0.243	-24.86	19.04	0.37	26.71
18.59	0.00					
	11.526	0.256	-21.31	20.57	0.37	27.16
18.59	0.00					
	11.781	0.256	-21.31	21.06	0.37	26.46
18.59	0.00					
	12.037	0.031	-21.31	2.55	0.35	24.63
18.59	0.00					
	12.067	0.256	-18.12	21.57	0.34	24.35
18.59	0.00					
	12.323	0.256	-18.12	21.98	0.32	21.55
18.59	0.00					
	12.578	0.076	-18.12	6.58	0.28	18.16
18.59	0.00					
	12.654	0.256	-15.66	22.48	0.26	17.00
18.59	0.00					
	12.909	0.049	-15.66	4.37	0.21	12.87
18.59	0.00					
	12.959	0.256	-15.66	22.90	0.00	0.00
0.00	42.32					
	13.214	0.156	-15.66	14.14	0.00	0.00
0.00	42.32					
	13.370	0.256	-13.92	23.45	0.00	0.00
0.00	42.32					



	13.626	0.256	-13.92	23.77	0.00	0.00
0.00	42.32					
	13.881	0.091	-13.92	8.56	0.00	0.00
0.00	42.32					
	13.972	0.256	-11.64	24.17	0.00	0.00
0.00	42.32					
	14.228	0.256	-11.64	24.43	0.00	0.00
0.00	42.32					
	14.483	0.044	-11.64	4.23	0.00	0.00
0.00	42.32					
	14.527	0.256	-8.99	24.71	0.00	0.00
0.00	42.32					
	14.783	0.256	-8.99	24.91	0.00	0.00
0.00	42.32					
	15.038	0.005	-8.99	0.53	0.00	0.00
0.00	42.32					
	15.044	0.256	-6.24	25.08	0.00	0.00
0.00	42.32					
	15.299	0.256	-6.24	25.22	0.00	0.00
0.00	42.32					
	15.555	0.037	-6.24	3.65	0.00	0.00
0.00	42.32					
	15.591	0.209	-3.40	20.69	0.00	0.00
0.00	42.32					
	15.800	0.256	-3.40	63.51	0.00	0.00
0.00	42.32					
	16.056	0.057	-3.40	14.14	0.00	0.00
0.00	42.32					
	16.112	0.256	-0.64	63.57	0.00	0.00
0.00	42.32					
	16.368	0.032	-0.64	8.00	0.00	0.00
0.00	42.32					
	16.400	0.050	-0.64	9.59	0.00	0.00
0.00	42.32					
	16.450	0.050	-0.64	9.59	0.00	0.00
0.00	42.32					
	16.500	0.040	-0.64	7.70	0.00	0.00
0.00	42.32					
	16.540	0.139	-0.64	26.92	0.00	0.00
0.00	42.32					
	16.679	0.021	1.75	4.06	0.00	0.00
0.00	42.32					
	16.700	0.256	1.75	49.51	0.00	0.00
0.00	42.32					
	16.956	0.044	1.75	8.62	0.00	0.00
0.00	42.32					
	17.000	0.256	1.75	49.52	0.00	0.00
0.00	42.32					
	17.256	0.044	1.75	8.62	0.00	0.00
0.00	42.32					
	17.300	0.009	1.75	1.68	0.00	0.00
0.00	42.32					
	17.309	0.191	3.52	37.07	0.00	0.00
0.00	42.32					

	17.500	0.256	3.52	46.00	0.00	0.00
0.00	42.32					
	17.756	0.044	3.52	8.00	0.00	0.00
0.00	42.32					
	17.800	0.256	3.52	45.91	0.00	0.00
0.00	42.32					
	18.056	0.025	3.52	4.43	0.00	0.00
0.00	42.32					
	18.080	0.020	6.89	3.56	0.00	0.00
0.00	42.32					
	18.100	0.100	6.89	17.93	0.00	0.00
0.00	42.32					
	18.200	0.256	6.89	44.81	0.00	0.00
0.00	42.32					
	18.456	0.202	6.89	35.33	0.00	0.00
0.00	42.32					
	18.658	0.256	12.01	44.48	0.00	0.00
0.00	42.32					
	18.913	0.256	12.01	44.21	0.00	0.00
0.00	42.32					
	19.169	0.000	12.01	0.01	0.00	0.00
0.00	42.32					
	19.169	0.256	18.33	43.86	0.00	0.00
0.00	42.32					
	19.424	0.126	18.33	21.45	0.00	0.00
0.00	42.32					
	19.550	0.063	18.33	10.67	0.00	0.00
0.00	42.32					
	19.613	0.256	24.15	43.05	0.00	0.00
0.00	42.32					
	19.868	0.113	24.15	18.92	0.00	0.00
0.00	42.32					
	19.982	0.151	24.15	25.01	0.18	18.45
18.59	0.00					
	20.133	0.256	29.42	41.83	0.21	22.34
18.59	0.00					
	20.388	0.198	29.42	31.91	0.26	29.11
18.59	0.00					
	20.586	0.256	34.21	40.50	0.30	34.03
18.59	0.00					
	20.842	0.253	34.21	39.31	0.33	38.08
18.59	0.00					
	21.095	0.256	37.62	38.75	0.33	38.84
18.59	0.00					
	21.350	0.256	37.62	37.79	0.31	36.28
18.59	0.00					
	21.606	0.052	37.62	7.61	0.27	31.20
18.59	0.00					
	21.658	0.256	39.86	36.58	0.26	29.92
18.59	0.00					
	21.914	0.220	39.86	30.61	0.21	23.08
18.59	0.00					
	22.133	0.222	39.86	30.11	0.00	0.00
0.00	26.25					

	22.355	0.256	40.33	33.62	0.00	0.00
0.00	26.25					
	22.611	0.256	40.33	32.49	0.00	0.00
0.00	26.25					
	22.866	0.125	40.33	15.48	0.00	0.00
0.00	26.25					
	22.991	0.256	40.87	30.79	0.00	0.00
0.00	26.25					
	23.247	0.256	40.87	29.63	0.00	0.00
0.00	26.25					
	23.502	0.086	40.87	9.71	0.00	0.00
0.00	26.25					
	23.588	0.125	41.42	13.89	0.00	0.00
0.00	26.25					
	23.713	0.130	41.42	14.18	0.00	0.00
0.00	26.25					
	23.843	0.256	41.42	26.89	0.00	0.00
0.00	26.25					
	24.099	0.064	41.42	6.59	0.00	0.00
0.00	26.25					
	24.163	0.256	42.00	25.40	0.00	0.00
0.00	26.25					
	24.419	0.256	42.00	24.20	0.00	0.00
0.00	26.25					
	24.674	0.055	42.00	5.02	0.00	0.00
0.00	26.25					
	24.729	0.256	42.69	22.72	0.00	0.00
0.00	26.25					
	24.984	0.006	42.69	0.52	0.00	0.00
0.00	26.25					
	24.991	0.256	42.69	21.50	0.11	4.78
18.59	0.00					
	25.246	0.111	42.69	9.02	0.13	6.52
18.59	0.00					
	25.357	0.256	43.23	19.82	0.13	7.11
18.59	0.00					
	25.613	0.256	43.23	18.65	0.14	8.16
18.59	0.00					
	25.868	0.194	43.23	13.36	0.13	8.63
18.59	0.00					
	26.062	0.088	43.73	5.82	0.12	8.58
18.59	0.00					
	26.150	0.256	43.73	50.27	0.11	8.51
18.59	0.00					
	26.406	0.178	43.73	32.04	0.08	7.20
18.59	0.00					
	26.584	0.256	43.73	41.59	0.00	0.00
0.00	41.52					
	26.839	0.221	43.73	31.84	0.00	0.00
0.00	41.52					
	27.060	0.256	44.00	32.02	0.00	0.00
0.00	41.52					
	27.316	0.039	44.00	4.39	0.00	0.00
0.00	41.52					

	27.354	0.256	44.00	26.10	0.00	0.00
0.00	41.52					
	27.610	0.256	44.00	20.96	0.00	0.00
0.00	41.52					
	27.865	0.256	44.00	15.81	0.00	0.00
0.00	41.52					
	28.121	0.256	44.00	10.67	0.00	0.00
0.00	41.52					
	28.376	0.074	44.00	2.12	0.00	0.00
0.00	41.52					
	28.450	0.256	44.00	2.10	0.00	0.00
0.00	41.52					
	28.706	0.256	44.00	0.86	0.00	0.00
0.00	41.52					
	28.961	0.050	44.00	0.02	0.00	0.00
0.00	41.52					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----  
 -----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----  
 ---

T(x)	X	ht	yt	yt'	E(x)	
(kN/m)	(m)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM	
		(m)	(m)	(--)	(kN/m)	
		(kN)	(--)	(--)	(--)	
	6.187	0.000	8.240	-0.600	0.000000000E+000	
0.000000000E+000		2.6346503114E+002		0.080	30.618	38.989
	6.443	0.051	8.088	-0.600	6.3378487122E+001	
4.6979850796E-002		2.3264087897E+002		0.080	30.618	38.989
	6.698	0.099	7.933	-0.593	1.1888128443E+002	
3.0189329266E-001		2.0455418131E+002		0.080	15.603	20.142
	6.954	0.153	7.785	-0.572	1.6790725230E+002	
8.7034965493E-001		1.5638965470E+002		0.080	7.715	14.439
	7.196	0.209	7.649	-0.618	1.9760884336E+002	
1.7108654100E+000		1.0858084146E+002		0.080	3.904	1.012
	7.451	0.241	7.478	-0.607	2.2151648933E+002	
3.0109081516E+000		8.1395343453E+001		0.080	2.160	0.822
	7.707	0.304	7.338	-0.538	2.3920249199E+002	

4.1330435404E+000	6.8849331334E+001	0.080	1.397	0.719
7.962	0.371	7.203	-0.514	2.5669902894E+002
5.2417330408E+000	6.1517479373E+001	0.080	0.843	0.644
8.218	0.446	7.076	-0.491	2.7063839868E+002
6.3744638705E+000	4.7324257520E+001	0.080	0.550	0.593
8.267	0.463	7.053	-0.494	2.7290158363E+002
6.5840408096E+000	4.6595125956E+001	0.080	0.518	0.585
8.522	0.530	6.925	-0.503	2.8568866766E+002
7.8368096157E+000	5.0666271854E+001	0.080	0.439	0.551
8.778	0.597	6.796	-0.503	2.9879243954E+002
9.1683107444E+000	5.2537449092E+001	0.081	0.436	0.526
9.033	0.664	6.668	-0.525	3.1253570958E+002
1.0555298623E+001	5.8307030534E+001	0.091	0.445	0.511
9.259	0.712	6.544	-0.536	3.2658384214E+002
1.1968657570E+001	6.1830762115E+001	0.102	0.467	0.505
9.514	0.758	6.410	-0.526	3.4224751127E+002
1.3544546959E+001	6.2971126910E+001	0.113	0.501	0.505
9.730	0.796	6.296	-0.487	3.5614774679E+002
1.4941793748E+001	5.9723945232E+001	0.123	0.540	0.988
9.926	0.847	6.209	-0.420	3.6699831862E+002
1.6030443541E+001	5.4074188982E+001	0.130	0.570	0.992
10.181	0.904	6.106	-0.383	3.8033512236E+002
1.7369845886E+001	5.0013615438E+001	0.137	0.606	0.999
10.437	0.973	6.014	-0.358	3.9255566206E+002
1.8601787275E+001	4.6740832574E+001	0.144	0.638	1.007
10.484	0.986	5.998	-0.336	3.9475159138E+002
1.8825022213E+001	4.6508372181E+001	0.145	0.644	1.009
10.739	1.038	5.912	-0.330	4.0659111104E+002
2.0048004086E+001	4.6464191310E+001	0.152	0.672	1.021
10.995	1.092	5.829	-0.322	4.1849515170E+002
2.1305418937E+001	4.3130644332E+001	0.159	0.700	1.038
11.028	1.100	5.819	-0.302	4.1989093808E+002
2.1455439440E+001	4.2981114019E+001	0.160	0.703	1.040
11.283	1.141	5.742	-0.298	4.3145822814E+002
2.2720467407E+001	4.5285268440E+001	0.167	0.736	1.063
11.526	1.183	5.671	-0.294	4.4244670750E+002
2.3953195381E+001	4.6353182347E+001	0.174	0.780	1.089
11.781	1.207	5.596	-0.278	4.5457424065E+002
2.5340389481E+001	4.5522883074E+001	0.182	0.855	1.128
12.037	1.240	5.529	-0.256	4.6570925205E+002
2.6619871113E+001	3.9388482289E+001	0.189	0.955	1.172
12.067	1.245	5.522	-0.218	4.6689655333E+002
2.6756213110E+001	3.8834069299E+001	0.189	0.968	1.177
12.323	1.273	5.467	-0.205	4.7670447471E+002
2.7877630041E+001	3.7113113292E+001	0.195	1.093	1.223
12.578	1.308	5.418	-0.190	4.8586164062E+002
2.8910036407E+001	3.5731780760E+001	0.201	1.237	1.271
12.654	1.319	5.404	-0.170	4.8856089398E+002
2.9210223440E+001	3.5338800836E+001	0.202	1.286	1.285
12.909	1.348	5.362	-0.167	4.9727834862E+002
3.0171246561E+001	3.5046549580E+001	0.207	1.461	1.335
12.959	1.353	5.353	-0.167	4.9901157721E+002
3.0361237553E+001	3.5575695570E+001	0.208	1.499	1.129
13.214	1.382	5.311	-0.166	5.0856628142E+002

3.1404353531E+001	3.8029579739E+001	0.213	1.707	1.147
13.370	1.400	5.285	-0.160	5.1455323485E+002
3.2066162479E+001	3.8835133242E+001	0.216	1.847	1.161
13.626	1.423	5.245	-0.152	5.2465120308E+002
3.3258652118E+001	4.0547556572E+001	0.223	2.103	1.190
13.881	1.449	5.207	-0.142	5.3527334917E+002
3.4809653282E+001	4.2057731570E+001	0.231	2.445	1.241
13.972	1.460	5.195	-0.109	5.3912457621E+002
3.5479918102E+001	4.1301537737E+001	0.235	2.605	1.267
14.228	1.487	5.170	-0.078	5.4901218889E+002
3.7617593063E+001	3.7754967647E+001	0.247	3.111	1.362
14.483	1.525	5.155	-0.051	5.5841765603E+002
4.0565983786E+001	3.2183173705E+001	0.265	3.828	1.519
14.527	1.533	5.154	0.183	5.5979696691E+002
4.1099229717E+001	3.1550617299E+001	0.268	3.972	1.551
14.783	1.629	5.210	0.395	5.6810112529E+002
4.5057509754E+001	3.1202179125E+001	0.292	5.019	1.793
15.038	1.816	5.356	0.580	5.7574152122E+002
4.9932711704E+001	3.3975497628E+001	0.322	6.418	2.118
15.044	1.822	5.361	0.179	5.7592717378E+002
5.0069240033E+001	3.4049066213E+001	0.323	6.455	2.127
15.299	1.891	5.403	0.048	5.8446753984E+002
5.7297536528E+001	3.0349632022E+001	0.367	8.054	2.545
15.555	1.903	5.386	-0.066	5.9143606995E+002
6.3984656094E+001	2.5407152132E+001	0.409	8.912	2.897
15.591	1.904	5.384	-0.040	5.9236142912E+002
6.4908632110E+001	2.4669983991E+001	0.414	8.969	2.930
15.800	1.909	5.376	2.702	5.9695345810E+002
6.9672045887E+001	2.0384610151E+001	0.174	8.988	3.006
16.056	3.186	6.637	4.215	6.0165090547E+002
7.4520110652E+001	1.5241947598E+001	0.115	8.511	2.912
16.112	3.244	6.693	0.779	6.0247767782E+002
7.5357290620E+001	1.4111656333E+001	0.101	8.364	2.872
16.368	3.435	6.881	0.716	6.0558843235E+002
7.8425530653E+001	1.1098512151E+001	0.168	7.727	2.689
16.400	3.453	6.899	0.541	6.0594079147E+002
7.8738422329E+001	1.0849782953E+001	0.499	7.642	2.667
16.450	3.481	6.925	0.474	6.0647446637E+002
7.9199210911E+001	9.7460616598E+000	0.502	7.512	2.636
16.500	3.502	6.946	0.363	6.0691539764E+002
7.9545770097E+001	7.7378457403E+000	0.539	7.389	2.604
16.540	3.514	6.958	0.290	6.0719032652E+002
7.9728503847E+001	6.8896765155E+000	0.540	7.297	2.579
16.679	3.556	6.998	0.287	6.0815629367E+002
8.0297039659E+001	7.2215570802E+000	0.544	6.963	2.499
16.700	3.561	7.004	0.175	6.0830844810E+002
8.0365383601E+001	7.1682883681E+000	0.544	6.904	2.488
16.956	3.596	7.046	0.144	6.0984501983E+002
8.0740482501E+001	5.5569140165E+000	0.546	6.292	2.378
17.000	3.595	7.047	0.012	6.1008873995E+002
8.0771903764E+001	5.1828250367E+000	0.546	6.198	2.363
17.256	3.590	7.050	-0.011	6.1098088831E+002
8.0323707781E+001	2.4499064117E+000	0.542	5.726	2.330
17.300	3.583	7.044	-0.138	6.1108182664E+002

8.0191513063E+001	2.1056915622E+000	0.541	5.643	2.330
17.309	3.581	7.043	-0.138	6.1109980404E+002
8.0164849651E+001	2.0655617649E+000	0.541	5.627	2.330
17.500	3.543	7.016	-0.109	6.1145945577E+002
7.9510728282E+001	1.1720007007E+000	0.439	5.282	2.339
17.756	3.505	6.994	-0.086	6.1151743126E+002
7.8320515684E+001	-1.6351989402E+000	0.433	4.836	2.386
17.800	3.499	6.991	-0.036	6.1143024171E+002
7.8054168740E+001	-2.2103984969E+000	0.432	4.744	2.397
18.056	3.476	6.983	-0.028	6.1049735125E+002
7.6646525763E+001	-5.5241418803E+000	0.425	4.326	2.476
18.080	3.474	6.983	-0.016	6.1035664730E+002
7.6511763128E+001	-5.9011136113E+000	0.424	4.288	2.484
18.100	3.471	6.983	-0.002	6.1023648426E+002
7.6403862612E+001	-6.5305468000E+000	0.424	4.258	2.491
18.200	3.459	6.983	0.011	6.0934559770E+002
7.5848090298E+001	-9.9238132997E+000	0.657	4.114	2.525
18.456	3.432	6.986	0.028	6.0614744473E+002
7.4240049828E+001	-1.6110458046E+001	0.646	3.742	2.627
18.658	3.417	6.996	0.063	6.0231758758E+002
7.2833939763E+001	-2.1327624183E+001	0.637	3.464	2.716
18.913	3.382	7.015	0.089	5.9610098998E+002
7.1069020488E+001	-2.6652447382E+001	0.628	3.190	2.824
19.169	3.354	7.041	0.102	5.8869798130E+002
6.9323628255E+001	-3.6071251176E+001	0.618	2.973	2.927
19.169	3.354	7.041	0.133	5.8869554140E+002
6.9323094604E+001	-3.6072942971E+001	0.618	2.973	2.927
19.424	3.303	7.075	0.141	5.7965921965E+002
6.7502820644E+001	-3.9001411613E+001	0.611	2.807	3.031
19.550	3.281	7.095	0.152	5.7452600573E+002
6.6537408499E+001	-3.7283577644E+001	0.607	2.738	3.085
19.613	3.269	7.104	0.161	5.7229288503E+002
6.6148810611E+001	-3.6669996464E+001	0.606	2.714	3.105
19.868	3.197	7.146	0.173	5.6174104353E+002
6.4387298241E+001	-4.4945736007E+001	0.602	2.635	3.196
19.982	3.168	7.168	0.199	5.5646107446E+002
6.3517391552E+001	-4.8336841062E+001	0.600	2.605	3.087
20.133	3.131	7.199	0.253	5.4881022000E+002
6.2254567704E+001	-5.7138921171E+001	0.592	2.561	3.056
20.388	3.059	7.271	0.307	5.3142388006E+002
5.9395638771E+001	-7.5753236968E+001	0.575	2.491	3.002
20.586	3.015	7.338	0.358	5.1525576299E+002
5.6742856431E+001	-8.4202974679E+001	0.557	2.443	2.967
20.842	2.936	7.433	0.385	4.9292238106E+002
5.3109486214E+001	-8.9815192867E+001	0.532	2.407	2.960
21.095	2.865	7.534	0.400	4.6956897092E+002
4.9365362581E+001	-9.1109824743E+001	0.505	2.393	3.022
21.350	2.770	7.636	0.397	4.4657113066E+002
4.5757874646E+001	-8.7657598164E+001	0.478	2.408	3.165
21.606	2.674	7.737	0.393	4.2477526181E+002
4.2457744500E+001	-8.3259009781E+001	0.453	2.462	3.393
21.658	2.654	7.758	0.408	4.2044447044E+002
4.1821835307E+001	-8.3206979833E+001	0.448	2.478	3.450
21.914	2.546	7.862	0.411	3.9872686691E+002

3.8684399292E+001	-8.3551691355E+001	0.423	2.570	3.785
22.133	2.453	7.953	0.453	3.8065266454E+002
3.6157604178E+001	-8.7998519694E+001	0.403	2.666	3.241
22.355	2.377	8.062	0.509	3.5985596350E+002
3.3344004807E+001	-9.2175518698E+001	0.381	2.854	3.549
22.611	2.293	8.195	0.526	3.3676736633E+002
3.0200848989E+001	-8.5335790970E+001	0.357	3.192	4.043
22.866	2.212	8.331	0.524	3.1624871578E+002
2.7297297180E+001	-7.3253210835E+001	0.333	3.727	4.742
22.991	2.170	8.395	0.482	3.0752391469E+002
2.6033335318E+001	-6.4946194646E+001	0.322	4.074	5.164
23.247	2.068	8.515	0.471	2.9346640863E+002
2.3907776832E+001	-4.9549259339E+001	0.306	4.970	6.165
23.502	1.968	8.636	0.472	2.8220386080E+002
2.2071941496E+001	-3.8455752397E+001	0.291	6.132	7.317
23.588	1.934	8.676	0.479	2.7906117768E+002
2.1512173690E+001	-3.4448076559E+001	0.287	6.566	7.707
23.713	1.884	8.737	0.477	2.7513680202E+002
2.0753128983E+001	-2.9505378305E+001	0.281	7.152	8.189
23.843	1.831	8.798	0.496	2.7154257573E+002
2.0020361669E+001	-2.8714319943E+001	0.276	7.755	8.639
24.099	1.735	8.928	0.502	2.6362981762E+002
1.8614493764E+001	-2.9772469399E+001	0.265	8.731	9.229
24.163	1.709	8.958	0.512	2.6173325056E+002
1.8304389556E+001	-3.0870031225E+001	0.262	8.844	9.281
24.419	1.612	9.092	0.523	2.5242666121E+002
1.7026357186E+001	-3.7728727407E+001	0.253	8.976	9.283
24.674	1.516	9.226	0.529	2.4245357970E+002
1.5907671135E+001	-4.2733309037E+001	0.245	8.600	8.914
24.729	1.497	9.256	0.584	2.4007587095E+002
1.5682773574E+001	-4.4506291492E+001	0.244	8.467	8.794
24.984	1.412	9.407	0.592	2.2753106241E+002
1.4610048470E+001	-5.5346027488E+001	0.237	7.777	8.132
24.991	1.410	9.410	0.577	2.2719652892E+002
1.4585939945E+001	-5.5531383605E+001	0.237	7.754	9.423
25.246	1.322	9.558	0.564	2.1259710009E+002
1.3697986000E+001	-5.7384166729E+001	0.229	6.840	8.318
25.357	1.279	9.617	0.565	2.0618841616E+002
1.3371407007E+001	-6.0105008466E+001	0.226	6.437	7.838
25.613	1.186	9.765	0.569	1.8930039118E+002
1.2565652310E+001	-6.8721590987E+001	0.220	5.430	6.600
25.868	1.089	9.908	0.586	1.7107115284E+002
1.1738418651E+001	-8.2101661174E+001	0.212	4.465	5.366
26.062	1.027	10.028	0.612	1.5357315898E+002
1.0874562132E+001	-9.3063143732E+001	0.225	3.769	4.413
26.150	0.995	10.080	0.588	1.4530583221E+002
1.0457589647E+001	-9.5716059512E+001	0.222	3.516	4.055
26.406	0.900	10.230	0.565	1.1981721074E+002
9.1028414040E+000	-9.7742178733E+001	0.219	2.944	3.198
26.584	0.825	10.325	0.538	1.0265075849E+002
8.0921421317E+000	-9.5983091961E+001	0.200	2.694	3.992
26.839	0.719	10.463	0.541	7.8256042814E+001
6.5453473805E+000	-9.2614780140E+001	0.180	2.443	3.488
27.060	0.627	10.583	0.569	5.8332018926E+001



5.1843655465E+000	-8.7763951693E+001	0.159	2.307	3.212
27.316	0.532	10.734	0.591	3.6609375877E+001
3.6315342376E+000	-7.4083650913E+001	0.128	2.230	3.031
27.354	0.517	10.757	0.598	3.3811725502E+001
3.4262025846E+000	-7.1741542040E+001	0.124	2.230	3.023
27.610	0.424	10.910	0.594	1.6645997287E+001
2.1465467105E+000	-6.2787592610E+001	0.092	2.238	2.988
27.865	0.327	11.061	0.632	1.7267811501E+000
9.5925684117E-001	-5.0349027176E+001	0.080	2.282	3.035
28.121	0.253	11.233	0.651	-9.0827441408E+000
1.6145246658E-001	-3.0213935977E+001	0.080	2.411	3.208
28.376	0.166	11.393	0.614	-1.3712773293E+001
-9.2836113981E-002	-6.4346235981E+000	0.080	2.560	3.405
28.450	0.137	11.436	0.690	-1.3938588936E+001
-9.6101917397E-002	1.8153301168E+000	0.080	2.629	3.496
28.706	0.075	11.620	0.721	-9.1448262586E+000
-3.6706135259E-002	2.4049774418E+001	0.080	5.206	6.917
28.961	0.012	11.804	0.721	-1.6489686180E+000
-3.1599451003E-003	3.2333232601E+001	0.080	39.640	50.000

-----  
 ---  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

-----  
 -----

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS				
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
(kPa)	(kN/m)				
6.187	0.256	0.326	-38.426	-1.196	-0.390
300.215	97.913				
6.443	0.256	0.326	-38.426	-3.588	-1.170
301.165	98.223				
6.698	0.256	0.326	-38.426	-5.979	-1.950
302.598	98.691				
6.954	0.242	0.309	-38.426	-8.308	-2.565

304.058	93.882					
	7.196	0.256	0.326	-38.426	-10.401	-3.392
32.192	10.499					
	7.451	0.256	0.326	-38.426	-12.324	-4.019
31.379	10.234					
	7.707	0.256	0.326	-38.426	-14.247	-4.647
31.317	10.214					
	7.962	0.256	0.326	-38.426	-16.170	-5.274
31.427	10.250					
	8.218	0.049	0.063	-38.426	-17.317	-1.089
31.217	1.963					
	8.267	0.256	0.322	-37.402	-18.228	-5.863
31.924	10.268					
	8.522	0.256	0.322	-37.402	-20.061	-6.452
32.281	10.383					
	8.778	0.256	0.322	-37.402	-21.894	-7.042
32.532	10.463					
	9.033	0.226	0.284	-37.402	-23.620	-6.705
33.503	9.511					
	9.259	0.256	0.312	-35.123	-24.531	-7.663
33.211	10.375					
	9.514	0.216	0.264	-35.123	-26.041	-6.874
33.554	8.857					
	9.730	0.195	0.239	-35.123	-27.319	-6.529
17.918	4.282					
	9.926	0.256	0.302	-32.173	-27.194	-8.209
18.021	5.440					
	10.181	0.256	0.302	-32.173	-28.498	-8.602
17.061	5.150					
	10.437	0.047	0.056	-32.173	-29.270	-1.632
16.376	0.913					
	10.484	0.256	0.290	-28.228	-27.375	-7.939
17.773	5.154					
	10.739	0.256	0.290	-28.228	-28.392	-8.234
17.837	5.173					
	10.995	0.033	0.037	-28.228	-28.966	-1.075
17.187	0.638					
	11.028	0.256	0.282	-24.865	-26.644	-7.503
18.765	5.284					
	11.283	0.243	0.267	-24.865	-27.417	-7.331
19.191	5.131					
	11.526	0.256	0.274	-21.308	-24.529	-6.727
20.719	5.682					
	11.781	0.256	0.274	-21.308	-25.112	-6.887
21.054	5.774					
	12.037	0.031	0.033	-21.308	-25.438	-0.834
21.389	0.701					
	12.067	0.256	0.269	-18.124	-21.980	-5.909
22.224	5.975					
	12.323	0.256	0.269	-18.124	-22.398	-6.022
23.307	6.266					
	12.578	0.076	0.080	-18.124	-22.669	-1.803
24.697	1.965					
	12.654	0.256	0.265	-15.660	-19.684	-5.223

25.535	6.776					
	12.909	0.049	0.051	-15.660	-19.867	-1.015
27.273	1.394					
	12.959	0.256	0.265	-15.660	-20.053	-5.321
44.865	11.905					
	13.214	0.156	0.162	-15.660	-20.304	-3.286
44.967	7.278					
	13.370	0.256	0.263	-13.922	-18.063	-4.755
44.934	11.828					
	13.626	0.256	0.263	-13.922	-18.306	-4.819
45.720	12.035					
	13.881	0.091	0.094	-13.922	-18.470	-1.735
46.437	4.363					
	13.972	0.256	0.261	-11.643	-15.158	-3.954
46.286	12.075					
	14.228	0.256	0.261	-11.643	-15.322	-3.997
47.791	12.467					
	14.483	0.044	0.045	-11.643	-15.419	-0.692
48.073	2.157					
	14.527	0.256	0.259	-8.988	-11.242	-2.908
48.053	12.430					
	14.783	0.256	0.259	-8.988	-11.333	-2.932
49.382	12.774					
	15.038	0.005	0.006	-8.988	-11.380	-0.063
51.590	0.285					
	15.044	0.256	0.257	-6.243	-6.829	-1.755
49.655	12.763					
	15.299	0.256	0.257	-6.243	-6.867	-1.765
49.106	12.622					
	15.555	0.037	0.037	-6.243	-6.889	-0.255
48.828	1.808					
	15.591	0.209	0.209	-3.395	-2.009	-0.420
45.558	9.519					
	15.800	0.256	0.256	-3.395	-5.034	-1.288
45.010	11.521					
	16.056	0.057	0.057	-3.395	-5.038	-0.287
44.408	2.529					
	16.112	0.256	0.256	-0.637	6.938	1.773
42.640	10.895					
	16.368	0.032	0.032	-0.637	6.939	0.223
42.579	1.369					
	16.400	0.050	0.050	-0.637	5.348	0.267
42.566	2.128					
	16.450	0.050	0.050	-0.637	5.349	0.267
42.505	2.125					
	16.500	0.040	0.040	-0.637	5.368	0.215
42.442	1.698					
	16.540	0.139	0.139	-0.637	5.399	0.751
42.429	5.900					
	16.679	0.021	0.021	1.753	13.473	0.282
42.081	0.882					
	16.700	0.256	0.256	1.753	13.475	3.444
42.212	10.790					
	16.956	0.044	0.045	1.753	13.476	0.600

42.268	1.882					
17.000	0.256	0.256	1.753	13.477	3.445	
42.449	10.851					
17.256	0.044	0.045	1.753	13.477	0.600	
42.538	1.894					
17.300	0.009	0.009	1.753	13.477	0.117	
42.546	0.369					
17.309	0.191	0.192	3.521	19.401	3.719	
42.823	8.209					
17.500	0.256	0.256	3.521	18.030	4.616	
43.005	11.009					
17.756	0.044	0.045	3.521	18.012	0.803	
43.200	1.926					
17.800	0.256	0.256	3.521	17.994	4.606	
43.130	11.041					
18.056	0.025	0.025	3.521	17.978	0.444	
43.123	1.066					
18.080	0.020	0.020	6.892	28.280	0.565	
43.875	0.876					
18.100	0.100	0.101	6.892	28.257	2.846	
43.908	4.423					
18.200	0.256	0.257	6.892	27.634	7.112	
44.118	11.354					
18.456	0.202	0.204	6.892	27.550	5.608	
44.308	9.019					
18.658	0.256	0.261	12.011	41.926	10.952	
45.692	11.936					
18.913	0.256	0.261	12.011	41.671	10.885	
45.655	11.926					
19.169	0.000	0.000	12.011	41.543	0.003	
46.172	0.003					
19.169	0.256	0.269	18.326	57.270	15.414	
47.420	12.763					
19.424	0.126	0.133	18.326	56.860	7.538	
47.812	6.338					
19.550	0.063	0.066	18.326	56.657	3.751	
46.746	3.095					
19.613	0.256	0.280	24.146	68.369	19.144	
48.492	13.578					
19.868	0.113	0.124	24.146	67.716	8.415	
49.188	6.112					
19.982	0.151	0.165	24.146	67.252	11.123	
44.550	7.368					
20.133	0.256	0.293	29.422	74.896	21.970	
41.971	12.312					
20.388	0.198	0.227	29.422	73.774	16.757	
40.796	9.266					
20.586	0.256	0.309	34.207	77.934	24.078	
36.640	11.320					
20.842	0.253	0.306	34.207	76.303	23.370	
35.033	10.730					
21.095	0.256	0.323	37.619	77.043	24.852	
31.376	10.121					
21.350	0.256	0.323	37.619	75.124	24.233	

30.322	9.781					
	21.606	0.052	0.066	37.619	73.968	4.882
30.849	2.036					
	21.658	0.256	0.333	39.863	73.734	24.544
29.441	9.800					
	21.914	0.220	0.286	39.863	71.774	20.534
30.254	8.655					
	22.133	0.222	0.289	39.863	69.891	20.199
41.216	11.912					
	22.355	0.256	0.335	40.334	67.912	22.763
40.807	13.678					
	22.611	0.256	0.335	40.334	65.618	21.994
39.697	13.306					
	22.866	0.125	0.164	40.334	63.909	10.479
38.216	6.266					
	22.991	0.256	0.338	40.868	62.308	21.052
36.123	12.205					
	23.247	0.256	0.338	40.868	59.965	20.261
34.777	11.750					
	23.502	0.086	0.114	40.868	13.806	1.569
33.979	3.862					
	23.588	0.125	0.167	41.423	-1.534	-0.256
33.469	5.584					
	23.713	0.130	0.174	41.423	-56.994	-9.911
32.936	5.728					
	23.843	0.256	0.341	41.423	25.603	8.724
32.797	11.175					
	24.099	0.064	0.086	41.423	-4.383	-0.376
31.984	2.745					
	24.163	0.256	0.344	42.000	51.575	17.732
32.216	11.076					
	24.419	0.256	0.344	42.000	49.129	16.891
31.472	10.820					
	24.674	0.055	0.074	42.000	47.645	3.502
31.160	2.291					
	24.729	0.256	0.348	42.690	46.188	16.055
31.268	10.869					
	24.984	0.006	0.008	42.690	44.904	0.368
31.030	0.254					
	24.991	0.256	0.348	42.690	43.700	15.191
16.652	5.788					
	25.246	0.111	0.152	42.690	42.013	6.372
14.944	2.266					
	25.357	0.256	0.351	43.233	40.327	14.142
14.163	4.967					
	25.613	0.256	0.351	43.233	37.932	13.302
13.106	4.596					
	25.868	0.194	0.266	43.233	35.825	9.532
13.490	3.589					
	26.062	0.088	0.121	43.735	34.506	4.186
13.199	1.601					
	26.150	0.256	0.354	43.735	102.284	36.169
35.817	12.665					
	26.406	0.178	0.247	43.735	93.469	23.051

33.771	8.328					
26.584	0.256	0.354	43.735	84.627	29.925	
48.773	17.247					
26.839	0.221	0.306	43.735	74.893	22.911	
48.897	14.958					
27.060	0.256	0.355	44.002	65.146	23.140	
48.804	17.335					
27.316	0.039	0.054	44.002	59.125	3.175	
47.891	2.572					
27.354	0.256	0.355	44.002	53.103	18.862	
47.522	16.880					
27.610	0.256	0.355	44.002	42.640	15.146	
47.089	16.726					
27.865	0.256	0.355	44.002	32.178	11.430	
45.262	16.077					
28.121	0.256	0.355	44.002	21.716	7.714	
42.713	15.172					
28.376	0.074	0.102	44.002	14.978	1.533	
41.573	4.255					
28.450	0.256	0.355	44.002	4.263	1.514	
41.241	14.649					
28.706	0.256	0.355	44.002	1.750	0.621	
41.363	14.692					
28.961	0.050	0.070	44.002	0.246	0.017	
41.444	2.886					

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 dl(m) : lunghezza base concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
 TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
 TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

#### FORZE APPLICATE/RESISTENTI SU PALIFICATE\*,\*\*

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975,79,81,82) - HASSIOTIS (1997)

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,

ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio

(incastro).

PALIFICATA N.1 --> NESSUNA INTERSEZIONE VALIDA CON LA SUPERFICIE di FS minmimo

RISULTATI INTERAZIONI CON SISTEMA DI CHIODI e/o TIRANTI

TABELLA INTERAZIONI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS - Versione 1.0  
della tabella -

NTir	X	Tipo	T	Th_mob	Tv_mob	sumA
alpha	beta	F	omega			
(-)	(m)	(-)	(-)	(kN/m)	(kN/m)	(kN)
(°)	(°)	(-)	(-)			
1	23.71	2	200.00	133.93	-77.32	345.41
41.42	-30.00	0.77	1.00			

LEGENDA SIMBOLI

NTir(-) : Numero Tirante  
X(m) : Ascissa intersezione  
Tipo(-) : Tipo tirante 1=PASSIVO , 2=ATTIVO  
T (kN/m) : Tensione di Progetto  
Th\_mob (kN/m) : Reazione Mobilitata - componente Orizzontale  
Tv\_mob (kN/m) : Reazione Mobilitata - componente Verticale  
sumA(kN) : Sommatoria forze agenti a monte della intersezione  
alpha(°) : Angolo pendenza locale superficie scivolamento  
beta(°) : Angolo Tirante  
sumA(kN) : Sommatoria forze agenti a monte della intersezione  
F (-) : Coefficiente distribuzione trazione lungo fondazione  
Omega(-) : Coefficiente mobilitazione tensione nominale di progetto

## **Allegato M**



# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.4 sponda destra - zona corridoio - Analisi statica  
non drenata REV3.txt

Data: 19/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.4 sponda dx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6.40	9.90	21.32	12.50	19.12	10.50	6.40	7.00
18.70	9.90	35.93	12.50	35.93	10.50	35.93	7.00
19.12	10.50	-	-	-	-	-	-
19.60	11.20	-	-	-	-	-	-
20.60	11.20	-	-	-	-	-	-
21.32	12.50	-	-	-	-	-	-
21.70	13.20	-	-	-	-	-	-
34.25	13.20	-	-	-	-	-	-
34.25	12.60	-	-	-	-	-	-
35.93	12.60	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----

X Y (in m)

6.40	9.90
18.70	9.90
19.20	10.40
19.60	10.70
19.80	10.80
20.00	10.90
20.60	11.10
21.00	11.20

21.50	11.30
22.10	11.42
23.50	11.60
25.00	11.70
35.93	11.90

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 1

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	0.00		0.00	55.36	19.22	19.22
4.264	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	0.00		0.00	35.00	20.10	20.10
1.858	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	24.79		0.00	0.00	18.82	18.82
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	0.00		0.00	56.43	19.10	19.10
4.435	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m<sup>3</sup>)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m<sup>3</sup>)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
(adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -  
DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato,  
secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00  
Carico in X2 (Kpa): 30.00  
Posizione carico da X1 m.: 34.25  
a X2 m.: 35.80  
Inclinazione carico (gradi): 90.00  
Componenti distribuzione forza unitaria applicata:  
#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a  
0.00  
#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a  
30.00  
##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare  
in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI  
METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%  
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 6.99  
33.57  
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 1.42  
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 9.94  
35.34

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste  
uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di  
verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

Fattore di sicurezza (FS)	1.5584	- Min. -	X	Y	Lambda=
0.4885					

13.05	9.90
14.34	9.13
14.99	8.76
15.45	8.50
15.85	8.29
16.21	8.11
16.58	7.94
16.97	7.76
17.39	7.59
17.87	7.39
18.23	7.26
18.56	7.18
18.84	7.13
19.18	7.12
19.46	7.14
19.79	7.21
20.18	7.31
20.69	7.48
21.10	7.64
21.47	7.80
21.81	7.96
22.17	8.16
22.50	8.36
22.85	8.60
23.23	8.87
23.66	9.21
24.05	9.52
24.42	9.83
24.79	10.14
25.15	10.46
25.56	10.84
26.01	11.27
26.66	11.91
27.95	13.20

Fattore di sicurezza (FS)	1.5712	- N.2 --	X	Y	Lambda=
0.3842					

12.99	9.90
14.40	9.04
15.10	8.63
15.58	8.35
16.00	8.13
16.39	7.94
16.78	7.77
17.19	7.60
17.64	7.43
18.16	7.25
18.56	7.13
18.92	7.05
19.23	7.01
19.59	7.01

19.90	7.04
20.26	7.11
20.67	7.23
21.21	7.40
21.65	7.57
22.06	7.74
22.43	7.91
22.81	8.12
23.18	8.33
23.56	8.57
23.96	8.85
24.42	9.18
24.84	9.50
25.24	9.81
25.63	10.13
26.03	10.46
26.47	10.83
26.96	11.27
27.66	11.91
29.04	13.20

Fattore di sicurezza (FS)	1.5739	- N.3 --	X	Y	Lambda=
0.3138					

12.93	9.90
14.35	9.00
15.05	8.57
15.53	8.29
15.94	8.07
16.33	7.89
16.70	7.73
17.10	7.57
17.53	7.42
18.04	7.26
18.45	7.15
18.82	7.07
19.15	7.03
19.52	7.01
19.86	7.02
20.23	7.06
20.65	7.13
21.19	7.25
21.62	7.37
22.00	7.49
22.34	7.64
22.72	7.82
23.07	8.02
23.44	8.26
23.84	8.55
24.31	8.92
24.74	9.26
25.15	9.59
25.54	9.93
25.94	10.28

26.37	10.67
26.86	11.14
27.56	11.82
28.94	13.20

Fattore di sicurezza (FS)	1.5821	- N.4 --	X	Y	Lambda=
0.3747					

11.90	9.90
13.32	9.03
14.01	8.61
14.50	8.34
14.91	8.12
15.30	7.94
15.68	7.78
16.08	7.63
16.52	7.47
17.03	7.31
17.43	7.20
17.80	7.13
18.13	7.09
18.50	7.07
18.83	7.09
19.21	7.14
19.62	7.22
20.16	7.35
20.59	7.47
20.98	7.61
21.33	7.75
21.71	7.94
22.07	8.13
22.45	8.37
22.85	8.64
23.32	8.99
23.75	9.31
24.15	9.62
24.54	9.94
24.93	10.28
25.36	10.67
25.85	11.13
26.55	11.81
27.95	13.20

Fattore di sicurezza (FS)	1.5829	- N.5 --	X	Y	Lambda=
0.3626					

12.56	9.90
14.01	9.02
14.72	8.60
15.21	8.33
15.64	8.11
16.04	7.92
16.43	7.75
16.84	7.59

17.29	7.43
17.81	7.25
18.23	7.14
18.60	7.06
18.92	7.02
19.30	7.01
19.63	7.04
20.00	7.10
20.42	7.20
20.97	7.36
21.42	7.51
21.82	7.67
22.19	7.83
22.58	8.04
22.94	8.25
23.33	8.50
23.73	8.79
24.20	9.14
24.64	9.47
25.05	9.80
25.45	10.12
25.86	10.46
26.31	10.84
26.81	11.28
27.53	11.92
28.93	13.20

Fattore di sicurezza (FS)	1.5837	- N.6 --	X	Y	Lambda=
0.4876					

12.72	9.90
13.56	9.44
13.99	9.21
14.29	9.05
14.56	8.91
14.80	8.79
15.05	8.67
15.29	8.55
15.53	8.43
15.78	8.32
16.03	8.20
16.28	8.09
16.52	7.98
16.76	7.87
17.01	7.76
17.27	7.65
17.54	7.53
17.83	7.40
18.07	7.31
18.29	7.24
18.49	7.20
18.72	7.16
18.92	7.15
19.14	7.16

19.39	7.18
19.71	7.22
19.98	7.27
20.22	7.32
20.44	7.38
20.68	7.45
20.90	7.53
21.14	7.63
21.39	7.74
21.67	7.87
21.93	8.00
22.17	8.13
22.40	8.26
22.64	8.41
22.87	8.55
23.11	8.71
23.35	8.89
23.62	9.08
23.87	9.27
24.12	9.45
24.36	9.64
24.60	9.83
24.85	10.02
25.09	10.21
25.34	10.41
25.60	10.61
25.84	10.82
26.08	11.02
26.32	11.23
26.56	11.44
26.83	11.69
27.13	11.97
27.56	12.38
28.40	13.20

Fattore di sicurezza (FS)	1.5846	- N.7 --	X	Y	Lambda=
0.4393					

12.13	9.90
13.25	9.21
13.82	8.86
14.23	8.61
14.59	8.40
14.91	8.22
15.24	8.04
15.58	7.85
15.95	7.66
16.35	7.45
16.67	7.30
16.96	7.19
17.22	7.12
17.52	7.07
17.77	7.05
18.07	7.05



18.40	7.09
18.84	7.15
19.20	7.22
19.52	7.30
19.83	7.38
20.14	7.48
20.44	7.59
20.75	7.72
21.09	7.88
21.47	8.06
21.81	8.24
22.13	8.42
22.44	8.60
22.76	8.80
23.07	9.01
23.39	9.23
23.72	9.48
24.08	9.75
24.42	10.02
24.74	10.29
25.06	10.55
25.38	10.84
25.74	11.16
26.14	11.54
26.71	12.09
27.84	13.20

Fattore di sicurezza (FS)	1.5852	- N.8 --	X	Y	Lambda=
0.4029					

13.19	9.90
14.16	9.31
14.65	9.01
15.01	8.80
15.32	8.61
15.60	8.45
15.89	8.28
16.18	8.11
16.49	7.94
16.81	7.76
17.09	7.62
17.36	7.50
17.60	7.40
17.87	7.32
18.12	7.25
18.39	7.20
18.69	7.16
19.05	7.13
19.35	7.11
19.62	7.11
19.87	7.12
20.14	7.15
20.39	7.20
20.65	7.26

20.94	7.35
21.29	7.46
21.59	7.57
21.87	7.68
22.14	7.80
22.41	7.93
22.68	8.07
22.95	8.22
23.24	8.40
23.56	8.60
23.85	8.79
24.13	8.98
24.41	9.18
24.69	9.39
24.96	9.60
25.23	9.83
25.51	10.07
25.81	10.33
26.10	10.58
26.39	10.83
26.68	11.09
26.96	11.33
27.28	11.62
27.63	11.93
28.13	12.36
29.09	13.20

Fattore di sicurezza (FS)	1.5860	- N.9 --	X	Y	Lambda=
0.3092					

12.13	9.90
13.55	9.11
14.26	8.73
14.75	8.47
15.19	8.26
15.58	8.07
15.98	7.90
16.39	7.73
16.83	7.55
17.33	7.37
17.74	7.24
18.11	7.14
18.45	7.08
18.83	7.04
19.17	7.03
19.56	7.04
19.99	7.09
20.55	7.17
20.98	7.26
21.36	7.36
21.69	7.49
22.07	7.67
22.41	7.86
22.78	8.11

23.19	8.41
23.67	8.80
24.12	9.17
24.54	9.53
24.94	9.88
25.34	10.24
25.78	10.65
26.28	11.12
26.99	11.82
28.39	13.20

Fattore di sicurezza (FS)	1.5861	-	N.10	--	X	Y	Lambda=
0.6117							

13.17	9.90
13.82	9.49
14.16	9.27
14.40	9.12
14.61	8.98
14.81	8.86
15.00	8.74
15.20	8.61
15.39	8.49
15.59	8.36
15.78	8.24
15.97	8.13
16.16	8.03
16.35	7.92
16.54	7.82
16.74	7.72
16.95	7.61
17.19	7.50
17.38	7.42
17.55	7.36
17.71	7.32
17.89	7.29
18.04	7.28
18.21	7.28
18.40	7.30
18.63	7.33
18.84	7.36
19.05	7.39
19.24	7.42
19.43	7.45
19.63	7.48
19.83	7.51
20.03	7.55
20.24	7.58
20.43	7.62
20.61	7.67
20.79	7.72
20.97	7.79
21.15	7.85
21.33	7.93

21.52	8.03
21.73	8.13
21.93	8.24
22.13	8.34
22.33	8.44
22.52	8.54
22.71	8.64
22.91	8.74
23.11	8.84
23.30	8.95
23.49	9.05
23.68	9.15
23.87	9.25
24.06	9.36
24.25	9.48
24.44	9.59
24.64	9.72
24.85	9.85
25.04	9.98
25.23	10.11
25.41	10.25
25.60	10.39
25.79	10.54
25.97	10.70
26.17	10.87
26.37	11.06
26.57	11.24
26.76	11.42
26.96	11.60
27.15	11.78
27.36	11.99
27.60	12.22
27.94	12.55
28.59	13.20

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

# Analisi Deficit in riferimento a  $F_s(\text{progetto}) = 1.200$

Sup N.	$F_s$	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.558	325.1	208.6	74.8	Surplus
2	1.571	354.9	225.9	83.8	Surplus
3	1.574	351.5	223.3	83.5	Surplus
4	1.582	330.0	208.6	79.7	Surplus
5	1.583	354.2	223.8	85.7	Surplus
6	1.584	338.6	213.8	82.0	Surplus
7	1.585	326.0	205.7	79.1	Surplus
8	1.585	354.7	223.8	86.2	Surplus
9	1.586	342.3	215.8	83.3	Surplus
10	1.586	335.0	211.2	81.6	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 74.8

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

phi '	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
	(c', Cu)					
	(kPa)					
24.79	13.051	0.196	-30.65	0.22	0.52	0.57
	0.00					
24.79	13.247	0.196	-30.65	0.65	0.52	1.71
	0.00					
24.79	13.444	0.196	-30.65	1.08	0.52	2.86
	0.00					
24.79	13.640	0.196	-30.65	1.51	0.52	4.00
	0.00					
24.79	13.837	0.196	-30.65	1.94	0.52	5.25
	0.00					
24.79	14.033	0.196	-30.65	2.37	0.52	6.35
	0.00					
24.79	14.230	0.115	-30.65	1.59	0.52	7.50
	0.00					
24.79	14.345	0.196	-30.13	3.05	0.52	8.14
	0.00					
24.79	14.541	0.196	-30.13	3.47	0.52	9.25
	0.00					
24.79	14.738	0.196	-30.13	3.89	0.52	10.36
	0.00					
24.79	14.934	0.060	-30.13	1.27	0.52	11.42
	0.00					
24.79	14.994	0.196	-29.11	4.43	0.52	11.77
	0.00					
24.79	15.191	0.196	-29.11	4.84	0.52	12.84
	0.00					
24.79	15.387	0.061	-29.11	1.58	0.52	13.80
	0.00					
24.79	15.448	0.196	-27.97	5.36	0.52	14.08
	0.00					
24.79	15.645	0.196	-27.97	5.74	0.52	15.01
	0.00					
24.79	15.841	0.006	-27.97	0.18	0.52	15.93
	0.00					
	15.847	0.196	-26.52	6.13	0.52	15.96

24.79	0.00					
	16.044	0.170	-26.52	5.59	0.52	16.86
24.79	0.00					
	16.214	0.196	-25.29	6.80	0.52	17.65
24.79	0.00					
	16.410	0.170	-25.29	6.15	0.52	18.64
24.79	0.00					
	16.580	0.196	-24.10	7.43	0.52	19.53
24.79	0.00					
	16.777	0.190	-24.10	7.48	0.52	20.56
24.79	0.00					
	16.967	0.196	-22.99	8.06	0.52	21.44
24.79	0.00					
	17.163	0.196	-22.99	8.36	0.52	22.26
24.79	0.00					
	17.359	0.026	-22.99	1.15	0.52	22.97
24.79	0.00					
	17.386	0.196	-22.06	8.71	0.52	23.07
24.79	0.00					
	17.582	0.196	-22.06	9.00	0.52	23.72
24.79	0.00					
	17.779	0.087	-22.06	4.10	0.52	24.37
24.79	0.00					
	17.866	0.196	-19.23	9.41	0.52	24.63
24.79	0.00					
	18.063	0.172	-19.23	8.45	0.52	25.29
24.79	0.00					
	18.235	0.196	-14.72	9.85	0.52	26.04
24.79	0.00					
	18.431	0.130	-14.72	6.61	0.51	27.22
24.79	0.00					
	18.561	0.139	-8.48	7.15	0.51	28.03
24.79	0.00					
	18.700	0.143	-8.48	7.72	0.50	28.96
24.79	0.00					
	18.843	0.196	-2.08	11.52	0.50	29.96
24.79	0.00					
	19.040	0.080	-2.08	5.00	0.49	31.31
24.79	0.00					
	19.120	0.058	-2.08	3.74	0.49	31.84
24.79	0.00					
	19.178	0.022	4.49	1.44	0.48	32.20
24.79	0.00					
	19.200	0.133	4.49	9.03	0.48	32.34
24.79	0.00					
	19.333	0.129	4.49	9.18	0.48	33.12
24.79	0.00					
	19.462	0.138	10.90	10.35	0.48	33.80
24.79	0.00					
	19.600	0.193	10.90	14.77	0.47	34.36
24.79	0.00					
	19.793	0.007	15.55	0.50	0.47	34.82
24.79	0.00					
	19.800	0.196	15.55	14.83	0.47	34.83

24.79	0.00					
19.996	0.004	15.55	0.26	0.48	34.99	
24.79	0.00					
20.000	0.175	15.55	13.06	0.48	34.99	
24.79	0.00					
20.175	0.196	18.39	14.42	0.48	34.92	
24.79	0.00					
20.372	0.196	18.39	14.18	0.47	34.67	
24.79	0.00					
20.568	0.032	18.39	2.27	0.46	34.49	
24.79	0.00					
20.600	0.085	18.39	6.19	0.46	34.49	
24.79	0.00					
20.685	0.196	20.39	15.09	0.45	34.52	
24.79	0.00					
20.882	0.118	20.39	9.64	0.43	34.64	
24.79	0.00					
21.000	0.098	20.39	8.30	0.41	34.74	
24.79	0.00					
21.098	0.196	23.05	17.45	0.40	34.81	
24.79	0.00					
21.295	0.025	23.05	2.33	0.38	34.81	
24.79	0.00					
21.320	0.149	23.05	14.09	0.38	34.81	
24.79	0.00					
21.469	0.031	26.01	2.97	0.36	34.71	
24.79	0.00					
21.500	0.196	26.01	19.60	0.36	34.69	
24.79	0.00					
21.696	0.004	26.01	0.36	0.35	34.31	
24.79	0.00					
21.700	0.109	26.01	11.09	0.35	34.30	
24.79	0.00					
21.809	0.196	28.94	19.73	0.34	33.96	
24.79	0.00					
22.005	0.095	28.94	9.37	0.33	33.18	
24.79	0.00					
22.100	0.066	28.94	6.48	0.33	32.76	
24.79	0.00					
22.166	0.196	31.55	18.98	0.33	32.43	
24.79	0.00					
22.363	0.138	31.55	13.03	0.33	31.31	
24.79	0.00					
22.500	0.196	34.02	18.20	0.32	30.46	
24.79	0.00					
22.697	0.157	34.02	14.21	0.32	29.05	
24.79	0.00					
22.854	0.196	36.10	17.29	0.32	28.02	
24.79	0.00					
23.050	0.178	36.10	15.18	0.31	26.67	
24.79	0.00					
23.228	0.196	37.72	16.27	0.31	25.57	
24.79	0.00					
23.424	0.076	37.72	6.11	0.31	24.38	

24.79	0.00					
	23.500	0.155	37.72	12.30	0.30	23.90
24.79	0.00					
	23.655	0.196	38.59	15.04	0.30	22.91
24.79	0.00					
	23.852	0.196	38.59	14.39	0.29	21.43
24.79	0.00					
	24.047	0.196	39.56	13.87	0.28	19.74
24.79	0.00					
	24.244	0.179	39.56	12.08	0.27	17.44
24.79	0.00					
	24.422	0.196	40.56	12.72	0.25	14.94
24.79	0.00					
	24.619	0.167	40.56	10.29	0.23	12.29
24.79	0.00					
	24.786	0.196	41.55	11.55	0.20	10.27
24.79	0.00					
	24.982	0.018	41.55	1.03	0.17	8.02
24.79	0.00					
	25.000	0.153	41.55	8.49	0.17	7.80
24.79	0.00					
	25.153	0.038	42.77	2.07	0.14	6.02
24.79	0.00					
	25.191	0.196	42.77	10.18	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.388	0.168	42.77	8.12	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.555	0.196	43.71	8.84	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.752	0.196	43.71	8.10	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.948	0.063	43.71	2.44	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.011	0.196	44.55	7.11	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.208	0.196	44.55	6.34	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.404	0.068	44.55	2.03	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.473	0.189	44.55	5.12	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.661	0.196	44.99	4.57	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.858	0.196	44.99	3.80	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.054	0.194	44.99	3.00	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.249	0.196	44.99	2.27	0.00	0.00
0.00	55.36					
	27.445	0.196	44.99	1.53	0.00	0.00
0.00	55.36					
	27.642	0.196	44.99	0.79	0.00	0.00
0.00	55.36					
	27.838	0.111	44.99	0.12	0.00	0.00



0.00 55.36

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio  
alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
W(kN/m) : Forza peso concio  
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

T(x)	X	ht	yt	yt'	E(x)
(kN/m)	(m)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
		(m)	(m)	(--)	(kN/m)
		(kN)	(--)	(--)	(--)
13.051	0.000	9.900	-0.443	0.000000000E+000	
0.000000000E+000	1.4986172671E-001	0.052	0.684	0.220	
13.247	0.029	9.813	-0.443	5.5062843674E-002	
4.6185309051E-007	4.1063076688E-001	0.052	0.684	0.220	
13.444	0.059	9.726	-0.439	1.6136164522E-001	
4.6185309051E-007	7.9820824288E-001	0.052	0.959	0.475	
13.640	0.090	9.640	-0.460	3.6872710287E-001	
4.6185309051E-007	1.3201035422E+000	0.052	0.986	0.505	
13.837	0.111	9.545	-0.449	6.8011010880E-001	
3.0346954918E-002	1.5339614490E+000	0.098	0.978	0.491	
14.033	0.146	9.464	-0.423	9.7151326279E-001	
5.8206352843E-002	1.5060043584E+000	0.925	0.972	0.477	
14.230	0.178	9.379	-0.419	1.2719102382E+000	
9.0235010646E-002	1.4937199343E+000	0.742	0.972	0.468	
14.345	0.200	9.333	-0.406	1.4418406214E+000	
1.1126705241E-001	1.4994270876E+000	0.741	0.973	0.462	
14.541	0.233	9.253	-0.407	1.7452688345E+000	
1.5392543036E-001	1.5162128570E+000	0.731	0.976	0.454	
14.738	0.268	9.174	-0.395	2.0376522869E+000	
2.0154301714E-001	1.4359960506E+000	0.743	0.985	0.447	
14.934	0.306	9.097	-0.394	2.3095584688E+000	
2.5512949698E-001	1.4144432868E+000	0.769	1.000	0.444	
14.994	0.316	9.073	-0.389	2.3951238914E+000	
2.7472919866E-001	1.3892067512E+000	0.790	1.007	0.444	
15.191	0.351	8.997	-0.364	2.6458603999E+000	
3.4319577137E-001	1.1872544652E+000	0.863	1.033	0.447	
15.387	0.392	8.930	-0.337	2.8616679238E+000	
4.2583107784E-001	1.1357183701E+000	0.960	1.068	0.455	

15.448	0.407	8.911	-0.322	2.9316671802E+000	
4.5452492090E-001	1.3732136046E+000		1.001	1.080	0.459
15.645	0.448	8.847	-0.322	3.3444113169E+000	
5.9372264231E-001	2.9592440598E+000		1.090	1.134	0.484
15.841	0.489	8.784	-0.320	4.0945330164E+000	
8.0508526508E-001	5.8443883059E+000		1.094	1.211	0.527
15.847	0.490	8.782	-0.308	4.1302530559E+000	
8.1424253715E-001	5.9445344468E+000		1.094	1.214	0.529
16.044	0.528	8.722	-0.306	5.5393585636E+000	
1.1636821563E+000	9.3421378315E+000		1.051	1.331	0.610
16.214	0.561	8.670	-0.317	7.4459566377E+000	
1.6019972852E+000	1.4138331818E+001		0.989	1.474	0.717
16.410	0.590	8.606	-0.333	1.0886958138E+001	
2.3448541569E+000	2.2217848061E+001		0.909	1.709	0.913
16.580	0.612	8.548	-0.339	1.5350415741E+001	
3.3149789839E+000	2.8031571635E+001		0.857	2.017	1.198
16.777	0.634	8.481	-0.323	2.1255336711E+001	
4.6205874849E+000	3.1222250282E+001		0.828	2.457	1.646
16.967	0.660	8.423	-0.289	2.7396832503E+001	
6.0172666126E+000	3.2005536454E+001		0.814	2.931	2.185
17.163	0.690	8.370	-0.257	3.3614939842E+001	
7.4720688475E+000	3.0699797197E+001		0.809	3.427	2.813
17.359	0.726	8.322	-0.241	3.9460638197E+001	
8.9026458786E+000	3.0167079111E+001		0.811	3.868	3.422
17.386	0.731	8.316	-0.219	4.0261077352E+001	
9.1017194894E+000	3.0039020843E+001		0.812	3.924	3.502
17.582	0.768	8.274	-0.218	4.5894953282E+001	
1.0570654630E+001	3.0264189626E+001		0.822	4.240	3.965
17.779	0.805	8.230	-0.212	5.2153706504E+001	
1.2354648272E+001	3.0674543069E+001		0.840	4.451	4.279
17.866	0.823	8.213	-0.186	5.4788341966E+001	
1.3152794215E+001	3.0770897121E+001		0.850	4.496	4.349
18.063	0.856	8.178	-0.149	6.1108593727E+001	
1.5215022373E+001	3.3519705346E+001		0.879	4.565	4.383
18.235	0.897	8.158	-0.041	6.7081396288E+001	
1.7434297647E+001	3.4470454616E+001		0.914	4.635	4.230
18.431	0.952	8.162	0.059	7.3801711025E+001	
2.0314535063E+001	2.9924917739E+001		0.962	4.777	3.854
18.561	1.002	8.178	0.159	7.7315554533E+001	
2.1994591258E+001	2.4515131996E+001		0.992	4.869	3.600
18.700	1.050	8.205	0.229	8.0337467994E+001	
2.3599546920E+001	2.0147334015E+001		1.023	4.962	3.334
18.843	1.108	8.242	0.307	8.2991404627E+001	
2.5124600411E+001	1.6122636529E+001		1.053	5.053	3.082
19.040	1.183	8.310	0.353	8.5519176096E+001	
2.6890131028E+001	1.0040568201E+001		1.092	5.024	2.747
19.120	1.216	8.340	0.377	8.6230954832E+001	
2.7501732205E+001	8.4646234734E+000		1.107	4.951	2.616
19.178	1.240	8.362	0.372	8.6704283026E+001	
2.7919230839E+001	7.8065718064E+000		1.063	4.889	2.531
19.200	1.246	8.370	0.391	8.6872888043E+001	
2.8073808273E+001	7.3248462150E+000		1.047	4.863	2.501
19.333	1.288	8.422	0.397	8.7567027361E+001	
2.8892710147E+001	4.4715272064E+000		0.961	4.643	2.316

19.462	1.330	8.474	0.389	8.8050723768E+001	
2.9616393846E+001	2.6863047662E+000		0.891	4.394	2.153
19.600	1.355	8.526	0.387	8.8261871026E+001	
3.0245735889E+001	-3.5875602395E-002		0.825	4.134	2.000
19.793	1.394	8.602	0.393	8.7831324900E+001	
3.0907525742E+001	-3.6047216100E+000		0.847	3.712	1.774
19.800	1.395	8.604	0.364	8.7807267220E+001	
3.0925831635E+001	-3.7070276137E+000		0.847	3.698	1.767
19.996	1.411	8.676	0.364	8.6754602400E+001	
3.1301914269E+001	-6.5239685166E+000		0.866	3.348	1.573
20.000	1.412	8.677	0.429	8.6731565910E+001	
3.1307887601E+001	-6.5956438479E+000		0.866	3.342	1.570
20.175	1.439	8.753	0.423	8.5131479768E+001	
3.1438709616E+001	-1.0021906349E+001		0.881	3.047	1.409
20.372	1.455	8.835	0.494	8.2964993604E+001	
3.1325235575E+001	-1.2572727378E+001		0.893	2.809	1.277
20.568	1.502	8.947	0.520	8.0190895335E+001	
3.1124458575E+001	-1.5035541494E+001		0.906	2.581	1.166
20.600	1.498	8.953	0.726	7.9709654416E+001	
3.1088657194E+001	-1.5118328262E+001		0.908	2.545	1.152
20.685	1.548	9.032	0.916	7.8436999674E+001	
3.0999569197E+001	-1.5878005373E+001		0.846	2.451	1.118
20.882	1.654	9.211	0.914	7.4893674756E+001	
3.0710971516E+001	-1.7881159792E+001		0.726	2.246	1.057
21.000	1.719	9.319	0.883	7.2788242213E+001	
3.0516798512E+001	-1.7147204305E+001		0.665	2.144	1.033
21.098	1.765	9.402	0.876	7.1157034063E+001	
3.0334730386E+001	-1.7547671129E+001		0.620	2.073	1.023
21.295	1.857	9.577	0.888	6.7342430333E+001	
2.9736084875E+001	-1.9642736321E+001		0.539	1.943	1.013
21.320	1.868	9.599	0.825	6.6843909741E+001	
2.9647736319E+001	-1.9734688731E+001		0.530	1.927	1.013
21.469	1.926	9.722	0.818	6.3841670452E+001	
2.9025966300E+001	-2.1017693521E+001		0.450	1.842	1.013
21.500	1.936	9.747	0.720	6.3191533281E+001	
2.8878538432E+001	-2.1263596308E+001		0.435	1.826	1.013
21.696	1.979	9.885	0.702	5.8940410000E+001	
2.7705244424E+001	-1.8809147527E+001		0.356	1.738	1.022
21.700	1.979	9.887	0.548	5.8874384171E+001	
2.7684613327E+001	-1.8872525835E+001		0.355	1.737	1.022
21.809	1.986	9.947	0.534	5.6438889297E+001	
2.6851183928E+001	-2.3545632216E+001		0.346	1.690	1.029
22.005	1.981	10.050	0.498	5.1404370506E+001	
2.4929854463E+001	-2.5951327861E+001		0.325	1.608	1.042
22.100	1.970	10.092	0.428	4.8929961930E+001	
2.3886039073E+001	-2.7221193872E+001		0.313	1.570	1.046
22.166	1.961	10.119	0.418	4.7080062338E+001	
2.3050773447E+001	-2.8960816570E+001		0.304	1.540	1.048
22.363	1.922	10.201	0.401	4.0826350176E+001	
2.0095048119E+001	-3.3053708734E+001		0.268	1.443	1.043
22.500	1.889	10.253	0.383	3.6160116646E+001	
1.7757338981E+001	-3.6244526942E+001		0.240	1.366	1.027
22.697	1.833	10.329	0.377	2.8384268699E+001	
1.3761970391E+001	-3.8056283372E+001		0.189	1.222	0.962

22.854	1.784	10.386	0.377	2.2591688272E+001	
1.0801850401E+001	-3.7744940169E+001		0.150	1.101	0.883
23.050	1.717	10.463	0.374	1.4953454492E+001	
7.0280211359E+000	-3.6523846845E+001		0.099	0.942	0.762
23.228	1.651	10.526	0.356	8.8446482883E+000	
4.2183763119E+000	-3.3722125397E+001		0.060	0.814	0.649
23.424	1.569	10.596	0.357	2.3659363201E+000	
1.4435053170E+000	-3.2693788729E+001		0.052	0.688	0.528
23.500	1.538	10.623	0.359	-9.6865775765E-002	
4.5165419727E-001	-3.2123011654E+001		0.052	0.645	0.485
23.655	1.473	10.679	0.382	-4.9422495998E+000	
-1.4120543668E+000	-3.2201446356E+001		0.052	0.563	0.405
23.852	1.395	10.758	0.419	-1.1525191999E+001	
-3.7880247567E+000	-3.4109020931E+001		0.055	0.473	0.315
24.047	1.325	10.843	0.489	-1.8311510940E+001	
-6.0635910086E+000	-3.7410077717E+001		0.089	0.398	0.242
24.244	1.269	10.949	0.554	-2.6194853935E+001	
-8.4110669405E+000	-4.0046432940E+001		0.124	0.340	0.220
24.422	1.223	11.051	0.531	-3.3331307107E+001	
-1.0301742070E+001	-3.6187241340E+001		0.152	0.340	0.220
24.619	1.152	11.149	0.467	-3.9621826795E+001	
-1.1704065804E+001	-2.8181991980E+001		0.172	0.406	0.220
24.786	1.081	11.220	0.420	-4.3775363722E+001	
-1.2447284720E+001	-2.3015509236E+001		0.182	0.493	0.220
24.982	0.988	11.301	0.415	-4.7853606816E+001	
-1.2987867430E+001	-1.9735378403E+001		0.189	0.629	0.220
25.000	0.980	11.309	0.451	-4.8207276435E+001	
-1.3021773261E+001	-1.9321964200E+001		0.189	0.646	0.220
25.153	0.914	11.378	0.452	-5.0743720408E+001	
-1.3119364850E+001	-1.5417660047E+001		0.189	0.805	0.220
25.191	0.895	11.395	0.479	-5.1323790993E+001	
-1.3127851459E+001	-1.4647302185E+001		0.188	0.852	2.173
25.388	0.809	11.491	0.517	-5.3727871238E+001	
-1.2940546769E+001	-1.0468457962E+001		0.197	1.052	2.129
25.555	0.747	11.584	0.594	-5.5230368202E+001	
-1.2500583516E+001	-7.7641176432E+000		0.201	1.190	2.082
25.752	0.682	11.707	0.642	-5.6480509581E+001	
-1.1700415058E+001	-4.6189837136E+000		0.202	1.314	2.017
25.948	0.623	11.836	0.646	-5.7045446056E+001	
-1.0660045850E+001	-6.7146104332E-001		0.198	1.390	1.953
26.011	0.602	11.874	0.601	-5.7043270900E+001	
-1.0306639021E+001	6.5857512572E-001		0.197	1.396	1.936
26.208	0.526	11.992	0.582	-5.6531157277E+001	
-9.1104881777E+000	4.1094800087E+000		0.189	1.389	1.896
26.404	0.444	12.103	0.557	-5.5428407844E+001	
-7.8617051345E+000	6.5378107199E+000		0.180	1.397	1.884
26.473	0.412	12.139	0.584	-5.4958664550E+001	
-7.4422476334E+000	7.9790132710E+000		0.176	1.407	1.886
26.661	0.341	12.253	0.642	-5.2869202779E+001	
-6.1377291074E+000	1.4237895962E+001		0.161	1.498	1.933
26.858	0.278	12.387	0.711	-4.9423006193E+001	
-4.6904651739E+000	2.0731732544E+001		0.139	1.696	2.059
27.054	0.227	12.533	0.764	-4.4722452118E+001	
-3.2076272124E+000	2.6250149626E+001		0.110	1.976	2.236

27.249	0.186	12.686	0.750	-3.9170021085E+001	
-1.7146422408E+000	3.3720121317E+001		0.069	2.681	4.186
27.445	0.130	12.826	0.726	-3.1518839906E+001	
-7.4716695622E-001	4.7637952719E+001		0.052	4.175	5.716
27.642	0.078	12.971	0.741	-2.0450190410E+001	
-2.5405364696E-001	6.0597704635E+001		0.052	7.822	10.666
27.838	0.028	13.117	0.741	-7.7063394676E+000	
-5.0552089651E-002	6.7820462023E+001		0.052	30.768	41.714

-----  
 ---  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

-----  
 -----

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS				
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
(kPa)	(kN/m)				
13.051	0.196	0.228	-30.649	-0.480	-0.110
0.111	0.025				
13.247	0.196	0.228	-30.649	-1.441	-0.329
0.332	0.076				
13.444	0.196	0.228	-30.649	-2.402	-0.549
0.554	0.126				
13.640	0.196	0.228	-30.649	-3.363	-0.768
0.934	0.213				
13.837	0.196	0.228	-30.649	-4.324	-0.988
1.089	0.249				
14.033	0.196	0.228	-30.649	-5.285	-1.207
1.354	0.309				
14.230	0.115	0.134	-30.649	-6.048	-0.811
1.438	0.193				
14.345	0.196	0.227	-30.126	-6.731	-1.529
1.821	0.414				
14.541	0.196	0.227	-30.126	-7.663	-1.741
2.072	0.471				

	14.738	0.196	0.227	-30.126	-8.594	-1.952
2.336	0.531					
	14.934	0.060	0.069	-30.126	-9.202	-0.639
2.384	0.166					
	14.994	0.196	0.225	-29.107	-9.587	-2.156
2.868	0.645					
	15.191	0.196	0.225	-29.107	-10.462	-2.353
3.173	0.714					
	15.387	0.061	0.070	-29.107	-11.035	-0.771
3.256	0.227					
	15.448	0.196	0.222	-27.967	-11.293	-2.512
4.034	0.897					
	15.645	0.196	0.222	-27.967	-12.106	-2.693
4.680	1.041					
	15.841	0.006	0.007	-27.967	-12.525	-0.086
5.062	0.035					
	15.847	0.196	0.220	-26.516	-12.461	-2.736
5.930	1.302					
	16.044	0.170	0.190	-26.516	-13.148	-2.497
6.942	1.318					
	16.214	0.196	0.217	-25.286	-13.357	-2.903
8.609	1.871					
	16.410	0.170	0.188	-25.286	-13.986	-2.627
10.661	2.002					
	16.580	0.196	0.215	-24.099	-14.087	-3.032
11.944	2.571					
	16.777	0.190	0.208	-24.099	-14.693	-3.056
12.783	2.658					
	16.967	0.196	0.213	-22.986	-14.741	-3.146
13.194	2.816					
	17.163	0.196	0.213	-22.986	-15.305	-3.266
13.314	2.842					
	17.359	0.026	0.029	-22.986	-15.625	-0.450
13.555	0.390					
	17.386	0.196	0.212	-22.063	-15.428	-3.271
13.947	2.957					
	17.582	0.196	0.212	-22.063	-15.949	-3.381
15.747	3.339					
	17.779	0.087	0.094	-22.063	-16.326	-1.539
15.930	1.502					
	17.866	0.196	0.208	-19.228	-14.887	-3.098
17.747	3.693					
	18.063	0.172	0.182	-19.228	-15.264	-2.782
20.090	3.662					
	18.235	0.196	0.203	-14.717	-12.319	-2.503
21.581	4.384					
	18.431	0.130	0.134	-14.717	-12.517	-1.678
19.998	2.681					
	18.561	0.139	0.141	-8.479	-7.504	-1.055
18.145	2.550					
	18.700	0.143	0.145	-8.479	-7.843	-1.138
18.143	2.631					
	18.843	0.196	0.197	-2.084	-2.131	-0.419
17.857	3.511					

	19.040	0.080	0.080	-2.084	-2.269	-0.182
18.292	1.466					
	19.120	0.058	0.058	-2.084	-2.341	-0.136
18.730	1.088					
	19.178	0.022	0.022	4.486	5.114	0.113
17.606	0.388					
	19.200	0.133	0.134	4.486	5.283	0.707
18.232	2.438					
	19.333	0.129	0.129	4.486	5.567	0.718
19.375	2.498					
	19.462	0.138	0.141	10.897	13.914	1.957
18.482	2.600					
	19.600	0.193	0.197	10.897	14.179	2.793
18.679	3.679					
	19.793	0.007	0.007	15.548	19.629	0.134
16.576	0.113					
	19.800	0.196	0.204	15.548	19.491	3.975
16.320	3.328					
	19.996	0.004	0.004	15.548	19.356	0.071
16.017	0.059					
	20.000	0.175	0.182	15.548	19.235	3.501
15.790	2.874					
	20.175	0.196	0.207	18.393	21.980	4.551
14.430	2.988					
	20.372	0.196	0.207	18.393	21.612	4.475
14.059	2.911					
	20.568	0.032	0.033	18.393	21.398	0.715
13.849	0.463					
	20.600	0.085	0.090	18.393	21.752	1.952
14.336	1.287					
	20.685	0.196	0.210	20.395	25.088	5.259
15.375	3.223					
	20.882	0.118	0.126	20.395	26.594	3.358
17.205	2.172					
	21.000	0.098	0.105	20.395	27.630	2.894
18.472	1.935					
	21.098	0.196	0.214	23.048	31.993	6.831
19.171	4.094					
	21.295	0.025	0.028	23.048	33.123	0.912
20.470	0.564					
	21.320	0.149	0.162	23.048	33.989	5.516
21.528	3.494					
	21.469	0.031	0.034	26.009	38.147	1.301
21.235	0.724					
	21.500	0.196	0.219	26.009	39.321	8.596
22.639	4.949					
	21.696	0.004	0.004	26.009	40.354	0.158
23.766	0.093					
	21.700	0.109	0.121	26.009	40.176	4.861
24.036	2.908					
	21.809	0.196	0.225	28.939	42.523	9.547
22.830	5.126					
	22.005	0.095	0.108	28.939	41.882	4.535
23.034	2.494					

22.100	0.066	0.076	28.939	41.527	3.135
23.430	1.769				
22.166	0.196	0.231	31.546	43.066	9.929
22.828	5.263				
22.363	0.138	0.161	31.546	42.205	6.815
23.396	3.777				
22.500	0.196	0.237	34.023	42.950	10.182
23.561	5.585				
22.697	0.157	0.190	34.023	41.908	7.950
22.887	4.342				
22.854	0.196	0.243	36.096	41.902	10.189
22.060	5.364				
23.050	0.178	0.220	36.096	40.680	8.941
20.420	4.488				
23.228	0.196	0.248	37.715	40.072	9.953
18.690	4.642				
23.424	0.076	0.096	37.715	39.114	3.737
18.206	1.739				
23.500	0.155	0.197	37.715	38.301	7.526
17.413	3.422				
23.655	0.196	0.251	38.593	37.317	9.381
16.792	4.221				
23.852	0.196	0.250	38.593	35.881	8.975
16.424	4.108				
24.047	0.196	0.255	39.563	34.666	8.835
16.123	4.109				
24.244	0.179	0.232	39.563	33.235	7.696
15.720	3.640				
24.422	0.196	0.259	40.563	31.970	8.268
13.944	3.606				
24.619	0.167	0.219	40.563	30.525	6.694
13.039	2.860				
24.786	0.196	0.263	41.554	29.192	7.665
11.883	3.120				
24.982	0.018	0.024	41.554	28.304	0.681
12.013	0.289				
25.000	0.153	0.204	41.554	27.597	5.632
11.105	2.266				
25.153	0.038	0.052	42.768	26.912	1.407
10.774	0.563				
25.191	0.196	0.268	42.768	25.835	6.915
34.259	9.169				
25.388	0.168	0.228	42.768	24.148	5.516
32.962	7.529				
25.555	0.196	0.272	43.710	22.475	6.109
31.830	8.652				
25.752	0.196	0.272	43.710	20.589	5.596
30.878	8.393				
25.948	0.063	0.087	43.710	19.344	1.684
30.629	2.667				
26.011	0.196	0.276	44.552	18.087	4.987
30.257	8.342				
26.208	0.196	0.276	44.552	16.144	4.451
30.048	8.285				



	26.404	0.068	0.096	44.552	14.833	1.425
30.227	2.904					
	26.473	0.189	0.265	44.552	13.560	3.594
29.618	7.849					
	26.661	0.196	0.278	44.986	11.641	3.234
29.260	8.128					
	26.858	0.196	0.278	44.986	9.667	2.686
29.119	8.089					
	27.054	0.194	0.275	44.986	7.704	2.118
29.018	7.978					
	27.249	0.196	0.278	44.986	5.783	1.607
51.523	14.313					
	27.445	0.196	0.278	44.986	3.896	1.082
53.404	14.836					
	27.642	0.196	0.278	44.986	2.009	0.558
54.553	15.155					
	27.838	0.111	0.157	44.986	0.533	0.084
55.005	8.624					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 dl(m) : lunghezza base concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
 TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
 TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----  
 -----

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.4 sponda sinistra - zona corridoio - Analisi  
statica drenata REV3.txt

Data: 18/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.4 sponda sx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
9.00	8.85	21.50	10.85	9.00	8.26	9.00	5.05
9.00	8.95	21.50	12.85	38.00	8.25	38.00	5.05
9.10	8.95	22.20	12.85	-	-	-	-
9.10	9.65	22.20	13.45	-	-	-	-
19.80	9.65	29.40	13.90	-	-	-	-
19.80	10.85	29.40	14.15	-	-	-	-
19.80	15.50	30.50	14.15	-	-	-	-
20.40	15.50	30.50	13.55	-	-	-	-
20.40	13.45	33.35	13.55	-	-	-	-
21.50	13.45	38.00	13.55	-	-	-	-
22.10	13.45	38.00	10.85	-	-	-	-
22.20	13.45	21.50	10.85	-	-	-	-
29.40	13.90	-	-	-	-	-	-
29.40	14.15	-	-	-	-	-	-
30.50	14.15	-	-	-	-	-	-
30.50	13.55	-	-	-	-	-	-
33.35	13.55	-	-	-	-	-	-
38.00	13.55	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y

9.00	8.85	20.50	8.85	21.50	12.85	-	-
9.00	8.95	20.50	8.95	21.50	13.45	-	-
9.10	8.95	20.40	8.95	22.10	13.45	-	-
9.10	9.65	20.40	13.45	22.20	13.45	-	-
19.80	9.65	21.50	13.45	22.20	12.85	-	-
19.80	15.50	21.50	8.85	21.50	12.85	-	-
20.40	15.50	20.50	8.85	-	-	-	-
20.40	8.95	-	-	-	-	-	-
20.50	8.95	-	-	-	-	-	-
20.50	8.85	-	-	-	-	-	-
9.00	8.85	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X Y (in m)

9.00	8.85
20.50	8.85
20.50	8.95
20.40	8.95
20.40	10.43
20.41	10.48
20.42	10.51
20.43	10.53
20.45	10.55
20.50	10.58
20.61	10.62
20.80	10.67
21.04	10.71
22.40	10.75
25.00	10.78
38.00	10.80

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2  
STRATO 5  
STRATO 7

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0  
Coefficiente K 0.000800  
Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01  
Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00  
Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	C` mi	D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO	1	17.91	15.44		0.00	20.10	20.10
1.461	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO	2	23.91	3.00		0.00	19.22	19.22
1.403	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO	3	24.79	0.00		0.00	18.82	18.82
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO	4	21.83	12.08		0.00	19.10	19.10
1.584	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO	5	40.00	300.00		0.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO	6	36.00	0.00		0.00	22.00	23.00
2.525	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO	7	40.00	300.00		0.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
(adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 115.00

Carico in X2 (Kpa): 15.00

Posizione carico da X1 m.: 30.50

a X2 m.: 33.35

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 115.00 a 15.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare

in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- TIRANTI/ANCORAGGI PRESENTI -----

TIPO TIRANTE : Attivo

DISTRIBUZIONE FORZA RESISTENTE TIPO : Trapezoidale

PROCEDURA AUTOMATICA CALCOLO MOBILIZZAZIONE FORZA TIRANTI: Attivata

TIRANTE/ANCORAGGIO N.1

Coordinata X Testa (m):	21.50
Coordinata Y Testa (m):	11.45
Angolo con orizzontale(Gradi):	-30.00
Lunghezza (m):	18.00
Tensione o Forza (KN/m):	200.00
% lunghezza cementata (%) ):	77.78

----- PALIFICATE PRESENTI -----

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975) - HASSIOTIS (1997)

PALIFICATA N.1

Coordinata X Testa (m):	22.10
Coordinata Y Testa (m):	13.45
Lunghezza pali L (m)* :	11.15
Diametro pali D(m):	0.60
Interasse tra pali D1(m):	1.00
Lunghezza apertura tra pali D2(m):	0.40
Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018):	1.00

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: Attivata

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,  
ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio (incastro).

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 9.58  
35.68

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 12.48  
37.42

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
 COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

Fattore di sicurezza (FS)    2.1078   - Min.   -    X            Y            Lambda=  
 0.2025

23.40	13.52
24.12	13.25
24.49	13.12
24.74	13.03
24.97	12.95
25.18	12.88
25.39	12.82
25.59	12.76
25.81	12.69
26.03	12.63
26.24	12.58
26.45	12.53
26.65	12.48
26.86	12.44
27.06	12.40
27.27	12.36
27.48	12.33
27.70	12.30
27.91	12.27
28.12	12.24
28.33	12.22
28.53	12.20
28.74	12.18
28.97	12.17
29.21	12.16
29.48	12.14
29.68	12.15
29.86	12.17
30.01	12.21
30.20	12.29
30.37	12.39
30.60	12.55
30.97	12.85
31.78	13.55

Fattore di sicurezza (FS)	2.1239	- N.2 --	X	Y	Lambda=
0.1874					

23.39	13.52
24.09	13.33
24.45	13.23
24.71	13.16
24.94	13.10
25.14	13.05
25.35	13.00
25.55	12.95
25.76	12.90
25.97	12.85
26.18	12.80
26.38	12.75
26.59	12.71
26.80	12.66
27.00	12.61
27.21	12.57
27.43	12.52
27.64	12.47
27.85	12.43
28.05	12.40
28.24	12.36
28.45	12.34
28.65	12.31
28.86	12.29
29.10	12.28
29.37	12.26
29.57	12.26
29.75	12.28
29.90	12.32
30.09	12.38
30.26	12.48
30.49	12.63
30.85	12.91
31.65	13.55

Fattore di sicurezza (FS)	2.1241	- N.3 --	X	Y	Lambda=
0.2252					

23.51	13.53
24.11	13.27
24.41	13.14
24.62	13.05
24.80	12.98
24.97	12.92
25.13	12.86
25.30	12.81
25.47	12.75
25.65	12.70
25.82	12.65
26.00	12.60

26.17	12.55
26.34	12.50
26.51	12.45
26.69	12.40
26.86	12.35
27.04	12.30
27.21	12.25
27.38	12.21
27.54	12.17
27.71	12.14
27.88	12.10
28.05	12.07
28.23	12.04
28.43	12.01
28.60	11.99
28.76	11.98
28.91	11.98
29.08	11.98
29.23	12.00
29.40	12.02
29.58	12.06
29.81	12.11
29.99	12.16
30.14	12.22
30.29	12.29
30.44	12.39
30.60	12.50
30.80	12.67
31.10	12.94
31.74	13.55

Fattore di sicurezza (FS)	2.1291	- N.4 --	X	Y	Lambda=
0.2254					

23.24	13.51
23.85	13.31
24.17	13.21
24.39	13.13
24.60	13.06
24.78	13.00
24.96	12.94
25.14	12.88
25.33	12.82
25.51	12.76
25.69	12.70
25.87	12.65
26.05	12.59
26.23	12.54
26.41	12.48
26.59	12.43
26.77	12.38
26.96	12.32
27.14	12.28
27.32	12.23



27.50	12.19
27.68	12.15
27.85	12.11
28.04	12.08
28.23	12.04
28.44	12.01
28.62	11.99
28.79	11.97
28.95	11.97
29.12	11.98
29.28	11.99
29.46	12.02
29.65	12.06
29.89	12.11
30.08	12.17
30.25	12.23
30.40	12.30
30.57	12.39
30.74	12.51
30.95	12.68
31.26	12.95
31.93	13.55

Fattore di sicurezza (FS)	2.1364	- N.5 --	X	Y	Lambda=
0.2188					

23.48	13.53
24.20	13.30
24.57	13.18
24.84	13.10
25.07	13.03
25.28	12.97
25.49	12.92
25.69	12.87
25.91	12.81
26.12	12.76
26.34	12.71
26.55	12.66
26.76	12.61
26.98	12.57
27.19	12.52
27.41	12.47
27.63	12.42
27.87	12.36
28.07	12.32
28.27	12.29
28.47	12.27
28.67	12.25
28.87	12.25
29.08	12.25
29.31	12.26
29.59	12.27
29.80	12.30
29.99	12.34

30.16	12.39
30.36	12.47
30.55	12.57
30.80	12.72
31.16	12.97
31.96	13.55

Fattore di sicurezza (FS)	2.1522	- N.6 --	X	Y	Lambda=
0.2344					

23.31	13.52
23.91	13.32
24.22	13.22
24.44	13.15
24.64	13.08
24.81	13.03
24.99	12.97
25.16	12.92
25.34	12.86
25.52	12.81
25.70	12.75
25.87	12.70
26.05	12.65
26.22	12.60
26.40	12.55
26.57	12.50
26.75	12.45
26.93	12.40
27.11	12.35
27.28	12.31
27.46	12.26
27.63	12.22
27.81	12.18
27.99	12.14
28.18	12.10
28.39	12.06
28.56	12.03
28.72	12.01
28.87	12.00
29.04	12.01
29.19	12.03
29.36	12.05
29.54	12.10
29.78	12.16
29.96	12.22
30.13	12.29
30.28	12.36
30.45	12.46
30.62	12.57
30.82	12.73
31.13	12.99
31.78	13.55

Fattore di sicurezza (FS)      2.1557   - N.7 --      X      Y      Lambda=  
0.1998

23.12	13.51
23.67	13.24
23.94	13.11
24.12	13.03
24.28	12.96
24.43	12.91
24.57	12.87
24.72	12.83
24.87	12.79
25.04	12.75
25.20	12.72
25.36	12.69
25.52	12.65
25.67	12.62
25.83	12.59
25.98	12.56
26.14	12.52
26.29	12.49
26.45	12.46
26.60	12.43
26.76	12.39
26.91	12.36
27.07	12.33
27.22	12.30
27.38	12.26
27.53	12.23
27.68	12.20
27.84	12.17
27.99	12.14
28.15	12.10
28.31	12.07
28.47	12.04
28.64	12.01
28.82	11.97
28.97	11.95
29.11	11.94
29.24	11.94
29.38	11.95
29.51	11.97
29.65	12.01
29.82	12.06
30.03	12.13
30.19	12.20
30.34	12.27
30.47	12.35
30.62	12.45
30.77	12.57
30.95	12.73
31.22	12.99
31.78	13.55

Fattore di sicurezza (FS)	2.1568	- N.8 --	X	Y	Lambda=
0.1879					

23.22	13.51
23.88	13.09
24.20	12.90
24.41	12.78
24.60	12.69
24.77	12.61
24.93	12.56
25.10	12.51
25.28	12.46
25.48	12.42
25.68	12.38
25.87	12.34
26.06	12.31
26.24	12.27
26.42	12.23
26.61	12.20
26.79	12.16
26.97	12.12
27.16	12.08
27.34	12.05
27.52	12.01
27.71	11.97
27.89	11.94
28.08	11.90
28.28	11.86
28.49	11.82
28.66	11.79
28.83	11.77
28.99	11.76
29.17	11.76
29.33	11.77
29.51	11.79
29.71	11.82
29.97	11.87
30.15	11.92
30.32	11.97
30.46	12.05
30.63	12.15
30.79	12.28
31.00	12.47
31.32	12.80
32.01	13.55

Fattore di sicurezza (FS)	2.1604	- N.9 --	X	Y	Lambda=
0.2045					

23.23	13.51
24.04	13.05
24.42	12.85
24.68	12.72
24.89	12.63
25.11	12.56

25.29	12.51
25.50	12.47
25.71	12.44
25.96	12.41
26.20	12.39
26.44	12.37
26.66	12.35
26.88	12.33
27.11	12.30
27.33	12.28
27.55	12.26
27.78	12.24
28.00	12.22
28.22	12.20
28.44	12.18
28.66	12.17
28.88	12.15
29.12	12.14
29.37	12.13
29.66	12.11
29.87	12.12
30.06	12.14
30.22	12.18
30.42	12.26
30.60	12.36
30.85	12.53
31.23	12.84
32.09	13.55

Fattore di sicurezza (FS)	2.1644	- N.10 --	X	Y	Lambda=
0.2238					

23.17	13.51
23.90	13.27
24.28	13.14
24.55	13.05
24.80	12.97
25.01	12.90
25.23	12.83
25.45	12.75
25.67	12.68
25.89	12.61
26.11	12.54
26.32	12.47
26.53	12.41
26.75	12.35
26.96	12.29
27.18	12.23
27.41	12.18
27.65	12.12
27.86	12.08
28.07	12.05
28.27	12.02
28.48	12.00

28.68	11.99
28.90	11.99
29.14	12.00
29.43	12.02
29.64	12.04
29.84	12.09
30.00	12.14
30.20	12.23
30.39	12.35
30.63	12.53
31.01	12.84
31.84	13.55

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----  
 # DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR FS \*  
 # Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	2.108	154.9	73.5	66.7	Surplus
2	2.124	140.2	66.0	61.0	Surplus
3	2.124	159.9	75.3	69.5	Surplus
4	2.129	168.6	79.2	73.6	Surplus
5	2.136	154.2	72.2	67.6	Surplus
6	2.152	158.8	73.8	70.3	Surplus
7	2.156	166.3	77.2	73.7	Surplus
8	2.157	188.3	87.3	83.5	Surplus
9	2.160	177.3	82.1	78.8	Surplus
10	2.164	165.9	76.7	73.9	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 61.0

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
 di scivolamento  
 FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
 di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
 per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

-----  
 TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS  
 -----

	X	dx	alpha	W	ru	U
phi'	(c',Cu)					
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
	(kPa)					
23.399	3.00	0.127	-20.59	0.07	0.00	0.00
23.91		0.127	-20.59	0.21	0.00	0.00

23.91	3.00					
	23.654	0.127	-20.59	0.34	0.00	0.00
23.91	3.00					
	23.782	0.127	-20.59	0.48	0.00	0.00
23.91	3.00					
	23.909	0.127	-20.59	0.62	0.00	0.00
23.91	3.00					
	24.036	0.083	-20.59	0.47	0.00	0.00
23.91	3.00					
	24.119	0.127	-20.24	0.84	0.00	0.00
23.91	3.00					
	24.246	0.127	-20.24	0.97	0.00	0.00
23.91	3.00					
	24.374	0.111	-20.24	0.96	0.00	0.00
23.91	3.00					
	24.485	0.127	-19.59	1.22	0.00	0.00
23.91	3.00					
	24.613	0.127	-19.59	1.36	0.00	0.00
23.91	3.00					
	24.740	0.003	-19.59	0.04	0.00	0.00
23.91	3.00					
	24.743	0.127	-18.89	1.49	0.00	0.00
23.91	3.00					
	24.871	0.102	-18.89	1.28	0.00	0.00
23.91	3.00					
	24.973	0.027	-18.01	0.36	0.00	0.00
23.91	3.00					
	25.000	0.127	-18.01	1.74	0.00	0.00
23.91	3.00					
	25.127	0.053	-18.01	0.75	0.00	0.00
23.91	3.00					
	25.180	0.127	-17.32	1.91	0.00	0.00
23.91	3.00					
	25.307	0.078	-17.32	1.22	0.00	0.00
23.91	3.00					
	25.385	0.127	-16.64	2.09	0.00	0.00
23.91	3.00					
	25.513	0.081	-16.64	1.39	0.00	0.00
23.91	3.00					
	25.594	0.127	-15.98	2.27	0.00	0.00
23.91	3.00					
	25.721	0.079	-15.98	1.47	0.00	0.00
23.91	3.00					
	25.800	0.007	-15.98	0.12	0.00	0.00
23.91	3.00					
	25.807	0.127	-15.35	2.46	0.00	0.00
23.91	3.00					
	25.934	0.096	-15.35	1.92	0.00	0.00
23.91	3.00					
	26.030	0.127	-14.56	2.64	0.00	0.00
23.91	3.00					
	26.157	0.084	-14.56	1.79	0.00	0.00
23.91	3.00					
	26.241	0.127	-13.69	2.80	0.00	0.00

23.91	3.00					
	26.369	0.079	-13.69	1.79	0.00	0.00
23.91	3.00					
	26.448	0.127	-12.78	2.95	0.00	0.00
23.91	3.00					
	26.575	0.075	-12.78	1.78	0.00	0.00
23.91	3.00					
	26.650	0.127	-11.86	3.09	0.00	0.00
23.91	3.00					
	26.778	0.079	-11.86	1.96	0.00	0.00
23.91	3.00					
	26.857	0.127	-10.94	3.23	0.00	0.00
23.91	3.00					
	26.984	0.075	-10.94	1.94	0.00	0.00
23.91	3.00					
	27.059	0.127	-10.01	3.35	0.00	0.00
23.91	3.00					
	27.187	0.079	-10.01	2.12	0.00	0.00
23.91	3.00					
	27.266	0.127	-9.11	3.47	0.00	0.00
23.91	3.00					
	27.393	0.084	-9.11	2.33	0.00	0.00
23.91	3.00					
	27.478	0.127	-8.29	3.59	0.00	0.00
23.91	3.00					
	27.605	0.097	-8.29	2.76	0.00	0.00
23.91	3.00					
	27.701	0.127	-7.63	3.70	0.00	0.00
23.91	3.00					
	27.829	0.086	-7.63	2.52	0.00	0.00
23.91	3.00					
	27.914	0.127	-6.93	3.80	0.00	0.00
23.91	3.00					
	28.042	0.081	-6.93	2.43	0.00	0.00
23.91	3.00					
	28.123	0.127	-6.19	3.89	0.00	0.00
23.91	3.00					
	28.250	0.077	-6.19	2.38	0.00	0.00
23.91	3.00					
	28.327	0.127	-5.45	3.97	0.00	0.00
23.91	3.00					
	28.455	0.080	-5.45	2.51	0.00	0.00
23.91	3.00					
	28.534	0.127	-4.65	4.05	0.00	0.00
23.91	3.00					
	28.662	0.083	-4.65	2.67	0.00	0.00
23.91	3.00					
	28.745	0.127	-3.89	4.12	0.00	0.00
23.91	3.00					
	28.872	0.093	-3.89	3.04	0.00	0.00
23.91	3.00					
	28.965	0.127	-3.18	4.19	0.00	0.00
23.91	3.00					
	29.093	0.113	-3.18	3.75	0.00	0.00



23.91	3.00					
	29.206	0.127	-2.59	4.26	0.00	0.00
23.91	3.00					
	29.333	0.067	-2.59	2.24	0.00	0.00
23.91	3.00					
	29.400	0.080	-2.59	3.10	0.00	0.00
23.91	3.00					
	29.480	0.127	1.18	4.91	0.00	0.00
23.91	3.00					
	29.608	0.074	1.18	2.85	0.00	0.00
23.91	3.00					
	29.682	0.127	7.20	4.89	0.00	0.00
23.91	3.00					
	29.809	0.050	7.20	1.92	0.00	0.00
23.91	3.00					
	29.859	0.127	15.03	4.81	0.00	0.00
23.91	3.00					
	29.987	0.024	15.03	0.90	0.00	0.00
23.91	3.00					
	30.011	0.127	22.06	4.69	0.00	0.00
23.91	3.00					
	30.138	0.059	22.06	2.14	0.00	0.00
23.91	3.00					
	30.198	0.127	30.16	4.48	0.00	0.00
23.91	3.00					
	30.325	0.049	30.16	1.68	0.00	0.00
23.91	3.00					
	30.375	0.125	35.73	4.14	0.00	0.00
23.91	3.00					
	30.500	0.001	35.73	0.02	0.00	0.00
23.91	3.00					
	30.501	0.104	35.73	13.81	0.00	0.00
23.91	3.00					
	30.605	0.127	39.23	16.22	0.00	0.00
23.91	3.00					
	30.732	0.127	39.23	15.39	0.00	0.00
23.91	3.00					
	30.860	0.111	39.23	12.75	0.00	0.00
23.91	3.00					
	30.971	0.127	40.56	13.84	0.00	0.00
23.91	3.00					
	31.098	0.127	40.56	13.01	0.00	0.00
23.91	3.00					
	31.226	0.127	40.56	12.17	0.00	0.00
23.91	3.00					
	31.353	0.127	40.56	11.33	0.00	0.00
23.91	3.00					
	31.480	0.127	40.56	10.50	0.00	0.00
23.91	3.00					
	31.608	0.127	40.56	9.66	0.00	0.00
23.91	3.00					
	31.735	0.050	40.56	3.53	0.00	0.00
23.91	3.00					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----  
 -----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----

---

T(x)	X (m)	ht E' (m) (kN)	yt rho(x) (m) (--)	yt' FS_qFEM (--) (--)	E(x) FS_srmFEM (kN/m) (--)
	23.399	0.000	13.525	-0.265	0.0000000000E+000
0.0000000000E+000		4.1802788381E+000		0.070	0.950 1.951
	23.527	0.014	13.491	-0.265	7.0800827220E-001
5.6911620648E-004		6.9303149262E+000		0.070	0.950 1.951
	23.654	0.028	13.457	-0.277	1.7665015573E+000
4.2316238096E-003		8.2295893369E+000		0.070	0.608 1.395
	23.782	0.039	13.420	-0.275	2.8056881806E+000
1.3581964787E-002		7.0598970156E+000		0.070	0.510 1.230
	23.909	0.054	13.387	-0.249	3.5660329213E+000
2.8033959256E-002		5.7916364187E+000		0.070	0.482 1.178
	24.036	0.071	13.357	-0.242	4.2819464548E+000
4.6953129836E-002		5.9445180280E+000		0.070	0.476 1.160
	24.119	0.082	13.336	-0.258	4.7901165261E+000
6.2427798515E-002		6.4042698499E+000		0.070	0.477 1.157
	24.246	0.095	13.303	-0.263	5.6550944093E+000
9.5716681927E-002		7.0267449185E+000		0.070	0.493 1.171
	24.374	0.109	13.269	-0.267	6.5811975914E+000
1.3664058486E-001		7.8447731763E+000		0.070	0.521 1.200
	24.485	0.120	13.239	-0.258	7.5111948335E+000
1.7990323311E-001		8.2895697444E+000		0.080	0.556 1.237
	24.613	0.133	13.208	-0.230	8.5588544897E+000
2.2972629229E-001		7.9901097544E+000		0.090	0.601 1.282
	24.740	0.152	13.181	-0.213	9.5478326305E+000
2.7710861908E-001		7.8749473016E+000		0.098	0.647 1.325
	24.743	0.152	13.180	-0.200	9.5729381466E+000
2.7833582842E-001		7.8813529349E+000		0.098	0.648 1.327
	24.871	0.170	13.154	-0.194	1.0595381026E+001
3.2872789321E-001		7.9588492243E+000		0.105	0.698 1.369
	24.973	0.186	13.135	-0.184	1.1400759592E+001
3.6957817153E-001		7.9088448388E+000		0.110	0.738 1.401

25.000	0.190	13.131	-0.186	1.1617197451E+001	
3.8099124337E-001	8.0618907522E+000		0.111	0.749	1.409
25.127	0.208	13.107	-0.191	1.2735371482E+001	
4.4256054002E-001	9.4222693636E+000		0.119	0.803	1.447
25.180	0.214	13.096	-0.219	1.3245030284E+001	
4.7188488060E-001	1.0316774693E+001		0.122	0.828	1.463
25.307	0.225	13.067	-0.216	1.4753447479E+001	
5.6418632768E-001	1.1329032082E+001		0.133	0.900	1.502
25.385	0.234	13.052	-0.206	1.5608975129E+001	
6.1922793052E-001	1.1465783147E+001		0.139	0.939	1.521
25.513	0.245	13.025	-0.200	1.7163433597E+001	
7.2155698936E-001	1.1517508067E+001		0.149	1.010	1.551
25.594	0.255	13.010	-0.179	1.8060852224E+001	
7.8164955855E-001	1.1160170309E+001		0.154	1.052	1.567
25.721	0.269	12.988	-0.163	1.9498068611E+001	
8.8047319255E-001	1.0162720405E+001		0.161	1.119	1.588
25.800	0.280	12.977	-0.142	2.0246645617E+001	
9.3252009233E-001	1.0503719889E+001		0.165	1.156	1.598
25.807	0.281	12.976	-0.158	2.0316165768E+001	
9.3752170831E-001	1.0623466354E+001		0.165	1.160	1.599
25.934	0.296	12.955	-0.154	2.1754282271E+001	
1.0429003601E+000	1.1185381917E+001		0.173	1.236	1.616
26.030	0.308	12.941	-0.159	2.2819853085E+001	
1.1239514887E+000	1.2016658920E+001		0.178	1.300	1.627
26.157	0.320	12.920	-0.162	2.4504708164E+001	
1.2579365168E+000	1.2900291784E+001		0.187	1.409	1.642
26.241	0.329	12.907	-0.164	2.5569026876E+001	
1.3458061199E+000	1.3540735269E+001		0.193	1.487	1.650
26.369	0.338	12.885	-0.154	2.7459535552E+001	
1.5062433604E+000	1.2877409580E+001		0.203	1.643	1.661
26.448	0.347	12.875	-0.131	2.8381907625E+001	
1.5868246951E+000	1.2168721305E+001		0.207	1.731	1.665
26.575	0.359	12.858	-0.128	3.0036535635E+001	
1.7334370872E+000	1.2340111904E+001		0.215	1.908	1.671
26.650	0.367	12.849	-0.121	3.0934969567E+001	
1.8139483581E+000	1.2384887151E+001		0.219	2.022	1.673
26.778	0.378	12.834	-0.117	3.2604986694E+001	
1.9656141646E+000	1.2458219186E+001		0.226	2.267	1.678
26.857	0.386	12.825	-0.110	3.3558474461E+001	
2.0530762330E+000	1.2441132884E+001		0.230	2.439	1.680
26.984	0.397	12.811	-0.105	3.5222804340E+001	
2.2082588082E+000	1.2318578902E+001		0.237	2.797	1.683
27.059	0.404	12.804	-0.097	3.6115064862E+001	
2.2926984337E+000	1.2248308967E+001		0.241	3.040	1.684
27.187	0.414	12.791	-0.093	3.7755239056E+001	
2.4509078061E+000	1.2041166847E+001		0.247	3.585	1.685
27.266	0.422	12.785	-0.087	3.8667864157E+001	
2.5402348981E+000	1.2103932592E+001		0.251	3.987	1.685
27.393	0.431	12.773	-0.084	4.0328914085E+001	
2.7067355595E+000	1.2271883795E+001		0.257	4.917	1.684
27.478	0.438	12.767	-0.079	4.1318225385E+001	
2.8074766222E+000	1.2400755551E+001		0.261	5.710	1.682
27.605	0.446	12.757	-0.075	4.3020602853E+001	
2.9843540915E+000	1.2609122429E+001		0.268	7.587	1.679

27.701	0.454	12.750	-0.070	4.4183073330E+001	
3.1066174682E+000	1.2557511021E+001		0.272	9.519	1.676
27.829	0.462	12.741	-0.065	4.5870188755E+001	
3.2858609249E+000	1.2220996812E+001		0.278	12.997	1.671
27.914	0.468	12.736	-0.059	4.6857364261E+001	
3.3910469678E+000	1.1989318671E+001		0.282	15.210	1.668
28.042	0.476	12.729	-0.055	4.8470968298E+001	
3.5635725354E+000	1.1637268691E+001		0.287	16.034	1.663
28.123	0.482	12.725	-0.049	4.9357375915E+001	
3.6581059582E+000	1.1404113825E+001		0.290	14.462	1.660
28.250	0.490	12.718	-0.046	5.0894313732E+001	
3.8225840126E+000	1.1314516410E+001		0.294	10.950	1.655
28.327	0.495	12.715	-0.040	5.1731960215E+001	
3.9122751840E+000	1.1220688899E+001		0.297	9.105	1.652
28.455	0.502	12.710	-0.037	5.3237174060E+001	
4.0755281003E+000	1.1057106479E+001		0.301	6.749	1.648
28.534	0.507	12.708	-0.031	5.4080609940E+001	
4.1682893587E+000	1.0906635363E+001		0.304	5.756	1.646
28.662	0.513	12.704	-0.027	5.5535970473E+001	
4.3350833076E+000	1.0897973905E+001		0.309	4.597	1.647
28.745	0.518	12.702	-0.021	5.6413634024E+001	
4.4411165924E+000	1.1034151552E+001		0.312	4.070	1.650
28.872	0.524	12.699	-0.009	5.7912958454E+001	
4.6389340001E+000	1.1770278237E+001		0.318	3.450	1.666
28.965	0.531	12.700	0.020	5.9009784353E+001	
4.7996589101E+000	1.1759910626E+001		0.323	3.106	1.688
29.093	0.542	12.704	0.051	6.0505979650E+001	
5.0336787620E+000	1.1424649750E+001		0.332	2.754	1.728
29.206	0.557	12.712	0.091	6.1766542665E+001	
5.2456704350E+000	1.0848966820E+001		0.339	2.588	1.775
29.333	0.576	12.726	0.114	6.3106695817E+001	
5.4758439946E+000	9.5106480418E+000		0.347	2.543	1.832
29.400	0.588	12.734	0.154	6.3704759120E+001	
5.5782642401E+000	9.0527568385E+000		0.351	2.561	1.860
29.480	0.605	12.748	0.165	6.4438232236E+001	
5.6998951489E+000	8.4884504200E+000		0.347	2.592	1.891
29.608	0.623	12.769	0.166	6.5389630712E+001	
5.8568030625E+000	6.5739543393E+000		0.353	2.681	1.929
29.682	0.635	12.782	0.176	6.5837220722E+001	
5.9480077466E+000	5.2692453081E+000		0.356	2.716	1.951
29.809	0.641	12.804	0.192	6.6335539448E+001	
6.0985739325E+000	2.2273117646E+000		0.363	2.627	1.988
29.859	0.646	12.816	0.224	6.6414216317E+001	
6.1900678021E+000	9.4454178912E-001		0.369	2.542	2.015
29.987	0.640	12.844	0.216	6.6335255296E+001	
6.5018132148E+000	-2.7602090882E+000		0.389	2.406	2.120
30.011	0.638	12.849	0.200	6.6259016315E+001	
6.5792419239E+000	-3.6069499223E+000		0.394	2.394	2.149
30.138	0.612	12.874	0.205	6.5501207337E+001	
7.0963354150E+000	-8.3422414663E+000		0.431	2.488	2.360
30.198	0.601	12.887	0.202	6.4939674633E+001	
7.3774821428E+000	-1.0655759175E+001		0.452	2.556	2.485
30.325	0.552	12.912	0.196	6.3254048560E+001	
8.0134848203E+000	-1.6720161426E+001		0.506	2.882	2.805

30.375	0.533	12.921	-0.027	6.2362210298E+001	
8.2642089581E+000	-1.9575679915E+001		0.529	3.039	2.951
30.500	0.428	12.907	-0.108	5.9428416631E+001	
8.7589719266E+000	-2.5850036330E+001		0.625	3.646	3.337
30.501	0.428	12.908	0.432	5.9407724070E+001	
8.7614776815E+000	-2.5930928756E+001		0.625	3.649	3.339
30.605	0.398	12.952	0.415	5.5836373403E+001	
8.8973008413E+000	-3.8636862041E+001		0.676	3.970	3.637
30.732	0.345	13.004	0.389	5.0248849474E+001	
8.5809041475E+000	-4.7890209947E+001		0.725	4.191	3.963
30.860	0.289	13.052	0.417	4.3629405704E+001	
7.6225363590E+000	-5.5196064339E+001		0.740	4.305	4.248
30.971	0.250	13.103	0.500	3.7177953946E+001	
6.3197180304E+000	-5.8029960706E+001		0.717	4.340	4.497
31.098	0.209	13.171	0.499	2.9783246866E+001	
4.5251123798E+000	-5.2605900022E+001		0.637	4.191	4.760
31.226	0.159	13.230	0.476	2.3768981150E+001	
2.9499211066E+000	-4.7367605293E+001		0.519	4.138	5.019
31.353	0.112	13.292	0.510	1.7709488400E+001	
1.3142357984E+000	-4.5461651259E+001		0.309	3.625	5.299
31.480	0.071	13.360	0.570	1.2181040544E+001	
3.8115945522E-001	-4.2548371382E+001		0.130	2.285	4.977
31.608	0.039	13.438	0.619	6.8641278201E+000	
7.3841422753E-002	-4.0630254479E+001		0.070	1.824	4.509
31.735	0.011	13.518	0.619	1.8245980775E+000	
7.3929070490E-003	-3.7561213069E+001		0.070	1.816	4.410

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

#### TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS				
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
(kPa)	(kN/m)				

	23.399	0.127	0.136	-20.585	-0.177	-0.024
3.213	0.437					
	23.527	0.127	0.136	-20.585	-0.530	-0.072
3.657	0.498					
	23.654	0.127	0.136	-20.585	-0.883	-0.120
4.122	0.561					
	23.782	0.127	0.136	-20.585	-1.236	-0.168
4.582	0.624					
	23.909	0.127	0.136	-20.585	-1.589	-0.216
5.037	0.686					
	24.036	0.083	0.088	-20.585	-1.880	-0.166
5.423	0.478					
	24.119	0.127	0.136	-20.240	-2.139	-0.290
5.852	0.795					
	24.246	0.127	0.136	-20.240	-2.481	-0.337
6.329	0.860					
	24.374	0.111	0.119	-20.240	-2.803	-0.333
6.787	0.806					
	24.485	0.127	0.135	-19.591	-3.035	-0.411
7.195	0.973					
	24.613	0.127	0.135	-19.591	-3.359	-0.454
7.578	1.025					
	24.740	0.003	0.003	-19.591	-3.525	-0.012
7.799	0.026					
	24.743	0.127	0.135	-18.889	-3.574	-0.481
8.043	1.083					
	24.871	0.102	0.108	-18.889	-3.847	-0.414
8.403	0.904					
	24.973	0.027	0.029	-18.007	-3.839	-0.110
8.661	0.249					
	25.000	0.127	0.134	-18.007	-4.008	-0.537
8.960	1.201					
	25.127	0.053	0.055	-18.007	-4.205	-0.233
9.305	0.515					
	25.180	0.127	0.134	-17.324	-4.252	-0.568
9.770	1.304					
	25.307	0.078	0.081	-17.324	-4.462	-0.363
10.053	0.818					
	25.385	0.127	0.133	-16.641	-4.505	-0.599
10.473	1.393					
	25.513	0.081	0.084	-16.641	-4.703	-0.397
10.708	0.905					
	25.594	0.127	0.133	-15.976	-4.723	-0.626
11.065	1.467					
	25.721	0.079	0.082	-15.976	-4.906	-0.403
11.235	0.924					
	25.800	0.007	0.007	-15.976	-4.982	-0.034
11.453	0.078					
	25.807	0.127	0.132	-15.351	-4.918	-0.650
11.728	1.550					
	25.934	0.096	0.099	-15.351	-5.102	-0.507
12.044	1.198					
	26.030	0.127	0.132	-14.558	-5.034	-0.663
12.570	1.655					

	26.157	0.084	0.087	-14.558	-5.194	-0.450
12.839	1.113					
	26.241	0.127	0.131	-13.693	-5.056	-0.663
13.337	1.749					
	26.369	0.079	0.081	-13.693	-5.195	-0.423
13.374	1.089					
	26.448	0.127	0.131	-12.782	-5.001	-0.654
13.781	1.801					
	26.575	0.075	0.077	-12.782	-5.122	-0.395
13.949	1.074					
	26.650	0.127	0.130	-11.864	-4.886	-0.636
14.321	1.865					
	26.778	0.079	0.081	-11.864	-4.994	-0.404
14.479	1.170					
	26.857	0.127	0.130	-10.939	-4.722	-0.613
14.830	1.925					
	26.984	0.075	0.076	-10.939	-4.815	-0.368
14.967	1.145					
	27.059	0.127	0.129	-10.009	-4.505	-0.583
15.298	1.980					
	27.187	0.079	0.080	-10.009	-4.586	-0.369
15.412	1.239					
	27.266	0.127	0.129	-9.114	-4.262	-0.550
15.773	2.036					
	27.393	0.084	0.085	-9.114	-4.333	-0.369
15.886	1.352					
	27.478	0.127	0.129	-8.286	-4.013	-0.517
16.235	2.091					
	27.605	0.097	0.098	-8.286	-4.076	-0.398
16.340	1.594					
	27.701	0.127	0.129	-7.632	-3.820	-0.491
16.641	2.140					
	27.829	0.086	0.086	-7.632	-3.873	-0.334
16.690	1.441					
	27.914	0.127	0.128	-6.926	-3.568	-0.458
16.956	2.177					
	28.042	0.081	0.081	-6.926	-3.612	-0.294
16.991	1.381					
	28.123	0.127	0.128	-6.191	-3.273	-0.420
17.234	2.209					
	28.250	0.077	0.078	-6.191	-3.309	-0.257
17.297	1.341					
	28.327	0.127	0.128	-5.451	-2.949	-0.378
17.518	2.243					
	28.455	0.080	0.080	-5.451	-2.978	-0.238
17.582	1.407					
	28.534	0.127	0.128	-4.646	-2.567	-0.328
17.803	2.276					
	28.662	0.083	0.083	-4.646	-2.590	-0.216
17.911	1.494					
	28.745	0.127	0.128	-3.890	-2.190	-0.280
18.187	2.323					
	28.872	0.093	0.093	-3.890	-2.209	-0.206
18.411	1.719					

	28.965	0.127	0.128	-3.177	-1.821	-0.232
18.566	2.370					
	29.093	0.113	0.113	-3.177	-1.836	-0.208
18.708	2.119					
	29.206	0.127	0.128	-2.588	-1.508	-0.192
18.762	2.394					
	29.333	0.067	0.067	-2.588	-1.517	-0.101
18.708	1.246					
	29.400	0.080	0.080	-2.588	-1.739	-0.140
20.866	1.677					
	29.480	0.127	0.127	1.177	0.792	0.101
20.576	2.623					
	29.608	0.074	0.074	1.177	0.791	0.058
20.560	1.520					
	29.682	0.127	0.128	7.205	4.771	0.613
19.937	2.561					
	29.809	0.050	0.051	7.205	4.744	0.241
19.953	1.013					
	29.859	0.127	0.132	15.029	9.450	1.247
18.325	2.418					
	29.987	0.024	0.025	15.029	9.353	0.233
18.076	0.451					
	30.011	0.127	0.138	22.065	12.807	1.761
15.575	2.142					
	30.138	0.059	0.064	22.065	12.553	0.804
15.059	0.965					
	30.198	0.127	0.147	30.159	15.254	2.248
11.724	1.728					
	30.325	0.049	0.057	30.159	14.825	0.846
11.343	0.647					
	30.375	0.125	0.154	35.730	15.637	2.416
9.847	1.521					
	30.500	0.001	0.001	35.730	9.757	0.010
6.798	0.007					
	30.501	0.104	0.128	35.730	63.066	8.066
40.943	5.237					
	30.605	0.127	0.165	39.235	62.346	10.259
38.753	6.376					
	30.732	0.127	0.165	39.235	59.176	9.737
40.893	6.729					
	30.860	0.111	0.144	39.235	56.207	8.067
42.502	6.100					
	30.971	0.127	0.168	40.559	53.661	9.002
41.856	7.021					
	31.098	0.127	0.168	40.559	50.416	8.457
38.823	6.513					
	31.226	0.127	0.168	40.559	47.171	7.913
37.515	6.293					
	31.353	0.127	0.168	40.559	43.926	7.369
31.504	5.285					
	31.480	0.127	0.168	40.559	40.681	6.824
25.967	4.356					
	31.608	0.127	0.168	40.559	37.437	6.280
22.802	3.825					



31.735	0.050	0.065	40.559	35.183	2.297
21.342	1.393				

-----  
-----  
LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio  
dl(m) : lunghezza base concio  
alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio  
-----  
-----

FORZE APPLICATE/RESISTENTI SU PALIFICATE\*,\*\*  
-----  
-----

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975,79,81,82) - HASSIOTIS (1997)  
\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20%  
finale della lunghezza,  
ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto  
stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio  
(incastro).  
-----  
-----

PALIFICATA N.1 --> NESSUNA INTERSEZIONE VALIDA CON LA SUPERFICIE di FS minimo  
-----  
-----

RISULTATI INTERAZIONI CON SISTEMA DI CHIODI e/o TIRANTI  
-----  
-----

Nessuna Intersezione e interazione tra superficie con FS minimo e Sistema di  
Tiranti e/o Chiodi  
-----  
-----

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.4 sponda destra - zona corridoio - Analisi statica  
drenata REV3.txt

Data: 18/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.4 sponda dx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6.40	10.00	21.46	12.50	19.25	10.50	6.40	7.00
7.20	10.00	21.90	13.30	19.80	11.30	36.13	7.00
7.20	10.10	34.45	13.30	20.80	11.30	-	-
7.30	10.10	34.45	12.70	21.46	12.50	-	-
7.30	10.50	36.13	12.70	36.13	12.50	-	-
7.30	10.80	36.13	12.50	36.13	10.50	-	-
18.00	10.80	21.46	12.50	19.25	10.50	-	-
18.00	12.50	-	-	-	-	-	-
18.00	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	13.30	-	-	-	-	-	-
21.90	13.30	-	-	-	-	-	-
34.45	13.30	-	-	-	-	-	-
34.45	12.70	-	-	-	-	-	-
36.00	12.70	-	-	-	-	-	-
36.13	12.70	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y

7.20	10.00	18.70	10.10	-	-	-	-
7.20	10.10	18.60	10.10	-	-	-	-
7.30	10.10	18.60	13.30	-	-	-	-
7.30	10.50	21.90	13.30	-	-	-	-
7.30	10.80	20.80	11.30	-	-	-	-
18.00	10.80	19.80	11.30	-	-	-	-
18.00	16.65	18.90	10.00	-	-	-	-
18.60	16.65	18.70	10.00	-	-	-	-
18.60	10.10	18.70	10.10	-	-	-	-
18.70	10.10	-	-	-	-	-	-
18.70	10.00	-	-	-	-	-	-
7.20	10.00	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X            Y        (in m)

6.40	10.00
7.20	10.00
18.70	10.00
18.70	10.10
18.60	10.10
18.60	11.10
18.61	11.36
18.63	11.50
18.68	11.66
18.87	11.82
19.20	11.90
19.92	11.96
25.24	12.02
36.13	12.00

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2

STRATO 5

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

fi`

C`

Cu

Gamm

Gamm\_sat

STR_IDX	sgci	GSI	mi	D			
STRATO 1	1	24.79	0.00	0.00	0.00	18.82	18.82
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	23.91	0.00	0.00	0.00	19.22	19.22
1.309	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	17.91	15.44	0.00	0.00	20.10	20.10
1.461	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	21.83	12.08	0.00	0.00	19.10	19.10
1.584	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 5	5	40.00	300.00	0.00	0.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 6	6	36.00	0.00	0.00	0.00	22.00	23.00
2.525	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)  
 C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)  
 Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)  
 Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)  
 Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)  
 STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
 (adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00

Carico in X2 (Kpa): 30.00

Posizione carico da X1 m.: 34.45

a X2 m.: 36.00

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a 30.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
 COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%  
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 6.99  
 33.75  
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00  
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 9.97  
 35.54  
 \*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----  
 METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
 COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----  
 -----  
 \* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

Fattore di sicurezza (FS) 1.7740 - Min. - X Y Lambda=  
 0.2726

7.12	10.00
8.22	9.63
8.77	9.45
9.15	9.33
9.49	9.24
9.80	9.16
10.10	9.09
10.40	9.03
10.71	8.98
11.04	8.92
11.37	8.87
11.69	8.82
12.01	8.77
12.32	8.71
12.64	8.66
12.96	8.61
13.29	8.56
13.62	8.51
13.93	8.46
14.24	8.42
14.54	8.39
14.84	8.37

15.15	8.35
15.48	8.34
15.84	8.33
16.25	8.33
16.56	8.35
16.83	8.40
17.07	8.47
17.35	8.59
17.59	8.72
17.87	8.91
18.19	9.16
18.59	9.50
18.94	9.81
19.27	10.11
19.58	10.40
19.89	10.71
20.23	11.06
20.61	11.47
21.17	12.08
22.26	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.8178	- N.2 --	X	Y	Lambda=
0.3104					

7.06	10.00
7.74	9.59
8.06	9.40
8.28	9.29
8.46	9.22
8.63	9.16
8.79	9.11
8.96	9.08
9.13	9.06
9.35	9.04
9.55	9.02
9.75	9.00
9.94	8.99
10.12	8.97
10.31	8.96
10.49	8.94
10.68	8.92
10.87	8.91
11.05	8.89
11.24	8.88
11.42	8.86
11.61	8.85
11.79	8.83
11.98	8.82
12.17	8.80
12.35	8.79
12.54	8.77
12.72	8.76
12.91	8.74
13.09	8.73

13.28	8.72
13.46	8.71
13.65	8.70
13.84	8.69
14.03	8.68
14.21	8.67
14.40	8.66
14.58	8.65
14.77	8.64
14.95	8.64
15.15	8.63
15.34	8.62
15.53	8.62
15.71	8.62
15.88	8.63
16.07	8.63
16.25	8.65
16.44	8.66
16.64	8.68
16.86	8.71
17.04	8.74
17.21	8.78
17.37	8.82
17.55	8.89
17.71	8.96
17.88	9.05
18.07	9.16
18.30	9.30
18.50	9.43
18.68	9.57
18.86	9.70
19.04	9.85
19.21	10.00
19.39	10.16
19.58	10.35
19.79	10.56
19.98	10.76
20.16	10.96
20.34	11.16
20.52	11.39
20.72	11.64
20.95	11.94
21.27	12.39
21.92	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.8254	- N.3 --	X	Y	Lambda=
0.3061					
			7.06	10.00	
			8.02	9.40	
			8.48	9.13	
			8.78	8.97	
			9.03	8.85	
			9.27	8.76	

9.49	8.70
9.73	8.65
9.99	8.61
10.29	8.57
10.58	8.54
10.85	8.52
11.11	8.50
11.36	8.48
11.62	8.46
11.88	8.45
12.14	8.44
12.40	8.43
12.67	8.42
12.93	8.41
13.19	8.40
13.45	8.40
13.71	8.39
13.98	8.39
14.25	8.39
14.52	8.38
14.78	8.39
15.03	8.40
15.28	8.41
15.53	8.43
15.78	8.46
16.05	8.50
16.33	8.55
16.66	8.61
16.92	8.68
17.15	8.75
17.37	8.85
17.61	8.97
17.83	9.11
18.07	9.29
18.33	9.50
18.65	9.78
18.93	10.04
19.20	10.29
19.45	10.55
19.70	10.83
19.98	11.15
20.29	11.53
20.75	12.11
21.66	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.8471	- N.4 --	X	Y	Lambda=
0.3369					
			7.13	10.00	
			8.12	9.52	
			8.58	9.31	
			8.90	9.18	
			9.16	9.09	
			9.41	9.03	



9.64	8.98
9.89	8.95
10.15	8.93
10.46	8.91
10.75	8.90
11.03	8.90
11.31	8.89
11.57	8.88
11.84	8.87
12.11	8.87
12.38	8.86
12.65	8.86
12.92	8.86
13.19	8.85
13.46	8.85
13.73	8.84
14.00	8.84
14.28	8.84
14.56	8.83
14.85	8.83
15.11	8.83
15.37	8.84
15.62	8.86
15.88	8.89
16.13	8.93
16.40	8.98
16.69	9.04
17.02	9.12
17.30	9.19
17.55	9.28
17.77	9.38
18.03	9.52
18.26	9.66
18.51	9.83
18.78	10.04
19.09	10.30
19.38	10.54
19.66	10.78
19.92	11.02
20.19	11.26
20.48	11.54
20.81	11.87
21.28	12.35
22.21	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.8578	- N.5 --	X	Y	Lambda=
0.2515					
			7.19	10.00	
			8.36	9.29	
			8.91	8.97	
			9.27	8.79	
			9.57	8.66	
			9.86	8.56	

10.12	8.49
10.41	8.44
10.71	8.40
11.08	8.38
11.42	8.35
11.75	8.33
12.07	8.31
12.39	8.29
12.71	8.27
13.02	8.25
13.35	8.23
13.67	8.20
13.98	8.19
14.29	8.18
14.59	8.17
14.90	8.17
15.22	8.17
15.54	8.18
15.90	8.19
16.30	8.21
16.60	8.24
16.88	8.30
17.12	8.37
17.41	8.50
17.66	8.64
17.94	8.83
18.26	9.07
18.66	9.39
19.00	9.69
19.33	9.98
19.63	10.27
19.94	10.58
20.27	10.94
20.66	11.36
21.21	12.00
22.31	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.8769	- N.6 --	X	Y	Lambda=
0.3139					
			7.15	10.00	
			7.95	9.49	
			8.32	9.27	
			8.57	9.13	
			8.77	9.04	
			8.97	8.97	
			9.15	8.92	
			9.35	8.88	
			9.56	8.85	
			9.82	8.83	
			10.05	8.81	
			10.27	8.80	
			10.48	8.79	
			10.69	8.79	

10.90	8.79
11.10	8.80
11.32	8.81
11.54	8.82
11.76	8.84
11.98	8.85
12.20	8.86
12.41	8.88
12.63	8.89
12.84	8.90
13.05	8.92
13.27	8.93
13.48	8.94
13.70	8.96
13.91	8.97
14.13	8.99
14.34	9.00
14.56	9.01
14.77	9.03
14.98	9.04
15.20	9.05
15.41	9.07
15.63	9.08
15.84	9.10
16.06	9.11
16.29	9.12
16.52	9.14
16.78	9.15
16.98	9.18
17.17	9.21
17.35	9.26
17.55	9.33
17.73	9.41
17.93	9.51
18.14	9.64
18.40	9.80
18.64	9.96
18.85	10.11
19.06	10.26
19.27	10.42
19.48	10.58
19.69	10.74
19.90	10.92
20.12	11.12
20.35	11.31
20.56	11.50
20.78	11.69
20.99	11.88
21.23	12.09
21.50	12.32
21.88	12.66
22.60	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.8817	- N.7 --	X	Y	Lambda=
0.2843					

7.07	10.00
8.24	9.50
8.80	9.27
9.18	9.13
9.51	9.03
9.82	8.94
10.11	8.88
10.42	8.83
10.74	8.79
11.10	8.75
11.44	8.72
11.77	8.69
12.09	8.67
12.41	8.65
12.73	8.63
13.06	8.61
13.39	8.60
13.74	8.59
14.06	8.59
14.38	8.59
14.68	8.60
15.00	8.62
15.31	8.65
15.64	8.68
15.99	8.73
16.39	8.79
16.71	8.86
17.01	8.94
17.28	9.04
17.58	9.17
17.85	9.32
18.15	9.50
18.47	9.73
18.86	10.01
19.21	10.28
19.54	10.55
19.86	10.81
20.18	11.08
20.53	11.38
20.93	11.74
21.49	12.26
22.61	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.8936	- N.8 --	X	Y	Lambda=
0.2329					

7.15	10.00
8.51	9.70
9.22	9.55
9.72	9.44
10.17	9.34
10.58	9.26

10.98	9.17
11.39	9.09
11.80	9.00
12.21	8.92
12.61	8.84
13.01	8.77
13.40	8.70
13.80	8.64
14.21	8.58
14.63	8.52
15.09	8.47
15.60	8.41
15.99	8.39
16.34	8.40
16.65	8.45
17.01	8.54
17.33	8.65
17.69	8.82
18.09	9.05
18.61	9.37
19.06	9.66
19.47	9.95
19.86	10.23
20.26	10.54
20.68	10.89
21.17	11.32
21.87	11.97
23.29	13.30

Fattore di sicurezza (FS)      1.8959   - N.9 --      X      Y      Lambda=  
0.3072

7.18	10.00
8.44	9.70
9.09	9.55
9.56	9.44
9.97	9.34
10.34	9.25
10.72	9.17
11.09	9.08
11.47	9.00
11.86	8.91
12.23	8.84
12.59	8.77
12.95	8.70
13.32	8.64
13.69	8.59
14.07	8.54
14.48	8.49
14.93	8.44
15.30	8.42
15.63	8.42
15.94	8.45
16.28	8.51

16.59	8.59
16.94	8.72
17.33	8.88
17.84	9.12
18.23	9.32
18.59	9.54
18.90	9.78
19.26	10.07
19.62	10.42
20.05	10.89
20.70	11.65
22.06	13.30

Fattore di sicurezza (FS)      1.8973   - N.10 --      X      Y      Lambda=  
0.2003

7.06	10.00
7.92	9.69
8.36	9.54
8.68	9.42
8.97	9.32
9.22	9.23
9.48	9.14
9.73	9.05
9.99	8.96
10.25	8.87
10.50	8.78
10.75	8.70
11.00	8.61
11.25	8.53
11.51	8.45
11.76	8.37
12.01	8.29
12.27	8.22
12.53	8.14
12.78	8.07
13.04	7.99
13.29	7.92
13.55	7.85
13.81	7.77
14.08	7.69
14.35	7.62
14.60	7.55
14.84	7.50
15.07	7.46
15.32	7.43
15.55	7.41
15.81	7.40
16.09	7.39
16.42	7.40
16.68	7.42
16.91	7.45
17.11	7.50
17.34	7.59

17.55	7.68
17.78	7.81
18.03	7.97
18.35	8.18
18.63	8.38
18.89	8.57
19.14	8.77
19.39	8.97
19.63	9.17
19.88	9.39
20.15	9.62
20.42	9.87
20.68	10.12
20.93	10.37
21.17	10.62
21.42	10.89
21.69	11.21
22.00	11.59
22.44	12.15
23.33	13.30

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR FS \*

# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.774	267.3	150.7	86.5	Surplus
2	1.818	266.0	146.3	90.4	Surplus
3	1.825	266.2	145.9	91.2	Surplus
4	1.847	262.9	142.3	92.1	Surplus
5	1.858	291.7	157.0	103.3	Surplus
6	1.877	272.9	145.4	98.4	Surplus
7	1.882	277.9	147.7	100.7	Surplus
8	1.894	295.2	155.9	108.1	Surplus
9	1.896	263.5	139.0	96.7	Surplus
10	1.897	330.8	174.4	121.6	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 86.5

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

-----

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----

-----						
phi '	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(c',Cu) (m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
	7.122	0.078	-18.64	0.02	0.52	0.13
24.79	0.00					
	7.200	0.100	-18.64	0.33	0.13	0.42
24.79	0.00					
	7.300	0.199	-18.64	4.32	0.07	1.16
24.79	0.00					
	7.499	0.199	-18.64	4.57	0.07	1.65
24.79	0.00					
	7.697	0.199	-18.64	4.82	0.09	2.28
24.79	0.00					
	7.896	0.199	-18.64	5.07	0.11	2.89
24.79	0.00					
	8.094	0.127	-18.64	3.37	0.13	3.50
24.79	0.00					
	8.221	0.199	-18.05	5.48	0.14	3.89
24.79	0.00					
	8.420	0.199	-18.05	5.72	0.16	4.47
24.79	0.00					
	8.618	0.152	-18.05	4.55	0.17	5.08
24.79	0.00					
	8.770	0.199	-16.91	6.14	0.18	5.53
24.79	0.00					
	8.969	0.185	-16.91	5.91	0.19	6.16
24.79	0.00					
	9.154	0.199	-15.63	6.56	0.20	6.73
24.79	0.00					
	9.352	0.137	-15.63	4.66	0.21	7.28
24.79	0.00					
	9.489	0.199	-14.02	6.90	0.22	7.63
24.79	0.00					
	9.688	0.111	-14.02	3.94	0.23	8.11
24.79	0.00					
	9.799	0.199	-12.79	7.18	0.23	8.35
24.79	0.00					
	9.998	0.100	-12.79	3.69	0.24	8.76
24.79	0.00					
	10.098	0.199	-11.53	7.43	0.24	8.96
24.79	0.00					
	10.296	0.107	-11.53	4.06	0.25	9.33
24.79	0.00					
	10.403	0.199	-10.32	7.65	0.25	9.52
24.79	0.00					
	10.602	0.112	-10.32	4.39	0.25	9.88
24.79	0.00					
	10.714	0.199	-9.21	7.86	0.26	10.08
24.79	0.00					
	10.913	0.132	-9.21	5.30	0.26	10.43
24.79	0.00					
	11.045	0.199	-9.21	8.06	0.26	10.66



24.79	0.00					
	11.243	0.127	-9.21	5.23	0.27	10.99
24.79	0.00					
	11.370	0.199	-9.21	8.26	0.27	11.21
24.79	0.00					
	11.569	0.122	-9.21	5.12	0.27	11.53
24.79	0.00					
	11.691	0.199	-9.20	8.45	0.28	11.73
24.79	0.00					
	11.889	0.120	-9.20	5.18	0.28	12.04
24.79	0.00					
	12.010	0.199	-9.20	8.64	0.28	12.23
24.79	0.00					
	12.208	0.116	-9.20	5.11	0.28	12.54
24.79	0.00					
	12.324	0.199	-9.20	8.83	0.29	12.72
24.79	0.00					
	12.523	0.120	-9.20	5.41	0.29	13.03
24.79	0.00					
	12.643	0.199	-9.20	9.03	0.29	13.23
24.79	0.00					
	12.842	0.122	-9.20	5.59	0.29	13.54
24.79	0.00					
	12.963	0.199	-9.19	9.22	0.30	13.73
24.79	0.00					
	13.162	0.127	-9.19	5.95	0.30	14.04
24.79	0.00					
	13.289	0.199	-9.19	9.42	0.30	14.24
24.79	0.00					
	13.487	0.131	-9.19	6.30	0.30	14.54
24.79	0.00					
	13.619	0.199	-8.16	9.61	0.31	14.74
24.79	0.00					
	13.817	0.113	-8.16	5.50	0.31	15.00
24.79	0.00					
	13.930	0.199	-7.03	9.77	0.31	15.15
24.79	0.00					
	14.129	0.107	-7.03	5.31	0.31	15.37
24.79	0.00					
	14.236	0.199	-5.83	9.90	0.31	15.49
24.79	0.00					
	14.434	0.101	-5.83	5.06	0.31	15.67
24.79	0.00					
	14.535	0.199	-4.64	10.01	0.31	15.76
24.79	0.00					
	14.734	0.111	-4.64	5.62	0.32	15.90
24.79	0.00					
	14.844	0.199	-3.33	10.09	0.32	15.98
24.79	0.00					
	15.043	0.111	-3.33	5.64	0.32	16.09
24.79	0.00					
	15.154	0.199	-2.09	10.15	0.32	16.14
24.79	0.00					
	15.352	0.128	-2.09	6.56	0.32	16.21

24.79	0.00					
	15.480	0.199	-0.95	10.19	0.32	16.25
24.79	0.00					
	15.679	0.158	-0.95	8.14	0.32	16.27
24.79	0.00					
	15.837	0.199	-0.02	10.21	0.32	16.26
24.79	0.00					
	16.036	0.199	-0.02	10.21	0.32	16.20
24.79	0.00					
	16.234	0.017	-0.02	0.87	0.32	16.05
24.79	0.00					
	16.251	0.199	3.63	10.18	0.32	16.04
24.79	0.00					
	16.450	0.109	3.63	5.55	0.31	15.77
24.79	0.00					
	16.558	0.199	9.31	10.07	0.31	15.59
24.79	0.00					
	16.757	0.074	9.31	3.72	0.31	15.07
24.79	0.00					
	16.831	0.199	16.52	9.86	0.31	14.85
24.79	0.00					
	17.029	0.036	16.52	1.77	0.30	13.98
24.79	0.00					
	17.065	0.199	23.03	9.55	0.30	13.86
24.79	0.00					
	17.264	0.084	23.03	3.96	0.29	13.32
24.79	0.00					
	17.348	0.199	29.08	9.05	0.28	13.21
24.79	0.00					
	17.547	0.045	29.08	1.99	0.25	13.14
24.79	0.00					
	17.592	0.199	34.45	8.50	0.25	13.18
24.79	0.00					
	17.790	0.080	34.45	3.30	0.19	13.52
24.79	0.00					
	17.871	0.129	38.10	5.10	0.17	13.71
24.79	0.00					
	18.000	0.186	38.10	34.16	0.14	14.14
24.79	0.00					
	18.186	0.199	40.39	35.83	0.12	14.16
24.79	0.00					
	18.385	0.199	40.39	35.20	0.11	13.88
24.79	0.00					
	18.583	0.003	40.39	0.53	0.11	13.48
24.79	0.00					
	18.586	0.014	41.29	2.40	0.11	13.47
24.79	0.00					
	18.600	0.010	41.29	0.82	0.11	13.41
24.79	0.00					
	18.610	0.020	41.29	1.64	0.12	13.38
24.79	0.00					
	18.630	0.020	41.29	1.63	0.12	13.32
24.79	0.00					
	18.650	0.030	41.29	2.43	0.12	13.28

24.79	0.00					
18.680	0.020	41.29	1.61	0.12	13.24	
24.79	0.00					
18.700	0.170	41.29	13.54	0.13	13.22	
24.79	0.00					
18.870	0.030	41.29	2.37	0.15	13.06	
24.79	0.00					
18.900	0.040	41.29	3.12	0.15	13.02	
24.79	0.00					
18.940	0.199	42.34	14.99	0.16	12.97	
24.79	0.00					
19.138	0.062	42.34	4.46	0.19	12.87	
24.79	0.00					
19.200	0.050	42.34	3.56	0.19	12.86	
24.79	0.00					
19.250	0.018	42.34	1.25	0.20	12.85	
24.79	0.00					
19.268	0.199	43.44	13.52	0.20	12.84	
24.79	0.00					
19.466	0.113	43.44	7.30	0.22	12.67	
24.79	0.00					
19.579	0.097	44.56	6.07	0.23	12.43	
24.79	0.00					
19.677	0.123	44.56	7.38	0.22	12.13	
17.91	15.44					
19.800	0.090	44.56	5.15	0.21	11.53	
17.91	15.44					
19.890	0.030	45.87	1.70	0.21	11.00	
17.91	15.44					
19.920	0.199	45.87	10.69	0.20	10.80	
17.91	15.44					
20.119	0.111	45.87	5.62	0.18	9.28	
17.91	15.44					
20.229	0.199	46.87	9.40	0.16	8.17	
17.91	15.44					
20.428	0.026	46.87	1.18	0.13	6.10	
17.91	15.44					
20.454	0.161	46.87	6.86	0.12	5.85	
36.00	0.00					
20.615	0.185	47.76	7.11	0.10	4.26	
36.00	0.00					
20.800	0.199	47.76	6.66	0.06	2.71	
36.00	0.00					
20.999	0.072	47.76	2.16	0.04	1.55	
36.00	0.00					
21.070	0.095	47.76	2.67	0.00	0.00	
36.00	0.00					
21.165	0.005	48.21	0.15	0.00	0.00	
36.00	0.00					
21.171	0.157	48.21	3.90	0.00	0.00	
36.00	0.00					
21.328	0.132	48.21	2.80	0.00	0.00	
17.91	15.44					
21.460	0.199	48.21	3.32	0.00	0.00	

23.91	0.00					
21.659	0.199	48.21	2.28	0.00	0.00	
23.91	0.00					
21.857	0.043	48.21	0.35	0.00	0.00	
23.91	0.00					
21.900	0.199	48.21	1.10	0.00	0.00	
23.91	0.00					
22.099	0.159	48.21	0.27	0.00	0.00	
23.91	0.00					

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

#### TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

T(x)	X (m)	ht E' (m) (kN)	yt rho(x) (m) (--)	yt' FS_qFEM (--) (--)	E(x) FS_srmFEM (kN/m) (--)
	7.122	0.000	10.000	-0.112	0.0000000000E+000
0.0000000000E+000		5.8802646200E+000		0.059	45.729 34.960
	7.200	0.007	9.980	-0.112	3.9159164296E-001
3.6611676322E-004		4.1153686685E+000		0.059	45.729 34.960
	7.300	0.040	9.980	0.262	6.9050319566E-001
1.0530722047E-003		5.9722371470E+000		0.059	44.823 34.277
	7.499	0.185	10.058	0.154	3.0523098802E+000
3.4716391459E-002		1.5347993777E+001		0.059	7.133 6.965
	7.697	0.235	10.041	-0.124	6.7852082975E+000
1.8658273837E-001		1.8143102449E+001		0.059	8.999 8.961
	7.896	0.270	10.009	-0.173	1.0256955690E+001
4.1994116162E-001		1.7503115625E+001		0.059	10.483 9.337
	8.094	0.300	9.972	-0.175	1.3735714640E+001
7.1828259238E-001		1.7590088346E+001		0.059	8.433 7.034
	8.221	0.323	9.952	-0.177	1.5971956205E+001
9.0437834755E-001		1.7356154373E+001		0.059	7.407 6.138
	8.420	0.350	9.915	-0.196	1.9331543657E+001
1.2222891721E+000		1.7527356428E+001		0.059	5.942 4.970
	8.618	0.374	9.874	-0.201	2.2932088597E+001
1.5944028719E+000		1.7985651856E+001		0.059	4.734 4.040

8.770	0.394	9.844	-0.204	2.5654339415E+001
1.8869858013E+000	1.8636567661E+001	0.059	4.088	3.535
8.969	0.413	9.803	-0.208	2.9552587405E+001
2.3157206661E+000	1.9789177624E+001	0.059	3.469	3.035
9.154	0.431	9.764	-0.196	3.3234251543E+001
2.7246162175E+000	1.9306114250E+001	0.059	3.113	2.725
9.352	0.449	9.727	-0.183	3.6933478230E+001
3.1373170417E+000	1.8550662219E+001	0.059	2.904	2.507
9.489	0.463	9.703	-0.171	3.9472256940E+001
3.4215999867E+000	1.8163341918E+001	0.059	2.826	2.396
9.688	0.480	9.670	-0.162	4.2983345786E+001
3.8165184512E+000	1.7303555890E+001	0.059	2.759	2.272
9.799	0.490	9.653	-0.147	4.4881225899E+001
4.0317612332E+000	1.6808660074E+001	0.059	2.752	2.217
9.998	0.507	9.624	-0.140	4.8118359797E+001
4.4022127706E+000	1.6231328486E+001	0.059	2.764	2.137
10.098	0.516	9.611	-0.132	4.9739968770E+001
4.5908283275E+000	1.6134665939E+001	0.059	2.782	2.101
10.296	0.531	9.585	-0.128	5.2919853757E+001
4.9681942707E+000	1.5952917687E+001	0.059	2.824	2.037
10.403	0.539	9.572	-0.122	5.4618720202E+001
5.1745181404E+000	1.5934364598E+001	0.059	2.849	2.005
10.602	0.552	9.548	-0.120	5.7788067801E+001
5.5698720360E+000	1.6356832111E+001	0.059	2.880	1.949
10.714	0.558	9.534	-0.116	5.9651553031E+001
5.8080879366E+000	1.6419490732E+001	0.059	2.891	1.918
10.913	0.568	9.512	-0.114	6.2855319326E+001
6.2292973408E+000	1.6614304052E+001	0.059	2.875	1.867
11.045	0.574	9.497	-0.111	6.5093469867E+001
6.5295074864E+000	1.6680979887E+001	0.059	2.845	1.835
11.243	0.585	9.475	-0.109	6.8330360889E+001
6.9721303887E+000	1.6702634486E+001	0.059	2.778	1.791
11.370	0.592	9.461	-0.107	7.0487858173E+001
7.2709316808E+000	1.6735140373E+001	0.059	2.727	1.765
11.569	0.603	9.440	-0.105	7.3741276119E+001
7.7261628191E+000	1.6523507962E+001	0.059	2.646	1.730
11.691	0.610	9.427	-0.104	7.5762822484E+001
8.0113312071E+000	1.6513321203E+001	0.059	2.598	1.711
11.889	0.622	9.407	-0.103	7.9010918638E+001
8.4729159254E+000	1.6502288575E+001	0.059	2.531	1.684
12.010	0.629	9.395	-0.102	8.1007802497E+001
8.7593225871E+000	1.6600354222E+001	0.059	2.496	1.669
12.208	0.641	9.374	-0.102	8.4307486271E+001
9.2374273838E+000	1.6689961542E+001	0.059	2.447	1.648
12.324	0.648	9.363	-0.101	8.6248556302E+001
9.5220607300E+000	1.6808784551E+001	0.059	2.423	1.636
12.523	0.660	9.342	-0.102	8.9612209683E+001
1.0022167416E+001	1.7111744027E+001	0.061	2.388	1.618
12.643	0.667	9.330	-0.102	9.1683268499E+001
1.0334408593E+001	1.7259353405E+001	0.062	2.369	1.607
12.842	0.679	9.310	-0.102	9.5124599692E+001
1.0861073685E+001	1.7693975921E+001	0.065	2.354	1.591
12.963	0.686	9.297	-0.102	9.7302854617E+001
1.1199098833E+001	1.7910926190E+001	0.067	2.354	1.582

13.162	0.698	9.277	-0.103	1.0085760458E+002	
1.1757655651E+001	1.8356565856E+001		0.070	2.381	1.567
13.289	0.705	9.264	-0.101	1.0322326935E+002	
1.2132908135E+001	1.8385031163E+001		0.072	2.420	1.558
13.487	0.718	9.244	-0.098	1.0679251600E+002	
1.2702697591E+001	1.8264362013E+001		0.074	2.525	1.544
13.619	0.726	9.232	-0.093	1.0921850401E+002	
1.3091191821E+001	1.7988730436E+001		0.076	2.641	1.535
13.817	0.737	9.214	-0.088	1.1265036392E+002	
1.3641281532E+001	1.7203162118E+001		0.079	2.872	1.522
13.930	0.744	9.204	-0.079	1.1458505357E+002	
1.3950391717E+001	1.6738578131E+001		0.081	3.062	1.515
14.129	0.753	9.189	-0.074	1.1776225187E+002	
1.4456125775E+001	1.5858375444E+001		0.083	3.489	1.503
14.236	0.759	9.182	-0.066	1.1945289757E+002	
1.4723413704E+001	1.5431176063E+001		0.084	3.817	1.497
14.434	0.766	9.169	-0.061	1.2238807542E+002	
1.5184979483E+001	1.4544840510E+001		0.087	4.622	1.484
14.535	0.771	9.163	-0.053	1.2384233529E+002	
1.5412224251E+001	1.4199614278E+001		0.088	5.191	1.478
14.734	0.777	9.153	-0.049	1.2657398301E+002	
1.5836790794E+001	1.3625259361E+001		0.090	6.652	1.465
14.844	0.781	9.148	-0.041	1.2807683122E+002	
1.6069437023E+001	1.3210648806E+001		0.091	7.800	1.457
15.043	0.785	9.141	-0.036	1.3057877613E+002	
1.6454261167E+001	1.2652484497E+001		0.093	9.951	1.443
15.154	0.788	9.137	-0.029	1.3198163243E+002	
1.6668122681E+001	1.2450241521E+001		0.094	11.127	1.434
15.352	0.790	9.132	-0.025	1.3437135084E+002	
1.7023446412E+001	1.2175225377E+001		0.095	11.640	1.419
15.480	0.791	9.129	-0.017	1.3594132699E+002	
1.7249384086E+001	1.2044485428E+001		0.096	10.923	1.408
15.679	0.792	9.126	-0.011	1.3826482183E+002	
1.7557304107E+001	1.0993575185E+001		0.097	8.888	1.391
15.837	0.793	9.125	0.001	1.3991682195E+002	
1.7754928063E+001	9.9483721598E+000		0.098	7.040	1.379
16.036	0.795	9.126	0.017	1.4177269219E+002	
1.7926058439E+001	8.1544860184E+000		0.099	4.724	1.364
16.234	0.800	9.132	0.028	1.4315497726E+002	
1.7977507324E+001	5.7622298436E+000		0.099	3.099	1.351
16.251	0.801	9.132	0.058	1.4325107949E+002	
1.7978189450E+001	5.5532193788E+000		0.099	3.002	1.351
16.450	0.800	9.144	0.066	1.4410661593E+002	
1.7945538425E+001	2.7837368745E+000		0.098	2.061	1.347
16.558	0.802	9.153	0.113	1.4431826615E+002	
1.7905737381E+001	1.0655357395E+000		0.098	1.737	1.350
16.757	0.796	9.179	0.139	1.4420858800E+002	
1.7928149559E+001	-1.7499386965E+000		0.098	1.391	1.385
16.831	0.795	9.190	0.208	1.4404625583E+002	
1.7958438765E+001	-3.0985306287E+000		0.098	1.311	1.404
17.029	0.781	9.236	0.239	1.4294966909E+002	
1.8323683500E+001	-8.0470050967E+000		0.100	1.257	1.523
17.065	0.781	9.247	0.389	1.4264320042E+002	
1.8448247777E+001	-8.7383750666E+000		0.101	1.262	1.554

17.264	0.777	9.327	0.484	1.4065295337E+002	
1.9252925021E+001	-1.1919303067E+001		0.106	1.340	1.769
17.348	0.798	9.383	0.744	1.3957948365E+002	
1.9676506290E+001	-1.4038499454E+001		0.108	1.394	1.878
17.547	0.842	9.538	0.695	1.3617816353E+002	
2.0823663092E+001	-1.7970055548E+001		0.115	1.559	2.184
17.592	0.832	9.553	0.397	1.3536128931E+002	
2.1082676215E+001	-2.5745926664E+001		0.116	1.597	2.253
17.790	0.777	9.634	0.412	1.2360121022E+002	
2.2006737990E+001	-6.4578145029E+001		0.124	1.549	2.317
17.871	0.755	9.667	0.448	1.1823124840E+002	
2.2161341189E+001	-6.8674552036E+001		0.126	1.461	2.221
18.000	0.715	9.728	4.076	1.0896340316E+002	
2.2127235480E+001	-6.8519425563E+001		0.071	1.302	2.012
18.186	1.793	10.953	3.790	9.7077979968E+001	
2.1567533789E+001	-6.0571741219E+001		0.059	1.107	1.714
18.385	1.858	11.186	0.853	8.5741466333E+001	
2.0399703015E+001	-5.0093098215E+001		0.059	0.962	1.484
18.583	1.794	11.292	0.523	7.7185955923E+001	
1.9143632021E+001	-3.1542429893E+001		0.059	0.868	1.338
18.586	1.792	11.292	-15.832	7.7090530110E+001	
1.9125415811E+001	-3.1321478917E+001		0.059	0.867	1.336
18.600	1.515	11.027	-10.962	7.6665532476E+001	
1.9041442531E+001	-3.1526327351E+001		0.408	0.863	1.330
18.610	1.512	11.032	0.527	7.6347322451E+001	
1.8975024377E+001	-3.2254026623E+001		0.407	0.860	1.325
18.630	1.505	11.043	0.527	7.5684920956E+001	
1.8828768348E+001	-3.2913447769E+001		0.406	0.854	1.316
18.650	1.498	11.054	0.527	7.5030784540E+001	
1.8680812898E+001	-3.2610214279E+001		0.405	0.848	1.308
18.680	1.487	11.069	0.527	7.4056825404E+001	
1.8455779480E+001	-3.2412116444E+001		0.402	0.840	1.296
18.700	1.480	11.080	0.527	7.3409292250E+001	
1.8303458795E+001	-3.2462702106E+001		0.640	0.834	1.288
18.870	1.420	11.169	0.527	6.7766298755E+001	
1.6819447998E+001	-3.0329243907E+001		0.628	0.803	1.239
18.900	1.410	11.185	0.527	6.6871588214E+001	
1.6554398687E+001	-3.0529644732E+001		0.625	0.801	1.234
18.940	1.396	11.206	0.465	6.5614446187E+001	
1.6178863989E+001	-3.1668810342E+001		0.624	0.799	1.228
19.138	1.305	11.296	0.349	5.9130089124E+001	
1.4098041002E+001	-3.2796370285E+001		0.613	0.808	1.214
19.200	1.250	11.297	0.032	5.7110427919E+001	
1.3425780223E+001	-3.2371740960E+001		0.607	0.816	1.213
19.250	1.207	11.300	0.065	5.5510838071E+001	
1.2886421494E+001	-3.3395421778E+001		0.602	0.824	1.213
19.268	1.192	11.301	0.181	5.4910681926E+001	
1.2685572051E+001	-3.4175452047E+001		0.595	0.828	1.214
19.466	1.042	11.339	0.277	4.7495236475E+001	
1.0190114432E+001	-4.3511921519E+001		0.503	0.896	1.223
19.579	0.983	11.387	0.482	4.2187605769E+001	
8.4291813168E+000	-4.0063221007E+001		0.436	0.970	1.238
19.677	0.940	11.440	0.523	3.8869253368E+001	
7.3795983064E+000	-3.1201666747E+001		0.387	1.043	2.179

19.800	0.881	11.503	0.527	3.5465356940E+001	
6.3599012125E+000	-2.7800755378E+001		0.351	1.138	2.295
19.890	0.843	11.553	0.545	3.2955048148E+001	
5.6336671388E+000	-2.4692384327E+001		0.339	1.212	2.390
19.920	0.827	11.568	0.566	3.2241898387E+001	
5.4376115721E+000	-2.3640759565E+001		0.336	1.233	2.419
20.119	0.736	11.682	0.627	2.7482769675E+001	
4.1982279025E+000	-2.5458505096E+001		0.320	1.387	2.647
20.229	0.702	11.762	0.727	2.4566479941E+001	
3.5124631486E+000	-2.4960454589E+001		0.311	1.478	2.820
20.428	0.635	11.907	0.730	2.0083243425E+001	
2.6128583796E+000	-2.1773149866E+001		0.319	1.605	3.172
20.454	0.626	11.926	0.757	1.9516360427E+001	
2.5053519096E+000	-2.1600945476E+001		0.321	1.620	2.165
20.615	0.577	12.049	0.748	1.6110629588E+001	
1.8982694568E+000	-2.0067440563E+001		0.294	1.723	2.330
20.800	0.510	12.185	0.700	1.2636261376E+001	
1.3280467748E+000	-1.6733392392E+001		0.262	1.854	2.566
20.999	0.423	12.317	0.664	9.7468475667E+000	
9.1231576091E-001	-1.3305387129E+001		0.232	2.015	2.848
21.070	0.391	12.364	0.644	8.8257916332E+000	
7.9003956847E-001	-1.2154726099E+001		0.219	2.085	2.968
21.165	0.347	12.425	0.634	7.7579088003E+000	
6.5679030352E-001	-1.0959697073E+001		0.207	2.192	3.141
21.171	0.344	12.428	0.654	7.6985815993E+000	
6.4963935978E-001	-1.0926346756E+001		0.206	2.199	3.150
21.328	0.271	12.531	0.651	6.0671063079E+000	
4.5933352142E-001	-9.7055180595E+000		0.185	2.495	6.914
21.460	0.209	12.616	0.801	4.8599902273E+000	
3.2489104219E-001	-9.3753515986E+000		0.170	2.679	2.703
21.659	0.166	12.796	0.908	2.9230127020E+000	
1.4188447159E-001	-9.1683369982E+000		0.137	3.342	4.172
21.857	0.125	12.977	0.822	1.2192335858E+000	
2.4076753391E-002	-4.1013729812E+000		0.094	8.040	11.158
21.900	0.095	12.994	0.788	1.0848105172E+000	
1.9468674566E-002	-3.3829202121E+000		0.072	10.738	14.244
22.099	0.045	13.167	0.788	1.8390893875E-001	
1.2377773046E-003	-2.6601030121E+000		0.059	2.773	4.496

-----

---

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM



# Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

	X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
	(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
TauStrength	TauS					
(kPa)	(kN/m)					
0.048	7.122	0.078	0.083	-18.636	-0.075	-0.006
1.185	0.004					
8.648	7.200	0.100	0.106	-18.636	-1.004	-0.106
9.512	0.125					
10.138	7.300	0.199	0.210	-18.636	-6.589	-1.381
10.690	1.812					
11.724	7.499	0.199	0.210	-18.636	-6.971	-1.461
12.494	1.993					
13.020	7.697	0.199	0.210	-18.636	-7.353	-1.541
13.570	2.124					
13.678	7.896	0.199	0.210	-18.636	-7.734	-1.621
14.071	2.240					
14.347	8.094	0.127	0.134	-18.636	-8.047	-1.077
	1.446					
	8.221	0.199	0.209	-18.049	-8.127	-1.697
	2.344					
	8.420	0.199	0.209	-18.049	-8.485	-1.772
	2.448					
	8.618	0.152	0.160	-18.049	-8.802	-1.410
	1.912					
	8.770	0.199	0.208	-16.906	-8.601	-1.785
	2.593					
	8.969	0.185	0.193	-16.906	-8.906	-1.719
	2.455					
	9.154	0.199	0.206	-15.628	-8.577	-1.768
	2.660					
	9.352	0.137	0.143	-15.628	-8.806	-1.255
	1.856					
	9.489	0.199	0.205	-14.020	-8.173	-1.673
	2.719					
	9.688	0.111	0.114	-14.020	-8.344	-0.955
	1.527					
	9.799	0.199	0.204	-12.787	-7.810	-1.590
	2.763					
	9.998	0.100	0.103	-12.787	-7.948	-0.816
	1.404					
	10.098	0.199	0.203	-11.526	-7.326	-1.485
	2.829					
	10.296	0.107	0.109	-11.526	-7.441	-0.810
	1.533					
	10.403	0.199	0.202	-10.321	-6.795	-1.371
	2.895					

	10.602	0.112	0.114	-10.321	-6.889	-0.787
14.518	1.659					
	10.714	0.199	0.201	-9.210	-6.253	-1.258
14.703	2.957					
	10.913	0.132	0.134	-9.210	-6.333	-0.848
14.880	1.993					
	11.045	0.199	0.201	-9.208	-6.411	-1.290
14.970	3.011					
	11.243	0.127	0.129	-9.208	-6.489	-0.836
15.126	1.949					
	11.370	0.199	0.201	-9.205	-6.566	-1.321
15.210	3.059					
	11.569	0.122	0.123	-9.205	-6.643	-0.819
15.316	1.889					
	11.691	0.199	0.201	-9.203	-6.719	-1.351
15.433	3.104					
	11.889	0.120	0.122	-9.203	-6.795	-0.829
15.547	1.896					
	12.010	0.199	0.201	-9.200	-6.870	-1.382
15.699	3.158					
	12.208	0.116	0.118	-9.200	-6.946	-0.816
15.804	1.857					
	12.324	0.199	0.201	-9.198	-7.020	-1.412
15.984	3.215					
	12.523	0.120	0.122	-9.198	-7.096	-0.865
16.115	1.964					
	12.643	0.199	0.201	-9.195	-7.171	-1.442
16.288	3.276					
	12.842	0.122	0.123	-9.195	-7.248	-0.893
16.456	2.027					
	12.963	0.199	0.201	-9.193	-7.323	-1.473
16.611	3.341					
	13.162	0.127	0.129	-9.193	-7.401	-0.951
16.796	2.159					
	13.289	0.199	0.201	-9.190	-7.477	-1.504
16.861	3.391					
	13.487	0.131	0.133	-9.190	-7.557	-1.006
17.012	2.265					
	13.619	0.199	0.201	-8.156	-6.797	-1.363
17.041	3.418					
	13.817	0.113	0.114	-8.156	-6.856	-0.781
17.086	1.946					
	13.930	0.199	0.200	-7.025	-5.972	-1.195
17.094	3.420					
	14.129	0.107	0.108	-7.025	-6.015	-0.649
17.116	1.848					
	14.236	0.199	0.200	-5.827	-5.037	-1.005
17.121	3.417					
	14.434	0.101	0.101	-5.827	-5.066	-0.513
17.122	1.735					
	14.535	0.199	0.199	-4.637	-4.062	-0.809
17.137	3.414					
	14.734	0.111	0.111	-4.637	-4.081	-0.454
17.153	1.909					

	14.844	0.199	0.199	-3.331	-2.949	-0.586
17.110	3.403					
	15.043	0.111	0.111	-3.331	-2.959	-0.328
17.135	1.899					
	15.154	0.199	0.199	-2.091	-1.865	-0.370
17.070	3.392					
	15.352	0.128	0.128	-2.091	-1.869	-0.239
17.076	2.187					
	15.480	0.199	0.199	-0.948	-0.849	-0.169
16.952	3.366					
	15.679	0.158	0.158	-0.948	-0.850	-0.135
16.820	2.665					
	15.837	0.199	0.199	-0.025	-0.022	-0.004
16.628	3.301					
	16.036	0.199	0.199	-0.025	-0.022	-0.004
16.380	3.252					
	16.234	0.017	0.017	-0.025	-0.022	-0.000
16.346	0.278					
	16.251	0.199	0.199	3.627	3.237	0.644
16.128	3.209					
	16.450	0.109	0.109	3.627	3.226	0.351
16.095	1.750					
	16.558	0.199	0.201	9.314	8.102	1.630
15.634	3.146					
	16.757	0.074	0.075	9.314	8.035	0.602
15.737	1.179					
	16.831	0.199	0.207	16.521	13.533	2.803
14.105	2.921					
	17.029	0.036	0.038	16.521	13.355	0.502
14.134	0.531					
	17.065	0.199	0.216	23.033	17.316	3.736
11.405	2.461					
	17.264	0.084	0.092	23.033	16.909	1.550
10.973	1.006					
	17.348	0.199	0.227	29.083	19.363	4.399
7.664	1.741					
	17.547	0.045	0.051	29.083	18.822	0.969
7.254	0.373					
	17.592	0.199	0.241	34.447	19.960	4.806
4.963	1.195					
	17.790	0.080	0.098	34.447	19.120	1.865
5.643	0.550					
	17.871	0.129	0.164	38.105	19.190	3.149
5.123	0.841					
	18.000	0.186	0.237	38.105	89.077	21.078
47.658	11.277					
	18.186	0.199	0.261	40.389	89.073	23.219
45.392	11.833					
	18.385	0.199	0.261	40.389	87.504	22.810
44.936	11.714					
	18.583	0.003	0.004	40.389	86.707	0.346
44.486	0.178					
	18.586	0.014	0.018	41.287	87.038	1.582
43.363	0.788					

	18.600	0.010	0.013	41.287	40.657	0.541
19.299	0.257					
	18.610	0.020	0.027	41.287	40.534	1.079
19.665	0.523					
	18.630	0.020	0.027	41.287	40.371	1.075
19.656	0.523					
	18.650	0.030	0.040	41.287	40.166	1.604
19.632	0.784					
	18.680	0.020	0.027	41.287	39.961	1.064
19.616	0.522					
	18.700	0.170	0.226	41.287	39.485	8.933
20.064	4.539					
	18.870	0.030	0.040	41.287	39.119	1.562
20.010	0.799					
	18.900	0.040	0.053	41.287	38.776	2.061
20.199	1.074					
	18.940	0.199	0.269	42.339	37.580	10.094
19.670	5.284					
	19.138	0.062	0.083	42.339	36.095	3.003
19.246	1.601					
	19.200	0.050	0.068	42.339	35.456	2.398
18.837	1.274					
	19.250	0.018	0.024	42.339	35.075	0.840
19.001	0.455					
	19.268	0.199	0.273	43.441	33.994	9.296
18.722	5.120					
	19.466	0.113	0.155	43.441	32.290	5.020
19.916	3.096					
	19.579	0.097	0.137	44.563	31.165	4.261
15.904	2.175					
	19.677	0.123	0.173	44.563	29.877	5.176
27.296	4.729					
	19.800	0.090	0.126	44.563	28.698	3.616
26.978	3.399					
	19.890	0.030	0.043	45.866	28.090	1.219
25.426	1.104					
	19.920	0.199	0.285	45.866	26.906	7.672
24.941	7.112					
	20.119	0.111	0.159	45.866	25.305	4.031
24.888	3.965					
	20.229	0.199	0.290	46.870	23.628	6.862
23.278	6.761					
	20.428	0.026	0.038	46.870	22.425	0.858
23.273	0.891					
	20.454	0.161	0.235	46.870	21.302	5.006
12.311	2.894					
	20.615	0.185	0.275	47.759	19.101	5.260
11.212	3.088					
	20.800	0.199	0.295	47.759	16.683	4.928
10.201	3.013					
	20.999	0.072	0.107	47.759	14.981	1.597
9.703	1.034					
	21.070	0.095	0.142	47.759	13.956	1.975
9.984	1.413					

	21.165	0.005	0.008	48.215	13.327	0.108
9.390	0.076					
	21.171	0.157	0.235	48.215	12.334	2.904
8.686	2.045					
	21.328	0.132	0.199	48.215	10.522	2.090
19.228	3.819					
	21.460	0.199	0.298	48.215	8.318	2.479
3.927	1.170					
	21.659	0.199	0.298	48.215	5.698	1.698
2.664	0.794					
	21.857	0.043	0.064	48.215	4.104	0.264
1.700	0.109					
	21.900	0.199	0.298	48.215	2.760	0.823
1.157	0.345					
	22.099	0.159	0.239	48.215	0.850	0.203
0.342	0.082					

-----

-----

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio  
dl(m) : lunghezza base concio  
alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----

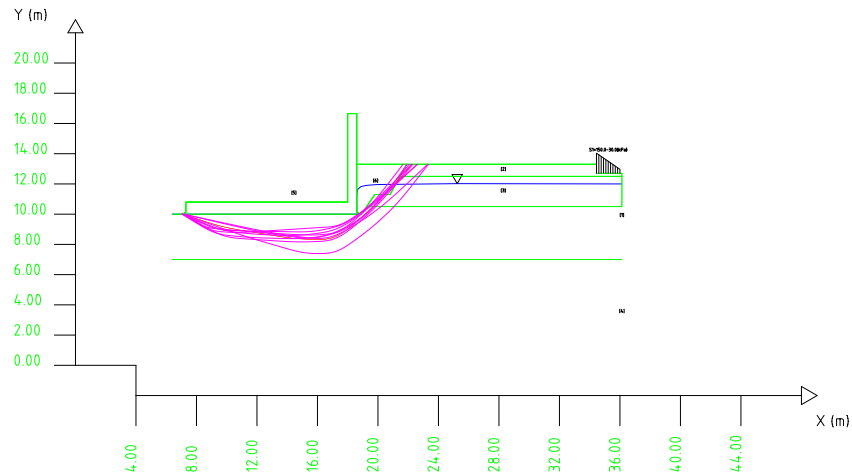
-----

SSAP 4.9.9 (2019) - Slope Stability Analysis Program  
Software by Dr. Geol. L. Borselli - [www.lorenzo-borselli.eu](http://www.lorenzo-borselli.eu)  
SSAP/DXF generator rel. 1.5.4 (2019)

Data : 18/4/2020  
Località : Livorno  
Descrizione : Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del Rio Maggiore  
[n] = N. strato o lente

Sn --> Sovraccarico

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



# Parametri Geotecnici degli strati #											
N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D		
1	24.79	0	0	18.82	18.82	0	0	0	0	0	0
2	23.91	0	0	19.22	19.22	0	0	0	0	0	0
3	17.91	15.44	0	20.10	20.10	0	0	0	0	0	0
4	21.83	12.08	0	19.10	19.10	0	0	0	0	0	0
5	40.00	300.00	0	25.00	25.00	0	0	0	0	0	0
6	36.00	0	0	22.00	23.00	0	0	0	0	0	0

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.7740  
Range Fs : 1.7740 - 1.8973  
Differenza % Range Fs : 6.50  
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N: 10000  
Lunghezza media segmenti (m) : 1.2  
Range X inizio generazione : 7.0 - 33.8  
Range X terminie generazione : 10.0 - 35.5  
Livello Y minimo considerato : 0.0

TRATTO 3 - ZONA CORRIDOIO - SEZIONE S.4 SPONDA DESTRA ANALISI STATICA DRENATA POST OPERAM

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.4 sponda destra - zona corridoio - Analisi  
dinamica non drenata REV3.txt

Data: 16/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.4 sponda dx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6.40	10.00	21.46	12.50	19.25	10.50	6.40	7.00
7.20	10.00	21.90	13.30	19.80	11.30	36.13	7.00
7.20	10.10	34.45	13.30	20.80	11.30	-	-
7.30	10.10	34.45	12.70	21.46	12.50	-	-
7.30	10.50	36.13	12.70	36.13	12.50	-	-
7.30	10.80	36.13	12.50	36.13	10.50	-	-
18.00	10.80	21.46	12.50	19.25	10.50	-	-
18.00	12.50	-	-	-	-	-	-
18.00	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	13.30	-	-	-	-	-	-
21.90	13.30	-	-	-	-	-	-
34.45	13.30	-	-	-	-	-	-
34.45	12.70	-	-	-	-	-	-
36.00	12.70	-	-	-	-	-	-
36.13	12.70	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y





STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	18.59	0.00	0.00	0.00	18.82	18.82	
0.917	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	0.00	0.00	0.00	0.00	41.52	19.22	
2.475	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	0.00	0.00	0.00	0.00	26.25	20.10	
1.198	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	0.00	0.00	0.00	0.00	42.32	19.10	
2.559	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 5	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	25.00	
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 6	36.00	0.00	0.00	0.00	22.00	23.00	
2.525	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
(adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00

Carico in X2 (Kpa): 30.00

Posizione carico da X1 m.: 34.45

a X2 m.: 36.00

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a 30.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
 COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%  
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 6.99  
 33.75  
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00  
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 9.97  
 35.54

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0390  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0195  
 COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

Fattore di sicurezza (FS)	1.3933	- Min. -	X	Y	Lambda=
0.0440			7.14	10.00	
			8.70	8.97	
			9.44	8.51	
			9.94	8.23	
			10.35	8.02	
			10.75	7.86	
			11.12	7.74	
			11.51	7.64	
			11.94	7.56	
			12.45	7.48	
			12.91	7.42	
			13.34	7.38	
			13.75	7.34	
			14.17	7.32	
			14.58	7.30	
			15.02	7.30	
			15.50	7.30	
			16.05	7.32	
			16.47	7.35	
			16.84	7.42	
			17.17	7.52	

17.56	7.69
17.89	7.87
18.27	8.12
18.69	8.44
19.21	8.87
19.69	9.27
20.14	9.65
20.57	10.02
20.99	10.39
21.47	10.81
21.99	11.28
22.74	11.96
24.19	13.30

Fattore di sicurezza (FS)      1.3995    - N.2 --      X      Y      Lambda=  
0.0550

7.11	10.00
8.67	9.01
9.42	8.56
9.93	8.28
10.35	8.07
10.76	7.90
11.14	7.77
11.55	7.66
11.99	7.56
12.52	7.46
12.97	7.39
13.40	7.33
13.80	7.30
14.22	7.27
14.62	7.27
15.06	7.27
15.53	7.30
16.09	7.34
16.52	7.39
16.91	7.48
17.26	7.58
17.65	7.75
18.01	7.93
18.40	8.16
18.83	8.46
19.35	8.85
19.83	9.22
20.27	9.57
20.70	9.92
21.12	10.28
21.59	10.70
22.12	11.18
22.87	11.88
24.36	13.30

Fattore di sicurezza (FS)      1.4028    - N.3 --      X      Y      Lambda=

0.0551

7.16	10.00
8.69	9.04
9.43	8.60
9.94	8.32
10.36	8.11
10.77	7.93
11.15	7.79
11.56	7.66
12.00	7.55
12.52	7.43
12.97	7.35
13.38	7.28
13.77	7.24
14.18	7.21
14.57	7.21
15.00	7.22
15.46	7.25
16.02	7.30
16.45	7.36
16.84	7.45
17.18	7.57
17.58	7.74
17.93	7.92
18.31	8.17
18.74	8.47
19.25	8.87
19.72	9.24
20.16	9.59
20.59	9.95
21.01	10.31
21.47	10.72
22.00	11.20
22.74	11.90
24.21	13.30

Fattore di sicurezza (FS)    1.4067    - N.4 --    X    Y    Lambda=  
0.0481

7.01	10.00
8.54	9.04
9.26	8.60
9.75	8.33
10.15	8.14
10.55	7.98
10.91	7.86
11.30	7.76
11.71	7.68
12.21	7.60
12.65	7.54
13.07	7.49
13.48	7.45
13.89	7.41
14.30	7.39

14.73	7.37
15.20	7.36
15.75	7.36
16.15	7.38
16.51	7.44
16.83	7.53
17.20	7.69
17.52	7.86
17.89	8.11
18.30	8.42
18.81	8.86
19.28	9.26
19.72	9.64
20.15	10.01
20.56	10.38
21.02	10.80
21.54	11.27
22.27	11.96
23.69	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.4116	- N.5 --	X	Y	Lambda=
0.0854					

7.04	10.00
8.61	8.95
9.37	8.46
9.87	8.17
10.30	7.94
10.71	7.76
11.10	7.62
11.51	7.50
11.96	7.38
12.51	7.27
12.96	7.19
13.38	7.14
13.77	7.11
14.18	7.10
14.57	7.11
14.99	7.15
15.45	7.21
16.01	7.30
16.46	7.40
16.87	7.51
17.23	7.64
17.64	7.83
18.01	8.02
18.41	8.27
18.85	8.56
19.36	8.93
19.83	9.28
20.27	9.63
20.70	9.97
21.13	10.33
21.59	10.73

22.13	11.21
22.88	11.90
24.38	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.4140	- N.6 --	X	Y	Lambda=
0.0403					

7.18	10.00
8.73	9.06
9.47	8.63
9.97	8.36
10.39	8.16
10.80	8.00
11.18	7.87
11.59	7.76
12.02	7.67
12.54	7.57
12.99	7.50
13.41	7.45
13.81	7.41
14.22	7.39
14.62	7.38
15.05	7.39
15.52	7.41
16.08	7.44
16.50	7.50
16.89	7.58
17.23	7.69
17.62	7.85
17.96	8.03
18.35	8.28
18.77	8.58
19.29	8.98
19.76	9.35
20.20	9.71
20.63	10.06
21.05	10.42
21.52	10.82
22.05	11.29
22.80	11.96
24.26	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.4160	- N.7 --	X	Y	Lambda=
0.0723					

7.01	10.00
8.49	9.18
9.23	8.78
9.74	8.51
10.19	8.29
10.61	8.11
11.01	7.93
11.44	7.77
11.89	7.60

12.41	7.42
12.83	7.30
13.23	7.20
13.59	7.14
13.98	7.09
14.35	7.08
14.75	7.09
15.21	7.13
15.78	7.21
16.22	7.29
16.62	7.39
16.97	7.51
17.36	7.69
17.71	7.88
18.10	8.13
18.52	8.43
19.03	8.83
19.49	9.20
19.93	9.55
20.35	9.91
20.76	10.27
21.22	10.69
21.74	11.17
22.48	11.88
23.94	13.30

Fattore di sicurezza (FS)      1.4191   - N.8 --      X      Y      Lambda=  
0.0880

7.09	10.00
8.66	8.92
9.41	8.43
9.91	8.12
10.33	7.90
10.74	7.72
11.11	7.58
11.52	7.45
11.97	7.34
12.52	7.23
12.97	7.15
13.38	7.10
13.76	7.08
14.17	7.08
14.55	7.10
14.97	7.14
15.42	7.22
15.98	7.32
16.42	7.43
16.83	7.56
17.20	7.70
17.61	7.88
17.98	8.08
18.38	8.33
18.81	8.62

19.31	8.99
19.77	9.33
20.21	9.67
20.63	10.01
21.06	10.36
21.52	10.76
22.05	11.23
22.80	11.92
24.28	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.4206	- N.9 --	X	Y	Lambda=
0.1014					

7.02	10.00
7.94	9.38
8.42	9.07
8.76	8.84
9.07	8.65
9.34	8.47
9.62	8.29
9.91	8.11
10.21	7.92
10.53	7.72
10.79	7.57
11.04	7.45
11.27	7.35
11.52	7.27
11.75	7.21
12.00	7.17
12.27	7.15
12.62	7.13
12.92	7.13
13.19	7.13
13.45	7.14
13.71	7.17
13.97	7.20
14.23	7.24
14.50	7.28
14.80	7.35
15.09	7.41
15.36	7.47
15.63	7.53
15.90	7.60
16.18	7.67
16.45	7.74
16.74	7.82
17.05	7.91
17.32	8.00
17.58	8.09
17.82	8.20
18.09	8.32
18.33	8.45
18.59	8.60
18.86	8.76



19.17	8.96
19.46	9.16
19.73	9.35
20.01	9.53
20.28	9.72
20.55	9.91
20.83	10.11
21.11	10.31
21.39	10.52
21.67	10.73
21.93	10.94
22.20	11.15
22.47	11.38
22.76	11.64
23.10	11.95
23.57	12.39
24.52	13.30

Fattore di sicurezza (FS)	1.4250	- N.10 --	X	Y	Lambda=
0.0789					

7.20	10.00
8.83	8.86
9.60	8.35
10.10	8.04
10.52	7.83
10.94	7.65
11.31	7.53
11.72	7.42
12.17	7.33
12.73	7.26
13.21	7.20
13.64	7.17
14.04	7.16
14.47	7.17
14.87	7.20
15.30	7.24
15.77	7.31
16.32	7.41
16.77	7.51
17.19	7.63
17.57	7.77
17.99	7.95
18.37	8.14
18.78	8.38
19.22	8.67
19.74	9.02
20.21	9.36
20.66	9.69
21.09	10.02
21.52	10.37
22.00	10.77
22.54	11.23
23.31	11.92

24.83 13.30

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

# Analisi Deficit in riferimento a  $F_s(\text{progetto}) = 1.200$

Sup N.	$F_s$	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.393	321.0	230.4	44.5	Surplus
2	1.400	325.9	232.9	46.5	Surplus
3	1.403	322.1	229.6	46.6	Surplus
4	1.407	309.1	219.8	45.4	Surplus
5	1.412	332.1	235.3	49.8	Surplus
6	1.414	320.8	226.8	48.5	Surplus
7	1.416	318.4	224.9	48.6	Surplus
8	1.419	330.8	233.1	51.1	Surplus
9	1.421	334.8	235.7	52.0	Surplus
10	1.425	341.5	239.6	53.9	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 44.5

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

----- TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR  $F_s$  -----

	X	dx	alpha	W	ru	U
phi'	(c', Cu)					
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
	7.136	0.064	-33.25	0.03	0.52	0.21
18.59	0.00					
	7.200	0.100	-33.25	0.40	0.19	0.74
18.59	0.00					
	7.300	0.214	-33.25	5.11	0.11	2.00
18.59	0.00					
	7.514	0.214	-33.25	5.68	0.12	3.12
18.59	0.00					
	7.729	0.214	-33.25	6.26	0.15	4.38
18.59	0.00					
	7.943	0.214	-33.25	6.84	0.18	5.78
18.59	0.00					
	8.158	0.214	-33.25	7.42	0.21	7.20
18.59	0.00					

	8.372	0.214	-33.25	8.00	0.23	8.60
18.59	0.00					
	8.587	0.115	-33.25	4.54	0.25	9.93
18.59	0.00					
	8.702	0.214	-32.12	8.87	0.26	10.60
18.59	0.00					
	8.916	0.214	-32.12	9.43	0.28	11.92
18.59	0.00					
	9.131	0.214	-32.12	9.98	0.29	13.22
18.59	0.00					
	9.345	0.097	-32.12	4.70	0.30	14.44
18.59	0.00					
	9.442	0.214	-29.59	10.76	0.31	14.96
18.59	0.00					
	9.657	0.214	-29.59	11.26	0.32	16.08
18.59	0.00					
	9.871	0.066	-29.59	3.56	0.32	17.10
18.59	0.00					
	9.937	0.214	-26.27	11.88	0.33	17.41
18.59	0.00					
	10.151	0.196	-26.27	11.24	0.33	18.40
18.59	0.00					
	10.347	0.214	-21.88	12.68	0.34	19.28
18.59	0.00					
	10.562	0.190	-21.88	11.50	0.34	20.22
18.59	0.00					
	10.751	0.214	-18.24	13.31	0.35	20.95
18.59	0.00					
	10.966	0.150	-18.24	9.47	0.35	21.71
18.59	0.00					
	11.115	0.214	-14.38	13.77	0.35	22.13
18.59	0.00					
	11.330	0.181	-14.38	11.81	0.36	22.68
18.59	0.00					
	11.511	0.214	-11.00	14.16	0.36	23.13
18.59	0.00					
	11.725	0.210	-11.00	14.05	0.36	23.59
18.59	0.00					
	11.936	0.214	-8.39	14.48	0.36	24.01
18.59	0.00					
	12.150	0.214	-8.39	14.61	0.37	24.39
18.59	0.00					
	12.364	0.087	-8.39	5.96	0.37	24.71
18.59	0.00					
	12.451	0.214	-7.36	14.79	0.37	24.83
18.59	0.00					
	12.666	0.214	-7.36	14.90	0.37	25.08
18.59	0.00					
	12.880	0.029	-7.36	2.00	0.37	25.29
18.59	0.00					
	12.909	0.214	-6.14	15.02	0.37	25.32
18.59	0.00					
	13.123	0.214	-6.14	15.12	0.37	25.51
18.59	0.00					

	13.338	0.001	-6.14	0.05	0.37	25.69
18.59	0.00					
	13.338	0.214	-4.81	15.20	0.37	25.69
18.59	0.00					
	13.553	0.197	-4.81	14.00	0.37	25.86
18.59	0.00					
	13.749	0.214	-3.44	15.33	0.37	25.99
18.59	0.00					
	13.964	0.203	-3.44	14.60	0.37	26.14
18.59	0.00					
	14.167	0.214	-2.02	15.42	0.37	26.26
18.59	0.00					
	14.382	0.201	-2.02	14.47	0.37	26.36
18.59	0.00					
	14.583	0.214	-0.68	15.47	0.37	26.41
18.59	0.00					
	14.797	0.214	-0.68	15.49	0.37	26.44
18.59	0.00					
	15.011	0.010	-0.68	0.71	0.37	26.45
18.59	0.00					
	15.021	0.214	0.56	15.49	0.37	26.45
18.59	0.00					
	15.236	0.214	0.56	15.48	0.37	26.43
18.59	0.00					
	15.450	0.049	0.56	3.56	0.37	26.39
18.59	0.00					
	15.499	0.214	1.56	15.46	0.37	26.38
18.59	0.00					
	15.714	0.214	1.56	15.44	0.37	26.30
18.59	0.00					
	15.928	0.126	1.56	9.04	0.37	26.16
18.59	0.00					
	16.054	0.214	5.08	15.37	0.37	26.05
18.59	0.00					
	16.268	0.203	5.08	14.48	0.37	25.74
18.59	0.00					
	16.471	0.214	10.41	15.18	0.37	25.29
18.59	0.00					
	16.686	0.159	10.41	11.14	0.37	24.59
18.59	0.00					
	16.845	0.214	17.02	14.84	0.37	23.79
18.59	0.00					
	17.059	0.111	17.02	7.55	0.36	22.95
18.59	0.00					
	17.170	0.214	23.04	14.38	0.35	22.76
18.59	0.00					
	17.384	0.172	23.04	11.24	0.32	23.21
18.59	0.00					
	17.556	0.214	28.59	13.65	0.29	24.02
18.59	0.00					
	17.771	0.120	28.59	7.42	0.25	24.69
18.59	0.00					
	17.891	0.109	33.62	6.63	0.22	25.15
18.59	0.00					

	18.000	0.214	33.62	44.52	0.21	25.74
18.59	0.00					
	18.214	0.053	33.62	11.01	0.19	26.00
18.59	0.00					
	18.268	0.214	37.16	43.75	0.19	25.92
18.59	0.00					
	18.482	0.118	37.16	23.72	0.19	25.23
18.59	0.00					
	18.600	0.010	37.16	1.05	0.20	24.67
18.59	0.00					
	18.610	0.020	37.16	2.11	0.20	24.63
18.59	0.00					
	18.630	0.020	37.16	2.10	0.20	24.57
18.59	0.00					
	18.650	0.030	37.16	3.14	0.20	24.52
18.59	0.00					
	18.680	0.007	37.16	0.75	0.20	24.44
18.59	0.00					
	18.687	0.013	39.46	1.34	0.20	24.43
18.59	0.00					
	18.700	0.170	39.46	17.42	0.21	24.41
18.59	0.00					
	18.870	0.030	39.46	3.03	0.22	24.21
18.59	0.00					
	18.900	0.214	39.46	21.11	0.23	24.16
18.59	0.00					
	19.114	0.086	39.46	8.16	0.25	23.77
18.59	0.00					
	19.200	0.009	39.46	0.86	0.26	23.66
18.59	0.00					
	19.209	0.041	39.82	3.84	0.26	23.65
18.59	0.00					
	19.250	0.214	39.82	19.61	0.27	23.59
18.59	0.00					
	19.464	0.214	39.82	18.74	0.29	23.44
18.59	0.00					
	19.679	0.009	39.82	0.73	0.30	23.29
18.59	0.00					
	19.687	0.113	40.22	9.47	0.30	23.28
18.59	0.00					
	19.800	0.120	40.22	9.85	0.31	22.85
18.59	0.00					
	19.920	0.214	40.22	17.03	0.30	22.16
18.59	0.00					
	20.134	0.002	40.22	0.13	0.29	20.19
18.59	0.00					
	20.136	0.214	40.64	16.27	0.29	20.17
18.59	0.00					
	20.351	0.214	40.64	15.51	0.27	17.38
18.59	0.00					
	20.565	0.004	40.64	0.31	0.23	13.99
18.59	0.00					
	20.569	0.214	41.08	14.73	0.23	13.92
18.59	0.00					

	20.784	0.016	41.08	1.08	0.19	10.42
18.59	0.00					
	20.800	0.193	41.08	12.47	0.18	10.20
18.59	0.00					
	20.993	0.128	41.60	7.84	0.14	7.18
18.59	0.00					
	21.120	0.050	41.60	3.00	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.171	0.214	41.60	12.16	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.385	0.075	41.60	4.01	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.460	0.005	41.60	0.28	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.465	0.214	42.02	10.74	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.680	0.214	42.02	9.66	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.894	0.006	42.02	0.25	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.900	0.094	42.02	3.88	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.994	0.214	42.40	8.28	0.00	0.00
0.00	26.25					
	22.208	0.214	42.40	7.42	0.00	0.00
0.00	26.25					
	22.422	0.214	42.40	6.56	0.00	0.00
0.00	26.25					
	22.637	0.103	42.40	2.84	0.00	0.00
0.00	26.25					
	22.740	0.031	42.61	0.82	0.00	0.00
0.00	26.25					
	22.771	0.214	42.61	5.16	0.00	0.00
0.00	26.25					
	22.985	0.214	42.61	4.29	0.00	0.00
0.00	26.25					
	23.200	0.123	42.61	2.07	0.00	0.00
0.00	26.25					
	23.323	0.214	42.61	2.95	0.00	0.00
0.00	41.52					
	23.537	0.214	42.61	2.12	0.00	0.00
0.00	41.52					
	23.752	0.214	42.61	1.29	0.00	0.00
0.00	41.52					
	23.966	0.214	42.61	0.46	0.00	0.00
0.00	41.52					
	24.181	0.012	42.61	0.00	0.00	0.00
0.00	41.52					

-----  
-----

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio

alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

T(x)	X	ht	yt	yt'	E(x)
(kN/m)	(m)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
		(m)	(m)	(--)	(kN/m)
		(kN)	(--)	(--)	(--)
0.0000000000E+000	7.136	0.000	10.000	-0.297	0.0000000000E+000
0.0000000000E+000	7.200	1.3945178673E+000	9.968	0.046	1.147 0.951
8.8522092084E-006	7.300	0.011	9.951	-0.297	7.8305129275E-002
3.1789174101E-005	7.300	1.0349113356E+000	9.951	0.046	1.147 0.951
1.3559204972E-003	7.514	0.059	9.976	0.026	1.5390413694E-001
9.6787898347E-003	7.729	1.3734228997E+000	9.976	0.046	1.101 0.904
3.4383020881E-002	7.943	0.225	9.906	-0.104	7.3232605941E-001
7.9055756493E-002	8.158	4.2128768227E+000	9.906	0.046	1.049 0.851
1.3683136755E-001	8.372	0.295	9.818	-0.370	1.9606842709E+000
2.1038314816E-001	8.587	6.7204006507E+000	9.818	0.046	1.020 0.821
2.5693683455E-001	8.702	0.347	9.726	-0.421	3.6145101106E+000
3.6572808981E-001	8.916	8.7529872436E+000	9.726	0.046	1.044 0.845
4.9580018134E-001	9.131	0.396	9.638	-0.419	5.7145854956E+000
6.3720482251E-001	9.345	1.1796806016E+001	9.638	0.046	1.120 0.918
7.0282837004E-001	9.442	0.449	9.505	-0.411	8.6738165301E+000
8.6089934936E-001	9.657	1.5753443414E+001	9.505	0.046	1.215 1.011
1.0782383537E+000	9.937	0.501	9.419	-0.403	1.2470778425E+001
	10.151	2.0050477281E+001	9.419	0.046	1.349 1.138
		0.532	9.333	-0.397	1.4927234883E+001
		2.3536271466E+001	9.333	0.046	1.440 1.225
		0.580	9.252	-0.402	2.0862191018E+001
		3.0382224047E+001	9.252	0.046	1.668 1.443
		0.629	9.142	-0.389	2.7957285640E+001
		3.4253514916E+001	9.142	0.046	1.981 1.739
		0.682	9.074	-0.371	3.5552525645E+001
		3.5623497383E+001	9.074	0.046	2.386 2.117
		0.709	9.054	-0.351	3.9020903012E+001
		3.6294192141E+001	9.054	0.046	2.606 2.317
		0.756	9.054	-0.334	4.7077542826E+001
		3.7103099278E+001	9.054	0.046	3.215 2.873
		0.809	9.054	-0.316	5.4933341354E+001
		3.6800908418E+001	9.054	0.046	4.013 3.600
		0.826	9.054	-0.303	5.7357478736E+001
		3.6957289359E+001	9.054	0.046	4.321 3.878
		0.867	9.054	-0.298	6.5356125729E+001

1.2632247055E+000	3.7573272935E+001	0.046	5.628	5.054
10.347	0.907	8.931	-0.288	7.2765721456E+001
1.4439468478E+000	3.8003304091E+001	0.046	7.490	6.660
10.562	0.932	8.871	-0.266	8.0957517803E+001
1.6543931169E+000	3.6395270082E+001	0.046	10.911	9.320
10.751	0.961	8.824	-0.235	8.7555201230E+001
1.8321395217E+000	3.4107894857E+001	0.046	15.700	12.175
10.966	0.984	8.776	-0.206	9.4701757233E+001
2.0318776559E+000	2.9926692179E+001	0.046	25.329	15.203
11.115	1.006	8.749	-0.169	9.8826538554E+001
2.1508800524E+000	2.7059584283E+001	0.046	33.498	15.492
11.330	1.027	8.714	-0.159	1.0447764462E+002
2.3187087966E+000	2.6562462639E+001	0.046	45.887	13.873
11.511	1.045	8.686	-0.145	1.0931968961E+002
2.4671745227E+000	2.5741511427E+001	0.046	50.000	11.544
11.725	1.057	8.657	-0.130	1.1458629272E+002
2.6321413283E+000	2.4285310825E+001	0.046	48.814	9.302
11.936	1.072	8.631	-0.117	1.1963384245E+002
2.7921068549E+000	2.3116784241E+001	0.046	43.046	7.660
12.150	1.080	8.607	-0.102	1.2439422107E+002
2.9432058262E+000	2.0986034827E+001	0.046	37.578	6.561
12.364	1.092	8.587	-0.090	1.2863414139E+002
3.0751002611E+000	1.8781532650E+001	0.046	34.490	5.869
12.451	1.097	8.580	-0.078	1.3023067453E+002
3.1237462166E+000	1.7970781253E+001	0.046	33.853	5.660
12.666	1.109	8.564	-0.070	1.3386754927E+002
3.2315640213E+000	1.6096696942E+001	0.046	33.394	5.270
12.880	1.123	8.550	-0.065	1.3713407890E+002
3.3254557911E+000	1.4668659553E+001	0.046	34.416	4.987
12.909	1.125	8.548	-0.058	1.3755208478E+002
3.3373058224E+000	1.4543248852E+001	0.046	34.724	4.954
13.123	1.135	8.536	-0.055	1.4059039702E+002
3.4228821618E+000	1.4030789467E+001	0.046	37.423	4.730
13.338	1.147	8.524	-0.054	1.4356948161E+002
3.5068115781E+000	1.3806958852E+001	0.046	42.098	4.523
13.338	1.147	8.524	-0.050	1.4357988625E+002
3.5071089275E+000	1.3807656664E+001	0.046	42.121	4.523
13.553	1.154	8.513	-0.047	1.4660169927E+002
3.5945018454E+000	1.3788186003E+001	0.046	49.716	4.307
13.749	1.162	8.505	-0.044	1.4925711271E+002
3.6733778375E+000	1.4085885816E+001	0.046	50.000	4.110
13.964	1.166	8.495	-0.040	1.5241240763E+002
3.7695880932E+000	1.4515537753E+001	0.046	50.000	3.871
14.167	1.171	8.488	-0.033	1.5532781917E+002
3.8599113920E+000	1.3954966661E+001	0.046	50.000	3.645
14.382	1.172	8.482	-0.024	1.5823623802E+002
3.9498111667E+000	1.2691856148E+001	0.046	50.000	3.432
14.583	1.175	8.478	-0.015	1.6062018937E+002
4.0204607787E+000	1.0760929006E+001	0.046	50.000	3.265
14.797	1.175	8.476	-0.007	1.6267222482E+002
4.0782994025E+000	8.8428324083E+000	0.046	50.000	3.130
15.011	1.177	8.475	-0.004	1.6441262257E+002
4.1230516176E+000	8.1587721352E+000	0.046	50.000	3.022
15.021	1.177	8.475	0.002	1.6449261141E+002



4.1249943528E+000	8.1149066029E+000	0.046	50.000	3.017
15.236	1.175	8.475	0.004	1.6601781698E+002
4.1594482368E+000	6.7400770324E+000	0.046	50.000	2.927
15.450	1.175	8.476	0.007	1.6738323408E+002
4.1855637534E+000	5.9758013466E+000	0.046	44.305	2.848
15.499	1.175	8.477	0.014	1.6767342637E+002
4.1903403955E+000	5.8013950160E+000	0.046	42.012	2.831
15.714	1.172	8.480	0.021	1.6883878840E+002
4.2052845401E+000	5.1257999229E+000	0.046	30.752	2.764
15.928	1.172	8.486	0.032	1.6987173262E+002
4.2090946355E+000	4.1067844948E+000	0.046	19.607	2.704
16.054	1.174	8.491	0.054	1.7033563240E+002
4.2048485992E+000	2.8732865104E+000	0.046	15.077	2.683
16.268	1.168	8.504	0.078	1.7065285542E+002
4.1842974988E+000	1.1231151385E-001	0.046	10.388	2.704
16.471	1.169	8.523	0.116	1.7041276344E+002
4.1679535088E+000	-2.7340272455E+000	0.046	8.135	2.822
16.686	1.159	8.553	0.166	1.6947512695E+002
4.1749477173E+000	-6.6370385986E+000	0.046	6.716	3.012
16.845	1.162	8.585	0.252	1.6815337197E+002
4.2111540775E+000	-1.0142146920E+001	0.046	5.534	3.077
17.059	1.158	8.647	0.349	1.6545012273E+002
4.3075597965E+000	-1.4343211554E+001	0.046	4.092	2.939
17.170	1.176	8.699	0.743	1.6376306132E+002
4.3711277737E+000	-1.7887888362E+001	0.046	3.553	2.788
17.384	1.274	8.888	0.604	1.5882732897E+002
4.5196634281E+000	-2.9572480735E+001	0.046	2.601	2.280
17.556	1.245	8.932	0.295	1.5284792276E+002
4.6053960001E+000	-5.1923524830E+001	0.046	2.034	1.841
17.771	1.198	9.002	0.327	1.3713407884E+002
4.5243883443E+000	-7.1394711322E+001	0.046	1.442	1.317
17.891	1.172	9.041	0.361	1.2869903902E+002
4.4323963924E+000	-6.6421945768E+001	0.046	1.265	1.153
18.000	1.143	9.085	3.847	1.2181870811E+002
4.3399493292E+000	-6.3267387663E+001	0.046	1.154	1.050
18.214	2.203	10.288	4.670	1.0807433137E+002
4.0825634630E+000	-6.1969414936E+001	0.046	0.999	0.908
18.268	2.216	10.336	0.581	1.0478967227E+002
4.0065757974E+000	-5.9817029980E+001	0.046	0.970	0.882
18.482	2.161	10.443	0.021	9.3358110372E+001
3.7080896412E+000	-4.6881496370E+001	0.046	0.884	0.808
18.600	1.971	10.343	-0.750	8.8256767793E+001
3.5595702360E+000	-4.7925732445E+001	0.062	0.853	0.782
18.610	1.968	10.348	0.455	8.7773625127E+001
3.5442169944E+000	-4.8098941042E+001	0.061	0.850	0.780
18.630	1.962	10.357	0.455	8.6820259327E+001
3.5134109224E+000	-4.7241993727E+001	0.061	0.844	0.775
18.650	1.956	10.366	0.455	8.5883945378E+001
3.4826434383E+000	-4.4760415121E+001	0.061	0.839	0.771
18.680	1.947	10.379	0.455	8.4633620630E+001
3.4390262551E+000	-4.1374055167E+001	0.061	0.832	0.766
18.687	1.945	10.383	0.480	8.4337270084E+001
3.4285579743E+000	-4.1245878306E+001	0.074	0.831	0.764
18.700	1.941	10.389	0.494	8.3809578616E+001

3.4096894745E+000	-4.1593269840E+001	0.096	0.828	0.762
18.870	1.885	10.473	0.494	7.5731940111E+001
3.1110006262E+000	-4.7061315204E+001	0.096	0.788	0.730
18.900	1.875	10.488	0.285	7.4322505271E+001
3.0562443872E+000	-4.7211820107E+001	0.096	0.781	0.724
19.114	1.753	10.543	0.188	6.3845075470E+001
2.6354280622E+000	-4.9377878574E+001	0.099	0.733	0.683
19.200	1.684	10.544	0.018	5.9602415413E+001
2.4568345338E+000	-4.9590088996E+001	0.100	0.713	0.665
19.209	1.677	10.545	0.028	5.9152092193E+001
2.4378901216E+000	-4.9610583868E+001	0.100	0.711	0.663
19.250	1.644	10.546	0.151	5.7118400847E+001
2.3524016355E+000	-5.0398222828E+001	0.101	0.701	0.654
19.464	1.503	10.583	0.303	4.5526809300E+001
1.8578877295E+000	-6.1787115000E+001	0.081	0.638	0.595
19.679	1.416	10.676	0.434	3.0619707291E+001
1.2298700510E+000	-7.3882381374E+001	0.056	0.548	0.506
19.687	1.414	10.680	0.527	2.9985781601E+001
1.2033307274E+000	-7.3583953422E+001	0.055	0.544	0.502
19.800	1.378	10.739	0.480	2.2402191800E+001
9.0479919704E-001	-5.9599442309E+001	0.046	0.494	0.451
19.920	1.329	10.792	0.471	1.6244061581E+001
6.7840351413E-001	-5.2079997157E+001	0.046	0.453	0.406
20.134	1.252	10.897	0.491	4.7841815914E+000
2.9249944868E-001	-5.6080074079E+001	0.046	0.392	0.328
20.136	1.252	10.898	0.525	4.6873380689E+000
2.8942525249E-001	-5.6073910010E+001	0.046	0.392	0.328
20.351	1.180	11.010	0.525	-6.6070239718E+000
-5.0877509807E-002	-4.9011079286E+001	0.046	0.368	0.261
20.565	1.109	11.123	0.524	-1.6332085979E+001
-2.8976013995E-001	-3.8617621109E+001	0.046	0.400	0.220
20.569	1.107	11.125	0.518	-1.6498506625E+001
-2.9355470855E-001	-3.8532363629E+001	0.046	0.401	0.220
20.784	1.032	11.236	0.512	-2.5298773830E+001
-4.8495684830E-001	-3.1520401605E+001	0.086	0.461	0.220
20.800	1.024	11.243	0.525	-2.5797976662E+001
-4.9461740886E-001	-3.1024032091E+001	0.065	0.466	0.220
20.993	0.959	11.346	0.512	-3.2289165591E+001
-6.0363206695E-001	-2.9612472113E+001	0.052	0.558	0.220
21.120	0.907	11.407	0.492	-3.5725186596E+001
-6.5292043244E-001	-2.6674890171E+001	0.046	0.626	1.071
21.171	0.889	11.433	0.479	-3.7064088746E+001
-6.7036649942E-001	-2.5418230043E+001	0.046	0.649	1.065
21.385	0.799	11.534	0.470	-4.1456283496E+001
-7.1552220937E-001	-1.8374750032E+001	0.046	0.731	1.047
21.460	0.768	11.569	0.469	-4.2775820082E+001
-7.2514927163E-001	-1.4556161084E+001	0.046	0.756	1.040
21.465	0.765	11.572	0.505	-4.2851492020E+001
-7.2552889484E-001	-1.4349809114E+001	0.046	0.757	1.040
21.680	0.681	11.680	0.549	-4.6025911787E+001
-7.3259820484E-001	-1.2609005359E+001	0.046	0.808	1.019
21.894	0.614	11.807	0.589	-4.8259127075E+001
-7.0680948686E-001	-5.5548660774E+000	0.046	0.832	0.994
21.900	0.612	11.810	0.556	-4.8290856220E+001

-7.0563267351E-001	-5.3992219701E+000	0.046	0.832	0.993
21.994	0.580	11.862	0.595	-4.8761658467E+001
-6.8561712298E-001	-4.6280878844E+000	0.046	0.830	0.983
22.208	0.516	11.994	0.627	-4.9556187732E+001
-6.2783820410E-001	-1.5506215004E+000	0.046	0.817	0.959
22.422	0.457	12.131	0.635	-4.9426674854E+001
-5.5144584896E-001	2.4694385575E+000	0.046	0.812	0.941
22.637	0.396	12.266	0.615	-4.8497117478E+001
-4.6914798487E-001	6.9856493550E+000	0.046	0.832	0.936
22.740	0.363	12.326	0.592	-4.7647276802E+001
-4.3029311509E-001	9.2063074540E+000	0.046	0.855	0.942
22.771	0.353	12.345	0.624	-4.7352931461E+001
-4.1817264913E-001	9.9563760590E+000	0.046	0.864	0.945
22.985	0.290	12.479	0.596	-4.4529483323E+001
-3.3246291690E-001	1.4370752582E+001	0.046	0.959	0.987
23.200	0.214	12.601	0.583	-4.1189734347E+001
-2.5628335820E-001	1.8032762471E+001	0.046	1.094	1.051
23.323	0.176	12.676	0.702	-3.8794574033E+001
-2.0900750731E-001	2.3743575988E+001	0.046	1.228	1.756
23.537	0.140	12.837	0.752	-3.2098359103E+001
-1.1538864416E-001	3.8502935427E+001	0.046	1.690	2.135
23.752	0.104	12.999	0.716	-2.2281786748E+001
-4.3952036461E-002	4.6961334789E+001	0.046	2.905	3.415
23.966	0.053	13.145	0.684	-1.1958010754E+001
-1.3438496974E-002	5.0433626415E+001	0.046	8.029	9.430
24.181	0.003	13.292	0.684	-6.5227368038E-001
-4.7980288340E-004	5.4764378700E+001	0.046	50.000	50.000

# LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
yt(m) : coordinata Y linea di trust  
yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
Zhu et al.(2003)  
FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
Procedure

## TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength (m)	TauS (m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)

(kPa)	(kN/m)					
	7.136	0.064	0.077	-33.249	-0.175	-0.013
0.028	0.002					
	7.200	0.100	0.120	-33.249	-1.720	-0.206
0.715	0.085					
	7.300	0.214	0.256	-33.249	-10.267	-2.633
5.077	1.302					
	7.514	0.214	0.256	-33.249	-11.430	-2.931
5.379	1.379					
	7.729	0.214	0.256	-33.249	-12.593	-3.229
5.671	1.454					
	7.943	0.214	0.256	-33.249	-13.757	-3.527
5.935	1.522					
	8.158	0.214	0.256	-33.249	-14.920	-3.826
6.162	1.580					
	8.372	0.214	0.256	-33.249	-16.083	-4.124
6.406	1.643					
	8.587	0.115	0.138	-33.249	-16.978	-2.340
6.512	0.898					
	8.702	0.214	0.253	-32.124	-17.480	-4.426
7.102	1.798					
	8.916	0.214	0.253	-32.124	-18.571	-4.702
7.384	1.870					
	9.131	0.214	0.253	-32.124	-19.662	-4.979
7.631	1.932					
	9.345	0.097	0.115	-32.124	-20.455	-2.345
7.700	0.883					
	9.442	0.214	0.247	-29.585	-20.065	-4.948
8.644	2.131					
	9.657	0.214	0.247	-29.585	-20.999	-5.178
8.895	2.193					
	9.871	0.066	0.076	-29.585	-21.610	-1.635
8.994	0.680					
	9.937	0.214	0.239	-26.268	-20.255	-4.844
10.131	2.423					
	10.151	0.196	0.218	-26.268	-20.965	-4.580
10.385	2.269					
	10.347	0.214	0.231	-21.878	-18.456	-4.265
11.662	2.695					
	10.562	0.190	0.204	-21.878	-18.942	-3.870
11.769	2.405					
	10.751	0.214	0.226	-18.241	-16.271	-3.674
12.698	2.867					
	10.966	0.150	0.158	-18.241	-16.573	-2.612
12.698	2.002					
	11.115	0.214	0.221	-14.383	-13.105	-2.901
13.539	2.997					
	11.330	0.181	0.187	-14.383	-13.303	-2.487
13.689	2.559					
	11.511	0.214	0.218	-10.997	-9.886	-2.160
14.241	3.111					
	11.725	0.210	0.214	-10.997	-10.004	-2.142
14.337	3.070					
	11.936	0.214	0.217	-8.390	-7.171	-1.554

14.656	3.177					
12.150	0.214	0.217	-8.390	-7.235	-1.568	
14.682	3.182					
12.364	0.087	0.088	-8.390	-7.281	-0.639	
14.687	1.290					
12.451	0.214	0.216	-7.365	-6.121	-1.324	
14.832	3.207					
12.666	0.214	0.216	-7.365	-6.169	-1.334	
14.891	3.220					
12.880	0.029	0.029	-7.365	-6.195	-0.179	
14.907	0.431					
12.909	0.214	0.216	-6.141	-4.750	-1.024	
15.063	3.249					
13.123	0.214	0.216	-6.141	-4.780	-1.031	
15.143	3.266					
13.338	0.001	0.001	-6.141	-4.795	-0.004	
15.160	0.011					
13.338	0.214	0.215	-4.813	-3.182	-0.685	
15.295	3.291					
13.553	0.197	0.197	-4.813	-3.197	-0.631	
15.347	3.027					
13.749	0.214	0.215	-3.440	-1.504	-0.323	
15.463	3.322					
13.964	0.203	0.204	-3.440	-1.509	-0.308	
15.492	3.158					
14.167	0.214	0.215	-2.025	0.262	0.056	
15.527	3.332					
14.382	0.201	0.201	-2.025	0.263	0.053	
15.515	3.116					
14.583	0.214	0.214	-0.676	1.963	0.421	
15.491	3.322					
14.797	0.214	0.214	-0.676	1.964	0.421	
15.476	3.319					
15.011	0.010	0.010	-0.676	1.965	0.019	
15.479	0.152					
15.021	0.214	0.214	0.563	3.526	0.756	
15.435	3.310					
15.236	0.214	0.214	0.563	3.524	0.756	
15.414	3.306					
15.450	0.049	0.049	0.563	3.522	0.174	
15.411	0.760					
15.499	0.214	0.215	1.562	4.774	1.024	
15.353	3.293					
15.714	0.214	0.215	1.562	4.766	1.022	
15.326	3.288					
15.928	0.126	0.126	1.562	4.761	0.599	
15.327	1.927					
16.054	0.214	0.215	5.083	9.100	1.959	
15.055	3.241					
16.268	0.203	0.204	5.083	9.054	1.846	
15.044	3.067					
16.471	0.214	0.218	10.407	15.243	3.323	
14.359	3.130					
16.686	0.159	0.162	10.407	15.102	2.441	

14.397	2.327					
16.845	0.214	0.224	17.023	21.839	4.898	
12.989	2.913					
17.059	0.111	0.116	17.023	21.537	2.493	
12.971	1.502					
17.170	0.214	0.233	23.038	26.360	6.142	
10.975	2.557					
17.384	0.172	0.187	23.038	25.741	4.803	
10.425	1.945					
17.556	0.214	0.244	28.591	28.659	6.999	
8.198	2.002					
17.771	0.120	0.137	28.591	27.872	3.807	
7.656	1.046					
17.891	0.109	0.131	33.623	29.569	3.888	
5.647	0.742					
18.000	0.214	0.258	33.623	101.341	26.097	
38.996	10.042					
18.214	0.053	0.064	33.623	100.507	6.453	
38.613	2.479					
18.268	0.214	0.269	37.164	103.262	27.786	
34.206	9.204					
18.482	0.118	0.148	37.164	102.039	15.066	
33.877	5.002					
18.600	0.010	0.013	37.164	53.396	0.670	
14.270	0.179					
18.610	0.020	0.025	37.164	53.285	1.337	
14.240	0.357					
18.630	0.020	0.025	37.164	53.138	1.334	
14.200	0.356					
18.650	0.030	0.038	37.164	52.954	1.993	
14.104	0.531					
18.680	0.007	0.009	37.164	52.817	0.476	
14.076	0.127					
18.687	0.013	0.017	39.463	53.548	0.890	
12.713	0.211					
18.700	0.170	0.220	39.463	52.649	11.593	
12.518	2.756					
18.870	0.030	0.039	39.463	51.837	2.014	
12.311	0.478					
18.900	0.214	0.278	39.463	50.587	14.051	
11.921	3.311					
19.114	0.086	0.111	39.463	49.008	5.432	
11.518	1.277					
19.200	0.009	0.012	39.463	48.510	0.571	
11.365	0.134					
19.209	0.041	0.053	39.818	48.330	2.575	
11.085	0.591					
19.250	0.214	0.279	39.818	47.076	13.143	
10.743	2.999					
19.464	0.214	0.279	39.818	45.002	12.564	
10.322	2.882					
19.679	0.009	0.011	39.818	43.924	0.490	
10.055	0.112					
19.687	0.113	0.147	40.220	43.412	6.400	

9.431	1.390					
	19.800	0.120	0.157	40.220	42.357	6.657
8.814	1.385					
	19.920	0.214	0.281	40.220	40.958	11.502
8.487	2.384					
	20.134	0.002	0.002	40.220	40.053	0.091
8.808	0.020					
	20.136	0.214	0.283	40.638	39.202	11.078
8.204	2.318					
	20.351	0.214	0.283	40.638	37.378	10.562
8.248	2.331					
	20.565	0.004	0.006	40.638	36.447	0.208
8.935	0.051					
	20.569	0.214	0.284	41.075	35.558	10.115
8.450	2.404					
	20.784	0.016	0.021	41.075	34.560	0.743
9.123	0.196					
	20.800	0.193	0.256	41.075	33.480	8.560
8.798	2.249					
	20.993	0.128	0.171	41.601	31.841	5.435
8.934	1.525					
	21.120	0.050	0.067	41.601	30.878	2.080
26.490	1.785					
	21.171	0.214	0.287	41.601	29.388	8.427
26.396	7.569					
	21.385	0.075	0.100	41.601	27.760	2.777
26.339	2.635					
	21.460	0.005	0.007	41.601	27.307	0.193
26.300	0.186					
	21.465	0.214	0.289	42.015	25.989	7.501
26.273	7.583					
	21.680	0.214	0.289	42.015	23.362	6.743
26.167	7.552					
	21.894	0.006	0.008	42.015	22.013	0.173
26.111	0.206					
	21.900	0.094	0.126	42.015	21.529	2.712
26.102	3.288					
	21.994	0.214	0.290	42.403	20.055	5.824
26.063	7.569					
	22.208	0.214	0.290	42.403	17.971	5.219
26.003	7.551					
	22.422	0.214	0.290	42.403	15.888	4.614
25.984	7.546					
	22.637	0.103	0.139	42.403	14.346	1.999
25.988	3.622					
	22.740	0.031	0.042	42.612	13.699	0.577
25.979	1.095					
	22.771	0.214	0.291	42.612	12.497	3.641
25.973	7.568					
	22.985	0.214	0.291	42.612	10.398	3.030
26.003	7.577					
	23.200	0.123	0.167	42.612	8.745	1.464
25.984	4.349					
	23.323	0.214	0.291	42.612	7.138	2.080

41.217	12.009					
	23.537	0.214	0.291	42.612	5.130	1.495
41.289	12.030					
	23.752	0.214	0.291	42.612	3.123	0.910
41.421	12.069					
	23.966	0.214	0.291	42.612	1.115	0.325
41.478	12.085					
	24.181	0.012	0.016	42.612	0.056	0.001
41.492	0.670					

-----

# ----- LEGENDA SIMBOLI

X(m)	: Ascissa sinistra concio
dx(m)	: Larghezza concio
dl(m)	: lunghezza base concio
alpha(°)	: Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa)	: Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m)	: Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa)	: Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m)	: Forza resistente al taglio su base concio

-----

-----



**Allegato N**

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

-----  
Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.3 sponda sinistra - zona corridoio - Analisi  
statica non drenata REV3.txt

Data: 19/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.3 sponda sx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
9.00	7.90	21.50	10.93	21.50	7.93	9.00	4.93
21.50	7.90	39.00	10.93	39.00	7.93	39.00	4.93
21.50	7.93	-	-	-	-	-	-
21.50	9.30	-	-	-	-	-	-
21.50	10.93	-	-	-	-	-	-
21.50	12.80	-	-	-	-	-	-
21.50	13.40	-	-	-	-	-	-
22.10	13.40	-	-	-	-	-	-
22.20	13.40	-	-	-	-	-	-
24.25	13.60	-	-	-	-	-	-
24.25	13.00	-	-	-	-	-	-
27.05	13.00	-	-	-	-	-	-
27.05	13.60	-	-	-	-	-	-
39.00	13.62	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
21.50	13.40	-	-	-	-	-	-
22.10	13.40	-	-	-	-	-	-

STR_IDX	sgci	fi` GSI	C` mi	D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	0.00	0.00	0.00	0.00	55.36	19.22	19.22
4.264	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	0.00	0.00	0.00	0.00	35.00	20.10	20.10
1.858	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	24.79	0.00	0.00	0.00	0.00	18.82	18.82
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	0.00	0.00	0.00	0.00	56.43	19.10	19.10

4.435	0.00	0.00	0.00	0.00		
STRATO 5		0.00	0.00	300.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00		

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)  
 C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)  
 Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)  
 Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)  
 Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)  
 STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
 (adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 40.00

Carico in X2 (Kpa): 40.00

Posizione carico da X1 m.: 24.25

a X2 m.: 27.05

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 40.00 a 40.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- TIRANTI/ANCORAGGI PRESENTI -----

TIPO TIRANTE : Attivo

DISTRIBUZIONE FORZA RESISTENTE TIPO : Trapezoidale

PROCEDURA AUTOMATICA CALCOLO MOBILIZZAZIONE FORZA TIRANTI: Attivata

TIRANTE/ANCORAGGIO N.1

Coordinata X Testa (m): 21.50

Coordinata Y Testa (m): 11.90

Angolo con orizzontale(Gradi): -30.00

Lunghezza (m): 18.00

Tensione o Forza (KN/m): 200.00

% lunghezza cementata (%) ): 77.78

----- PALIFICATE PRESENTI -----

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975) - HASSIOTIS (1997)

PALIFICATA N.1

Coordinata X Testa (m): 22.10

Coordinata Y Testa (m): 13.40

Lunghezza pali L (m)\* : 12.15

Diametro pali D(m): 0.60

Interasse tra pali D1(m): 1.00

Lunghezza apertura tra pali D2(m): 0.40

Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018): 1.00

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: Attivata

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,

ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio

(incastro).

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 9.60

36.60

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 12.60

38.40

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000

COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

-----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR FS \*

Fattore di sicurezza (FS) 1.5883 - Min. - X Y Lambda=  
1.5000

13.70	7.90
15.23	6.93
15.97	6.48
16.46	6.20
16.88	5.99
17.29	5.81
17.68	5.67
18.10	5.54
18.58	5.41
19.19	5.28
19.62	5.21
19.98	5.18
20.28	5.21
20.65	5.29
20.95	5.41
21.31	5.60
21.73	5.86
22.28	6.24
22.77	6.58
23.22	6.91
23.64	7.23
24.06	7.55
24.47	7.88
24.88	8.22
25.31	8.58
25.75	8.97
26.18	9.34
26.61	9.72
27.02	10.10
27.44	10.49
27.91	10.93
28.43	11.44
29.17	12.17
30.61	13.61

Fattore di sicurezza (FS) 1.6305 - N.2 -- X Y Lambda=  
1.5000

12.41	7.90
13.65	7.29
14.27	7.00
14.69	6.81
15.05	6.66
15.40	6.53
15.73	6.42
16.07	6.32
16.43	6.23
16.84	6.13
17.20	6.06
17.54	6.00

17.87	5.96
18.21	5.92
18.54	5.91
18.89	5.90
19.27	5.91
19.73	5.93
20.09	5.97
20.40	6.03
20.68	6.11
21.01	6.23
21.29	6.37
21.61	6.56
21.96	6.80
22.40	7.12
22.78	7.41
23.14	7.70
23.49	7.98
23.83	8.28
24.17	8.58
24.51	8.90
24.86	9.23
25.23	9.59
25.59	9.95
25.94	10.30
26.30	10.65
26.65	11.00
27.05	11.39
27.49	11.82
28.10	12.43
29.29	13.60

Fattore di sicurezza (FS)      1.6335   - N.3   --      X      Y      Lambda=  
1.5000

11.83	7.90
13.14	7.21
13.78	6.88
14.22	6.68
14.60	6.52
14.96	6.38
15.29	6.27
15.65	6.17
16.02	6.07
16.43	5.98
16.82	5.90
17.19	5.83
17.54	5.77
17.91	5.72
18.27	5.67
18.66	5.62
19.08	5.58
19.57	5.53
19.92	5.52
20.24	5.55

20.50	5.61
20.83	5.72
21.10	5.86
21.42	6.06
21.79	6.33
22.26	6.70
22.68	7.04
23.07	7.36
23.43	7.68
23.80	8.01
24.16	8.33
24.52	8.67
24.88	9.02
25.26	9.39
25.64	9.76
26.01	10.13
26.38	10.49
26.75	10.86
27.16	11.27
27.62	11.72
28.27	12.37
29.51	13.60

Fattore di sicurezza (FS)	1.6487	- N.4 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

13.19	7.90
14.71	7.05
15.46	6.66
15.96	6.41
16.40	6.22
16.81	6.06
17.21	5.92
17.64	5.80
18.12	5.68
18.70	5.56
19.13	5.49
19.51	5.46
19.83	5.48
20.21	5.54
20.54	5.63
20.91	5.79
21.34	6.00
21.91	6.31
22.39	6.60
22.82	6.87
23.23	7.15
23.65	7.45
24.05	7.75
24.46	8.09
24.88	8.45
25.35	8.86
25.79	9.26
26.22	9.66



26.65	10.05
27.07	10.45
27.54	10.91
28.07	11.42
28.82	12.16
30.28	13.61

Fattore di sicurezza (FS)	1.6496	- N.5 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

12.51	7.90
13.79	7.11
14.39	6.75
14.80	6.53
15.14	6.38
15.48	6.25
15.78	6.15
16.11	6.07
16.47	6.00
16.90	5.93
17.27	5.89
17.61	5.86
17.94	5.84
18.28	5.83
18.61	5.84
18.96	5.85
19.34	5.89
19.79	5.93
20.14	5.99
20.46	6.07
20.74	6.16
21.07	6.30
21.36	6.46
21.68	6.65
22.03	6.89
22.45	7.21
22.83	7.50
23.19	7.79
23.54	8.07
23.88	8.36
24.22	8.66
24.56	8.97
24.91	9.29
25.28	9.64
25.63	9.98
25.99	10.31
26.34	10.65
26.68	10.99
27.08	11.38
27.51	11.81
28.13	12.42
29.31	13.60

Fattore di sicurezza (FS)      1.6525   - N.6 --      X      Y      Lambda=  
1.5000

13.10	7.90
14.12	7.43
14.63	7.20
14.99	7.04
15.31	6.91
15.60	6.81
15.88	6.71
16.17	6.61
16.47	6.52
16.79	6.42
17.09	6.34
17.38	6.26
17.66	6.20
17.95	6.13
18.24	6.08
18.54	6.02
18.87	5.97
19.24	5.91
19.53	5.89
19.79	5.88
20.02	5.90
20.29	5.95
20.53	6.01
20.80	6.11
21.10	6.24
21.49	6.43
21.81	6.60
22.10	6.77
22.37	6.95
22.66	7.15
22.92	7.36
23.20	7.59
23.49	7.84
23.81	8.14
24.12	8.42
24.42	8.71
24.72	8.98
25.02	9.25
25.31	9.53
25.61	9.80
25.90	10.08
26.20	10.35
26.49	10.63
26.78	10.91
27.08	11.18
27.37	11.46
27.70	11.78
28.07	12.13
28.58	12.63
29.58	13.60

Fattore di sicurezza (FS)	1.6527	- N.7 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

13.23	7.90
14.69	7.18
15.42	6.83
15.94	6.59
16.39	6.40
16.81	6.23
17.23	6.06
17.67	5.90
18.16	5.73
18.73	5.54
19.14	5.43
19.49	5.37
19.78	5.37
20.15	5.42
20.45	5.50
20.81	5.66
21.23	5.89
21.81	6.23
22.29	6.53
22.73	6.83
23.13	7.12
23.54	7.44
23.93	7.76
24.34	8.12
24.75	8.50
25.20	8.93
25.64	9.35
26.07	9.76
26.50	10.17
26.92	10.57
27.40	11.03
27.92	11.53
28.66	12.24
30.08	13.61

Fattore di sicurezza (FS)	1.6570	- N.8 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

12.97	7.90
14.59	6.90
15.36	6.45
15.87	6.17
16.31	5.97
16.73	5.81
17.12	5.69
17.55	5.58
18.04	5.49
18.65	5.40
19.11	5.35
19.51	5.35
19.86	5.38
20.26	5.46

20.61	5.57
21.01	5.74
21.45	5.96
22.02	6.28
22.51	6.57
22.97	6.85
23.39	7.13
23.83	7.43
24.25	7.74
24.68	8.08
25.12	8.43
25.60	8.84
26.06	9.23
26.50	9.62
26.94	10.01
27.38	10.41
27.87	10.86
28.42	11.38
29.19	12.13
30.71	13.61

Fattore di sicurezza (FS)	1.6589	- N.9 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

12.69	7.90
13.98	7.11
14.60	6.74
15.02	6.52
15.36	6.36
15.70	6.23
16.01	6.14
16.34	6.05
16.70	5.99
17.14	5.92
17.51	5.88
17.87	5.84
18.20	5.82
18.54	5.82
18.88	5.82
19.23	5.84
19.62	5.87
20.07	5.92
20.43	5.97
20.75	6.05
21.04	6.15
21.37	6.29
21.67	6.44
21.99	6.64
22.34	6.88
22.77	7.20
23.16	7.50
23.53	7.78
23.88	8.07
24.23	8.36

24.57	8.66
24.92	8.97
25.28	9.29
25.65	9.63
26.01	9.97
26.36	10.30
26.72	10.64
27.07	10.98
27.47	11.36
27.91	11.79
28.53	12.41
29.74	13.60

Fattore di sicurezza (FS)	1.6609	- N.10 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

12.41	7.90
13.65	7.38
14.28	7.13
14.73	6.95
15.13	6.79
15.49	6.66
15.85	6.53
16.22	6.41
16.61	6.28
17.03	6.14
17.38	6.04
17.72	5.96
18.03	5.91
18.38	5.87
18.69	5.86
19.04	5.86
19.43	5.89
19.91	5.94
20.29	5.99
20.63	6.07
20.93	6.17
21.27	6.30
21.57	6.45
21.90	6.65
22.26	6.89
22.70	7.20
23.09	7.49
23.46	7.77
23.82	8.05
24.17	8.35
24.52	8.65
24.87	8.96
25.23	9.29
25.61	9.65
25.98	10.00
26.35	10.34
26.71	10.69
27.07	11.03

27.48	11.42
27.94	11.85
28.57	12.45
29.79	13.60

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR Fs \*

# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.588	581.0	365.8	142.1	Surplus
2	1.631	525.7	322.4	138.8	Surplus
3	1.633	550.9	337.3	146.2	Surplus
4	1.649	570.5	346.0	155.3	Surplus
5	1.650	528.1	320.1	143.9	Surplus
6	1.653	528.3	319.7	144.7	Surplus
7	1.653	570.2	345.0	156.2	Surplus
8	1.657	591.1	356.7	163.0	Surplus
9	1.659	547.9	330.3	151.6	Surplus
10	1.661	545.7	328.5	151.4	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 138.8

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

-----  
TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

phi'	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
	(c',Cu)					
	(kPa)					
24.79	13.705	0.213	-32.42	0.27	0.52	0.66
	0.00					
24.79	13.918	0.213	-32.42	0.82	0.52	1.99
	0.00					
24.79	14.131	0.213	-32.42	1.36	0.52	3.32
	0.00					
24.79	14.344	0.213	-32.42	1.90	0.52	4.65
	0.00					
24.79	14.558	0.213	-32.42	2.45	0.52	6.15
	0.00					
	14.771	0.213	-32.42	2.99	0.52	7.50

24.79	0.00					
	14.984	0.213	-32.42	3.53	0.52	8.78
24.79	0.00					
	15.197	0.033	-32.42	0.60	0.52	9.97
24.79	0.00					
	15.231	0.213	-31.44	4.15	0.52	10.15
24.79	0.00					
	15.444	0.213	-31.44	4.67	0.52	11.36
24.79	0.00					
	15.657	0.213	-31.44	5.20	0.52	12.59
24.79	0.00					
	15.871	0.095	-31.44	2.47	0.52	13.77
24.79	0.00					
	15.965	0.213	-29.34	5.93	0.52	14.25
24.79	0.00					
	16.178	0.213	-29.34	6.41	0.52	15.41
24.79	0.00					
	16.392	0.072	-29.34	2.26	0.52	16.51
24.79	0.00					
	16.463	0.213	-26.72	7.03	0.52	16.85
24.79	0.00					
	16.677	0.208	-26.72	7.28	0.52	17.85
24.79	0.00					
	16.885	0.213	-23.30	7.85	0.52	18.84
24.79	0.00					
	17.098	0.193	-23.30	7.42	0.52	19.81
24.79	0.00					
	17.291	0.213	-20.28	8.53	0.52	20.61
24.79	0.00					
	17.504	0.173	-20.28	7.17	0.52	21.46
24.79	0.00					
	17.678	0.213	-17.30	9.08	0.52	22.07
24.79	0.00					
	17.891	0.212	-17.30	9.31	0.52	22.75
24.79	0.00					
	18.103	0.213	-14.67	9.59	0.52	23.36
24.79	0.00					
	18.317	0.213	-14.67	9.81	0.52	23.92
24.79	0.00					
	18.530	0.055	-14.67	2.55	0.52	24.41
24.79	0.00					
	18.585	0.213	-12.76	10.08	0.52	24.56
24.79	0.00					
	18.798	0.213	-12.76	10.27	0.52	25.03
24.79	0.00					
	19.011	0.177	-12.76	8.65	0.52	25.45
24.79	0.00					
	19.188	0.213	-9.42	10.60	0.52	25.76
24.79	0.00					
	19.401	0.213	-9.42	10.74	0.52	26.05
24.79	0.00					
	19.614	0.003	-9.42	0.13	0.52	26.22
24.79	0.00					
	19.617	0.213	-3.52	10.84	0.52	26.22

24.79	0.00					
19.830	0.149	-3.52	7.62	0.52	26.19	
24.79	0.00					
19.979	0.213	4.88	10.87	0.52	25.96	
24.79	0.00					
20.193	0.085	4.88	4.32	0.52	25.43	
24.79	0.00					
20.278	0.213	13.07	10.70	0.52	25.08	
24.79	0.00					
20.491	0.156	13.07	7.69	0.52	24.50	
24.79	0.00					
20.647	0.213	20.68	10.30	0.50	25.79	
24.79	0.00					
20.860	0.091	20.68	4.32	0.46	28.83	
24.79	0.00					
20.952	0.213	27.56	9.77	0.44	30.26	
24.79	0.00					
21.165	0.148	27.56	6.52	0.40	33.85	
24.79	0.00					
21.313	0.187	32.02	7.89	0.38	36.61	
24.79	0.00					
21.500	0.040	32.02	6.11	0.34	40.15	
24.79	0.00					
21.540	0.040	32.02	6.09	0.34	40.73	
24.79	0.00					
21.580	0.050	32.02	7.58	0.33	41.22	
24.79	0.00					
21.630	0.101	32.02	15.23	0.33	41.67	
24.79	0.00					
21.731	0.019	34.63	2.86	0.32	42.43	
24.79	0.00					
21.750	0.150	34.63	22.35	0.32	42.53	
24.79	0.00					
21.900	0.200	34.63	29.34	0.31	43.13	
24.79	0.00					
22.100	0.100	34.63	14.48	0.30	43.37	
24.79	0.00					
22.200	0.082	34.63	11.53	0.30	43.11	
24.79	0.00					
22.282	0.118	35.31	16.37	0.29	42.81	
24.79	0.00					
22.400	0.213	35.31	29.25	0.29	42.14	
24.79	0.00					
22.613	0.156	35.31	21.01	0.29	40.07	
24.79	0.00					
22.769	0.213	36.11	28.34	0.29	38.84	
24.79	0.00					
22.982	0.213	36.11	27.80	0.29	37.41	
24.79	0.00					
23.195	0.005	36.11	0.60	0.29	35.89	
24.79	0.00					
23.200	0.016	36.11	2.02	0.29	35.86	
24.79	0.00					
23.216	0.213	36.96	27.20	0.28	35.73	



24.79	0.00					
	23.429	0.211	36.96	26.39	0.28	33.77
24.79	0.00					
	23.640	0.213	37.85	26.08	0.26	30.35
24.79	0.00					
	23.853	0.204	37.85	24.40	0.23	25.95
24.79	0.00					
	24.057	0.193	38.64	22.55	0.20	21.39
24.79	0.00					
	24.250	0.213	38.64	30.42	0.16	16.91
24.79	0.00					
	24.463	0.005	38.64	0.65	0.13	12.72
24.79	0.00					
	24.468	0.058	39.41	8.15	0.13	12.63
24.79	0.00					
	24.526	0.213	39.41	29.50	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.739	0.146	39.41	19.73	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.885	0.213	40.14	28.22	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.098	0.212	40.14	27.29	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.310	0.213	40.80	26.68	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.523	0.213	40.80	25.89	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.737	0.018	40.80	2.20	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.755	0.213	41.31	25.02	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.968	0.114	41.31	12.99	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.082	0.100	41.31	11.23	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.181	0.002	41.31	0.27	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.184	0.213	41.84	23.40	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.397	0.208	41.84	22.03	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.605	0.213	42.37	21.78	0.00	0.00
0.00	35.00					
	26.818	0.203	42.37	19.94	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.021	0.029	42.90	2.77	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.050	0.213	42.90	13.96	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.263	0.177	42.90	10.94	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.440	0.213	43.57	12.40	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.653	0.007	43.57	0.39	0.00	0.00

0.00	35.00					
	27.660	0.213	43.57	11.50	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.874	0.029	43.57	1.47	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.902	0.004	43.57	0.20	0.00	0.00
0.00	55.36					
	27.906	0.094	44.10	4.74	0.00	0.00
0.00	55.36					
	28.000	0.213	44.10	10.14	0.00	0.00
0.00	55.36					
	28.213	0.213	44.10	9.29	0.00	0.00
0.00	55.36					
	28.427	0.002	44.10	0.07	0.00	0.00
0.00	55.36					
	28.428	0.213	44.59	8.43	0.00	0.00
0.00	55.36					
	28.642	0.213	44.59	7.57	0.00	0.00
0.00	55.36					
	28.855	0.213	44.59	6.71	0.00	0.00
0.00	55.36					
	29.068	0.100	44.59	2.84	0.00	0.00
0.00	55.36					
	29.168	0.213	44.85	5.45	0.00	0.00
0.00	55.36					
	29.381	0.213	44.85	4.58	0.00	0.00
0.00	55.36					
	29.594	0.213	44.85	3.71	0.00	0.00
0.00	55.36					
	29.807	0.213	44.85	2.84	0.00	0.00
0.00	55.36					
	30.021	0.213	44.85	1.97	0.00	0.00
0.00	55.36					
	30.234	0.213	44.85	1.11	0.00	0.00
0.00	55.36					
	30.447	0.165	44.85	0.26	0.00	0.00
0.00	55.36					

-----

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----					
-----					
---					
T(x)	X	ht	yt	yt'	E(x)
(kN/m)	(m)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
		(m)	(m)	(--)	(kN/m)
		(kN)	(--)	(--)	(--)
0.000000000E+000	13.705	0.000	7.900	-0.475	0.000000000E+000
0.000000000E+000	13.918	0.034	7.799	0.053	0.833 0.392
4.6185309051E-007	14.131	0.068	7.697	-0.475	1.0531959321E-001
4.6185309051E-007	14.344	0.104	7.597	0.053	0.833 0.392
4.6185309051E-007	14.558	0.125	7.483	-0.472	2.8805826587E-001
1.4419913582E-001	14.771	0.159	7.382	0.053	1.149 0.703
3.1299715026E-001	14.984	0.199	7.286	-0.503	6.4571908607E-001
5.6165111493E-001	15.197	0.245	7.197	0.053	1.199 0.753
8.9415827379E-001	15.231	0.253	7.184	-0.505	1.2170885726E+000
9.5543906977E-001	15.444	0.295	7.096	1.212	1.251 0.800
1.5575475347E+000	15.657	0.337	7.007	-0.462	1.7671786983E+000
2.4240019224E+000	15.871	0.382	6.922	1.306	1.350 0.883
3.5554212757E+000	15.965	0.406	6.888	-0.433	2.3263695882E+000
4.1228291401E+000	16.178	0.444	6.806	1.525	1.486 0.994
5.8089020814E+000	16.392	0.485	6.727	-0.414	3.0389689196E+000
7.9358155184E+000	16.463	0.501	6.703	1.643	1.655 1.129
8.7454925204E+000	16.677	0.538	6.633	-0.413	3.1685515731E+000
1.1558246047E+001	16.885	0.574	6.564	1.663	1.686 1.153
1.4816627353E+001	17.098	0.597	6.495	-0.415	4.5423329528E+000
1.8542064894E+001	17.291	0.625	6.439	1.670	1.971 1.363
2.1977860361E+001	17.504	0.644	6.380	-0.407	6.6593720422E+000
2.5934247767E+001	17.678	0.665	6.337	1.605	2.358 1.617
2.8938367712E+001	17.891	0.684	6.289	-0.386	9.5762853527E+000
3.2294360234E+001				1.531	2.824 1.859
				-0.377	1.1134650699E+001
				1.497	3.043 1.945
				-0.378	1.5780375253E+001
				1.432	3.617 2.077
				-0.360	2.1475370060E+001
				1.400	4.164 2.086
				-0.331	2.3546076975E+001
				1.399	4.306 2.059
				-0.332	3.0437811307E+001
				1.409	4.613 1.933
				-0.326	3.7998815371E+001
				1.433	4.663 1.795
				-0.305	4.6147686641E+001
				1.464	4.490 1.666
				-0.283	5.3282920042E+001
				1.496	4.152 1.570
				-0.265	6.1292591355E+001
				1.527	3.749 1.487
				-0.235	6.7362432218E+001
				1.544	3.386 1.439
				-0.213	7.4238588029E+001
				1.558	3.041 1.401

18.103	0.707	6.246	-0.192	8.0423461952E+001	
3.5183443150E+001	2.7544801467E+001		1.562	2.766	1.382
18.317	0.724	6.207	-0.171	8.5961598684E+001	
3.7555949754E+001	2.3961680773E+001		1.556	2.560	1.379
18.530	0.746	6.173	-0.165	9.0643133630E+001	
3.9194703387E+001	2.3373917078E+001		1.537	2.409	1.393
18.585	0.750	6.163	-0.160	9.1940535642E+001	
3.9454314060E+001	2.2160756698E+001		1.525	2.368	1.403
18.798	0.765	6.130	-0.147	9.5353953617E+001	
3.9823957291E+001	7.7406866124E+000		1.483	2.265	1.451
19.011	0.784	6.100	-0.132	9.5241943272E+001	
3.9108958838E+001	-7.5784173844E+000		1.458	2.194	1.522
19.188	0.802	6.079	-0.113	9.2873569839E+001	
3.7766500464E+001	-2.1208659592E+001		1.444	2.155	1.596
19.401	0.815	6.056	-0.089	8.6343487607E+001	
3.5001011334E+001	-3.7677686115E+001		1.443	2.153	1.705
19.614	0.835	6.041	-0.073	7.6804013395E+001	
3.1434205385E+001	-5.6442156730E+001		1.461	2.206	1.814
19.617	0.835	6.041	-0.021	7.6655187644E+001	
3.1384735244E+001	-5.6675643269E+001		1.462	2.206	1.815
19.830	0.844	6.036	0.003	6.3028758366E+001	
2.7480581382E+001	-6.3115231120E+001		1.569	2.313	1.855
19.979	0.858	6.042	0.061	5.3684727562E+001	
2.4549104981E+001	-5.9974463501E+001		1.658	2.383	1.808
20.193	0.857	6.059	0.098	4.1684430993E+001	
2.0664729201E+001	-5.4517572027E+001		1.823	2.450	1.660
20.278	0.862	6.071	0.247	3.7095725254E+001	
1.9265264470E+001	-5.1277706730E+001		1.925	2.433	1.573
20.491	0.874	6.132	0.657	2.7514252072E+001	
1.7343459720E+001	-2.9177197032E+001		2.393	2.294	1.344
20.647	1.019	6.313	0.685	2.4761520983E+001	
1.9765647016E+001	-5.1958320410E+000		3.053	2.050	1.184
20.860	1.010	6.385	0.303	2.7293220691E+001	
2.7286172133E+001	1.8681689830E+001		3.762	1.775	1.060
20.952	0.996	6.406	0.287	2.9269113366E+001	
3.0969980191E+001	2.3061261997E+001		3.956	1.693	1.032
21.165	0.952	6.472	0.313	3.4912223375E+001	
4.0914358176E+001	3.3256611691E+001		4.321	1.558	0.996
21.313	0.921	6.519	0.348	4.0537085352E+001	
4.9129047139E+001	3.9831624287E+001		4.428	1.488	0.983
21.500	0.874	6.589	6.381	4.8421255571E+001	
5.9336111513E+001	4.6555443254E+001		0.808	1.430	0.978
21.540	2.227	7.967	18.162	5.0320972404E+001	
6.1340275053E+001	4.4640191944E+001		0.387	1.420	0.977
21.580	2.277	8.042	1.719	5.1992470926E+001	
6.3338648979E+001	3.8484232774E+001		0.314	1.410	0.977
21.630	2.325	8.122	1.546	5.3710230672E+001	
6.5576564488E+001	3.3121399782E+001		0.297	1.400	0.977
21.731	2.416	8.275	1.505	5.6803004626E+001	
7.0042633249E+001	2.8323798108E+001		0.281	1.380	0.977
21.750	2.430	8.302	1.276	5.7333662197E+001	
7.0840451063E+001	2.7565997358E+001		0.285	1.377	0.978
21.900	2.515	8.491	1.207	6.1086308340E+001	
7.6629615017E+001	2.4406107540E+001		0.308	1.357	0.980

22.100	2.610	8.725	1.160	6.5804454271E+001	
8.3474365837E+001	2.0540320894E+001		0.335	1.336	0.985
22.200	2.656	8.839	1.120	6.7705965923E+001	
8.5616736463E+001	1.4742681745E+001		0.546	1.328	0.990
22.282	2.689	8.929	1.012	6.8629756160E+001	
8.6989586030E+001	6.5386257110E+000		0.554	1.322	0.994
22.400	2.718	9.042	0.855	6.8609808914E+001	
8.7754987916E+001	-5.4862066787E+000		0.558	1.315	1.000
22.613	2.737	9.212	0.676	6.5385975023E+001	
8.6078405005E+001	-2.2036832152E+001		0.547	1.303	1.015
22.769	2.706	9.291	0.458	6.1172421662E+001	
8.2464463259E+001	-2.8810188438E+001		0.524	1.296	1.024
22.982	2.640	9.381	0.405	5.4524207772E+001	
7.4779969131E+001	-3.3623336260E+001		0.475	1.284	1.028
23.195	2.568	9.464	0.390	4.6832047940E+001	
6.5470321320E+001	-3.9803489857E+001		0.416	1.258	1.021
23.200	2.566	9.466	0.364	4.6645436583E+001	
6.5253540694E+001	-3.9809586852E+001		0.414	1.257	1.020
23.216	2.561	9.471	0.374	4.6025302921E+001	
6.4539667150E+001	-3.9570160866E+001		0.410	1.254	1.019
23.429	2.480	9.551	0.394	3.7544770420E+001	
5.3886370512E+001	-4.1342546128E+001		0.342	1.202	0.983
23.640	2.408	9.638	0.417	2.8482744867E+001	
4.0863591720E+001	-4.3595995081E+001		0.259	1.116	0.912
23.853	2.333	9.728	0.402	1.9036508112E+001	
2.7014243990E+001	-4.2974544880E+001		0.171	1.033	0.838
24.057	2.252	9.806	0.244	1.0528116949E+001	
1.4519673913E+001	-4.1564741780E+001		0.092	0.966	0.774
24.250	2.117	9.825	0.299	2.5488614201E+000	
3.0285068051E+000	-3.7462280784E+001		0.053	0.918	0.723
24.463	2.049	9.927	0.480	-4.5037557783E+000	
-6.5514100473E+000	-3.2072663246E+001		0.053	0.894	0.692
24.468	2.047	9.929	0.408	-4.6509841090E+000	
-6.7437705188E+000	-3.2075858841E+001		0.053	0.893	0.692
24.526	2.023	9.953	0.344	-6.5290592981E+000	
-9.1855651369E+000	-3.2742969905E+001		0.066	0.893	1.147
24.739	1.918	10.023	0.348	-1.3789935856E+001	
-1.7924516516E+001	-3.6087673116E+001		0.133	0.901	1.124
24.885	1.853	10.077	0.432	-1.9252333118E+001	
-2.3964924569E+001	-3.9703056753E+001		0.182	0.917	1.125
25.098	1.773	10.178	0.528	-2.8412333365E+001	
-3.3261956599E+001	-3.9973229215E+001		0.260	0.958	1.152
25.310	1.718	10.302	0.572	-3.6256132040E+001	
-4.1807819463E+001	-3.1939827286E+001		0.338	1.027	1.217
25.523	1.654	10.421	0.495	-4.1979237804E+001	
-4.8329297084E+001	-1.9207917186E+001		0.403	1.107	1.301
25.737	1.561	10.513	0.428	-4.4448320606E+001	
-5.1387590047E+001	-4.3723757375E+000		0.444	1.173	1.379
25.755	1.553	10.520	0.386	-4.4517457769E+001	
-5.1525120455E+001	-3.3253929355E+000		0.447	1.178	1.385
25.968	1.447	10.602	0.386	-4.4181290092E+001	
-5.2295330479E+001	5.0800694959E+000		0.470	1.232	1.450
26.082	1.392	10.646	0.387	-4.3392969197E+001	
-5.2097523772E+001	8.3921085129E+000		0.478	1.252	1.473

26.181	1.342	10.685	0.386	-4.2429100544E+001	
-5.1872793009E+001	4.9711141760E+000		0.484	1.268	1.491
26.184	1.341	10.686	0.438	-4.2417421903E+001	
-5.1867092698E+001	4.7962436082E+000		0.484	1.268	1.491
26.397	1.244	10.779	0.480	-4.2563080960E+001	
-5.1059755185E+001	-5.1654607959E+000		0.496	1.285	1.507
26.605	1.166	10.888	0.595	-4.4546177483E+001	
-5.0094999049E+001	-1.4809297339E+001		0.507	1.291	1.509
26.818	1.114	11.030	0.741	-4.8857365859E+001	
-4.8951368858E+001	-2.7074695592E+001		0.518	1.291	1.502
27.021	1.095	11.196	0.818	-5.5673303962E+001	
-4.7644117011E+001	-3.2415396430E+001		0.527	1.331	1.488
27.050	1.092	11.220	0.780	-5.6603315326E+001	
-4.7455062215E+001	-3.2342178472E+001		0.518	1.338	1.486
27.263	1.059	11.385	0.709	-6.3650118495E+001	
-4.6054240021E+001	-2.7562717624E+001		0.433	1.400	1.474
27.440	1.006	11.496	0.594	-6.7721768456E+001	
-4.4802308851E+001	-1.9812711604E+001		0.436	1.464	1.468
27.653	0.924	11.617	0.565	-7.1123751168E+001	
-4.3120852473E+001	-1.3119621073E+001		0.439	1.549	1.459
27.660	0.921	11.621	0.506	-7.1214994635E+001	
-4.3063778547E+001	-1.2898335599E+001		0.439	1.552	1.459
27.874	0.826	11.729	0.505	-7.3133108062E+001	
-4.1192413205E+001	-7.1756349738E+000		0.440	1.652	1.448
27.902	0.813	11.743	0.503	-7.3330813879E+001	
-4.0927128368E+001	-6.1972156673E+000		0.440	1.667	2.288
27.906	0.811	11.745	0.469	-7.3354109911E+001	
-4.0891169175E+001	-5.9623480756E+000		0.440	1.669	2.288
28.000	0.764	11.789	0.524	-7.3599048580E+001	
-3.9974501365E+001	-1.5326556051E+000		0.445	1.703	2.278
28.213	0.675	11.906	0.552	-7.3406579685E+001	
-3.7171903605E+001	3.1642093598E+000		0.450	1.768	2.249
28.427	0.586	12.024	0.555	-7.2249511330E+001	
-3.3936068792E+001	6.9118359588E+000		0.450	1.815	2.219
28.428	0.586	12.025	0.627	-7.2237054062E+001	
-3.3908117241E+001	6.9477669948E+000		0.450	1.815	2.219
28.642	0.509	12.159	0.682	-7.0164070761E+001	
-2.9968966412E+001	1.2251712676E+001		0.440	1.848	2.197
28.855	0.456	12.316	0.753	-6.7011691025E+001	
-2.5162200596E+001	1.7021860758E+001		0.414	1.876	2.193
29.068	0.410	12.480	0.721	-6.2904236614E+001	
-2.0065203014E+001	1.9024265148E+001		0.376	1.913	2.230
29.168	0.373	12.542	0.670	-6.1022161753E+001	
-1.8179671686E+001	2.0667383633E+001		0.363	1.943	2.268
29.381	0.309	12.690	0.716	-5.5813401526E+001	
-1.3898657464E+001	2.6888959184E+001		0.326	2.062	2.413
29.594	0.254	12.847	0.740	-4.9554004021E+001	
-9.6553888148E+000	3.1190672053E+001		0.274	2.225	2.612
29.807	0.200	13.005	0.754	-4.2510560594E+001	
-5.7266870951E+000	3.6913028391E+001		0.206	2.614	3.080
30.021	0.152	13.169	0.749	-3.3810574570E+001	
-2.6007982774E+000	4.4508411795E+001		0.127	3.441	4.062
30.234	0.096	13.325	0.736	-2.3527695420E+001	
-9.5048905131E-001	5.3588879577E+001		0.073	5.967	7.047

30.447	0.041	13.483	0.736	-1.0954884269E+001
-2.4692538894E-001	6.3106918978E+001		0.053	20.062
				22.704

-----  
 -----  
 ---

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

-----  
 -----

#### TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS				
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
(kPa)	(kN/m)				
13.705	0.213	0.253	-32.419	-0.577	-0.146
0.113	0.028				
13.918	0.213	0.253	-32.419	-1.730	-0.437
0.338	0.085				
14.131	0.213	0.253	-32.419	-2.884	-0.728
0.563	0.142				
14.344	0.213	0.253	-32.419	-4.037	-1.020
1.497	0.378				
14.558	0.213	0.253	-32.419	-5.191	-1.311
1.762	0.445				
14.771	0.213	0.253	-32.419	-6.344	-1.603
2.372	0.599				
14.984	0.213	0.253	-32.419	-7.497	-1.894
3.031	0.766				
15.197	0.033	0.039	-32.419	-8.164	-0.322
3.260	0.129				
15.231	0.213	0.250	-31.442	-8.664	-2.165
4.802	1.200				
15.444	0.213	0.250	-31.442	-9.756	-2.438
6.361	1.590				
15.657	0.213	0.250	-31.442	-10.848	-2.711
7.914	1.978				
15.871	0.095	0.111	-31.442	-11.636	-1.290
8.687	0.963				

	15.965	0.213	0.245	-29.336	-11.881	-2.906
11.319	2.769					
	16.178	0.213	0.245	-29.336	-12.844	-3.142
13.702	3.352					
	16.392	0.072	0.082	-29.336	-13.488	-1.110
15.077	1.240					
	16.463	0.213	0.239	-26.718	-13.240	-3.161
17.640	4.211					
	16.677	0.208	0.233	-26.718	-14.042	-3.273
20.385	4.752					
	16.885	0.213	0.232	-23.303	-13.376	-3.106
22.525	5.230					
	17.098	0.193	0.210	-23.303	-13.974	-2.937
23.037	4.842					
	17.291	0.213	0.227	-20.282	-13.002	-2.956
23.849	5.422					
	17.504	0.173	0.185	-20.282	-13.439	-2.485
22.869	4.228					
	17.678	0.213	0.223	-17.299	-12.083	-2.699
21.445	4.790					
	17.891	0.212	0.223	-17.299	-12.437	-2.767
19.791	4.404					
	18.103	0.213	0.220	-14.671	-11.014	-2.428
17.777	3.919					
	18.317	0.213	0.220	-14.671	-11.272	-2.485
15.146	3.339					
	18.530	0.055	0.056	-14.671	-11.433	-0.646
12.796	0.723					
	18.585	0.213	0.219	-12.756	-10.176	-2.225
10.772	2.355					
	18.798	0.213	0.219	-12.756	-10.372	-2.268
6.980	1.526					
	19.011	0.177	0.181	-12.756	-10.551	-1.910
3.827	0.693					
	19.188	0.213	0.216	-9.421	-8.026	-1.735
1.290	0.279					
	19.401	0.213	0.216	-9.421	-8.134	-1.758
0.000	0.000					
	19.614	0.003	0.003	-9.421	-8.188	-0.022
0.000	0.000					
	19.617	0.213	0.214	-3.520	-3.115	-0.666
1.072	0.229					
	19.830	0.149	0.150	-3.520	-3.128	-0.468
0.450	0.067					
	19.979	0.213	0.214	4.883	4.322	0.925
5.476	1.172					
	20.193	0.085	0.086	4.883	4.301	0.368
6.195	0.530					
	20.278	0.213	0.219	13.069	11.054	2.420
9.610	2.104					
	20.491	0.156	0.160	13.069	10.876	1.740
11.700	1.871					
	20.647	0.213	0.228	20.684	15.954	3.637
3.358	0.765					



	20.860	0.091	0.098	20.684	15.596	1.525
0.909	0.089					
	20.952	0.213	0.241	27.555	18.794	4.521
0.000	0.000					
	21.165	0.148	0.167	27.555	18.066	3.018
0.000	0.000					
	21.313	0.187	0.220	32.024	18.983	4.186
0.000	0.000					
	21.500	0.040	0.047	32.024	68.648	3.239
13.015	0.614					
	21.540	0.040	0.047	32.024	68.437	3.229
12.645	0.597					
	21.580	0.050	0.059	32.024	68.198	4.022
14.229	0.839					
	21.630	0.101	0.119	32.024	67.799	8.075
13.927	1.659					
	21.731	0.019	0.023	34.631	70.181	1.623
9.313	0.215					
	21.750	0.150	0.182	34.631	69.667	12.700
10.358	1.888					
	21.900	0.200	0.243	34.631	68.604	16.675
11.246	2.733					
	22.100	0.100	0.122	34.631	-377.580	-45.888
158.062	19.210					
	22.200	0.082	0.100	34.631	65.552	6.555
16.755	1.675					
	22.282	0.118	0.144	35.306	65.585	9.461
20.130	2.904					
	22.400	0.213	0.261	35.306	64.691	16.905
26.194	6.845					
	22.613	0.156	0.191	35.306	63.695	12.142
33.284	6.345					
	22.769	0.213	0.264	36.109	63.273	16.701
38.502	10.163					
	22.982	0.213	0.264	36.109	62.069	16.384
41.865	11.051					
	23.195	0.005	0.006	36.109	61.454	0.356
43.392	0.251					
	23.200	0.016	0.019	36.109	61.397	1.191
43.010	0.835					
	23.216	0.213	0.267	36.958	61.279	16.354
44.489	11.873					
	23.429	0.211	0.264	36.958	60.026	15.867
50.100	13.243					
	23.640	0.213	0.270	37.846	59.247	16.000
52.459	14.167					
	23.853	0.204	0.258	37.846	57.959	14.972
51.948	13.420					
	24.057	0.193	0.247	38.636	57.091	14.077
52.500	12.945					
	24.250	0.213	0.273	38.636	69.575	18.994
54.519	14.884					
	24.463	0.005	0.006	38.636	68.776	0.404
54.492	0.320					

	24.468	0.058	0.075	39.409	68.933	5.173
54.100	4.060					
	24.526	0.213	0.276	39.409	67.849	18.727
66.917	18.469					
	24.739	0.146	0.189	39.409	66.395	12.524
67.281	12.691					
	24.885	0.213	0.279	40.137	65.223	18.193
69.115	19.279					
	25.098	0.212	0.277	40.137	63.448	17.589
66.553	18.450					
	25.310	0.213	0.282	40.804	61.880	17.433
59.019	16.627					
	25.523	0.213	0.282	40.804	60.050	16.917
46.264	13.034					
	25.737	0.018	0.024	40.804	59.056	1.439
40.858	0.995					
	25.755	0.213	0.284	41.311	37.695	10.702
37.844	10.744					
	25.968	0.114	0.151	41.311	-20.242	-3.059
33.628	5.082					
	26.082	0.100	0.133	41.311	-119.431	-15.859
33.226	4.412					
	26.181	0.002	0.003	41.311	-3580.235	-11.458
33.133	0.106					
	26.184	0.213	0.286	41.837	34.760	9.949
32.013	9.163					
	26.397	0.208	0.279	41.837	52.650	14.695
31.339	8.747					
	26.605	0.213	0.289	42.369	50.844	14.676
30.760	8.879					
	26.818	0.203	0.275	42.369	48.945	13.439
29.905	8.211					
	27.021	0.029	0.039	42.895	47.958	1.888
29.810	1.174					
	27.050	0.213	0.291	42.895	32.637	9.500
29.799	8.674					
	27.263	0.177	0.241	42.895	30.823	7.444
29.397	7.099					
	27.440	0.213	0.294	43.571	29.028	8.544
28.748	8.461					
	27.653	0.007	0.010	43.571	27.979	0.270
28.539	0.276					
	27.660	0.213	0.294	43.571	26.929	7.926
28.042	8.254					
	27.874	0.029	0.039	43.571	25.776	1.015
27.624	1.087					
	27.902	0.004	0.005	43.571	25.623	0.135
47.895	0.253					
	27.906	0.094	0.131	44.102	25.188	3.297
47.621	6.233					
	28.000	0.213	0.297	44.102	23.761	7.056
44.931	13.343					
	28.213	0.213	0.297	44.102	21.779	6.468
43.319	12.864					

	28.427	0.002	0.003	44.102	20.780	0.052
43.031	0.108					
	28.428	0.213	0.299	44.592	19.771	5.921
40.696	12.187					
	28.642	0.213	0.299	44.592	17.755	5.317
37.466	11.220					
	28.855	0.213	0.299	44.592	15.738	4.713
36.386	10.896					
	29.068	0.100	0.140	44.592	14.259	1.992
40.318	5.634					
	29.168	0.213	0.301	44.854	12.772	3.842
39.422	11.859					
	29.381	0.213	0.301	44.854	10.736	3.230
39.563	11.901					
	29.594	0.213	0.301	44.854	8.701	2.617
40.734	12.253					
	29.807	0.213	0.301	44.854	6.665	2.005
43.723	13.153					
	30.021	0.213	0.301	44.854	4.630	1.393
49.216	14.805					
	30.234	0.213	0.301	44.854	2.594	0.780
52.741	15.865					
	30.447	0.165	0.233	44.854	0.788	0.184
54.173	12.623					

-----  
-----

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio  
dl(m) : lunghezza base concio  
alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----  
-----

#### FORZE APPLICATE/RESISTENTI SU PALIFICATE\*,\*\*

-----  
-----

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975,79,81,82) - HASSIOTIS (1997)

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,

ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio

(incastro).

-----  
-----

#### PALIFICATA

N.1-----

Coordinata X Testa (m):

22.10

Coordinata Y Testa (m):

13.40

Lunghezza pali L (m)\* :

12.15

Diametro pali D(m):

0.60

Interasse tra pali D1(m):

1.00

Lunghezza apertura tra pali D2(m):

0.40

Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018):

1.00

Massima % mobilitazione di resistenza teorica plasticizzazione Suolo-Palo:

100.00

PROFONDITA' SUPERFICIE DI SCORRIMENTO H (m) : 7.29

PENDENZA LOCALE INTERSEZIONE SUP. SCORRIMENTO-PALO alpha (gradi) : 34.63

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: ATTIVATA

CRITERIO DI SPINTA ASSUNTO: Minima tra mobilitazione massima assunta e spinta E(x) reale

MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO: ITO E MATSUI(1981)

--- PARAMETRI MASSIMI TEORICI IN CONDIZIONI DI PLASTICIZZAZIONE INTERFACCIA SUOLO PALO SECONDO TEORIA PLASTICIZZAZIONE ITO E MATSUI(1981) / KUMAR E HALL(2006)

FORZA UNITARIA SU PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO

qz0 (kN/m) : 95.54

FORZA UNITARIA su PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP. SCORRIMENTO

qzmax (kN/m) : 189.22

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (massima teorica per fronte larghezza 1 m) SU

PALIFICATA Fp (kN/m) : 1037.34

--- PARAMETRI FORZE E SFORZI MOBILITATI CALCOLATI E APPLICATI NELLA VERIFICA ---

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (Mobilizzata per fronte larghezza 1 m) SU

PALIFICATA Fpm (kN/m) : 65.80

COEFFICIENTE DI MOBILIZZAZIONE TOTALE CALCOLATO E APPLICATO alphaM (-) :

0.0634

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO

qz0m (kN/m) : 6.06

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP SCORRIMENTO

qzmaxm (kN/m) : 12.00

SFORZO DI TAGLIO (Mobilizzato Stimato) SU PALO LOCALIZZATO SU SUP. SCORRIMENTO

TAUpm (kPa) : 68.604

-----

RISULTATI INTERAZIONI CON SISTEMA DI CHIODI e/o TIRANTI

TABELLA INTERAZIONI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS - Versione 1.0  
della tabella -

-----

NTir	X	Tipo	T	Th_mob	Tv_mob	sumA
------	---	------	---	--------	--------	------

alpha (-) (°)	beta (m) (°)	F (-)	omega (-)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)	(kN)
1	26.08		2	200.00	157.23	-90.78	151.60
41.31	-30.00	0.91	1.00				

-----

LEGENDA SIMBOLI

NTir(-) : Numero Tirante  
X(m) : Ascissa intersezione  
Tipo(-) : Tipo tirante 1=PASSIVO , 2=ATTIVO  
T (kN/m) : Tensione di Progetto  
Th\_mob (kN/m) : Reazione Mobilitata - componente Orizzontale  
Tv\_mob (kN/m) : Reazione Mobilitata - componente Verticale  
sumA(kN) : Sommatoria forze agenti a monte della intersezione  
alpha(°) : Angolo pendenza locale superficie scivolamento  
beta(°) : Angolo Tirante  
sumA(kN) : Sommatoria forze agenti a monte della intersezione  
F (-) : Coeffiente distribuzione trazione lungo fondazione  
Omega(-) : Coeffiente mobilitazione tensione nominale di progetto

-----

-----

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

-----  
Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.3 sponda destra - zona corridoio - Analisi statica  
non drenata REV3.txt

Data: 19/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.3 sponda dx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6.40	10.00	20.96	11.85	6.40	9.95	6.40	7.35
18.80	10.00	21.40	12.65	35.30	9.95	35.30	7.35
19.60	11.20	32.50	12.65	-	-	-	-
20.60	11.20	32.50	11.85	-	-	-	-
20.96	11.85	20.96	11.85	-	-	-	-
21.40	12.65	-	-	-	-	-	-
32.50	12.65	-	-	-	-	-	-
32.50	11.85	-	-	-	-	-	-
32.50	11.64	-	-	-	-	-	-
35.00	11.64	-	-	-	-	-	-
35.30	11.64	-	-	-	-	-	-

---- SUP FALDA -----  
X Y (in m)

6.40	10.00
18.80	10.00
19.20	10.40
19.60	10.70
19.80	10.80
20.00	10.90
20.60	11.10

21.00	11.20
21.50	11.30
22.10	11.42
23.60	11.56
25.00	11.60
35.30	11.60

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 1

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	0.00		0.00	35.00	20.10	20.10
1.858	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	0.00		0.00	55.36	19.22	19.22
4.264	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	24.79		0.00	0.00	18.82	18.82
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	0.00		0.00	56.43	19.10	19.10
4.435	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m<sup>3</sup>)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m<sup>3</sup>)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
(adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato,  
secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00  
Carico in X2 (Kpa): 30.00  
Posizione carico da X1 m.: 32.50  
a X2 m.: 35.00  
Inclinazione carico (gradi): 90.00  
Componenti distribuzione forza unitaria applicata:  
#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00  
#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a 30.00  
##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare  
in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI  
METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%  
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 6.98  
32.99  
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 2.58  
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 9.87  
34.72  
\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*



Fattore di sicurezza (FS)	1.6888	- Min. -	X	Y	Lambda=
0.2037					

13.75	10.00
15.70	8.79
16.59	8.26
17.17	7.97
17.64	7.77
18.11	7.63
18.52	7.55
18.98	7.51
19.48	7.49
20.13	7.51
20.70	7.54
21.23	7.57
21.74	7.61
22.25	7.66
22.74	7.72
23.25	7.79
23.77	7.86
24.31	7.95
24.84	8.04
25.35	8.13
25.86	8.23
26.37	8.33
26.88	8.43
27.41	8.55
27.95	8.67
28.53	8.80
29.04	8.94
29.53	9.09
29.99	9.26
30.49	9.47
31.01	9.71
31.62	10.04
32.51	10.55
34.36	11.64

Fattore di sicurezza (FS)	1.6905	- N.2 --	X	Y	Lambda=
0.2044					

14.91	10.00
16.77	8.83
17.62	8.33
18.18	8.04
18.62	7.85
19.08	7.71
19.47	7.63
19.91	7.58
20.39	7.56
21.00	7.57
21.55	7.59
22.06	7.62
22.54	7.65

23.03	7.69
23.50	7.73
23.99	7.79
24.49	7.85
25.02	7.93
25.52	8.01
26.01	8.09
26.48	8.18
26.97	8.28
27.45	8.39
27.94	8.51
28.46	8.64
29.02	8.79
29.51	8.94
29.98	9.10
30.42	9.28
30.90	9.49
31.40	9.74
31.99	10.06
32.84	10.56
34.60	11.64

Fattore di sicurezza (FS)	1.6907	- N.3 --	X	Y	Lambda=
0.2121					

14.65	10.00
16.50	8.82
17.35	8.31
17.90	8.02
18.35	7.82
18.80	7.68
19.19	7.60
19.63	7.54
20.11	7.52
20.72	7.53
21.26	7.54
21.76	7.56
22.25	7.59
22.73	7.62
23.20	7.67
23.69	7.72
24.18	7.78
24.71	7.85
25.21	7.93
25.69	8.01
26.17	8.09
26.65	8.19
27.13	8.29
27.63	8.40
28.14	8.53
28.71	8.67
29.19	8.82
29.66	8.98
30.09	9.15

30.57	9.37
31.06	9.62
31.64	9.96
32.49	10.49
34.25	11.64

Fattore di sicurezza (FS)	1.7007	- N.4 --	X	Y	Lambda=
---------------------------	--------	----------	---	---	---------

0.2068

14.19	10.00
15.70	9.11
16.43	8.70
16.93	8.44
17.35	8.24
17.75	8.08
18.13	7.95
18.54	7.83
18.97	7.72
19.48	7.61
19.92	7.53
20.32	7.47
20.71	7.43
21.11	7.40
21.49	7.40
21.88	7.41
22.30	7.44
22.78	7.49
23.22	7.54
23.65	7.59
24.06	7.65
24.47	7.72
24.88	7.79
25.29	7.87
25.72	7.95
26.16	8.05
26.59	8.14
27.00	8.24
27.41	8.34
27.83	8.45
28.24	8.57
28.67	8.69
29.11	8.83
29.58	8.97
29.99	9.12
30.39	9.28
30.77	9.45
31.18	9.64
31.61	9.88
32.11	10.18
32.84	10.65
34.34	11.64

Fattore di sicurezza (FS)	1.7007	- N.5 --	X	Y	Lambda=
---------------------------	--------	----------	---	---	---------

0.2132

14.09	10.00
15.58	9.18
16.32	8.79
16.82	8.54
17.26	8.34
17.67	8.17
18.07	8.02
18.49	7.88
18.94	7.74
19.47	7.60
19.89	7.50
20.29	7.43
20.64	7.40
21.04	7.38
21.39	7.40
21.78	7.44
22.19	7.51
22.69	7.61
23.15	7.71
23.58	7.81
24.01	7.91
24.42	8.01
24.84	8.12
25.26	8.23
25.68	8.34
26.11	8.46
26.53	8.58
26.96	8.70
27.38	8.81
27.80	8.93
28.23	9.05
28.66	9.18
29.09	9.30
29.55	9.43
29.96	9.57
30.37	9.71
30.76	9.86
31.17	10.02
31.61	10.22
32.12	10.47
32.86	10.85
34.34	11.64

Fattore di sicurezza (FS)      1.7034    - N.6 --      X      Y      Lambda=  
0.2184

14.79	10.00
16.61	8.84
17.45	8.33
18.00	8.04
18.44	7.84
18.89	7.69
19.29	7.59

19.73	7.52
20.21	7.49
20.81	7.47
21.34	7.46
21.83	7.47
22.30	7.48
22.77	7.51
23.23	7.55
23.71	7.60
24.20	7.67
24.73	7.75
25.22	7.83
25.70	7.91
26.17	8.01
26.65	8.11
27.12	8.22
27.61	8.34
28.12	8.48
28.67	8.63
29.15	8.78
29.61	8.95
30.05	9.13
30.51	9.35
31.00	9.62
31.58	9.96
32.42	10.49
34.15	11.64

Fattore di sicurezza (FS)      1.7115   - N.7 --      X      Y      Lambda=  
0.2209

13.97	10.00
15.17	9.35
15.79	9.02
16.22	8.79
16.61	8.59
16.96	8.42
17.31	8.25
17.68	8.08
18.07	7.91
18.49	7.72
18.84	7.58
19.16	7.48
19.44	7.42
19.77	7.37
20.05	7.36
20.36	7.37
20.70	7.40
21.12	7.47
21.51	7.53
21.88	7.58
22.24	7.64
22.60	7.70
22.95	7.75

23.30	7.81
23.66	7.86
24.01	7.92
24.36	7.97
24.71	8.03
25.06	8.08
25.41	8.14
25.77	8.20
26.13	8.26
26.49	8.32
26.87	8.39
27.22	8.46
27.56	8.54
27.88	8.62
28.22	8.72
28.55	8.83
28.90	8.96
29.25	9.10
29.65	9.27
30.02	9.44
30.36	9.60
30.70	9.77
31.04	9.96
31.42	10.18
31.84	10.44
32.46	10.83
33.69	11.64

Fattore di sicurezza (FS)      1.7130   - N.8 --      X      Y      Lambda=  
0.2080

13.97	10.00
15.04	9.40
15.59	9.10
15.98	8.89
16.33	8.71
16.64	8.55
16.95	8.39
17.28	8.23
17.63	8.07
18.00	7.89
18.31	7.76
18.60	7.67
18.85	7.60
19.14	7.55
19.40	7.52
19.68	7.52
19.98	7.54
20.35	7.58
20.70	7.62
21.03	7.65
21.36	7.69
21.67	7.72
21.99	7.76

22.30	7.79
22.61	7.83
22.93	7.86
23.24	7.90
23.56	7.94
23.87	7.97
24.19	8.01
24.50	8.05
24.82	8.09
25.13	8.12
25.45	8.16
25.76	8.20
26.08	8.25
26.39	8.29
26.70	8.33
27.02	8.38
27.34	8.43
27.67	8.48
28.02	8.54
28.33	8.60
28.63	8.68
28.91	8.76
29.21	8.86
29.49	8.97
29.79	9.10
30.11	9.25
30.46	9.43
30.79	9.61
31.11	9.78
31.42	9.95
31.73	10.13
32.07	10.34
32.46	10.58
33.01	10.94
34.09	11.64

Fattore di sicurezza (FS)	1.7141	- N.9 --	X	Y	Lambda=
0.2073					

14.63	10.00
16.49	8.83
17.33	8.32
17.88	8.04
18.32	7.85
18.77	7.72
19.15	7.65
19.58	7.61
20.05	7.60
20.65	7.62
21.20	7.65
21.71	7.68
22.21	7.71
22.69	7.74
23.18	7.77

23.67	7.81
24.17	7.85
24.68	7.89
25.17	7.94
25.65	8.00
26.12	8.06
26.60	8.13
27.08	8.21
27.58	8.30
28.10	8.41
28.68	8.53
29.16	8.65
29.62	8.79
30.04	8.96
30.50	9.17
30.98	9.43
31.54	9.79
32.39	10.37
34.18	11.64

Fattore di sicurezza (FS)	1.7173	- N.10 --	X	Y	Lambda=
0.2040					

14.17	10.00
15.44	9.22
16.05	8.85
16.48	8.62
16.84	8.43
17.18	8.28
17.51	8.15
17.85	8.02
18.22	7.91
18.64	7.79
19.01	7.69
19.35	7.62
19.68	7.56
20.02	7.51
20.34	7.48
20.68	7.46
21.04	7.45
21.44	7.46
21.81	7.46
22.17	7.48
22.51	7.49
22.86	7.51
23.21	7.54
23.56	7.58
23.91	7.61
24.29	7.66
24.65	7.71
25.00	7.76
25.35	7.82
25.70	7.88
26.05	7.94



26.40	8.01
26.76	8.09
27.14	8.17
27.49	8.25
27.84	8.34
28.19	8.44
28.54	8.54
28.88	8.64
29.24	8.76
29.61	8.89
30.02	9.03
30.37	9.17
30.71	9.32
31.03	9.48
31.37	9.68
31.73	9.90
32.15	10.20
32.76	10.66
34.04	11.64

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----  
# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*  
# Analisi Deficit in riferimento a  $F_s(\text{progetto}) = 1.200$

Sup N.	$F_s$	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.689	440.3	260.7	127.4	Surplus
2	1.691	439.8	260.1	127.6	Surplus
3	1.691	437.3	258.7	126.9	Surplus
4	1.701	445.3	261.8	131.1	Surplus
5	1.701	433.3	254.7	127.6	Surplus
6	1.703	438.2	257.3	129.5	Surplus
7	1.712	421.7	246.4	126.0	Surplus
8	1.713	431.4	251.8	129.2	Surplus
9	1.714	436.4	254.6	130.9	Surplus
10	1.717	442.2	257.5	133.2	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 126.0

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
di scivolamento  
FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

-----  
TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR  $F_s$   
-----

phi '	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
0.00	13.747	0.081	-31.82	0.04	0.00	0.00
	35.00					
24.79	13.827	0.241	-31.82	0.58	0.51	1.22
	0.00					
24.79	14.068	0.241	-31.82	1.26	0.51	2.68
	0.00					
24.79	14.309	0.241	-31.82	1.93	0.52	4.15
	0.00					
24.79	14.549	0.241	-31.82	2.61	0.52	5.61
	0.00					
24.79	14.790	0.241	-31.82	3.29	0.52	7.12
	0.00					
24.79	15.031	0.241	-31.82	3.96	0.52	8.59
	0.00					
24.79	15.271	0.241	-31.82	4.64	0.52	10.00
	0.00					
24.79	15.512	0.184	-31.82	4.00	0.52	11.44
	0.00					
24.79	15.696	0.241	-30.48	5.81	0.52	12.52
	0.00					
24.79	15.937	0.241	-30.48	6.45	0.52	13.94
	0.00					
24.79	16.177	0.241	-30.48	7.10	0.52	15.32
	0.00					
24.79	16.418	0.172	-30.48	5.48	0.52	16.62
	0.00					
24.79	16.590	0.241	-27.21	8.16	0.52	17.50
	0.00					
24.79	16.831	0.241	-27.21	8.72	0.52	18.65
	0.00					
24.79	17.072	0.099	-27.21	3.77	0.52	19.64
	0.00					
24.79	17.171	0.241	-22.60	9.46	0.52	20.02
	0.00					
24.79	17.412	0.224	-22.60	9.20	0.52	20.90
	0.00					
24.79	17.635	0.241	-16.39	10.26	0.52	21.66
	0.00					
24.79	17.876	0.235	-16.39	10.33	0.52	22.46
	0.00					
24.79	18.111	0.241	-11.23	10.85	0.52	23.22
	0.00					
24.79	18.352	0.169	-11.23	7.72	0.51	24.33
	0.00					
24.79	18.520	0.241	-5.74	11.16	0.51	25.18
	0.00					
24.79	18.761	0.039	-5.74	1.82	0.50	26.43
	0.00					
24.79	18.800	0.180	-5.74	8.90	0.50	26.64
	0.00					

	18.980	0.220	-1.27	12.30	0.49	27.76
24.79	0.00					
	19.200	0.241	-1.27	15.13	0.48	29.07
24.79	0.00					
	19.441	0.043	-1.27	2.91	0.47	30.34
24.79	0.00					
	19.484	0.116	1.84	8.07	0.47	30.54
24.79	0.00					
	19.600	0.200	1.84	14.24	0.47	31.02
24.79	0.00					
	19.800	0.200	1.84	14.22	0.47	31.86
24.79	0.00					
	20.000	0.128	1.84	9.09	0.46	32.65
24.79	0.00					
	20.128	0.241	2.61	17.05	0.46	33.14
24.79	0.00					
	20.369	0.231	2.61	16.35	0.45	33.90
24.79	0.00					
	20.600	0.099	2.61	7.15	0.44	34.62
24.79	0.00					
	20.699	0.241	3.53	18.84	0.43	34.95
24.79	0.00					
	20.940	0.020	3.53	1.69	0.42	35.73
24.79	0.00					
	20.960	0.040	3.53	3.36	0.42	35.79
24.79	0.00					
	21.000	0.180	3.53	15.77	0.42	35.91
24.79	0.00					
	21.180	0.050	3.53	4.59	0.41	36.43
24.79	0.00					
	21.230	0.170	4.51	16.17	0.41	36.56
24.79	0.00					
	21.400	0.100	4.51	9.80	0.40	36.93
24.79	0.00					
	21.500	0.239	4.51	23.32	0.40	37.08
24.79	0.00					
	21.739	0.241	5.53	23.42	0.39	37.32
24.79	0.00					
	21.979	0.121	5.53	11.71	0.39	37.41
24.79	0.00					
	22.100	0.146	5.53	14.14	0.38	37.37
24.79	0.00					
	22.246	0.241	6.49	23.19	0.38	37.30
24.79	0.00					
	22.487	0.241	6.49	23.07	0.38	37.06
24.79	0.00					
	22.727	0.015	6.49	1.45	0.39	36.84
24.79	0.00					
	22.743	0.241	7.44	22.92	0.39	36.83
24.79	0.00					
	22.983	0.241	7.44	22.78	0.39	36.68
24.79	0.00					
	23.224	0.025	7.44	2.33	0.39	36.52
24.79	0.00					

	23.249	0.241	8.35	22.62	0.39	36.51
24.79	0.00					
	23.489	0.111	8.35	10.34	0.39	36.33
24.79	0.00					
	23.600	0.166	8.35	15.42	0.39	36.23
24.79	0.00					
	23.766	0.241	9.19	22.26	0.39	36.06
24.79	0.00					
	24.006	0.241	9.19	22.09	0.39	35.78
24.79	0.00					
	24.247	0.065	9.19	5.90	0.39	35.48
24.79	0.00					
	24.311	0.241	9.65	21.86	0.39	35.39
24.79	0.00					
	24.552	0.241	9.65	21.67	0.39	35.06
24.79	0.00					
	24.793	0.044	9.65	3.95	0.39	34.70
24.79	0.00					
	24.837	0.163	10.15	14.56	0.39	34.63
24.79	0.00					
	25.000	0.241	10.15	21.32	0.39	34.39
24.79	0.00					
	25.241	0.111	10.15	9.77	0.39	34.00
24.79	0.00					
	25.352	0.241	10.65	21.03	0.39	33.80
24.79	0.00					
	25.592	0.241	10.65	20.82	0.39	33.37
24.79	0.00					
	25.833	0.027	10.65	2.33	0.38	32.92
24.79	0.00					
	25.860	0.241	11.16	20.59	0.38	32.87
24.79	0.00					
	26.101	0.241	11.16	20.38	0.38	32.40
24.79	0.00					
	26.341	0.029	11.16	2.47	0.38	31.93
24.79	0.00					
	26.371	0.241	11.68	20.13	0.38	31.88
24.79	0.00					
	26.611	0.241	11.68	19.90	0.38	31.41
24.79	0.00					
	26.852	0.031	11.68	2.58	0.38	30.93
24.79	0.00					
	26.884	0.241	12.18	19.64	0.38	30.87
24.79	0.00					
	27.124	0.241	12.18	19.41	0.38	30.37
24.79	0.00					
	27.365	0.042	12.18	3.38	0.37	29.85
24.79	0.00					
	27.407	0.241	12.67	19.13	0.37	29.76
24.79	0.00					
	27.648	0.241	12.67	18.88	0.37	29.22
24.79	0.00					
	27.888	0.063	12.67	4.86	0.37	28.66
24.79	0.00					

	27.951	0.241	13.11	18.57	0.37	28.52
24.79	0.00					
	28.192	0.241	13.11	18.31	0.37	27.91
24.79	0.00					
	28.432	0.098	13.11	7.36	0.36	27.27
24.79	0.00					
	28.530	0.241	15.10	17.94	0.36	27.01
24.79	0.00					
	28.771	0.241	15.10	17.64	0.36	26.34
24.79	0.00					
	29.011	0.027	15.10	1.95	0.36	25.70
24.79	0.00					
	29.038	0.241	17.44	17.29	0.36	25.63
24.79	0.00					
	29.279	0.241	17.44	16.95	0.35	24.86
24.79	0.00					
	29.519	0.006	17.44	0.41	0.35	24.02
24.79	0.00					
	29.525	0.241	19.98	16.57	0.35	24.00
24.79	0.00					
	29.766	0.222	19.98	14.97	0.35	22.92
24.79	0.00					
	29.988	0.241	22.40	15.78	0.34	21.72
24.79	0.00					
	30.229	0.241	22.40	15.33	0.33	20.09
24.79	0.00					
	30.470	0.016	22.40	1.01	0.31	17.99
24.79	0.00					
	30.486	0.241	25.43	14.82	0.31	17.85
24.79	0.00					
	30.726	0.241	25.43	14.30	0.29	15.40
24.79	0.00					
	30.967	0.040	25.43	2.32	0.25	12.77
24.79	0.00					
	31.007	0.241	27.77	13.67	0.25	12.35
24.79	0.00					
	31.248	0.206	27.77	11.26	0.20	9.39
24.79	0.00					
	31.454	0.164	27.77	8.66	0.00	0.00
0.00	35.00					
	31.618	0.241	29.69	12.14	0.00	0.00
0.00	35.00					
	31.859	0.241	29.69	11.48	0.00	0.00
0.00	35.00					
	32.100	0.241	29.69	10.81	0.00	0.00
0.00	35.00					
	32.340	0.160	29.69	6.80	0.00	0.00
0.00	35.00					
	32.500	0.014	29.69	2.41	0.00	0.00
0.00	35.00					
	32.514	0.241	30.60	39.49	0.00	0.00
0.00	35.00					
	32.755	0.241	30.60	36.02	0.00	0.00
0.00	35.00					

	32.995	0.241	30.60	32.55	0.00	0.00
0.00	35.00					
	33.236	0.241	30.60	29.08	0.00	0.00
0.00	35.00					
	33.477	0.241	30.60	25.61	0.00	0.00
0.00	35.00					
	33.717	0.241	30.60	22.15	0.00	0.00
0.00	35.00					
	33.958	0.241	30.60	18.68	0.00	0.00
0.00	35.00					
	34.199	0.095	30.60	6.43	0.00	0.00
0.00	35.00					
	34.294	0.068	30.60	4.24	0.00	0.00
0.00	35.00					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----  
 -----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----  
 ---

	X	ht	yt	yt'	E(x)	
T(x)		E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM	
	(m)	(m)	(m)	(--)	(kN/m)	
(kN/m)		(kN)	(--)	(--)	(--)	
	13.747	0.000	10.000	-0.464	0.0000000000E+000	
0.0000000000E+000		8.8236199090E-001		0.056	2.804	50.000
	13.827	0.013	9.963	-0.464	8.1102204636E-002	
3.6847752621E-005		1.1303226979E+000		0.056	2.804	6.253
	14.068	0.050	9.851	-0.461	4.4222618508E-001	
1.6072852639E-003		2.0472638403E+000		0.056	4.389	9.393
	14.309	0.089	9.740	-0.455	1.0664941354E+000	
1.0610632743E-002		3.3685946912E+000		0.056	7.425	16.611
	14.549	0.130	9.632	-0.456	2.0636029521E+000	
4.2084742830E-002		4.8569242121E+000		0.056	9.959	15.563
	14.790	0.168	9.521	-0.450	3.4042357750E+000	
1.1821497314E-001		6.9250804414E+000		0.073	9.607	10.948
	15.031	0.212	9.416	-0.429	5.3967924766E+000	
2.5238600374E-001		8.8186489712E+000		0.121	6.614	7.590
	15.271	0.260	9.315	-0.421	7.6488403858E+000	

4.0841577016E-001	1.0874543337E+001	0.156	5.070	6.126
15.512	0.308	9.213	-0.418	1.0630943075E+001
6.2599662858E-001	1.4151536606E+001	0.186	4.015	5.065
15.696	0.347	9.137	-0.411	1.3482823178E+001
8.3936751260E-001	1.7060940269E+001	0.206	3.462	4.468
15.937	0.389	9.039	-0.404	1.8080786895E+001
1.1977907282E+000	2.0524062206E+001	0.228	2.966	3.878
16.177	0.435	8.943	-0.385	2.3361493863E+001
1.6260711690E+000	2.2720593310E+001	0.245	2.677	3.467
16.418	0.487	8.853	-0.363	2.9016695042E+001
2.1036914291E+000	2.3908223766E+001	0.260	2.556	3.185
16.590	0.529	8.793	-0.336	3.3188897917E+001
2.4688266749E+000	2.4449492346E+001	0.269	2.563	3.037
16.831	0.574	8.714	-0.306	3.9156206513E+001
3.0205084637E+000	2.4277134876E+001	0.281	2.689	2.889
17.072	0.629	8.645	-0.279	4.4874002854E+001
3.5877341398E+000	2.3429028479E+001	0.293	2.923	2.803
17.171	0.654	8.619	-0.257	4.7191216677E+001
3.8337662928E+000	2.3546649679E+001	0.298	3.067	2.787
17.412	0.693	8.558	-0.249	5.3005797703E+001
4.4969106080E+000	2.4982132958E+001	0.312	3.435	2.797
17.635	0.731	8.504	-0.222	5.8764399056E+001
5.2421928606E+000	2.5331419298E+001	0.329	3.746	2.905
17.876	0.753	8.455	-0.164	6.4753482496E+001
6.1078900116E+000	2.3084034686E+001	0.349	3.808	3.111
18.111	0.793	8.426	-0.065	6.9764746829E+001
6.9312840268E+000	2.0892325895E+001	0.367	3.606	3.366
18.352	0.839	8.424	0.027	7.4686210596E+001
7.8935738367E+000	1.8463012889E+001	0.391	3.346	3.562
18.520	0.886	8.437	0.119	7.7563051010E+001
8.5312605490E+000	1.5631137033E+001	0.406	3.178	3.611
18.761	0.946	8.473	0.154	8.0829688257E+001
9.3688969732E+000	1.1575006324E+001	0.428	3.053	3.480
18.800	0.957	8.480	0.238	8.1269742025E+001
9.4941347454E+000	1.1378819091E+001	0.432	3.046	3.431
18.980	1.020	8.525	0.264	8.3418376456E+001
1.0140967466E+001	1.1333973981E+001	0.389	3.059	3.089
19.200	1.086	8.586	0.286	8.5745329947E+001
1.0911566361E+001	1.0166804842E+001	0.349	3.144	2.634
19.441	1.162	8.657	0.293	8.8090453039E+001
1.1770792011E+001	9.1203361542E+000	0.315	3.315	2.154
19.484	1.175	8.669	0.279	8.8480504669E+001
1.1924878012E+001	8.9939794989E+000	0.310	3.349	2.072
19.600	1.203	8.701	0.322	8.9519786237E+001
1.2340608854E+001	9.5945040943E+000	0.297	3.444	1.877
19.800	1.267	8.771	0.367	9.1658675650E+001
1.3267044576E+001	1.0761049233E+001	0.317	3.619	1.526
20.000	1.337	8.848	0.397	9.3824205930E+001
1.4263556311E+001	1.0861777215E+001	0.338	3.751	1.258
20.128	1.386	8.901	0.400	9.5217077281E+001
1.4923245123E+001	1.0377364762E+001	0.351	3.790	1.126
20.369	1.470	8.995	0.213	9.7485394955E+001
1.6045617415E+001	8.9131529973E+000	0.374	3.753	0.957
20.600	1.466	9.002	0.244	9.9433618311E+001

1.7023114538E+001	8.0222600994E+000	0.394	3.649	0.851
20.699	1.535	9.076	0.655	1.0021034514E+002
1.7414170385E+001	7.7195032235E+000	0.377	3.587	0.816
20.940	1.669	9.224	0.597	1.0199061590E+002
1.8298646875E+001	6.6683406746E+000	0.340	3.411	0.753
20.960	1.675	9.232	0.384	1.0212550062E+002
1.8363646582E+001	6.6117661681E+000	0.337	3.393	0.750
21.000	1.688	9.247	0.381	1.0239038500E+002
1.8490197650E+001	6.5987232187E+000	0.327	3.356	0.742
21.180	1.745	9.315	0.379	1.0355921230E+002
1.9040979339E+001	6.6626226850E+000	0.287	3.199	0.714
21.230	1.761	9.334	0.360	1.0389583820E+002
1.9194632198E+001	6.6697967228E+000	0.278	3.148	0.708
21.400	1.808	9.395	0.349	1.0500559524E+002
1.9693999767E+001	6.9783496255E+000	0.251	2.998	0.688
21.500	1.834	9.429	0.322	1.0572956507E+002
1.9999366786E+001	7.3240518939E+000	0.254	2.898	0.678
21.739	1.890	9.504	0.304	1.0752525282E+002
2.0730242492E+001	7.8038484182E+000	0.263	2.664	0.659
21.979	1.937	9.574	0.273	1.0947093315E+002
2.1477765276E+001	8.0544286836E+000	0.272	2.449	0.644
22.100	1.954	9.602	0.229	1.1044143063E+002
2.1819761817E+001	8.1396113622E+000	0.276	2.345	0.639
22.246	1.973	9.635	0.171	1.1164893277E+002
2.2227304383E+001	7.7222799910E+000	0.281	2.222	0.635
22.487	1.979	9.668	0.108	1.1329385314E+002
2.2703880288E+001	5.9311955371E+000	0.287	2.061	0.635
22.727	1.970	9.687	0.078	1.1450374421E+002
2.2981669057E+001	4.0006403919E+000	0.290	1.940	0.640
22.743	1.969	9.688	0.060	1.1456340998E+002
2.2992265774E+001	3.9034918204E+000	0.290	1.933	0.640
22.983	1.952	9.703	0.061	1.1537875107E+002
2.3107378528E+001	3.1544385597E+000	0.292	1.842	0.649
23.224	1.936	9.718	0.064	1.1608170881E+002
2.3150780582E+001	2.6783193289E+000	0.292	1.756	0.662
23.249	1.934	9.720	0.063	1.1614736098E+002
2.3152268380E+001	2.6008313856E+000	0.292	1.747	0.663
23.489	1.914	9.735	0.065	1.1665028854E+002
2.3129318967E+001	1.7087168211E+000	0.292	1.679	0.678
23.600	1.906	9.742	0.071	1.1681994237E+002
2.3091897073E+001	1.3959496211E+000	0.292	1.651	0.687
23.766	1.893	9.754	0.075	1.1701701205E+002
2.3016985124E+001	1.0466393400E+000	0.291	1.611	0.700
24.006	1.873	9.773	0.077	1.1721877235E+002
2.2881476022E+001	5.5387280929E-001	0.290	1.564	0.723
24.247	1.853	9.791	0.078	1.1728360289E+002
2.2714248273E+001	7.1495239398E-002	0.288	1.528	0.746
24.311	1.847	9.796	0.080	1.1728479130E+002
2.2665141776E+001	-4.0218397697E-002	0.288	1.519	0.753
24.552	1.826	9.816	0.081	1.1722252002E+002
2.2467915466E+001	-4.9344084802E-001	0.286	1.493	0.778
24.793	1.804	9.835	0.082	1.1704728766E+002
2.2243769948E+001	-9.2898800632E-001	0.284	1.474	0.805
24.837	1.800	9.839	0.078	1.1700473981E+002



2.2200094447E+001	-9.7398438802E-001	0.283	1.470	0.810
25.000	1.784	9.852	0.082	1.1684088542E+002
2.2049557383E+001	-1.1781624503E+000	0.282	1.461	0.828
25.241	1.761	9.872	0.086	1.1649567115E+002
2.1787056573E+001	-1.5817436761E+000	0.279	1.449	0.858
25.352	1.751	9.882	0.090	1.1631241700E+002
2.1658318184E+001	-1.7285910584E+000	0.278	1.443	0.872
25.592	1.728	9.904	0.092	1.1585529628E+002
2.1363180498E+001	-2.0664279850E+000	0.275	1.434	0.907
25.833	1.705	9.926	0.094	1.1531780095E+002
2.1052200735E+001	-2.5021604010E+000	0.272	1.426	0.943
25.860	1.703	9.929	0.097	1.1524931289E+002
2.1014169566E+001	-2.5344306458E+000	0.271	1.425	0.947
26.101	1.678	9.952	0.097	1.1463494416E+002
2.0687446595E+001	-2.7030633979E+000	0.268	1.420	0.987
26.341	1.654	9.976	0.098	1.1394827059E+002
2.0349243660E+001	-2.9018773428E+000	0.264	1.417	1.029
26.371	1.651	9.979	0.096	1.1386278645E+002
2.0309276245E+001	-2.9202896452E+000	0.264	1.417	1.034
26.611	1.625	10.002	0.099	1.1313540743E+002
1.9974554922E+001	-3.2072173234E+000	0.261	1.417	1.077
26.852	1.599	10.026	0.102	1.1231908406E+002
1.9617047259E+001	-3.4821712225E+000	0.257	1.420	1.125
26.884	1.596	10.029	0.105	1.1220950813E+002
1.9569683248E+001	-3.5148356196E+000	0.257	1.420	1.131
27.124	1.570	10.055	0.107	1.1132500073E+002
1.9195755449E+001	-3.8153631393E+000	0.253	1.426	1.184
27.365	1.544	10.081	0.108	1.1037309214E+002
1.8801179500E+001	-3.9713149388E+000	0.249	1.434	1.242
27.407	1.539	10.085	0.111	1.1020510116E+002
1.8731873768E+001	-4.0155621113E+000	0.248	1.435	1.253
27.648	1.512	10.112	0.115	1.0918191927E+002
1.8315978384E+001	-4.4805904556E+000	0.243	1.444	1.318
27.888	1.486	10.140	0.117	1.0804849702E+002
1.7867583809E+001	-4.7169923195E+000	0.239	1.451	1.390
27.951	1.479	10.148	0.124	1.0775348789E+002
1.7751785758E+001	-4.8421573198E+000	0.237	1.453	1.410
28.192	1.454	10.178	0.131	1.0647398577E+002
1.7263354501E+001	-5.7262865387E+000	0.232	1.457	1.496
28.432	1.430	10.211	0.136	1.0499730354E+002
1.6734572005E+001	-6.3954561215E+000	0.226	1.455	1.595
28.530	1.421	10.224	0.141	1.0436225632E+002
1.6517717735E+001	-6.6214874802E+000	0.224	1.452	1.638
28.771	1.390	10.258	0.139	1.0269716655E+002
1.5970251692E+001	-6.9628399353E+000	0.218	1.449	1.754
29.011	1.358	10.291	0.136	1.0101089234E+002
1.5449219135E+001	-7.1261244461E+000	0.212	1.446	1.876
29.038	1.354	10.295	0.158	1.0081926471E+002
1.5392254949E+001	-7.3066250792E+000	0.211	1.445	1.890
29.279	1.317	10.333	0.165	9.8700062887E+001
1.4783662358E+001	-9.2143190377E+000	0.204	1.455	2.052
29.519	1.282	10.374	0.168	9.6384215618E+001
1.4154381973E+001	-9.4660500202E+000	0.197	1.480	2.249
29.525	1.282	10.375	0.195	9.6328583303E+001

1.4139694898E+001	-9.5091274032E+000	0.197	1.481	2.255
29.766	1.241 10.422	0.204	9.3578017688E+001	
1.3429001795E+001	-1.2033359843E+001	0.189	1.536	2.533
29.988	1.208 10.470	0.225	9.0777063865E+001	
1.2736315697E+001	-1.3112744274E+001	0.181	1.626	2.886
30.229	1.165 10.526	0.241	8.7485693498E+001	
1.1965676342E+001	-1.3713857130E+001	0.172	1.785	3.423
30.470	1.126 10.586	0.246	8.4176290731E+001	
1.1261689135E+001	-1.2446206603E+001	0.163	2.032	4.144
30.486	1.123 10.590	0.257	8.3977329856E+001	
1.1221720352E+001	-1.2402254397E+001	0.163	2.050	4.194
30.726	1.071 10.652	0.266	8.0836630664E+001	
1.0650231681E+001	-1.2467235508E+001	0.156	2.363	5.062
30.967	1.022 10.718	0.271	7.7976582406E+001	
1.0227333348E+001	-1.0376751640E+001	0.152	2.645	5.885
31.007	1.013 10.728	0.305	7.7572870128E+001	
1.0178080864E+001	-1.0136789959E+001	0.151	2.683	5.992
31.248	0.962 10.803	0.318	7.5119200211E+001	
9.9982835783E+000	-9.6222045363E+000	0.151	2.671	6.139
31.454	0.920 10.870	0.319	7.3235352306E+001	
9.9876536328E+000	-9.1636272291E+000	0.152	2.411	8.383
31.618	0.885 10.922	0.300	7.1724414246E+001	
1.0029963711E+001	-9.4659943247E+000	0.157	2.136	7.031
31.859	0.818 10.992	0.257	6.9349060287E+001	
1.0102909571E+001	-1.0665824030E+001	0.166	1.759	5.420
32.100	0.734 11.045	0.198	6.6590724720E+001	
1.0078781055E+001	-1.3479064501E+001	0.173	1.460	4.292
32.340	0.638 11.087	0.046	6.2861297874E+001	
9.8047309751E+000	-1.7546588419E+001	0.177	1.248	3.550
32.500	0.524 11.064	-0.589	5.9843906546E+001	
9.4309944658E+000	-2.2666596502E+001	0.347	1.155	3.258
32.514	0.437 10.984	0.024	5.9521737284E+001	
9.3881829602E+000	-2.3284674449E+001	0.415	1.148	3.237
32.755	0.380 11.070	0.355	5.2727445924E+001	
8.3906193028E+000	-3.1292670383E+001	0.426	1.060	2.974
32.995	0.323 11.155	0.299	4.4459904863E+001	
7.0100562676E+000	-3.8274739377E+001	0.419	1.018	2.844
33.236	0.240 11.214	0.287	3.4304994167E+001	
5.2255212328E+000	-4.9004720180E+001	0.379	0.989	2.753
33.477	0.177 11.294	0.342	2.0872883551E+001	
2.6426575389E+000	-4.5572003533E+001	0.244	1.058	2.919
33.717	0.119 11.378	0.380	1.2370212893E+001	
8.5668365865E-001	-3.1128984755E+001	0.108	1.222	3.315
33.958	0.075 11.476	0.420	5.8898365271E+000	
1.0695638244E-001	-2.2755088743E+001	0.056	1.295	3.380
34.199	0.037 11.580	0.398	1.4177013558E+000	
6.0496883383E-003	-1.1320947827E+001	0.056	1.116	2.823
34.294	0.010 11.610	0.398	6.1363770517E-001	
2.6518930623E-003	-8.8147305656E+000	0.056	0.937	2.353

-----  
-----

---

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

-----

-----

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----

X	dx	dI	alpha	TauStress	TauF
TauStrength (m) (kPa)	TauS (m) (kN/m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
13.747	0.081	0.095	-31.816	-0.225	-0.021
35.000	3.319				
13.827	0.241	0.283	-31.816	-1.080	-0.306
0.246	0.070				
14.068	0.241	0.283	-31.816	-2.338	-0.662
0.542	0.154				
14.309	0.241	0.283	-31.816	-3.597	-1.019
0.905	0.256				
14.549	0.241	0.283	-31.816	-4.856	-1.375
1.369	0.388				
14.790	0.241	0.283	-31.816	-6.115	-1.732
1.870	0.529				
15.031	0.241	0.283	-31.816	-7.374	-2.088
2.227	0.631				
15.271	0.241	0.283	-31.816	-8.633	-2.445
2.791	0.791				
15.512	0.184	0.217	-31.816	-9.743	-2.110
3.236	0.701				
15.696	0.241	0.279	-30.476	-10.559	-2.948
4.115	1.149				
15.937	0.241	0.279	-30.476	-11.724	-3.274
4.688	1.309				
16.177	0.241	0.279	-30.476	-12.889	-3.599
5.185	1.448				
16.418	0.172	0.200	-30.476	-13.889	-2.778
5.514	1.103				
16.590	0.241	0.271	-27.213	-13.784	-3.730
6.709	1.816				
16.831	0.241	0.271	-27.213	-14.731	-3.986
7.098	1.921				
17.072	0.099	0.112	-27.213	-15.400	-1.723

7.361	0.823					
	17.171	0.241	0.261	-22.596	-13.938	-3.633
8.955	2.334					
	17.412	0.224	0.242	-22.596	-14.584	-3.533
9.839	2.384					
	17.635	0.241	0.251	-16.392	-11.548	-2.897
11.300	2.835					
	17.876	0.235	0.245	-16.392	-11.904	-2.916
11.409	2.795					
	18.111	0.241	0.245	-11.232	-8.611	-2.113
12.366	3.034					
	18.352	0.169	0.172	-11.232	-8.757	-1.504
12.030	2.067					
	18.520	0.241	0.242	-5.744	-4.619	-1.117
11.754	2.843					
	18.761	0.039	0.039	-5.744	-4.645	-0.183
11.124	0.437					
	18.800	0.180	0.180	-5.744	-4.935	-0.890
12.607	2.275					
	18.980	0.220	0.221	-1.274	-1.240	-0.273
14.683	3.238					
	19.200	0.241	0.241	-1.274	-1.397	-0.336
17.370	4.181					
	19.441	0.043	0.043	-1.274	-1.493	-0.065
18.781	0.813					
	19.484	0.116	0.116	1.837	2.229	0.259
19.452	2.258					
	19.600	0.200	0.200	1.837	2.282	0.457
20.420	4.086					
	19.800	0.200	0.200	1.837	2.278	0.456
20.118	4.026					
	20.000	0.128	0.128	1.837	2.275	0.291
19.780	2.533					
	20.128	0.241	0.241	2.610	3.224	0.777
19.141	4.611					
	20.369	0.231	0.232	2.610	3.214	0.744
18.529	4.291					
	20.600	0.099	0.099	2.610	3.290	0.326
18.855	1.867					
	20.699	0.241	0.241	3.529	4.810	1.160
21.189	5.109					
	20.940	0.020	0.020	3.529	5.092	0.104
22.764	0.466					
	20.960	0.040	0.040	3.529	5.155	0.207
23.204	0.930					
	21.000	0.180	0.180	3.529	5.383	0.971
24.821	4.476					
	21.180	0.050	0.050	3.529	5.622	0.283
26.372	1.326					
	21.230	0.170	0.170	4.510	7.462	1.271
27.773	4.731					
	21.400	0.100	0.100	4.510	7.679	0.770
28.909	2.900					
	21.500	0.239	0.239	4.510	7.660	1.833

28.727	6.876					
21.739	0.241	0.242	5.534	9.342	2.259	
28.213	6.822					
21.979	0.121	0.121	5.534	9.310	1.129	
27.940	3.389					
22.100	0.146	0.147	5.534	9.287	1.364	
27.834	4.087					
22.246	0.241	0.242	6.489	10.820	2.621	
27.235	6.597					
22.487	0.241	0.242	6.489	10.762	2.607	
26.890	6.513					
22.727	0.015	0.015	6.489	10.731	0.164	
26.746	0.408					
22.743	0.241	0.243	7.442	12.235	2.969	
26.359	6.398					
22.983	0.241	0.243	7.442	12.159	2.951	
26.088	6.332					
23.224	0.025	0.025	7.442	12.117	0.302	
25.985	0.648					
23.249	0.241	0.243	8.350	13.503	3.284	
25.607	6.229					
23.489	0.111	0.112	8.350	13.433	1.502	
25.418	2.842					
23.600	0.166	0.167	8.350	13.378	2.239	
25.269	4.230					
23.766	0.241	0.244	9.185	14.579	3.554	
24.882	6.066					
24.006	0.241	0.244	9.185	14.463	3.526	
24.656	6.011					
24.247	0.065	0.065	9.185	14.390	0.941	
24.575	1.607					
24.311	0.241	0.244	9.654	15.016	3.666	
24.287	5.929					
24.552	0.241	0.244	9.654	14.889	3.635	
24.077	5.878					
24.793	0.044	0.045	9.654	14.814	0.662	
24.028	1.074					
24.837	0.163	0.166	10.147	15.480	2.565	
23.810	3.946					
25.000	0.241	0.244	10.147	15.362	3.756	
23.589	5.767					
25.241	0.111	0.113	10.147	15.260	1.722	
23.497	2.652					
25.352	0.241	0.245	10.653	15.874	3.887	
23.194	5.680					
25.592	0.241	0.245	10.653	15.720	3.849	
23.006	5.634					
25.833	0.027	0.028	10.653	15.633	0.430	
22.985	0.633					
25.860	0.241	0.245	11.161	16.248	3.986	
22.687	5.565					
26.101	0.241	0.245	11.161	16.078	3.944	
22.499	5.519					
26.341	0.029	0.030	11.161	15.983	0.479	

22.498	0.674					
26.371	0.241	0.246	11.680	16.582	4.075	
22.173	5.449					
26.611	0.241	0.246	11.680	16.396	4.029	
21.961	5.397					
26.852	0.031	0.032	11.680	16.291	0.522	
21.947	0.703					
26.884	0.241	0.246	12.184	16.839	4.146	
21.618	5.322					
27.124	0.241	0.246	12.184	16.637	4.096	
21.410	5.271					
27.365	0.042	0.043	12.184	16.518	0.714	
21.394	0.925					
27.407	0.241	0.247	12.669	17.006	4.195	
21.060	5.195					
27.648	0.241	0.247	12.669	16.788	4.141	
20.850	5.143					
27.888	0.063	0.064	12.669	16.651	1.067	
20.827	1.335					
27.951	0.241	0.247	13.111	17.046	4.212	
20.498	5.065					
28.192	0.241	0.247	13.111	16.813	4.154	
20.305	5.017					
28.432	0.098	0.100	13.111	16.649	1.670	
20.275	2.034					
28.530	0.241	0.249	15.097	18.743	4.672	
19.603	4.886					
28.771	0.241	0.249	15.097	18.435	4.595	
19.386	4.832					
29.011	0.027	0.028	15.097	18.265	0.508	
19.387	0.539					
29.038	0.241	0.252	17.439	20.545	5.183	
18.525	4.673					
29.279	0.241	0.252	17.439	20.138	5.080	
18.288	4.613					
29.519	0.006	0.006	17.439	19.930	0.123	
18.365	0.113					
29.525	0.241	0.256	19.981	22.115	5.663	
17.405	4.457					
29.766	0.222	0.237	19.981	21.606	5.114	
17.277	4.089					
29.988	0.241	0.260	22.402	23.108	6.015	
16.501	4.295					
30.229	0.241	0.260	22.402	22.450	5.844	
16.463	4.285					
30.470	0.016	0.017	22.402	22.099	0.385	
16.950	0.295					
30.486	0.241	0.266	25.428	23.880	6.363	
15.616	4.161					
30.726	0.241	0.266	25.428	23.045	6.141	
15.766	4.201					
30.967	0.040	0.044	25.428	22.558	0.996	
16.361	0.722					
31.007	0.241	0.272	27.767	23.416	6.369	

15.088	4.104					
31.248	0.206	0.233	27.767	22.503	5.247	
15.421	3.596					
31.454	0.164	0.186	27.767	21.723	4.036	
34.821	6.470					
31.618	0.241	0.277	29.693	21.708	6.014	
34.780	9.635					
31.859	0.241	0.277	29.693	20.521	5.685	
35.073	9.716					
32.100	0.241	0.277	29.693	19.334	5.356	
35.828	9.926					
32.340	0.160	0.184	29.693	18.347	3.371	
36.702	6.743					
32.500	0.014	0.016	29.693	73.887	1.192	
37.221	0.600					
32.514	0.241	0.280	30.605	71.901	20.104	
38.067	10.644					
32.755	0.241	0.280	30.605	65.585	18.338	
39.245	10.973					
32.995	0.241	0.280	30.605	59.270	16.572	
40.487	11.321					
33.236	0.241	0.280	30.605	52.954	14.806	
42.942	12.007					
33.477	0.241	0.280	30.605	46.638	13.041	
40.492	11.322					
33.717	0.241	0.280	30.605	40.323	11.275	
37.305	10.431					
33.958	0.241	0.280	30.605	34.007	9.509	
35.310	9.873					
34.199	0.095	0.111	30.605	29.600	3.273	
35.026	3.873					
34.294	0.068	0.079	30.605	27.464	2.158	
35.029	2.752					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 dl(m) : lunghezza base concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
 TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
 TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----  
 -----

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

-----  
Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.3 sponda destra - zona corridoio - Analisi statica  
drenata REV3.txt

Data: 18/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.3 sponda dx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6.40	10.00	21.06	11.85	6.40	9.95	6.40	7.35
7.20	10.00	21.50	12.65	35.40	9.95	35.40	7.35
7.20	10.10	32.60	12.65	-	-	-	-
7.30	10.10	32.60	11.85	-	-	-	-
7.30	10.80	21.06	11.85	-	-	-	-
18.00	10.80	-	-	-	-	-	-
18.00	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	12.65	-	-	-	-	-	-
21.50	12.65	-	-	-	-	-	-
32.60	12.65	-	-	-	-	-	-
32.60	11.85	-	-	-	-	-	-
32.60	11.64	-	-	-	-	-	-
35.10	11.64	-	-	-	-	-	-
35.40	11.64	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
7.20	10.00	18.70	10.10	-	-	-	-



7.20	10.10	18.60	10.10	-	-	-	-
7.30	10.10	18.60	12.65	-	-	-	-
7.30	10.80	21.50	12.65	-	-	-	-
18.00	10.80	21.06	11.85	-	-	-	-
18.00	16.65	20.70	11.20	-	-	-	-
18.60	16.65	19.70	11.20	-	-	-	-
18.60	10.10	18.90	10.00	-	-	-	-
18.70	10.10	18.70	10.00	-	-	-	-
18.70	10.00	18.70	10.10	-	-	-	-
7.20	10.00	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X            Y    (in m)

6.40	10.00
7.20	10.00
18.70	10.00
18.70	10.10
18.60	10.10
18.60	10.60
18.61	10.70
18.62	10.84
18.66	11.00
18.71	11.11
18.81	11.28
18.97	11.42
19.16	11.50
19.80	11.56
23.00	11.60
27.00	11.60
35.40	11.60

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2

STRATO 5

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	C` mi	D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	17.91	15.44	0.00	0.00	20.10	20.10	
1.461	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	23.91	3.00	0.00	0.00	19.22	19.22	
1.403	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	24.79	0.00	0.00	0.00	18.82	18.82	
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	21.83	12.08	0.00	0.00	19.10	19.10	
1.584	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 5	40.00	300.00	0.00	0.00	25.00	25.00	
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 6	36.00	0.00	0.00	0.00	22.00	23.00	
2.525	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)  
 C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)  
 Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)  
 Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)  
 Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)  
 STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
 (adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00

Carico in X2 (Kpa): 30.00

Posizione carico da X1 m.: 32.60

a X2 m.: 35.10

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a 30.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
 COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%  
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 6.98  
 33.08  
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00  
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 9.88  
 34.82

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
 COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

Fattore di sicurezza (FS)	2.2246	- Min. -	X	Y	Lambda=
0.2228			7.13	10.00	
			8.33	9.65	
			8.93	9.47	
			9.36	9.35	
			9.73	9.25	
			10.08	9.17	
			10.41	9.10	
			10.76	9.02	
			11.11	8.95	
			11.47	8.89	
			11.83	8.83	
			12.17	8.77	
			12.50	8.72	
			12.85	8.68	
			13.19	8.64	
			13.54	8.60	
			13.91	8.57	
			14.31	8.54	
			14.66	8.53	
			14.98	8.53	
			15.28	8.55	

15.61	8.59
15.92	8.65
16.26	8.73
16.64	8.83
17.10	8.98
17.46	9.12
17.77	9.28
18.05	9.45
18.37	9.70
18.69	9.99
19.09	10.41
19.69	11.10
20.99	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      2.2390   - N.2 --      X      Y      Lambda=  
0.2308

7.04	10.00
8.01	9.39
8.46	9.11
8.77	8.95
9.02	8.83
9.27	8.74
9.49	8.67
9.73	8.61
9.99	8.57
10.30	8.53
10.59	8.50
10.85	8.48
11.11	8.46
11.37	8.45
11.62	8.44
11.87	8.44
12.13	8.44
12.41	8.45
12.68	8.45
12.94	8.46
13.20	8.47
13.47	8.48
13.73	8.49
14.00	8.50
14.27	8.51
14.55	8.52
14.81	8.53
15.06	8.55
15.31	8.58
15.56	8.62
15.81	8.66
16.08	8.71
16.36	8.77
16.68	8.84
16.94	8.92
17.18	9.00
17.41	9.10

17.65	9.23
17.88	9.36
18.12	9.53
18.38	9.72
18.68	9.97
18.97	10.20
19.24	10.42
19.50	10.65
19.76	10.87
20.05	11.12
20.37	11.41
20.83	11.83
21.73	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      2.2475    - N.3 --      X      Y      Lambda=  
0.2232

7.07	10.00
8.32	9.49
8.93	9.25
9.34	9.10
9.70	8.99
10.04	8.91
10.35	8.84
10.69	8.78
11.03	8.74
11.42	8.70
11.79	8.66
12.15	8.64
12.50	8.61
12.84	8.58
13.19	8.56
13.55	8.54
13.92	8.53
14.32	8.51
14.66	8.51
14.99	8.52
15.30	8.55
15.64	8.59
15.96	8.65
16.31	8.73
16.69	8.83
17.16	8.97
17.51	9.10
17.83	9.25
18.11	9.42
18.43	9.66
18.75	9.95
19.15	10.37
19.76	11.08
21.08	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      2.2665    - N.4 --      X      Y      Lambda=

0.2266

7.08	10.00
8.33	9.43
8.94	9.16
9.35	9.00
9.71	8.88
10.05	8.78
10.36	8.70
10.69	8.64
11.04	8.59
11.44	8.54
11.81	8.50
12.16	8.47
12.50	8.45
12.85	8.43
13.19	8.42
13.54	8.41
13.90	8.41
14.30	8.42
14.65	8.44
14.99	8.47
15.30	8.51
15.64	8.56
15.97	8.63
16.32	8.72
16.70	8.83
17.16	8.98
17.51	9.11
17.82	9.27
18.10	9.44
18.43	9.68
18.75	9.98
19.15	10.40
19.76	11.09
21.07	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      2.2926   - N.5 --      X      Y      Lambda=  
0.1933

7.11	10.00
8.16	9.77
8.70	9.66
9.09	9.58
9.43	9.51
9.74	9.45
10.05	9.39
10.36	9.33
10.68	9.28
11.00	9.22
11.31	9.17
11.61	9.12
11.92	9.08
12.22	9.03
12.53	9.00

12.83	8.96
13.14	8.93
13.47	8.90
13.78	8.87
14.09	8.85
14.40	8.82
14.71	8.80
15.03	8.77
15.35	8.75
15.70	8.73
16.08	8.71
16.38	8.71
16.65	8.73
16.89	8.77
17.18	8.86
17.42	8.95
17.70	9.09
18.02	9.28
18.41	9.53
18.75	9.76
19.07	9.98
19.37	10.21
19.67	10.45
20.00	10.74
20.37	11.08
20.91	11.59
22.00	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      2.2962   - N.6 --      X      Y      Lambda=  
0.2118

7.07	10.00
7.79	9.63
8.13	9.46
8.36	9.36
8.56	9.28
8.75	9.23
8.92	9.18
9.10	9.15
9.29	9.13
9.51	9.11
9.73	9.09
9.93	9.08
10.14	9.06
10.33	9.04
10.53	9.03
10.73	9.01
10.93	8.99
11.13	8.98
11.33	8.96
11.52	8.95
11.72	8.93
11.92	8.92
12.12	8.90

12.31	8.89
12.51	8.87
12.71	8.86
12.91	8.85
13.11	8.83
13.31	8.82
13.50	8.81
13.70	8.79
13.90	8.78
14.10	8.77
14.30	8.76
14.50	8.75
14.70	8.74
14.89	8.73
15.09	8.73
15.29	8.72
15.49	8.72
15.70	8.72
15.92	8.72
16.12	8.73
16.30	8.75
16.48	8.77
16.67	8.81
16.85	8.86
17.04	8.91
17.24	8.99
17.48	9.08
17.69	9.17
17.88	9.26
18.06	9.36
18.25	9.47
18.43	9.59
18.62	9.73
18.83	9.88
19.06	10.07
19.27	10.25
19.46	10.42
19.65	10.61
19.84	10.81
20.05	11.04
20.28	11.32
20.63	11.76
21.33	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	2.2992	- N.7 --	X	Y	Lambda=
0.1787					
			7.08	10.00	
			8.30	9.54	
			8.91	9.31	
			9.33	9.17	
			9.70	9.05	
			10.04	8.95	
			10.37	8.86	



10.71	8.78
11.06	8.71
11.44	8.63
11.80	8.57
12.14	8.51
12.49	8.45
12.83	8.40
13.18	8.36
13.53	8.31
13.90	8.27
14.30	8.23
14.65	8.21
14.97	8.20
15.28	8.21
15.61	8.24
15.93	8.28
16.27	8.35
16.66	8.44
17.15	8.57
17.50	8.70
17.81	8.84
18.07	9.01
18.39	9.27
18.70	9.59
19.09	10.05
19.70	10.85
21.03	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      2.3057   - N.8 --      X      Y      Lambda=  
0.2181

7.02	10.00
8.21	9.57
8.82	9.35
9.26	9.19
9.64	9.06
9.99	8.95
10.34	8.83
10.70	8.72
11.07	8.60
11.46	8.48
11.81	8.39
12.14	8.31
12.45	8.26
12.78	8.21
13.10	8.18
13.44	8.17
13.80	8.17
14.22	8.19
14.59	8.21
14.93	8.25
15.25	8.29
15.58	8.36
15.90	8.44

16.25	8.54
16.63	8.66
17.09	8.83
17.44	8.98
17.76	9.15
18.04	9.34
18.37	9.60
18.70	9.91
19.10	10.34
19.71	11.06
21.01	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	2.3128	- N.9 --	X	Y	Lambda=
0.1987					

7.13	10.00
8.33	9.65
8.94	9.47
9.38	9.35
9.77	9.24
10.12	9.15
10.47	9.06
10.82	8.97
11.18	8.89
11.55	8.80
11.90	8.73
12.25	8.66
12.59	8.59
12.94	8.53
13.28	8.48
13.64	8.43
14.02	8.38
14.44	8.33
14.78	8.31
15.11	8.30
15.41	8.31
15.75	8.35
16.05	8.40
16.40	8.48
16.78	8.59
17.27	8.75
17.63	8.89
17.95	9.05
18.23	9.23
18.55	9.49
18.88	9.80
19.28	10.25
19.89	10.99
21.21	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	2.3139	- N.10 --	X	Y	Lambda=
0.2377					

7.07	10.00
------	-------

8.10	9.38
8.60	9.09
8.93	8.91
9.22	8.77
9.49	8.66
9.75	8.57
10.01	8.49
10.30	8.42
10.62	8.36
10.92	8.30
11.21	8.24
11.50	8.19
11.78	8.15
12.06	8.10
12.35	8.06
12.65	8.02
12.98	7.98
13.26	7.95
13.53	7.94
13.79	7.94
14.06	7.95
14.32	7.97
14.60	8.00
14.89	8.05
15.24	8.12
15.53	8.18
15.81	8.26
16.07	8.34
16.34	8.44
16.61	8.55
16.89	8.68
17.19	8.83
17.56	9.03
17.84	9.21
18.11	9.40
18.35	9.60
18.62	9.86
18.90	10.16
19.23	10.57
19.73	11.23
20.78	12.65

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

# Analisi Deficit in riferimento a  $F_s(\text{progetto}) = 1.200$

Sup N.	$F_s$	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	2.225	235.2	105.7	108.3	Surplus
2	2.239	263.4	117.6	122.2	Surplus
3	2.248	243.3	108.2	113.4	Surplus
4	2.267	246.9	108.9	116.2	Surplus
5	2.293	257.1	112.2	122.5	Surplus
6	2.296	249.9	108.8	119.3	Surplus

7	2.299	252.6	109.9	120.7	Surplus
8	2.306	252.0	109.3	120.8	Surplus
9	2.313	251.2	108.6	120.9	Surplus
10	2.314	250.7	108.4	120.7	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 108.3

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

phi'	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(m) (c',Cu) (kPa)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
17.91	7.133 15.44	0.067	-16.55	0.01	0.49	0.10
17.91	7.200 15.44	0.100	-16.55	0.32	0.11	0.34
17.91	7.300 15.44	0.001	-16.55	0.03	0.04	0.81
24.79	7.301 0.00	0.187	-16.55	4.03	0.04	0.81
24.79	7.488 0.00	0.187	-16.55	4.22	0.05	1.14
24.79	7.675 0.00	0.187	-16.55	4.42	0.07	1.65
24.79	7.862 0.00	0.187	-16.55	4.61	0.09	2.28
24.79	8.050 0.00	0.187	-16.55	4.81	0.11	2.84
24.79	8.237 0.00	0.089	-16.55	2.37	0.13	3.48
24.79	8.326 0.00	0.187	-16.15	5.10	0.14	3.74
24.79	8.513 0.00	0.187	-16.15	5.29	0.15	4.27
24.79	8.700 0.00	0.187	-16.15	5.48	0.16	4.79
24.79	8.887 0.00	0.044	-16.15	1.30	0.17	5.29
24.79	8.931 0.00	0.187	-15.40	5.71	0.18	5.42

	9.118	0.187	-15.40	5.89	0.19	5.92
24.79	0.00					
	9.305	0.051	-15.40	1.64	0.20	6.37
24.79	0.00					
	9.356	0.187	-14.59	6.12	0.20	6.48
24.79	0.00					
	9.543	0.187	-14.59	6.29	0.21	6.90
24.79	0.00					
	9.730	0.003	-14.59	0.09	0.21	7.32
24.79	0.00					
	9.733	0.187	-13.56	6.46	0.22	7.33
24.79	0.00					
	9.920	0.155	-13.56	5.47	0.22	7.74
24.79	0.00					
	10.075	0.187	-12.77	6.74	0.23	8.09
24.79	0.00					
	10.262	0.150	-12.77	5.51	0.23	8.55
24.79	0.00					
	10.412	0.187	-11.98	7.01	0.24	8.88
24.79	0.00					
	10.599	0.156	-11.98	5.94	0.25	9.33
24.79	0.00					
	10.755	0.187	-11.21	7.26	0.25	9.65
24.79	0.00					
	10.942	0.163	-11.21	6.45	0.26	10.03
24.79	0.00					
	11.106	0.187	-10.49	7.50	0.26	10.35
24.79	0.00					
	11.293	0.182	-10.49	7.40	0.26	10.71
24.79	0.00					
	11.474	0.187	-9.79	7.73	0.27	11.04
24.79	0.00					
	11.662	0.163	-9.79	6.85	0.27	11.37
24.79	0.00					
	11.825	0.187	-9.03	7.94	0.27	11.64
24.79	0.00					
	12.012	0.156	-9.03	6.69	0.28	11.93
24.79	0.00					
	12.168	0.187	-8.24	8.13	0.28	12.15
24.79	0.00					
	12.355	0.150	-8.24	6.58	0.28	12.41
24.79	0.00					
	12.505	0.187	-7.44	8.30	0.28	12.60
24.79	0.00					
	12.692	0.155	-7.44	6.93	0.29	12.84
24.79	0.00					
	12.846	0.187	-6.61	8.45	0.29	13.02
24.79	0.00					
	13.034	0.154	-6.61	7.02	0.29	13.24
24.79	0.00					
	13.188	0.187	-5.80	8.58	0.29	13.40
24.79	0.00					
	13.375	0.165	-5.80	7.62	0.29	13.59
24.79	0.00					

	13.540	0.187	-5.03	8.71	0.30	13.76
24.79	0.00					
	13.727	0.183	-5.03	8.55	0.30	13.93
24.79	0.00					
	13.909	0.187	-4.35	8.82	0.30	14.08
24.79	0.00					
	14.096	0.187	-4.35	8.87	0.30	14.19
24.79	0.00					
	14.283	0.029	-4.35	1.38	0.30	14.27
24.79	0.00					
	14.313	0.187	-2.15	8.91	0.30	14.28
24.79	0.00					
	14.500	0.156	-2.15	7.45	0.30	14.31
24.79	0.00					
	14.656	0.187	0.64	8.94	0.30	14.32
24.79	0.00					
	14.843	0.136	0.64	6.51	0.30	14.28
24.79	0.00					
	14.979	0.187	3.85	8.91	0.30	14.21
24.79	0.00					
	15.166	0.115	3.85	5.46	0.30	14.07
24.79	0.00					
	15.281	0.187	6.99	8.82	0.30	13.96
24.79	0.00					
	15.468	0.143	6.99	6.68	0.30	13.73
24.79	0.00					
	15.611	0.187	10.27	8.66	0.29	13.52
24.79	0.00					
	15.798	0.122	10.27	5.60	0.29	13.17
24.79	0.00					
	15.921	0.187	13.38	8.44	0.29	12.91
24.79	0.00					
	16.108	0.152	13.38	6.73	0.28	12.45
24.79	0.00					
	16.259	0.187	15.97	8.14	0.28	12.06
24.79	0.00					
	16.446	0.187	15.97	7.95	0.27	11.55
24.79	0.00					
	16.633	0.003	15.97	0.14	0.27	11.02
24.79	0.00					
	16.637	0.187	17.82	7.75	0.27	11.01
24.79	0.00					
	16.824	0.187	17.82	7.54	0.26	10.39
24.79	0.00					
	17.011	0.093	17.82	3.66	0.25	9.63
24.79	0.00					
	17.104	0.187	21.35	7.20	0.25	9.20
24.79	0.00					
	17.291	0.166	21.35	6.16	0.23	8.54
24.79	0.00					
	17.456	0.187	26.38	6.68	0.20	8.15
24.79	0.00					
	17.644	0.129	26.38	4.41	0.17	8.02
24.79	0.00					

	17.772	0.187	32.11	6.08	0.14	7.99
24.79	0.00					
	17.959	0.041	32.11	1.26	0.09	7.25
24.79	0.00					
	18.000	0.051	32.11	9.01	0.08	7.16
24.79	0.00					
	18.051	0.187	37.14	32.79	0.07	6.98
24.79	0.00					
	18.238	0.134	37.14	23.13	0.06	6.20
24.79	0.00					
	18.372	0.187	42.63	31.88	0.06	5.70
24.79	0.00					
	18.559	0.041	42.63	6.93	0.06	5.06
24.79	0.00					
	18.600	0.010	42.63	0.60	0.06	4.92
24.79	0.00					
	18.610	0.010	42.63	0.60	0.06	4.88
24.79	0.00					
	18.620	0.026	42.63	1.59	0.06	4.85
24.79	0.00					
	18.646	0.004	42.63	0.21	0.06	4.78
17.91	15.44					
	18.650	0.010	42.63	0.59	0.06	4.77
17.91	15.44					
	18.660	0.032	42.63	1.90	0.06	4.74
17.91	15.44					
	18.692	0.008	46.40	0.45	0.07	4.67
17.91	15.44					
	18.700	0.000	46.40	0.02	0.00	0.00
40.00	300.00					
	18.700	0.010	46.40	0.58	0.00	0.00
36.00	0.00					
	18.710	0.100	46.40	5.80	0.07	4.64
36.00	0.00					
	18.810	0.090	46.40	5.03	0.08	4.53
36.00	0.00					
	18.900	0.070	46.40	3.78	0.09	4.42
36.00	0.00					
	18.970	0.117	46.40	6.08	0.10	4.37
36.00	0.00					
	19.087	0.073	48.98	3.59	0.11	4.32
36.00	0.00					
	19.160	0.187	48.98	8.62	0.11	4.27
36.00	0.00					
	19.347	0.100	48.98	4.21	0.12	4.11
36.00	0.00					
	19.447	0.187	48.98	7.19	0.13	3.97
17.91	15.44					
	19.634	0.059	48.98	2.07	0.12	3.60
17.91	15.44					
	19.693	0.007	50.04	0.25	0.11	3.40
17.91	15.44					
	19.700	0.100	50.04	3.29	0.11	3.37
36.00	0.00					

	19.800	0.187	50.04	5.42	0.09	2.98
36.00	0.00					
	19.987	0.092	50.04	2.31	0.06	2.15
36.00	0.00					
	20.079	0.187	50.04	4.01	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.266	0.187	50.04	3.09	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.453	0.187	50.04	2.17	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.640	0.060	50.04	0.50	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.700	0.187	50.04	0.96	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.887	0.020	50.04	0.05	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.907	0.082	50.04	0.09	0.00	0.00
36.00	0.00					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----  
 -----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----

	X	ht	yt	yt'	E(x)
T(x)		E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
	(m)	(m)	(m)	(--)	(kN/m)
(kN/m)		(kN)	(--)	(--)	(--)
	7.133	0.000	10.000	0.061	0.000000000E+000
0.000000000E+000		2.7061353065E+001		0.074	2.451 3.040
	7.200	0.005	9.985	0.061	1.7360636958E+000
1.5357599566E-003		2.4736659116E+001		0.074	2.451 3.040
	7.300	0.060	10.010	1.333	4.0363279548E+000
7.9482504183E-003		2.6012092014E+000		0.074	1.592 2.644
	7.301	0.170	10.120	0.428	4.0391654859E+000
7.9560251670E-003		2.4053100363E+000		0.074	1.588 1.519
	7.488	0.196	10.091	-0.110	5.9380504006E+000
4.4311713288E-002		1.1535402663E+001		0.074	1.987 2.098
	7.675	0.240	10.079	-0.108	8.3552632295E+000



1.7954153639E-001	1.4289084818E+001	0.074	2.763	2.888
7.862	0.267	10.050	-0.152	1.1284468601E+001
4.3350524642E-001	1.4930185971E+001	0.074	3.552	3.599
8.050	0.294	10.022	-0.164	1.3941556475E+001
6.8761226639E-001	1.5354658970E+001	0.074	4.020	3.992
8.237	0.317	9.989	-0.174	1.7029583086E+001
9.7969945088E-001	1.4601468369E+001	0.074	4.781	4.576
8.326	0.328	9.974	-0.177	1.8252957263E+001
1.1049187029E+000	1.3900524633E+001	0.074	4.652	4.447
8.513	0.349	9.940	-0.181	2.0935291393E+001
1.3802241969E+000	1.4538205200E+001	0.074	4.229	4.085
8.700	0.369	9.906	-0.181	2.3692586593E+001
1.6604935419E+000	1.4689979850E+001	0.074	3.814	3.740
8.887	0.390	9.873	-0.182	2.6431708877E+001
1.9339179245E+000	1.5998844821E+001	0.074	3.506	3.473
8.931	0.394	9.864	-0.186	2.7142914687E+001
2.0043129349E+000	1.6139439350E+001	0.074	3.445	3.415
9.118	0.411	9.830	-0.174	3.0021220506E+001
2.2862529241E+000	1.4839350655E+001	0.074	3.243	3.220
9.305	0.432	9.799	-0.162	3.2695220900E+001
2.5471800856E+000	1.3112043895E+001	0.074	3.129	3.089
9.356	0.438	9.791	-0.155	3.3349996827E+001
2.6110524921E+000	1.3077031198E+001	0.074	3.110	3.062
9.543	0.458	9.762	-0.156	3.5993512862E+001
2.8742495131E+000	1.4254811597E+001	0.074	3.055	2.966
9.730	0.477	9.733	-0.155	3.8683591325E+001
3.1491341948E+000	1.5472251309E+001	0.074	3.024	2.883
9.733	0.478	9.733	-0.149	3.8725859783E+001
3.1535629090E+000	1.5473875967E+001	0.074	3.024	2.881
9.920	0.495	9.705	-0.148	4.1437077661E+001
3.4447986232E+000	1.4678217062E+001	0.074	3.009	2.804
10.075	0.509	9.682	-0.154	4.3738272960E+001
3.7017986451E+000	1.5631381098E+001	0.074	3.004	2.742
10.262	0.522	9.652	-0.152	4.6842831652E+001
4.0625376351E+000	1.5897022948E+001	0.074	2.993	2.660
10.412	0.535	9.631	-0.147	4.9140708738E+001
4.3399138510E+000	1.6028859145E+001	0.074	2.990	2.602
10.599	0.546	9.602	-0.143	5.2300730734E+001
4.7315299414E+000	1.5964330495E+001	0.074	2.980	2.527
10.755	0.558	9.582	-0.131	5.4667325412E+001
5.0320244074E+000	1.5330547054E+001	0.074	2.981	2.474
10.942	0.571	9.557	-0.126	5.7566380780E+001
5.4083825465E+000	1.5219443032E+001	0.074	2.980	2.415
11.106	0.584	9.538	-0.123	6.0014398172E+001
5.7311411272E+000	1.5369262424E+001	0.074	2.996	2.370
11.293	0.595	9.514	-0.120	6.2973563110E+001
6.1279543694E+000	1.5488088788E+001	0.074	3.019	2.321
11.474	0.608	9.493	-0.115	6.5731323234E+001
6.5019141667E+000	1.5339220487E+001	0.074	3.063	2.280
11.662	0.618	9.472	-0.110	6.8633981080E+001
6.9000521154E+000	1.4932180878E+001	0.074	3.121	2.242
11.825	0.630	9.455	-0.103	7.0991749277E+001
7.2250079465E+000	1.4516831961E+001	0.074	3.194	2.215
12.012	0.640	9.436	-0.097	7.3727781981E+001

7.6040631434E+000	1.4029505862E+001	0.074	3.292	2.185
12.168	0.651	9.421	-0.091	7.5835054506E+001
7.8961299711E+000	1.3706808578E+001	0.074	3.398	2.165
12.355	0.661	9.404	-0.087	7.8438180255E+001
8.2588158740E+000	1.3442091261E+001	0.074	3.544	2.140
12.505	0.670	9.392	-0.083	8.0394199530E+001
8.5319130005E+000	1.3278669189E+001	0.074	3.689	2.123
12.692	0.679	9.377	-0.079	8.2928551441E+001
8.8887561936E+000	1.3061788074E+001	0.074	3.895	2.100
12.846	0.688	9.365	-0.074	8.4888653273E+001
9.1669482174E+000	1.2786463685E+001	0.074	4.102	2.082
13.034	0.696	9.351	-0.070	8.7309257405E+001
9.5155402118E+000	1.2504344148E+001	0.074	4.384	2.059
13.188	0.704	9.341	-0.065	8.9180989270E+001
9.7884541778E+000	1.2282190532E+001	0.074	4.667	2.040
13.375	0.710	9.329	-0.065	9.1509576385E+001
1.0132353128E+001	1.2978099679E+001	0.077	5.054	2.016
13.540	0.716	9.318	-0.063	9.3726483296E+001
1.0459609671E+001	1.3167858905E+001	0.079	5.578	1.993
13.727	0.721	9.307	-0.057	9.6130852672E+001
1.0811846260E+001	1.2311407120E+001	0.081	6.375	1.969
13.909	0.728	9.297	-0.048	9.8282838487E+001
1.1118595069E+001	1.1279100743E+001	0.083	7.463	1.947
14.096	0.734	9.289	-0.039	1.0029624742E+002
1.1394789756E+001	1.0061256761E+001	0.085	8.842	1.927
14.283	0.742	9.282	-0.033	1.0204736833E+002
1.1621194558E+001	8.2799302929E+000	0.086	10.463	1.908
14.313	0.743	9.282	-0.020	1.0228313287E+002
1.1649934014E+001	8.1318766274E+000	0.086	10.727	1.905
14.500	0.747	9.278	-0.015	1.0382826417E+002
1.1831724420E+001	7.8547445105E+000	0.087	11.184	1.883
14.656	0.751	9.277	-0.002	1.0500098484E+002
1.1958946645E+001	7.1127951806E+000	0.088	10.061	1.863
14.843	0.750	9.277	0.010	1.0624085172E+002
1.2077042366E+001	6.0741936551E+000	0.089	7.573	1.835
14.979	0.750	9.280	0.028	1.0701436319E+002
1.2136894231E+001	5.2628556703E+000	0.089	5.863	1.812
15.166	0.745	9.286	0.041	1.0789426551E+002
1.2176282533E+001	3.5741026293E+000	0.089	3.966	1.775
15.281	0.743	9.292	0.060	1.0822564156E+002
1.2166327930E+001	2.3946765924E+000	0.089	3.184	1.752
15.468	0.732	9.305	0.073	1.0852620853E+002
1.2100245301E+001	9.0507717711E-001	0.088	2.338	1.712
15.611	0.726	9.316	0.096	1.0857898547E+002
1.2013889782E+001	-2.2439095524E-001	0.088	1.909	1.680
15.798	0.712	9.336	0.115	1.0839142571E+002
1.1836706304E+001	-1.7532786656E+000	0.086	1.515	1.634
15.921	0.706	9.352	0.137	1.0811696811E+002
1.1685878492E+001	-2.6396748133E+000	0.085	1.326	1.603
16.108	0.688	9.379	0.150	1.0750992548E+002
1.1416926782E+001	-3.8288080708E+000	0.083	1.125	1.557
16.259	0.676	9.403	0.163	1.0685785022E+002
1.1167894935E+001	-4.5479624378E+000	0.082	1.013	1.524
16.446	0.654	9.434	0.170	1.0595021419E+002

1.0861096825E+001	-5.0301878577E+000	0.079	0.919	1.492
16.633	0.632	9.466	0.173	1.0497575012E+002
1.0631345027E+001	-5.4983520519E+000	0.078	0.875	1.487
16.637	0.632	9.467	0.197	1.0495703820E+002
1.0628226221E+001	-5.5114609572E+000	0.078	0.875	1.488
16.824	0.609	9.504	0.221	1.0384517782E+002
1.0548434995E+001	-6.4677738097E+000	0.077	0.884	1.527
17.011	0.594	9.549	0.254	1.0253704952E+002
1.0787677388E+001	-7.3226305366E+000	0.079	0.982	1.656
17.104	0.590	9.575	0.583	1.0184157749E+002
1.1026391159E+001	-8.6672553841E+000	0.081	1.060	1.754
17.291	0.655	9.713	0.621	9.9775295628E+001
1.1950740772E+001	-1.2400629596E+001	0.088	1.330	2.088
17.456	0.671	9.794	0.387	9.7524023068E+001
1.2850013872E+001	-1.5685863987E+001	0.095	1.601	2.477
17.644	0.634	9.849	0.298	9.4148527603E+001
1.3704158230E+001	-3.0783520810E+001	0.101	1.839	2.902
17.772	0.608	9.888	0.344	8.9051583003E+001
1.3785373527E+001	-5.5345132022E+001	0.103	1.818	2.969
17.959	0.561	9.958	0.377	7.4409326649E+001
1.2554195596E+001	-6.7642639891E+001	0.096	1.862	2.554
18.000	0.551	9.973	11.287	7.1758873816E+001
1.2281393033E+001	-6.5059246973E+001	0.074	1.870	2.473
18.051	1.537	10.991	5.009	6.8461750900E+001
1.1884545003E+001	-6.3323451786E+001	0.074	1.867	2.367
18.238	1.570	11.166	0.702	5.7566139365E+001
1.0474085458E+001	-5.1924021196E+001	0.074	1.858	2.060
18.372	1.519	11.216	0.187	5.1226797985E+001
9.5618648590E+000	-4.3021316250E+001	0.074	1.860	1.909
18.559	1.356	11.225	-0.928	4.4326949497E+001
8.5000458997E+000	-3.1445026124E+001	0.074	1.886	1.767
18.600	1.097	11.004	-4.213	4.3081595428E+001
8.2942867819E+000	-2.9093813035E+001	0.300	1.900	1.748
18.610	1.093	11.010	0.552	4.2793462126E+001
8.2458728836E+000	-2.8471321561E+001	0.299	1.905	1.743
18.620	1.090	11.015	0.552	4.2512168996E+001
8.1978636219E+000	-2.7928755877E+001	0.298	1.912	1.739
18.646	1.080	11.030	0.552	4.1786322715E+001
8.0721588084E+000	-2.6824168701E+001	0.295	1.932	2.497
18.650	1.079	11.032	0.552	4.1692522860E+001
8.0557188303E+000	-2.6631760355E+001	0.295	1.936	2.496
18.660	1.075	11.037	0.552	4.1429528292E+001
8.0090803816E+000	-2.5674922505E+001	0.295	1.946	2.495
18.692	1.063	11.055	0.567	4.0669489916E+001
7.8714710282E+000	-2.2207752488E+001	0.294	1.983	2.494
18.700	1.060	11.060	0.630	4.0502783346E+001
7.8407821023E+000	-2.1446070381E+001	0.393	1.994	21.973
18.700	1.060	11.060	0.630	4.0497132304E+001
7.8397323129E+000	-2.1422641542E+001	0.593	1.993	2.405
18.710	1.056	11.066	0.630	4.0286355538E+001
7.8002216782E+000	-2.1337936693E+001	0.596	1.990	2.403
18.810	1.014	11.129	0.630	3.7892301743E+001
7.3356785084E+000	-2.6001524020E+001	0.597	1.971	2.380
18.900	0.976	11.186	0.461	3.5385224710E+001

6.8218565152E+000	-2.5341371152E+001	0.594	1.965	2.372
18.970	0.920	11.203	0.134	3.3748258702E+001
6.4534920887E+000	-2.2842955917E+001	0.590	1.966	2.385
19.087	0.804	11.211	0.108	3.1173023798E+001
5.8477725975E+000	-2.3894565610E+001	0.579	1.979	2.422
19.160	0.733	11.224	0.349	2.9350543786E+001
5.4154944810E+000	-2.5767019788E+001	0.570	1.996	2.457
19.347	0.597	11.302	0.515	2.4211820332E+001
4.1444755310E+000	-3.1744188031E+001	0.530	2.064	2.619
19.447	0.551	11.371	0.804	2.0825660304E+001
3.2991736077E+000	-3.2853558920E+001	0.492	2.133	3.624
19.634	0.498	11.532	0.797	1.5089316440E+001
1.9064399795E+000	-2.0114186224E+001	0.367	2.162	4.774
19.693	0.465	11.568	0.594	1.4097807976E+001
1.6905878999E+000	-1.6764561800E+001	0.369	2.276	5.093
19.700	0.460	11.572	0.624	1.3976696472E+001
1.6649302697E+000	-1.6710642326E+001	0.355	2.290	3.397
19.800	0.404	11.634	0.684	1.2377105097E+001
1.3563602282E+000	-1.5731237469E+001	0.341	2.475	3.627
19.987	0.314	11.768	0.758	9.5267317119E+000
8.9669245874E-001	-1.4694480974E+001	0.293	2.844	4.101
20.079	0.282	11.846	0.868	8.2038895564E+000
7.2416034951E-001	-1.4734427722E+001	0.270	3.053	4.393
20.266	0.224	12.010	0.975	5.3307929518E+000
3.8338727981E-001	-1.5361415999E+001	0.220	3.579	5.393
20.453	0.200	12.210	0.966	2.4562468543E+000
1.1583236736E-001	-1.1736114993E+001	0.144	4.508	6.864
20.640	0.139	12.372	0.799	9.3959648301E-001
1.4122919789E-002	-4.8006942657E+000	0.074	4.274	6.896
20.700	0.103	12.408	0.790	7.1517964298E-001
8.7215368603E-003	-3.6672741811E+000	0.074	4.000	6.579
20.887	0.039	12.567	0.790	7.1725514841E-002
3.8256142916E-004	-4.9985856028E-001	0.074	11.747	19.261
20.907	0.020	12.572	0.790	6.8009472899E-002
3.7974411854E-004	-3.1156191610E-001	0.074	15.681	25.725

-----  
 -----  
 ---

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

-----  
 -----

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----						
	X	dx	dI	alpha	TauStress	TauF
	TauStrength	TauS				
	(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
(kPa)	(kN/m)					
15.489	7.133	0.067	0.070	-16.552	-0.055	-0.004
16.338	7.200	0.100	0.104	-16.552	-0.874	-0.091
21.422	7.300	0.001	0.001	-16.552	-5.735	-0.007
8.964	7.301	0.187	0.195	-16.552	-5.879	-1.147
9.799	7.488	0.187	0.195	-16.552	-6.165	-1.203
10.664	7.675	0.187	0.195	-16.552	-6.450	-1.259
10.816	7.862	0.187	0.195	-16.552	-6.736	-1.315
11.209	8.050	0.187	0.195	-16.552	-7.022	-1.370
11.077	8.237	0.089	0.093	-16.552	-7.233	-0.674
11.386	8.326	0.187	0.195	-16.154	-7.281	-1.418
11.603	8.513	0.187	0.195	-16.154	-7.554	-1.471
11.757	8.700	0.187	0.195	-16.154	-7.827	-1.524
11.951	8.887	0.044	0.045	-16.154	-7.995	-0.363
12.103	8.931	0.187	0.194	-15.402	-7.815	-1.516
12.176	9.118	0.187	0.194	-15.402	-8.063	-1.565
12.088	9.305	0.051	0.053	-15.402	-8.221	-0.437
12.524	9.356	0.187	0.193	-14.586	-7.969	-1.540
12.786	9.543	0.187	0.193	-14.586	-8.192	-1.584
12.942	9.730	0.003	0.003	-14.586	-8.305	-0.023
13.147	9.733	0.187	0.192	-13.561	-7.866	-1.514
13.388	9.920	0.155	0.160	-13.561	-8.043	-1.284
13.866	10.075	0.187	0.192	-12.770	-7.769	-1.490
	10.262	0.150	0.154	-12.770	-7.924	-1.217

13.900	2.135					
10.412	0.187	0.191	-11.977	-7.602	-1.454	
14.320	2.739					
10.599	0.156	0.159	-11.977	-7.741	-1.233	
14.269	2.272					
10.755	0.187	0.191	-11.210	-7.398	-1.411	
14.529	2.771					
10.942	0.163	0.167	-11.210	-7.522	-1.253	
14.612	2.435					
11.106	0.187	0.190	-10.493	-7.177	-1.365	
14.910	2.837					
11.293	0.182	0.185	-10.493	-7.292	-1.348	
14.974	2.769					
11.474	0.187	0.190	-9.792	-6.928	-1.315	
15.190	2.884					
11.662	0.163	0.166	-9.792	-7.024	-1.165	
15.176	2.518					
11.825	0.187	0.189	-9.034	-6.584	-1.247	
15.362	2.910					
12.012	0.156	0.158	-9.034	-6.663	-1.050	
15.338	2.418					
12.168	0.187	0.189	-8.242	-6.165	-1.165	
15.535	2.937					
12.355	0.150	0.151	-8.242	-6.230	-0.943	
15.533	2.350					
12.505	0.187	0.189	-7.444	-5.697	-1.075	
15.729	2.968					
12.692	0.155	0.156	-7.444	-5.751	-0.898	
15.728	2.456					
12.846	0.187	0.188	-6.613	-5.167	-0.973	
15.892	2.993					
13.034	0.154	0.155	-6.613	-5.209	-0.808	
15.897	2.466					
13.188	0.187	0.188	-5.804	-4.616	-0.868	
16.039	3.016					
13.375	0.165	0.166	-5.804	-4.650	-0.771	
16.204	2.685					
13.540	0.187	0.188	-5.033	-4.067	-0.764	
16.201	3.043					
13.727	0.183	0.183	-5.033	-4.094	-0.751	
16.128	2.957					
13.909	0.187	0.188	-4.352	-3.566	-0.669	
16.065	3.014					
14.096	0.187	0.188	-4.352	-3.586	-0.673	
15.968	2.996					
14.283	0.029	0.029	-4.352	-3.598	-0.105	
15.863	0.462					
14.313	0.187	0.187	-2.154	-1.789	-0.335	
15.903	2.977					
14.500	0.156	0.156	-2.154	-1.794	-0.280	
15.858	2.476					
14.656	0.187	0.187	0.637	0.532	0.099	
15.734	2.944					
14.843	0.136	0.136	0.637	0.531	0.072	

15.653	2.135					
14.979	0.187	0.188	3.850	3.191	0.598	
15.397	2.887					
15.166	0.115	0.115	3.850	3.178	0.367	
15.282	1.763					
15.281	0.187	0.188	6.992	5.696	1.074	
14.936	2.815					
15.468	0.143	0.144	6.992	5.650	0.813	
14.823	2.133					
15.611	0.187	0.190	10.270	8.119	1.544	
14.396	2.737					
15.798	0.122	0.124	10.270	8.027	0.998	
14.305	1.778					
15.921	0.187	0.192	13.381	10.160	1.954	
13.856	2.665					
16.108	0.152	0.156	13.381	9.989	1.556	
13.746	2.142					
16.259	0.187	0.195	15.968	11.512	2.240	
13.277	2.583					
16.446	0.187	0.195	15.968	11.245	2.188	
13.015	2.533					
16.633	0.003	0.004	15.968	11.110	0.039	
12.991	0.046					
16.637	0.187	0.197	17.816	12.068	2.371	
12.356	2.428					
16.824	0.187	0.197	17.816	11.739	2.307	
11.776	2.314					
17.011	0.093	0.098	17.816	11.492	1.121	
11.480	1.120					
17.104	0.187	0.201	21.353	13.050	2.621	
9.420	1.892					
17.291	0.166	0.178	21.353	12.610	2.241	
9.030	1.605					
17.456	0.187	0.209	26.377	14.211	2.968	
7.119	1.487					
17.644	0.129	0.144	26.377	13.624	1.959	
8.660	1.245					
17.772	0.187	0.221	32.108	14.643	3.234	
11.499	2.540					
17.959	0.041	0.048	32.108	14.037	0.672	
11.490	0.550					
18.000	0.051	0.060	32.108	79.639	4.791	
60.529	3.641					
18.051	0.187	0.235	37.140	84.349	19.795	
54.074	12.690					
18.238	0.134	0.168	37.140	83.249	13.964	
53.204	8.924					
18.372	0.187	0.254	42.631	84.906	21.590	
44.839	11.402					
18.559	0.041	0.056	42.631	83.921	4.696	
44.057	2.465					
18.600	0.010	0.014	42.631	30.059	0.409	
16.967	0.231					
18.610	0.010	0.014	42.631	29.973	0.407	

16.904	0.230					
18.620	0.026	0.036	42.631	29.815	1.074	
16.790	0.605					
18.646	0.004	0.005	42.631	29.684	0.141	
28.694	0.137					
18.650	0.010	0.014	42.631	29.622	0.403	
28.652	0.389					
18.660	0.032	0.044	42.631	29.428	1.284	
28.239	1.232					
18.692	0.008	0.011	46.397	29.305	0.324	
26.804	0.296					
18.700	0.000	0.000	46.397	29.263	0.011	
326.220	0.125					
18.700	0.010	0.015	46.397	29.055	0.421	
23.128	0.335					
18.710	0.100	0.145	46.397	28.985	4.203	
20.242	2.935					
18.810	0.090	0.131	46.397	27.902	3.641	
20.382	2.660					
18.900	0.070	0.102	46.397	26.972	2.738	
19.482	1.977					
18.970	0.117	0.170	46.397	25.869	4.404	
18.676	3.180					
19.087	0.073	0.111	48.976	24.494	2.709	
17.041	1.885					
19.160	0.187	0.285	48.976	22.806	6.500	
16.673	4.752					
19.347	0.100	0.152	48.976	20.937	3.175	
16.945	2.570					
19.447	0.187	0.285	48.976	19.020	5.421	
26.670	7.602					
19.634	0.059	0.090	48.976	17.353	1.562	
22.673	2.041					
19.693	0.007	0.011	50.039	16.803	0.189	
22.308	0.251					
19.700	0.100	0.156	50.039	16.206	2.523	
9.872	1.537					
19.800	0.187	0.291	50.039	14.269	4.156	
8.476	2.469					
19.987	0.092	0.143	50.039	12.386	1.768	
7.478	1.067					
20.079	0.187	0.291	50.039	10.558	3.075	
7.877	2.294					
20.266	0.187	0.291	50.039	8.140	2.371	
6.094	1.775					
20.453	0.187	0.291	50.039	5.722	1.667	
3.916	1.141					
20.640	0.060	0.093	50.039	4.126	0.385	
2.583	0.241					
20.700	0.187	0.291	50.039	2.529	0.737	
1.575	0.459					
20.887	0.020	0.031	50.039	1.191	0.037	
0.725	0.023					
20.907	0.082	0.128	50.039	0.531	0.068	



0.327      0.042

-----  
-----  
LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio  
dl(m) : lunghezza base concio  
alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio  
-----  
-----

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.3 sponda destra - zona corridoio - Analisi  
dinamica non drenata REV3.txt

Data: 20/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.3 sponda dx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6.40	10.00	21.06	11.85	6.40	9.95	6.40	7.35
7.20	10.00	21.50	12.65	35.40	9.95	35.40	7.35
7.20	10.10	32.60	12.65	-	-	-	-
7.30	10.10	32.60	11.85	-	-	-	-
7.30	10.80	21.06	11.85	-	-	-	-
18.00	10.80	-	-	-	-	-	-
18.00	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	12.65	-	-	-	-	-	-
21.50	12.65	-	-	-	-	-	-
32.60	12.65	-	-	-	-	-	-
32.60	11.85	-	-	-	-	-	-
32.60	11.64	-	-	-	-	-	-
35.10	11.64	-	-	-	-	-	-
35.40	11.64	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
7.20	10.00	18.70	10.10	-	-	-	-

7.20	10.10	18.60	10.10	-	-	-	-
7.30	10.10	18.60	12.65	-	-	-	-
7.30	10.80	21.50	12.65	-	-	-	-
18.00	10.80	21.06	11.85	-	-	-	-
18.00	16.65	20.70	11.20	-	-	-	-
18.60	16.65	19.70	11.20	-	-	-	-
18.60	10.10	18.90	10.00	-	-	-	-
18.70	10.10	18.70	10.00	-	-	-	-
18.70	10.00	18.70	10.10	-	-	-	-
7.20	10.00	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X            Y    (in m)

6.40	10.00
7.20	10.00
18.70	10.00
18.70	10.10
18.60	10.10
18.60	10.60
18.61	10.70
18.62	10.84
18.66	11.00
18.71	11.11
18.81	11.28
18.97	11.42
19.16	11.50
19.80	11.56
23.00	11.60
27.00	11.60
35.40	11.60

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2

STRATO 5

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	0.00		0.00	26.25	20.10	20.10
1.198	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	0.00		0.00	41.52	19.22	19.22
2.475	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	18.59		0.00	0.00	18.82	18.82
0.917	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	0.00		0.00	42.32	19.10	19.10
2.559	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 5	5	0.00		0.00	300.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 6	6	36.00		0.00	0.00	22.00	23.00
2.525	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)  
 C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)  
 Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)  
 Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)  
 Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)  
 STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
 (adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00

Carico in X2 (Kpa): 30.00

Posizione carico da X1 m.: 32.60

a X2 m.: 35.10

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a 30.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
 COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%  
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 6.98  
 33.08  
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00  
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 9.88  
 34.82

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0390  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0195  
 COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

Fattore di sicurezza (FS)	1.6296 - Min. -	X	Y	Lambda=
0.2741		7.05	10.00	
		8.34	9.41	
		8.97	9.13	
		9.40	8.96	
		9.76	8.83	
		10.11	8.73	
		10.44	8.65	
		10.78	8.58	
		11.14	8.53	
		11.56	8.47	
		11.94	8.44	
		12.30	8.41	
		12.64	8.39	
		13.00	8.37	
		13.34	8.37	
		13.70	8.38	
		14.08	8.39	
		14.50	8.42	
		14.87	8.45	
		15.21	8.50	
		15.53	8.56	

15.88	8.64
16.21	8.74
16.56	8.85
16.94	9.00
17.39	9.19
17.76	9.36
18.11	9.55
18.42	9.75
18.76	9.99
19.11	10.29
19.54	10.68
20.16	11.30
21.48	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      1.6472   - N.2 --      X      Y      Lambda=  
0.2627

7.12	10.00
8.35	9.62
8.97	9.43
9.42	9.30
9.81	9.18
10.17	9.09
10.53	8.99
10.89	8.90
11.26	8.81
11.65	8.71
12.00	8.63
12.35	8.57
12.69	8.51
13.04	8.46
13.38	8.42
13.75	8.39
14.14	8.36
14.58	8.34
14.94	8.35
15.27	8.37
15.57	8.41
15.90	8.49
16.20	8.59
16.54	8.72
16.91	8.89
17.37	9.12
17.76	9.33
18.11	9.55
18.43	9.77
18.78	10.03
19.14	10.34
19.57	10.73
20.19	11.34
21.48	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      1.6493   - N.3 --      X      Y      Lambda=

0.2604

7.06	10.00
8.30	9.58
8.93	9.38
9.37	9.23
9.77	9.11
10.13	9.01
10.48	8.91
10.84	8.81
11.22	8.72
11.62	8.62
11.98	8.54
12.32	8.48
12.66	8.42
13.01	8.38
13.35	8.35
13.71	8.32
14.10	8.31
14.54	8.31
14.91	8.32
15.24	8.35
15.55	8.40
15.89	8.48
16.20	8.58
16.55	8.71
16.92	8.87
17.38	9.09
17.76	9.29
18.11	9.50
18.44	9.71
18.78	9.98
19.14	10.28
19.57	10.68
20.20	11.31
21.50	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      1.6565    - N.4 --      X      Y      Lambda=  
0.2489

7.10	10.00
8.41	9.28
9.03	8.94
9.45	8.74
9.81	8.58
10.15	8.46
10.47	8.37
10.81	8.28
11.17	8.21
11.59	8.15
11.97	8.09
12.33	8.05
12.68	8.01
13.03	7.99
13.38	7.96

13.75	7.95
14.15	7.94
14.59	7.94
14.95	7.95
15.27	7.99
15.56	8.05
15.89	8.16
16.19	8.27
16.52	8.44
16.88	8.64
17.34	8.93
17.73	9.18
18.09	9.44
18.43	9.70
18.78	9.98
19.15	10.32
19.58	10.72
20.21	11.35
21.48	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	1.6599	- N.5 --	X	Y	Lambda=
0.2289					

7.17	10.00
8.23	9.48
8.75	9.23
9.11	9.07
9.42	8.94
9.71	8.84
9.99	8.75
10.28	8.66
10.59	8.59
10.93	8.51
11.24	8.45
11.53	8.39
11.82	8.35
12.11	8.31
12.40	8.27
12.69	8.25
12.99	8.23
13.32	8.21
13.63	8.20
13.93	8.20
14.22	8.20
14.51	8.20
14.81	8.21
15.12	8.23
15.46	8.25
15.84	8.28
16.13	8.32
16.39	8.38
16.63	8.46
16.90	8.59
17.14	8.73



17.41	8.92
17.70	9.15
18.06	9.46
18.40	9.75
18.71	10.02
19.02	10.29
19.32	10.56
19.65	10.86
20.02	11.20
20.55	11.69
21.57	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	1.6658	- N.6 --	X	Y	Lambda=
0.2549					

7.08	10.00
8.37	9.35
9.00	9.04
9.43	8.85
9.79	8.71
10.14	8.59
10.47	8.49
10.82	8.41
11.19	8.33
11.62	8.26
12.00	8.21
12.35	8.17
12.68	8.15
13.03	8.14
13.37	8.14
13.72	8.16
14.10	8.19
14.54	8.23
14.91	8.28
15.25	8.35
15.57	8.43
15.92	8.53
16.24	8.65
16.59	8.79
16.97	8.96
17.41	9.18
17.79	9.38
18.13	9.60
18.46	9.81
18.81	10.07
19.17	10.38
19.60	10.76
20.23	11.37
21.53	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	1.6838	- N.7 --	X	Y	Lambda=
0.2171					

7.00	10.00
------	-------

8.13	9.20
8.66	8.84
9.01	8.63
9.30	8.47
9.59	8.34
9.85	8.25
10.13	8.16
10.44	8.10
10.81	8.03
11.14	7.98
11.44	7.95
11.73	7.92
12.03	7.90
12.31	7.89
12.61	7.90
12.92	7.91
13.27	7.93
13.59	7.95
13.89	7.98
14.17	8.02
14.47	8.07
14.76	8.13
15.06	8.20
15.38	8.28
15.73	8.38
16.04	8.48
16.34	8.58
16.61	8.70
16.90	8.83
17.18	8.98
17.47	9.14
17.78	9.34
18.14	9.57
18.46	9.79
18.76	10.01
19.05	10.23
19.35	10.48
19.67	10.76
20.04	11.10
20.57	11.60
21.64	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      1.6940   - N.8 --      X      Y      Lambda=  
0.2769

7.08	10.00
8.36	9.45
8.98	9.19
9.42	9.03
9.79	8.90
10.14	8.79
10.48	8.70
10.83	8.62
11.21	8.55

11.63	8.47
12.00	8.42
12.35	8.38
12.67	8.36
13.02	8.35
13.35	8.36
13.70	8.38
14.07	8.42
14.49	8.47
14.87	8.53
15.22	8.59
15.55	8.67
15.90	8.76
16.24	8.86
16.60	8.98
16.98	9.12
17.43	9.30
17.79	9.46
18.13	9.64
18.44	9.83
18.78	10.07
19.13	10.35
19.55	10.73
20.18	11.33
21.49	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      1.6970   - N.9 --      X      Y      Lambda=  
0.2295

7.00	10.00
7.93	9.44
8.38	9.17
8.69	9.00
8.96	8.87
9.21	8.75
9.45	8.66
9.70	8.57
9.96	8.49
10.25	8.41
10.52	8.33
10.79	8.26
11.05	8.19
11.31	8.12
11.57	8.06
11.85	7.99
12.14	7.92
12.45	7.85
12.70	7.80
12.94	7.77
13.15	7.76
13.39	7.77
13.61	7.80
13.84	7.84
14.09	7.91

14.40	8.01
14.69	8.10
14.96	8.18
15.23	8.27
15.49	8.35
15.76	8.44
16.03	8.53
16.31	8.62
16.60	8.71
16.86	8.81
17.10	8.91
17.33	9.02
17.58	9.16
17.81	9.31
18.06	9.47
18.32	9.67
18.62	9.90
18.89	10.12
19.16	10.34
19.42	10.56
19.68	10.79
19.96	11.05
20.28	11.35
20.74	11.78
21.64	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      1.6992   - N.10 --      X      Y      Lambda=  
0.1871

7.02	10.00
7.86	9.45
8.26	9.20
8.53	9.05
8.75	8.95
8.96	8.86
9.16	8.80
9.37	8.74
9.59	8.70
9.86	8.67
10.11	8.63
10.35	8.60
10.58	8.58
10.81	8.55
11.03	8.53
11.26	8.50
11.50	8.48
11.74	8.46
11.97	8.45
12.20	8.44
12.42	8.43
12.64	8.43
12.86	8.43
13.09	8.44
13.32	8.45

13.56	8.47
13.80	8.48
14.03	8.50
14.25	8.52
14.48	8.54
14.71	8.56
14.94	8.59
15.18	8.62
15.43	8.65
15.66	8.68
15.88	8.72
16.09	8.76
16.32	8.81
16.53	8.87
16.76	8.94
17.00	9.02
17.28	9.12
17.51	9.21
17.73	9.31
17.93	9.41
18.15	9.54
18.36	9.67
18.58	9.82
18.81	10.00
19.07	10.20
19.31	10.40
19.54	10.60
19.77	10.79
20.00	11.00
20.25	11.23
20.53	11.49
20.93	11.88
21.72	12.65

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

# Analisi Deficit in riferimento a  $F_s(\text{progetto}) = 1.200$

Sup N.	$F_s$	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.630	218.9	134.3	57.7	Surplus
2	1.647	216.3	131.3	58.7	Surplus
3	1.649	219.9	133.4	59.9	Surplus
4	1.657	230.6	139.2	63.6	Surplus
5	1.660	229.1	138.0	63.5	Surplus
6	1.666	226.9	136.2	63.5	Surplus
7	1.684	245.5	145.8	70.6	Surplus
8	1.694	222.9	131.6	65.0	Surplus
9	1.697	244.7	144.2	71.6	Surplus
10	1.699	240.3	141.4	70.6	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 57.7

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
di scivolamento  
FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

phi'	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
0.00	7.049	0.109	-24.65	0.06	0.00	0.00
18.59	26.25					
0.00	7.158	0.042	-24.65	0.05	0.39	0.75
18.59	0.00					
0.00	7.200	0.100	-24.65	0.44	0.29	1.48
18.59	0.00					
0.00	7.300	0.192	-24.65	4.52	0.19	2.72
18.59	0.00					
0.00	7.492	0.192	-24.65	4.85	0.15	3.31
18.59	0.00					
0.00	7.685	0.192	-24.65	5.17	0.15	3.84
18.59	0.00					
0.00	7.877	0.192	-24.65	5.50	0.16	4.53
18.59	0.00					
0.00	8.069	0.192	-24.65	5.82	0.17	5.29
18.59	0.00					
0.00	8.262	0.082	-24.65	2.58	0.19	6.02
18.59	0.00					
0.00	8.344	0.192	-23.71	6.28	0.19	6.31
18.59	0.00					
0.00	8.536	0.192	-23.71	6.59	0.21	7.06
18.59	0.00					
0.00	8.728	0.192	-23.71	6.91	0.22	7.82
18.59	0.00					
0.00	8.920	0.049	-23.71	1.83	0.23	8.55
18.59	0.00					
0.00	8.970	0.192	-21.71	7.28	0.24	8.72
18.59	0.00					
0.00	9.162	0.192	-21.71	7.57	0.25	9.41
18.59	0.00					
0.00	9.355	0.043	-21.71	1.73	0.26	10.05
18.59	0.00					
0.00	9.398	0.192	-19.31	7.89	0.26	10.18
18.59	0.00					
0.00	9.590	0.172	-19.31	7.26	0.27	10.81
18.59	0.00					

	9.762	0.192	-16.24	8.34	0.27	11.37
18.59	0.00					
	9.954	0.156	-16.24	6.91	0.28	11.99
18.59	0.00					
	10.110	0.192	-13.77	8.70	0.28	12.43
18.59	0.00					
	10.302	0.134	-13.77	6.14	0.29	12.95
18.59	0.00					
	10.436	0.192	-11.23	8.98	0.29	13.23
18.59	0.00					
	10.628	0.153	-11.23	7.22	0.30	13.61
18.59	0.00					
	10.781	0.192	-8.93	9.22	0.30	13.91
18.59	0.00					
	10.973	0.172	-8.93	8.32	0.30	14.24
18.59	0.00					
	11.144	0.192	-7.04	9.42	0.30	14.49
18.59	0.00					
	11.337	0.192	-7.04	9.50	0.31	14.75
18.59	0.00					
	11.529	0.035	-7.04	1.74	0.31	14.95
18.59	0.00					
	11.564	0.192	-5.94	9.60	0.31	14.99
18.59	0.00					
	11.756	0.185	-5.94	9.30	0.31	15.17
18.59	0.00					
	11.941	0.192	-4.66	9.74	0.31	15.33
18.59	0.00					
	12.134	0.166	-4.66	8.47	0.31	15.48
18.59	0.00					
	12.300	0.192	-3.27	9.84	0.31	15.60
18.59	0.00					
	12.492	0.152	-3.27	7.82	0.31	15.73
18.59	0.00					
	12.645	0.192	-1.86	9.90	0.31	15.79
18.59	0.00					
	12.837	0.161	-1.86	8.30	0.31	15.85
18.59	0.00					
	12.998	0.192	-0.44	9.93	0.31	15.88
18.59	0.00					
	13.190	0.153	-0.44	7.89	0.31	15.90
18.59	0.00					
	13.343	0.192	0.95	9.94	0.31	15.89
18.59	0.00					
	13.535	0.167	0.95	8.63	0.31	15.86
18.59	0.00					
	13.702	0.192	2.25	9.91	0.31	15.81
18.59	0.00					
	13.895	0.187	2.25	9.60	0.31	15.73
18.59	0.00					
	14.082	0.192	3.35	9.84	0.31	15.64
18.59	0.00					
	14.274	0.192	3.35	9.80	0.31	15.52
18.59	0.00					

	14.466	0.039	3.35	1.96	0.31	15.38
18.59	0.00					
	14.505	0.192	5.35	9.74	0.31	15.35
18.59	0.00					
	14.697	0.171	5.35	8.61	0.31	15.16
18.59	0.00					
	14.868	0.192	7.83	9.60	0.31	14.96
18.59	0.00					
	15.060	0.151	7.83	7.45	0.30	14.68
18.59	0.00					
	15.211	0.192	10.61	9.41	0.30	14.43
18.59	0.00					
	15.403	0.130	10.61	6.28	0.30	14.04
18.59	0.00					
	15.533	0.192	13.32	9.17	0.30	13.77
18.59	0.00					
	15.726	0.154	13.32	7.21	0.29	13.32
18.59	0.00					
	15.880	0.192	16.05	8.85	0.29	12.94
18.59	0.00					
	16.072	0.135	16.05	6.07	0.28	12.40
18.59	0.00					
	16.207	0.192	18.65	8.48	0.28	12.01
18.59	0.00					
	16.399	0.159	18.65	6.83	0.27	11.37
18.59	0.00					
	16.558	0.192	20.86	8.03	0.26	10.73
18.59	0.00					
	16.750	0.190	20.86	7.66	0.25	9.89
18.59	0.00					
	16.940	0.192	22.53	7.48	0.24	9.00
18.59	0.00					
	17.132	0.192	22.53	7.18	0.23	8.11
18.59	0.00					
	17.325	0.070	22.53	2.54	0.21	7.69
18.59	0.00					
	17.395	0.192	25.20	6.76	0.20	7.62
18.59	0.00					
	17.587	0.177	25.20	5.94	0.17	7.70
18.59	0.00					
	17.764	0.192	28.61	6.10	0.13	7.74
18.59	0.00					
	17.956	0.044	28.61	1.33	0.09	7.15
18.59	0.00					
	18.000	0.105	28.61	18.81	0.09	7.07
18.59	0.00					
	18.105	0.192	32.35	34.05	0.08	6.69
18.59	0.00					
	18.298	0.121	32.35	21.15	0.06	5.70
18.59	0.00					
	18.418	0.182	35.79	31.47	0.06	5.09
18.59	0.00					
	18.600	0.010	35.79	0.62	0.06	4.15
18.59	0.00					



	18.610	0.010	35.79	0.62	0.06	4.11
18.59	0.00					
	18.620	0.030	35.79	1.85	0.06	4.06
18.59	0.00					
	18.650	0.010	35.79	0.61	0.06	3.93
18.59	0.00					
	18.660	0.040	35.79	2.44	0.06	3.89
18.59	0.00					
	18.700	0.001	35.79	0.06	0.06	3.72
18.59	0.00					
	18.701	0.009	35.79	0.56	0.00	0.00
0.00	26.25					
	18.710	0.051	35.79	3.15	0.00	0.00
0.00	26.25					
	18.761	0.049	39.74	2.93	0.07	3.51
36.00	0.00					
	18.810	0.090	39.74	5.32	0.07	3.34
36.00	0.00					
	18.900	0.070	39.74	4.03	0.07	2.97
36.00	0.00					
	18.970	0.093	39.74	5.21	0.07	2.68
36.00	0.00					
	19.063	0.052	39.74	2.82	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.114	0.046	42.62	2.44	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.160	0.192	42.62	9.78	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.352	0.184	42.62	8.54	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.536	0.164	44.80	6.93	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.700	0.100	44.80	3.93	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.800	0.192	44.80	6.98	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.992	0.072	44.80	2.43	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.065	0.100	44.80	3.17	0.02	0.16
36.00	0.00					
	20.164	0.192	45.77	5.43	0.02	0.16
36.00	0.00					
	20.357	0.069	45.77	1.74	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.426	0.192	45.77	4.24	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.618	0.082	45.77	1.54	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.700	0.192	45.77	3.03	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.892	0.015	45.77	0.20	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.907	0.153	45.77	1.75	0.00	0.00
36.00	0.00					

	21.060	0.192	45.77	1.43	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.252	0.192	45.77	0.58	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.445	0.035	45.77	0.01	0.00	0.00
36.00	0.00					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----  
 -----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----

---

T(x)	X	ht	yt	yt'	E(x)
(kN/m)	(m)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
		(m)	(m)	(--)	(kN/m)
		(kN)	(--)	(--)	(--)
	7.049	0.000	10.000	-0.320	0.0000000000E+000
0.0000000000E+000		3.4440832851E+000		0.054	0.704 23.225
	7.158	0.010	9.960	-0.320	2.7682978095E-001
7.2817621023E-004		1.6379886019E+000		0.054	1.499 1.925
	7.200	0.021	9.952	-0.015	3.3097500822E-001
1.0594656211E-003		1.4631615868E+000		0.054	1.688 1.873
	7.300	0.073	9.958	0.156	5.1852712466E-001
3.5514019341E-003		3.1761083899E+000		0.054	1.151 1.103
	7.492	0.201	9.997	0.041	1.6104354544E+000
4.6580308647E-002		8.4104056262E+000		0.054	1.013 0.904
	7.685	0.265	9.973	-0.177	3.7535697040E+000
2.1529644825E-001		1.4587104781E+001		0.054	1.164 1.075
	7.877	0.309	9.929	-0.232	7.2213307161E+000
5.6967745623E-001		1.8754511095E+001		0.054	1.498 1.466
	8.069	0.353	9.884	-0.242	1.0967447922E+001
9.8842460951E-001		2.0094317747E+001		0.054	1.920 1.963
	8.262	0.393	9.836	-0.250	1.4950562385E+001
1.4556591747E+000		1.9735112307E+001		0.054	2.547 2.700
	8.344	0.410	9.816	-0.264	1.6532824905E+001
1.6519805932E+000		2.0089688069E+001		0.054	2.909 3.118
	8.536	0.442	9.764	-0.269	2.0744272304E+001
2.1917799625E+000		2.2346914594E+001		0.054	4.176 4.530
	8.728	0.475	9.712	-0.260	2.5128512610E+001

2.7709549769E+000	2.2455814081E+001	0.054	6.200	6.511
8.920	0.511	9.664	-0.249	2.9381847938E+001
3.3461255409E+000	2.1389878584E+001	0.054	8.936	8.434
8.970	0.521	9.652	-0.237	3.0430726765E+001
3.4897565865E+000	2.1308726554E+001	0.054	9.655	8.773
9.162	0.553	9.607	-0.229	3.4607775055E+001
4.0756015499E+000	2.1474273022E+001	0.054	11.135	8.763
9.355	0.586	9.564	-0.220	3.8690754958E+001
4.6701855832E+000	2.0773241963E+001	0.054	10.547	7.541
9.398	0.595	9.555	-0.211	3.9577830151E+001
4.8046426901E+000	2.0828308595E+001	0.054	10.209	7.197
9.590	0.621	9.515	-0.211	4.3718864627E+001
5.4519684508E+000	2.1910972267E+001	0.054	8.594	5.778
9.762	0.645	9.478	-0.208	4.7541549923E+001
6.0744616625E+000	2.2516675807E+001	0.054	7.411	4.808
9.954	0.662	9.439	-0.194	5.1929478046E+001
6.8218106155E+000	2.1707115246E+001	0.054	6.489	4.019
10.110	0.679	9.411	-0.174	5.5172774261E+001
7.3965295017E+000	2.0666689240E+001	0.054	6.114	3.588
10.302	0.694	9.378	-0.153	5.9113691528E+001
8.1162252825E+000	1.8180015976E+001	0.054	5.880	3.183
10.436	0.709	9.361	-0.126	6.1326840562E+001
8.5299344184E+000	1.6489397888E+001	0.055	5.916	2.996
10.628	0.724	9.337	-0.123	6.4474261798E+001
9.1288688129E+000	1.6792330910E+001	0.059	6.074	2.769
10.781	0.735	9.319	-0.114	6.7087394746E+001
9.6336712553E+000	1.6523582483E+001	0.062	6.392	2.610
10.973	0.745	9.298	-0.101	7.0117961101E+001
1.0223554932E+001	1.4935973201E+001	0.065	6.876	2.452
11.144	0.756	9.282	-0.087	7.2555008433E+001
1.0697685697E+001	1.3707730877E+001	0.068	7.490	2.343
11.337	0.764	9.266	-0.075	7.5084587703E+001
1.1189162844E+001	1.2335666597E+001	0.071	8.260	2.243
11.529	0.774	9.253	-0.068	7.7299893337E+001
1.1615653533E+001	1.1495909838E+001	0.074	9.272	2.165
11.564	0.776	9.251	-0.061	7.7701940101E+001
1.1692906380E+001	1.1384915624E+001	0.074	9.519	2.151
11.756	0.785	9.239	-0.058	7.9778550517E+001
1.2089668767E+001	1.0717842317E+001	0.076	11.093	2.084
11.941	0.794	9.229	-0.053	8.1747140584E+001
1.2464755316E+001	1.0581461229E+001	0.079	13.404	2.023
12.134	0.800	9.219	-0.049	8.3770253397E+001
1.2851798575E+001	1.0396286387E+001	0.081	16.422	1.960
12.300	0.806	9.211	-0.044	8.5481495473E+001
1.3179038575E+001	1.0282224699E+001	0.083	19.615	1.907
12.492	0.809	9.203	-0.036	8.7457302345E+001
1.3555821004E+001	8.9763024199E+000	0.085	21.817	1.844
12.645	0.813	9.199	-0.024	8.8668501141E+001
1.3782085576E+001	7.8078212087E+000	0.086	21.015	1.804
12.837	0.815	9.195	-0.019	9.0135941706E+001
1.4049667483E+001	7.1649031783E+000	0.088	18.970	1.753
12.998	0.818	9.193	-0.011	9.1225686513E+001
1.4241240018E+001	6.5560315135E+000	0.089	17.295	1.713
13.190	0.818	9.191	-0.005	9.2435991642E+001

1.4445654986E+001	5.8004336832E+000	0.090	16.574	1.665
13.343	0.819	9.191	0.002	9.3262274911E+001
1.4577241789E+001	5.2464833536E+000	0.091	16.887	1.630
13.535	0.817	9.192	0.010	9.4231908579E+001
1.4722133842E+001	4.8662558169E+000	0.092	18.175	1.584
13.702	0.816	9.194	0.018	9.5020019649E+001
1.4822612684E+001	4.3840655434E+000	0.092	19.254	1.540
13.895	0.813	9.198	0.024	9.5790241161E+001
1.4905944449E+001	3.5882834306E+000	0.093	18.304	1.494
14.082	0.811	9.203	0.029	9.6385159243E+001
1.4948740511E+001	2.8224838253E+000	0.093	14.277	1.453
14.274	0.806	9.210	0.035	9.6856521009E+001
1.4957631016E+001	2.0130823333E+000	0.093	10.224	1.413
14.466	0.802	9.217	0.039	9.7159486589E+001
1.4925231630E+001	9.9282422646E-001	0.093	6.964	1.377
14.505	0.801	9.219	0.051	9.7193229517E+001
1.4911479468E+001	7.9666921795E-001	0.093	6.403	1.370
14.697	0.793	9.229	0.057	9.7270069416E+001
1.4816020687E+001	-1.4790059640E-002	0.092	4.387	1.332
14.868	0.788	9.240	0.071	9.7204535206E+001
1.4693006686E+001	-8.7402938450E-001	0.091	3.259	1.297
15.060	0.777	9.255	0.085	9.6930279722E+001
1.4499274224E+001	-1.9457211524E+000	0.090	2.434	1.255
15.211	0.770	9.269	0.105	9.6575982637E+001
1.4309303169E+001	-2.9183394371E+000	0.089	1.977	1.220
15.403	0.756	9.291	0.115	9.5875777559E+001
1.3999859817E+001	-4.0257176785E+000	0.087	1.555	1.173
15.533	0.747	9.306	0.127	9.5318649273E+001
1.3782665493E+001	-4.7166261074E+000	0.086	1.365	1.144
15.726	0.727	9.332	0.140	9.4288970248E+001
1.3409114663E+001	-5.7703813810E+000	0.084	1.146	1.100
15.880	0.713	9.354	0.156	9.3350155206E+001
1.3083552646E+001	-6.5200900850E+000	0.082	1.012	1.067
16.072	0.689	9.386	0.166	9.1996005532E+001
1.2629592338E+001	-7.2589570705E+000	0.079	0.884	1.028
16.207	0.674	9.409	0.185	9.0997584672E+001
1.2301973940E+001	-7.8741507390E+000	0.077	0.816	1.005
16.399	0.646	9.446	0.215	8.9356199777E+001
1.1784258916E+001	-9.4147037404E+000	0.074	0.742	0.977
16.558	0.631	9.484	0.252	8.7742633636E+001
1.1384273820E+001	-1.0356786013E+001	0.072	0.719	0.978
16.750	0.608	9.535	0.273	8.5701022660E+001
1.1031918009E+001	-1.0702753999E+001	0.070	0.734	1.013
16.940	0.590	9.589	0.314	8.3653712591E+001
1.0961269588E+001	-1.1212437831E+001	0.070	0.811	1.101
17.132	0.576	9.655	0.540	8.1414729341E+001
1.1225605054E+001	-1.2071213619E+001	0.072	0.955	1.248
17.325	0.638	9.797	0.679	7.9010548899E+001
1.1813995128E+001	-1.3007919373E+001	0.076	1.134	1.423
17.395	0.645	9.833	0.345	7.8089182060E+001
1.2039988189E+001	-1.4236516429E+001	0.077	1.187	1.479
17.587	0.609	9.887	0.282	7.4798047938E+001
1.2608924129E+001	-2.5305021005E+001	0.081	1.272	1.568
17.764	0.575	9.937	0.306	6.8977897527E+001

1.2599457911E+001	-4.6501597255E+001	0.082	1.176	1.465
17.956	0.533	10.000	0.327	5.7184713681E+001
1.1399454558E+001	-5.6775995305E+001	0.075	0.985	1.193
18.000	0.524	10.014	6.625	5.4752573194E+001
1.1098677115E+001	-5.5273824147E+001	0.054	0.957	1.145
18.105	1.438	10.986	3.753	4.9057084950E+001
1.0332044482E+001	-5.2043264370E+001	0.054	0.902	1.046
18.298	1.461	11.131	0.531	3.9784028043E+001
8.9023879354E+000	-4.0512792439E+001	0.054	0.841	0.913
18.418	1.406	11.152	-0.478	3.5475953837E+001
8.1569073646E+000	-3.2894310504E+001	0.054	0.823	0.861
18.600	1.109	10.986	-0.843	3.0259255295E+001
7.2113883852E+000	-2.4194652371E+001	0.228	0.815	0.809
18.610	1.106	10.991	0.433	3.0019792463E+001
7.1650940332E+000	-2.3634516267E+001	0.227	0.815	0.807
18.620	1.103	10.995	0.433	2.9786564970E+001
7.1192587811E+000	-2.3143501373E+001	0.226	0.816	0.805
18.650	1.095	11.008	0.433	2.9108392241E+001
6.9838816722E+000	-2.2104575580E+001	0.223	0.820	0.800
18.660	1.092	11.012	0.433	2.8889017092E+001
6.9395046105E+000	-2.1837839517E+001	0.222	0.821	0.798
18.700	1.080	11.030	0.433	2.8031451573E+001
6.7637873873E+000	-2.0959371505E+001	0.311	0.829	0.792
18.701	1.080	11.030	0.433	2.8011997075E+001
6.7597580366E+000	-2.0737610211E+001	0.517	0.829	1.421
18.710	1.077	11.034	0.433	2.7842542440E+001
6.7238953221E+000	-1.8452138994E+001	0.521	0.831	1.422
18.761	1.063	11.056	0.465	2.6959146358E+001
6.5324880241E+000	-1.7782743352E+001	0.547	0.844	1.448
18.810	1.046	11.080	0.499	2.6067885169E+001
6.3326402554E+000	-1.8753298216E+001	0.549	0.856	1.440
18.900	1.016	11.125	0.282	2.4316449645E+001
5.9327566867E+000	-1.7463488823E+001	0.551	0.879	1.426
18.970	0.958	11.125	-0.043	2.3202725859E+001
5.6572259574E+000	-1.5091385177E+001	0.550	0.900	1.422
19.063	0.874	11.118	-0.033	2.1902871492E+001
5.3166394668E+000	-1.3050371004E+001	0.544	0.931	1.526
19.114	0.834	11.121	0.063	2.1256912011E+001
5.1309023060E+000	-1.3053121838E+001	0.519	0.951	1.552
19.160	0.795	11.124	0.209	2.0640272640E+001
4.9497008502E+000	-1.3818592501E+001	0.498	0.971	1.580
19.352	0.664	11.170	0.450	1.7744281952E+001
4.0402058798E+000	-1.6446601574E+001	0.402	1.082	1.752
19.536	0.619	11.294	0.713	1.4477113731E+001
2.9048743685E+000	-1.6765302368E+001	0.289	1.261	2.071
19.700	0.581	11.418	0.731	1.1877307583E+001
1.9891422722E+000	-1.2683462599E+001	0.198	1.421	2.495
19.800	0.550	11.487	0.680	1.0803200720E+001
1.6265738869E+000	-1.0259898622E+001	0.196	1.491	2.772
19.992	0.489	11.617	0.682	9.0079552105E+000
1.0700594741E+000	-8.9511497988E+000	0.215	1.617	3.441
20.065	0.467	11.667	0.637	8.3711828442E+000
9.1065503043E-001	-8.2163886679E+000	0.220	1.647	1.802
20.164	0.428	11.727	0.601	7.6326117767E+000

7.6780880404E-001	-7.4207504216E+000	0.226	1.673	1.871
20.357	0.346	11.843	0.605	6.1981746375E+000
5.4023081303E-001	-7.3274015168E+000	0.195	1.742	2.039
20.426	0.317	11.885	0.631	5.6937691187E+000
4.7283097502E-001	-7.3773505281E+000	0.186	1.772	2.111
20.618	0.242	12.008	0.642	4.2230597083E+000
2.9485334767E-001	-8.0389179055E+000	0.157	1.886	2.422
20.700	0.212	12.061	0.672	3.5530952069E+000
2.2897521360E-001	-8.0622156032E+000	0.145	1.983	2.620
20.892	0.145	12.192	0.686	2.0673509992E+000
1.0052373664E-001	-7.4096227237E+000	0.109	2.606	3.428
20.907	0.141	12.203	0.676	1.9586002208E+000
9.1772045334E-002	-7.1956281999E+000	0.105	2.686	3.527
21.060	0.086	12.305	0.792	1.1596112116E+000
3.7531639607E-002	-4.8875586353E+000	0.073	3.672	4.739
21.252	0.060	12.476	0.827	3.0093511075E-001
4.6770442746E-003	-2.9988287512E+000	0.054	15.482	16.824
21.445	0.009	12.623	0.827	6.1188439839E-003
3.6116293043E-005	-3.8382099128E-001	0.054	1.914	2.484

---  
 -----  
 ---  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

-----  
 -----  
 TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS				
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
(kPa)	(kN/m)				
7.049	0.109	0.120	-24.653	-0.178	-0.021
26.254	3.147				
7.158	0.042	0.046	-24.653	-0.420	-0.019
0.096	0.004				
7.200	0.100	0.110	-24.653	-1.520	-0.167
0.765	0.084				
7.300	0.192	0.212	-24.653	-8.156	-1.726

5.934	1.256					
	7.492	0.192	0.212	-24.653	-8.743	-1.850
6.800	1.439					
	7.685	0.192	0.212	-24.653	-9.331	-1.975
7.966	1.686					
	7.877	0.192	0.212	-24.653	-9.918	-2.099
8.511	1.801					
	8.069	0.192	0.212	-24.653	-10.506	-2.223
8.961	1.896					
	8.262	0.082	0.090	-24.653	-10.925	-0.984
9.028	0.814					
	8.344	0.192	0.210	-23.706	-10.956	-2.301
9.722	2.042					
	8.536	0.192	0.210	-23.706	-11.500	-2.415
10.115	2.125					
	8.728	0.192	0.210	-23.706	-12.043	-2.530
10.304	2.164					
	8.920	0.049	0.054	-23.706	-12.385	-0.669
10.276	0.555					
	8.970	0.192	0.207	-21.712	-11.740	-2.430
10.820	2.240					
	9.162	0.192	0.207	-21.712	-12.195	-2.525
11.062	2.290					
	9.355	0.043	0.046	-21.712	-12.474	-0.576
11.147	0.515					
	9.398	0.192	0.204	-19.308	-11.382	-2.320
11.758	2.396					
	9.590	0.172	0.182	-19.308	-11.721	-2.134
12.128	2.208					
	9.762	0.192	0.200	-16.236	-10.086	-2.020
12.685	2.541					
	9.954	0.156	0.162	-16.236	-10.312	-1.674
12.633	2.051					
	10.110	0.192	0.198	-13.767	-8.793	-1.741
12.908	2.556					
	10.302	0.134	0.137	-13.767	-8.942	-1.229
12.532	1.723					
	10.436	0.192	0.196	-11.232	-7.168	-1.405
12.752	2.500					
	10.628	0.153	0.156	-11.232	-7.269	-1.130
12.963	2.016					
	10.781	0.192	0.195	-8.933	-5.528	-1.076
12.923	2.516					
	10.973	0.172	0.174	-8.933	-5.591	-0.971
12.817	2.226					
	11.144	0.192	0.194	-7.039	-4.074	-0.789
12.777	2.476					
	11.337	0.192	0.194	-7.039	-4.112	-0.797
12.665	2.454					
	11.529	0.035	0.035	-7.039	-4.134	-0.146
12.680	0.447					
	11.564	0.192	0.193	-5.943	-3.215	-0.622
12.669	2.450					
	11.756	0.185	0.186	-5.943	-3.239	-0.602

12.716	2.365					
11.941	0.192	0.193	-4.661	-2.139	-0.413	
12.753	2.461					
12.134	0.166	0.167	-4.661	-2.151	-0.359	
12.774	2.131					
12.300	0.192	0.193	-3.275	-0.929	-0.179	
12.776	2.461					
12.492	0.152	0.153	-3.275	-0.932	-0.142	
12.595	1.922					
12.645	0.192	0.192	-1.861	0.335	0.064	
12.549	2.415					
12.837	0.161	0.161	-1.861	0.336	0.054	
12.488	2.009					
12.998	0.192	0.192	-0.440	1.618	0.311	
12.408	2.386					
13.190	0.153	0.153	-0.440	1.619	0.247	
12.341	1.885					
13.343	0.192	0.192	0.954	2.875	0.553	
12.248	2.356					
13.535	0.167	0.167	0.954	2.872	0.480	
12.191	2.039					
13.702	0.192	0.192	2.246	4.022	0.774	
12.070	2.323					
13.895	0.187	0.187	2.246	4.011	0.750	
11.994	2.243					
14.082	0.192	0.193	3.347	4.973	0.958	
11.870	2.287					
14.274	0.192	0.193	3.347	4.952	0.954	
11.785	2.270					
14.466	0.039	0.039	3.347	4.939	0.191	
11.743	0.453					
14.505	0.192	0.193	5.352	6.661	1.287	
11.571	2.235					
14.697	0.171	0.172	5.352	6.618	1.137	
11.485	1.973					
14.868	0.192	0.194	7.832	8.648	1.679	
11.244	2.183					
15.060	0.151	0.152	7.832	8.570	1.303	
11.161	1.697					
15.211	0.192	0.196	10.608	10.694	2.092	
10.877	2.128					
15.403	0.130	0.132	10.608	10.567	1.397	
10.820	1.431					
15.533	0.192	0.198	13.317	12.444	2.459	
10.500	2.075					
15.726	0.154	0.158	13.317	12.239	1.935	
10.411	1.646					
15.880	0.192	0.200	16.047	13.876	2.777	
10.066	2.015					
16.072	0.135	0.140	16.047	13.604	1.907	
9.978	1.399					
16.207	0.192	0.203	18.651	14.907	3.026	
9.618	1.952					
16.399	0.159	0.168	18.651	14.523	2.438	



9.458	1.588					
	16.558	0.192	0.206	20.863	15.314	3.152
8.924	1.837					
	16.750	0.190	0.203	20.863	14.801	3.006
8.439	1.714					
	16.940	0.192	0.208	22.534	15.060	3.136
7.553	1.573					
	17.132	0.192	0.208	22.534	14.467	3.012
6.931	1.443					
	17.325	0.070	0.076	22.534	14.063	1.063
6.729	0.509					
	17.395	0.192	0.213	25.200	14.672	3.118
5.899	1.254					
	17.587	0.177	0.196	25.200	13.976	2.736
6.485	1.270					
	17.764	0.192	0.219	28.611	14.277	3.128
8.094	1.773					
	17.956	0.044	0.050	28.611	13.720	0.682
8.259	0.410					
	18.000	0.105	0.120	28.611	80.532	9.651
46.083	5.523					
	18.105	0.192	0.228	32.351	84.970	19.344
42.894	9.765					
	18.298	0.121	0.143	32.351	84.057	12.015
42.153	6.025					
	18.418	0.182	0.224	35.794	86.596	19.400
38.403	8.603					
	18.600	0.010	0.012	35.794	31.051	0.383
14.512	0.179					
	18.610	0.010	0.012	35.794	30.982	0.382
14.472	0.178					
	18.620	0.030	0.037	35.794	30.844	1.141
14.389	0.532					
	18.650	0.010	0.012	35.794	30.705	0.379
14.332	0.177					
	18.660	0.040	0.049	35.794	30.532	1.506
14.248	0.703					
	18.700	0.001	0.001	35.794	30.516	0.035
14.268	0.016					
	18.701	0.009	0.011	35.794	30.762	0.344
29.306	0.328					
	18.710	0.051	0.063	35.794	30.566	1.940
29.124	1.849					
	18.761	0.049	0.063	39.743	31.073	1.960
24.071	1.519					
	18.810	0.090	0.117	39.743	30.420	3.561
23.793	2.785					
	18.900	0.070	0.091	39.743	29.654	2.700
23.251	2.117					
	18.970	0.093	0.121	39.743	28.864	3.484
22.729	2.743					
	19.063	0.052	0.067	39.743	28.129	1.888
29.134	1.955					
	19.114	0.046	0.062	42.620	27.835	1.725

29.477	1.826					
19.160	0.192	0.261	42.620	26.406	6.901	
30.090	7.864					
19.352	0.184	0.250	42.620	24.140	6.030	
31.265	7.810					
19.536	0.164	0.231	44.800	21.992	5.078	
30.803	7.113					
19.700	0.100	0.141	44.800	20.414	2.877	
29.204	4.116					
19.800	0.192	0.271	44.800	18.872	5.115	
28.608	7.754					
19.992	0.072	0.102	44.800	17.474	1.780	
28.046	2.858					
20.065	0.100	0.141	44.800	16.488	2.319	
11.682	1.643					
20.164	0.192	0.276	45.769	14.659	4.042	
10.018	2.762					
20.357	0.069	0.099	45.769	13.006	1.292	
8.956	0.890					
20.426	0.192	0.276	45.769	11.443	3.155	
7.912	2.181					
20.618	0.082	0.117	45.769	9.805	1.148	
6.786	0.794					
20.700	0.192	0.276	45.769	8.168	2.252	
5.651	1.558					
20.892	0.015	0.021	45.769	6.931	0.146	
4.807	0.101					
20.907	0.153	0.219	45.769	5.929	1.300	
4.041	0.886					
21.060	0.192	0.276	45.769	3.865	1.066	
2.607	0.719					
21.252	0.192	0.276	45.769	1.566	0.432	
1.036	0.286					
21.445	0.035	0.050	45.769	0.208	0.010	
0.137	0.007					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 dl(m) : lunghezza base concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
 TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
 TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----  
 -----

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

-----  
Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.3 sponda destra - zona corridoio - Analisi  
post-sisma a liquefazione REV2.txt

Data: 20/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.3 sponda dx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6.40	10.00	21.06	11.85	6.40	9.95	6.40	7.35
7.20	10.00	21.50	12.65	35.40	9.95	35.40	7.35
7.20	10.10	32.60	12.65	-	-	-	-
7.30	10.10	32.60	11.85	-	-	-	-
7.30	10.80	21.06	11.85	-	-	-	-
18.00	10.80	-	-	-	-	-	-
18.00	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	12.65	-	-	-	-	-	-
21.50	12.65	-	-	-	-	-	-
32.60	12.65	-	-	-	-	-	-
32.60	11.85	-	-	-	-	-	-
32.60	11.64	-	-	-	-	-	-
35.10	11.64	-	-	-	-	-	-
35.40	11.64	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
7.20	10.00	18.70	10.10	-	-	-	-

7.20	10.10	18.60	10.10	-	-	-	-
7.30	10.10	18.60	12.65	-	-	-	-
7.30	10.80	21.50	12.65	-	-	-	-
18.00	10.80	21.06	11.85	-	-	-	-
18.00	16.65	20.70	11.20	-	-	-	-
18.60	16.65	19.70	11.20	-	-	-	-
18.60	10.10	18.90	10.00	-	-	-	-
18.70	10.10	18.70	10.00	-	-	-	-
18.70	10.00	18.70	10.10	-	-	-	-
7.20	10.00	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X Y (in m)

6.40	10.00
7.20	10.00
18.70	10.00
18.70	10.10
18.60	10.10
18.60	10.60
18.61	10.70
18.62	10.84
18.66	11.00
18.71	11.11
18.81	11.28
18.97	11.42
19.16	11.50
19.80	11.56
23.00	11.60
27.00	11.60
35.40	11.60

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2

STRATO 5

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	0.00		0.00	26.25	20.10	20.10
1.198	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	0.00		0.00	41.52	19.22	19.22
2.475	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	18.59		0.00	0.00	18.82	18.82
0.917	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	0.00		0.00	42.32	19.10	19.10
2.559	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 5	5	0.00		0.00	300.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 6	6	36.00		0.00	0.00	22.00	23.00
2.525	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
(adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

#### ----- ANALISI IN CONDIZIONE DI POTENZIALE LIQUEFAZIONE -----

STRATO n.	LIQUEFACIBILE (0=NO 1=SI)	FS (liquefazione)	Nspt (normalizzato e corretto)
1	0	0.00	0.00
2	0	0.00	0.00
3	1	1.10	9.00
4	0	0.00	0.00
5	0	0.00	0.00
6	0	0.00	0.00

Note: LIQUEFACIBILE (0=NO;1=SI): stato di potenziale (totale o parziale) liquefacibilita')

FS(liquefazione): secondo procedura Idriss y Boulanger (2008,2010)

Nspt: numero colpi NSPT ,Normalizzati e corretti secondo la procedura Idriss y Boulanger (2008,2010)

#### ----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00  
 Carico in X2 (Kpa): 30.00  
 Posizione carico da X1 m.: 32.60  
                   a X2 m.: 35.10  
 Inclinazione carico (gradi): 90.00  
 Componenti distribuzione forza unitaria applicata:  
   #Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00  
   #Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a 30.00  
 ##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI  
 METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
 COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%  
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 6.98  
 33.08  
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00  
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 9.88  
 34.82  
 \*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
 COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

Fattore di sicurezza (FS)	1.1315	- Min. -	X	Y	Lambda=
0.1709			7.11	10.00	
			8.42	9.10	
			9.04	8.69	
			9.46	8.44	

9.81	8.25
10.16	8.09
10.47	7.97
10.81	7.86
11.18	7.76
11.63	7.67
12.00	7.59
12.36	7.54
12.68	7.51
13.03	7.49
13.36	7.48
13.71	7.49
14.10	7.52
14.57	7.56
14.93	7.62
15.26	7.69
15.56	7.79
15.89	7.92
16.19	8.07
16.52	8.27
16.88	8.51
17.32	8.82
17.71	9.11
18.08	9.40
18.43	9.69
18.78	9.99
19.16	10.34
19.60	10.76
20.22	11.38
21.48	12.65

Fattore di sicurezza (FS)      1.1454   - N.2 --      X      Y      Lambda=  
0.1813

7.19	10.00
8.51	9.15
9.12	8.77
9.53	8.55
9.87	8.39
10.21	8.26
10.51	8.17
10.84	8.10
11.19	8.05
11.63	8.00
12.02	7.97
12.37	7.95
12.71	7.94
13.06	7.95
13.39	7.96
13.74	7.98
14.12	8.02
14.55	8.07
14.91	8.13
15.24	8.20

15.56	8.28
15.90	8.39
16.21	8.52
16.55	8.67
16.92	8.85
17.36	9.08
17.73	9.30
18.08	9.52
18.40	9.75
18.74	10.02
19.10	10.33
19.52	10.73
20.14	11.35
21.42	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	1.1496	- N.3 --	X	Y	Lambda=
0.1773					

7.04	10.00
8.33	9.19
8.95	8.80
9.39	8.56
9.76	8.36
10.11	8.19
10.45	8.05
10.80	7.91
11.19	7.78
11.64	7.64
12.00	7.54
12.34	7.46
12.65	7.41
13.00	7.38
13.31	7.38
13.66	7.39
14.04	7.43
14.52	7.49
14.90	7.56
15.24	7.65
15.54	7.75
15.88	7.90
16.19	8.06
16.52	8.25
16.88	8.50
17.32	8.81
17.71	9.10
18.08	9.39
18.43	9.68
18.78	9.99
19.17	10.34
19.61	10.76
20.24	11.38
21.50	12.65



Fattore di sicurezza (FS)	1.1579	- N.4 --	X	Y	Lambda=
0.1673					

7.16	10.00
8.45	9.19
9.08	8.81
9.50	8.58
9.85	8.40
10.20	8.25
10.52	8.14
10.86	8.03
11.23	7.94
11.66	7.85
12.04	7.78
12.39	7.72
12.71	7.69
13.06	7.67
13.39	7.66
13.74	7.67
14.13	7.69
14.59	7.73
14.95	7.78
15.28	7.84
15.58	7.93
15.91	8.06
16.22	8.20
16.55	8.38
16.91	8.60
17.35	8.90
17.74	9.17
18.10	9.44
18.44	9.71
18.79	10.00
19.16	10.34
19.60	10.75
20.22	11.37
21.48	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	1.1669	- N.5 --	X	Y	Lambda=
0.1182					

7.08	10.00
8.43	9.08
9.06	8.66
9.47	8.42
9.81	8.25
10.15	8.11
10.45	8.02
10.79	7.94
11.15	7.88
11.60	7.83
12.00	7.79
12.36	7.77
12.70	7.76
13.05	7.77

13.39	7.78
13.75	7.81
14.14	7.84
14.58	7.90
14.94	7.96
15.28	8.04
15.60	8.13
15.94	8.26
16.26	8.39
16.60	8.56
16.97	8.77
17.41	9.03
17.79	9.27
18.15	9.52
18.49	9.77
18.84	10.05
19.22	10.37
19.65	10.77
20.28	11.38
21.56	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	1.1742	- N.6 --	X	Y	Lambda=
0.1760					

7.11	10.00
8.46	9.13
9.09	8.75
9.49	8.53
9.82	8.39
10.15	8.29
10.43	8.22
10.75	8.18
11.10	8.17
11.54	8.17
11.94	8.18
12.31	8.19
12.67	8.21
13.03	8.23
13.38	8.25
13.74	8.28
14.12	8.31
14.53	8.35
14.88	8.40
15.22	8.46
15.55	8.53
15.89	8.62
16.22	8.72
16.57	8.84
16.95	8.99
17.40	9.19
17.76	9.36
18.10	9.55
18.41	9.75
18.76	10.00

19.11	10.30
19.53	10.68
20.15	11.31
21.46	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	1.1783	- N.7 --	X	Y	Lambda=
0.1708					

7.12	10.00
8.43	9.11
9.05	8.70
9.47	8.45
9.82	8.27
10.16	8.12
10.47	8.00
10.81	7.90
11.17	7.81
11.61	7.72
11.99	7.65
12.35	7.60
12.68	7.56
13.03	7.53
13.37	7.52
13.73	7.51
14.13	7.52
14.60	7.54
14.95	7.57
15.27	7.63
15.56	7.71
15.88	7.85
16.17	7.99
16.49	8.19
16.85	8.45
17.30	8.79
17.69	9.10
18.06	9.40
18.42	9.71
18.77	10.02
19.16	10.37
19.59	10.79
20.22	11.41
21.46	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	1.1890	- N.8 --	X	Y	Lambda=
0.1820					

7.11	10.00
8.38	9.31
9.00	8.99
9.43	8.78
9.80	8.62
10.14	8.48
10.48	8.37
10.83	8.26

11.20	8.15
11.63	8.05
12.00	7.97
12.34	7.92
12.66	7.88
13.00	7.86
13.32	7.86
13.67	7.87
14.04	7.91
14.49	7.96
14.87	8.02
15.21	8.10
15.52	8.18
15.86	8.30
16.18	8.43
16.52	8.59
16.89	8.78
17.32	9.03
17.70	9.26
18.05	9.49
18.38	9.73
18.72	10.01
19.09	10.33
19.52	10.73
20.14	11.35
21.41	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	1.2006	- N.9 --	X	Y	Lambda=
0.1734					

7.18	10.00
8.42	9.38
9.04	9.07
9.47	8.87
9.85	8.70
10.20	8.56
10.55	8.43
10.91	8.30
11.29	8.18
11.71	8.05
12.07	7.95
12.40	7.87
12.71	7.82
13.05	7.79
13.37	7.78
13.71	7.78
14.09	7.81
14.55	7.85
14.92	7.91
15.26	7.98
15.56	8.07
15.90	8.19
16.21	8.32
16.54	8.49

16.90	8.70
17.34	8.97
17.72	9.22
18.08	9.47
18.41	9.73
18.76	10.01
19.13	10.34
19.56	10.75
20.18	11.36
21.44	12.65

Fattore di sicurezza (FS)	1.2035	- N.10 --	X	Y	Lambda=
0.1740					

7.13	10.00
8.41	9.37
9.03	9.07
9.46	8.89
9.82	8.74
10.17	8.63
10.50	8.53
10.84	8.44
11.21	8.36
11.63	8.29
12.00	8.23
12.35	8.18
12.68	8.15
13.03	8.13
13.36	8.13
13.72	8.13
14.10	8.15
14.53	8.18
14.90	8.22
15.23	8.27
15.55	8.34
15.88	8.44
16.20	8.55
16.54	8.70
16.91	8.87
17.36	9.10
17.73	9.31
18.08	9.53
18.40	9.75
18.75	10.02
19.11	10.33
19.53	10.72
20.15	11.34
21.44	12.65

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.131	129.9	114.8	-7.9	Deficit
2	1.145	128.8	112.5	-6.1	Deficit
3	1.150	131.6	114.5	-5.8	Deficit
4	1.158	130.7	112.9	-4.8	Deficit
5	1.167	136.0	116.5	-3.9	Deficit
6	1.174	132.7	113.0	-2.9	Deficit
7	1.178	132.8	112.7	-2.4	Deficit
8	1.189	131.5	110.6	-1.2	Deficit
9	1.201	131.7	109.7	0.1	Surplus
10	1.203	131.2	109.0	0.4	Surplus

Esito analisi: DEFICIT di RESISTENZA!

Valore massimo di DEFICIT di RESISTENZA(kN/m): -7.9

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

phi'	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
0.00	7.108	0.073	-34.48	0.04	0.00	0.00
18.59	26.25	0.019	-34.48	0.02	0.00	0.00
18.59	7.181	0.100	-34.48	0.44	0.35	0.85
18.59	7.200	0.192	-34.48	4.56	0.46	6.24
18.59	7.300	0.192	-34.48	5.04	0.53	11.49
18.59	7.492	0.192	-34.48	5.51	0.57	14.77
18.59	7.684	0.192	-34.48	5.99	0.59	17.50
18.59	7.875	0.192	-34.48	6.46	0.61	19.91
18.59	8.067	0.157	-34.48	5.63	0.62	22.57
18.59	8.259	0.192	-33.44	7.31	0.63	24.21
18.59	8.415	0.192	-33.44	7.77	0.64	26.15

18.59	0.00					
	8.799	0.192	-33.44	8.23	0.65	27.96
18.59	0.00					
	8.991	0.049	-33.44	2.16	0.65	29.58
18.59	0.00					
	9.039	0.192	-31.15	8.78	0.65	29.94
18.59	0.00					
	9.231	0.192	-31.15	9.20	0.66	31.41
18.59	0.00					
	9.423	0.037	-31.15	1.82	0.66	32.78
18.59	0.00					
	9.460	0.192	-28.23	9.68	0.66	33.05
18.59	0.00					
	9.651	0.161	-28.23	8.40	0.67	34.44
18.59	0.00					
	9.812	0.192	-24.37	10.33	0.67	35.61
18.59	0.00					
	10.004	0.151	-24.37	8.36	0.67	37.00
18.59	0.00					
	10.155	0.192	-21.13	10.87	0.68	37.96
18.59	0.00					
	10.347	0.123	-21.13	7.14	0.68	39.12
18.59	0.00					
	10.470	0.192	-17.75	11.28	0.68	39.72
18.59	0.00					
	10.662	0.150	-17.75	8.96	0.68	40.60
18.59	0.00					
	10.812	0.192	-14.73	11.66	0.68	41.28
18.59	0.00					
	11.003	0.177	-14.73	10.92	0.68	42.09
18.59	0.00					
	11.180	0.192	-12.38	11.99	0.69	42.74
18.59	0.00					
	11.372	0.192	-12.38	12.15	0.69	43.40
18.59	0.00					
	11.564	0.063	-12.38	4.00	0.69	43.95
18.59	0.00					
	11.626	0.192	-10.70	12.34	0.69	44.11
18.59	0.00					
	11.818	0.187	-10.70	12.13	0.69	44.60
18.59	0.00					
	12.005	0.192	-8.53	12.58	0.69	45.04
18.59	0.00					
	12.197	0.159	-8.53	10.48	0.69	45.45
18.59	0.00					
	12.355	0.192	-6.03	12.75	0.69	45.75
18.59	0.00					
	12.547	0.136	-6.03	9.07	0.69	46.06
18.59	0.00					
	12.683	0.192	-3.47	12.86	0.69	46.21
18.59	0.00					
	12.874	0.154	-3.47	10.36	0.69	46.36
18.59	0.00					
	13.028	0.192	-0.85	12.92	0.69	46.44

18.59	0.00					
	13.220	0.137	-0.85	9.27	0.69	46.48
18.59	0.00					
	13.358	0.192	1.69	12.93	0.69	46.46
18.59	0.00					
	13.549	0.163	1.69	10.97	0.69	46.39
18.59	0.00					
	13.712	0.192	3.92	12.87	0.69	46.28
18.59	0.00					
	13.904	0.192	3.92	12.83	0.69	46.11
18.59	0.00					
	14.096	0.005	3.92	0.33	0.69	45.91
18.59	0.00					
	14.101	0.192	5.61	12.77	0.69	45.90
18.59	0.00					
	14.292	0.192	5.61	12.70	0.69	45.65
18.59	0.00					
	14.484	0.083	5.61	5.45	0.69	45.33
18.59	0.00					
	14.567	0.192	8.55	12.59	0.69	45.17
18.59	0.00					
	14.758	0.173	8.55	11.29	0.69	44.68
18.59	0.00					
	14.932	0.192	12.68	12.36	0.69	44.15
18.59	0.00					
	15.124	0.139	12.68	8.84	0.69	43.44
18.59	0.00					
	15.262	0.192	17.58	12.06	0.69	42.87
18.59	0.00					
	15.454	0.104	17.58	6.45	0.68	41.93
18.59	0.00					
	15.558	0.192	22.20	11.69	0.68	41.39
18.59	0.00					
	15.750	0.142	22.20	8.50	0.68	40.28
18.59	0.00					
	15.892	0.192	26.51	11.17	0.68	39.37
18.59	0.00					
	16.084	0.108	26.51	6.13	0.68	38.01
18.59	0.00					
	16.192	0.192	30.52	10.60	0.67	37.20
18.59	0.00					
	16.383	0.138	30.52	7.39	0.67	35.63
18.59	0.00					
	16.522	0.192	33.56	9.87	0.67	34.26
18.59	0.00					
	16.713	0.170	33.56	8.35	0.66	32.34
18.59	0.00					
	16.883	0.192	35.68	8.99	0.66	30.43
18.59	0.00					
	17.075	0.192	35.68	8.49	0.65	28.29
18.59	0.00					
	17.267	0.057	35.68	2.42	0.64	30.03
18.59	0.00					
	17.323	0.192	36.81	7.83	0.63	30.78



18.59	0.00					
	17.515	0.192	36.81	7.32	0.62	35.26
18.59	0.00					
	17.707	0.006	36.81	0.22	0.60	40.85
18.59	0.00					
	17.713	0.192	38.12	6.77	0.60	41.01
18.59	0.00					
	17.904	0.096	38.12	3.17	0.57	43.76
18.59	0.00					
	18.000	0.078	38.12	13.81	0.54	44.39
18.59	0.00					
	18.078	0.192	39.49	33.77	0.52	43.53
18.59	0.00					
	18.269	0.156	39.49	27.02	0.47	38.79
18.59	0.00					
	18.425	0.175	40.86	29.87	0.43	33.50
18.59	0.00					
	18.600	0.010	40.86	0.62	0.39	27.30
18.59	0.00					
	18.610	0.010	40.86	0.61	0.38	27.00
18.59	0.00					
	18.620	0.030	40.86	1.83	0.38	26.68
18.59	0.00					
	18.650	0.010	40.86	0.61	0.37	25.75
18.59	0.00					
	18.660	0.040	40.86	2.42	0.37	25.44
18.59	0.00					
	18.700	0.010	40.86	0.60	0.36	24.17
18.59	0.00					
	18.710	0.018	40.86	1.12	0.35	23.86
18.59	0.00					
	18.728	0.049	40.86	2.95	0.00	0.00
0.00	26.25					
	18.778	0.032	42.48	1.92	0.33	21.91
36.00	0.00					
	18.810	0.090	42.48	5.23	0.32	20.95
36.00	0.00					
	18.900	0.070	42.48	3.96	0.29	18.15
36.00	0.00					
	18.970	0.109	42.48	5.96	0.26	16.00
36.00	0.00					
	19.079	0.081	42.48	4.27	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.160	0.000	42.48	0.01	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.160	0.192	43.72	9.50	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.352	0.192	43.72	8.63	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.544	0.053	43.72	2.24	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.597	0.103	44.80	4.16	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.700	0.100	44.80	3.80	0.00	0.00

0.00	26.25					
	19.800	0.192	44.80	6.74	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.992	0.048	44.80	1.56	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.040	0.184	44.80	5.54	0.02	0.12
36.00	0.00					
	20.223	0.183	45.35	4.74	0.02	0.12
36.00	0.00					
	20.406	0.192	45.35	4.16	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.598	0.102	45.35	1.88	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.700	0.192	45.35	2.90	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.892	0.015	45.35	0.20	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.907	0.153	45.35	1.68	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.060	0.192	45.35	1.36	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.252	0.192	45.35	0.55	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.444	0.032	45.35	0.01	0.00	0.00
36.00	0.00					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----  
 -----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----  
 ---

T(x)	X	ht	yt	yt'	E(x)
(kN/m)	(m)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
		(m)	(m)	(--)	(kN/m)
		(kN)	(--)	(--)	(--)
	7.108	0.000	10.000	-0.468	0.0000000000E+000
0.0000000000E+000		3.2592512614E+000	1131477.054		4.556 50.000
	7.181	0.010	9.960	-0.468	1.3332400734E-001
0.0000000000E+000		4.0278392349E-001	1131477.054		4.026 4.017

7.200	0.020	9.957	-0.162	1.3392812990E-001	
7.1338313001E-005	1.3674001415E-001		0.038	3.869	3.855
7.300	0.072	9.941	0.027	2.0302767280E-001	
2.3439582344E-004	1.8962667246E+000		0.038	0.593	0.470
7.492	0.228	9.965	-0.076	1.0098237201E+000	
1.2885373422E-002	6.4174288071E+000		0.038	0.328	0.220
7.684	0.307	9.912	-0.332	2.6641746267E+000	
7.6995219547E-002	9.3329676534E+000		0.038	0.264	0.220
7.875	0.364	9.838	-0.383	4.5891084463E+000	
2.1352976516E-001	9.3651950865E+000		0.038	0.241	0.220
8.067	0.423	9.765	-0.410	6.2558188900E+000	
3.9801545314E-001	1.0332208607E+001		0.038	0.238	0.220
8.259	0.471	9.681	-0.430	8.5516118889E+000	
6.5666430612E-001	1.2336778124E+001		0.038	0.242	0.220
8.415	0.512	9.615	-0.419	1.0529702494E+001	
8.9502349279E-001	1.4431574884E+001		0.038	0.256	0.220
8.607	0.559	9.535	-0.410	1.3719149713E+001	
1.2635796458E+000	1.8774671761E+001		0.038	0.282	0.220
8.799	0.608	9.458	-0.383	1.7729973444E+001	
1.6928080765E+000	2.2967442087E+001		0.038	0.320	0.220
8.991	0.665	9.388	-0.354	2.2527389248E+001	
2.1608135026E+000	2.4645022447E+001		0.038	0.367	0.220
9.039	0.682	9.372	-0.328	2.3723634387E+001	
2.2735729122E+000	2.5561179387E+001		0.038	0.379	0.220
9.231	0.734	9.309	-0.321	2.9388075232E+001	
2.8133936257E+000	3.0777295853E+001		0.038	0.441	0.241
9.423	0.791	9.249	-0.309	3.5527029518E+001	
3.4136612970E+000	3.3925282370E+001		0.038	0.520	0.293
9.460	0.802	9.238	-0.305	3.6790063386E+001	
3.5432774501E+000	3.4603201248E+001		0.038	0.539	0.305
9.651	0.846	9.179	-0.304	4.3735799054E+001	
4.2857960623E+000	3.7186228393E+001		0.038	0.656	0.379
9.812	0.884	9.131	-0.301	4.9842357437E+001	
4.9785446926E+000	3.8683464171E+001		0.038	0.789	0.459
10.004	0.913	9.073	-0.281	5.7417731963E+001	
5.8981067116E+000	3.7438628520E+001		0.038	1.005	0.585
10.155	0.943	9.034	-0.251	6.2829704780E+001	
6.5976638970E+000	3.5658553641E+001		0.038	1.217	0.702
10.347	0.970	8.987	-0.226	6.9630654027E+001	
7.5149728895E+000	3.1805284757E+001		0.038	1.576	0.890
10.470	0.993	8.963	-0.188	7.3265742880E+001	
8.0230621328E+000	2.9178379798E+001		0.038	1.827	1.016
10.662	1.020	8.928	-0.183	7.8780476975E+001	
8.8187949606E+000	2.9436970365E+001		0.039	2.304	1.251
10.812	1.040	8.901	-0.173	8.3264267188E+001	
9.4861147954E+000	2.9129240365E+001		0.041	2.799	1.493
11.003	1.059	8.869	-0.156	8.8644371417E+001	
1.0301955163E+001	2.6773849767E+001		0.045	3.580	1.872
11.180	1.079	8.843	-0.140	9.3171094368E+001	
1.0996875722E+001	2.4903744120E+001		0.048	4.443	2.292
11.372	1.096	8.817	-0.124	9.7803869515E+001	
1.1713680638E+001	2.2742866908E+001		0.050	5.574	2.870
11.564	1.116	8.795	-0.111	1.0189320712E+002	
1.2346837995E+001	1.9876810742E+001		0.053	6.789	3.551

11.626	1.123	8.789	-0.101	1.0310834986E+002
1.2534626922E+001	1.9498959125E+001	0.054	7.210	3.798
11.818	1.140	8.770	-0.097	1.0690337786E+002
1.3122914452E+001	1.9420011447E+001	0.056	8.598	4.738
12.005	1.158	8.752	-0.089	1.1045972506E+002
1.3675241846E+001	1.8681761817E+001	0.058	10.198	5.975
12.197	1.170	8.736	-0.081	1.1396771403E+002
1.4223860128E+001	1.7689585099E+001	0.060	12.042	7.670
12.355	1.182	8.724	-0.072	1.1669329738E+002
1.4651074203E+001	1.6877042565E+001	0.062	13.725	9.357
12.547	1.189	8.711	-0.058	1.1985704829E+002
1.5148140992E+001	1.4062619255E+001	0.064	15.779	11.240
12.683	1.198	8.705	-0.040	1.2153147131E+002
1.5407976726E+001	1.1950750512E+001	0.065	16.714	11.459
12.874	1.202	8.698	-0.031	1.2371805352E+002
1.5742540190E+001	1.0446589893E+001	0.066	17.816	10.435
13.028	1.208	8.694	-0.018	1.2520885430E+002
1.5964308956E+001	9.1602034428E+000	0.067	18.557	9.040
13.220	1.208	8.692	-0.008	1.2684169071E+002
1.6198017048E+001	7.6634142349E+000	0.068	19.887	7.171
13.358	1.210	8.692	0.005	1.2781109003E+002
1.6326994920E+001	6.4608888556E+000	0.068	21.520	6.029
13.549	1.206	8.693	0.015	1.2889163797E+002
1.6459075901E+001	4.6978074041E+000	0.069	24.991	4.860
13.712	1.205	8.697	0.026	1.2952739118E+002
1.6517132288E+001	3.2877861646E+000	0.069	28.924	4.147
13.904	1.198	8.703	0.032	1.3001940393E+002
1.6539996927E+001	1.8722317524E+000	0.069	32.245	3.567
14.096	1.191	8.709	0.035	1.3024541044E+002
1.6512738758E+001	6.7831927998E-001	0.069	30.189	3.167
14.101	1.191	8.710	0.044	1.3024866423E+002
1.6511515286E+001	6.4677350723E-001	0.069	30.052	3.158
14.292	1.181	8.718	0.050	1.3023135665E+002
1.6431487760E+001	-7.8064803226E-001	0.069	21.946	2.844
14.484	1.173	8.729	0.058	1.2994927805E+002
1.6287952696E+001	-2.2134453016E+000	0.068	13.647	2.574
14.567	1.170	8.734	0.078	1.2974006774E+002
1.6208098722E+001	-3.0627504027E+000	0.068	11.047	2.472
14.758	1.157	8.750	0.093	1.2891699969E+002
1.5940892091E+001	-5.2956659110E+000	0.067	6.685	2.223
14.932	1.149	8.768	0.115	1.2784192134E+002
1.5629229554E+001	-7.3268331223E+000	0.065	4.514	2.016
15.124	1.130	8.792	0.133	1.2619847027E+002
1.5202985984E+001	-9.6603928060E+000	0.064	3.122	1.810
15.262	1.119	8.812	0.160	1.2474967754E+002
1.4856354664E+001	-1.1580983100E+001	0.062	2.488	1.681
15.454	1.091	8.845	0.178	1.2222864415E+002
1.4291555596E+001	-1.4005897256E+001	0.060	1.882	1.514
15.558	1.077	8.865	0.203	1.2072473237E+002
1.3973356555E+001	-1.5159954617E+001	0.059	1.657	1.436
15.750	1.040	8.905	0.222	1.1757407828E+002
1.3329041591E+001	-1.7510368544E+001	0.056	1.349	1.306
15.892	1.015	8.939	0.253	1.1496558044E+002
1.2809362292E+001	-1.9073158241E+001	0.054	1.182	1.221

16.084	0.970	8.990	0.272	1.1111184123E+002	
1.2057437362E+001	-2.0827354971E+001		0.051	1.018	1.123
16.192	0.947	9.020	0.302	1.0882303523E+002	
1.1616127594E+001	-2.1742277352E+001		0.050	0.949	1.077
16.383	0.894	9.080	0.344	1.0448169607E+002	
1.0795406935E+001	-2.4844935471E+001		0.046	0.858	1.010
16.522	0.866	9.134	0.398	1.0082627533E+002	
1.0150870506E+001	-2.6373374996E+001		0.044	0.826	0.985
16.713	0.817	9.212	0.441	9.5785423623E+001	
9.3396738180E+000	-2.7291204508E+001		0.041	0.823	0.988
16.883	0.786	9.293	0.506	9.1003529233E+001	
8.7675255722E+000	-2.8169658237E+001		0.038	0.864	1.025
17.075	0.749	9.395	0.674	8.5603886362E+001	
8.3152242049E+000	-2.7622159036E+001		0.038	0.931	1.080
17.267	0.769	9.552	0.842	8.0410160048E+001	
8.0939205466E+000	-2.5269431054E+001		0.038	0.949	1.060
17.323	0.780	9.604	0.597	7.9007693200E+001	
8.0569429239E+000	-2.4948689001E+001		0.038	0.947	1.047
17.515	0.733	9.700	0.476	7.4083451758E+001	
7.9692287983E+000	-2.8182593189E+001		0.038	0.883	0.935
17.707	0.676	9.786	0.449	6.8199392015E+001	
7.7371792039E+000	-4.7687696665E+001		0.038	0.754	0.767
17.713	0.674	9.789	0.470	6.7916151630E+001	
7.7166664967E+000	-4.8949880827E+001		0.038	0.749	0.760
17.904	0.614	9.879	0.471	5.3890819423E+001	
6.4538860165E+000	-7.4320858356E+001		0.038	0.588	0.560
18.000	0.584	9.924	5.636	4.6735351142E+001	
5.7561152519E+000	-7.2282358294E+001		0.038	0.553	0.503
18.078	1.453	10.854	4.189	4.1296635218E+001	
5.1996167819E+000	-6.8357545757E+001		0.038	0.538	0.471
18.269	1.493	11.052	0.732	2.9039447262E+001	
3.9125431926E+000	-5.5515067131E+001		0.038	0.538	0.427
18.425	1.421	11.109	-0.269	2.1454100456E+001	
3.0743602100E+000	-4.3207392080E+001		0.038	0.565	0.419
18.600	1.124	10.963	-0.760	1.4972203441E+001	
2.3515787067E+000	-3.1961194384E+001		0.048	0.608	0.422
18.610	1.121	10.969	0.519	1.4655505448E+001	
2.3159180907E+000	-3.1840165823E+001		0.056	0.610	0.422
18.620	1.118	10.974	0.519	1.4335400125E+001	
2.2792760571E+000	-3.1341260007E+001		0.060	0.614	0.423
18.650	1.107	10.989	0.519	1.3455396832E+001	
2.1781740956E+000	-2.3939703071E+001		0.062	0.625	0.426
18.660	1.104	10.994	0.519	1.3233978935E+001	
2.1528961235E+000	-2.2173181130E+001		0.064	0.630	0.427
18.700	1.090	11.015	0.519	1.2342029067E+001	
2.0489666379E+000	-2.1792880789E+001		0.298	0.651	0.433
18.710	1.086	11.020	0.519	1.2125364924E+001	
2.0235136629E+000	-2.1486884183E+001		0.299	0.657	0.434
18.728	1.080	11.030	0.519	1.1734317063E+001	
1.9772359817E+000	-2.1110441225E+001		0.301	0.668	1.358
18.778	1.063	11.056	0.531	1.0702078130E+001	
1.8536005962E+000	-2.1264877397E+001		0.304	0.697	0.819
18.810	1.051	11.073	0.491	1.0008526049E+001	
1.7693517342E+000	-2.0817923938E+001		0.310	0.717	0.828

18.900	1.011	11.116	0.261	8.2918281150E+000	
1.5577887169E+000	-1.7469533682E+001		0.329	0.777	0.858
18.970	0.946	11.115	0.010	7.1563379823E+000	
1.4125071647E+000	-1.4566677116E+001		0.344	0.830	0.887
19.079	0.849	11.117	0.067	5.8501036954E+000	
1.2328800000E+000	-1.1254457042E+001		0.328	0.919	1.489
19.160	0.785	11.128	0.129	4.9821617023E+000	
1.0974116082E+000	-1.0324814891E+001		0.350	0.995	1.538
19.160	0.785	11.128	0.289	4.9799929812E+000	
1.0970590468E+000	-1.0321564682E+001		0.350	0.995	1.538
19.352	0.657	11.183	0.468	3.3970248994E+000	
7.9320666465E-001	-7.4924968639E+000		0.392	1.201	1.693
19.544	0.598	11.307	0.659	2.1065468725E+000	
4.5507178361E-001	-4.5571418841E+000		0.388	1.510	1.964
19.597	0.584	11.345	0.649	1.8965478851E+000	
3.7602954075E-001	-2.7779665832E+000		0.364	1.597	2.056
19.700	0.546	11.409	0.610	1.8460964594E+000	
2.7951359902E-001	7.5791354579E-001		0.291	1.710	2.223
19.800	0.506	11.468	0.619	2.0427143957E+000	
2.2818957629E-001	2.2322281169E+000		0.203	1.773	2.384
19.992	0.437	11.589	0.652	2.5685810759E+000	
1.6458847128E-001	1.9742749684E+000		0.103	1.823	2.759
20.040	0.425	11.625	0.697	2.6537512126E+000	
1.5171056074E-001	1.4457456358E+000		0.090	1.816	1.360
20.223	0.368	11.750	0.698	2.6810681216E+000	
1.2033128379E-001	-5.1914064691E-001		0.070	1.766	1.368
20.406	0.313	11.881	0.728	2.4646492008E+000	
9.4629920923E-002	-1.6731848460E+000		0.060	1.698	1.384
20.598	0.262	12.023	0.720	2.0453534462E+000	
6.7061674849E-002	-3.2425032653E+000		0.051	1.578	1.412
20.700	0.227	12.092	0.632	1.6568797796E+000	
5.1145184713E-002	-3.6954727762E+000		0.048	1.514	1.436
20.892	0.150	12.209	0.603	9.8759878859E-001	
2.5174122653E-002	-2.5931522811E+000		0.040	1.560	1.500
20.907	0.142	12.217	0.622	9.4903373732E-001	
2.3654461650E-002	-2.5159049125E+000		0.039	1.567	1.507
21.060	0.084	12.314	0.767	5.7293219543E-001	
1.0565512559E-002	-2.3581050663E+000		0.038	1.679	1.613
21.252	0.058	12.481	0.814	1.4500084687E-001	
1.3731440192E-003	-1.4872402344E+000		0.038	2.813	2.695
21.444	0.008	12.626	0.814	2.5609637961E-003	
9.3833746192E-006	-1.7483327186E-001		0.038	1.426	1.357

-----  
 -----  
 ---

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio

Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
ZhU et al.(2003)

FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM

FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM

Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X		dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS					
(kPa)	(kN/m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
26.250	7.108	0.073	0.088	-34.477	-0.234	-0.021
0.260	2.319	0.019	0.023	-34.477	-0.526	-0.012
0.722	0.006	0.100	0.121	-34.477	-2.051	-0.249
3.388	0.088	0.192	0.233	-34.477	-11.097	-2.581
2.390	0.788	0.192	0.233	-34.477	-12.254	-2.850
2.139	0.556	0.192	0.233	-34.477	-13.410	-3.119
1.977	0.498	0.192	0.233	-34.477	-14.566	-3.388
2.027	0.460	0.192	0.233	-34.477	-15.723	-3.657
1.778	0.471	0.157	0.190	-34.477	-16.773	-3.186
2.243	0.338	0.192	0.230	-33.439	-17.541	-4.031
2.386	0.515	0.192	0.230	-33.439	-18.637	-4.283
2.487	0.548	0.192	0.230	-33.439	-19.733	-4.534
2.197	0.571	0.049	0.058	-33.439	-20.420	-1.192
3.318	0.128	0.192	0.224	-31.150	-20.276	-4.543
3.594	0.743	0.192	0.224	-31.150	-21.241	-4.759
3.744	0.805	0.037	0.043	-31.150	-21.817	-0.939
4.896	0.161	0.192	0.218	-28.228	-21.029	-4.577
5.213	1.066	0.161	0.182	-28.228	-21.771	-3.971
6.433	0.951	0.192	0.211	-24.375	-20.251	-4.263
	1.354					

	10.004	0.151	0.166	-24.375	-20.801	-3.451
6.255	1.038					
	10.155	0.192	0.206	-21.134	-19.060	-3.918
7.037	1.447					
	10.347	0.123	0.132	-21.134	-19.445	-2.573
6.532	0.864					
	10.470	0.192	0.201	-17.746	-17.083	-3.439
7.224	1.454					
	10.662	0.150	0.157	-17.746	-17.382	-2.731
7.438	1.169					
	10.812	0.192	0.198	-14.728	-14.949	-2.964
7.764	1.539					
	11.003	0.177	0.183	-14.728	-15.173	-2.775
7.588	1.388					
	11.180	0.192	0.196	-12.381	-13.098	-2.571
7.779	1.527					
	11.372	0.192	0.196	-12.381	-13.264	-2.604
7.570	1.486					
	11.564	0.063	0.064	-12.381	-13.374	-0.857
7.384	0.473					
	11.626	0.192	0.195	-10.696	-11.732	-2.290
7.686	1.500					
	11.818	0.187	0.190	-10.696	-11.855	-2.251
7.683	1.459					
	12.005	0.192	0.194	-8.525	-9.619	-1.865
7.849	1.522					
	12.197	0.159	0.160	-8.525	-9.691	-1.554
7.792	1.249					
	12.355	0.192	0.193	-6.031	-6.950	-1.340
7.908	1.525					
	12.547	0.136	0.136	-6.031	-6.984	-0.953
7.604	1.038					
	12.683	0.192	0.192	-3.469	-4.052	-0.778
7.644	1.469					
	12.874	0.154	0.154	-3.469	-4.064	-0.627
7.535	1.163					
	13.028	0.192	0.192	-0.852	-1.002	-0.192
7.474	1.433					
	13.220	0.137	0.137	-0.852	-1.003	-0.138
7.378	1.014					
	13.358	0.192	0.192	1.693	1.991	0.382
7.234	1.388					
	13.549	0.163	0.163	1.693	1.988	0.324
7.125	1.162					
	13.712	0.192	0.192	3.917	4.576	0.879
6.944	1.335					
	13.904	0.192	0.192	3.917	4.559	0.876
6.851	1.317					
	14.096	0.005	0.005	3.917	4.550	0.022
6.848	0.034					
	14.101	0.192	0.193	5.612	6.480	1.249
6.651	1.281					
	14.292	0.192	0.193	5.612	6.446	1.242
6.544	1.261					



	14.484	0.083	0.083	5.612	6.421	0.533
6.519	0.541					
	14.567	0.192	0.194	8.547	9.646	1.870
6.169	1.196					
	14.758	0.173	0.175	8.547	9.570	1.677
6.096	1.069					
	14.932	0.192	0.197	12.681	13.806	2.714
5.616	1.104					
	15.124	0.139	0.142	12.681	13.656	1.941
5.610	0.797					
	15.262	0.192	0.201	17.584	18.114	3.644
4.867	0.979					
	15.454	0.104	0.109	17.584	17.860	1.947
4.914	0.536					
	15.558	0.192	0.207	22.202	21.331	4.418
4.019	0.832					
	15.750	0.142	0.154	22.202	20.882	3.213
4.053	0.624					
	15.892	0.192	0.214	26.512	23.264	4.985
3.161	0.677					
	16.084	0.108	0.120	26.512	22.702	2.734
3.269	0.394					
	16.192	0.192	0.223	30.516	24.176	5.381
2.335	0.520					
	16.383	0.138	0.161	30.516	23.375	3.752
2.500	0.401					
	16.522	0.192	0.230	33.564	23.712	5.457
1.713	0.394					
	16.713	0.170	0.204	33.564	22.673	4.617
1.587	0.323					
	16.883	0.192	0.236	35.678	22.200	5.241
0.906	0.214					
	17.075	0.192	0.236	35.678	20.973	4.951
0.671	0.158					
	17.267	0.057	0.070	35.678	20.178	1.409
0.205	0.014					
	17.323	0.192	0.240	36.809	19.599	4.694
0.150	0.036					
	17.515	0.192	0.240	36.809	18.304	4.384
0.396	0.095					
	17.707	0.006	0.007	36.809	17.636	0.129
1.142	0.008					
	17.713	0.192	0.244	38.121	17.147	4.179
2.248	0.548					
	17.904	0.096	0.121	38.121	16.117	1.957
2.493	0.303					
	18.000	0.078	0.099	38.121	86.523	8.527
24.606	2.425					
	18.078	0.192	0.248	39.494	86.428	21.476
23.012	5.718					
	18.269	0.156	0.202	39.494	85.105	17.183
23.593	4.764					
	18.425	0.175	0.231	40.862	84.496	19.542
23.103	5.343					

	18.600	0.010	0.013	40.862	30.487	0.403
3.980	0.053					
	18.610	0.010	0.013	40.862	30.406	0.402
4.088	0.054					
	18.620	0.030	0.040	40.862	30.245	1.200
4.024	0.160					
	18.650	0.010	0.013	40.862	30.084	0.398
3.966	0.052					
	18.660	0.040	0.053	40.862	29.883	1.581
4.017	0.212					
	18.700	0.010	0.013	40.862	29.808	0.394
4.394	0.058					
	18.710	0.018	0.024	40.862	29.975	0.733
4.548	0.111					
	18.728	0.049	0.065	40.862	29.718	1.932
27.658	1.798					
	18.778	0.032	0.044	42.478	29.577	1.297
7.988	0.350					
	18.810	0.090	0.122	42.478	28.968	3.535
8.158	0.995					
	18.900	0.070	0.095	42.478	28.164	2.673
9.514	0.903					
	18.970	0.109	0.148	42.478	27.253	4.025
10.275	1.518					
	19.079	0.081	0.110	42.478	26.242	2.885
27.192	2.989					
	19.160	0.000	0.000	42.478	25.790	0.007
27.196	0.008					
	19.160	0.192	0.265	43.720	24.739	6.564
27.146	7.202					
	19.352	0.192	0.265	43.720	22.490	5.967
27.247	7.229					
	19.544	0.053	0.073	43.720	21.054	1.547
27.091	1.990					
	19.597	0.103	0.145	44.802	20.138	2.929
26.779	3.895					
	19.700	0.100	0.141	44.802	19.017	2.680
26.540	3.740					
	19.800	0.192	0.270	44.802	17.564	4.747
26.438	7.145					
	19.992	0.048	0.067	44.802	16.369	1.102
26.403	1.778					
	20.040	0.184	0.259	44.802	15.082	3.906
10.981	2.844					
	20.223	0.183	0.260	45.347	12.969	3.374
9.251	2.407					
	20.406	0.192	0.273	45.347	10.838	2.957
7.810	2.131					
	20.598	0.102	0.145	45.347	9.203	1.337
6.638	0.964					
	20.700	0.192	0.273	45.347	7.567	2.065
5.460	1.490					
	20.892	0.015	0.022	45.347	6.414	0.140
4.625	0.101					

	20.907	0.153	0.218	45.347	5.478	1.192
3.950	0.860					
	21.060	0.192	0.273	45.347	3.559	0.971
2.565	0.700					
	21.252	0.192	0.273	45.347	1.424	0.389
1.024	0.279					
	21.444	0.032	0.046	45.347	0.178	0.008
0.128	0.006					

-----

-----

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio  
dl(m) : lunghezza base concio  
alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----

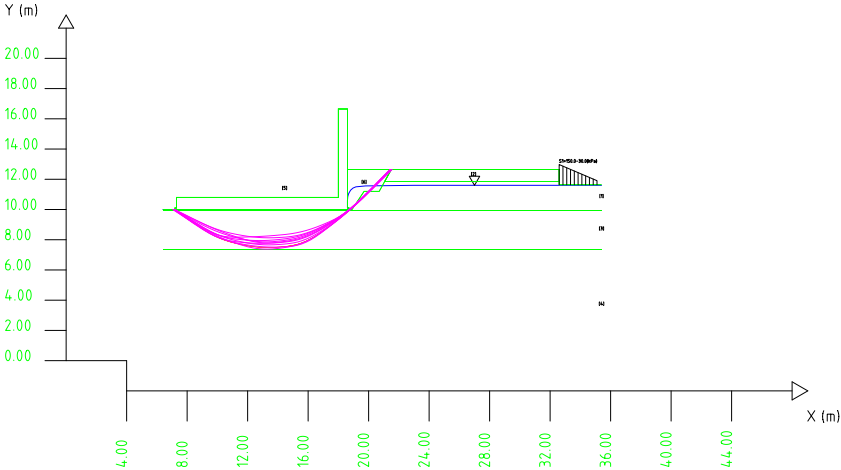
-----

SSAP 4.9.9 (2019) - Slope Stability Analysis Program  
Software by Dr.Geol. L.Borselli - [www.lorenzo-borselli.eu](http://www.lorenzo-borselli.eu)  
SSAP/DXF generator rel. 15.4 (2019)

Data : 20/4/2020  
Località : Livorno  
Descrizione : Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del Rio Maggiore  
(n) = N. strato o lente  
Analisi in cond. Liquefazione (Per dati vedi il report)

Sn --> Sovraccarico

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



Parametri Geotecnici degli strati #										
N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D	
1	0	0	26.25	20.10	20.10	0	0	0	0	0
2	0	0	41.52	19.22	19.22	0	0	0	0	0
3	18.59	0	0	18.82	18.82	0	0	0	0	0
4	0	0	42.32	19.10	19.10	0	0	0	0	0
5	0	0	300.00	25.00	25.00	0	0	0	0	0
6	36.00	0	0	22.00	23.00	0	0	0	0	0

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.1315  
Range Fs : 1.1315 1.2035  
Differenza % Range Fs : 5.98  
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000  
Lunghezza media segmenti (m) : 1.2  
Range X inizio generazione : 7.0 - 33.1  
Range X termine generazione : 9.9 - 34.8  
Livello Y minimo considerato : 0.0

TRATTO 3 - ZONA CORRIDOIO - SEZIONE S.3 SPONDA DESTRA ANALISI POST-SISMA A LIQUEFAZIONE

## **Allegato O**

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.2 sponda sinistra - zona corridoio - Analisi  
statica non drenata REV3.txt

Data: 20/4/2020

Localita' :

Descrizione:

Modello pendio: Modello S.2 sponda sx REV3.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
10.00	10.00	22.50	13.10	22.50	10.80	10.00	7.80
22.50	10.00	22.50	14.90	41.70	10.80	41.70	7.80
22.50	10.80	23.20	14.90	-	-	-	-
22.50	11.41	23.20	15.50	-	-	-	-
22.50	13.10	25.60	15.60	-	-	-	-
22.50	14.90	29.40	15.70	-	-	-	-
22.50	15.50	31.06	16.31	-	-	-	-
23.10	15.50	31.06	13.11	-	-	-	-
23.20	15.50	22.50	13.10	-	-	-	-
25.60	15.60	-	-	-	-	-	-
29.40	15.70	-	-	-	-	-	-
31.06	16.31	-	-	-	-	-	-
31.06	13.11	-	-	-	-	-	-
37.72	13.11	-	-	-	-	-	-
41.70	13.10	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
22.50	15.50	-	-	-	-	-	-
23.10	15.50	-	-	-	-	-	-

23.20	15.50	-	-	-	-	-	-
23.20	14.90	-	-	-	-	-	-
22.50	14.90	-	-	-	-	-	-
22.50	15.50	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X Y (in m)

10.00	10.00
22.50	10.00
22.50	11.40
22.54	12.00
22.58	12.14
22.63	12.24
22.75	12.39
22.90	12.50
23.10	12.60
23.40	12.67
24.20	12.80
41.70	12.80

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2  
STRATO 5

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0  
Coefficiente K 0.000800  
Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01  
Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00  
Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	0.00		0.00	35.00	20.10	20.10
1.858	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	0.00		0.00	55.36	19.22	19.22
4.264	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	24.79		0.00	0.00	18.82	18.82
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	0.00		0.00	56.43	19.10	19.10
4.435	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 5	5	0.00		0.00	300.00	25.00	25.00

```

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
          C` _____ Coesione efficace (in Kpa)
          Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
          Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
          Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
          STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH)
(adimensionale)
          ---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di
Rottura di Hoek (2002)-
          sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in
MPa)
          GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)
          mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)
          D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)
          Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -
DISATTIVATO (solo per ROCCE)
Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato,
secondo Lei et al.(2016)

```

## SOVRACCARICO N.1

----- TIRANTI/ANCORAGGI PRESENTI -----

TIRANTE/ANCORAGGIO N.1

Coordinata X Testa (m):	22.50
Coordinata Y Testa (m):	13.10
Angolo con orizzontale(Gradi):	-25.00
Lunghezza (m):	18.00
Tensione o Forza (KN/m):	100.00
% lunghezza cementata (%) ):	77.78



----- PALIFICATE PRESENTI -----

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975) - HASSIOTIS (1997)

PALIFICATA N.1

Coordinata X Testa (m): 23.10

Coordinata Y Testa (m): 15.50

Lunghezza pali L (m)\* : 12.15

Diametro pali D(m): 0.60

Interasse tra pali D1(m): 1.00

Lunghezza apertura tra pali D2(m): 0.40

Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018): 1.00

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: Attivata

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,

ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio

(incastro).

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.3 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 10.63  
39.16

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.14

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 13.80  
41.07

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000

COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

Fattore di sicurezza (FS)	1.2575	- Min. -	X	Y	Lambda=
1.5000					

16.96	10.00
17.72	9.53
18.10	9.29
18.37	9.13
18.61	8.99
18.83	8.87
19.05	8.74
19.28	8.62
19.52	8.49
19.79	8.35
20.01	8.25
20.21	8.18
20.39	8.12
20.59	8.08
20.77	8.05
20.97	8.05
21.20	8.05
21.50	8.08
21.73	8.11
21.95	8.15
22.14	8.19
22.35	8.26
22.54	8.33
22.75	8.42
22.96	8.52
23.21	8.65
23.45	8.78
23.68	8.90
23.90	9.02
24.12	9.14
24.34	9.26
24.56	9.37
24.78	9.49
25.00	9.61
25.22	9.72
25.44	9.84
25.66	9.96
25.88	10.08
26.10	10.20
26.33	10.31
26.55	10.43
26.77	10.55
26.99	10.67
27.21	10.79
27.43	10.91
27.64	11.04
27.86	11.16
28.09	11.29
28.31	11.43
28.55	11.57
28.77	11.71
28.98	11.85

29.19	11.99
29.41	12.15
29.64	12.34
29.91	12.56
30.29	12.89
31.06	13.58

Fattore di sicurezza (FS)	1.2654	- N.2 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

16.21	10.00
17.33	9.35
17.86	9.06
18.23	8.87
18.54	8.73
18.84	8.61
19.12	8.52
19.43	8.43
19.76	8.36
20.18	8.28
20.49	8.23
20.77	8.21
21.02	8.22
21.30	8.25
21.55	8.31
21.82	8.40
22.12	8.52
22.50	8.68
22.85	8.84
23.17	8.99
23.48	9.14
23.79	9.29
24.09	9.44
24.40	9.60
24.71	9.76
25.02	9.93
25.33	10.09
25.65	10.26
25.96	10.42
26.27	10.58
26.58	10.75
26.89	10.91
27.20	11.08
27.51	11.25
27.82	11.41
28.13	11.58
28.43	11.75
28.74	11.93
29.08	12.13
29.46	12.35
30.00	12.68
31.06	13.33

Fattore di sicurezza (FS)	1.2672	- N.3 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

17.83	10.00
18.84	9.42
19.32	9.16
19.64	9.00
19.90	8.89
20.16	8.80
20.40	8.74
20.67	8.69
20.96	8.66
21.33	8.63
21.62	8.61
21.88	8.62
22.11	8.65
22.36	8.70
22.59	8.76
22.84	8.85
23.11	8.96
23.44	9.11
23.74	9.26
24.03	9.40
24.31	9.53
24.58	9.67
24.85	9.81
25.12	9.96
25.40	10.11
25.68	10.27
25.96	10.42
26.23	10.58
26.51	10.73
26.79	10.88
27.06	11.04
27.34	11.19
27.61	11.35
27.89	11.50
28.16	11.65
28.44	11.81
28.72	11.96
28.99	12.11
29.30	12.29
29.65	12.48
30.13	12.75
31.06	13.27

Fattore di sicurezza (FS)	1.2707	- N.4 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

15.41	10.00
16.35	9.58
16.84	9.37
17.19	9.21
17.50	9.07
17.78	8.95

18.07	8.82
18.36	8.69
18.66	8.56
18.98	8.42
19.25	8.31
19.51	8.22
19.75	8.15
20.01	8.10
20.26	8.06
20.53	8.04
20.83	8.03
21.20	8.03
21.49	8.05
21.75	8.08
21.98	8.13
22.24	8.21
22.47	8.30
22.72	8.42
23.00	8.57
23.32	8.77
23.63	8.95
23.93	9.13
24.21	9.31
24.49	9.47
24.77	9.64
25.05	9.81
25.33	9.98
25.61	10.15
25.89	10.32
26.17	10.49
26.45	10.66
26.73	10.83
27.01	11.00
27.29	11.17
27.57	11.34
27.84	11.50
28.12	11.67
28.40	11.84
28.68	12.01
28.96	12.18
29.28	12.37
29.63	12.58
30.12	12.88
31.06	13.45

Fattore di sicurezza (FS)      1.2754   - N.5   --      X      Y      Lambda=  
1.2485

17.84	10.00
18.86	9.38
19.34	9.10
19.66	8.93
19.92	8.82
20.18	8.73

20.42	8.66
20.69	8.61
20.98	8.57
21.35	8.54
21.65	8.52
21.90	8.53
22.13	8.56
22.39	8.60
22.62	8.67
22.87	8.75
23.14	8.87
23.46	9.02
23.77	9.16
24.06	9.30
24.34	9.43
24.61	9.57
24.89	9.70
25.17	9.84
25.45	9.97
25.73	10.12
26.00	10.26
26.28	10.40
26.55	10.54
26.83	10.69
27.10	10.83
27.37	10.98
27.65	11.14
27.93	11.29
28.21	11.45
28.49	11.61
28.76	11.77
29.04	11.92
29.35	12.10
29.70	12.30
30.18	12.57
31.11	13.11

Fattore di sicurezza (FS)	1.2806	- N.6 --	X	Y	Lambda=
0.7663					

16.61	10.00
17.65	9.46
18.17	9.19
18.54	9.01
18.87	8.85
19.17	8.71
19.47	8.58
19.79	8.44
20.13	8.30
20.51	8.14
20.81	8.04
21.07	7.97
21.29	7.94
21.56	7.93

21.79	7.95
22.05	8.01
22.35	8.10
22.75	8.24
23.09	8.37
23.40	8.50
23.69	8.63
23.98	8.77
24.27	8.91
24.56	9.07
24.86	9.24
25.18	9.44
25.49	9.63
25.80	9.82
26.09	10.01
26.39	10.20
26.69	10.40
26.99	10.60
27.29	10.80
27.59	11.02
27.90	11.23
28.20	11.44
28.50	11.65
28.80	11.86
29.14	12.10
29.52	12.37
30.04	12.74
31.06	13.46

Fattore di sicurezza (FS)      1.2811   - N.7 --      X      Y      Lambda=  
1.5000

18.30	10.00
18.91	9.70
19.22	9.55
19.44	9.44
19.63	9.35
19.81	9.26
19.99	9.18
20.17	9.10
20.37	9.01
20.57	8.91
20.75	8.85
20.91	8.79
21.06	8.75
21.22	8.72
21.37	8.71
21.54	8.70
21.72	8.71
21.95	8.72
22.14	8.75
22.31	8.77
22.47	8.81
22.64	8.85

22.80	8.90
22.97	8.95
23.14	9.02
23.34	9.11
23.53	9.19
23.71	9.27
23.89	9.35
24.06	9.44
24.23	9.52
24.41	9.60
24.59	9.69
24.77	9.79
24.95	9.88
25.12	9.97
25.30	10.06
25.48	10.15
25.66	10.24
25.83	10.33
26.01	10.42
26.19	10.51
26.36	10.61
26.54	10.70
26.72	10.79
26.90	10.88
27.07	10.97
27.25	11.06
27.43	11.15
27.60	11.24
27.78	11.33
27.96	11.42
28.14	11.52
28.31	11.61
28.49	11.70
28.67	11.79
28.85	11.88
29.03	11.97
29.21	12.07
29.38	12.16
29.55	12.25
29.73	12.35
29.93	12.46
30.15	12.59
30.46	12.78
31.06	13.14

Fattore di sicurezza (FS)      1.2914   - N.8   --      X      Y      Lambda=  
1.5000

16.23	10.00
17.33	9.35
17.87	9.05
18.24	8.85
18.55	8.70
18.85	8.57



19.14	8.47
19.45	8.36
19.80	8.27
20.21	8.16
20.52	8.10
20.80	8.07
21.03	8.07
21.31	8.10
21.55	8.15
21.82	8.24
22.11	8.36
22.49	8.54
22.84	8.71
23.17	8.86
23.49	9.02
23.80	9.17
24.11	9.31
24.42	9.46
24.73	9.61
25.03	9.76
25.34	9.91
25.65	10.06
25.96	10.22
26.27	10.37
26.58	10.52
26.90	10.67
27.22	10.83
27.55	10.99
27.86	11.15
28.15	11.31
28.44	11.49
28.74	11.68
29.06	11.91
29.43	12.19
29.97	12.61
31.06	13.49

Fattore di sicurezza (FS)    1.2940   - N.9 --    X            Y            Lambda=  
1.5000

17.55	10.00
18.60	9.35
19.09	9.07
19.41	8.89
19.67	8.78
19.94	8.68
20.18	8.62
20.45	8.57
20.74	8.53
21.12	8.50
21.42	8.49
21.68	8.50
21.92	8.52
22.19	8.57

22.42	8.63
22.68	8.71
22.95	8.81
23.28	8.95
23.59	9.09
23.88	9.22
24.17	9.34
24.45	9.47
24.73	9.60
25.01	9.73
25.29	9.86
25.58	10.00
25.86	10.14
26.14	10.27
26.42	10.41
26.70	10.56
26.98	10.70
27.26	10.85
27.56	11.00
27.86	11.17
28.14	11.33
28.41	11.50
28.67	11.67
28.95	11.86
29.24	12.09
29.58	12.36
30.07	12.78
31.06	13.66

Fattore di sicurezza (FS)      1.2973   - N.10 --      X      Y      Lambda=  
1.5000

16.47	10.00
17.55	9.46
18.08	9.20
18.44	9.04
18.76	8.91
19.05	8.81
19.34	8.72
19.64	8.64
19.97	8.56
20.36	8.47
20.67	8.42
20.95	8.40
21.19	8.40
21.48	8.42
21.72	8.46
22.00	8.53
22.30	8.62
22.68	8.76
23.01	8.89
23.32	9.02
23.62	9.15
23.92	9.29

24.20	9.43
24.50	9.59
24.80	9.75
25.12	9.93
25.43	10.11
25.74	10.29
26.05	10.46
26.35	10.64
26.66	10.81
26.96	10.99
27.27	11.16
27.57	11.34
27.88	11.51
28.18	11.69
28.48	11.87
28.78	12.05
29.12	12.26
29.49	12.50
30.03	12.84
31.06	13.50

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR FS \*

# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.258	382.6	304.3	17.5	Surplus
2	1.265	353.5	279.4	18.3	Surplus
3	1.267	344.6	271.9	18.3	Surplus
4	1.271	378.4	297.8	21.1	Surplus
5	1.275	347.0	272.1	20.5	Surplus
6	1.281	386.2	301.5	24.3	Surplus
7	1.281	337.8	263.7	21.4	Surplus
8	1.291	373.4	289.2	26.4	Surplus
9	1.294	372.2	287.6	27.0	Surplus
10	1.297	363.4	280.1	27.3	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 17.5

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

-----  
TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS  
-----

-----						
phi '	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(c',Cu) (m) (kPa)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
	16.961	0.189	-31.85	0.21	0.52	0.58
24.79	0.00					
	17.150	0.189	-31.85	0.63	0.52	1.73
24.79	0.00					
	17.340	0.189	-31.85	1.05	0.52	2.89
24.79	0.00					
	17.529	0.186	-31.85	1.44	0.52	4.04
24.79	0.00					
	17.716	0.189	-31.55	1.88	0.52	5.43
24.79	0.00					
	17.905	0.189	-31.55	2.29	0.52	6.54
24.79	0.00					
	18.094	0.006	-31.55	0.09	0.52	7.58
24.79	0.00					
	18.101	0.189	-31.00	2.72	0.52	7.61
24.79	0.00					
	18.290	0.082	-31.00	1.31	0.52	8.62
24.79	0.00					
	18.372	0.189	-30.39	3.29	0.52	9.03
24.79	0.00					
	18.562	0.053	-30.39	0.99	0.52	10.03
24.79	0.00					
	18.614	0.189	-29.63	3.79	0.52	10.29
24.79	0.00					
	18.804	0.029	-29.63	0.61	0.52	11.29
24.79	0.00					
	18.833	0.189	-29.00	4.23	0.52	11.42
24.79	0.00					
	19.022	0.032	-29.00	0.74	0.52	12.44
24.79	0.00					
	19.053	0.189	-28.40	4.66	0.52	12.58
24.79	0.00					
	19.243	0.039	-28.40	1.01	0.52	13.56
24.79	0.00					
	19.282	0.189	-27.82	5.10	0.52	13.74
24.79	0.00					
	19.471	0.053	-27.82	1.50	0.52	14.75
24.79	0.00					
	19.525	0.189	-27.31	5.55	0.52	15.01
24.79	0.00					
	19.714	0.077	-27.31	2.34	0.52	15.92
24.79	0.00					
	19.791	0.189	-24.90	6.02	0.52	16.26
24.79	0.00					
	19.980	0.027	-24.90	0.90	0.52	17.04
24.79	0.00					
	20.007	0.189	-21.43	6.36	0.52	17.13
24.79	0.00					
	20.197	0.009	-21.43	0.32	0.52	17.76

24.79	0.00					
	20.206	0.179	-16.90	6.25	0.52	17.79
24.79	0.00					
	20.385	0.189	-12.21	6.77	0.52	18.26
24.79	0.00					
	20.575	0.014	-12.21	0.52	0.52	18.62
24.79	0.00					
	20.589	0.180	-7.19	6.55	0.52	18.64
24.79	0.00					
	20.769	0.189	-2.08	6.94	0.52	18.84
24.79	0.00					
	20.958	0.014	-2.08	0.52	0.52	18.94
24.79	0.00					
	20.972	0.189	2.02	6.95	0.52	18.94
24.79	0.00					
	21.162	0.039	2.02	1.44	0.52	18.83
24.79	0.00					
	21.201	0.189	4.78	6.90	0.52	18.78
24.79	0.00					
	21.390	0.107	4.78	3.87	0.52	18.37
24.79	0.00					
	21.497	0.189	7.00	6.80	0.52	18.02
24.79	0.00					
	21.687	0.048	7.00	1.72	0.52	17.79
24.79	0.00					
	21.735	0.189	10.05	6.68	0.51	18.38
24.79	0.00					
	21.924	0.024	10.05	0.85	0.47	21.61
24.79	0.00					
	21.948	0.189	13.59	6.52	0.47	22.10
24.79	0.00					
	22.138	0.005	13.59	0.16	0.43	26.04
24.79	0.00					
	22.143	0.189	17.10	6.33	0.43	26.14
24.79	0.00					
	22.332	0.020	17.10	0.65	0.39	30.57
24.79	0.00					
	22.352	0.148	20.29	4.79	0.38	31.09
24.79	0.00					
	22.500	0.040	20.29	5.70	0.34	35.09
24.79	0.00					
	22.540	0.003	20.29	0.36	0.34	35.99
24.79	0.00					
	22.543	0.037	23.42	5.33	0.34	36.04
24.79	0.00					
	22.580	0.050	23.42	7.09	0.33	36.69
24.79	0.00					
	22.630	0.116	23.42	16.38	0.32	37.37
24.79	0.00					
	22.746	0.004	26.00	0.55	0.31	38.61
24.79	0.00					
	22.750	0.150	26.00	20.99	0.31	38.65
24.79	0.00					
	22.900	0.061	26.00	8.44	0.30	39.63

24.79	0.00					
	22.961	0.139	28.01	19.23	0.29	39.90
24.79	0.00					
	23.100	0.100	28.01	13.68	0.29	40.02
24.79	0.00					
	23.200	0.009	28.01	1.17	0.29	39.86
24.79	0.00					
	23.209	0.189	28.01	24.97	0.28	39.85
24.79	0.00					
	23.398	0.002	28.01	0.25	0.29	38.38
24.79	0.00					
	23.400	0.046	28.01	6.08	0.29	38.36
24.79	0.00					
	23.446	0.189	28.01	24.56	0.29	38.05
24.79	0.00					
	23.636	0.040	28.01	5.08	0.29	37.15
24.79	0.00					
	23.675	0.189	28.01	24.16	0.29	37.02
24.79	0.00					
	23.865	0.036	28.01	4.56	0.29	36.36
24.79	0.00					
	23.901	0.189	28.01	23.76	0.29	36.24
24.79	0.00					
	24.090	0.030	28.01	3.79	0.29	35.50
24.79	0.00					
	24.120	0.080	28.01	9.86	0.29	35.39
24.79	0.00					
	24.200	0.142	28.01	17.41	0.28	35.03
24.79	0.00					
	24.342	0.058	28.01	7.13	0.28	34.39
24.79	0.00					
	24.400	0.162	28.01	19.60	0.28	34.11
24.79	0.00					
	24.562	0.189	28.01	22.61	0.28	33.30
24.79	0.00					
	24.751	0.031	28.01	3.71	0.27	32.26
24.79	0.00					
	24.783	0.189	28.01	22.23	0.27	32.09
24.79	0.00					
	24.972	0.030	28.01	3.44	0.27	31.06
24.79	0.00					
	25.001	0.189	28.03	21.84	0.27	30.90
24.79	0.00					
	25.191	0.031	28.03	3.57	0.26	29.95
24.79	0.00					
	25.222	0.189	28.05	21.46	0.26	29.78
24.79	0.00					
	25.411	0.031	28.05	3.47	0.26	28.87
24.79	0.00					
	25.442	0.158	28.07	17.59	0.26	28.71
24.79	0.00					
	25.600	0.063	28.07	6.97	0.25	27.90
24.79	0.00					
	25.663	0.189	28.08	20.68	0.25	27.56

24.79	0.00					
	25.852	0.030	28.08	3.29	0.25	26.51
24.79	0.00					
	25.883	0.189	28.10	20.28	0.25	26.33
24.79	0.00					
	26.072	0.032	28.10	3.40	0.24	25.10
24.79	0.00					
	26.104	0.189	28.12	19.88	0.24	24.87
24.79	0.00					
	26.294	0.032	28.12	3.31	0.23	23.29
24.79	0.00					
	26.325	0.189	28.14	19.48	0.23	22.99
24.79	0.00					
	26.515	0.033	28.14	3.38	0.22	20.21
24.79	0.00					
	26.548	0.189	28.15	19.08	0.22	19.65
24.79	0.00					
	26.737	0.033	28.15	3.30	0.19	15.74
24.79	0.00					
	26.770	0.189	28.49	18.67	0.18	15.09
24.79	0.00					
	26.960	0.030	28.49	2.96	0.15	11.42
24.79	0.00					
	26.990	0.189	28.84	18.27	0.15	10.85
24.79	0.00					
	27.179	0.029	28.84	2.77	0.11	7.40
24.79	0.00					
	27.208	0.017	29.18	1.59	0.10	6.91
24.79	0.00					
	27.225	0.094	29.18	8.93	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.319	0.095	29.18	8.89	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.414	0.012	29.18	1.08	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.426	0.074	29.53	6.86	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.500	0.145	29.53	13.21	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.645	0.189	29.88	16.95	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.834	0.030	29.88	2.67	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.864	0.189	30.22	16.49	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.054	0.033	30.22	2.83	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.086	0.189	30.55	16.01	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.276	0.038	30.55	3.20	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.314	0.189	30.87	15.52	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.503	0.047	30.87	3.82	0.00	0.00

0.00	35.00					
	28.551	0.189	32.21	14.99	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.740	0.029	32.21	2.27	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.769	0.189	33.66	14.48	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.959	0.024	33.66	1.78	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.982	0.189	35.17	13.94	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.172	0.018	35.17	1.28	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.189	0.189	36.60	13.40	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.379	0.021	36.60	1.48	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.400	0.005	36.60	0.35	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.405	0.189	38.40	12.91	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.594	0.044	38.40	2.94	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.638	0.189	39.79	12.51	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.827	0.078	39.79	5.03	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.905	0.189	40.99	12.01	0.00	0.00
0.00	35.00					
	30.094	0.087	40.99	5.38	0.00	0.00
0.00	35.00					
	30.181	0.049	40.99	3.00	0.00	0.00
0.00	35.00					
	30.230	0.059	40.99	3.58	0.00	0.00
0.00	35.00					
	30.289	0.189	41.59	11.24	0.00	0.00
0.00	35.00					
	30.478	0.189	41.59	10.86	0.00	0.00
0.00	55.36					
	30.668	0.189	41.59	10.50	0.00	0.00
0.00	55.36					
	30.857	0.189	41.59	10.15	0.00	0.00
0.00	55.36					
	31.046	0.014	41.59	0.72	0.00	0.00
0.00	55.36					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale



U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

T(x)	X	ht	yt	yt'	E(x)
(kN/m)	(m)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
		(m)	(m)	(--)	(kN/m)
		(kN)	(--)	(--)	(--)
16.961	0.000	10.000	-0.466	0.0000000000E+000	
0.0000000000E+000	7.2002797444E-001	0.225	2.206	2.338	
17.150	0.029	9.912	-0.466	2.3839695657E-001	
1.6467650491E-003	1.7984831713E+000	0.225	2.206	2.338	
17.340	0.059	9.823	-0.462	6.8096250469E-001	
2.0676732707E-002	3.3989621839E+000	0.257	2.687	2.543	
17.529	0.090	9.737	-0.522	1.5253513407E+000	
1.1246931634E-001	5.8020128086E+000	0.300	3.512	2.624	
17.716	0.096	9.627	-0.519	2.8532560071E+000	
3.3968272524E-001	6.3070227121E+000	0.404	5.827	3.004	
17.905	0.127	9.542	-0.436	3.8903438012E+000	
5.6326584001E-001	5.2695664441E+000	0.469	6.745	3.284	
18.094	0.163	9.462	-0.419	4.8484802170E+000	
7.9667757348E-001	4.3194289157E+000	0.518	6.441	3.413	
18.101	0.165	9.460	-0.398	4.8762846055E+000	
8.0402367058E-001	4.3119342335E+000	0.519	6.415	3.416	
18.290	0.203	9.384	-0.390	5.7915180283E+000	
1.0747101417E+000	4.5345693842E+000	0.577	5.017	3.359	
18.372	0.222	9.354	-0.384	6.1546885951E+000	
1.1918831426E+000	4.4441129783E+000	0.600	4.486	3.289	
18.562	0.260	9.280	-0.386	7.0134833915E+000	
1.5057376147E+000	4.2811326455E+000	0.659	3.337	2.924	
18.614	0.271	9.261	-0.381	7.2353394572E+000	
1.5921786403E+000	4.2273136318E+000	0.675	3.109	2.811	
18.804	0.306	9.188	-0.377	8.0473412630E+000	
1.9375639978E+000	3.7116533782E+000	0.736	2.425	2.336	
18.833	0.313	9.178	-0.379	8.1521180063E+000	
1.9843604173E+000	3.7004572955E+000	0.744	2.354	2.276	
19.022	0.345	9.105	-0.377	8.9481231773E+000	
2.3633564015E+000	3.4902699968E+000	0.806	1.936	1.846	
19.053	0.352	9.095	-0.362	9.0544183761E+000	
2.4175304201E+000	3.4463008254E+000	0.816	1.891	1.791	
19.243	0.385	9.025	-0.362	9.7921184736E+000	
2.8114065571E+000	3.4738791240E+000	0.877	1.653	1.463	
19.282	0.393	9.012	-0.370	9.9252187094E+000	
2.8861480852E+000	3.4791077384E+000	0.889	1.620	1.411	
19.471	0.421	8.941	-0.370	1.0668676056E+001	
3.3204999785E+000	3.5913843531E+000	0.951	1.495	1.168	

19.525	0.431	8.922	-0.345	1.0855517876E+001	
3.4340446387E+000	3.5054568544E+000		0.967	1.477	1.117
19.714	0.463	8.857	-0.338	1.1525073359E+001	
3.8513837711E+000	3.3164787874E+000		1.023	1.453	0.961
19.791	0.479	8.833	-0.305	1.1772324815E+001	
4.0133288427E+000	3.1728368130E+000		1.045	1.483	0.913
19.980	0.510	8.776	-0.293	1.2347487571E+001	
4.3961508325E+000	2.5129997603E+000		1.090	1.594	0.816
20.007	0.516	8.769	-0.245	1.2414166815E+001	
4.4417916315E+000	2.4443553799E+000		1.096	1.618	0.806
20.197	0.544	8.723	-0.243	1.2886412686E+001	
4.7719828443E+000	1.9828545705E+000		1.134	1.887	0.744
20.206	0.545	8.721	-0.198	1.2904525956E+001	
4.7850664298E+000	1.9629826578E+000		1.136	1.905	0.742
20.385	0.564	8.685	-0.171	1.3274421798E+001	
5.0592544030E+000	1.8198493468E+000		1.169	2.395	0.707
20.575	0.578	8.658	-0.145	1.3570467637E+001	
5.2980997100E+000	1.4980825082E+000		1.195	3.195	0.692
20.589	0.579	8.656	-0.095	1.3591980146E+001	
5.3165287036E+000	1.4609285581E+000		1.198	3.280	0.691
20.769	0.585	8.639	-0.071	1.3782514115E+001	
5.5148323216E+000	9.6592911395E-001		1.228	4.504	0.701
20.958	0.582	8.630	-0.049	1.3946700214E+001	
5.7798319605E+000	6.7750749285E-001		1.268	6.048	0.742
20.972	0.582	8.629	0.007	1.3956049793E+001	
5.8001695528E+000	7.2921935524E-001		1.272	6.137	0.746
21.162	0.577	8.631	0.014	1.4261528535E+001	
6.2250290300E+000	2.1656841645E+000		1.331	6.471	0.828
21.201	0.578	8.633	0.070	1.4351455370E+001	
6.3339220530E+000	2.7342755730E+000		1.346	6.328	0.849
21.390	0.576	8.647	0.092	1.5281407034E+001	
7.1297384104E+000	6.9026208380E+000		1.409	5.057	0.964
21.497	0.580	8.660	0.209	1.6139430902E+001	
7.7177867856E+000	9.9267919156E+000		1.433	4.311	1.024
21.687	0.606	8.709	0.425	1.8655838352E+001	
9.5030586708E+000	2.0787313845E+001		1.494	3.206	1.084
21.735	0.652	8.761	0.743	1.9748500996E+001	
1.0627818627E+001	2.3063368644E+001		1.570	2.931	1.084
21.924	0.743	8.885	0.596	2.4390033841E+001	
1.6092019771E+001	2.3463931759E+001		1.894	2.269	1.061
21.948	0.741	8.888	0.141	2.4957944732E+001	
1.6863491381E+001	2.3084850999E+001		1.937	2.212	1.056
22.138	0.723	8.916	0.145	2.8969612459E+001	
2.3058291663E+001	1.7676853001E+001		2.267	1.902	1.022
22.143	0.723	8.916	0.184	2.9053585692E+001	
2.3218438772E+001	1.7552801910E+001		2.276	1.896	1.021
22.332	0.699	8.951	0.185	3.2110540891E+001	
2.9917617683E+001	1.8685907866E+001		2.651	1.699	0.990
22.352	0.697	8.955	0.217	3.2486529991E+001	
3.0765721760E+001	1.8603889037E+001		2.695	1.679	0.987
22.500	0.675	8.988	6.964	3.4860157013E+001	
3.6882055241E+001	1.5963052365E+001		0.516	1.564	0.967
22.540	1.939	10.266	30.210	3.5498263365E+001	
3.8518637218E+001	1.6436951441E+001		0.211	1.536	0.962

22.543	1.944	10.272	2.214	3.5539754298E+001	
3.8625469976E+001	1.6403621341E+001		0.167	1.534	0.962
22.580	2.010	10.355	2.075	3.6118977773E+001	
4.0192288833E+001	1.4716953041E+001		0.155	1.508	0.958
22.630	2.087	10.454	1.824	3.6805661645E+001	
4.2173764955E+001	1.3207679739E+001		0.157	1.476	0.954
22.746	2.241	10.658	1.755	3.8196797930E+001	
4.6451151618E+001	1.2571874699E+001		0.160	1.412	0.945
22.750	2.246	10.664	1.580	3.8246460978E+001	
4.6594815746E+001	1.2605451331E+001		0.160	1.410	0.945
22.900	2.409	10.901	1.529	4.0215390371E+001	
5.2006464238E+001	1.3849409722E+001		0.179	1.345	0.937
22.961	2.465	10.987	1.300	4.1073741772E+001	
5.4047580308E+001	1.4637720025E+001		0.186	1.322	0.934
23.100	2.565	11.161	1.188	4.3271330251E+001	
5.8270575364E+001	1.7932572025E+001		0.200	1.279	0.931
23.200	2.622	11.271	1.100	4.5219441808E+001	
6.0960340981E+001	1.6570614590E+001		0.349	1.254	0.930
23.209	2.627	11.281	0.726	4.5362744942E+001	
6.1192333685E+001	1.5937639464E+001		0.350	1.252	0.930
23.398	2.661	11.415	0.705	4.6840328181E+001	
6.3677347489E+001	3.9740336840E+000		0.364	1.222	0.931
23.400	2.660	11.416	0.405	4.6847808442E+001	
6.3691964027E+001	3.8260187990E+000		0.364	1.221	0.931
23.446	2.654	11.434	0.348	4.6901089500E+001	
6.3867731340E+001	-3.7006605539E-001		0.365	1.217	0.932
23.636	2.617	11.498	0.320	4.5662563645E+001	
6.2263761635E+001	-1.0456826593E+001		0.356	1.213	0.937
23.675	2.606	11.508	0.266	4.5217072454E+001	
6.1678502247E+001	-1.2100233416E+001		0.352	1.213	0.938
23.865	2.556	11.559	0.267	4.2176845011E+001	
5.7808028708E+001	-2.0712366987E+001		0.331	1.216	0.943
23.901	2.546	11.568	0.275	4.1398158268E+001	
5.6885860799E+001	-2.2479111956E+001		0.325	1.216	0.944
24.090	2.499	11.621	0.275	3.6267116306E+001	
5.0896347570E+001	-2.4954195123E+001		0.292	1.221	0.950
24.120	2.490	11.628	0.270	3.5517894163E+001	
4.9921501965E+001	-2.5470549161E+001		0.286	1.221	0.951
24.200	2.470	11.650	0.276	3.3312831295E+001	
4.6981621205E+001	-2.7303064337E+001		0.269	1.223	0.953
24.342	2.433	11.689	0.274	2.9553428084E+001	
4.1792481995E+001	-2.5708748395E+001		0.240	1.225	0.955
24.400	2.418	11.705	0.281	2.8071496047E+001	
3.9590632623E+001	-2.5491097398E+001		0.227	1.224	0.954
24.562	2.378	11.751	0.294	2.3885112872E+001	
3.3353707480E+001	-2.6264988726E+001		0.192	1.220	0.949
24.751	2.334	11.808	0.302	1.8822625892E+001	
2.5800381843E+001	-2.5924728928E+001		0.148	1.197	0.922
24.783	2.327	11.818	0.297	1.8014306199E+001	
2.4613764112E+001	-2.5749230553E+001		0.142	1.192	0.915
24.972	2.283	11.874	0.298	1.3185725679E+001	
1.7671211148E+001	-2.5314240120E+001		0.102	1.143	0.856
25.001	2.276	11.883	0.280	1.2437632824E+001	
1.6621744755E+001	-2.4980604946E+001		0.096	1.132	0.843

25.191	2.227	11.935	0.279	8.0763641093E+000	
1.0703112547E+001	-2.3937065046E+001		0.062	1.053	0.748
25.222	2.220	11.944	0.269	7.3249556043E+000	
9.7034507830E+000	-2.3725019689E+001		0.056	1.038	0.730
25.411	2.169	11.995	0.268	3.2474319185E+000	
4.4654176086E+000	-2.2562802811E+001		0.042	0.943	0.616
25.442	2.161	12.003	0.284	2.5455786517E+000	
3.5757136006E+000	-2.2710842605E+001		0.042	0.927	0.597
25.600	2.122	12.048	0.285	-1.0235280085E+000	
-8.5838049863E-001	-2.2723270726E+001		0.042	0.845	0.498
25.663	2.107	12.066	0.289	-2.4596144208E+000	
-2.6278264307E+000	-2.2735967955E+001		0.042	0.814	0.462
25.852	2.061	12.121	0.290	-6.7461452508E+000	
-7.7798026620E+000	-2.2338725092E+001		0.045	0.735	0.367
25.883	2.053	12.130	0.290	-7.4237178284E+000	
-8.5672526934E+000	-2.2295529371E+001		0.049	0.725	0.355
26.072	2.007	12.185	0.289	-1.1651141636E+001	
-1.3260869413E+001	-2.1814169479E+001		0.076	0.678	0.299
26.104	1.999	12.194	0.291	-1.2348393932E+001	
-1.3979234611E+001	-2.1792444542E+001		0.080	0.673	0.293
26.294	1.953	12.249	0.291	-1.6547442313E+001	
-1.7845574955E+001	-2.1738784973E+001		0.102	0.662	0.280
26.325	1.945	12.258	0.323	-1.7237925870E+001	
-1.8379370721E+001	-2.1782151117E+001		0.106	0.663	0.281
26.515	1.906	12.321	0.329	-2.1493950408E+001	
-2.0601366293E+001	-1.7789832988E+001		0.118	0.704	0.332
26.548	1.899	12.332	0.341	-2.2057247542E+001	
-2.0804864334E+001	-1.5096570689E+001		0.119	0.714	0.345
26.737	1.863	12.397	0.338	-2.2895868049E+001	
-2.0635475636E+001	1.0536618139E+000		0.118	0.803	0.452
26.770	1.855	12.407	0.289	-2.2829305668E+001	
-2.0467614233E+001	2.9168863853E+000		0.117	0.819	0.471
26.960	1.807	12.461	0.286	-2.1296726948E+001	
-1.8766690893E+001	1.4579587326E+001		0.107	0.922	0.595
26.990	1.799	12.469	0.265	-2.0822868015E+001	
-1.8366319793E+001	1.6334863943E+001		0.105	0.939	0.616
27.179	1.745	12.519	0.262	-1.6884431327E+001	
-1.5379675437E+001	2.5893596157E+001		0.087	1.053	0.752
27.208	1.736	12.527	0.253	-1.6110258634E+001	
-1.4871670202E+001	3.0612821947E+001		0.085	1.071	0.772
27.225	1.731	12.531	0.252	-1.5562124298E+001	
-1.4551056664E+001	3.3313974056E+001		0.083	1.080	1.586
27.319	1.702	12.555	0.255	-1.2184199527E+001	
-1.2699924685E+001	3.7004709124E+001		0.073	1.134	1.635
27.414	1.673	12.579	0.258	-8.5551410512E+000	
-1.0791080402E+001	3.6453719438E+001		0.062	1.189	1.687
27.426	1.670	12.582	0.268	-8.1348051935E+000	
-1.0558724454E+001	3.5559178316E+001		0.061	1.195	1.693
27.500	1.648	12.602	0.284	-5.8206385922E+000	
-9.0986990957E+000	2.9978900064E+001		0.053	1.230	1.730
27.645	1.608	12.644	0.314	-1.8356331021E+000	
-6.1353980039E+000	2.4790621054E+001		0.042	1.305	1.810
27.834	1.562	12.707	0.331	2.1738001099E+000	
-2.5836354947E+000	1.7515088423E+001		0.042	1.388	1.907

27.864	1.555	12.717	0.376	2.6855256219E+000	
-2.0826274340E+000	1.5906920670E+001		0.042	1.399	1.921
28.054	1.517	12.789	0.385	4.4835990772E+000	
3.7554474473E-001	5.6098629139E+000		0.042	1.440	1.979
28.086	1.511	12.802	0.386	4.6460493778E+000	
7.1846951260E-001	2.7670672300E+000		0.042	1.444	1.986
28.276	1.472	12.875	0.383	2.8115978595E+000	
1.2018982030E+000	-1.2294193462E+001		0.042	1.418	1.973
28.314	1.463	12.890	0.352	2.3191852436E+000	
1.1637099867E+000	-1.2472362305E+001		0.042	1.409	1.965
28.503	1.416	12.955	0.360	2.8472053782E-001	
2.5929702628E-001	-1.0429525721E+001		0.042	1.343	1.897
28.551	1.407	12.975	0.415	-2.0527449694E-001	
-5.9438772452E-002	-1.0161665114E+001		0.042	1.323	1.877
28.740	1.367	13.054	0.413	-1.9862405612E+000	
-1.4011275415E+000	-7.7271262255E+000		0.042	1.249	1.799
28.769	1.360	13.065	0.406	-2.2035759693E+000	
-1.5920873468E+000	-7.4485510083E+000		0.042	1.240	1.789
28.959	1.311	13.142	0.405	-3.5886880707E+000	
-2.7990376455E+000	-6.3478243969E+000		0.042	1.186	1.737
28.982	1.304	13.151	0.402	-3.7364936018E+000	
-2.9197872742E+000	-6.2336502016E+000		0.042	1.181	1.733
29.172	1.248	13.228	0.402	-4.9276110878E+000	
-3.8274390728E+000	-5.6159010306E+000		0.042	1.151	1.710
29.189	1.242	13.235	0.413	-5.0263420602E+000	
-3.8975652563E+000	-5.5876538336E+000		0.042	1.149	1.709
29.379	1.180	13.314	0.423	-6.1551770249E+000	
-4.5450434854E+000	-6.4225199113E+000		0.042	1.138	1.712
29.400	1.174	13.324	0.466	-6.2931715129E+000	
-4.6087595331E+000	-6.2839250652E+000		0.042	1.138	1.714
29.405	1.173	13.326	0.494	-6.3249171191E+000	
-4.6226639970E+000	-6.2474613021E+000		0.042	1.138	1.714
29.594	1.116	13.420	0.504	-7.5709398760E+000	
-5.0517823217E+000	-7.0794758509E+000		0.042	1.146	1.743
29.638	1.106	13.443	0.516	-7.8854381733E+000	
-5.1278226802E+000	-7.0586842097E+000		0.042	1.152	1.752
29.827	1.044	13.540	0.507	-9.1104780796E+000	
-5.2847944136E+000	-6.0267390861E+000		0.042	1.193	1.794
29.905	1.019	13.579	0.517	-9.5639743313E+000	
-5.2631404670E+000	-5.6164205750E+000		0.042	1.218	1.813
30.094	0.953	13.678	0.511	-1.0521801888E+001	
-5.0216428916E+000	-3.9215201520E+000		0.042	1.301	1.866
30.181	0.920	13.720	0.559	-1.0816759833E+001	
-4.8285761665E+000	-5.6135765143E+000		0.042	1.345	1.891
30.230	0.911	13.754	0.545	-1.1152351007E+001	
-4.7299324485E+000	-5.2671315452E+000		0.042	1.375	1.909
30.289	0.885	13.779	0.475	-1.1349677906E+001	
-4.5691909032E+000	-3.0260592274E+000		0.042	1.412	1.925
30.478	0.810	13.872	0.590	-1.1730256727E+001	
-3.6062415367E+000	2.9742619113E+000		0.042	1.640	3.141
30.668	0.772	14.002	0.651	-1.0223528453E+001	
-1.3810259606E+000	1.5020696717E+001		0.042	2.122	3.314
30.857	0.720	14.118	0.669	-6.0429467642E+000	
-2.4920600959E-001	2.5859345433E+001		0.042	2.202	3.446

31.046	0.689	14.255	0.669	-4.3236392220E-001
-7.2953954943E-003	3.1416196669E+001		0.042	2.242
				3.516

-----  
 -----  
 ---

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

-----  
 -----

#### TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS				
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
(kPa)	(kN/m)				
16.961	0.189	0.223	-31.852	-0.496	-0.111
0.110	0.025				
17.150	0.189	0.223	-31.852	-1.488	-0.332
0.397	0.089				
17.340	0.189	0.223	-31.852	-2.481	-0.553
0.944	0.210				
17.529	0.186	0.219	-31.852	-3.465	-0.761
1.805	0.396				
17.716	0.189	0.222	-31.554	-4.421	-0.982
1.874	0.416				
17.905	0.189	0.222	-31.554	-5.397	-1.199
2.144	0.476				
18.094	0.006	0.008	-31.554	-5.901	-0.045
1.956	0.015				
18.101	0.189	0.221	-30.996	-6.331	-1.398
2.633	0.581				
18.290	0.082	0.096	-30.996	-7.009	-0.674
2.680	0.258				
18.372	0.189	0.219	-30.393	-7.589	-1.666
3.286	0.721				
18.562	0.053	0.061	-30.393	-8.171	-0.499
3.268	0.200				
18.614	0.189	0.218	-29.631	-8.607	-1.875
3.858	0.840				

	18.804	0.029	0.033	-29.631	-9.109	-0.303
3.622	0.120					
	18.833	0.189	0.216	-29.005	-9.473	-2.051
4.391	0.950					
	19.022	0.032	0.036	-29.005	-9.962	-0.359
4.075	0.147					
	19.053	0.189	0.215	-28.400	-10.300	-2.217
4.824	1.038					
	19.243	0.039	0.045	-28.400	-10.787	-0.482
4.631	0.207					
	19.282	0.189	0.214	-27.820	-11.112	-2.379
5.399	1.156					
	19.471	0.053	0.060	-27.820	-11.610	-0.701
5.221	0.315					
	19.525	0.189	0.213	-27.308	-11.949	-2.546
5.693	1.213					
	19.714	0.077	0.086	-27.308	-12.476	-1.076
5.661	0.488					
	19.791	0.189	0.209	-24.898	-12.145	-2.535
6.314	1.318					
	19.980	0.027	0.030	-24.898	-12.507	-0.377
6.009	0.181					
	20.007	0.189	0.203	-21.426	-11.415	-2.322
6.966	1.417					
	20.197	0.009	0.010	-21.426	-11.665	-0.116
6.696	0.067					
	20.206	0.179	0.187	-16.901	-9.694	-1.817
7.701	1.444					
	20.385	0.189	0.194	-12.207	-7.388	-1.431
8.222	1.593					
	20.575	0.014	0.015	-12.207	-7.474	-0.110
8.254	0.122					
	20.589	0.180	0.181	-7.186	-4.518	-0.819
8.615	1.561					
	20.769	0.189	0.189	-2.082	-1.331	-0.252
8.927	1.691					
	20.958	0.014	0.014	-2.082	-1.334	-0.019
8.937	0.126					
	20.972	0.189	0.189	2.018	1.291	0.245
9.116	1.727					
	21.162	0.039	0.039	2.018	1.289	0.051
9.348	0.369					
	21.201	0.189	0.190	4.780	3.028	0.575
9.535	1.811					
	21.390	0.107	0.107	4.780	3.008	0.323
10.079	1.081					
	21.497	0.189	0.191	7.002	4.346	0.829
10.877	2.075					
	21.687	0.048	0.049	7.002	4.313	0.209
15.078	0.731					
	21.735	0.189	0.192	10.047	6.060	1.165
13.995	2.691					
	21.924	0.024	0.025	10.047	5.999	0.148
12.999	0.321					

	21.948	0.189	0.195	13.585	7.865	1.532
9.708	1.891					
	22.138	0.005	0.005	13.585	7.764	0.038
7.818	0.038					
	22.143	0.189	0.198	17.105	9.402	1.862
4.455	0.882					
	22.332	0.020	0.021	17.105	9.232	0.192
2.920	0.061					
	22.352	0.148	0.158	20.294	10.497	1.660
0.000	0.000					
	22.500	0.040	0.043	20.294	46.355	1.977
41.568	1.773					
	22.540	0.003	0.003	20.294	46.307	0.124
41.088	0.110					
	22.543	0.037	0.041	23.416	51.851	2.118
35.733	1.460					
	22.580	0.050	0.054	23.416	51.721	2.818
35.448	1.931					
	22.630	0.116	0.126	23.416	51.475	6.510
35.065	4.435					
	22.746	0.004	0.004	26.004	55.428	0.243
30.178	0.132					
	22.750	0.150	0.167	26.004	55.149	9.204
29.939	4.997					
	22.900	0.061	0.068	26.004	54.768	3.699
29.424	1.987					
	22.961	0.139	0.158	28.006	57.216	9.028
26.367	4.160					
	23.100	0.100	0.113	28.006	-281.242	-31.854
109.445	12.396					
	23.200	0.009	0.010	28.006	55.058	0.548
25.140	0.250					
	23.209	0.189	0.214	28.007	54.681	11.725
26.961	5.781					
	23.398	0.002	0.002	28.007	54.316	0.117
28.200	0.061					
	23.400	0.046	0.053	28.007	54.224	2.856
28.758	1.515					
	23.446	0.189	0.214	28.008	53.775	11.531
30.487	6.537					
	23.636	0.040	0.045	28.008	53.338	2.387
31.549	1.412					
	23.675	0.189	0.214	28.009	52.903	11.344
32.138	6.891					
	23.865	0.036	0.041	28.009	52.472	2.143
32.901	1.344					
	23.901	0.189	0.214	28.010	52.044	11.160
33.562	7.197					
	24.090	0.030	0.034	28.010	51.624	1.780
33.597	1.159					
	24.120	0.080	0.090	28.011	51.415	4.632
34.266	3.087					
	24.200	0.142	0.160	28.011	50.993	8.176
34.016	5.454					



	24.342	0.058	0.066	28.012	50.613	3.350
34.143	2.260					
	24.400	0.162	0.183	28.012	50.192	9.204
34.045	6.243					
	24.562	0.189	0.214	28.014	49.523	10.620
34.059	7.304					
	24.751	0.031	0.036	28.014	49.101	1.743
33.842	1.201					
	24.783	0.189	0.214	28.015	48.681	10.439
33.363	7.154					
	24.972	0.030	0.034	28.015	48.263	1.617
33.283	1.115					
	25.001	0.189	0.214	28.032	47.864	10.266
32.311	6.930					
	25.191	0.031	0.035	28.032	47.443	1.677
32.512	1.149					
	25.222	0.189	0.215	28.050	47.040	10.091
31.510	6.759					
	25.411	0.031	0.035	28.050	46.619	1.631
31.750	1.111					
	25.442	0.158	0.179	28.067	46.276	8.277
31.390	5.615					
	25.600	0.063	0.071	28.067	45.849	3.277
31.390	2.244					
	25.663	0.189	0.215	28.085	45.368	9.735
30.972	6.646					
	25.852	0.030	0.034	28.085	44.933	1.548
30.866	1.063					
	25.883	0.189	0.215	28.102	44.516	9.554
30.387	6.522					
	26.072	0.032	0.036	28.102	44.077	1.604
30.185	1.098					
	26.104	0.189	0.215	28.120	43.655	9.371
29.586	6.351					
	26.294	0.032	0.036	28.120	43.216	1.562
29.335	1.060					
	26.325	0.189	0.215	28.137	42.794	9.187
28.266	6.068					
	26.515	0.033	0.038	28.137	42.352	1.594
28.245	1.063					
	26.548	0.189	0.215	28.155	41.927	9.003
26.961	5.789					
	26.737	0.033	0.038	28.155	41.484	1.557
27.698	1.039					
	26.770	0.189	0.215	28.494	41.357	8.909
26.684	5.748					
	26.960	0.030	0.035	28.494	40.910	1.412
27.281	0.942					
	26.990	0.189	0.216	28.838	40.770	8.811
26.394	5.704					
	27.179	0.029	0.033	28.838	40.315	1.336
27.298	0.904					
	27.208	0.017	0.019	29.184	-237.049	-4.527
204.440	3.904					

	27.225	0.094	0.108	29.184	-57.810	-6.249
24.496	2.648					
	27.319	0.095	0.109	29.184	-155.128	-16.871
24.234	2.636					
	27.414	0.012	0.013	29.184	-758.372	-10.076
24.273	0.322					
	27.426	0.074	0.085	29.528	-22.025	-1.876
24.374	2.076					
	27.500	0.145	0.166	29.528	39.178	6.513
23.949	3.981					
	27.645	0.189	0.218	29.878	38.671	8.443
24.807	5.416					
	27.834	0.030	0.035	29.878	38.148	1.330
25.994	0.906					
	27.864	0.189	0.219	30.220	37.877	8.298
27.897	6.112					
	28.054	0.033	0.038	30.220	37.336	1.423
29.303	1.117					
	28.086	0.189	0.220	30.553	37.027	8.140
33.594	7.385					
	28.276	0.038	0.045	30.553	36.461	1.626
35.548	1.585					
	28.314	0.189	0.221	30.865	36.103	7.963
37.646	8.303					
	28.503	0.047	0.055	30.865	35.503	1.958
38.729	2.136					
	28.551	0.189	0.224	32.208	35.717	7.992
39.020	8.731					
	28.740	0.029	0.034	32.208	35.118	1.208
38.723	1.332					
	28.769	0.189	0.227	33.664	35.284	8.026
38.700	8.803					
	28.959	0.024	0.029	33.664	34.651	0.988
37.952	1.082					
	28.982	0.189	0.232	35.165	34.681	8.031
37.839	8.763					
	29.172	0.018	0.022	35.165	34.015	0.740
37.336	0.812					
	29.189	0.189	0.236	36.597	33.868	7.986
37.059	8.739					
	29.379	0.021	0.027	36.597	33.142	0.880
36.800	0.977					
	29.400	0.005	0.006	36.597	33.059	0.210
36.645	0.232					
	29.405	0.189	0.242	38.399	33.202	8.021
36.388	8.790					
	29.594	0.044	0.056	38.399	32.700	1.824
36.065	2.012					
	29.638	0.189	0.246	39.788	32.487	8.004
35.513	8.749					
	29.827	0.078	0.101	39.788	31.852	3.216
34.827	3.517					
	29.905	0.189	0.251	40.989	31.397	7.874
34.206	8.579					

33.614	30.094	0.087	0.115	40.989	30.686	3.527
	3.863					
33.744	30.181	0.049	0.065	40.989	30.336	1.966
	2.186					
33.304	30.230	0.059	0.078	40.989	30.058	2.351
	2.604					
31.824	30.289	0.189	0.253	41.590	29.482	7.463
	8.055					
48.020	30.478	0.189	0.253	41.590	28.485	7.210
	12.155					
51.627	30.668	0.189	0.253	41.590	27.545	6.972
	13.068					
54.562	30.857	0.189	0.253	41.590	26.606	6.735
	13.811					
55.028	31.046	0.014	0.018	41.590	26.102	0.478
	1.008					

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m)	: Ascissa sinistra concio
dx(m)	: Larghezza concio
dl(m)	: lunghezza base concio
alpha(°)	: Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa)	: Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m)	: Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa)	: Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m)	: Forza resistente al taglio su base concio

#### FORZE APPLICATE/RESISTENTI SU PALIFICATE\*,\*\*

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975,79,81,82) - HASSIOTIS (1997)

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,

ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio

(incastro).

#### PALIFICATA

N.1	Coordinata X Testa (m):
23.10	Coordinata Y Testa (m):
15.50	Lunghezza pali L (m)* :
12.15	Diametro pali D(m):
0.60	Interasse tra pali D1(m):

1.00

Lunghezza apertura tra pali D2(m):

0.40

Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018):

1.00

Massima % mobilitazione di resistenza teorica plasticizzazione Suolo-Palo:  
100.00

PROFONDITA' SUPERFICIE DI SCORRIMENTO H (m) : 6.90

PENDENZA LOCALE INTERSEZIONE SUP. SCORRIMENTO-PALO alpha (gradi) : 28.01

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: ATTIVATA

CRITERIO DI SPINTA ASSUNTO: Minima tra mobilitazione massima assunta e spinta  
E(x) reale

MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO: ITO E MATSUI(1981)

--- PARAMETRI MASSIMI TEORICI IN CONDIZIONI DI PLASTICIZZAZIONE INTERFACCIA  
SUOLO PALO SECONDO TEORIA PLASTICIZZAZIONE ITO E MATSUI(1981) / KUMAR E  
HALL(2006)

FORZA UNITARIA SU PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO

qz0 (kN/m) : 97.94

FORZA UNITARIA su PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP. SCORRIMENTO

qzmax (kN/m) : 201.10

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (massima teorica per fronte larghezza 1 m) SU  
PALIFICATA Fp (kN/m) : 1032.37

--- PARAMETRI FORZE E SFORZI MOBILITATI CALCOLATI E APPLICATI NELLA VERIFICA ---

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (Mobilizzata per fronte larghezza 1 m) SU

PALIFICATA Fpm (kN/m) : 43.27

COEFFICIENTE DI MOBILIZZAZIONE TOTALE CALCOLATO E APPLICATO alphaM (-) :  
0.0419

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO

qz0m (kN/m) : 4.11

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP SCORRIMENTO

qzmaxm (kN/m) : 8.43

SFORZO DI TAGLIO (Mobilizzato Stimato) SU PALO LOCALIZZATO SU SUP. SCORRIMENTO

TAUpm (kPa) : 57.216

RISULTATI INTERAZIONI CON SISTEMA DI CHIODI e/o TIRANTI

TABELLA INTERAZIONI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS - Versione 1.0  
della tabella -

NTir	X		Tipo	T	Th_mob	Tv_mob	sumA
alpha	beta	F	omega	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)	(kN)
(-)	(m)	(-)	(-)				
(°)	(°)						
1	27.32		2	100.00	82.10	-38.28	155.63
29.18	-25.00	0.91	1.00				

LEGENDA SIMBOLI

NTir(-)	: Numero Tirante
X(m)	: Ascissa intersezione
Tipo(-)	: Tipo tirante 1=PASSIVO , 2=ATTIVO
T (kN/m)	: Tensione di Progetto
Th_mob (kN/m)	: Reazione Mobilitata - componente Orizzontale
Tv_mob (kN/m)	: Reazione Mobilitata - componente Verticale
sumA(kN)	: Sommatoria forze agenti a monte della intersezione
alpha(°)	: Angolo pendenza locale superficie scivolamento
beta(°)	: Angolo Tirante
sumA(kN)	: Sommatoria forze agenti a monte della intersezione
F (-)	: Coeffiente distribuzione trazione lungo fondazione
Omega(-)	: Coeffiente mobilitazione tensione nominale di progetto

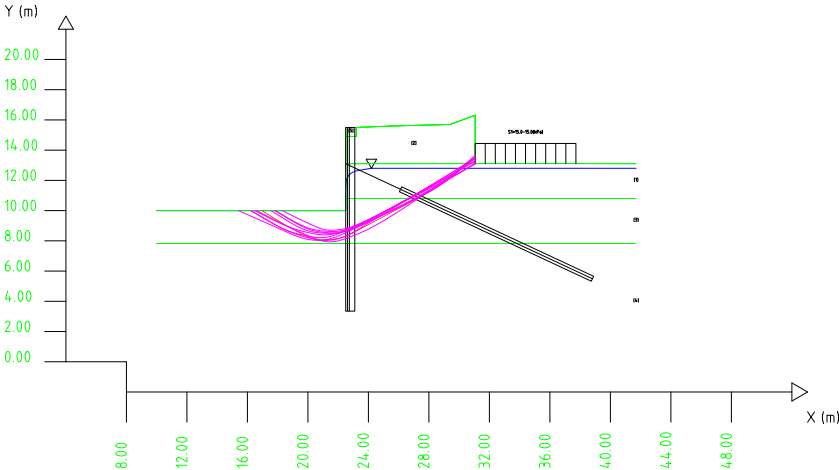
-----  
-----

SSAP 4.9.9 (2019) - Slope Stability Analysis Program  
Software by Dr. Geol. L. Borselli - [www.lorenzo-borselli.eu](http://www.lorenzo-borselli.eu)  
SSAP/DXF generator rel. 1.5.4 (2019)

Data : 20/4/2020  
Localita' :  
Descrizione :  
[n] = N. strato o lente

Sn --> Sovraccarico  
Presenza Tiranti/Ancoraggi (Per i dati vedi il report)

Presenza Palificate (Per i dati vedi il report)  
Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



# Parametri Geotecnici degli strati #										
N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D	
1	0	0	35.00	20.10	20.10	0	0	0	0	0
2	0	0	55.36	19.22	19.22	0	0	0	0	0
3	24.79	0	0	18.82	18.82	0	0	0	0	0
4	0	0	56.43	19.10	19.10	0	0	0	0	0
5	0	0	300.00	25.00	25.00	0	0	0	0	0

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.2575  
Range Fs : 1.2575 - 1.2973  
Differenza % Range Fs : 3.07  
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000  
Lunghezza media segmenti (m): 1.3  
Range X inizio generazione : 10.6 - 39.2  
Range X termine generazione : 13.8 - 41.1  
Livello Y minimo considerato : 0.1

TRATTO 3 - ZONA CORRIDOIO - SEZIONE S.2 SPONDA SINISTRA ANALISI STATICA NON DRENATA CON PARATIA DI PALI

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.2 sponda destra - zona corridoio - Analisi statica  
non drenata REV3.txt

Data: 19/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzioni del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.2 sponda dx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6.26	10.00	20.78	11.90	6.26	9.90	6.26	7.30
18.76	10.00	21.25	12.70	31.00	9.90	31.00	7.30
19.36	11.20	27.95	12.70	-	-	-	-
20.36	11.20	27.95	11.90	-	-	-	-
20.78	11.90	20.78	11.90	-	-	-	-
21.25	12.70	-	-	-	-	-	-
27.95	12.70	-	-	-	-	-	-
27.95	11.90	-	-	-	-	-	-
27.95	11.70	-	-	-	-	-	-
30.60	11.70	-	-	-	-	-	-
31.00	11.70	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----

X Y (in m)

6.26	10.00
18.76	10.00
19.20	10.40
19.60	10.70
19.80	10.80
20.00	10.90
20.60	11.10

21.00	11.20
21.50	11.30
22.10	11.42
23.60	11.56
25.00	11.60
31.00	11.60

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 1

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	0.00		0.00	35.00	20.10	20.10
1.858	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	0.00		0.00	55.36	19.22	19.22
4.264	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	24.79		0.00	0.00	18.82	18.82
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	0.00		0.00	56.43	19.10	19.10
4.435	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m<sup>3</sup>)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m<sup>3</sup>)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
(adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -



DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato,  
secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00  
Carico in X2 (Kpa): 30.00  
Posizione carico da X1 m.: 27.95  
a X2 m.: 30.00  
Inclinazione carico (gradi): 90.00  
Componenti distribuzione forza unitaria applicata:  
#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a  
0.00  
#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a  
30.00  
##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare  
in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI  
METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.0 (+/-) 50%  
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 6.75  
29.02  
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 2.44  
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 9.23  
30.51  
\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste  
uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di  
verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

Fattore di sicurezza (FS)    1.2854   - Min.   -    X    Y    Lambda=  
0.2752

13.85	10.00
14.98	9.30
15.55	8.95
15.94	8.72
16.29	8.53
16.61	8.36
16.93	8.20
17.26	8.05
17.61	7.89
18.01	7.72
18.34	7.59
18.63	7.50
18.90	7.45
19.20	7.41
19.46	7.39
19.75	7.40
20.08	7.44
20.48	7.50
20.84	7.57
21.17	7.63
21.48	7.70
21.80	7.78
22.11	7.87
22.43	7.96
22.75	8.06
23.10	8.18
23.43	8.30
23.76	8.41
24.08	8.53
24.40	8.65
24.73	8.78
25.06	8.90
25.40	9.04
25.76	9.19
26.08	9.34
26.39	9.49
26.68	9.65
27.00	9.84
27.33	10.06
27.72	10.35
28.28	10.78
29.44	11.70

Fattore di sicurezza (FS)    1.3038   - N.2   --    X    Y    Lambda=  
0.2930

14.20	10.00
14.91	9.57
15.28	9.35
15.55	9.20
15.78	9.06

15.99	8.93
16.20	8.81
16.42	8.68
16.63	8.56
16.85	8.43
17.06	8.31
17.27	8.20
17.47	8.09
17.68	7.98
17.89	7.88
18.10	7.78
18.33	7.67
18.59	7.56
18.79	7.48
18.99	7.41
19.16	7.37
19.36	7.33
19.53	7.32
19.72	7.31
19.93	7.33
20.19	7.35
20.42	7.38
20.64	7.40
20.84	7.43
21.05	7.47
21.25	7.51
21.46	7.55
21.67	7.59
21.89	7.65
22.11	7.70
22.32	7.75
22.53	7.81
22.74	7.86
22.95	7.92
23.16	7.98
23.38	8.05
23.61	8.12
23.82	8.18
24.02	8.26
24.21	8.34
24.42	8.43
24.61	8.52
24.82	8.63
25.03	8.74
25.25	8.88
25.47	9.01
25.69	9.13
25.90	9.26
26.11	9.39
26.32	9.52
26.53	9.65
26.74	9.79
26.96	9.93
27.17	10.07

27.38	10.21
27.58	10.35
27.79	10.50
28.02	10.67
28.28	10.86
28.65	11.14
29.38	11.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.3057	- N.3 --	X	Y	Lambda=
0.2834					

13.42	10.00
14.38	9.43
14.88	9.13
15.23	8.93
15.55	8.74
15.83	8.58
16.12	8.41
16.41	8.25
16.72	8.07
17.06	7.89
17.34	7.75
17.59	7.64
17.82	7.56
18.09	7.49
18.32	7.44
18.58	7.42
18.86	7.41
19.21	7.42
19.52	7.44
19.81	7.46
20.08	7.48
20.36	7.52
20.63	7.55
20.91	7.60
21.20	7.65
21.51	7.72
21.80	7.79
22.08	7.86
22.35	7.94
22.62	8.02
22.89	8.12
23.16	8.22
23.44	8.33
23.75	8.46
24.04	8.58
24.33	8.70
24.61	8.83
24.89	8.95
25.18	9.08
25.47	9.20
25.76	9.34
26.07	9.48
26.35	9.61

26.62	9.75
26.88	9.90
27.16	10.08
27.45	10.28
27.79	10.52
28.28	10.90
29.29	11.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.3105	- N.4 --	X	Y	Lambda=
0.2707					

14.35	10.00
15.17	9.56
15.59	9.34
15.88	9.19
16.14	9.06
16.38	8.94
16.61	8.84
16.84	8.73
17.08	8.62
17.32	8.52
17.57	8.42
17.81	8.32
18.04	8.22
18.28	8.12
18.53	8.02
18.78	7.92
19.04	7.81
19.33	7.69
19.56	7.61
19.77	7.55
19.96	7.52
20.18	7.50
20.36	7.51
20.57	7.53
20.80	7.57
21.09	7.64
21.36	7.70
21.61	7.77
21.85	7.83
22.09	7.88
22.33	7.94
22.57	8.00
22.81	8.06
23.06	8.12
23.29	8.18
23.53	8.24
23.76	8.30
24.00	8.37
24.23	8.44
24.47	8.51
24.71	8.59
24.97	8.68
25.21	8.76

25.44	8.85
25.67	8.94
25.90	9.04
26.13	9.15
26.36	9.26
26.61	9.39
26.88	9.53
27.12	9.67
27.35	9.81
27.57	9.96
27.80	10.12
28.05	10.32
28.33	10.56
28.75	10.93
29.59	11.70

Fattore di sicurezza (FS)      1.3106   - N.5 --      X      Y      Lambda=  
0.2703

13.91	10.00
15.31	9.11
15.99	8.70
16.45	8.43
16.85	8.23
17.23	8.06
17.59	7.91
17.98	7.78
18.40	7.65
18.90	7.51
19.30	7.42
19.66	7.36
19.99	7.33
20.35	7.33
20.68	7.35
21.04	7.40
21.42	7.49
21.90	7.61
22.33	7.72
22.73	7.84
23.11	7.96
23.50	8.09
23.88	8.22
24.27	8.37
24.68	8.53
25.12	8.71
25.51	8.89
25.89	9.07
26.25	9.26
26.63	9.49
27.03	9.76
27.49	10.09
28.17	10.61
29.57	11.70

Fattore di sicurezza (FS)      1.3147   - N.6   --      X      Y      Lambda=  
0.2735

12.84	10.00
13.62	9.54
14.02	9.31
14.30	9.15
14.55	9.01
14.78	8.89
15.00	8.77
15.22	8.65
15.45	8.54
15.69	8.43
15.92	8.32
16.14	8.21
16.37	8.10
16.59	8.00
16.83	7.90
17.06	7.79
17.32	7.68
17.59	7.56
17.81	7.48
18.02	7.42
18.20	7.38
18.41	7.35
18.58	7.35
18.79	7.36
19.00	7.39
19.28	7.44
19.53	7.49
19.77	7.54
20.01	7.59
20.23	7.63
20.46	7.68
20.69	7.72
20.92	7.77
21.16	7.82
21.38	7.87
21.60	7.92
21.83	7.98
22.05	8.03
22.27	8.09
22.49	8.16
22.72	8.23
22.96	8.30
23.19	8.37
23.42	8.44
23.64	8.52
23.87	8.59
24.10	8.67
24.33	8.74
24.56	8.82
24.80	8.90
25.02	8.98

25.24	9.07
25.46	9.16
25.69	9.25
25.91	9.35
26.14	9.45
26.37	9.56
26.63	9.69
26.86	9.81
27.08	9.94
27.28	10.07
27.50	10.22
27.74	10.40
28.01	10.63
28.40	10.97
29.21	11.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.3188	- N.7 --	X	Y	Lambda=
0.2685					

13.71	10.00
15.14	9.09
15.83	8.67
16.29	8.41
16.69	8.21
17.06	8.05
17.42	7.92
17.80	7.80
18.22	7.69
18.73	7.58
19.14	7.51
19.51	7.46
19.85	7.45
20.22	7.46
20.55	7.49
20.91	7.55
21.30	7.64
21.77	7.77
22.20	7.89
22.61	8.02
23.00	8.14
23.39	8.27
23.77	8.40
24.17	8.55
24.58	8.70
25.03	8.87
25.42	9.04
25.80	9.21
26.16	9.40
26.54	9.62
26.95	9.87
27.42	10.18
28.11	10.67
29.51	11.70



Fattore di sicurezza (FS)      1.3196   - N.8   --      X      Y      Lambda=  
0.2805

13.92	10.00
14.64	9.59
15.02	9.38
15.28	9.24
15.52	9.10
15.74	8.99
15.95	8.88
16.16	8.76
16.38	8.65
16.60	8.53
16.81	8.42
17.02	8.32
17.24	8.21
17.45	8.11
17.67	8.01
17.89	7.90
18.13	7.79
18.39	7.67
18.60	7.59
18.79	7.53
18.96	7.49
19.15	7.47
19.32	7.46
19.51	7.47
19.72	7.50
19.98	7.55
20.22	7.59
20.44	7.64
20.66	7.68
20.87	7.73
21.09	7.77
21.30	7.82
21.52	7.86
21.74	7.91
21.95	7.96
22.16	8.00
22.38	8.05
22.59	8.11
22.80	8.16
23.01	8.21
23.23	8.27
23.45	8.33
23.66	8.39
23.88	8.45
24.09	8.51
24.30	8.57
24.52	8.64
24.73	8.71
24.96	8.78
25.20	8.86
25.41	8.93

25.61	9.02
25.80	9.11
26.01	9.22
26.20	9.33
26.40	9.46
26.62	9.60
26.85	9.78
27.08	9.95
27.30	10.11
27.51	10.27
27.73	10.43
27.97	10.62
28.23	10.83
28.61	11.12
29.33	11.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.3212	- N.9 --	X	Y	Lambda=
0.2869					

14.07	10.00
15.42	9.15
16.09	8.75
16.54	8.49
16.93	8.29
17.30	8.12
17.66	7.97
18.04	7.83
18.45	7.69
18.95	7.55
19.33	7.45
19.68	7.39
19.99	7.36
20.34	7.36
20.65	7.38
20.99	7.44
21.37	7.54
21.84	7.67
22.26	7.80
22.65	7.93
23.03	8.07
23.40	8.21
23.77	8.35
24.15	8.52
24.54	8.69
24.96	8.89
25.34	9.08
25.72	9.27
26.08	9.47
26.45	9.70
26.85	9.95
27.31	10.26
27.98	10.73
29.31	11.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.3220 - N.10 -- X Y Lambda=  
0.2805

13.74	10.00
15.12	9.20
15.80	8.82
16.28	8.57
16.69	8.36
17.07	8.19
17.45	8.03
17.85	7.87
18.28	7.72
18.77	7.55
19.16	7.44
19.52	7.37
19.84	7.33
20.20	7.31
20.51	7.33
20.86	7.38
21.25	7.46
21.74	7.59
22.17	7.72
22.58	7.84
22.96	7.96
23.34	8.10
23.72	8.24
24.11	8.39
24.52	8.56
24.96	8.76
25.35	8.94
25.73	9.13
26.10	9.34
26.48	9.56
26.89	9.83
27.36	10.15
28.04	10.66
29.42	11.70

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.285	328.7	255.7	21.8	Surplus
2	1.304	330.4	253.4	26.3	Surplus
3	1.306	328.4	251.5	26.6	Surplus
4	1.310	331.4	252.9	27.9	Surplus
5	1.311	338.9	258.6	28.6	Surplus
6	1.315	328.8	250.1	28.7	Surplus
7	1.319	332.1	251.8	29.9	Surplus
8	1.320	324.5	245.9	29.4	Surplus
9	1.321	326.8	247.3	30.0	Surplus
10	1.322	334.8	253.3	30.9	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 21.8

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

phi'	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
0.00	13.850	0.161	-31.88	0.16	0.00	0.00
24.79	14.011	0.202	-31.88	0.65	0.50	1.60
24.79	14.213	0.202	-31.88	1.13	0.51	2.83
24.79	14.416	0.202	-31.88	1.61	0.51	4.05
24.79	14.618	0.202	-31.88	2.09	0.51	5.30
24.79	14.821	0.159	-31.88	1.97	0.51	6.55
24.79	14.979	0.202	-31.35	2.94	0.52	7.48
24.79	15.182	0.202	-31.35	3.41	0.52	8.64
24.79	15.384	0.161	-31.35	3.05	0.52	9.84
24.79	15.546	0.202	-30.31	4.24	0.52	10.76
24.79	15.748	0.193	-30.31	4.47	0.52	11.97
24.79	15.941	0.202	-29.15	5.11	0.52	13.10
24.79	16.144	0.145	-29.15	3.93	0.52	14.19
24.79	16.289	0.202	-27.67	5.84	0.52	14.95
24.79	16.491	0.117	-27.67	3.56	0.52	15.95
24.79	16.608	0.202	-26.43	6.46	0.52	16.48

	16.811	0.114	-26.43	3.82	0.52	17.40
24.79	0.00					
	16.925	0.202	-25.22	7.05	0.52	17.92
24.79	0.00					
	17.127	0.130	-25.22	4.71	0.52	18.81
24.79	0.00					
	17.257	0.202	-24.08	7.64	0.52	19.36
24.79	0.00					
	17.460	0.153	-24.08	6.02	0.52	20.25
24.79	0.00					
	17.613	0.202	-23.10	8.24	0.52	20.90
24.79	0.00					
	17.815	0.199	-23.10	8.44	0.52	21.72
24.79	0.00					
	18.015	0.202	-20.64	8.87	0.52	22.46
24.79	0.00					
	18.217	0.121	-20.64	5.45	0.51	23.29
24.79	0.00					
	18.338	0.202	-17.05	9.31	0.51	23.96
24.79	0.00					
	18.541	0.092	-17.05	4.31	0.50	25.24
24.79	0.00					
	18.633	0.127	-12.41	6.02	0.49	25.87
24.79	0.00					
	18.760	0.137	-12.41	6.96	0.48	26.79
24.79	0.00					
	18.897	0.202	-7.63	11.75	0.47	27.92
24.79	0.00					
	19.100	0.098	-7.63	6.30	0.46	29.46
24.79	0.00					
	19.198	0.002	-2.76	0.16	0.46	30.15
24.79	0.00					
	19.200	0.160	-2.76	11.19	0.46	30.17
24.79	0.00					
	19.360	0.100	-2.76	7.36	0.45	31.10
24.79	0.00					
	19.460	0.140	2.23	10.22	0.45	31.57
24.79	0.00					
	19.600	0.154	2.23	11.26	0.45	32.16
24.79	0.00					
	19.754	0.046	6.23	3.37	0.45	32.61
24.79	0.00					
	19.800	0.200	6.23	14.56	0.45	32.70
24.79	0.00					
	20.000	0.076	6.23	5.53	0.46	33.06
24.79	0.00					
	20.076	0.202	9.02	14.60	0.46	33.23
24.79	0.00					
	20.279	0.081	9.02	5.84	0.45	33.68
24.79	0.00					
	20.360	0.122	9.02	8.98	0.44	33.89
24.79	0.00					
	20.482	0.118	10.04	9.08	0.44	34.23
24.79	0.00					

	20.600	0.180	10.04	14.69	0.43	34.62
24.79	0.00					
	20.780	0.058	10.04	4.98	0.41	35.14
24.79	0.00					
	20.838	0.162	11.27	14.27	0.41	35.29
24.79	0.00					
	21.000	0.015	11.27	1.36	0.39	35.64
24.79	0.00					
	21.015	0.155	11.27	14.45	0.39	35.66
24.79	0.00					
	21.170	0.080	12.59	7.77	0.38	35.84
24.79	0.00					
	21.250	0.202	12.59	19.73	0.38	35.89
24.79	0.00					
	21.452	0.032	12.59	3.15	0.37	35.83
24.79	0.00					
	21.485	0.015	13.95	1.46	0.37	35.80
24.79	0.00					
	21.500	0.202	13.95	19.51	0.37	35.78
24.79	0.00					
	21.702	0.101	13.95	9.65	0.37	35.51
24.79	0.00					
	21.803	0.202	15.22	19.21	0.37	35.33
24.79	0.00					
	22.006	0.094	15.22	8.88	0.37	34.93
24.79	0.00					
	22.100	0.012	15.22	1.09	0.37	34.75
24.79	0.00					
	22.112	0.202	16.48	18.88	0.37	34.72
24.79	0.00					
	22.314	0.114	16.48	10.52	0.37	34.31
24.79	0.00					
	22.428	0.202	17.65	18.52	0.37	34.06
24.79	0.00					
	22.630	0.122	17.65	11.05	0.37	33.61
24.79	0.00					
	22.752	0.202	18.69	18.12	0.37	33.33
24.79	0.00					
	22.955	0.145	18.69	12.86	0.37	32.82
24.79	0.00					
	23.100	0.202	19.13	17.67	0.37	32.39
24.79	0.00					
	23.303	0.131	19.13	11.31	0.37	31.85
24.79	0.00					
	23.434	0.166	19.60	14.14	0.37	31.47
24.79	0.00					
	23.600	0.160	19.60	13.46	0.37	31.00
24.79	0.00					
	23.760	0.202	20.08	16.78	0.37	30.50
24.79	0.00					
	23.962	0.119	20.08	9.73	0.37	29.87
24.79	0.00					
	24.081	0.202	20.56	16.32	0.37	29.44
24.79	0.00					

	24.284	0.120	20.56	9.50	0.36	28.71
24.79	0.00					
	24.403	0.197	21.05	15.41	0.36	28.29
24.79	0.00					
	24.600	0.126	21.05	9.77	0.36	27.62
24.79	0.00					
	24.726	0.202	21.52	15.38	0.36	27.21
24.79	0.00					
	24.929	0.071	21.52	5.33	0.36	26.56
24.79	0.00					
	25.000	0.056	21.52	4.17	0.35	26.32
24.79	0.00					
	25.056	0.202	21.97	14.89	0.35	26.14
24.79	0.00					
	25.258	0.139	21.97	10.03	0.35	25.41
24.79	0.00					
	25.397	0.202	22.39	14.36	0.35	24.83
24.79	0.00					
	25.600	0.159	22.39	11.08	0.34	23.86
24.79	0.00					
	25.759	0.202	24.31	13.77	0.34	22.89
24.79	0.00					
	25.962	0.118	24.31	7.86	0.33	21.46
24.79	0.00					
	26.079	0.202	26.53	13.21	0.33	20.47
24.79	0.00					
	26.282	0.106	26.53	6.76	0.32	18.29
24.79	0.00					
	26.388	0.202	28.88	12.60	0.30	16.80
24.79	0.00					
	26.590	0.092	28.88	5.59	0.27	13.87
24.79	0.00					
	26.682	0.202	31.09	11.96	0.25	12.54
24.79	0.00					
	26.885	0.112	31.09	6.42	0.20	9.49
24.79	0.00					
	26.997	0.086	33.82	4.84	0.17	7.70
24.79	0.00					
	27.083	0.202	33.82	10.97	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.285	0.043	33.82	2.28	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.329	0.202	35.91	10.28	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.531	0.185	35.91	8.87	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.716	0.202	37.63	9.12	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.918	0.032	37.63	1.38	0.00	0.00
0.00	35.00					
	27.950	0.202	37.63	33.63	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.152	0.128	37.63	19.76	0.00	0.00
0.00	35.00					

	28.281	0.202	38.45	28.66	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.483	0.202	38.45	25.60	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.686	0.202	38.45	22.55	0.00	0.00
0.00	35.00					
	28.888	0.202	38.45	19.50	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.091	0.202	38.45	16.45	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.293	0.020	38.45	1.43	0.00	0.00
0.00	35.00					
	29.313	0.126	38.45	8.51	0.00	0.00
0.00	35.00					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----  
 -----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----  
 ---

	X	ht	yt	yt'	E(x)
T(x)		E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
	(m)	(m)	(m)	(--)	(kN/m)
	(kN/m)	(kN)	(--)	(--)	(--)
	13.850	0.000	10.000	-0.465	0.000000000E+000
0.000000000E+000		6.7695326532E-001		0.043	10.580 50.000
	14.011	0.025	9.925	-0.465	1.5275929432E-001
2.1314761167E-004		1.2230913286E+000		0.043	10.580 16.222
	14.213	0.057	9.831	-0.462	4.6993124747E-001
2.9143545755E-003		2.1172336093E+000		0.043	4.411 6.540
	14.416	0.090	9.738	-0.462	1.0099232831E+000
1.4977098746E-002		3.2374099211E+000		0.043	2.441 3.433
	14.618	0.122	9.644	-0.458	1.7805996542E+000
4.3970591139E-002		4.1126226466E+000		0.043	1.899 2.604
	14.821	0.156	9.553	-0.440	2.6749223727E+000
1.0262172922E-001		4.3833465704E+000		0.043	1.841 2.524
	14.979	0.188	9.485	-0.419	3.3662159194E+000
1.5971879442E-001		4.7603844101E+000		0.046	1.911 2.616
	15.182	0.227	9.401	-0.419	4.4342151434E+000



2.5654565373E-001	6.4502602250E+000	0.068	2.111	2.834
15.384	0.264	9.315	-0.413	5.9776097489E+000
4.0839332724E-001	8.6582296538E+000	0.096	2.523	3.166
15.546	0.298	9.251	-0.412	7.5087140385E+000
5.6409551270E-001	1.1282710831E+001	0.119	2.993	3.425
15.748	0.331	9.166	-0.414	1.0249415923E+001
8.4194926612E-001	1.5558577161E+001	0.150	3.746	3.549
15.941	0.365	9.087	-0.393	1.3627485278E+001
1.1763548791E+000	1.8869534340E+001	0.175	4.361	3.371
16.144	0.402	9.010	-0.371	1.7740670447E+001
1.5877550085E+000	2.1768441943E+001	0.196	4.453	2.974
16.289	0.430	8.958	-0.350	2.1049661406E+001
1.9293725127E+000	2.3352775573E+001	0.210	4.160	2.666
16.491	0.467	8.889	-0.331	2.5931010340E+001
2.4505376562E+000	2.4226918868E+001	0.226	3.636	2.305
16.608	0.492	8.852	-0.308	2.8771261673E+001
2.7671153485E+000	2.4812460085E+001	0.234	3.357	2.137
16.811	0.531	8.790	-0.303	3.3976346757E+001
3.3807375401E+000	2.6586858299E+001	0.249	2.950	1.893
16.925	0.553	8.756	-0.293	3.7075414785E+001
3.7718721813E+000	2.7231323986E+001	0.258	2.778	1.781
17.127	0.590	8.698	-0.285	4.2641713979E+001
4.5149039255E+000	2.8108465793E+001	0.273	2.589	1.630
17.257	0.615	8.661	-0.287	4.6338955837E+001
5.0398503829E+000	2.9893602921E+001	0.284	2.542	1.558
17.460	0.646	8.602	-0.290	5.2830462874E+001
6.0378573883E+000	3.3032349072E+001	0.302	2.618	1.475
17.613	0.671	8.558	-0.289	5.8008734398E+001
6.8898518477E+000	3.5401481150E+001	0.317	2.778	1.439
17.815	0.698	8.499	-0.266	6.5612764717E+001
8.2860327162E+000	3.6761425443E+001	0.340	3.111	1.449
18.015	0.735	8.451	-0.200	7.2786283824E+001
9.7395325117E+000	3.5067325968E+001	0.363	3.465	1.514
18.217	0.779	8.419	-0.113	7.9699305251E+001
1.1304559394E+001	3.3507669007E+001	0.386	3.680	1.632
18.338	0.821	8.415	0.030	8.3711095659E+001
1.2345374628E+001	3.2263283241E+001	0.402	3.624	1.743
18.541	0.897	8.429	0.093	8.9951229815E+001
1.4120911452E+001	2.8463604823E+001	0.429	3.305	1.961
18.633	0.938	8.442	0.181	9.2470737379E+001
1.4894313243E+001	2.5737312597E+001	0.440	3.139	2.059
18.760	0.993	8.468	0.251	9.5453426275E+001
1.5880120694E+001	2.3761250102E+001	0.456	2.943	2.179
18.897	1.063	8.509	0.309	9.8764428688E+001
1.7039944877E+001	2.2825873971E+001	0.423	2.755	2.261
19.100	1.155	8.573	0.323	1.0300666466E+002
1.8611163621E+001	1.9801032069E+001	0.382	2.568	2.280
19.198	1.200	8.606	0.327	1.0488834148E+002
1.9337954154E+001	1.8657332395E+001	0.365	2.499	2.236
19.200	1.201	8.606	0.312	1.0493253312E+002
1.9355073846E+001	1.8619694721E+001	0.364	2.498	2.234
19.360	1.259	8.656	0.303	1.0765842032E+002
2.0457313349E+001	1.5902634461E+001	0.339	2.418	2.086
19.460	1.293	8.685	0.294	1.0918438727E+002

2.1119146300E+001	1.5228622747E+001	0.348	2.376	1.952
19.600	1.329	8.727	0.282	1.1131684459E+002
2.2096052215E+001	1.4006752595E+001	0.362	2.306	1.754
19.754	1.364	8.768	0.267	1.1325555735E+002
2.3069975697E+001	1.1162616266E+001	0.375	2.223	1.544
19.800	1.371	8.780	0.288	1.1375079708E+002
2.3345297976E+001	1.0526634622E+001	0.379	2.198	1.486
20.000	1.408	8.839	0.329	1.1567895357E+002
2.4585865182E+001	9.4820699791E+000	0.397	2.067	1.242
20.076	1.432	8.871	0.443	1.1639685875E+002
2.5144508112E+001	8.8409591726E+000	0.405	2.003	1.149
20.279	1.491	8.962	0.351	1.1787424775E+002
2.6538421786E+001	5.7924659479E+000	0.426	1.849	0.960
20.360	1.486	8.971	0.498	1.1829635336E+002
2.7056115678E+001	4.7507469398E+000	0.434	1.792	0.902
20.482	1.560	9.064	0.742	1.1879693100E+002
2.7782608862E+001	3.7997521797E+000	0.417	1.718	0.832
20.600	1.624	9.149	0.681	1.1921088188E+002
2.8557834114E+001	3.1868906315E+000	0.404	1.639	0.768
20.780	1.710	9.267	0.648	1.1969428911E+002
2.9615667958E+001	2.0633131059E+000	0.384	1.544	0.697
20.838	1.736	9.303	0.602	1.1980316103E+002
2.9915732679E+001	1.7631956524E+000	0.370	1.515	0.679
21.000	1.800	9.399	0.593	1.2004427877E+002
3.0664838751E+001	1.2565347855E+000	0.336	1.446	0.640
21.015	1.806	9.408	0.552	1.2006279737E+002
3.0733274707E+001	1.1771590576E+000	0.333	1.440	0.636
21.170	1.860	9.493	0.538	1.2015330046E+002
3.1311285983E+001	2.9933097792E-001	0.306	1.375	0.609
21.250	1.884	9.534	0.462	1.2016543465E+002
3.1581149428E+001	-3.7046032320E-002	0.293	1.343	0.597
21.452	1.927	9.623	0.431	1.2006186642E+002
3.2094903964E+001	-1.1064958269E+000	0.299	1.270	0.574
21.485	1.932	9.636	0.370	1.2002284583E+002
3.2153200071E+001	-1.3207724261E+000	0.299	1.259	0.571
21.500	1.934	9.641	0.286	1.2000205469E+002
3.2175409281E+001	-1.4166356455E+000	0.299	1.254	0.570
21.702	1.941	9.698	0.279	1.1960533555E+002
3.2326456699E+001	-2.6913133511E+000	0.302	1.193	0.559
21.803	1.943	9.725	0.230	1.1929724757E+002
3.2330540214E+001	-3.3237796592E+000	0.302	1.162	0.556
22.006	1.930	9.767	0.189	1.1851546307E+002
3.2159132498E+001	-4.3098561857E+000	0.302	1.108	0.553
22.100	1.919	9.782	0.150	1.1808926160E+002
3.2005877933E+001	-5.3687624425E+000	0.301	1.087	0.553
22.112	1.917	9.783	0.144	1.1802567980E+002
3.1980550991E+001	-5.4937638482E+000	0.301	1.085	0.553
22.314	1.886	9.813	0.147	1.1684203612E+002
3.1474038656E+001	-6.7545936533E+000	0.297	1.043	0.558
22.428	1.870	9.830	0.154	1.1601473106E+002
3.1093816579E+001	-7.6541867076E+000	0.295	1.020	0.563
22.630	1.837	9.861	0.156	1.1432528445E+002
3.0290962247E+001	-8.8319151467E+000	0.289	0.990	0.574
22.752	1.818	9.880	0.161	1.1321087782E+002

2.9755837182E+001	-9.4473743104E+000	0.285	0.974	0.582
22.955	1.782	9.914	0.174	1.1119034581E+002
2.8791350779E+001	-1.0972929263E+001	0.277	0.956	0.598
23.100	1.760	9.941	0.175	1.0949031182E+002
2.7990270075E+001	-1.1189162032E+001	0.271	0.945	0.612
23.303	1.724	9.974	0.168	1.0736510596E+002
2.7011443215E+001	-1.0841982717E+001	0.263	0.940	0.631
23.434	1.701	9.997	0.169	1.0591284205E+002
2.6354666888E+001	-1.0820239643E+001	0.258	0.939	0.644
23.600	1.669	10.025	0.173	1.0416855782E+002
2.5579202094E+001	-1.1034701771E+001	0.251	0.940	0.661
23.760	1.641	10.054	0.178	1.0232232701E+002
2.4771549224E+001	-1.1324827707E+001	0.245	0.943	0.679
23.962	1.603	10.089	0.186	1.0008482213E+002
2.3813623763E+001	-1.2008020825E+001	0.237	0.948	0.704
24.081	1.583	10.113	0.202	9.8589565616E+001
2.3193453805E+001	-1.2507327342E+001	0.232	0.953	0.721
24.284	1.548	10.154	0.200	9.6079006565E+001
2.2174309185E+001	-1.2171394900E+001	0.223	0.962	0.752
24.403	1.527	10.178	0.193	9.4640422757E+001
2.1605918623E+001	-1.1811004199E+001	0.218	0.969	0.772
24.600	1.489	10.215	0.187	9.2390177827E+001
2.0742451944E+001	-1.0986157186E+001	0.211	0.980	0.804
24.726	1.463	10.238	0.180	9.1037600182E+001
2.0238651497E+001	-1.0618950083E+001	0.206	0.989	0.824
24.929	1.420	10.274	0.181	8.8911919287E+001
1.9460325478E+001	-1.0656775197E+001	0.200	1.002	0.859
25.000	1.405	10.288	0.181	8.8150568420E+001
1.9182802656E+001	-1.0384766171E+001	0.198	1.007	0.872
25.056	1.392	10.297	0.189	8.7584133548E+001
1.8977496997E+001	-1.0309379079E+001	0.196	1.011	0.882
25.258	1.350	10.336	0.202	8.5364151412E+001
1.8169931736E+001	-1.1736313189E+001	0.189	1.026	0.925
25.397	1.324	10.366	0.224	8.3660851518E+001
1.7545716600E+001	-1.2503465104E+001	0.183	1.038	0.962
25.600	1.287	10.413	0.244	8.1059239127E+001
1.6585743392E+001	-1.3787982272E+001	0.175	1.059	1.029
25.759	1.263	10.455	0.268	7.8743696339E+001
1.5739725277E+001	-1.4703570840E+001	0.167	1.081	1.103
25.962	1.227	10.510	0.278	7.5721407285E+001
1.4657271091E+001	-1.5183154875E+001	0.156	1.120	1.223
26.079	1.207	10.543	0.283	7.3915568496E+001
1.4044600269E+001	-1.5054061738E+001	0.151	1.153	1.314
26.282	1.163	10.600	0.294	7.0964317112E+001
1.3109874435E+001	-1.4621972371E+001	0.142	1.259	1.515
26.388	1.144	10.634	0.315	6.9413441954E+001
1.2654640782E+001	-1.4104870605E+001	0.138	1.351	1.655
26.590	1.095	10.697	0.310	6.6766941468E+001
1.1927219244E+001	-1.1858715606E+001	0.131	1.557	1.954
26.682	1.073	10.725	0.323	6.5726490063E+001
1.1662629268E+001	-1.0869072801E+001	0.128	1.659	2.096
26.885	1.018	10.792	0.349	6.3720980778E+001
1.1202923492E+001	-8.6027531537E+000	0.125	1.888	2.409
26.997	0.993	10.835	0.377	6.2838315940E+001

1.1021832441E+001	-6.5636551145E+000	0.123	1.976	2.543
27.083	0.967	10.867	0.361	6.2359584147E+001
1.0938929110E+001	-5.2942479986E+000	0.123	2.017	4.444
27.285	0.903	10.939	0.354	6.1408879136E+001
1.0854563824E+001	-6.0695640271E+000	0.127	1.962	3.981
27.329	0.889	10.954	0.321	6.1133312419E+001
1.0842834048E+001	-6.3924625624E+000	0.128	1.916	3.832
27.531	0.807	11.018	0.302	5.9811716104E+001
1.0809528925E+001	-8.7377918434E+000	0.134	1.674	3.167
27.716	0.726	11.071	0.253	5.7824106355E+001
1.0647967613E+001	-1.3774685825E+001	0.139	1.445	2.631
27.918	0.615	11.116	0.019	5.4366163602E+001
1.0184118450E+001	-2.3625359593E+001	0.140	1.225	2.178
27.950	0.550	11.075	-0.115	5.3581655838E+001
1.0060538059E+001	-2.5576662160E+001	0.269	1.197	2.123
28.152	0.407	11.089	0.221	4.7216006891E+001
9.0198619665E+000	-3.5023356450E+001	0.325	1.045	1.848
28.281	0.368	11.148	0.454	4.2427136048E+001
8.1380836535E+000	-4.1250319385E+001	0.325	0.976	1.726
28.483	0.298	11.239	0.390	3.2814020367E+001
6.2101513788E+000	-5.4311466957E+001	0.301	0.889	1.571
28.686	0.204	11.306	0.421	2.0439088320E+001
3.5853797241E+000	-5.3464003223E+001	0.220	0.850	1.502
28.888	0.147	11.410	0.523	1.1169069117E+001
1.1944255501E+000	-3.8090039198E+001	0.100	0.909	1.600
29.091	0.094	11.518	0.517	5.0183006523E+000
1.3119216022E-001	-2.4379961521E+001	0.043	0.990	1.727
29.293	0.035	11.619	0.461	1.2988191023E+000
9.7496581654E-003	-2.5901970876E+000	0.043	1.031	1.786
29.313	0.020	11.620	0.461	1.2780107536E+000
9.7331388470E-003	-2.2854273069E+000	0.043	1.016	1.759

-----  
 -----  
 ---

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

-----  
 -----  
 TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS  
 -----

-----						
	X	dx	dI	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS					
(kPa)	(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
13.850	0.161	0.189	-31.878	-0.451	-0.085	
35.001	6.628					
14.011	0.202	0.238	-31.878	-1.433	-0.342	
0.338	0.081					
14.213	0.202	0.238	-31.878	-2.495	-0.595	
0.601	0.143					
14.416	0.202	0.238	-31.878	-3.558	-0.848	
0.902	0.215					
14.618	0.202	0.238	-31.878	-4.620	-1.101	
1.245	0.297					
14.821	0.159	0.187	-31.878	-5.568	-1.041	
1.437	0.269					
14.979	0.202	0.237	-31.347	-6.444	-1.527	
1.867	0.443					
15.182	0.202	0.237	-31.347	-7.475	-1.772	
2.356	0.558					
15.384	0.161	0.189	-31.347	-8.402	-1.588	
2.699	0.510					
15.546	0.202	0.234	-30.312	-9.128	-2.140	
3.483	0.817					
15.748	0.193	0.224	-30.312	-10.076	-2.255	
3.996	0.894					
15.941	0.202	0.232	-29.149	-10.742	-2.490	
4.675	1.083					
16.144	0.145	0.166	-29.149	-11.518	-1.913	
5.101	0.847					
16.289	0.202	0.229	-27.667	-11.858	-2.710	
5.837	1.334					
16.491	0.117	0.132	-27.667	-12.506	-1.651	
6.062	0.800					
16.608	0.202	0.226	-26.431	-12.729	-2.877	
6.890	1.557					
16.811	0.114	0.128	-26.431	-13.320	-1.702	
7.358	0.940					
16.925	0.202	0.224	-25.219	-13.433	-3.006	
8.102	1.813					
17.127	0.130	0.143	-25.219	-14.001	-2.008	
8.579	1.230					
17.257	0.202	0.222	-24.076	-14.059	-3.117	
9.850	2.184					
17.460	0.153	0.168	-24.076	-14.617	-2.455	
10.553	1.773					
17.613	0.202	0.220	-23.104	-14.690	-3.233	
12.143	2.672					
17.815	0.199	0.217	-23.104	-15.273	-3.311	
12.731	2.760					
18.015	0.202	0.216	-20.636	-14.457	-3.127	
13.760	2.976					
18.217	0.121	0.129	-20.636	-14.835	-1.920	

14.557	1.884					
18.338	0.202	0.212	-17.049	-12.892	-2.730	
15.214	3.221					
18.541	0.092	0.096	-17.049	-13.130	-1.263	
14.695	1.414					
18.633	0.127	0.130	-12.408	-9.941	-1.294	
14.424	1.878					
18.760	0.137	0.141	-12.408	-10.635	-1.496	
15.949	2.244					
18.897	0.202	0.204	-7.631	-7.641	-1.560	
18.278	3.733					
19.100	0.098	0.099	-7.631	-8.485	-0.837	
20.269	2.000					
19.198	0.002	0.002	-2.758	-3.201	-0.008	
20.536	0.049					
19.200	0.160	0.160	-2.758	-3.362	-0.539	
21.892	3.507					
19.360	0.100	0.101	-2.758	-3.522	-0.354	
22.840	2.297					
19.460	0.140	0.140	2.227	2.845	0.397	
22.084	3.084					
19.600	0.154	0.154	2.227	2.841	0.437	
21.488	3.308					
19.754	0.046	0.046	6.228	7.879	0.366	
20.179	0.937					
19.800	0.200	0.201	6.228	7.851	1.580	
20.097	4.043					
20.000	0.076	0.077	6.228	7.821	0.599	
20.160	1.545					
20.076	0.202	0.205	9.015	11.164	2.288	
18.883	3.870					
20.279	0.081	0.082	9.015	11.099	0.914	
18.355	1.512					
20.360	0.122	0.124	9.015	11.369	1.407	
18.939	2.344					
20.482	0.118	0.120	10.039	13.234	1.583	
20.212	2.417					
20.600	0.180	0.183	10.039	14.005	2.560	
21.885	4.001					
20.780	0.058	0.059	10.039	14.619	0.868	
23.074	1.371					
20.838	0.162	0.165	11.269	16.934	2.789	
23.873	3.931					
21.000	0.015	0.015	11.269	17.424	0.266	
24.833	0.380					
21.015	0.155	0.158	11.269	17.895	2.823	
25.749	4.062					
21.170	0.080	0.082	12.591	20.586	1.693	
26.572	2.186					
21.250	0.202	0.207	12.591	20.739	4.302	
26.730	5.544					
21.452	0.032	0.033	12.591	20.634	0.686	
26.418	0.879					
21.485	0.015	0.016	13.954	22.674	0.353	

25.808	0.402					
21.500	0.202	0.209	13.954	22.555	4.704	
25.497	5.318					
21.702	0.101	0.104	13.954	22.389	2.326	
25.220	2.620					
21.803	0.202	0.210	15.219	24.042	5.044	
24.408	5.120					
22.006	0.094	0.098	15.219	23.850	2.331	
24.185	2.364					
22.100	0.012	0.012	15.219	23.781	0.286	
24.095	0.290					
22.112	0.202	0.211	16.476	25.371	5.356	
23.395	4.939					
22.314	0.114	0.119	16.476	25.132	2.984	
23.149	2.749					
22.428	0.202	0.212	17.645	26.427	5.614	
22.448	4.768					
22.630	0.122	0.128	17.645	26.146	3.351	
22.228	2.849					
22.752	0.202	0.214	18.690	27.169	5.806	
21.583	4.612					
22.955	0.145	0.154	18.690	26.833	4.121	
21.341	3.278					
23.100	0.202	0.214	19.133	27.025	5.790	
20.947	4.488					
23.303	0.131	0.139	19.133	26.687	3.708	
20.746	2.882					
23.434	0.166	0.176	19.601	26.925	4.743	
20.369	3.588					
23.600	0.160	0.170	19.601	26.580	4.514	
20.137	3.420					
23.760	0.202	0.216	20.079	26.723	5.759	
19.714	4.249					
23.962	0.119	0.127	20.079	26.366	3.340	
19.558	2.477					
24.081	0.202	0.216	20.560	26.518	5.733	
19.145	4.139					
24.284	0.120	0.128	20.560	26.144	3.338	
19.017	2.428					
24.403	0.197	0.211	21.045	26.268	5.535	
18.590	3.917					
24.600	0.126	0.136	21.045	25.876	3.507	
18.417	2.496					
24.726	0.202	0.218	21.517	25.931	5.642	
17.960	3.908					
24.929	0.071	0.076	21.517	25.585	1.955	
17.858	1.364					
25.000	0.056	0.060	21.517	25.424	1.528	
17.770	1.068					
25.056	0.202	0.218	21.970	25.514	5.569	
17.331	3.783					
25.258	0.139	0.150	21.970	25.064	3.754	
17.178	2.573					
25.397	0.202	0.219	22.385	24.976	5.468	

16.814	3.681					
25.600	0.159	0.172	22.385	24.482	4.221	
16.739	2.886					
25.759	0.202	0.222	24.313	25.531	5.671	
16.058	3.567					
25.962	0.118	0.129	24.313	25.021	3.234	
16.179	2.091					
26.079	0.202	0.226	26.528	26.068	5.898	
15.329	3.468					
26.282	0.106	0.118	26.528	25.490	3.017	
15.754	1.865					
26.388	0.202	0.231	28.878	26.320	6.084	
14.963	3.459					
26.590	0.092	0.105	28.878	25.674	2.698	
15.636	1.643					
26.682	0.202	0.236	31.088	26.126	6.176	
14.740	3.484					
26.885	0.112	0.131	31.088	25.338	3.314	
15.396	2.014					
26.997	0.086	0.104	33.824	25.952	2.695	
14.595	1.516					
27.083	0.202	0.244	33.824	25.070	6.109	
35.248	8.589					
27.285	0.043	0.052	33.824	24.305	1.267	
35.161	1.833					
27.329	0.202	0.250	35.911	24.129	6.031	
35.100	8.773					
27.531	0.185	0.228	35.911	22.790	5.200	
35.534	8.108					
27.716	0.202	0.256	37.631	21.789	5.569	
36.424	9.310					
27.918	0.032	0.040	37.631	20.912	0.840	
37.414	1.503					
27.950	0.202	0.256	37.631	80.323	20.531	
38.195	9.763					
28.152	0.128	0.162	37.631	74.401	12.064	
39.268	6.367					
28.281	0.202	0.258	38.451	68.944	17.821	
40.961	10.588					
28.483	0.202	0.258	38.451	61.600	15.922	
43.116	11.145					
28.686	0.202	0.258	38.451	54.256	14.024	
42.393	10.958					
28.888	0.202	0.258	38.451	46.912	12.126	
38.288	9.897					
29.091	0.202	0.258	38.451	39.568	10.228	
35.376	9.144					
29.293	0.020	0.025	38.451	35.541	0.890	
35.001	0.876					
29.313	0.126	0.161	38.451	32.901	5.291	
35.048	5.636					

-----

-----

LEGENDA SIMBOLI



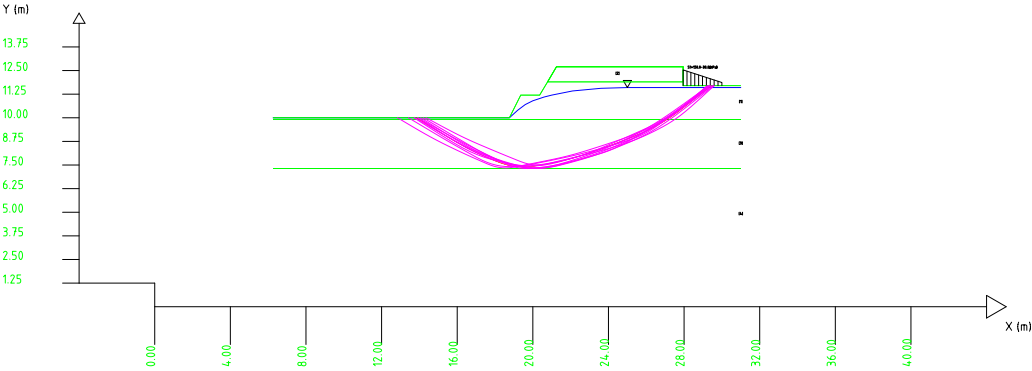
X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio  
dl(m) : lunghezza base concio  
alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----  
-----

SSAP 4.9.9 (2019) - Slope Stability Analysis Program  
Software by Dr. Geol. L. Borselli - [www.lorenzo-borselli.eu](http://www.lorenzo-borselli.eu)  
SSAP/DOXF generator rel. 1.5.4 (2019)  
Data : 19/4/2020  
Localita' : Livorno  
Descrizione : Interventi di riduzioni del rischio idraulico sul TRATTO 3 del Rio Maggiore  
[n] = N. strato o lente

Sn --> Sovraccarico

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



#	N.	phi°	C°	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
		deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa			
1	0	0	35.00	20.10	20.10	0	0	0	0	0
2	0	0	55.36	19.22	19.22	0	0	0	0	0
3	24.79	0	0	18.82	18.82	0	0	0	0	0
4	0	0	56.43	19.10	19.10	0	0	0	0	0

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs  
Fs minimo : 1.2854  
Range Fs : 1.2854 - 1.3220  
Differenza % Range Fs : 2.77  
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM  
Campione Superfici - N: 10000  
Lunghezza media segmenti (m) : 1.0  
Range X inizio generazione : 6.8 - 29.0  
Range X termine generazione : 9.2 - 30.5  
Livello Y minimo considerato : 2.4

TRATTO 3 - ZONA CORRIDOIO - SEZIONE S.2 SPONDA SINISTRA ANALISI STATICA  
NON DRENATA CON FRONTI NATURALI

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

-----  
Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.2 sponda sinistra - zona corridoio - Analisi  
statica drenata REV3.txt

Data: 18/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.2 sponda sx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
9.00	7.90	21.50	11.01	21.50	8.70	9.00	5.70
9.00	8.00	21.50	12.80	21.50	11.01	40.66	5.70
9.10	8.00	22.20	12.80	30.06	11.01	-	-
9.10	8.70	22.20	13.40	36.72	11.01	-	-
19.80	8.70	24.62	13.96	40.66	11.01	-	-
19.80	14.55	30.06	14.21	40.66	8.70	-	-
20.40	14.55	30.06	11.01	21.50	8.70	-	-
20.40	13.40	21.50	11.01	-	-	-	-
21.50	13.40	-	-	-	-	-	-
22.10	13.40	-	-	-	-	-	-
22.20	13.40	-	-	-	-	-	-
24.62	13.96	-	-	-	-	-	-
30.06	14.21	-	-	-	-	-	-
30.06	11.01	-	-	-	-	-	-
36.72	11.01	-	-	-	-	-	-
40.66	11.01	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y

9.00	7.90	20.50	7.90	21.50	13.40	-	-
9.00	8.00	20.50	8.00	22.10	13.40	-	-
9.10	8.00	20.40	8.00	22.20	13.40	-	-
9.10	8.70	20.40	8.70	22.20	12.80	-	-
19.80	8.70	20.40	13.40	21.50	12.80	-	-
19.80	14.55	21.50	13.40	21.50	13.40	-	-
20.40	14.55	21.50	12.80	-	-	-	-
20.40	8.00	21.50	11.00	-	-	-	-
20.50	8.00	21.50	8.70	-	-	-	-
20.50	7.90	21.50	7.90	-	-	-	-
9.00	7.90	20.50	7.90	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X Y (in m)

9.00	7.90
20.50	7.90
20.50	8.00
20.40	8.00
20.40	9.30
20.41	10.10
20.42	10.26
20.45	10.35
20.51	10.44
20.60	10.52
20.72	10.58
20.96	10.64
21.40	10.68
22.00	10.70
22.60	10.70
28.00	10.70
40.66	10.74

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2

STRATO 5

STRATO 7

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	24.79		0.00	0.00	18.82	18.82
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	23.91		0.00	0.00	19.22	19.22
1.309	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	17.91		15.44	0.00	20.10	20.10
1.461	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	21.83		12.08	0.00	19.10	19.10
1.584	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 5	5	40.00		300.00	0.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 6	6	36.00		0.00	0.00	22.00	23.00
2.525	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 7	7	40.00		300.00	0.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
(adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 15.00

Carico in X2 (Kpa): 15.00

Posizione carico da X1 m.: 30.06

a X2 m.: 36.72

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 15.00 a 15.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- TIRANTI/ANCORAGGI PRESENTI -----

TIPO TIRANTE : Attivo

DISTRIBUZIONE FORZA RESISTENTE TIPO : Trapezoidale

PROCEDURA AUTOMATICA CALCOLO MOBILIZZAZIONE FORZA TIRANTI: Attivata

TIRANTE/ANCORAGGIO N.1

Coordinata X Testa (m):	21.50
Coordinata Y Testa (m):	11.40
Angolo con orizzontale(Gradi):	-30.00
Lunghezza (m):	18.00
Tensione o Forza (KN/m):	200.00
% lunghezza cementata (%) :	77.78

----- PALIFICATE PRESENTI -----

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975) - HASSIOTIS (1997)

PALIFICATA N.1

Coordinata X Testa (m):	22.10
Coordinata Y Testa (m):	13.40
Lunghezza pali L (m)* :	12.15
Diametro pali D(m):	0.60
Interasse tra pali D1(m):	1.00
Lunghezza apertura tra pali D2(m):	0.40
Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018):	1.00

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: Attivata

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,  
ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio (incastro).

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.3 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 9.63

38.13

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 12.80

40.03

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
 COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

Fattore di sicurezza (FS)    1.9199   - Min.   -    X            Y            Lambda=  
 0.2827

22.71	13.52
22.84	13.54
22.92	13.55
22.96	13.56
23.01	13.56
23.05	13.57
23.09	13.58
23.13	13.59
23.17	13.60
23.21	13.61
23.25	13.62
23.29	13.63
23.33	13.64
23.37	13.65
23.41	13.66
23.45	13.67
23.49	13.68
23.53	13.69
23.57	13.70
23.61	13.71
23.65	13.72
23.69	13.73
23.73	13.74
23.77	13.75
23.82	13.76
23.86	13.77
23.90	13.78
23.94	13.79
23.98	13.80
24.02	13.81
24.06	13.82
24.11	13.83
24.18	13.85
24.32	13.89

Fattore di sicurezza (FS)	1.9201	- N.2 --	X	Y	Lambda=
0.2896					

22.99	13.58
23.09	13.60
23.14	13.61
23.17	13.61
23.21	13.62
23.23	13.62
23.26	13.63
23.29	13.63
23.32	13.64
23.35	13.65
23.37	13.65
23.40	13.66
23.43	13.67
23.46	13.68
23.49	13.68
23.52	13.69
23.54	13.70
23.57	13.70
23.60	13.71
23.63	13.72
23.66	13.73
23.69	13.73
23.71	13.74
23.74	13.75
23.77	13.75
23.80	13.76
23.83	13.77
23.86	13.77
23.88	13.78
23.91	13.79
23.94	13.80
23.98	13.81
24.03	13.82
24.12	13.85

Fattore di sicurezza (FS)	1.9209	- N.3 --	X	Y	Lambda=
0.2712					

22.45	13.46
22.61	13.48
22.69	13.49
22.74	13.50
22.80	13.51
22.84	13.52
22.89	13.53
22.93	13.53
22.98	13.54
23.03	13.56
23.07	13.57
23.12	13.58
23.17	13.59



23.21	13.60
23.26	13.61
23.31	13.62
23.35	13.63
23.40	13.64
23.45	13.66
23.49	13.67
23.54	13.68
23.59	13.69
23.63	13.70
23.68	13.71
23.73	13.73
23.77	13.74
23.82	13.75
23.86	13.76
23.91	13.77
23.96	13.79
24.01	13.80
24.07	13.82
24.15	13.84
24.31	13.89

Fattore di sicurezza (FS)	1.9213	- N.4 --	X	Y	Lambda=
0.2566					

22.54	13.48
22.66	13.49
22.71	13.50
22.76	13.51
22.79	13.52
22.83	13.52
22.86	13.53
22.89	13.53
22.93	13.54
22.96	13.55
23.00	13.56
23.03	13.57
23.06	13.57
23.10	13.58
23.13	13.59
23.16	13.60
23.20	13.61
23.23	13.61
23.27	13.62
23.30	13.63
23.33	13.64
23.37	13.65
23.40	13.65
23.44	13.66
23.47	13.67
23.50	13.68
23.54	13.69
23.57	13.69
23.60	13.70

23.64	13.71
23.68	13.72
23.72	13.74
23.78	13.75
23.89	13.79

Fattore di sicurezza (FS)	1.9221	- N.5 --	X	Y	Lambda=
0.2924					

22.74	13.53
22.82	13.54
22.86	13.54
22.89	13.55
22.92	13.55
22.94	13.56
22.96	13.56
22.99	13.57
23.01	13.57
23.03	13.58
23.06	13.58
23.08	13.59
23.11	13.60
23.13	13.60
23.15	13.61
23.18	13.61
23.20	13.62
23.22	13.63
23.25	13.63
23.27	13.64
23.30	13.64
23.32	13.65
23.34	13.66
23.37	13.66
23.39	13.67
23.41	13.67
23.44	13.68
23.46	13.69
23.48	13.69
23.51	13.70
23.53	13.71
23.56	13.71
23.61	13.72
23.69	13.74

Fattore di sicurezza (FS)	1.9221	- N.6 --	X	Y	Lambda=
0.2647					

22.64	13.50
22.73	13.51
22.78	13.52
22.81	13.53
22.84	13.53
22.86	13.54
22.89	13.54

22.91	13.55
22.94	13.55
22.97	13.56
22.99	13.56
23.02	13.57
23.05	13.57
23.07	13.58
23.10	13.58
23.12	13.59
23.15	13.60
23.18	13.60
23.20	13.61
23.23	13.62
23.26	13.62
23.28	13.63
23.31	13.64
23.34	13.64
23.36	13.65
23.39	13.65
23.41	13.66
23.44	13.67
23.47	13.68
23.49	13.68
23.52	13.69
23.55	13.70
23.60	13.72
23.69	13.74

Fattore di sicurezza (FS)	1.9222	- N.7 --	X	Y	Lambda=
0.2746					

22.62	13.50
22.74	13.51
22.80	13.52
22.85	13.53
22.89	13.54
22.92	13.54
22.96	13.55
22.99	13.55
23.03	13.56
23.07	13.57
23.10	13.58
23.14	13.59
23.17	13.59
23.21	13.60
23.24	13.61
23.28	13.62
23.32	13.63
23.35	13.64
23.39	13.65
23.42	13.66
23.46	13.67
23.50	13.67
23.53	13.68

23.57	13.69
23.60	13.70
23.64	13.71
23.68	13.72
23.71	13.73
23.75	13.74
23.78	13.75
23.82	13.76
23.87	13.78
23.93	13.79
24.05	13.83

Fattore di sicurezza (FS)	1.9223	- N.8 --	X	Y	Lambda=
0.2791					

22.47	13.46
22.60	13.48
22.67	13.49
22.71	13.50
22.76	13.50
22.79	13.51
22.83	13.52
22.87	13.53
22.90	13.53
22.94	13.54
22.98	13.55
23.02	13.56
23.06	13.57
23.09	13.58
23.13	13.58
23.17	13.59
23.20	13.60
23.24	13.61
23.28	13.62
23.32	13.63
23.35	13.64
23.39	13.65
23.43	13.66
23.47	13.67
23.50	13.68
23.54	13.69
23.58	13.70
23.62	13.71
23.65	13.72
23.69	13.73
23.73	13.75
23.78	13.76
23.85	13.78
23.97	13.81

Fattore di sicurezza (FS)	1.9227	- N.9 --	X	Y	Lambda=
0.2638					

22.64	13.50
-------	-------

22.74	13.52
22.79	13.52
22.83	13.53
22.86	13.53
22.89	13.54
22.92	13.54
22.95	13.55
22.98	13.56
23.01	13.56
23.04	13.57
23.07	13.58
23.10	13.58
23.13	13.59
23.16	13.60
23.19	13.60
23.22	13.61
23.25	13.62
23.28	13.62
23.31	13.63
23.34	13.64
23.37	13.65
23.40	13.65
23.43	13.66
23.46	13.67
23.49	13.67
23.52	13.68
23.55	13.69
23.58	13.70
23.61	13.71
23.64	13.72
23.68	13.73
23.73	13.74
23.83	13.78

Fattore di sicurezza (FS)	1.9229	- N.10 --	X	Y	Lambda=
0.2733					

23.03	13.59
23.13	13.60
23.18	13.61
23.22	13.62
23.25	13.62
23.28	13.63
23.31	13.63
23.34	13.64
23.37	13.64
23.40	13.65
23.43	13.66
23.46	13.66
23.49	13.67
23.51	13.68
23.54	13.69
23.57	13.69
23.60	13.70

23.63	13.71
23.66	13.72
23.69	13.72
23.72	13.73
23.75	13.74
23.78	13.75
23.81	13.75
23.84	13.76
23.87	13.77
23.90	13.78
23.92	13.79
23.95	13.80
23.98	13.80
24.02	13.81
24.05	13.82
24.10	13.84
24.20	13.86

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

# Analisi Deficit in riferimento a  $F_s(\text{progetto}) = 1.200$

Sup N.	$F_s$	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.920	0.2	0.1	0.1	Surplus
2	1.920	0.1	0.1	0.0	Surplus
3	1.921	0.4	0.2	0.1	Surplus
4	1.921	0.2	0.1	0.1	Surplus
5	1.922	0.1	0.0	0.0	Surplus
6	1.922	0.1	0.1	0.1	Surplus
7	1.922	0.2	0.1	0.1	Surplus
8	1.922	0.2	0.1	0.1	Surplus
9	1.923	0.2	0.1	0.1	Surplus
10	1.923	0.2	0.1	0.1	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 0.0

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

-----

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR  $F_s$

-----

	X	dx	alpha	W	ru	U
phi'	(c', Cu)					

(°)	(m) (kPa)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
23.91	22.706 0.00	0.027	8.19	0.00	0.00	0.00
23.91	22.733 0.00	0.027	8.19	0.00	0.00	0.00
23.91	22.760 0.00	0.027	8.19	0.00	0.00	0.00
23.91	22.786 0.00	0.027	8.19	0.00	0.00	0.00
23.91	22.813 0.00	0.027	8.19	0.01	0.00	0.00
23.91	22.840 0.00	0.005	8.19	0.00	0.00	0.00
23.91	22.845 0.00	0.027	8.57	0.01	0.00	0.00
23.91	22.871 0.00	0.027	8.57	0.01	0.00	0.00
23.91	22.898 0.00	0.017	8.57	0.01	0.00	0.00
23.91	22.915 0.00	0.027	9.28	0.01	0.00	0.00
23.91	22.942 0.00	0.023	9.28	0.01	0.00	0.00
23.91	22.965 0.00	0.027	10.05	0.01	0.00	0.00
23.91	22.991 0.00	0.017	10.05	0.01	0.00	0.00
23.91	23.009 0.00	0.027	11.00	0.01	0.00	0.00
23.91	23.035 0.00	0.013	11.00	0.01	0.00	0.00
23.91	23.048 0.00	0.027	11.71	0.01	0.00	0.00
23.91	23.075 0.00	0.012	11.71	0.01	0.00	0.00
23.91	23.088 0.00	0.027	12.42	0.01	0.00	0.00
23.91	23.114 0.00	0.013	12.42	0.01	0.00	0.00
23.91	23.127 0.00	0.027	13.11	0.01	0.00	0.00
23.91	23.154 0.00	0.013	13.11	0.01	0.00	0.00
23.91	23.167 0.00	0.027	13.76	0.01	0.00	0.00
23.91	23.194 0.00	0.015	13.76	0.01	0.00	0.00
23.91	23.209 0.00	0.027	13.76	0.01	0.00	0.00
23.91	23.235 0.00	0.014	13.76	0.01	0.00	0.00
23.91	23.250 0.00	0.027	13.76	0.01	0.00	0.00

	23.276	0.014	13.76	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.290	0.027	13.76	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.317	0.014	13.76	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.331	0.027	13.76	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.358	0.013	13.76	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.371	0.027	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.398	0.012	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.410	0.002	13.77	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.412	0.027	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.439	0.014	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.452	0.027	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.479	0.014	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.492	0.027	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.519	0.013	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.532	0.027	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.559	0.014	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.573	0.027	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.600	0.014	13.77	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.613	0.027	13.78	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.640	0.014	13.78	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.654	0.027	13.78	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.680	0.013	13.78	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.694	0.027	13.78	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.721	0.014	13.78	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.734	0.027	13.78	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.761	0.014	13.78	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.775	0.027	13.78	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					



	23.802	0.014	13.78	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.815	0.027	13.78	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.842	0.014	13.78	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.856	0.027	14.00	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.883	0.013	14.00	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.896	0.027	14.22	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.923	0.013	14.22	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.936	0.027	14.44	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.963	0.013	14.44	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	23.976	0.027	14.66	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.003	0.013	14.66	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.016	0.027	14.95	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.043	0.018	14.95	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.061	0.027	15.19	0.01	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.088	0.023	15.19	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.112	0.027	15.41	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.138	0.027	15.41	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.165	0.017	15.41	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.182	0.027	15.53	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.209	0.027	15.53	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.236	0.027	15.53	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.263	0.027	15.53	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.289	0.027	15.53	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					
	24.316	0.003	15.53	0.00	0.00	0.00
23.91	0.00					

-----  
-----

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio

alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

T(x)	X	ht	yt	yt'	E(x)
(kN/m)	(m)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
		(m)	(m)	(--)	(kN/m)
		(kN)	(--)	(--)	(--)
0.000000000E+000	22.706	0.000	13.517	0.166	0.000000000E+000
0.000000000E+000	22.733	0.001	13.522	0.102	30.640 8.152
1.0912097139E-007	22.760	0.001	13.526	0.102	30.640 8.152
4.8232948172E-006	22.786	0.003	13.531	0.185	1.9332124800E-004
4.1292135677E-005	22.813	0.004	13.536	0.108	7.450 6.802
1.0371201985E-004	22.840	0.004	13.540	0.190	5.7939394497E-004
1.7648751956E-004	22.845	0.004	13.541	0.309	4.076 4.074
1.9161972158E-004	22.871	0.005	13.546	0.169	1.0030529462E-003
2.9889603829E-004	22.898	0.005	13.550	0.448	3.246 3.330
4.3801264554E-004	22.915	0.006	13.554	0.161	1.4173052796E-003
5.4973357919E-004	22.942	0.007	13.559	0.539	2.855 2.954
7.5519796064E-004	22.965	0.008	13.564	0.164	1.4953088339E-003
9.3787795457E-004	22.991	0.009	13.570	0.555	2.800 2.899
1.1481100464E-003	23.009	0.009	13.573	0.169	1.9810865919E-003
1.2711455082E-003	23.035	0.010	13.579	0.653	2.514 2.600
1.4320489347E-003	23.048	0.010	13.581	0.181	2.5281485852E-003
1.4974378554E-003	23.075	0.010	13.587	0.750	2.289 2.353
1.6125120596E-003	23.088	0.010	13.590	0.203	2.9203470796E-003
				0.815	2.161 2.206
				0.212	3.5941733619E-003
				0.910	1.989 2.003
				0.210	4.1567112991E-003
				0.977	1.875 1.868
				0.203	4.7653337955E-003
				1.043	1.770 1.749
				0.205	5.1138208075E-003
				1.076	1.718 1.692
				0.209	5.555474377E-003
				1.116	1.655 1.633
				0.214	5.7330143589E-003
				1.131	1.631 1.612
				0.217	6.0368395911E-003
				1.157	1.588 1.581
				0.222	6.1288849579E-003

1.6481918735E-003	6.9991932196E-003	1.165	1.574	1.573
23.114	0.011	0.222	6.2907087053E-003	
1.7149772478E-003	4.0190187066E-003	1.181	1.544	1.559
23.127	0.010	0.230	6.3297663326E-003	
1.7328419608E-003	2.2967303215E-003	1.186	1.534	1.555
23.154	0.011	0.230	6.3489452015E-003	
1.7496065860E-003	-7.0059457726E-004	1.193	1.516	1.552
23.167	0.010	0.237	6.3303925359E-003	
1.7471021847E-003	-2.1528865696E-003	1.195	1.510	1.552
23.194	0.010	0.237	6.2320187808E-003	
1.7203296406E-003	-4.2168922040E-003	1.195	1.504	1.556
23.209	0.010	0.239	6.1662900058E-003	
1.6996702988E-003	-5.0448848840E-003	1.194	1.504	1.559
23.235	0.010	0.240	6.0049736648E-003	
1.6437728708E-003	-5.7623900100E-003	1.185	1.509	1.568
23.250	0.010	0.240	5.9243168934E-003	
1.6140996903E-003	-5.9951377293E-003	1.180	1.513	1.574
23.276	0.010	0.239	5.7451314690E-003	
1.5453008563E-003	-5.9836922339E-003	1.165	1.527	1.589
23.290	0.010	0.240	5.6669646906E-003	
1.5141008176E-003	-6.1359263210E-003	1.157	1.534	1.597
23.317	0.010	0.247	5.4758579229E-003	
1.4379511118E-003	-6.4426783150E-003	1.137	1.554	1.621
23.331	0.010	0.240	5.3914458970E-003	
1.4047035666E-003	-6.2295148917E-003	1.128	1.564	1.634
23.358	0.010	0.240	5.2170654316E-003	
1.3376797671E-003	-5.6704980871E-003	1.110	1.584	1.662
23.371	0.009	0.240	5.1464932396E-003	
1.3114530093E-003	-5.3944182149E-003	1.104	1.593	1.675
23.398	0.009	0.226	4.9942310750E-003	
1.2562579965E-003	-4.8811081279E-003	1.089	1.611	1.704
23.410	0.009	0.196	4.9402288483E-003	
1.2372816816E-003	-4.8874628971E-003	1.085	1.618	1.714
23.412	0.009	0.220	4.9315989127E-003	
1.2342482810E-003	-4.9696949383E-003	1.084	1.619	1.716
23.439	0.008	0.215	4.7866687197E-003	
1.1832638130E-003	-5.0846965412E-003	1.070	1.638	1.742
23.452	0.007	0.233	4.7200428172E-003	
1.1598565584E-003	-5.2612071103E-003	1.064	1.647	1.754
23.479	0.007	0.242	4.5610387900E-003	
1.1032930910E-003	-5.6128947142E-003	1.048	1.671	1.782
23.492	0.007	0.262	4.4869749715E-003	
1.0766975351E-003	-5.8195776279E-003	1.039	1.684	1.795
23.519	0.008	0.259	4.3115318522E-003	
1.0135312148E-003	-5.5662449603E-003	1.018	1.716	1.828
23.532	0.008	0.239	4.2441862318E-003	
9.8943875522E-004	-5.2858560972E-003	1.010	1.729	1.841
23.559	0.008	0.238	4.0914164489E-003	
9.3565913971E-004	-5.1432519328E-003	0.990	1.760	1.872
23.573	0.008	0.238	4.0253744163E-003	
9.1290330158E-004	-5.1030202994E-003	0.982	1.774	1.886
23.600	0.008	0.239	3.8758046680E-003	
8.6227437541E-004	-5.0369720747E-003	0.963	1.808	1.920
23.613	0.007	0.239	3.8113415889E-003	

8.4098933788E-004	-4.9934006720E-003	0.956	1.823	1.935
23.640	0.007	13.721	0.239	3.6652460581E-003
7.9339832916E-004	-4.9040926518E-003	0.937	1.858	1.972
23.654	0.007	13.724	0.238	3.6019803854E-003
7.7313794771E-004	-4.8547836855E-003	0.930	1.874	1.988
23.680	0.007	13.730	0.238	3.4597891659E-003
7.2813126553E-004	-4.7649569647E-003	0.911	1.913	2.028
23.694	0.007	13.733	0.239	3.3993931260E-003
7.0933600612E-004	-4.7187304505E-003	0.904	1.930	2.045
23.721	0.007	13.740	0.238	3.2609054100E-003
6.6667384549E-004	-4.6462619998E-003	0.885	1.971	2.088
23.734	0.006	13.743	0.239	3.2007435101E-003
6.4841493144E-004	-4.6014035301E-003	0.877	1.990	2.108
23.761	0.007	13.750	0.239	3.0657976612E-003
6.0760465011E-004	-4.5320518835E-003	0.858	2.036	2.154
23.775	0.006	13.753	0.240	3.0074209992E-003
5.9011676967E-004	-4.5222742997E-003	0.850	2.057	2.176
23.802	0.006	13.759	0.240	2.8732503427E-003
5.5015145296E-004	-4.5523853132E-003	0.829	2.109	2.229
23.815	0.006	13.762	0.240	2.8135659956E-003
5.3256827962E-004	-4.6183836213E-003	0.820	2.134	2.254
23.842	0.006	13.769	0.241	2.6742049587E-003
4.9221232033E-004	-4.8325155336E-003	0.797	2.197	2.316
23.856	0.006	13.772	0.241	2.6107353374E-003
4.7429035825E-004	-5.0176445319E-003	0.787	2.229	2.346
23.883	0.006	13.779	0.242	2.4567037732E-003
4.3238538375E-004	-5.4133734695E-003	0.762	2.314	2.419
23.896	0.006	13.782	0.243	2.3860407556E-003
4.1388110602E-004	-5.6556940556E-003	0.751	2.358	2.452
23.923	0.006	13.789	0.244	2.2126246554E-003
3.7029814423E-004	-6.1065984993E-003	0.725	2.483	2.523
23.936	0.005	13.792	0.241	2.1337867568E-003
3.5132183991E-004	-6.2894713830E-003	0.713	2.550	2.549
23.963	0.005	13.798	0.239	1.9456192932E-003
3.0782827140E-004	-6.4981741475E-003	0.685	2.740	2.591
23.976	0.004	13.801	0.235	1.8628230525E-003
2.8945025150E-004	-6.5820246896E-003	0.673	2.841	2.600
24.003	0.004	13.808	0.241	1.6678804250E-003
2.4761899811E-004	-7.1559941538E-003	0.643	3.125	2.600
24.016	0.004	13.811	0.244	1.5732313723E-003
2.2812097740E-004	-7.2605105259E-003	0.628	3.291	2.593
24.043	0.003	13.817	0.244	1.3698711396E-003
1.8741222407E-004	-7.3316193301E-003	0.592	3.738	2.571
24.061	0.003	13.822	0.263	1.2390907720E-003
1.6228388570E-004	-7.6167394000E-003	0.567	4.116	2.558
24.088	0.003	13.829	0.277	1.0169110104E-003
1.2129434792E-004	-7.9258695884E-003	0.517	5.037	2.535
24.112	0.003	13.836	0.266	8.3912310878E-004
9.0617257389E-005	-7.2532588208E-003	0.468	6.189	2.507
24.138	0.002	13.843	0.262	6.5558354458E-004
6.1686881960E-005	-6.5050257171E-003	0.407	7.943	2.437
24.165	0.002	13.850	0.252	4.9070839715E-004
3.8652660127E-005	-5.4035611437E-003	0.341	9.746	2.309
24.182	0.001	13.854	0.253	4.0664393811E-004

2.8624169394E-005	-4.7851743833E-003	0.305	9.797	2.202
24.209	0.001	13.861	0.266	2.8430441560E-004
1.6353862457E-005	-4.4576332680E-003	0.249	8.001	1.993
24.236	0.001	13.868	0.271	1.6788930789E-004
6.5381974641E-006	-3.9623948538E-003	0.169	4.881	1.698
24.263	0.001	13.875	0.270	7.2075176176E-005
6.5912291131E-007	-2.7710167231E-003	0.192	2.499	1.363
24.289	0.000	13.882	0.266	1.9471294729E-005
9.9892848472E-008	-1.3428464405E-003	0.222	1.366	1.047
24.316	0.000	13.890	0.266	1.5117838307E-007
4.5545814585E-010	-1.1707813351E-004	28.645	9.290	5.016

-----  
-----

---

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 Zhu et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

-----  
-----

#### TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
-----

X	dx	d1	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS				
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
(kPa)	(kN/m)				
22.706	0.027	0.027	8.185	0.003	0.000
0.010	0.000				
22.733	0.027	0.027	8.185	0.010	0.000
0.029	0.001				
22.760	0.027	0.027	8.185	0.016	0.000
0.049	0.001				
22.786	0.027	0.027	8.185	0.022	0.001
0.069	0.002				
22.813	0.027	0.027	8.185	0.029	0.001
0.089	0.002				
22.840	0.005	0.005	8.185	0.032	0.000
0.100	0.000				
22.845	0.027	0.027	8.568	0.037	0.001
0.111	0.003				
22.871	0.027	0.027	8.568	0.044	0.001

0.129	0.003					
	22.898	0.017	0.017	8.568	0.049	0.001
0.144	0.002					
	22.915	0.027	0.027	9.284	0.057	0.002
0.156	0.004					
	22.942	0.023	0.023	9.284	0.062	0.001
0.170	0.004					
	22.965	0.027	0.027	10.050	0.072	0.002
0.182	0.005					
	22.991	0.017	0.017	10.050	0.076	0.001
0.192	0.003					
	23.009	0.027	0.027	10.998	0.087	0.002
0.198	0.005					
	23.035	0.013	0.013	10.998	0.089	0.001
0.204	0.003					
	23.048	0.027	0.027	11.710	0.097	0.003
0.208	0.006					
	23.075	0.012	0.013	11.710	0.099	0.001
0.211	0.003					
	23.088	0.027	0.027	12.422	0.106	0.003
0.213	0.006					
	23.114	0.013	0.013	12.422	0.106	0.001
0.214	0.003					
	23.127	0.027	0.027	13.108	0.112	0.003
0.214	0.006					
	23.154	0.013	0.014	13.108	0.112	0.002
0.213	0.003					
	23.167	0.027	0.028	13.759	0.116	0.003
0.211	0.006					
	23.194	0.015	0.015	13.759	0.115	0.002
0.208	0.003					
	23.209	0.027	0.028	13.760	0.114	0.003
0.206	0.006					
	23.235	0.014	0.015	13.760	0.113	0.002
0.204	0.003					
	23.250	0.027	0.028	13.762	0.111	0.003
0.202	0.006					
	23.276	0.014	0.014	13.762	0.110	0.002
0.200	0.003					
	23.290	0.027	0.028	13.763	0.109	0.003
0.197	0.005					
	23.317	0.014	0.014	13.763	0.108	0.002
0.195	0.003					
	23.331	0.027	0.028	13.764	0.107	0.003
0.193	0.005					
	23.358	0.013	0.014	13.764	0.105	0.001
0.191	0.003					
	23.371	0.027	0.028	13.766	0.104	0.003
0.189	0.005					
	23.398	0.012	0.012	13.766	0.103	0.001
0.186	0.002					
	23.410	0.002	0.002	13.766	0.103	0.000
0.186	0.000					
	23.412	0.027	0.028	13.767	0.102	0.003

0.184	0.005					
	23.439	0.014	0.014	13.767	0.100	0.001
0.182	0.003					
	23.452	0.027	0.028	13.768	0.099	0.003
0.180	0.005					
	23.479	0.014	0.014	13.768	0.098	0.001
0.177	0.002					
	23.492	0.027	0.028	13.770	0.097	0.003
0.175	0.005					
	23.519	0.013	0.014	13.770	0.096	0.001
0.173	0.002					
	23.532	0.027	0.028	13.772	0.094	0.003
0.171	0.005					
	23.559	0.014	0.014	13.772	0.093	0.001
0.169	0.002					
	23.573	0.027	0.028	13.773	0.092	0.003
0.166	0.005					
	23.600	0.014	0.014	13.773	0.091	0.001
0.164	0.002					
	23.613	0.027	0.028	13.775	0.090	0.002
0.162	0.004					
	23.640	0.014	0.014	13.775	0.088	0.001
0.160	0.002					
	23.654	0.027	0.028	13.777	0.087	0.002
0.157	0.004					
	23.680	0.013	0.014	13.777	0.086	0.001
0.155	0.002					
	23.694	0.027	0.028	13.779	0.085	0.002
0.153	0.004					
	23.721	0.014	0.014	13.779	0.083	0.001
0.151	0.002					
	23.734	0.027	0.028	13.780	0.082	0.002
0.148	0.004					
	23.761	0.014	0.014	13.780	0.081	0.001
0.146	0.002					
	23.775	0.027	0.028	13.782	0.080	0.002
0.144	0.004					
	23.802	0.014	0.014	13.782	0.078	0.001
0.142	0.002					
	23.815	0.027	0.028	13.784	0.077	0.002
0.139	0.004					
	23.842	0.014	0.014	13.784	0.076	0.001
0.137	0.002					
	23.856	0.027	0.028	14.001	0.075	0.002
0.134	0.004					
	23.883	0.013	0.014	14.001	0.074	0.001
0.131	0.002					
	23.896	0.027	0.028	14.221	0.073	0.002
0.128	0.004					
	23.923	0.013	0.014	14.221	0.071	0.001
0.124	0.002					
	23.936	0.027	0.028	14.441	0.070	0.002
0.120	0.003					
	23.963	0.013	0.014	14.441	0.067	0.001

0.116	0.002					
	23.976	0.027	0.028	14.662	0.065	0.002
0.111	0.003					
	24.003	0.013	0.014	14.662	0.063	0.001
0.106	0.001					
	24.016	0.027	0.028	14.954	0.060	0.002
0.100	0.003					
	24.043	0.018	0.019	14.954	0.057	0.001
0.094	0.002					
	24.061	0.027	0.028	15.187	0.053	0.001
0.087	0.002					
	24.088	0.023	0.024	15.187	0.048	0.001
0.079	0.002					
	24.112	0.027	0.028	15.410	0.044	0.001
0.070	0.002					
	24.138	0.027	0.028	15.410	0.038	0.001
0.061	0.002					
	24.165	0.017	0.018	15.410	0.033	0.001
0.053	0.001					
	24.182	0.027	0.028	15.532	0.028	0.001
0.045	0.001					
	24.209	0.027	0.028	15.532	0.022	0.001
0.036	0.001					
	24.236	0.027	0.028	15.532	0.016	0.000
0.026	0.001					
	24.263	0.027	0.028	15.532	0.010	0.000
0.016	0.000					
	24.289	0.027	0.028	15.532	0.004	0.000
0.006	0.000					
	24.316	0.003	0.003	15.532	0.000	0.000
0.001	0.000					

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 dl(m) : lunghezza base concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
 TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
 TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

#### FORZE APPLICATE/RESISTENTI SU PALIFICATE\*,\*\*

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975,79,81,82) - HASSIOTIS (1997)

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,

ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio



(incaastro).

-----  
-----  
PALIFICATA N.1 --> NESSUNA INTERSEZIONE VALIDA CON LA SUPERFICIE di FS minmimo

-----  
RISULTATI INTERAZIONI CON SISTEMA DI CHIODI e/o TIRANTI

-----  
-----  
Nessuna Intersezione e interazione tra superficie con FS minimo e Sistema di  
Tiranti e/o Chiodi

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.2 sponda destra - zona corridoio - Analisi  
dinamica non drenata REV3.txt

Data: 20/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.2 sponda dx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6.40	10.00	20.92	11.90	6.40	9.90	6.40	7.30
7.20	10.00	21.39	12.70	31.14	9.90	31.14	7.30
7.20	10.10	28.09	12.70	-	-	-	-
7.30	10.10	28.09	11.90	-	-	-	-
7.30	10.80	20.92	11.90	-	-	-	-
18.00	10.80	-	-	-	-	-	-
18.00	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	12.70	-	-	-	-	-	-
21.39	12.70	-	-	-	-	-	-
28.09	12.70	-	-	-	-	-	-
28.09	11.90	-	-	-	-	-	-
28.09	11.70	-	-	-	-	-	-
30.74	11.70	-	-	-	-	-	-
31.14	11.70	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
7.20	10.00	18.70	10.00	-	-	-	-

7.20	10.10	18.70	10.10	-	-	-	-
7.30	10.10	18.60	10.10	-	-	-	-
7.30	10.80	18.60	12.70	-	-	-	-
18.00	10.80	21.39	12.70	-	-	-	-
18.00	16.65	20.50	11.20	-	-	-	-
18.60	16.65	19.50	11.20	-	-	-	-
18.60	10.10	18.90	10.00	-	-	-	-
18.70	10.10	18.70	10.00	-	-	-	-
18.70	10.00	-	-	-	-	-	-
7.20	10.00	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X            Y    (in m)

6.40	10.00
7.20	10.00
18.70	10.00
18.70	10.10
18.60	10.10
18.60	10.60
18.61	10.88
18.62	11.02
18.63	11.09
18.69	11.23
18.75	11.30
18.87	11.39
19.10	11.50
19.48	11.56
22.40	11.60
25.00	11.60
31.14	11.60

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2

STRATO 5

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	0.00		0.00	26.25	20.10	20.10
1.198	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	0.00		0.00	41.52	19.22	19.22
2.475	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	18.59		0.00	0.00	18.82	18.82
0.917	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	0.00		0.00	42.32	19.10	19.10
2.559	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 5	5	0.00		0.00	300.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 6	6	36.00		0.00	0.00	22.00	23.00
2.525	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
(adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00

Carico in X2 (Kpa): 30.00

Posizione carico da X1 m.: 28.09

a X2 m.: 30.74

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a 30.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
 COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.0 (+/-) 50%  
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 6.89  
 29.16  
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00  
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 9.37  
 30.65

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0390  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0195  
 COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

Fattore di sicurezza (FS)	1.7669 - Min. -	X	Y	Lambda=
0.0529		6.93	10.00	
		8.14	9.20	
		8.72	8.84	
		9.12	8.61	
		9.44	8.44	
		9.76	8.31	
		10.05	8.20	
		10.36	8.11	
		10.69	8.03	
		11.08	7.95	
		11.44	7.88	
		11.78	7.82	
		12.11	7.76	
		12.44	7.71	
		12.77	7.66	
		13.11	7.62	
		13.46	7.57	
		13.84	7.53	
		14.17	7.50	
		14.49	7.49	
		14.79	7.49	

15.11	7.50
15.42	7.52
15.75	7.56
16.11	7.62
16.54	7.70
16.87	7.78
17.18	7.87
17.46	7.99
17.78	8.14
18.06	8.30
18.36	8.51
18.70	8.76
19.10	9.08
19.46	9.37
19.80	9.66
20.13	9.95
20.46	10.25
20.82	10.59
21.23	10.98
21.82	11.55
22.97	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.7948	- N.2 --	X	Y	Lambda=
0.0610					

7.05	10.00
8.61	9.03
9.35	8.59
9.85	8.33
10.26	8.14
10.66	7.98
11.03	7.87
11.43	7.77
11.85	7.69
12.35	7.62
12.81	7.57
13.24	7.52
13.66	7.48
14.08	7.45
14.50	7.43
14.93	7.41
15.40	7.40
15.92	7.40
16.34	7.42
16.73	7.46
17.07	7.53
17.47	7.65
17.82	7.78
18.22	7.96
18.65	8.19
19.19	8.51
19.65	8.79
20.07	9.08
20.47	9.37

20.89	9.69
21.33	10.06
21.84	10.53
22.58	11.23
24.09	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.8025	- N.3 --	X	Y	Lambda=
0.0850					

6.94	10.00
8.54	8.93
9.29	8.45
9.79	8.16
10.19	7.96
10.60	7.80
10.96	7.68
11.36	7.59
11.79	7.52
12.33	7.45
12.80	7.41
13.23	7.38
13.64	7.37
14.05	7.37
14.46	7.38
14.89	7.41
15.34	7.45
15.87	7.51
16.30	7.58
16.71	7.66
17.09	7.77
17.50	7.90
17.88	8.05
18.29	8.24
18.73	8.47
19.25	8.76
19.70	9.02
20.13	9.29
20.53	9.57
20.95	9.87
21.40	10.23
21.92	10.66
22.67	11.33
24.20	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.8101	- N.4 --	X	Y	Lambda=
0.0595					

7.09	10.00
8.63	9.06
9.36	8.63
9.85	8.36
10.26	8.17
10.66	8.02
11.03	7.90

11.42	7.80
11.84	7.72
12.34	7.64
12.79	7.58
13.22	7.53
13.63	7.49
14.04	7.46
14.45	7.44
14.88	7.43
15.34	7.42
15.86	7.42
16.28	7.45
16.66	7.49
17.01	7.57
17.40	7.68
17.75	7.81
18.14	7.99
18.57	8.22
19.10	8.53
19.56	8.80
19.98	9.08
20.37	9.37
20.78	9.69
21.21	10.06
21.72	10.52
22.45	11.23
23.95	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.8118	- N.5 --	X	Y	Lambda=
0.0700					

6.94	10.00
8.42	9.09
9.12	8.67
9.60	8.42
9.99	8.24
10.38	8.09
10.73	7.98
11.11	7.88
11.52	7.81
12.01	7.73
12.44	7.68
12.84	7.63
13.23	7.60
13.63	7.58
14.02	7.57
14.43	7.57
14.88	7.58
15.38	7.60
15.79	7.63
16.16	7.69
16.49	7.77
16.87	7.90
17.20	8.04



17.58	8.23
17.99	8.47
18.49	8.79
18.93	9.08
19.34	9.37
19.73	9.66
20.13	9.97
20.56	10.33
21.05	10.75
21.76	11.39
23.18	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.8171	- N.6 --	X	Y	Lambda=
0.0486					

7.11	10.00
8.55	9.19
9.25	8.82
9.73	8.58
10.14	8.39
10.53	8.24
10.89	8.11
11.28	8.00
11.69	7.89
12.16	7.79
12.58	7.71
12.98	7.64
13.36	7.58
13.75	7.54
14.14	7.50
14.55	7.48
14.99	7.47
15.52	7.47
15.92	7.49
16.27	7.54
16.59	7.61
16.96	7.74
17.28	7.88
17.65	8.08
18.05	8.34
18.55	8.69
19.00	9.01
19.41	9.32
19.81	9.63
20.20	9.95
20.64	10.32
21.13	10.75
21.83	11.40
23.23	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.8182	- N.7 --	X	Y	Lambda=
0.0704					

6.91	10.00
------	-------

8.43	9.01
9.15	8.57
9.63	8.30
10.03	8.11
10.42	7.96
10.78	7.85
11.16	7.75
11.58	7.68
12.09	7.62
12.53	7.57
12.95	7.54
13.34	7.52
13.74	7.52
14.13	7.53
14.55	7.55
15.00	7.58
15.51	7.64
15.93	7.70
16.31	7.79
16.66	7.89
17.05	8.04
17.40	8.20
17.78	8.41
18.19	8.66
18.68	8.99
19.13	9.30
19.56	9.60
19.97	9.89
20.38	10.20
20.83	10.54
21.34	10.95
22.06	11.53
23.49	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.8196	- N.8 --	X	Y	Lambda=
0.0713					

7.01	10.00
8.58	9.00
9.31	8.56
9.80	8.30
10.20	8.11
10.60	7.97
10.95	7.87
11.34	7.79
11.76	7.73
12.27	7.69
12.73	7.66
13.16	7.63
13.58	7.61
14.00	7.60
14.42	7.59
14.85	7.58
15.31	7.59

15.82	7.60
16.24	7.62
16.62	7.67
16.98	7.75
17.38	7.86
17.74	7.98
18.13	8.15
18.57	8.37
19.10	8.65
19.55	8.91
19.97	9.17
20.36	9.44
20.77	9.75
21.21	10.11
21.71	10.56
22.45	11.25
23.96	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.8198	- N.9 --	X	Y	Lambda=
0.1007					

7.14	10.00
7.82	9.53
8.18	9.28
8.43	9.11
8.66	8.95
8.86	8.81
9.07	8.66
9.28	8.52
9.49	8.37
9.71	8.21
9.91	8.08
10.10	7.97
10.28	7.88
10.47	7.78
10.65	7.71
10.85	7.64
11.06	7.58
11.31	7.51
11.52	7.46
11.72	7.43
11.89	7.41
12.09	7.39
12.26	7.39
12.45	7.40
12.65	7.42
12.87	7.45
13.09	7.47
13.30	7.50
13.51	7.53
13.71	7.56
13.91	7.59
14.11	7.61
14.32	7.64

14.52	7.67
14.72	7.70
14.92	7.73
15.12	7.77
15.32	7.80
15.52	7.84
15.73	7.88
15.94	7.92
16.17	7.97
16.36	8.01
16.56	8.07
16.74	8.13
16.94	8.20
17.12	8.27
17.31	8.36
17.52	8.46
17.74	8.58
17.95	8.69
18.16	8.81
18.35	8.92
18.55	9.04
18.75	9.17
18.95	9.29
19.15	9.43
19.35	9.57
19.56	9.71
19.77	9.86
19.97	10.00
20.17	10.13
20.37	10.28
20.58	10.42
20.79	10.56
21.00	10.71
21.20	10.85
21.39	11.00
21.59	11.15
21.78	11.31
22.00	11.49
22.25	11.71
22.60	12.04
23.30	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.8219	- N.10 --	X	Y	Lambda=
0.0857					

7.03	10.00
8.58	8.94
9.31	8.46
9.79	8.18
10.19	7.98
10.58	7.82
10.94	7.70
11.33	7.60
11.75	7.53

12.28	7.46
12.73	7.41
13.15	7.38
13.54	7.37
13.94	7.37
14.33	7.39
14.74	7.43
15.19	7.48
15.70	7.56
16.13	7.64
16.53	7.74
16.90	7.85
17.30	7.99
17.67	8.15
18.07	8.34
18.50	8.57
19.00	8.86
19.44	9.12
19.85	9.39
20.25	9.67
20.66	9.97
21.10	10.32
21.61	10.74
22.34	11.38
23.82	12.70

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----  
 # DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*  
 # Analisi Deficit in riferimento a  $F_s(\text{progetto}) = 1.200$

Sup N.	$F_s$	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.767	310.5	175.7	99.6	Surplus
2	1.795	334.2	186.2	110.8	Surplus
3	1.803	340.8	189.1	113.9	Surplus
4	1.810	332.0	183.4	111.9	Surplus
5	1.812	315.0	173.9	106.4	Surplus
6	1.817	313.7	172.6	106.5	Surplus
7	1.818	324.4	178.4	110.3	Surplus
8	1.820	331.4	182.1	112.8	Surplus
9	1.820	321.0	176.4	109.3	Surplus
10	1.822	334.5	183.6	114.2	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 99.6

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
 di scivolamento  
 FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
 di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
 per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

phi'	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(m) (c',Cu) (kPa)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
0.00	6.927	0.152	-33.29	0.16	0.00	0.00
18.59	26.25					
18.59	7.080	0.120	-33.29	0.34	0.47	1.41
18.59	0.00					
18.59	7.200	0.100	-33.29	0.67	0.30	3.04
18.59	0.00					
18.59	7.300	0.206	-33.29	5.47	0.24	4.20
18.59	0.00					
18.59	7.506	0.206	-33.29	6.00	0.21	5.31
18.59	0.00					
18.59	7.712	0.206	-33.29	6.54	0.21	6.43
18.59	0.00					
18.59	7.919	0.206	-33.29	7.08	0.22	7.39
18.59	0.00					
18.59	8.125	0.018	-33.29	0.66	0.23	8.43
18.59	0.00					
18.59	8.143	0.206	-32.25	7.65	0.23	8.53
18.59	0.00					
18.59	8.350	0.206	-32.25	8.16	0.24	9.51
18.59	0.00					
18.59	8.556	0.168	-32.25	7.03	0.26	10.61
18.59	0.00					
18.59	8.724	0.206	-29.95	9.08	0.27	11.55
18.59	0.00					
18.59	8.930	0.185	-29.95	8.54	0.29	12.79
18.59	0.00					
18.59	9.115	0.206	-27.03	9.94	0.30	13.93
18.59	0.00					
18.59	9.321	0.122	-27.03	6.07	0.31	14.96
18.59	0.00					
18.59	9.443	0.206	-23.19	10.57	0.31	15.51
18.59	0.00					
18.59	9.649	0.113	-23.19	5.93	0.32	16.33
18.59	0.00					
18.59	9.762	0.206	-20.06	11.09	0.32	16.76
18.59	0.00					
18.59	9.968	0.084	-20.06	4.62	0.33	17.42
18.59	0.00					
18.59	10.053	0.206	-16.73	11.48	0.33	17.65
18.59	0.00					
18.59	10.259	0.105	-16.73	5.91	0.33	18.22
18.59	0.00					
18.59	10.364	0.206	-13.74	11.83	0.33	18.51
18.59	0.00					

	10.570	0.122	-13.74	7.09	0.34	19.01
18.59	0.00					
	10.692	0.206	-11.32	12.13	0.34	19.31
18.59	0.00					
	10.898	0.181	-11.32	10.76	0.34	19.79
18.59	0.00					
	11.079	0.206	-10.79	12.43	0.34	20.20
18.59	0.00					
	11.285	0.151	-10.79	9.22	0.35	20.64
18.59	0.00					
	11.436	0.206	-10.21	12.69	0.35	20.92
18.59	0.00					
	11.643	0.135	-10.21	8.38	0.35	21.30
18.59	0.00					
	11.778	0.206	-9.59	12.93	0.35	21.53
18.59	0.00					
	11.984	0.126	-9.59	7.95	0.35	21.86
18.59	0.00					
	12.110	0.206	-8.95	13.15	0.35	22.05
18.59	0.00					
	12.316	0.125	-8.95	8.00	0.35	22.36
18.59	0.00					
	12.440	0.206	-8.32	13.35	0.36	22.54
18.59	0.00					
	12.647	0.124	-8.32	8.11	0.36	22.83
18.59	0.00					
	12.771	0.206	-7.70	13.54	0.36	23.00
18.59	0.00					
	12.977	0.132	-7.70	8.73	0.36	23.26
18.59	0.00					
	13.109	0.206	-7.10	13.71	0.36	23.43
18.59	0.00					
	13.316	0.145	-7.10	9.71	0.36	23.68
18.59	0.00					
	13.461	0.206	-6.56	13.88	0.36	23.85
18.59	0.00					
	13.667	0.169	-6.56	11.45	0.36	24.07
18.59	0.00					
	13.836	0.206	-4.80	14.04	0.36	24.22
18.59	0.00					
	14.042	0.125	-4.80	8.58	0.36	24.37
18.59	0.00					
	14.168	0.206	-2.68	14.14	0.36	24.44
18.59	0.00					
	14.374	0.111	-2.68	7.64	0.37	24.51
18.59	0.00					
	14.485	0.206	-0.32	14.18	0.37	24.53
18.59	0.00					
	14.691	0.096	-0.32	6.60	0.37	24.53
18.59	0.00					
	14.787	0.206	2.01	14.17	0.37	24.50
18.59	0.00					
	14.994	0.116	2.01	7.96	0.36	24.43
18.59	0.00					

	15.110	0.206	4.47	14.11	0.36	24.36
18.59	0.00					
	15.316	0.102	4.47	6.94	0.36	24.21
18.59	0.00					
	15.418	0.206	6.83	13.99	0.36	24.11
18.59	0.00					
	15.624	0.124	6.83	8.37	0.36	23.87
18.59	0.00					
	15.748	0.206	8.91	13.82	0.36	23.69
18.59	0.00					
	15.954	0.154	8.91	10.22	0.36	23.35
18.59	0.00					
	16.108	0.206	10.50	13.59	0.36	23.08
18.59	0.00					
	16.314	0.206	10.50	13.44	0.36	22.63
18.59	0.00					
	16.521	0.015	10.50	0.98	0.35	22.08
18.59	0.00					
	16.536	0.206	13.41	13.25	0.35	22.04
18.59	0.00					
	16.742	0.133	13.41	8.41	0.35	21.30
18.59	0.00					
	16.875	0.206	17.38	12.90	0.35	20.66
18.59	0.00					
	17.081	0.103	17.38	6.34	0.34	19.85
18.59	0.00					
	17.184	0.206	21.97	12.48	0.33	19.77
18.59	0.00					
	17.390	0.073	21.97	4.32	0.31	20.07
18.59	0.00					
	17.462	0.206	26.25	12.00	0.30	20.38
18.59	0.00					
	17.669	0.106	26.25	6.04	0.26	21.47
18.59	0.00					
	17.775	0.206	30.19	11.35	0.23	21.76
18.59	0.00					
	17.981	0.019	30.19	1.00	0.20	22.33
18.59	0.00					
	18.000	0.057	30.19	11.60	0.19	22.40
18.59	0.00					
	18.057	0.206	33.85	41.42	0.19	22.45
18.59	0.00					
	18.264	0.101	33.85	20.15	0.18	21.97
18.59	0.00					
	18.365	0.206	36.68	40.57	0.18	21.55
18.59	0.00					
	18.571	0.029	36.68	5.64	0.18	20.34
18.59	0.00					
	18.600	0.010	36.68	0.86	0.18	20.13
18.59	0.00					
	18.610	0.010	36.68	0.86	0.19	20.06
18.59	0.00					
	18.620	0.010	36.68	0.86	0.19	20.00
18.59	0.00					



	18.630	0.020	36.68	1.71	0.19	19.95
18.59	0.00					
	18.650	0.040	36.68	3.41	0.19	19.85
18.59	0.00					
	18.690	0.008	36.68	0.66	0.19	19.67
18.59	0.00					
	18.698	0.002	38.69	0.19	0.19	19.63
18.59	0.00					
	18.700	0.050	38.69	4.24	0.19	19.62
18.59	0.00					
	18.750	0.120	38.69	10.10	0.20	19.43
18.59	0.00					
	18.870	0.030	38.69	2.49	0.21	18.92
18.59	0.00					
	18.900	0.195	38.69	15.80	0.22	18.79
18.59	0.00					
	19.095	0.005	39.41	0.36	0.24	17.80
18.59	0.00					
	19.100	0.206	39.41	15.77	0.24	17.77
18.59	0.00					
	19.306	0.151	39.41	11.00	0.25	16.34
18.59	0.00					
	19.458	0.022	40.23	1.58	0.25	15.12
18.59	0.00					
	19.480	0.020	40.23	1.41	0.25	14.89
18.59	0.00					
	19.500	0.206	40.23	14.10	0.25	14.66
18.59	0.00					
	19.706	0.094	40.23	6.21	0.23	11.87
18.59	0.00					
	19.800	0.206	41.07	13.09	0.20	10.44
18.59	0.00					
	20.007	0.064	41.07	3.93	0.15	7.12
18.59	0.00					
	20.071	0.060	41.07	3.61	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.131	0.206	41.93	11.90	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.337	0.124	41.93	6.77	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.461	0.039	42.96	2.07	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.500	0.206	42.96	10.37	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.706	0.017	42.96	0.83	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.724	0.101	42.96	4.67	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.825	0.095	43.77	4.20	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.920	0.206	43.77	8.34	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.126	0.109	43.77	3.98	0.00	0.00
0.00	26.25					

	21.235	0.155	44.49	5.17	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.390	0.206	44.49	6.05	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.596	0.206	44.49	5.19	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.802	0.016	44.49	0.38	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.819	0.039	44.87	0.87	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.858	0.206	44.87	4.10	0.00	0.00
0.00	26.25					
	22.064	0.206	44.87	3.23	0.00	0.00
0.00	41.52					
	22.270	0.130	44.87	1.61	0.00	0.00
0.00	41.52					
	22.400	0.206	44.87	1.88	0.00	0.00
0.00	41.52					
	22.606	0.206	44.87	1.05	0.00	0.00
0.00	41.52					
	22.812	0.157	44.87	0.24	0.00	0.00
0.00	41.52					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----  
 -----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
 -----  
 ---

	X	ht	yt	yt'	E(x)
T(x)		E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
(kN/m)	(m)	(m)	(m)	(--)	(kN/m)
		(kN)	(--)	(--)	(--)
	6.927	0.000	10.000	-0.461	0.0000000000E+000
0.0000000000E+000		3.1674085714E+000		0.059	3.728 50.000
	7.080	0.020	9.920	-0.461	4.3058984713E-001
2.6846514526E-004		2.4879972476E+000		0.059	2.580 2.610
	7.200	0.053	9.874	-0.198	6.9758395807E-001
6.9336725470E-004		2.8804469699E+000		0.059	1.428 1.264
	7.300	0.121	9.876	-0.018	1.0405635792E+000

2.0839287806E-003	5.1003138455E+000	0.059	1.221	1.043
7.506	0.249	9.869	-0.187	2.8028778994E+000
1.8956249505E-002	1.1851747091E+001	0.059	1.176	0.992
7.712	0.315	9.799	-0.333	5.9289191055E+000
7.3628290035E-002	1.6238119926E+001	0.059	1.311	1.124
7.919	0.382	9.731	-0.329	9.5004308143E+000
1.4351274769E-001	1.8312250564E+001	0.059	1.479	1.287
8.125	0.450	9.664	-0.327	1.3481965129E+001
2.2473985403E-001	2.1557224286E+001	0.059	1.650	1.451
8.143	0.456	9.658	-0.338	1.3883843690E+001
2.3321488373E-001	2.1894091882E+001	0.059	1.670	1.471
8.350	0.517	9.588	-0.358	1.8710561753E+001
3.3669041626E-001	2.5996350869E+001	0.059	1.937	1.727
8.556	0.569	9.510	-0.377	2.4606263301E+001
4.7331764782E-001	3.0014623078E+001	0.059	2.368	2.143
8.724	0.612	9.447	-0.385	2.9845293149E+001
6.0105328309E-001	3.2992784659E+001	0.059	2.876	2.628
8.930	0.650	9.366	-0.395	3.7108938122E+001
7.8710016722E-001	3.6782416190E+001	0.059	3.861	3.578
9.115	0.682	9.292	-0.361	4.4171244087E+001
9.7556747383E-001	3.5547373380E+001	0.059	5.356	5.018
9.321	0.720	9.225	-0.316	5.0896197656E+001
1.1632471032E+000	3.1768256981E+001	0.059	7.734	7.309
9.443	0.746	9.188	-0.278	5.4707892102E+001
1.2729327618E+000	3.0200124821E+001	0.059	9.765	9.182
9.649	0.780	9.134	-0.259	6.0562295028E+001
1.4445418278E+000	2.8050748047E+001	0.059	14.856	13.502
9.762	0.800	9.106	-0.226	6.3706060208E+001
1.5386254630E+000	2.6692468774E+001	0.059	19.028	16.318
9.968	0.831	9.062	-0.203	6.8768287246E+001
1.6926079524E+000	2.2197728314E+001	0.059	29.713	20.737
10.053	0.847	9.047	-0.180	7.0560257666E+001
1.7480561121E+000	2.1500685532E+001	0.059	35.082	21.642
10.259	0.872	9.009	-0.180	7.5127403633E+001
1.8938786954E+000	2.2629496865E+001	0.059	50.000	21.106
10.364	0.884	8.991	-0.164	7.7519481886E+001
1.9729059971E+000	2.2107230257E+001	0.059	50.000	19.644
10.570	0.903	8.959	-0.155	8.1766512202E+001
2.1192180434E+000	2.0919427921E+001	0.059	50.000	15.776
10.692	0.914	8.940	-0.146	8.4340941521E+001
2.2106721147E+000	2.0753173952E+001	0.059	50.000	13.725
10.898	0.926	8.911	-0.140	8.8495699614E+001
2.3646190402E+000	2.0325267030E+001	0.059	50.000	10.867
11.079	0.937	8.886	-0.132	9.2198820505E+001
2.5049478451E+000	1.9931282474E+001	0.059	43.572	9.105
11.285	0.950	8.860	-0.122	9.6179647020E+001
2.6585458578E+000	1.8684211207E+001	0.059	34.564	7.735
11.436	0.962	8.842	-0.113	9.8939875920E+001
2.7650983206E+000	1.8049137839E+001	0.059	30.539	7.055
11.643	0.976	8.819	-0.108	1.0261134374E+002
2.9062641773E+000	1.7180624855E+001	0.059	26.892	6.364
11.778	0.986	8.805	-0.100	1.0487348142E+002
2.9925021193E+000	1.6591796489E+001	0.059	25.519	6.042
11.984	1.001	8.785	-0.098	1.0823782056E+002

3.1200909860E+000	1.6389681705E+001	0.059	24.168	5.654
12.110	1.010	8.773	-0.094	1.1030516070E+002
3.1983829618E+000	1.6220666348E+001	0.059	23.681	5.459
12.316	1.023	8.754	-0.090	1.1357749426E+002
3.3224274487E+000	1.5519319717E+001	0.059	23.269	5.195
12.440	1.032	8.743	-0.086	1.1548360821E+002
3.3950233800E+000	1.5322656550E+001	0.059	23.192	5.059
12.647	1.044	8.725	-0.085	1.1864820625E+002
3.5164602556E+000	1.5292680752E+001	0.059	23.247	4.856
12.771	1.052	8.715	-0.081	1.2054669398E+002
3.5899824505E+000	1.5078349621E+001	0.059	23.370	4.743
12.977	1.064	8.698	-0.078	1.2359381428E+002
3.7089563686E+000	1.4749468852E+001	0.059	23.852	4.571
13.109	1.072	8.688	-0.076	1.2554007257E+002
3.7854902196E+000	1.4723759683E+001	0.059	24.399	4.467
13.316	1.082	8.673	-0.074	1.2857361384E+002
3.9055235188E+000	1.4581749747E+001	0.059	26.103	4.308
13.461	1.089	8.662	-0.069	1.3067721274E+002
3.9888120354E+000	1.4327857270E+001	0.059	28.147	4.202
13.667	1.099	8.648	-0.064	1.3358400475E+002
4.1033129212E+000	1.3715726587E+001	0.059	32.282	4.054
13.836	1.109	8.638	-0.054	1.3585074958E+002
4.1911521607E+000	1.2729236227E+001	0.059	37.276	3.936
14.042	1.116	8.628	-0.045	1.3830598468E+002
4.2846552185E+000	1.1061103314E+001	0.059	45.570	3.804
14.168	1.121	8.623	-0.032	1.3962961557E+002
4.3333234984E+000	9.9337102451E+000	0.059	50.000	3.726
14.374	1.125	8.617	-0.024	1.4147027039E+002
4.3987095106E+000	8.2369802120E+000	0.059	50.000	3.605
14.485	1.129	8.616	-0.009	1.4234552048E+002
4.4278376523E+000	7.2295018202E+000	0.059	50.000	3.536
14.691	1.129	8.614	-0.001	1.4359333720E+002
4.4662157006E+000	5.0402713727E+000	0.059	48.724	3.417
14.787	1.130	8.615	0.013	1.4403209778E+002
4.4774531784E+000	4.2602635593E+000	0.059	43.254	3.360
14.994	1.126	8.618	0.020	1.4477352985E+002
4.4924634987E+000	2.8865792627E+000	0.059	31.302	3.236
15.110	1.125	8.621	0.034	1.4506237687E+002
4.4945573448E+000	1.9337725326E+000	0.059	25.358	3.165
15.316	1.117	8.629	0.042	1.4525831642E+002
4.4842598975E+000	2.5177023468E-001	0.059	17.873	3.041
15.418	1.114	8.634	0.060	1.4524883117E+002
4.4733860309E+000	-6.4642935055E-001	0.059	15.156	2.978
15.624	1.103	8.648	0.070	1.4488447799E+002
4.4337313956E+000	-2.4985330706E+000	0.059	11.316	2.857
15.748	1.097	8.657	0.086	1.4451985552E+002
4.4013348230E+000	-3.4883481568E+000	0.059	9.619	2.787
15.954	1.084	8.676	0.094	1.4361207566E+002
4.3318657626E+000	-4.9040661397E+000	0.059	7.673	2.692
16.108	1.075	8.691	0.108	1.4280103813E+002
4.2738077650E+000	-5.9009371012E+000	0.059	6.693	2.642
16.314	1.060	8.715	0.127	1.4141174855E+002
4.1888789273E+000	-7.3735749142E+000	0.059	5.920	2.646
16.521	1.051	8.743	0.139	1.3975974342E+002

4.1247265527E+000	-8.6095137301E+000	0.059	5.596	2.754
16.536	1.050	8.746	0.171	1.3962814383E+002
4.1214249986E+000	-8.7244313737E+000	0.059	5.582	2.767
16.742	1.036	8.781	0.192	1.3763104812E+002
4.0935322747E+000	-1.0936351134E+001	0.059	5.387	2.962
16.875	1.034	8.811	0.316	1.3607496821E+002
4.1109185100E+000	-1.3026017037E+001	0.059	5.007	3.033
17.081	1.047	8.888	0.477	1.3297632733E+002
4.1755712869E+000	-1.6901368575E+001	0.059	4.050	2.908
17.184	1.085	8.958	0.665	1.3114206778E+002
4.2268759118E+000	-1.9170475339E+001	0.059	3.477	2.693
17.390	1.137	9.094	0.549	1.2663701363E+002
4.3306065709E+000	-2.4938811979E+001	0.059	2.617	2.205
17.462	1.126	9.111	0.282	1.2474633080E+002
4.3592789799E+000	-3.0419945206E+001	0.059	2.362	2.019
17.669	1.085	9.172	0.296	1.1590166198E+002
4.3307598692E+000	-7.0740146529E+001	0.059	1.758	1.521
17.775	1.064	9.204	0.331	1.0684051461E+002
4.1637219629E+000	-8.0709462854E+001	0.059	1.472	1.281
17.981	1.016	9.276	0.349	9.1956956803E+001
3.8266145350E+000	-6.4612697678E+001	0.059	1.174	1.023
18.000	1.012	9.282	12.637	9.0765633248E+001
3.7969655132E+000	-6.4191136157E+001	0.059	1.156	1.007
18.057	1.931	10.235	4.335	8.7042274369E+001
3.7022778723E+000	-6.4532975851E+001	0.059	1.105	0.964
18.264	1.982	10.425	0.769	7.4076289190E+001
3.3286262629E+000	-5.6833500927E+001	0.059	0.969	0.852
18.365	1.962	10.472	0.235	6.8618841023E+001
3.1567053339E+000	-5.2133598567E+001	0.059	0.921	0.815
18.571	1.833	10.497	-0.768	5.8595099926E+001
2.8106991121E+000	-4.3181243665E+001	0.059	0.852	0.762
18.600	1.606	10.291	-5.166	5.7367421665E+001
2.7652969700E+000	-4.1541410218E+001	0.066	0.844	0.756
18.610	1.603	10.296	0.447	5.6955043820E+001
2.7498415825E+000	-4.0923889818E+001	0.070	0.841	0.754
18.620	1.600	10.300	0.447	5.6548943868E+001
2.7344319600E+000	-4.0343650451E+001	0.072	0.839	0.752
18.630	1.597	10.305	0.447	5.6148170811E+001
2.7190481542E+000	-3.9921699825E+001	0.073	0.836	0.750
18.650	1.591	10.314	0.447	5.5355961051E+001
2.6883092148E+000	-3.9727744212E+001	0.073	0.831	0.746
18.690	1.579	10.331	0.447	5.3757470783E+001
2.6254644435E+000	-3.9747945475E+001	0.074	0.821	0.739
18.698	1.577	10.335	0.454	5.3450562314E+001
2.6130236058E+000	-3.8018187629E+001	0.096	0.819	0.738
18.700	1.576	10.336	0.480	5.3365365105E+001
2.6095153521E+000	-3.7529716374E+001	0.136	0.819	0.738
18.750	1.560	10.360	0.480	5.1480628176E+001
2.5313703819E+000	-3.8236531603E+001	0.136	0.808	0.730
18.870	1.522	10.418	0.480	4.6736207993E+001
2.3292293693E+000	-3.9719294172E+001	0.136	0.780	0.710
18.900	1.512	10.432	0.299	4.5543260723E+001
2.2776695522E+000	-4.0142404431E+001	0.136	0.774	0.705
19.095	1.408	10.485	0.265	3.7215656461E+001

1.9078574916E+000	-3.8632231686E+001	0.104	0.727	0.667
19.100	1.405	10.485	0.014	3.7041225974E+001
1.8996525372E+000	-3.8694214340E+001	0.103	0.727	0.666
19.306	1.238	10.488	0.102	2.7615140165E+001
1.4597248275E+000	-4.9211849786E+001	0.071	0.691	0.614
19.458	1.147	10.522	0.238	1.9771651784E+001
1.0925600040E+000	-5.6440468047E+001	0.059	0.671	0.565
19.480	1.136	10.529	0.376	1.8497104095E+001
1.0337364834E+000	-5.8977749250E+001	0.059	0.669	0.556
19.500	1.127	10.537	0.504	1.7284352272E+001
9.7864279381E-001	-6.0894877440E+001	0.059	0.669	0.548
19.706	1.059	10.644	0.515	4.1789168262E+000
3.9476923068E-001	-5.1251137043E+001	0.059	0.677	0.453
19.800	1.028	10.692	0.524	-1.1787616158E-001
2.2612229415E-001	-4.3894355355E+001	0.059	0.704	0.418
20.007	0.957	10.801	0.520	-8.3828729270E+000
-6.3260571111E-002	-3.5984566609E+001	0.059	0.787	0.347
20.071	0.933	10.833	0.510	-1.0612876864E+001
-1.3600246514E-001	-3.4541499126E+001	0.059	0.818	1.306
20.131	0.912	10.864	0.521	-1.2675558998E+001
-2.0070163632E-001	-3.3194402367E+001	0.059	0.843	1.294
20.337	0.834	10.972	0.532	-1.8677522586E+001
-3.6130672253E-001	-2.7879292862E+001	0.059	0.914	1.251
20.461	0.791	11.040	0.550	-2.2041356265E+001
-4.3999511834E-001	-2.6030361480E+001	0.059	0.948	1.227
20.500	0.776	11.061	0.481	-2.3042830345E+001
-4.6206177569E-001	-2.4377148164E+001	0.060	0.957	1.220
20.706	0.681	11.158	0.469	-2.6649258591E+001
-5.1560607104E-001	-1.7100388276E+001	0.059	0.983	1.193
20.724	0.673	11.166	0.498	-2.6947588993E+001
-5.1956270569E-001	-1.6734485111E+001	0.059	0.985	1.191
20.825	0.629	11.217	0.556	-2.8441986520E+001
-5.3282869448E-001	-1.4084519866E+001	0.059	0.989	1.178
20.920	0.597	11.276	0.645	-2.9720030655E+001
-5.3319435493E-001	-1.3115249125E+001	0.059	0.984	1.164
21.126	0.535	11.411	0.634	-3.2299257433E+001
-5.2279081729E-001	-9.4494418072E+000	0.059	0.971	1.134
21.235	0.495	11.475	0.641	-3.3151664093E+001
-5.0671207987E-001	-7.0389232732E+000	0.059	0.967	1.120
21.390	0.448	11.580	0.683	-3.4066414965E+001
-4.7219995808E-001	-3.9951676054E+000	0.059	0.973	1.102
21.596	0.387	11.722	0.674	-3.4367293052E+001
-4.1156954055E-001	1.1186238800E+000	0.059	1.009	1.090
21.802	0.321	11.859	0.659	-3.3605028878E+001
-3.4398442023E-001	8.2064170039E+000	0.059	1.080	1.101
21.819	0.315	11.869	0.620	-3.3464958243E+001
-3.3862907927E-001	8.8070148224E+000	0.059	1.085	1.100
21.858	0.300	11.893	0.597	-3.3101941391E+001
-3.2612480465E-001	9.4741375976E+000	0.059	1.098	1.101
22.064	0.217	12.015	0.624	-3.1046472418E+001
-2.5818705047E-001	1.3633429419E+001	0.059	1.239	1.783
22.270	0.147	12.150	0.782	-2.7478715589E+001
-1.7975769520E-001	2.8079845484E+001	0.059	1.552	1.943
22.400	0.145	12.278	0.808	-2.2943575808E+001

-1.0667240928E-001	3.4586186037E+001	0.059	1.857	2.184
22.606	0.084	12.422	0.739	-1.5905959164E+001
-4.3427023024E-002	3.8393698065E+001	0.059	3.102	3.648
22.812	0.040	12.583	0.739	-7.1077631914E+000
-9.1529016480E-003	4.4067681957E+001	0.059	11.054	13.001

---

---

---

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio

ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio

yt(m) : coordinata Y linea di trust

yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust

E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio

T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio

E' (kN) : derivata Forza normale interconcio

Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio

Zhu et al.(2003)

FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM

FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM

Procedure

-----

-----

# TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
6.927	0.152	0.182	-33.293	-0.442	-0.081
26.251	4.782				
7.080	0.120	0.144	-33.293	-1.211	-0.174
0.207	0.030				
7.200	0.100	0.120	-33.293	-2.910	-0.348
0.616	0.074				
7.300	0.206	0.247	-33.293	-11.443	-2.823
5.062	1.249				
7.506	0.206	0.247	-33.293	-12.564	-3.100
5.506	1.359				
7.712	0.206	0.247	-33.293	-13.686	-3.377
5.834	1.439				
7.919	0.206	0.247	-33.293	-14.807	-3.653
6.197	1.529				
8.125	0.018	0.022	-33.293	-15.418	-0.341
6.254	0.138				
8.143	0.206	0.244	-32.250	-15.704	-3.829
6.795	1.657				
8.350	0.206	0.244	-32.250	-16.761	-4.087
7.247	1.767				
8.556	0.168	0.199	-32.250	-17.720	-3.521

7.537	1.498					
	8.724	0.206	0.238	-29.953	-17.750	-4.225
8.395	1.998					
	8.930	0.185	0.213	-29.953	-18.622	-3.975
8.655	1.848					
	9.115	0.206	0.232	-27.031	-18.022	-4.173
9.328	2.160					
	9.321	0.122	0.137	-27.031	-18.623	-2.548
9.411	1.288					
	9.443	0.206	0.224	-23.191	-16.864	-3.784
10.361	2.325					
	9.649	0.113	0.123	-23.191	-17.295	-2.123
10.464	1.284					
	9.762	0.206	0.220	-20.064	-15.472	-3.397
11.189	2.457					
	9.968	0.084	0.090	-20.064	-15.765	-1.416
11.196	1.006					
	10.053	0.206	0.215	-16.735	-13.357	-2.876
11.997	2.584					
	10.259	0.105	0.109	-16.735	-13.572	-1.482
12.124	1.324					
	10.364	0.206	0.212	-13.738	-11.118	-2.360
12.662	2.688					
	10.570	0.122	0.126	-13.738	-11.267	-1.414
12.768	1.603					
	10.692	0.206	0.210	-11.316	-9.108	-1.916
13.161	2.768					
	10.898	0.181	0.184	-11.316	-9.223	-1.701
13.262	2.445					
	11.079	0.206	0.210	-10.794	-8.818	-1.851
13.391	2.811					
	11.285	0.151	0.154	-10.794	-8.914	-1.374
13.433	2.071					
	11.436	0.206	0.210	-10.206	-8.408	-1.762
13.588	2.847					
	11.643	0.135	0.137	-10.206	-8.489	-1.163
13.626	1.867					
	11.778	0.206	0.209	-9.591	-7.924	-1.657
13.782	2.882					
	11.984	0.126	0.128	-9.591	-7.992	-1.019
13.851	1.767					
	12.110	0.206	0.209	-8.954	-7.376	-1.540
13.998	2.922					
	12.316	0.125	0.126	-8.954	-7.434	-0.937
14.048	1.771					
	12.440	0.206	0.208	-8.322	-6.799	-1.417
14.201	2.960					
	12.647	0.124	0.126	-8.322	-6.848	-0.861
14.260	1.793					
	12.771	0.206	0.208	-7.702	-6.204	-1.291
14.388	2.994					
	12.977	0.132	0.133	-7.702	-6.245	-0.833
14.445	1.926					
	13.109	0.206	0.208	-7.105	-5.608	-1.165



14.571	3.028					
13.316	0.145	0.146	-7.105	-5.643	-0.825	
14.621	2.139					
13.461	0.206	0.208	-6.560	-5.050	-1.048	
14.723	3.056					
13.667	0.169	0.170	-6.560	-5.081	-0.865	
14.768	2.514					
13.836	0.206	0.207	-4.801	-3.041	-0.629	
14.887	3.081					
14.042	0.125	0.126	-4.801	-3.053	-0.385	
14.894	1.876					
14.168	0.206	0.206	-2.685	-0.540	-0.111	
14.960	3.089					
14.374	0.111	0.111	-2.685	-0.541	-0.060	
14.960	1.667					
14.485	0.206	0.206	-0.322	2.295	0.473	
14.943	3.082					
14.691	0.096	0.096	-0.322	2.296	0.220	
14.926	1.433					
14.787	0.206	0.206	2.014	5.089	1.050	
14.826	3.059					
14.994	0.116	0.116	2.014	5.081	0.590	
14.800	1.720					
15.110	0.206	0.207	4.465	7.961	1.647	
14.593	3.019					
15.316	0.102	0.102	4.465	7.934	0.811	
14.556	1.487					
15.418	0.206	0.208	6.834	10.626	2.207	
14.261	2.962					
15.624	0.124	0.125	6.834	10.567	1.320	
14.209	1.776					
15.748	0.206	0.209	8.905	12.802	2.672	
13.881	2.898					
15.954	0.154	0.156	8.905	12.698	1.975	
13.816	2.149					
16.108	0.206	0.210	10.500	14.290	2.997	
13.504	2.832					
16.314	0.206	0.210	10.500	14.131	2.964	
13.419	2.814					
16.521	0.015	0.015	10.500	14.045	0.217	
13.476	0.208					
16.536	0.206	0.212	13.407	16.865	3.576	
12.861	2.727					
16.742	0.133	0.136	13.407	16.662	2.270	
12.841	1.750					
16.875	0.206	0.216	17.378	20.056	4.334	
11.921	2.576					
17.081	0.103	0.108	17.378	19.758	2.129	
11.877	1.280					
17.184	0.206	0.222	21.971	23.031	5.122	
10.420	2.317					
17.390	0.073	0.078	21.971	22.621	1.772	
10.049	0.787					
17.462	0.206	0.230	26.246	24.907	5.727	

8.647	1.988					
	17.669	0.106	0.119	26.246	24.274	2.881
8.503	1.009					
	17.775	0.206	0.239	30.188	25.536	6.093
7.049	1.682					
	17.981	0.019	0.022	30.188	24.954	0.538
6.527	0.141					
	18.000	0.057	0.066	30.188	93.908	6.224
43.049	2.853					
	18.057	0.206	0.248	33.852	98.312	24.413
38.881	9.655					
	18.264	0.101	0.122	33.852	97.343	11.875
38.526	4.700					
	18.365	0.206	0.257	36.675	99.178	25.502
35.135	9.035					
	18.571	0.029	0.036	36.675	98.331	3.548
35.121	1.267					
	18.600	0.010	0.012	36.675	43.428	0.541
12.300	0.153					
	18.610	0.010	0.012	36.675	43.356	0.541
12.290	0.153					
	18.620	0.010	0.012	36.675	43.284	0.540
12.279	0.153					
	18.630	0.020	0.025	36.675	43.176	1.077
12.251	0.306					
	18.650	0.040	0.050	36.675	42.960	2.143
12.216	0.609					
	18.690	0.008	0.010	36.675	42.788	0.412
12.229	0.118					
	18.698	0.002	0.003	38.687	43.392	0.126
11.248	0.033					
	18.700	0.050	0.064	38.687	43.369	2.778
11.254	0.721					
	18.750	0.120	0.154	38.687	43.063	6.620
11.279	1.734					
	18.870	0.030	0.038	38.687	42.501	1.633
11.255	0.433					
	18.900	0.195	0.250	38.687	41.347	10.354
10.967	2.746					
	19.095	0.005	0.006	39.413	40.450	0.237
10.521	0.062					
	19.100	0.206	0.267	39.413	39.285	10.486
10.301	2.750					
	19.306	0.151	0.196	39.413	37.308	7.314
10.230	2.005					
	19.458	0.022	0.029	40.228	36.487	1.066
10.107	0.295					
	19.480	0.020	0.026	40.228	36.246	0.950
10.172	0.266					
	19.500	0.206	0.270	40.228	35.269	9.527
9.945	2.686					
	19.706	0.094	0.123	40.228	34.013	4.194
9.719	1.199					
	19.800	0.206	0.274	41.073	32.836	8.983

9.167	2.508					
	20.007	0.064	0.085	41.073	31.667	2.699
9.680	0.825					
	20.071	0.060	0.080	41.073	31.112	2.476
27.194	2.164					
	20.131	0.206	0.277	41.929	29.925	8.295
26.934	7.466					
	20.337	0.124	0.167	41.929	28.351	4.722
26.808	4.465					
	20.461	0.039	0.053	42.961	27.615	1.472
26.749	1.425					
	20.500	0.206	0.282	42.961	26.133	7.364
26.479	7.462					
	20.706	0.017	0.024	42.961	24.735	0.591
26.449	0.632					
	20.724	0.101	0.138	42.961	24.040	3.314
26.366	3.635					
	20.825	0.095	0.132	43.765	22.898	3.025
26.253	3.468					
	20.920	0.206	0.286	43.765	21.021	6.003
26.205	7.483					
	21.126	0.109	0.151	43.765	19.022	2.865
26.120	3.934					
	21.235	0.155	0.217	44.492	17.324	3.764
26.053	5.661					
	21.390	0.206	0.289	44.492	15.241	4.406
25.990	7.514					
	21.596	0.206	0.289	44.492	13.083	3.782
25.961	7.505					
	21.802	0.016	0.023	44.492	11.918	0.273
25.961	0.595					
	21.819	0.039	0.055	44.872	11.623	0.635
25.965	1.418					
	21.858	0.206	0.291	44.872	10.325	3.005
25.959	7.554					
	22.064	0.206	0.291	44.872	8.140	2.369
41.184	11.985					
	22.270	0.130	0.183	44.872	6.435	1.181
41.023	7.527					
	22.400	0.206	0.291	44.872	4.731	1.377
41.249	12.004					
	22.606	0.206	0.291	44.872	2.641	0.769
41.373	12.040					
	22.812	0.157	0.222	44.872	0.798	0.177
41.469	9.214					

-----  
-----

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 dl(m) : lunghezza base concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio

TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----  
-----

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.2 sponda destra - zona corridoio - Analisi  
post-sisma a liquefazione REV3.txt

Data: 20/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.2 sponda dx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6.40	10.00	20.92	11.90	6.40	9.90	6.40	7.30
7.20	10.00	21.39	12.70	31.14	9.90	31.14	7.30
7.20	10.10	28.09	12.70	-	-	-	-
7.30	10.10	28.09	11.90	-	-	-	-
7.30	10.80	20.92	11.90	-	-	-	-
18.00	10.80	-	-	-	-	-	-
18.00	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	16.65	-	-	-	-	-	-
18.60	12.70	-	-	-	-	-	-
21.39	12.70	-	-	-	-	-	-
28.09	12.70	-	-	-	-	-	-
28.09	11.90	-	-	-	-	-	-
28.09	11.70	-	-	-	-	-	-
30.74	11.70	-	-	-	-	-	-
31.14	11.70	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
7.20	10.00	18.70	10.00	-	-	-	-

7.20	10.10	18.70	10.10	-	-	-	-
7.30	10.10	18.60	10.10	-	-	-	-
7.30	10.80	18.60	12.70	-	-	-	-
18.00	10.80	21.39	12.70	-	-	-	-
18.00	16.65	20.50	11.20	-	-	-	-
18.60	16.65	19.50	11.20	-	-	-	-
18.60	10.10	18.90	10.00	-	-	-	-
18.70	10.10	18.70	10.00	-	-	-	-
18.70	10.00	-	-	-	-	-	-
7.20	10.00	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X Y (in m)

6.40	10.00
7.20	10.00
18.70	10.00
18.70	10.10
18.60	10.10
18.60	10.60
18.61	10.88
18.62	11.02
18.63	11.09
18.69	11.23
18.75	11.30
18.87	11.39
19.10	11.50
19.48	11.56
22.40	11.60
25.00	11.60
31.14	11.60

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2

STRATO 5

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	0.00		0.00	26.25	20.10	20.10
1.198	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	0.00		0.00	41.52	19.22	19.22
2.475	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	18.59		0.00	0.00	18.82	18.82
0.917	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	0.00		0.00	42.32	19.10	19.10
2.559	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 5	5	0.00		0.00	300.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 6	6	36.00		0.00	0.00	22.00	23.00
2.525	0.00	0.00	0.00	0.00			

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
(adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

#### ----- ANALISI IN CONDIZIONE DI POTENZIALE LIQUEFAZIONE -----

STRATO n.	LIQUEFACIBILE (0=NO 1=SI)	FS (liquefazione)	Nspt (normalizzato e corretto)
1	0	0.00	0.00
2	0	0.00	0.00
3	1	1.10	9.00
4	0	0.00	0.00
5	0	0.00	0.00
6	0	0.00	0.00

Note: LIQUEFACIBILE (0=NO;1=SI): stato di potenziale (totale o parziale) liquefacibilita')

FS(liquefazione): secondo procedura Idriss y Boulanger (2008,2010)

Nspt: numero colpi NSPT ,Normalizzati e corretti secondo la procedura Idriss y Boulanger (2008,2010)

#### ----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 150.00  
 Carico in X2 (Kpa): 30.00  
 Posizione carico da X1 m.: 28.09  
 a X2 m.: 30.74  
 Inclinazione carico (gradi): 90.00  
 Componenti distribuzione forza unitaria applicata:  
 #Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00  
 #Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 150.00 a 30.00  
 ##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI  
 METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
 COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.0 (+/-) 50%  
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 6.89  
 29.16  
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00  
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 9.37  
 30.65

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
 COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0

durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

Fattore di sicurezza (FS)	1.3619	- Min. -	X	Y	Lambda=
0.0604			7.03	10.00	
			8.33	9.20	
			8.97	8.82	
			9.40	8.59	



9.76	8.40
10.11	8.25
10.44	8.13
10.80	8.01
11.18	7.90
11.63	7.79
12.01	7.71
12.35	7.66
12.67	7.63
13.01	7.61
13.33	7.62
13.67	7.65
14.05	7.71
14.51	7.79
14.89	7.87
15.24	7.97
15.56	8.08
15.91	8.22
16.23	8.37
16.58	8.55
16.95	8.76
17.38	9.03
17.76	9.29
18.12	9.54
18.46	9.80
18.82	10.08
19.19	10.42
19.63	10.82
20.26	11.43
21.54	12.70

Fattore di sicurezza (FS)      1.3841   - N.2   --      X      Y      Lambda=  
0.0413

7.07	10.00
8.39	9.19
9.02	8.81
9.44	8.58
9.80	8.41
10.14	8.27
10.46	8.17
10.81	8.07
11.18	7.99
11.63	7.91
12.01	7.85
12.36	7.81
12.69	7.79
13.04	7.78
13.37	7.79
13.72	7.81
14.11	7.85
14.56	7.91
14.93	7.98
15.27	8.05

15.59	8.15
15.93	8.28
16.25	8.41
16.59	8.59
16.96	8.79
17.40	9.06
17.78	9.30
18.14	9.55
18.48	9.80
18.83	10.09
19.21	10.41
19.64	10.81
20.27	11.43
21.55	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.4664	- N.3 --	X	Y	Lambda=
0.0798					

6.96	10.00
8.05	9.29
8.57	8.95
8.93	8.74
9.24	8.57
9.54	8.43
9.81	8.31
10.11	8.20
10.42	8.09
10.79	7.98
11.10	7.89
11.39	7.83
11.67	7.77
11.96	7.73
12.23	7.71
12.52	7.69
12.83	7.69
13.19	7.69
13.50	7.71
13.80	7.73
14.09	7.76
14.38	7.79
14.67	7.84
14.98	7.90
15.30	7.97
15.68	8.06
15.98	8.15
16.26	8.25
16.51	8.36
16.80	8.52
17.06	8.68
17.33	8.89
17.63	9.12
17.99	9.43
18.31	9.71
18.63	9.99

18.93	10.26
19.23	10.54
19.57	10.85
19.94	11.20
20.47	11.71
21.51	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.4704	- N.4 --	X	Y	Lambda=
0.0225					

7.07	10.00
8.37	9.26
9.00	8.91
9.44	8.69
9.81	8.51
10.17	8.36
10.51	8.24
10.87	8.12
11.26	8.00
11.71	7.88
12.08	7.80
12.42	7.74
12.74	7.71
13.08	7.69
13.40	7.70
13.74	7.73
14.12	7.78
14.59	7.87
14.97	7.95
15.33	8.05
15.65	8.16
16.00	8.29
16.33	8.44
16.67	8.62
17.05	8.83
17.48	9.10
17.86	9.35
18.23	9.60
18.57	9.85
18.92	10.13
19.31	10.46
19.75	10.85
20.38	11.45
21.67	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.4792	- N.5 --	X	Y	Lambda=
0.0304					

7.01	10.00
8.35	9.12
8.99	8.71
9.42	8.46
9.78	8.27
10.13	8.11

10.46	7.99
10.82	7.88
11.20	7.77
11.67	7.67
12.05	7.60
12.40	7.55
12.73	7.52
13.07	7.52
13.40	7.53
13.75	7.57
14.13	7.63
14.60	7.72
14.99	7.81
15.34	7.92
15.67	8.03
16.02	8.18
16.34	8.34
16.69	8.53
17.06	8.76
17.50	9.04
17.89	9.31
18.25	9.58
18.61	9.84
18.97	10.13
19.36	10.47
19.80	10.87
20.44	11.47
21.73	12.70

Fattore di sicurezza (FS)      1.4838   - N.6 --      X      Y      Lambda=  
0.0327

7.13	10.00
8.44	9.19
9.07	8.81
9.50	8.58
9.87	8.40
10.22	8.25
10.55	8.13
10.90	8.02
11.28	7.92
11.74	7.82
12.12	7.75
12.46	7.70
12.78	7.68
13.13	7.68
13.44	7.69
13.79	7.73
14.17	7.79
14.62	7.88
15.01	7.97
15.36	8.07
15.69	8.18
16.04	8.32

16.36	8.47
16.71	8.64
17.09	8.85
17.52	9.11
17.90	9.35
18.26	9.59
18.60	9.84
18.95	10.12
19.33	10.44
19.76	10.84
20.40	11.44
21.68	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.4900	- N.7 --	X	Y	Lambda=
0.0397					

6.96	10.00
8.28	9.19
8.92	8.82
9.36	8.58
9.73	8.39
10.09	8.24
10.43	8.11
10.79	7.99
11.17	7.89
11.62	7.77
12.01	7.69
12.36	7.63
12.69	7.59
13.04	7.57
13.37	7.57
13.73	7.58
14.12	7.62
14.60	7.68
14.98	7.74
15.33	7.83
15.64	7.92
15.99	8.06
16.31	8.21
16.65	8.40
17.02	8.63
17.47	8.93
17.87	9.20
18.24	9.48
18.59	9.75
18.95	10.05
19.34	10.39
19.79	10.81
20.43	11.43
21.73	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.4940	- N.8 --	X	Y	Lambda=
0.0266					

7.15	10.00
8.49	9.19
9.12	8.82
9.54	8.60
9.88	8.45
10.22	8.33
10.53	8.25
10.86	8.18
11.22	8.13
11.66	8.09
12.05	8.06
12.42	8.04
12.77	8.03
13.13	8.02
13.48	8.02
13.85	8.03
14.24	8.05
14.69	8.08
15.04	8.12
15.38	8.17
15.68	8.25
16.02	8.36
16.33	8.49
16.67	8.66
17.04	8.86
17.48	9.13
17.87	9.37
18.23	9.62
18.58	9.87
18.93	10.15
19.31	10.47
19.74	10.86
20.38	11.46
21.66	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.5077	- N.9 --	X	Y	Lambda=
0.0354					

7.05	10.00
8.40	9.22
9.03	8.87
9.45	8.66
9.80	8.51
10.15	8.39
10.46	8.31
10.79	8.25
11.16	8.20
11.60	8.16
11.99	8.14
12.36	8.12
12.71	8.11
13.07	8.11
13.42	8.12
13.79	8.13

14.18	8.16
14.61	8.19
14.98	8.24
15.32	8.30
15.63	8.38
15.98	8.48
16.30	8.60
16.64	8.75
17.02	8.94
17.47	9.18
17.85	9.40
18.21	9.62
18.55	9.85
18.90	10.12
19.27	10.43
19.71	10.82
20.34	11.43
21.64	12.70

Fattore di sicurezza (FS)	1.5098	-	N.10	--	X	Y	Lambda=
0.1307							

7.16	10.00
8.37	9.13
8.96	8.73
9.35	8.48
9.69	8.28
10.01	8.12
10.31	7.99
10.64	7.87
10.98	7.76
11.39	7.64
11.75	7.55
12.07	7.48
12.38	7.43
12.70	7.39
13.01	7.37
13.33	7.36
13.67	7.36
14.06	7.37
14.42	7.39
14.75	7.42
15.07	7.45
15.40	7.50
15.72	7.55
16.06	7.62
16.42	7.69
16.83	7.79
17.17	7.89
17.48	8.00
17.76	8.13
18.08	8.29
18.37	8.47
18.68	8.68

19.01	8.94
19.40	9.26
19.76	9.56
20.11	9.85
20.45	10.14
20.78	10.43
21.16	10.76
21.58	11.13
22.16	11.66
23.31	12.70

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.362	157.5	115.6	18.7	Surplus
2	1.384	159.6	115.3	21.2	Surplus
3	1.466	173.0	117.9	31.4	Surplus
4	1.470	168.8	114.8	31.0	Surplus
5	1.479	176.0	119.0	33.2	Surplus
6	1.484	172.0	115.9	32.9	Surplus
7	1.490	177.0	118.8	34.4	Surplus
8	1.494	170.8	114.3	33.6	Surplus
9	1.508	172.2	114.2	35.1	Surplus
10	1.510	215.5	142.7	44.2	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 18.7

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

----- TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS -----

	X	dx	alpha	W	ru	U
phi'	(c',Cu)					
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
	7.034	0.162	-31.66	0.16	0.00	0.00
0.00	26.25					
	7.196	0.004	-31.66	0.01	0.00	0.00
18.59	0.00					
	7.200	0.100	-31.66	0.51	0.36	2.59



18.59	0.00					
	7.300	0.193	-31.66	4.70	0.44	6.27
18.59	0.00					
	7.493	0.193	-31.66	5.13	0.52	10.81
18.59	0.00					
	7.686	0.193	-31.66	5.56	0.55	14.04
18.59	0.00					
	7.879	0.193	-31.66	5.99	0.58	16.92
18.59	0.00					
	8.072	0.193	-31.66	6.43	0.61	19.69
18.59	0.00					
	8.265	0.070	-31.66	2.43	0.62	21.97
18.59	0.00					
	8.335	0.193	-30.75	7.01	0.62	22.58
18.59	0.00					
	8.528	0.193	-30.75	7.43	0.63	24.28
18.59	0.00					
	8.721	0.193	-30.75	7.84	0.64	25.93
18.59	0.00					
	8.914	0.051	-30.75	2.15	0.65	27.45
18.59	0.00					
	8.965	0.193	-28.81	8.35	0.65	27.85
18.59	0.00					
	9.158	0.193	-28.81	8.74	0.65	29.29
18.59	0.00					
	9.351	0.044	-28.81	2.05	0.66	30.63
18.59	0.00					
	9.395	0.193	-26.45	9.20	0.66	30.91
18.59	0.00					
	9.588	0.173	-26.45	8.56	0.66	32.24
18.59	0.00					
	9.762	0.193	-23.39	9.83	0.66	33.44
18.59	0.00					
	9.955	0.157	-23.39	8.23	0.67	34.77
18.59	0.00					
	10.112	0.193	-20.83	10.37	0.67	35.74
18.59	0.00					
	10.305	0.138	-20.83	7.55	0.67	36.91
18.59	0.00					
	10.442	0.193	-18.21	10.81	0.67	37.55
18.59	0.00					
	10.635	0.161	-18.21	9.21	0.68	38.46
18.59	0.00					
	10.797	0.193	-15.85	11.21	0.68	39.24
18.59	0.00					
	10.990	0.189	-15.85	11.20	0.68	40.11
18.59	0.00					
	11.179	0.193	-13.96	11.60	0.68	40.88
18.59	0.00					
	11.372	0.193	-13.96	11.77	0.68	41.60
18.59	0.00					
	11.565	0.068	-13.96	4.16	0.68	42.21
18.59	0.00					
	11.633	0.193	-11.83	11.99	0.68	42.39

18.59	0.00					
	11.826	0.181	-11.83	11.38	0.69	42.92
18.59	0.00					
	12.007	0.193	-8.95	12.26	0.69	43.37
18.59	0.00					
	12.200	0.150	-8.95	9.63	0.69	43.78
18.59	0.00					
	12.350	0.193	-5.49	12.43	0.69	44.06
18.59	0.00					
	12.543	0.122	-5.49	7.92	0.69	44.34
18.59	0.00					
	12.666	0.193	-1.97	12.52	0.69	44.43
18.59	0.00					
	12.859	0.151	-1.97	9.78	0.69	44.52
18.59	0.00					
	13.009	0.193	1.59	12.54	0.69	44.52
18.59	0.00					
	13.202	0.123	1.59	7.98	0.69	44.44
18.59	0.00					
	13.325	0.193	5.10	12.49	0.69	44.36
18.59	0.00					
	13.518	0.152	5.10	9.82	0.69	44.14
18.59	0.00					
	13.671	0.193	8.03	12.36	0.69	43.87
18.59	0.00					
	13.864	0.186	8.03	11.81	0.69	43.48
18.59	0.00					
	14.050	0.193	10.18	12.15	0.69	43.05
18.59	0.00					
	14.243	0.193	10.18	12.03	0.68	42.56
18.59	0.00					
	14.436	0.078	10.18	4.82	0.68	42.03
18.59	0.00					
	14.514	0.193	12.42	11.83	0.68	41.83
18.59	0.00					
	14.707	0.187	12.42	11.35	0.68	41.19
18.59	0.00					
	14.894	0.193	15.34	11.51	0.68	40.50
18.59	0.00					
	15.087	0.156	15.34	9.16	0.68	39.69
18.59	0.00					
	15.243	0.193	18.65	11.14	0.68	38.98
18.59	0.00					
	15.436	0.128	18.65	7.25	0.68	37.95
18.59	0.00					
	15.564	0.193	21.88	10.73	0.67	37.31
18.59	0.00					
	15.757	0.153	21.88	8.29	0.67	36.20
18.59	0.00					
	15.910	0.193	24.91	10.20	0.67	35.27
18.59	0.00					
	16.103	0.128	24.91	6.58	0.67	33.99
18.59	0.00					
	16.231	0.193	27.79	9.64	0.66	33.13

18.59	0.00					
	16.424	0.152	27.79	7.31	0.66	31.69
18.59	0.00					
	16.575	0.193	30.16	8.96	0.66	30.35
18.59	0.00					
	16.768	0.177	30.16	7.87	0.65	28.61
18.59	0.00					
	16.945	0.193	31.95	8.16	0.64	26.97
18.59	0.00					
	17.138	0.193	31.95	7.72	0.64	25.58
18.59	0.00					
	17.331	0.049	31.95	1.90	0.62	26.20
18.59	0.00					
	17.381	0.193	33.48	7.16	0.62	26.49
18.59	0.00					
	17.574	0.188	33.48	6.53	0.60	28.48
18.59	0.00					
	17.762	0.193	35.26	6.23	0.55	28.72
18.59	0.00					
	17.955	0.045	35.26	1.38	0.41	24.53
18.59	0.00					
	18.000	0.121	35.26	21.30	0.39	23.69
18.59	0.00					
	18.121	0.193	37.13	33.52	0.32	20.61
18.59	0.00					
	18.314	0.148	37.13	25.36	0.24	15.27
18.59	0.00					
	18.462	0.125	38.94	21.20	0.19	11.71
18.59	0.00					
	18.588	0.012	38.94	2.10	0.00	0.00
0.00	26.25					
	18.600	0.010	38.94	0.61	0.00	0.00
0.00	26.25					
	18.610	0.010	38.94	0.61	0.00	0.00
0.00	26.25					
	18.620	0.010	38.94	0.61	0.00	0.00
0.00	26.25					
	18.630	0.020	38.94	1.22	0.00	0.00
0.00	26.25					
	18.650	0.040	38.94	2.41	0.00	0.00
0.00	26.25					
	18.690	0.010	38.94	0.60	0.00	0.00
0.00	26.25					
	18.700	0.011	38.94	0.68	0.00	0.00
0.00	26.25					
	18.711	0.039	38.94	2.34	0.13	7.07
36.00	0.00					
	18.750	0.066	38.94	3.92	0.12	6.64
36.00	0.00					
	18.816	0.054	41.09	3.15	0.11	5.86
36.00	0.00					
	18.870	0.030	41.09	1.72	0.11	5.19
36.00	0.00					
	18.900	0.140	41.09	7.81	0.10	4.81

36.00	0.00					
	19.040	0.060	41.09	3.22	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.100	0.095	41.09	4.93	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.195	0.193	42.73	9.37	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.388	0.092	42.73	4.16	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.480	0.020	42.73	0.87	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.500	0.132	42.73	5.56	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.632	0.193	44.11	7.56	0.00	0.00
0.00	26.25					
	19.825	0.193	44.11	6.83	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.018	0.007	44.11	0.25	0.00	0.00
0.00	26.25					
	20.025	0.193	44.11	6.03	0.02	0.17
36.00	0.00					
	20.218	0.045	44.11	1.30	0.02	0.18
36.00	0.00					
	20.264	0.143	44.79	3.77	0.02	0.18
36.00	0.00					
	20.406	0.094	44.79	2.23	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.500	0.193	44.79	3.98	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.693	0.031	44.79	0.56	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.724	0.193	44.79	3.04	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.917	0.003	44.79	0.04	0.00	0.00
36.00	0.00					
	20.920	0.193	44.79	2.21	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.113	0.059	44.79	0.52	0.00	0.00
36.00	0.00					
	21.172	0.005	44.79	0.04	0.00	0.00
0.00	26.25					
	21.177	0.193	44.79	1.09	0.00	0.00
0.00	41.52					
	21.371	0.019	44.79	0.06	0.00	0.00
0.00	41.52					
	21.390	0.152	44.79	0.22	0.00	0.00
0.00	41.52					

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio

W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

T(x)	X	ht	yt	yt'	E(x)
(kN/m)	(m)	E'	rho(x)	FS_qFEM	FS_srmFEM
		(m)	(m)	(--)	(kN/m)
		(kN)	(--)	(--)	(--)
0.0000000000E+000	7.034	0.000	10.000	-0.478	0.0000000000E+000
0.0000000000E+000	7.196	2.5046734821E+000	1361881.242	2.961	35.550
0.0000000000E+000	7.200	0.021	9.921	-0.478	2.3804867162E-001
1.4017167331E-004	7.200	4.3142195959E-001	1361881.242	1.795	1.355
5.1995298295E-004	7.300	0.023	9.921	0.024	2.3966816316E-001
5.9788367179E-003	7.300	4.2837666087E-001	0.045	1.751	1.315
2.5497470651E-002	7.300	0.088	9.923	0.062	3.3880174319E-001
2.3116968390E-001	7.493	1.7875774780E+000	0.045	1.117	0.741
3.3259925779E-001	7.493	0.222	9.939	-0.067	9.8049535807E-001
4.5635358125E-001	7.686	4.5552646203E+000	0.045	0.709	0.371
7.8828594274E-001	7.686	0.300	9.898	-0.275	2.0973196101E+000
9.6129739690E-001	7.879	6.3757951272E+000	0.045	0.569	0.244
1.0022149751E+000	7.879	0.354	9.832	-0.339	3.4418122258E+000
1.2057268683E+000	8.072	8.0002460686E+000	0.045	0.511	0.220
	8.072	0.407	9.767	-0.348	5.1857407719E+000
	8.265	1.0221262101E+001	0.045	0.489	0.220
	8.265	0.457	9.698	-0.350	7.3876361294E+000
	8.335	1.1953563065E+001	0.045	0.493	0.220
	8.335	0.477	9.675	-0.351	8.2347469078E+000
	8.528	1.3191900851E+001	0.045	0.502	0.220
	8.528	0.523	9.606	-0.358	1.1337439525E+001
	8.721	1.8495413003E+001	0.045	0.543	0.220
	8.721	0.568	9.536	-0.349	1.5374730406E+001
	8.914	2.2156943468E+001	0.045	0.607	0.237
	8.914	0.618	9.471	-0.335	1.9890923068E+001
	8.965	2.3883498052E+001	0.045	0.690	0.292
	8.965	0.632	9.455	-0.322	2.1122230716E+001
	9.158	2.4491957087E+001	0.045	0.716	0.308
	9.158	0.676	9.392	-0.312	2.6197958176E+001
	9.351	2.6885807581E+001	0.045	0.829	0.381
	9.351	0.724	9.334	-0.299	3.1501248608E+001
	9.395	2.7222507057E+001	0.045	0.970	0.467
	9.395	0.735	9.322	-0.289	3.2696759860E+001
	9.588	2.7524003873E+001	0.045	1.006	0.488
	9.588	0.775	9.265	-0.291	3.8313482004E+001
	9.588	2.9816818530E+001	0.045	1.202	0.601

9.762	0.811	9.215	-0.290	4.3593473408E+001	
1.4091360179E+000	3.0921566815E+001		0.045	1.435	0.727
9.955	0.839	9.159	-0.274	4.9660891650E+001	
1.6574310832E+000	3.0259601150E+001		0.045	1.768	0.903
10.112	0.866	9.119	-0.252	5.4262574835E+001	
1.8558061860E+000	2.9310083189E+001		0.045	2.094	1.065
10.305	0.892	9.071	-0.225	5.9921437476E+001	
2.1097488758E+000	2.6169908557E+001		0.045	2.601	1.305
10.442	0.918	9.044	-0.193	6.3213557176E+001	
2.2629079509E+000	2.4202839533E+001		0.045	2.958	1.466
10.635	0.944	9.007	-0.194	6.7960107517E+001	
2.4908438387E+000	2.5498491911E+001		0.045	3.563	1.736
10.797	0.966	8.976	-0.189	7.2197361942E+001	
2.7009142229E+000	2.5772040846E+001		0.045	4.207	2.012
10.990	0.985	8.940	-0.173	7.7059867588E+001	
2.9465015139E+000	2.4262822353E+001		0.045	5.110	2.389
11.179	1.008	8.909	-0.157	8.1483988812E+001	
3.1723220797E+000	2.2697893805E+001		0.045	6.125	2.788
11.372	1.027	8.880	-0.140	8.5736693236E+001	
3.3905525981E+000	2.0858684285E+001		0.045	7.305	3.233
11.565	1.050	8.855	-0.125	8.9536291379E+001	
3.5847003964E+000	1.7803986377E+001		0.045	8.600	3.677
11.633	1.059	8.848	-0.113	9.0695082647E+001	
3.6435881654E+000	1.7411631148E+001		0.045	9.047	3.817
11.826	1.078	8.826	-0.108	9.4202662807E+001	
3.8222014015E+000	1.7573156131E+001		0.045	10.721	4.308
12.007	1.097	8.807	-0.096	9.7281689320E+001	
3.9789717593E+000	1.6502871866E+001		0.045	12.801	4.836
12.200	1.110	8.790	-0.085	1.0036237191E+002	
4.1367381533E+000	1.5174288970E+001		0.045	15.797	5.550
12.350	1.122	8.778	-0.070	1.0255215043E+002	
4.2489497890E+000	1.3999258725E+001		0.045	19.045	6.260
12.543	1.128	8.766	-0.054	1.0511490846E+002	
4.3803556548E+000	1.0934499095E+001		0.045	24.699	7.586
12.666	1.135	8.761	-0.030	1.0627101759E+002	
4.4385110121E+000	8.8952305189E+000		0.045	28.450	8.578
12.859	1.137	8.756	-0.018	1.0781914724E+002	
4.5143351607E+000	6.9007731241E+000		0.045	35.233	10.763
13.009	1.141	8.755	0.000	1.0872672795E+002	
4.5559642775E+000	5.2155589366E+000		0.045	41.144	12.939
13.202	1.137	8.756	0.012	1.0953261918E+002	
4.5884401551E+000	3.0960988160E+000		0.045	49.406	16.083
13.325	1.136	8.759	0.030	1.0982889988E+002	
4.5964368877E+000	1.7432872055E+000		0.045	50.000	17.608
13.518	1.126	8.766	0.046	1.0996397558E+002	
4.5887742043E+000	-5.5296493522E-001		0.045	50.000	17.592
13.671	1.121	8.775	0.066	1.0972872700E+002	
4.5605425929E+000	-2.1900142287E+000		0.045	50.000	14.834
13.864	1.108	8.789	0.077	1.0914785577E+002	
4.5076336844E+000	-3.6975658864E+000		0.045	46.407	11.308
14.050	1.097	8.804	0.088	1.0833735061E+002	
4.4409991020E+000	-4.9422061627E+000		0.045	33.452	8.739
14.243	1.080	8.822	0.097	1.0726677244E+002	
4.3572569456E+000	-6.0218566663E+000		0.045	23.233	6.898

14.436	1.065	8.841	0.100	1.0601266842E+002	
4.2618990495E+000	-6.5813461805E+000		0.045	16.189	5.671
14.514	1.059	8.849	0.115	1.0549689651E+002	
4.2232753859E+000	-7.1557708817E+000		0.045	14.258	5.327
14.707	1.040	8.873	0.128	1.0385742336E+002	
4.1030636029E+000	-9.0814842147E+000		0.045	10.102	4.522
14.894	1.024	8.898	0.145	1.0204763153E+002	
3.9728839426E+000	-1.0504209694E+001		0.045	7.506	3.925
15.087	1.001	8.928	0.162	9.9850838833E+001	
3.8200084882E+000	-1.2030782702E+001		0.045	5.681	3.419
15.243	0.984	8.954	0.187	9.7893763226E+001	
3.6873693936E+000	-1.3555822429E+001		0.045	4.633	3.085
15.436	0.958	8.993	0.198	9.5038095800E+001	
3.5010740179E+000	-1.4463740612E+001		0.045	3.643	2.716
15.564	0.940	9.018	0.211	9.3217857981E+001	
3.3871827739E+000	-1.4976012349E+001		0.045	3.200	2.534
15.757	0.905	9.061	0.228	9.0113952727E+001	
3.1988495367E+000	-1.6523390785E+001		0.045	2.659	2.283
15.910	0.880	9.097	0.250	8.7537349650E+001	
3.0462307878E+000	-1.7480431745E+001		0.045	2.338	2.119
16.103	0.840	9.147	0.263	8.4015210508E+001	
2.8423879884E+000	-1.8258981575E+001		0.045	2.027	1.945
16.231	0.815	9.181	0.286	8.1676762654E+001	
2.7096028240E+000	-1.8858580879E+001		0.045	1.877	1.855
16.424	0.771	9.239	0.327	7.7864387811E+001	
2.4991006679E+000	-2.1251530611E+001		0.045	1.716	1.756
16.575	0.746	9.294	0.374	7.4465584403E+001	
2.3294827380E+000	-2.2356040600E+001		0.045	1.715	1.771
16.768	0.708	9.368	0.391	7.0168455195E+001	
2.1397292732E+000	-2.1840069802E+001		0.045	1.800	1.852
16.945	0.676	9.439	0.435	6.6365120119E+001	
2.0088053105E+000	-2.1876980488E+001		0.045	1.931	1.952
17.138	0.646	9.529	0.646	6.2053109972E+001	
1.8966311008E+000	-2.2305814892E+001		0.045	1.995	1.944
17.331	0.684	9.688	0.843	5.7754166137E+001	
1.8127308469E+000	-2.0930220705E+001		0.045	1.849	1.717
17.381	0.699	9.733	0.533	5.6738275321E+001	
1.7952558337E+000	-2.1488664099E+001		0.045	1.798	1.650
17.574	0.655	9.817	0.416	5.1909906339E+001	
1.6996434153E+000	-3.6538093450E+001		0.045	1.498	1.310
17.762	0.605	9.892	0.411	4.2923942963E+001	
1.4496591028E+000	-6.1027836632E+001		0.045	1.271	1.022
17.955	0.551	9.974	0.424	2.8518265030E+001	
9.9748418149E-001	-6.8116535108E+001		0.045	1.193	0.820
18.000	0.538	9.993	6.662	2.5519190162E+001	
9.0318169265E-001	-6.4600623716E+001		0.045	1.186	0.791
18.121	1.540	11.081	3.977	1.8344928447E+001	
6.7797048502E-001	-5.4914209017E+001		0.045	1.177	0.733
18.314	1.555	11.242	0.566	9.0740288102E+000	
3.9369926260E-001	-3.8971839305E+001		0.045	1.187	0.674
18.462	1.475	11.274	0.089	4.3317897864E+000	
2.5242701012E-001	-2.8640967307E+001		0.045	1.208	0.650
18.588	1.366	11.266	-1.798	1.1021807529E+000	
1.6339832356E-001	-2.3155701910E+001		0.045	1.235	1.381

18.600	1.116	11.026	-10.468	8.1606602050E-001	
1.5599255813E-001	-2.2454652507E+001		0.045	1.238	1.380
18.610	1.113	11.031	0.485	5.9503277323E-001	
1.5030366610E-001	-2.1768266042E+001		0.045	1.240	1.380
18.620	1.109	11.036	0.485	3.8070069967E-001	
1.4483044625E-001	-2.1133763762E+001		0.045	1.242	1.379
18.630	1.106	11.041	0.485	1.7235749799E-001	
1.3956384934E-001	-2.0643233754E+001		0.045	1.244	1.379
18.650	1.100	11.050	0.485	-2.3286372049E-001	
1.2944806071E-001	-2.0079184479E+001		0.045	1.248	1.378
18.690	1.087	11.070	0.485	-1.0214809840E+000	
1.1009058942E-001	-1.9621612098E+001		0.045	1.255	1.377
18.700	1.084	11.075	0.485	-1.2174625563E+000	
-7.2410398862E-007	-1.8110055555E+001		0.045	1.257	1.378
18.711	1.080	11.080	0.485	-1.4023991056E+000	
-7.2654252801E-007	-1.6380117677E+001		0.045	1.259	1.129
18.750	1.067	11.099	0.485	-2.0296876475E+000	
-7.2654252801E-007	-1.6224042724E+001		0.045	1.266	1.115
18.816	1.046	11.131	0.502	-3.1038565641E+000	
-7.2654252801E-007	-1.6504903970E+001		0.045	1.276	1.091
18.870	1.027	11.159	0.523	-4.0054746997E+000	
-7.2654252801E-007	-1.6530079889E+001		0.045	1.285	1.071
18.900	1.017	11.175	0.432	-4.4987783961E+000	
-7.2654252801E-007	-1.5746806926E+001		0.045	1.290	1.061
19.040	0.953	11.233	0.273	-6.2482684304E+000	
-7.2654252801E-007	-1.1107567110E+001		0.045	1.320	1.411
19.100	0.897	11.229	0.001	-6.8789457644E+000	
-7.0578009655E-007	-1.0652209320E+001		0.045	1.332	1.421
19.195	0.818	11.233	0.137	-7.9095154607E+000	
-6.7103693839E-007	-1.1156962372E+001		0.045	1.348	1.444
19.388	0.675	11.269	0.277	-1.0174875360E+001	
-5.9469631237E-007	-1.2201662946E+001		0.045	1.363	1.508
19.480	0.633	11.312	0.489	-1.1320261240E+001	
-5.5348158101E-007	-1.3380216983E+001		0.045	1.345	1.549
19.500	0.627	11.324	0.709	-1.1592014825E+001	
-5.4407791589E-007	-1.3298308855E+001		0.045	1.337	1.559
19.632	0.601	11.419	0.678	-1.3091729609E+001	
-5.7923910035E-007	-9.2183107915E+000		0.045	1.252	1.621
19.825	0.538	11.544	0.638	-1.4255241454E+001	
-6.4320986568E-007	-5.2014231887E+000		0.045	1.054	1.677
20.018	0.473	11.666	0.633	-1.5099691028E+001	
-7.2306462208E-007	-5.0478112485E+000		0.045	0.774	1.704
20.025	0.471	11.671	0.620	-1.5137451852E+001	
-7.2654252801E-007	-5.0601777511E+000		0.045	0.760	0.220
20.218	0.403	11.790	0.637	-1.6046195643E+001	
-7.2654252801E-007	-5.3872705390E+000		0.045	0.220	0.220
20.264	0.391	11.823	0.734	-1.6298579202E+001	
-7.2654252801E-007	-5.6120718570E+000		0.045	0.220	0.220
20.406	0.355	11.928	0.713	-1.7127312510E+001	
-7.2654252801E-007	-4.4877500159E+000		0.045	0.220	0.257
20.500	0.325	11.991	0.649	-1.7466489417E+001	
-7.2654252801E-007	-3.5118302559E+000		0.045	0.220	0.327
20.693	0.257	12.114	0.634	-1.8103824925E+001	
-7.2654252801E-007	-4.2383048103E+000		0.045	0.220	0.485



20.724	0.245	12.133	0.686	-1.8238460084E+001	
-7.2654252801E-007	-4.2858811610E+000		0.045	0.220	0.509
20.917	0.188	12.268	0.694	-1.8942738467E+001	
-7.2654252801E-007	-1.0030479693E+000		0.045	0.220	0.654
20.920	0.187	12.269	0.644	-1.8945872721E+001	
-7.2654252801E-007	-9.2318346386E-001		0.045	0.220	0.655
21.113	0.120	12.394	0.617	-1.8725055614E+001	
-7.2654252801E-007	4.7732043155E+000		0.045	0.220	0.758
21.172	0.092	12.425	0.524	-1.8375646258E+001	
-7.2654252801E-007	1.0026063892E+001		0.045	1.859	2.067
21.177	0.089	12.428	0.782	-1.8322347287E+001	
-1.8326963286E-002	1.1291843677E+001		0.045	1.893	3.275
21.371	0.050	12.580	0.721	-9.5528820861E+000	
-1.7076685078E-002	7.5262943899E+000		0.045	8.985	9.607
21.390	0.032	12.581	0.721	-9.4807941723E+000	
-1.7064519457E-002	1.0373599243E+001		0.045	9.421	10.073

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF
TauStrength	TauS				
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
(kPa)	(kN/m)				
7.034	0.162	0.191	-31.662	-0.449	-0.086
26.250	5.001				
7.196	0.004	0.005	-31.662	-0.908	-0.004
0.525	0.002				
7.200	0.100	0.117	-31.662	-2.295	-0.270
0.383	0.045				
7.300	0.193	0.227	-31.662	-10.873	-2.466
3.846	0.872				
7.493	0.193	0.227	-31.662	-11.874	-2.693
2.928	0.664				

	7.686	0.193	0.227	-31.662	-12.875	-2.920
2.491	0.565					
	7.879	0.193	0.227	-31.662	-13.876	-3.147
2.142	0.486					
	8.072	0.193	0.227	-31.662	-14.877	-3.374
1.819	0.413					
	8.265	0.070	0.082	-31.662	-15.558	-1.274
1.445	0.118					
	8.335	0.193	0.225	-30.748	-15.953	-3.583
1.871	0.420					
	8.528	0.193	0.225	-30.748	-16.903	-3.796
1.934	0.434					
	8.721	0.193	0.225	-30.748	-17.853	-4.010
1.970	0.442					
	8.914	0.051	0.060	-30.748	-18.453	-1.101
1.818	0.108					
	8.965	0.193	0.220	-28.813	-18.278	-4.027
2.492	0.549					
	9.158	0.193	0.220	-28.813	-19.122	-4.212
2.588	0.570					
	9.351	0.044	0.050	-28.813	-19.640	-0.986
2.483	0.125					
	9.395	0.193	0.216	-26.454	-19.000	-4.096
3.304	0.712					
	9.588	0.173	0.194	-26.454	-19.685	-3.811
3.417	0.662					
	9.762	0.193	0.210	-23.394	-18.568	-3.905
4.190	0.881					
	9.955	0.157	0.171	-23.394	-19.087	-3.266
4.130	0.707					
	10.112	0.193	0.207	-20.827	-17.848	-3.686
4.742	0.979					
	10.305	0.138	0.147	-20.827	-18.242	-2.685
4.546	0.669					
	10.442	0.193	0.203	-18.213	-16.621	-3.377
5.196	1.056					
	10.635	0.161	0.170	-18.213	-16.947	-2.879
5.308	0.902					
	10.797	0.193	0.201	-15.845	-15.259	-3.062
5.736	1.151					
	10.990	0.189	0.197	-15.845	-15.528	-3.058
5.706	1.124					
	11.179	0.193	0.199	-13.957	-14.061	-2.797
5.997	1.193					
	11.372	0.193	0.199	-13.957	-14.273	-2.839
5.963	1.186					
	11.565	0.068	0.070	-13.957	-14.415	-1.004
5.865	0.408					
	11.633	0.193	0.197	-11.833	-12.469	-2.459
6.310	1.245					
	11.826	0.181	0.185	-11.833	-12.616	-2.333
6.333	1.171					
	12.007	0.193	0.195	-8.952	-9.761	-1.907
6.695	1.308					

	12.200	0.150	0.152	-8.952	-9.839	-1.498
6.684	1.017					
	12.350	0.193	0.194	-5.494	-6.139	-1.190
6.962	1.350					
	12.543	0.122	0.123	-5.494	-6.166	-0.758
6.868	0.844					
	12.666	0.193	0.193	-1.974	-2.234	-0.431
6.998	1.352					
	12.859	0.151	0.151	-1.974	-2.238	-0.337
6.963	1.049					
	13.009	0.193	0.193	1.588	1.800	0.348
6.915	1.335					
	13.202	0.123	0.123	1.588	1.798	0.221
6.882	0.847					
	13.325	0.193	0.194	5.097	5.726	1.110
6.663	1.291					
	13.518	0.152	0.153	5.097	5.700	0.873
6.610	1.012					
	13.671	0.193	0.195	8.033	8.860	1.727
6.320	1.232					
	13.864	0.186	0.188	8.033	8.791	1.650
6.274	1.178					
	14.050	0.193	0.196	10.181	10.952	2.148
5.993	1.175					
	14.243	0.193	0.196	10.181	10.838	2.125
5.941	1.165					
	14.436	0.078	0.079	10.181	10.759	0.852
5.969	0.473					
	14.514	0.193	0.198	12.415	12.873	2.544
5.578	1.102					
	14.707	0.187	0.192	12.415	12.708	2.440
5.538	1.063					
	14.894	0.193	0.200	15.341	15.215	3.045
5.060	1.013					
	15.087	0.156	0.162	15.341	14.985	2.422
5.053	0.817					
	15.243	0.193	0.204	18.655	17.493	3.564
4.425	0.902					
	15.436	0.128	0.135	18.655	17.184	2.318
4.454	0.601					
	15.564	0.193	0.208	21.880	19.216	3.997
3.723	0.774					
	15.757	0.153	0.165	21.880	18.764	3.088
3.721	0.612					
	15.910	0.193	0.213	24.913	20.186	4.296
3.011	0.641					
	16.103	0.128	0.141	24.913	19.650	2.774
3.049	0.430					
	16.231	0.193	0.218	27.791	20.590	4.492
2.322	0.507					
	16.424	0.152	0.171	27.791	19.885	3.406
2.366	0.405					
	16.575	0.193	0.223	30.163	20.159	4.500
1.793	0.400					

	16.768	0.177	0.205	30.163	19.279	3.953
1.786	0.366					
	16.945	0.193	0.227	31.949	18.981	4.318
1.381	0.314					
	17.138	0.193	0.227	31.949	17.964	4.086
1.246	0.284					
	17.331	0.049	0.058	31.949	17.326	1.008
0.664	0.039					
	17.381	0.193	0.231	33.477	17.068	3.950
0.194	0.045					
	17.574	0.188	0.226	33.477	15.977	3.603
0.522	0.118					
	17.762	0.193	0.236	35.257	15.211	3.596
0.978	0.231					
	17.955	0.045	0.055	35.257	14.464	0.798
0.875	0.048					
	18.000	0.121	0.148	35.257	82.880	12.293
32.242	4.782					
	18.121	0.193	0.242	37.129	83.568	20.232
30.844	7.467					
	18.314	0.148	0.186	37.129	82.399	15.306
31.893	5.924					
	18.462	0.125	0.161	38.941	82.721	13.323
30.822	4.964					
	18.588	0.012	0.016	38.941	82.206	1.321
26.645	0.428					
	18.600	0.010	0.013	38.941	30.029	0.386
26.629	0.342					
	18.610	0.010	0.013	38.941	29.949	0.385
26.614	0.342					
	18.620	0.010	0.013	38.941	29.870	0.384
26.601	0.342					
	18.630	0.020	0.026	38.941	29.751	0.765
26.587	0.684					
	18.650	0.040	0.051	38.941	29.512	1.518
26.572	1.367					
	18.690	0.010	0.013	38.941	29.314	0.377
33.579	0.432					
	18.700	0.011	0.014	38.941	29.390	0.425
26.250	0.380					
	18.711	0.039	0.050	38.941	29.487	1.469
21.371	1.065					
	18.750	0.066	0.085	38.941	29.034	2.462
21.283	1.805					
	18.816	0.054	0.072	41.093	28.870	2.070
19.790	1.419					
	18.870	0.030	0.040	41.093	28.466	1.133
19.941	0.794					
	18.900	0.140	0.186	41.093	27.642	5.135
19.535	3.629					
	19.040	0.060	0.080	41.093	26.623	2.119
26.250	2.090					
	19.100	0.095	0.126	41.093	25.740	3.237
26.250	3.302					

19.195	0.193	0.263	42.731	24.187	6.356
26.250	6.898				
19.388	0.092	0.126	42.731	22.467	2.820
26.250	3.295				
19.480	0.020	0.027	42.731	21.789	0.593
26.250	0.715				
19.500	0.132	0.179	42.731	21.059	3.774
26.250	4.704				
19.632	0.193	0.269	44.111	19.566	5.260
26.250	7.057				
19.825	0.193	0.269	44.111	17.687	4.755
26.250	7.057				
20.018	0.007	0.010	44.111	16.712	0.173
26.250	0.272				
20.025	0.193	0.269	44.111	15.601	4.194
11.566	3.109				
20.218	0.045	0.063	44.111	14.273	0.904
10.565	0.669				
20.264	0.143	0.201	44.786	13.213	2.653
9.543	1.916				
20.406	0.094	0.132	44.786	11.888	1.572
8.702	1.151				
20.500	0.193	0.272	44.786	10.322	2.807
7.556	2.055				
20.693	0.031	0.043	44.786	9.101	0.393
6.662	0.288				
20.724	0.193	0.272	44.786	7.879	2.143
5.768	1.569				
20.917	0.003	0.005	44.786	6.808	0.031
4.983	0.023				
20.920	0.193	0.272	44.786	5.736	1.560
4.199	1.142				
21.113	0.059	0.084	44.786	4.359	0.364
3.191	0.267				
21.172	0.005	0.007	44.786	4.005	0.029
28.681	0.207				
21.177	0.193	0.272	44.786	2.828	0.769
41.516	11.290				
21.371	0.019	0.027	44.786	1.565	0.043
41.520	1.140				
21.390	0.152	0.214	44.786	0.725	0.155
41.444	8.871				

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 dl(m) : lunghezza base concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
 TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
 TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----

**Allegato P**

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11232

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 31 dicembre 2019  
-----

File report: C: Sezione S.1 sponda sinistra - zona corridoio - Analisi  
statica non drenata REV3.txt

Data: 20/4/2020

Localita' : Livorno

Descrizione: Interventi di riduzione del rischio idraulico sul TRATTO 3 del  
Rio Maggiore

Modello pendio: Modello S.1 sponda sx REV1.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
9.00	7.90	21.50	11.00	21.50	8.50	9.00	5.50
21.50	7.90	21.50	12.90	38.00	8.50	38.00	5.50
21.50	8.50	21.90	12.90	-	-	-	-
21.50	10.00	21.90	13.40	-	-	-	-
21.50	10.90	21.80	13.40	-	-	-	-
21.50	11.00	22.42	13.70	-	-	-	-
21.50	12.90	22.42	11.00	-	-	-	-
21.50	13.40	21.50	11.00	-	-	-	-
21.80	13.40	-	-	-	-	-	-
22.42	13.70	-	-	-	-	-	-
22.42	11.00	-	-	-	-	-	-
22.42	10.88	-	-	-	-	-	-
29.02	10.88	-	-	-	-	-	-
32.32	10.88	-	-	-	-	-	-
38.00	10.89	-	-	-	-	-	-
SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
21.50	12.90	-	-	-	-	-	-

21.50	13.40	-	-	-	-	-	-
21.80	13.40	-	-	-	-	-	-
21.90	13.40	-	-	-	-	-	-
21.90	12.90	-	-	-	-	-	-
21.50	12.90	-	-	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----  
X Y (in m)

9.00	7.90
21.50	7.90
21.50	10.00
21.51	10.30
21.54	10.36
21.63	10.45
21.78	10.52
22.05	10.59
22.40	10.64
22.70	10.67
23.20	10.70
38.00	10.70

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 2

STRATO 5

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON  
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

STR_IDX	sgci	fi` GSI	mi	C` D	Cu	Gamm	Gamm_sat
STRATO 1	1	0.00		0.00	35.00	20.10	20.10
1.858	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 2	2	0.00		0.00	55.36	19.22	19.22
4.264	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 3	3	24.79		0.00	0.00	18.82	18.82
1.381	0.00	0.00	0.00	0.00			
STRATO 4	4	0.00		0.00	56.43	19.10	19.10
4.435	0.00	0.00	0.00	0.00			



STRATO	5	0.00	0.00	300.00	25.00	25.00
1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00		

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)  
 C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)  
 Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)  
 Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)  
 Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)  
 STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')  
 (adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 15.00

Carico in X2 (Kpa): 15.00

Posizione carico da X1 m.: 22.42

a X2 m.: 29.02

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 15.00 a 15.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- TIRANTI/ANCORAGGI PRESENTI -----

TIPO TIRANTE : Attivo

DISTRIBUZIONE FORZA RESISTENTE TIPO : Trapezoidale

PROCEDURA AUTOMATICA CALCOLO MOBILIZZAZIONE FORZA TIRANTI: Attivata

TIRANTE/ANCORAGGIO N.1

Coordinata X Testa (m): 21.50

Coordinata Y Testa (m): 10.90

Angolo con orizzontale(Gradi): -30.00

Lunghezza (m): 18.00

Tensione o Forza (KN/m): 200.00

% lunghezza cementata (%) ): 83.33

----- PALIFICATE PRESENTI -----

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975) - HASSIOTIS (1997)  
PALIFICATA N.1

Coordinata X Testa (m):	21.85
Coordinata Y Testa (m):	13.40
Lunghezza pali L (m)* :	12.15
Diametro pali D(m):	0.30
Interasse tra pali D1(m):	0.50
Lunghezza apertura tra pali D2(m):	0.20
Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018):	1.00

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: Attivata  
\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,  
ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio (incastro).

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI  
METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.2 (+/-) 50%  
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 9.58  
35.68  
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00  
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 12.48  
37.42  
\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000  
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000  
COEFFICIENTE  $c=K_v/K_h$  UTILIZZATO : 0.5000  
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.  
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

Fattore di sicurezza (FS)	1.2868	- Min. -	X	Y	Lambda=
1.5000					

14.29	7.90
15.31	7.39
15.81	7.15
16.16	6.99
16.47	6.86
16.75	6.75
17.03	6.65
17.32	6.56
17.63	6.47
17.98	6.37
18.27	6.30
18.55	6.25
18.80	6.22
19.08	6.20
19.33	6.20
19.62	6.21
19.94	6.24
20.34	6.30
20.63	6.36
20.90	6.43
21.12	6.53
21.39	6.67
21.62	6.82
21.88	7.02
22.17	7.27
22.51	7.59
22.84	7.90
23.15	8.19
23.44	8.48
23.73	8.75
24.06	9.07
24.42	9.42
24.93	9.92
25.91	10.88

Fattore di sicurezza (FS)	1.2940	- N.2 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

14.79	7.90
15.79	7.38
16.29	7.13
16.64	6.97
16.94	6.83
17.22	6.72
17.50	6.62
17.79	6.52
18.10	6.42
18.45	6.32
18.74	6.24
19.00	6.19
19.25	6.17

19.52	6.15
19.76	6.16
20.03	6.19
20.34	6.24
20.74	6.32
21.04	6.40
21.30	6.49
21.54	6.59
21.81	6.74
22.04	6.90
22.30	7.10
22.59	7.33
22.93	7.64
23.24	7.93
23.54	8.21
23.83	8.48
24.12	8.75
24.43	9.06
24.79	9.41
25.29	9.91
26.27	10.88

Fattore di sicurezza (FS)	1.3047	- N.3 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

14.82	7.90
15.52	7.46
15.87	7.24
16.12	7.09
16.34	6.97
16.54	6.85
16.74	6.75
16.94	6.64
17.16	6.53
17.39	6.42
17.59	6.33
17.78	6.26
17.96	6.20
18.15	6.15
18.32	6.12
18.51	6.09
18.72	6.08
18.97	6.07
19.19	6.07
19.39	6.08
19.57	6.09
19.77	6.12
19.95	6.15
20.15	6.19
20.36	6.24
20.62	6.31
20.82	6.37
21.01	6.45
21.19	6.53

21.38	6.63
21.55	6.74
21.74	6.87
21.94	7.02
22.18	7.21
22.39	7.39
22.60	7.56
22.80	7.74
23.00	7.91
23.20	8.09
23.40	8.27
23.60	8.46
23.80	8.66
24.01	8.85
24.21	9.05
24.42	9.24
24.62	9.43
24.85	9.65
25.10	9.89
25.45	10.23
26.13	10.88

Fattore di sicurezza (FS)	1.3143	- N.4 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

13.76	7.90
14.81	7.43
15.34	7.20
15.71	7.05
16.03	6.92
16.33	6.81
16.62	6.71
16.93	6.62
17.25	6.52
17.60	6.42
17.90	6.35
18.19	6.30
18.45	6.26
18.74	6.24
19.01	6.23
19.30	6.24
19.63	6.27
20.04	6.32
20.35	6.38
20.63	6.45
20.87	6.54
21.15	6.68
21.39	6.83
21.66	7.02
21.96	7.25
22.33	7.56
22.66	7.85
22.97	8.12
23.28	8.40

23.58	8.67
23.91	8.98
24.28	9.34
24.81	9.86
25.84	10.88

Fattore di sicurezza (FS)	1.3231	- N.5 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

14.46	7.90
15.48	7.33
15.99	7.06
16.33	6.88
16.63	6.74
16.92	6.62
17.19	6.52
17.48	6.42
17.79	6.32
18.16	6.21
18.45	6.14
18.71	6.10
18.95	6.08
19.22	6.08
19.46	6.10
19.73	6.14
20.03	6.21
20.42	6.32
20.73	6.42
21.01	6.53
21.26	6.65
21.53	6.80
21.78	6.96
22.04	7.16
22.33	7.39
22.67	7.68
22.98	7.95
23.27	8.21
23.56	8.48
23.85	8.74
24.17	9.05
24.52	9.39
25.03	9.89
26.01	10.88

Fattore di sicurezza (FS)	1.3257	- N.6 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

13.74	7.90
14.79	7.45
15.33	7.22
15.71	7.07
16.05	6.94
16.35	6.82
16.66	6.71

16.98	6.60
17.31	6.49
17.67	6.37
17.98	6.29
18.26	6.23
18.52	6.19
18.82	6.16
19.08	6.15
19.38	6.17
19.71	6.20
20.13	6.26
20.45	6.33
20.74	6.41
20.99	6.51
21.27	6.65
21.53	6.80
21.81	6.99
22.11	7.23
22.48	7.54
22.82	7.83
23.14	8.11
23.45	8.39
23.76	8.66
24.10	8.98
24.48	9.34
25.02	9.86
26.07	10.88

Fattore di sicurezza (FS)	1.3296	- N.7 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

14.68	7.90
15.70	7.34
16.19	7.08
16.54	6.91
16.83	6.78
17.11	6.67
17.38	6.57
17.66	6.48
17.96	6.39
18.32	6.30
18.61	6.24
18.88	6.20
19.12	6.18
19.39	6.18
19.63	6.20
19.90	6.23
20.21	6.29
20.60	6.38
20.90	6.47
21.16	6.57
21.40	6.68
21.67	6.83
21.91	6.99

22.17	7.19
22.45	7.42
22.78	7.72
23.09	8.00
23.39	8.28
23.68	8.54
23.97	8.81
24.28	9.11
24.64	9.45
25.14	9.94
26.11	10.88

Fattore di sicurezza (FS)	1.3297	- N.8 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

14.58	7.90
15.58	7.45
16.09	7.23
16.45	7.07
16.77	6.94
17.06	6.83
17.35	6.72
17.66	6.61
17.98	6.49
18.33	6.37
18.62	6.29
18.88	6.23
19.12	6.19
19.39	6.17
19.64	6.17
19.91	6.20
20.23	6.25
20.63	6.33
20.94	6.41
21.21	6.51
21.45	6.62
21.73	6.77
21.97	6.93
22.23	7.13
22.52	7.37
22.86	7.68
23.18	7.98
23.49	8.26
23.79	8.53
24.08	8.80
24.41	9.11
24.77	9.45
25.28	9.94
26.27	10.88

Fattore di sicurezza (FS)	1.3312	- N.9 --	X	Y	Lambda=
1.5000					

14.14	7.90
-------	------



15.18	7.42
15.71	7.18
16.08	7.02
16.40	6.89
16.70	6.77
16.99	6.66
17.30	6.56
17.63	6.45
18.00	6.34
18.30	6.26
18.57	6.20
18.82	6.17
19.10	6.16
19.35	6.17
19.63	6.21
19.95	6.27
20.36	6.36
20.68	6.45
20.96	6.55
21.22	6.66
21.51	6.80
21.77	6.95
22.05	7.14
22.35	7.36
22.70	7.64
23.03	7.90
23.33	8.16
23.63	8.42
23.93	8.68
24.26	8.98
24.62	9.33
25.15	9.85
26.19	10.88

Fattore di sicurezza (FS)      1.3316   - N.10 --      X      Y      Lambda=  
1.5000

14.80	7.90
15.61	7.45
16.01	7.23
16.29	7.08
16.54	6.96
16.77	6.86
16.99	6.76
17.22	6.66
17.47	6.57
17.74	6.46
17.97	6.39
18.19	6.33
18.39	6.28
18.61	6.24
18.82	6.22
19.04	6.20
19.29	6.20

19.59	6.20
19.83	6.22
20.05	6.25
20.24	6.29
20.46	6.35
20.65	6.43
20.87	6.52
21.10	6.65
21.39	6.81
21.64	6.96
21.87	7.11
22.09	7.27
22.31	7.44
22.53	7.61
22.75	7.81
22.98	8.02
23.22	8.25
23.47	8.49
23.70	8.72
23.94	8.94
24.17	9.17
24.43	9.42
24.71	9.71
25.12	10.11
25.90	10.88

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----  
 # DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*  
 # Analisi Deficit in riferimento a  $F_s(\text{progetto}) = 1.200$

Sup N.	$F_s$	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.287	196.9	153.0	13.3	Surplus
2	1.294	203.9	157.6	14.8	Surplus
3	1.305	203.5	156.0	16.3	Surplus
4	1.314	196.4	149.4	17.1	Surplus
5	1.323	202.4	153.0	18.8	Surplus
6	1.326	204.0	153.9	19.3	Surplus
7	1.330	202.7	152.5	19.8	Surplus
8	1.330	206.2	155.1	20.1	Surplus
9	1.331	203.6	153.0	20.1	Surplus
10	1.332	196.3	147.4	19.4	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 13.3

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie  
 di scivolamento  
 FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
 di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
 per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

phi'	X	dx	alpha	W	ru	U
(°)	(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)
	(c',Cu)					
	(kPa)					
	14.287	0.165	-26.40	0.13	0.52	0.40
24.79	0.00					
	14.452	0.165	-26.40	0.38	0.52	1.21
24.79	0.00					
	14.617	0.165	-26.40	0.64	0.52	2.01
24.79	0.00					
	14.782	0.165	-26.40	0.89	0.52	2.81
24.79	0.00					
	14.947	0.165	-26.40	1.15	0.52	3.74
24.79	0.00					
	15.112	0.165	-26.40	1.40	0.52	4.51
24.79	0.00					
	15.277	0.029	-26.40	0.27	0.52	5.26
24.79	0.00					
	15.306	0.165	-25.75	1.70	0.52	5.39
24.79	0.00					
	15.471	0.165	-25.75	1.94	0.52	6.14
24.79	0.00					
	15.636	0.165	-25.75	2.19	0.52	6.88
24.79	0.00					
	15.801	0.011	-25.75	0.16	0.52	7.58
24.79	0.00					
	15.812	0.165	-24.44	2.45	0.52	7.62
24.79	0.00					
	15.977	0.165	-24.44	2.68	0.52	8.31
24.79	0.00					
	16.142	0.021	-24.44	0.37	0.52	8.97
24.79	0.00					
	16.164	0.165	-22.96	2.93	0.52	9.04
24.79	0.00					
	16.329	0.141	-22.96	2.69	0.52	9.70
24.79	0.00					
	16.470	0.165	-21.06	3.33	0.52	10.28
24.79	0.00					
	16.635	0.119	-21.06	2.53	0.52	10.97
24.79	0.00					
	16.755	0.165	-19.52	3.66	0.52	11.43
24.79	0.00					
	16.920	0.112	-19.52	2.59	0.52	12.06
24.79	0.00					
	17.032	0.165	-17.98	3.96	0.52	12.39
24.79	0.00					
	17.197	0.126	-17.98	3.12	0.52	12.91
24.79	0.00					

	17.323	0.165	-16.54	4.24	0.52	13.33
24.79	0.00					
	17.488	0.143	-16.54	3.81	0.52	13.85
24.79	0.00					
	17.631	0.165	-15.32	4.52	0.52	14.27
24.79	0.00					
	17.796	0.165	-15.32	4.66	0.52	14.71
24.79	0.00					
	17.961	0.018	-15.32	0.53	0.52	15.08
24.79	0.00					
	17.979	0.165	-13.24	4.81	0.52	15.11
24.79	0.00					
	18.144	0.128	-13.24	3.82	0.52	15.45
24.79	0.00					
	18.273	0.165	-10.51	5.01	0.52	15.69
24.79	0.00					
	18.438	0.108	-10.51	3.34	0.52	15.97
24.79	0.00					
	18.546	0.165	-7.26	5.15	0.52	16.14
24.79	0.00					
	18.711	0.089	-7.26	2.79	0.52	16.36
24.79	0.00					
	18.800	0.165	-3.99	5.24	0.52	16.44
24.79	0.00					
	18.965	0.111	-3.99	3.55	0.52	16.54
24.79	0.00					
	19.076	0.165	-0.52	5.28	0.52	16.58
24.79	0.00					
	19.241	0.093	-0.52	2.98	0.52	16.59
24.79	0.00					
	19.334	0.165	2.84	5.27	0.52	16.58
24.79	0.00					
	19.499	0.119	2.84	3.80	0.52	16.51
24.79	0.00					
	19.618	0.165	5.66	5.22	0.52	16.43
24.79	0.00					
	19.783	0.154	5.66	4.82	0.52	16.27
24.79	0.00					
	19.937	0.165	7.66	5.11	0.52	16.09
24.79	0.00					
	20.102	0.165	7.66	5.04	0.52	15.85
24.79	0.00					
	20.267	0.069	7.66	2.10	0.52	15.54
24.79	0.00					
	20.337	0.165	11.08	4.93	0.52	15.38
24.79	0.00					
	20.502	0.132	11.08	3.88	0.52	14.81
24.79	0.00					
	20.634	0.165	16.25	4.72	0.52	14.21
24.79	0.00					
	20.799	0.097	16.25	2.72	0.51	14.20
24.79	0.00					
	20.897	0.165	22.50	4.45	0.49	16.21
24.79	0.00					

	21.062	0.063	22.50	1.65	0.44	20.22
24.79	0.00					
	21.125	0.165	28.19	4.13	0.42	21.97
24.79	0.00					
	21.290	0.100	28.19	2.38	0.38	26.67
24.79	0.00					
	21.390	0.110	33.23	2.47	0.35	29.32
24.79	0.00					
	21.500	0.010	33.23	1.32	0.32	32.15
24.79	0.00					
	21.510	0.030	33.23	3.96	0.32	32.36
24.79	0.00					
	21.540	0.010	33.23	1.32	0.31	32.90
24.79	0.00					
	21.550	0.073	33.23	9.57	0.31	33.06
24.79	0.00					
	21.623	0.007	37.76	0.93	0.30	33.99
24.79	0.00					
	21.630	0.150	37.76	19.45	0.30	34.07
24.79	0.00					
	21.780	0.020	37.76	2.57	0.29	35.17
24.79	0.00					
	21.800	0.050	37.76	6.41	0.29	35.28
24.79	0.00					
	21.850	0.032	37.76	4.09	0.28	35.47
24.79	0.00					
	21.882	0.018	41.00	2.30	0.28	35.55
24.79	0.00					
	21.900	0.150	41.00	18.65	0.28	35.56
24.79	0.00					
	22.050	0.060	41.00	7.41	0.28	35.25
24.79	0.00					
	22.110	0.057	41.00	6.98	0.28	34.87
24.79	0.00					
	22.167	0.165	43.16	20.18	0.29	34.40
24.79	0.00					
	22.332	0.068	43.16	8.29	0.30	32.31
24.79	0.00					
	22.400	0.020	43.16	2.42	0.31	31.45
24.79	0.00					
	22.420	0.094	43.16	7.60	0.31	31.16
24.79	0.00					
	22.514	0.165	43.30	12.94	0.32	29.75
24.79	0.00					
	22.679	0.021	43.30	1.60	0.34	27.30
24.79	0.00					
	22.700	0.139	43.30	10.44	0.34	26.98
24.79	0.00					
	22.839	0.165	43.46	11.99	0.34	24.17
24.79	0.00					
	23.004	0.142	43.46	9.90	0.32	20.44
24.79	0.00					
	23.145	0.055	43.62	3.74	0.30	16.85
24.79	0.00					

	23.200	0.165	43.62	10.92	0.28	15.51
24.79	0.00					
	23.365	0.078	43.62	5.01	0.23	11.69
24.79	0.00					
	23.443	0.026	43.79	1.63	0.20	9.75
24.79	0.00					
	23.469	0.165	43.79	10.11	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.634	0.099	43.79	5.78	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.733	0.165	44.00	9.27	0.00	0.00
0.00	35.00					
	23.898	0.161	44.00	8.52	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.059	0.165	44.17	8.22	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.224	0.065	44.17	3.07	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.288	0.101	44.17	4.62	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.389	0.032	44.17	1.43	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.421	0.165	44.33	7.05	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.586	0.165	44.33	6.52	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.751	0.165	44.33	5.98	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.916	0.014	44.33	0.49	0.00	0.00
0.00	35.00					
	24.930	0.165	44.41	5.40	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.095	0.165	44.41	4.87	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.260	0.165	44.41	4.33	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.425	0.165	44.41	3.79	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.590	0.139	44.41	2.79	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.730	0.165	44.41	2.80	0.00	0.00
0.00	35.00					
	25.895	0.019	44.41	0.28	0.00	0.00
0.00	35.00					

-----  
-----

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 W(kN/m) : Forza peso concio  
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio

phi'(^{\circ}) : Angolo di attrito efficace base concio  
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

T(x)	X (m)	ht E' (m) (kN)	yt rho(x) (m) (--)	yt' FS_qFEM (--) (--)	E(x) FS_srmFEM (kN/m) (--)
	14.287	0.000	7.900	-0.371	0.0000000000E+000
0.0000000000E+000	14.452	0.021	7.839	-0.371	7.1623581525E-002
4.6185309051E-007	14.617	0.041	7.777	-0.370	1.8902008557E-001
4.6185309051E-007	14.782	0.062	7.717	-0.403	3.9428897475E-001
1.9431088192E-002	14.947	0.072	7.644	-0.398	7.0857524861E-001
5.8599260744E-002	15.112	0.095	7.585	-0.353	9.8030560430E-001
1.0293973254E-001	15.277	0.119	7.528	-0.344	1.2492937472E+000
1.5232396694E-001	15.306	0.125	7.519	-0.337	1.2934590767E+000
1.6131736489E-001	15.471	0.148	7.462	-0.339	1.5668921940E+000
2.2373694202E-001	15.636	0.172	7.407	-0.327	1.8354190416E+000
2.9458177487E-001	15.801	0.199	7.355	-0.314	2.0784575491E+000
3.6940013328E-001	15.812	0.201	7.351	-0.302	2.0932940315E+000
3.7434606172E-001	15.977	0.226	7.301	-0.298	2.3169978087E+000
4.6063608065E-001	16.142	0.253	7.253	-0.290	2.5260732727E+000
5.7004011144E-001	16.164	0.257	7.247	-0.282	2.5531625594E+000
5.8538250234E-001	16.329	0.280	7.200	-0.290	2.8940951432E+000
7.6025846831E-001	16.470	0.298	7.159	-0.299	3.3448567478E+000
9.6796353670E-001	16.635	0.312	7.109	-0.289	4.2492691203E+000
1.3301591365E+000	16.755	0.325	7.076	-0.274	5.1355992998E+000
1.6539439154E+000	16.920	0.338	7.031	-0.250	6.9488449614E+000

2.2667454407E+000	1.1441384344E+001	1.089	2.727	1.398
17.032	0.354	7.007	-0.219	8.2682277642E+000
2.7003034746E+000	1.2886065768E+001	1.064	2.880	1.599
17.197	0.371	6.970	-0.230	1.0670352746E+001
3.5163461877E+000	1.7043099489E+001	1.041	3.076	1.883
17.323	0.382	6.940	-0.233	1.3047112976E+001
4.3675316010E+000	1.9091237612E+001	1.035	3.165	2.003
17.488	0.393	6.902	-0.218	1.6231700678E+001
5.5454654513E+000	1.9023028768E+001	1.036	3.204	2.036
17.631	0.406	6.873	-0.199	1.8924822443E+001
6.5874438517E+000	1.8575060126E+001	1.043	3.143	1.971
17.796	0.419	6.841	-0.179	2.1950366845E+001
7.7935222070E+000	1.7410095162E+001	1.053	3.008	1.865
17.961	0.437	6.814	-0.163	2.4671469657E+001
8.9078242313E+000	1.5169022813E+001	1.062	2.795	1.755
17.979	0.440	6.811	-0.148	2.4946275669E+001
9.0226226740E+000	1.5103074098E+001	1.064	2.765	1.744
18.144	0.454	6.786	-0.144	2.7558297179E+001
1.0126421297E+001	1.5634520208E+001	1.076	2.472	1.646
18.273	0.467	6.769	-0.131	2.9545294744E+001
1.0981574994E+001	1.5253817290E+001	1.086	2.236	1.581
18.438	0.477	6.748	-0.120	3.2013675478E+001
1.2069606790E+001	1.4610790804E+001	1.098	1.938	1.508
18.546	0.484	6.736	-0.106	3.3571846251E+001
1.2766752610E+001	1.4281206284E+001	1.106	1.751	1.466
18.711	0.489	6.719	-0.090	3.5902963481E+001
1.3825382787E+001	1.2270128240E+001	1.118	1.492	1.408
18.800	0.494	6.713	-0.059	3.6902113832E+001
1.4280300714E+001	1.0887500044E+001	1.123	1.382	1.384
18.965	0.497	6.704	-0.045	3.8580104595E+001
1.5039608327E+001	9.2131627790E+000	1.129	1.211	1.345
19.076	0.501	6.701	-0.022	3.9533350719E+001
1.5461624398E+001	8.1287460131E+000	1.132	1.118	1.323
19.241	0.500	6.698	-0.010	4.0766823179E+001
1.5988840199E+001	6.5205016906E+000	1.135	1.011	1.296
19.334	0.501	6.698	0.012	4.1323446303E+001
1.6213738223E+001	5.6691120104E+000	1.135	0.968	1.284
19.499	0.495	6.701	0.028	4.2167143914E+001
1.6512640418E+001	4.3669329018E+000	1.133	0.911	1.267
19.618	0.494	6.706	0.051	4.2623969410E+001
1.6583996679E+001	3.4280216511E+000	1.126	0.893	1.263
19.783	0.488	6.716	0.066	4.3098411055E+001
1.6505158095E+001	2.2113358462E+000	1.108	0.890	1.266
19.937	0.484	6.727	0.082	4.3343548707E+001
1.6146008034E+001	-2.7491850400E-001	1.077	0.921	1.283
20.102	0.476	6.742	0.099	4.2967706352E+001
1.5442427442E+001	-7.8044418425E+000	1.038	0.993	1.321
20.267	0.472	6.760	0.113	4.0767493059E+001
1.4300391392E+001	-1.7484447954E+001	1.013	1.136	1.391
20.337	0.471	6.768	0.157	3.9434583564E+001
1.3737158271E+001	-2.2231827647E+001	1.007	1.224	1.424
20.502	0.467	6.797	0.190	3.4585479110E+001
1.1996170222E+001	-3.3719987646E+001	1.005	1.517	1.494
20.634	0.469	6.825	0.411	2.9661781013E+001



1.0514604168E+001	-4.2730514559E+001	1.032	1.751	1.511
20.799	0.515	0.740	2.1471386780E+001	
8.9063381799E+000	-4.8964786590E+001	1.219	1.850	1.406
20.897	0.587	0.538	1.6735946511E+001	
8.7453201356E+000	-4.1711379953E+001	1.555	1.767	1.270
21.062	0.560	0.249	1.1769139184E+001	
9.3249697947E+000	-1.8976023734E+001	2.414	1.622	1.105
21.125	0.549	0.301	1.0840192555E+001	
9.9513420199E+000	-1.1414883133E+001	2.817	1.560	1.062
21.290	0.514	0.322	1.0386011383E+001	
1.2164709630E+001	1.5086029331E+000	3.619	1.417	0.985
21.390	0.493	0.359	1.0798262363E+001	
1.3520410093E+001	6.3444109485E+000	3.865	1.350	0.956
21.500	0.464	12.718	1.1761992979E+001	
1.4975131324E+001	1.0344030745E+001	0.316	1.288	0.933
21.510	1.936	38.715	1.1866850444E+001	
1.5094543779E+001	1.1030744728E+001	0.098	1.283	0.931
21.540	1.986	2.301	1.2246822626E+001	
1.5446123877E+001	1.4453688807E+001	0.073	1.268	0.925
21.550	2.002	1.984	1.2397319345E+001	
1.5560529705E+001	1.5247890074E+001	0.066	1.263	0.924
21.623	2.096	1.944	1.3614500572E+001	
1.6277935733E+001	1.3167016196E+001	0.064	1.223	0.911
21.630	2.104	1.623	1.3705363585E+001	
1.6340505032E+001	1.2511977503E+001	0.064	1.219	0.910
21.780	2.230	1.594	1.4590096812E+001	
1.7028022620E+001	2.9042208606E+000	0.064	1.125	0.873
21.800	2.243	1.317	1.4640197227E+001	
1.7057118550E+001	2.1729276202E+000	0.064	1.112	0.867
21.850	2.268	1.202	1.4707331964E+001	
1.7051172901E+001	1.0111753337E+000	0.064	1.081	0.853
21.882	2.278	1.026	1.4732894032E+001	
1.6992834322E+001	-1.4712911890E+000	0.077	1.061	0.844
21.900	2.279	0.741	1.4683374654E+001	
1.6923865569E+001	-3.6748141993E+000	0.081	1.050	0.838
22.050	2.256	0.632	1.2976179545E+001	
1.5262828383E+001	-1.6103936663E+001	0.080	0.938	0.773
22.110	2.229	0.331	1.1896600083E+001	
1.4194812079E+001	-1.9990501132E+001	0.080	0.888	0.741
22.167	2.194	-0.117	1.0657255167E+001	
1.2953085812E+001	-2.4158130809E+001	0.072	0.838	0.707
22.332	1.999	-0.375	5.5732912783E+000	
8.0581139850E+000	-3.6641004027E+001	0.044	0.685	0.594
22.400	1.887	-5.874	2.9053153951E+000	
5.7555654007E+000	-3.6598382191E+001	0.056	0.628	0.547
22.420	1.397	-4.085	2.1877423477E+000	
5.0694542207E+000	-3.6730958421E+001	0.048	0.613	0.534
22.514	1.314	0.379	-1.6484478419E+000	
1.3324162934E+000	-4.0810388036E+001	0.061	0.533	0.463
22.679	1.252	0.565	-8.4030832770E+000	
-5.2782549388E+000	-3.5673133228E+001	0.083	0.407	0.344
22.700	1.244	0.565	-9.1315609347E+000	
-5.9984499880E+000	-3.5616162271E+001	0.094	0.396	0.333
22.839	1.192	0.251	-1.4624604316E+001	

-1.1200456301E+001	-3.7389261681E+001	0.176	0.354	0.261
23.004	1.033	9.090	0.087	-2.0351186384E+001
-1.6246462678E+001	-3.3708676242E+001	0.256	0.383	0.220
23.145	0.928	9.119	0.276	-2.5003531964E+001
-1.9970854568E+001	-2.9427461035E+001	0.314	0.466	0.220
23.200	0.901	9.144	0.475	-2.6544263921E+001
-2.1019730466E+001	-2.6641492894E+001	0.330	0.519	0.220
23.365	0.823	9.224	0.486	-3.0217478965E+001
-2.3001907932E+001	-2.1235379935E+001	0.358	0.721	0.231
23.443	0.787	9.263	0.487	-3.1841124045E+001
-2.3751447017E+001	-1.7080944522E+001	0.368	0.845	0.253
23.469	0.774	9.274	0.518	-3.2251425828E+001
-2.3894160307E+001	-1.5439263291E+001	0.369	0.892	1.778
23.634	0.703	9.362	0.583	-3.4347792532E+001
-2.4074473993E+001	-8.7460711210E+000	0.398	1.202	1.887
23.733	0.675	9.428	0.688	-3.4976820810E+001
-2.3645569569E+001	-4.5854093301E+000	0.409	1.418	1.988
23.898	0.631	9.543	0.675	-3.5236357865E+001
-2.2416940053E+001	2.3811223026E+000	0.419	1.798	2.194
24.059	0.581	9.648	0.664	-3.4234424200E+001
-2.0677898735E+001	9.6656496960E+000	0.419	2.116	2.400
24.224	0.532	9.759	0.638	-3.2057541133E+001
-1.8421886940E+001	1.6248621596E+001	0.410	2.347	2.564
24.288	0.504	9.794	0.563	-3.0932008822E+001
-1.7581947800E+001	1.8333557007E+001	0.407	2.355	2.572
24.389	0.464	9.852	0.567	-2.8949937893E+001
-1.6184530329E+001	1.8893205766E+001	0.399	2.338	2.553
24.421	0.451	9.870	0.547	-2.8352780542E+001
-1.5757455408E+001	1.8341819491E+001	0.397	2.322	2.535
24.586	0.380	9.960	0.568	-2.5570482688E+001
-1.3544915679E+001	1.6195016436E+001	0.383	2.186	2.385
24.751	0.316	10.057	0.609	-2.3007201141E+001
-1.1226121558E+001	1.4899713780E+001	0.363	2.011	2.194
24.916	0.258	10.161	0.631	-2.0652451058E+001
-8.8700542764E+000	1.3839472378E+001	0.334	1.835	2.003
24.930	0.254	10.170	0.704	-2.0456040356E+001
-8.6698117782E+000	1.3800561575E+001	0.331	1.820	1.988
25.095	0.209	10.287	0.691	-1.8182190449E+001
-6.2926001190E+000	1.2367031029E+001	0.289	1.659	1.816
25.260	0.158	10.398	0.750	-1.6373985448E+001
-4.1975621542E+000	1.3792363442E+001	0.241	1.538	1.688
25.425	0.133	10.535	0.763	-1.3629668122E+001
-1.8963813077E+000	1.8403882626E+001	0.146	1.428	1.575
25.590	0.087	10.650	0.662	-1.0299313263E+001
-6.1617385483E-001	2.2644035518E+001	0.072	1.350	1.495
25.730	0.037	10.737	0.710	-6.8524855024E+000
-2.6081242839E-001	3.0459162818E+001	0.053	1.271	1.409
25.895	0.005	10.866	0.710	-7.0535393671E-001
-1.2441175202E-002	3.7714782782E+001	0.043	2.165	2.401

-----  
 ---  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio  
 ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM  
 Procedure

-----  
-----

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----  
-----

	X	dx	dI	alpha	TauStress	TauF
	(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)
TauStrength	TauS					
(kPa)	(kN/m)					
0.100	14.287	0.165	0.184	-26.403	-0.307	-0.057
0.300	14.452	0.165	0.184	-26.403	-0.921	-0.170
0.604	14.617	0.165	0.184	-26.403	-1.535	-0.283
0.910	14.782	0.165	0.184	-26.403	-2.150	-0.396
1.081	14.947	0.165	0.184	-26.403	-2.764	-0.509
1.323	15.112	0.165	0.184	-26.403	-3.378	-0.622
1.322	15.277	0.029	0.032	-26.403	-3.739	-0.121
1.693	15.306	0.165	0.183	-25.747	-4.019	-0.736
1.952	15.471	0.165	0.183	-25.747	-4.605	-0.844
2.191	15.636	0.165	0.183	-25.747	-5.191	-0.951
2.165	15.801	0.011	0.012	-25.747	-5.504	-0.067
2.607	15.812	0.165	0.181	-24.443	-5.584	-1.012
2.952	15.977	0.165	0.181	-24.443	-6.115	-1.109
2.997	16.142	0.021	0.024	-24.443	-6.416	-0.151
3.691	16.164	0.165	0.179	-22.956	-6.386	-1.145
	16.329	0.141	0.154	-22.956	-6.824	-1.048

4.217	0.647					
	16.470	0.165	0.177	-21.065	-6.763	-1.196
5.192	0.918					
	16.635	0.119	0.128	-21.065	-7.109	-0.910
5.716	0.732					
	16.755	0.165	0.175	-19.519	-6.984	-1.223
6.852	1.200					
	16.920	0.112	0.119	-19.519	-7.276	-0.867
7.059	0.841					
	17.032	0.165	0.174	-17.979	-7.041	-1.222
8.231	1.428					
	17.197	0.126	0.132	-17.979	-7.302	-0.964
9.827	1.297					
	17.323	0.165	0.172	-16.540	-7.017	-1.208
10.293	1.772					
	17.488	0.143	0.150	-16.540	-7.253	-1.085
10.519	1.573					
	17.631	0.165	0.171	-15.315	-6.981	-1.194
10.720	1.834					
	17.796	0.165	0.171	-15.315	-7.197	-1.232
10.461	1.790					
	17.961	0.018	0.019	-15.315	-7.318	-0.139
10.132	0.192					
	17.979	0.165	0.170	-13.238	-6.495	-1.101
10.617	1.800					
	18.144	0.128	0.132	-13.238	-6.640	-0.875
10.728	1.414					
	18.273	0.165	0.168	-10.505	-5.442	-0.914
10.772	1.808					
	18.438	0.108	0.110	-10.505	-5.528	-0.609
10.749	1.184					
	18.546	0.165	0.166	-7.262	-3.915	-0.651
10.687	1.778					
	18.711	0.089	0.089	-7.262	-3.953	-0.353
9.935	0.888					
	18.800	0.165	0.165	-3.985	-2.201	-0.364
9.523	1.576					
	18.965	0.111	0.111	-3.985	-2.213	-0.247
9.116	1.016					
	19.076	0.165	0.165	-0.515	-0.288	-0.048
8.639	1.426					
	19.241	0.093	0.093	-0.515	-0.288	-0.027
8.274	0.770					
	19.334	0.165	0.165	2.841	1.582	0.261
7.787	1.287					
	19.499	0.119	0.119	2.841	1.576	0.188
7.274	0.869					
	19.618	0.165	0.166	5.660	3.103	0.515
6.716	1.114					
	19.783	0.154	0.155	5.660	3.074	0.475
6.039	0.934					
	19.937	0.165	0.167	7.662	4.092	0.681
5.411	0.901					
	20.102	0.165	0.167	7.662	4.037	0.672

4.575	0.762					
	20.267	0.069	0.070	7.662	3.998	0.280
4.242	0.297					
	20.337	0.165	0.168	11.085	5.634	0.948
4.047	0.681					
	20.502	0.132	0.135	11.085	5.531	0.746
3.936	0.531					
	20.634	0.165	0.172	16.249	7.688	1.322
4.839	0.832					
	20.799	0.097	0.102	16.249	7.494	0.761
5.183	0.526					
	20.897	0.165	0.179	22.502	9.542	1.705
2.936	0.525					
	21.062	0.063	0.068	22.502	9.228	0.630
0.345	0.024					
	21.125	0.165	0.187	28.194	10.418	1.951
0.000	0.000					
	21.290	0.100	0.114	28.194	9.861	1.124
0.000	0.000					
	21.390	0.110	0.131	33.229	10.313	1.352
0.000	0.000					
	21.500	0.010	0.012	33.229	60.654	0.725
24.726	0.296					
	21.510	0.030	0.036	33.229	60.541	2.171
24.610	0.883					
	21.540	0.010	0.012	33.229	60.428	0.722
24.352	0.291					
	21.550	0.073	0.087	33.229	60.193	5.247
24.540	2.139					
	21.623	0.007	0.009	37.762	63.331	0.568
19.108	0.171					
	21.630	0.150	0.190	37.762	62.777	11.911
20.162	3.826					
	21.780	0.020	0.025	37.762	62.177	1.573
20.341	0.515					
	21.800	0.050	0.063	37.762	62.042	3.924
20.738	1.312					
	21.850	0.032	0.040	37.762	-225.886	-9.140
124.129	5.023					
	21.882	0.018	0.024	40.996	63.271	1.510
18.634	0.445					
	21.900	0.150	0.199	40.996	61.547	12.232
20.423	4.059					
	22.050	0.060	0.079	40.996	61.180	4.864
22.889	1.820					
	22.110	0.057	0.075	40.996	60.976	4.577
24.498	1.839					
	22.167	0.165	0.226	43.155	61.005	13.801
25.921	5.864					
	22.332	0.068	0.094	43.155	60.520	5.667
28.250	2.645					
	22.400	0.020	0.027	43.155	60.336	1.654
28.797	0.790					
	22.420	0.094	0.129	43.155	40.267	5.197

21.178	2.733					
	22.514	0.165	0.227	43.298	39.135	8.874
21.374	4.847					
	22.679	0.021	0.029	43.298	38.312	1.095
19.937	0.570					
	22.700	0.139	0.190	43.298	37.607	7.159
20.907	3.980					
	22.839	0.165	0.227	43.456	36.271	8.246
18.722	4.257					
	23.004	0.142	0.195	43.456	34.906	6.808
18.079	3.526					
	23.145	0.055	0.076	43.619	34.040	2.578
16.380	1.241					
	23.200	0.165	0.228	43.619	33.055	7.536
13.669	3.116					
	23.365	0.078	0.108	43.619	31.966	3.455
13.935	1.506					
	23.443	0.026	0.036	43.792	31.508	1.129
12.898	0.462					
	23.469	0.165	0.229	43.792	30.597	6.995
35.702	8.163					
	23.634	0.099	0.136	43.792	29.328	4.003
32.201	4.395					
	23.733	0.165	0.229	44.002	28.062	6.438
30.212	6.932					
	23.898	0.161	0.223	44.002	26.482	5.918
28.043	6.267					
	24.059	0.165	0.230	44.168	18.180	4.183
26.207	6.030					
	24.224	0.065	0.090	44.168	-10.602	-0.954
26.626	2.395					
	24.288	0.101	0.140	44.168	-21.166	-2.966
26.057	3.651					
	24.389	0.032	0.045	44.168	-46.882	-2.095
26.429	1.181					
	24.421	0.165	0.231	44.327	14.729	3.398
26.375	6.085					
	24.586	0.165	0.231	44.327	19.747	4.556
25.960	5.989					
	24.751	0.165	0.231	44.327	18.127	4.182
25.815	5.956					
	24.916	0.014	0.020	44.327	17.247	0.343
25.947	0.516					
	24.930	0.165	0.231	44.415	16.366	3.781
25.732	5.945					
	25.095	0.165	0.231	44.415	14.741	3.406
26.832	6.200					
	25.260	0.165	0.231	44.415	13.117	3.031
26.029	6.014					
	25.425	0.165	0.231	44.415	11.492	2.655
30.009	6.934					
	25.590	0.139	0.195	44.415	9.993	1.950
33.360	6.511					
	25.730	0.165	0.231	44.415	8.495	1.963

34.032	7.863					
25.895	0.019	0.026	44.415	7.590	0.198	
34.571	0.904					

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 dx(m) : Larghezza concio  
 dl(m) : lunghezza base concio  
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
 TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
 TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

#### FORZE APPLICATE/RESISTENTI SU PALIFICATE\*,\*\*

Metodo di calcolo adottato: ITO-MATSUI(1975,79,81,82) - HASSIOTIS (1997)

\*NOTA IMPORTANTE: Per le superfici che intersecano la palificata sotto il 20% finale della lunghezza,

ai fini della sicurezza, non viene considerato l'effetto stabilizzante per mancanza di sufficiente ancoraggio

(incastro).

#### PALIFICATA

N.1	Coordinata X Testa (m):
21.85	Coordinata Y Testa (m):
13.40	Lunghezza pali L (m)* :
12.15	Diametro pali D(m):
0.30	Interasse tra pali D1(m):
0.50	Lunghezza apertura tra pali D2(m):
0.20	Fattore riduttivo resistenza palificata (NTC 2018):
1.00	Massima % mobilitazione di resistenza teorica plasticizzazione Suolo-Palo:
100.00	

PROFONDITA' SUPERFICIE DI SCORRIMENTO H (m) : 6.43

PENDENZA LOCALE INTERSEZIONE SUP. SCORRIMENTO-PALO alpha (gradi) : 37.76

Procedura calcolo automatico forza mobilitata su palificata: ATTIVATA

CRITERIO DI SPINTA ASSUNTO: Minima tra mobilitazione massima assunta e spinta E(x) reale

MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO: ITO E MATSUI(1981)

--- PARAMETRI MASSIMI TEORICI IN CONDIZIONI DI PLASTICIZZAZIONE INTERFACCIA  
SUOLO PALO SECONDO TEORIA PLASTICIZZAZIONE ITO E MATSUI(1981) / KUMAR E  
HALL(2006)

FORZA UNITARIA SU PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO

qz0 (kN/m) : 75.64

FORZA UNITARIA su PALO (Massima teorica) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP. SCORRIMENTO

qzmax (kN/m) : 117.40

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (massima teorica per fronte larghezza 1 m) SU

PALIFICATA Fp (kN/m) : 1236.06

--- PARAMETRI FORZE E SFORZI MOBILITATI CALCOLATI E APPLICATI NELLA VERIFICA ---

FORZA REAZIONE TOTALE UNITARIA (Mobilizzata per fronte larghezza 1 m) SU

PALIFICATA Fpm (kN/m) : 14.71

COEFFICIENTE DI MOBILIZZAZIONE TOTALE CALCOLATO E APPLICATO alphaM (-) :

0.0119

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA TESTA PALO

qz0m (kN/m) : 0.90

FORZA UNITARIA SU PALO (mobilizzata) LOCALIZZATA ALLA BASE SUP SCORRIMENTO

qzmaxm (kN/m) : 1.40

SFORZO DI TAGLIO (Mobilizzato Stimato) SU PALO LOCALIZZATO SU SUP. SCORRIMENTO

TAUpm (kPa) : 62.042

RISULTATI INTERAZIONI CON SISTEMA DI CHIODI e/o TIRANTI

TABELLA INTERAZIONI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS - Versione 1.0  
della tabella -

NTir	X	Tipo	T	Th_mob	Tv_mob	sumA
alpha	beta	F	omega			
(-)	(m)	(-)	(-)	(kN/m)	(kN/m)	(kN)
(°)	(°)	(-)	(-)			
1	24.29	2	200.00	49.09	-28.34	35.21
44.17	-30.00	0.99	0.29			

#### LEGENDA SIMBOLI

NTir(-) : Numero Tirante

X(m) : Ascissa intersezione

Tipo(-) : Tipo tirante 1=PASSIVO , 2=ATTIVO

T (kN/m) : Tensione di Progetto

Th\_mob (kN/m) : Reazione Mobilitata - componente Orizzontale

Tv\_mob (kN/m) : Reazione Mobilitata - componente Verticale

sumA(kN) : Sommatoria forze agenti a monte della intersezione

alpha(°) : Angolo pendenza locale superficie scivolamento

beta(°) : Angolo Tirante

sumA(kN) : Sommatoria forze agenti a monte della intersezione

F (-) : Coefficiente distribuzione trazione lungo fondazione

Omega(-) : Coefficiente mobilizzazione tensione nominale di progetto