TEKNE
DI MARTINA E ASSOCIATI

T E K N E
di Martina e associati

Via Beaulard,22
10139 TORINO
P.IVA: 10776510017
TEL: 011/0364820
FAX: 011/0364822
www.teknetorino.com

Rev:	Data:	Codice:	Redatto da:
0	novembre 2017	MA265D05_0	
1			
2			
3			

Note:

TUTTI I DIRITTI RISERVATI
vietata la riproduzione, anche parziale, di questo elaborato senza specifica autorizzazione del redattore e del firmatario del progetto

REGIONE LIGURIA

PROVINCIA DELLA SPEZIA

COMUNE DI LUNI

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DI UN TRATTO DI CIRCA 800 M DEL TORRENTE PARMIGNOLA
CUP E 1970000 10006

Fase progettuale: PROGETTO DEFINITIVO

N° Elaborato		Data:
5	RELAZIONE GEOTECNICA	novembre 2017
		Scala:

RTI:
Mandataria e Capogruppo:
TEKNE di Martina e Associati

Mandanti:
Dott. Geol. D. Fontan

Dott. Ing. Francesca Soci

Il progettista:
Dott. Ing. Livio Martina

Il geologo:
Dott. Geol. D. Fontan

DARIO FONTAN GEOLOGO N. 215

Il Committente:

COMUNE DI LUNI
Via Castagno, 61 - 19034 LUNI (SP)
Tel. (+39)0187.690111 - Fax (+39)0187.660175
Codice Fiscale: 81001370113
Partita IVA: 00089160113
e-mail: urp@comune.luni.sp.it
PEC: segreteria@pec.comune.luni.sp.it

Il responsabile del procedimento:

Sommario

1. PREMESSA 1
2. GRANULOMETRIA IN ALVEO 2
3. DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI 4
4. MISURE DI FREQUENZA AMBIENTALE 4
5. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE. 5
6. ANALISI DI STABILITÀ DEI RILEVATI ARGINALI 6
6.1 Verifica a piene sponde (sponda sinistra) 9
6.2 Verifica rapido svaso (sponda sinistra) 10
6.3 Verifica a piene sponde (sponda destra) 11
6.4 Verifica rapido svaso (sponda destra) 12
7. CONCLUSIONI 13

1. PREMESSA

La presente relazione geotecnica fa parte del progetto definitivo degli Interventi di sistemazione idraulica di un tratto di circa 800 m del torrente Parmignola in comune di Ortonovo, compreso tra il ponte della strada per l'abitato di Nicola e il nuovo ponte di Via San Rocco a monte, per una lunghezza complessiva di circa 800 m.

La sistemazione del tratto è necessaria a causa dell'insufficienza idraulica evidenziata negli elaborati del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola che inserisce le aree adiacenti al corso d'acqua come inondabili per evento 30-ennale. Inoltre i recenti eventi alluvionali del 2012, che hanno colpito il bacino del torrente Parmignola, hanno provocato una consistente erosione delle sponde e la contestuale esondazione della portata di piena con l'allagamento delle aree adiacenti e delle viabilità adiacenti alle sponde.

L'obiettivo del progetto definitivo è il contenimento della portata mediante realizzazione di arginature caratterizzate da franchi idraulici conformi alla normativa e il deflusso della portata 200-ennale con franco idraulico adeguato rispetto alla sommità degli argini, lungo l'intero tratto.

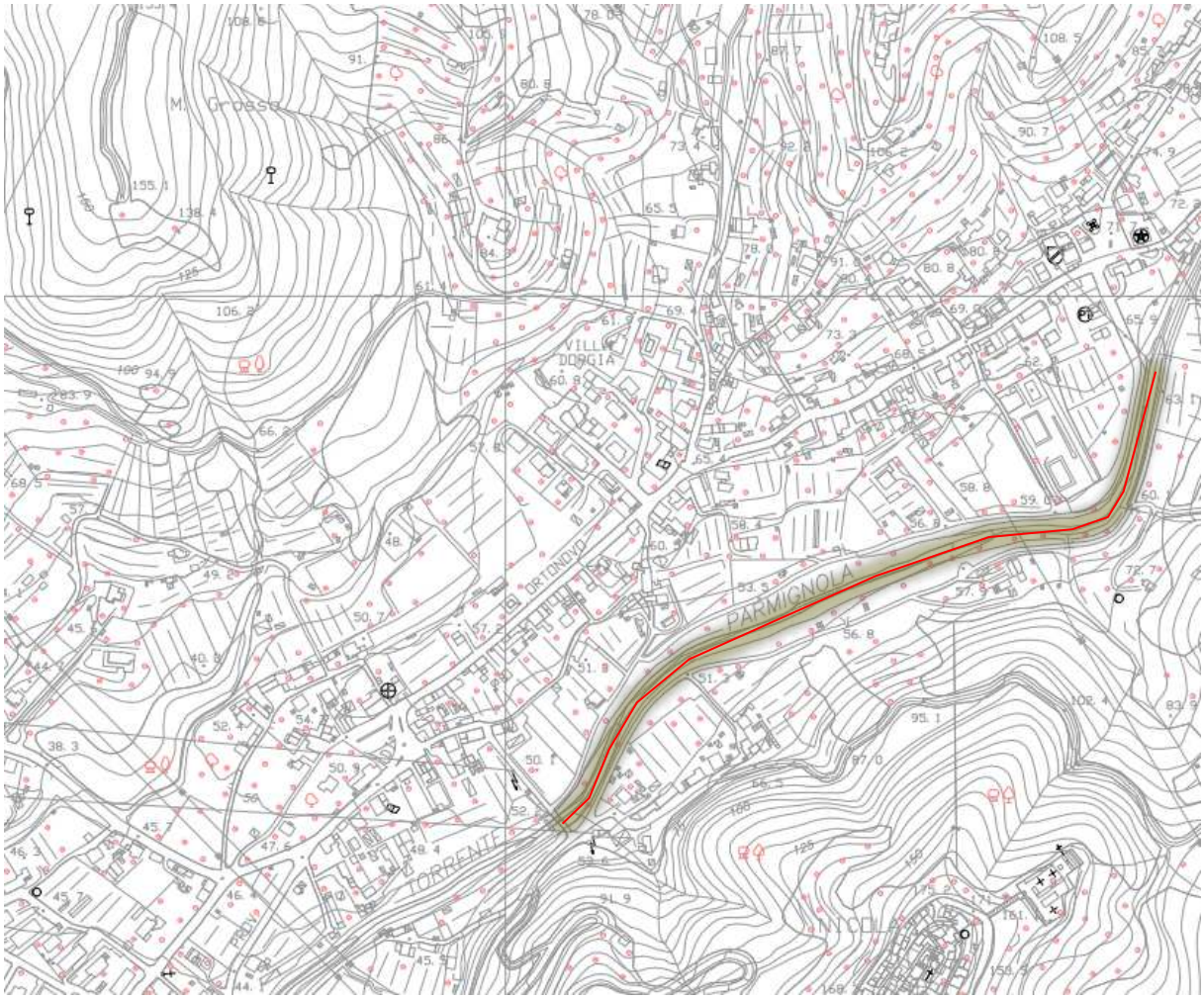


Figura 1 – Localizzazione del tratto indagato (linea rossa evidenziata).

2. GRANULOMETRIA IN ALVEO

L'analisi quantitativa delle caratteristiche granulometriche del materiale delle sponde è stato effettuato combinando un'analisi granulometrica per setacciatura (metodo ponderale), per materiali fini, e un campionamento in linea ("*transect-line*") per le granulometrie grossolane (metodo numerale).

Nel presente lavoro la granulometria verrà utilizzata per valutare la velocità della corrente e fornire una prima indicazione circa il trasporto solido.

I valori del campionamento, sia ponderale sia numerale, sono stati riportati su un'unica curva granulometriche cumulative, in funzione della percentuale in peso dei passanti e dei diametri caratteristici, espressi nella scala ASTM (Figura 3).

Nei successivi diagrammi ternari di Folk (1954), si deduce che per la parte a granulometria più fine i sedimenti sono delle ghiaie sabbiose limose, mentre per la parte più grossolana sono ghiaie ciottolose con massi sparsi.

Nel complesso i sedimenti possono essere classificati come ghiaie ciottolose con massi sparsi in matrice sabbioso-limosa.

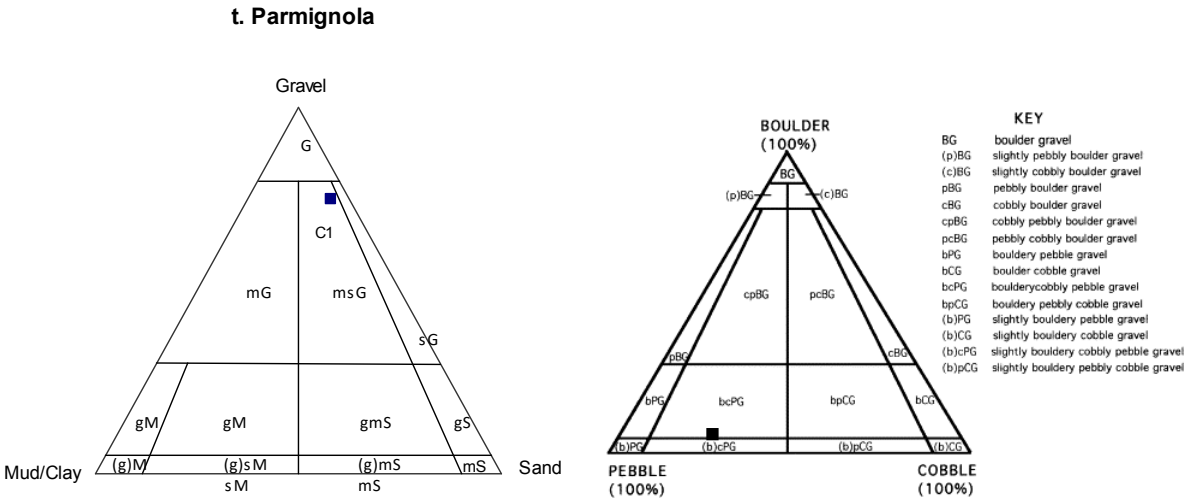
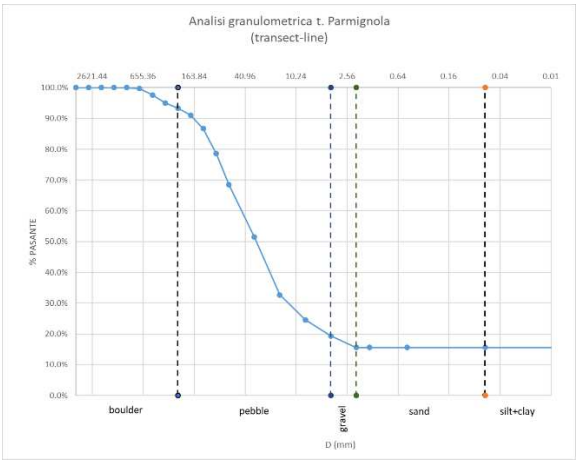
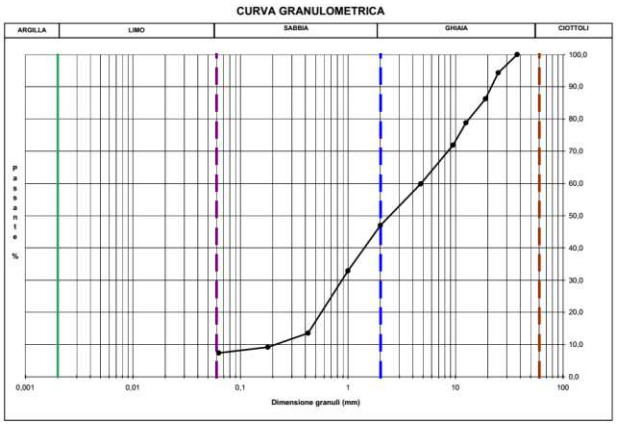


Figura 2 – Sinistra: diagramma ternario di nomenclatura delle miscele di sabbia (S), ghiaia (G) e limo/argilla (M) (Folk, 1954). mG: ghiaia limosa; msG: ghiaia sabbioso limosa; sG: ghiaia sabbiosa; gM: limo ghiaioso; gmS: sabbia ghiaiosa limosa; gS: sabbia ghiaiosa; (g)M: limo debolmente ghiaioso; (g)sM: limo sabbioso debolmente ghiaioso; (g)S: sabbia debolmente ghiaiosa; sM: limo sabbioso; mS: sabbia limosa. Destra: diagramma granulometria più grossolana.





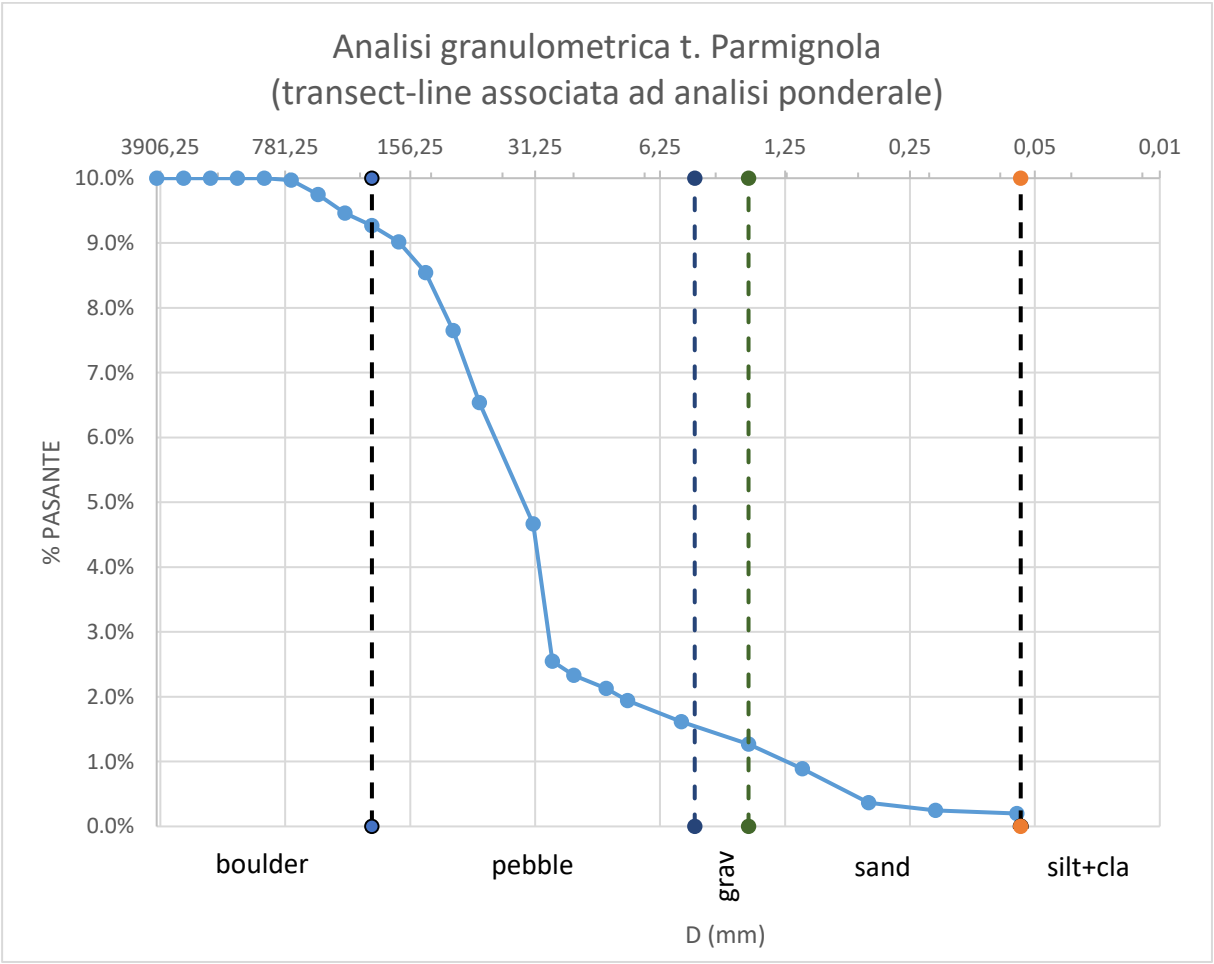


Figura 3 – Curva granulometrica dei sedimenti della sponda sinistra.

L'analisi statistica della curva granulometrica indica che la distribuzione presenta una forte asimmetria verso le piccole dimensioni (coefficiente di asimmetria > 3), una curva leptocurtica, ossia la mancanza delle classi granulometriche laterali (causata dalle problematiche del campionamento), e con il coefficiente di cernita che indica una granulometria poco assortita.

3. DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Vista la granulometria, ai depositi alluvionali stati assegnati i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

- angolo di attrito interno (ϕ'_{kpicco}) ... 40°
- peso dell'unità di volume (γ_k) ..... 18 kN/m^3
- coesione (c'_k) ..... 0 kPa

4. MISURE DI FREQUENZA AMBIENTALE

Il microtremore o "rumore sismico" è presente ovunque sulla superficie della terra ed è generato da microtremori naturali e derivanti dall'attività antropica. Il metodo più usato e più affidabile per misurare i microtremori è quello dei rapporti spettrali H/V che consiste nella misura dei rapporti degli spettri di Fourier nel piano orizzontale e nella componente verticale. Il metodo è stato introdotto nei primi anni '70 in Giappone (Nogoshi e Igarashi, 1971 e Shiono et al., 1979) e poi ripreso nel 1989 da Nakamura. Il metodo HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratios*) è soprattutto volto all'individuazione di possibili fenomeni di risonanza sismica e delle relative frequenze ed amplificazioni del rapporto H/V. Infatti a ciascuna categoria di sottosuolo è associato uno spettro di risposta che mostra la variazione in ampiezza dell'accelerazione al suolo in funzione del periodo delle vibrazioni del terreno. Gli edifici, a loro volta, sono caratterizzati da un periodo proprio di vibrazione che dipende essenzialmente dall'altezza degli stessi ed il loro comportamento, durante il sisma, viene assimilato a quello degli "oscillatori semplici" (pendoli).

Risentimenti particolari si avranno qualora il periodo del terreno (frequenza) o comunque il periodo fondamentale (frequenza fondamentale) coincida con il periodo proprio del fabbricato (frequenza struttura), determinando, in questi casi, dannosi effetti di risonanza.

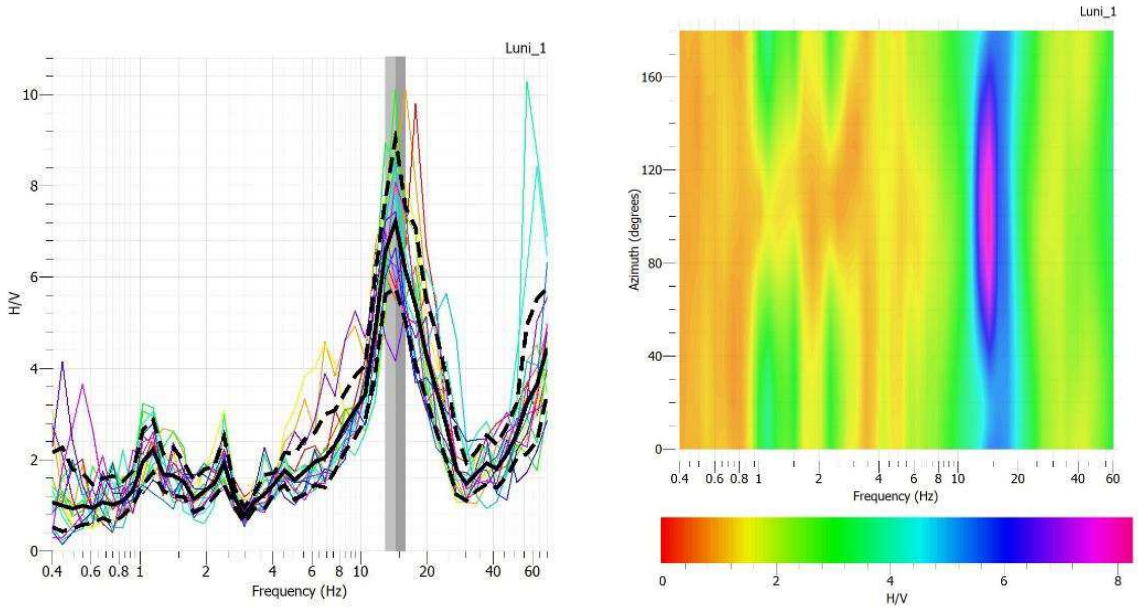
La strumentazione di acquisizione utilizzata l'indagine è un prospettore sismico AMBROGEO "ECHO-TROMO" a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: 72, 155, 284 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;

Per la definizione della frequenza fondamentale del sito e per la costruzione della curva "frequenza Hz – rapporto H/V" è stato utilizzato il software open source Geopsy (http://www.geopsy.org). La misura è stata effettuata allo scopo di definire la categoria di sottosuolo ai sensi del DM 14 gennaio 2008.

La misura (Figura 4) mostra un picco a 14.3 Hz che segna verosimilmente il top del bedrock posto a circa 6-7 m di profondità. Ne consegue una Vs media di circa 372 m/s che corrisponde alla categoria di sottosuolo B.

I picchi secondari tra 1 e 2 Hz evidenziano discontinuità più profonde poco compatibili con le informazioni geologiche del sito.



.

Figura 4 – Diagramma frequenza rapporto H/H e direzionalità della frequenza.

5. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.

L'area è sub-pianeggiante, quindi coefficiente di amplificazione topografica St pari a 1.

Sulla base della misura HVSR si può ritenere che la categoria di sottosuolo corrisponda alla "B".

Ai sensi del DM 14 gennaio 2008 l'azione sismica del sito e i principali parametri sismici sono riportati nella successiva tabella.

Coordinate UTM ED50 (°)	10.053				Lon.
	44.09				Lat.
Località	Municipio Ortonovo				
Comune	Ortonovo (SP)				
Stati limite	SLE		SLU		
	SLO	SLD	SLV	SLC	
V_N	50				Vita nominale opera
Classe d'uso	II				Classe d'uso
C_U	1				Coefficiente classe d'uso
V_R	50				Vita di riferimento
Pvr	81%	63%	10%	5%	Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
T_R (anni)	30	50	475	975	Tempo di ritorno
a_g (g)	0.048	0.059	0.147	0.188	Accelerazione massima al sito

F_0	2.465	2.494	2.407	2.376	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
Tc (s)	0.237	0.250	0.290	0.298	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
Cat. Suolo	B				Categoria sottosuolo (tab. 3.2.II)
bs	0.200	0.200	0.240	0.240	Coeff. di riduzione (tab. 7.11.I)
S_S	1.200	1.200	1.200	1.200	Amplificazione stratigrafica (tab. 3.2.V)
S_T	1.000				Amplificazione topografica (tab. 3.2.VI)
S	1.200	1.200	1.200	1.200	eq. 7.11.5
a_{max} (m/s^2)	0.560	0.699	1.725	2.214	eq. 7.11.5
K_h	0.011	0.014	0.042	0.054	eq. 7.11.3
K_v (±)	0.006	0.007	0.021	0.027	eq. 7.11.4

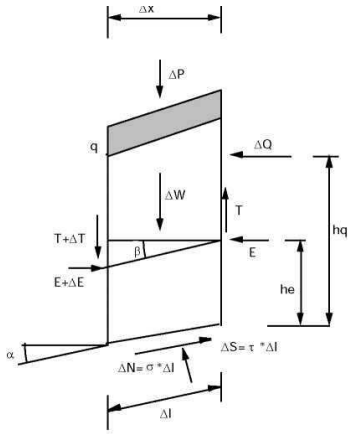
6. ANALISI DI STABILITÀ DEI RILEVATI ARGINALI

Per valutare la stabilità globale del rilevato arginale si è utilizzato il codice di calcolo automatico GeoTecB v. 8 utilizzando il metodo di Janbu semplificato ampliato alle situazioni multistrato e al calcolo delle azioni taglianti.

GeoTecB analizza la stabilità dei pendii naturali ed artificiali di geometria complessa qualunque, non omogenei e con qualunque disposizione della linea di saturazione all'interno del masso franante, in condizioni statiche ordinarie e/o in zona sismica.

Il metodo utilizzato è quello approssimato per conci (method of slices) che, assunta una linea di rottura di forma circolare, considera la parte di scarpata che può collassare divisa in porzioni comprese tra due linee verticali (conci).

Su ciascuno di questi conci agiscono (in assenza di sisma) le forze evidenziate in figura:



Dall'equilibrio alla rotazione, alla traslazione verticale e alla traslazione orizzontale del concio si determina la relazione

$$F = \frac{\sum_{A}^{B} \tau_f \Delta x \left(1+\tan^2\alpha\right)}{\sum_{A}^{B} \left\{ \{\Delta Q + \left(\gamma + z + q + \frac{\Delta P}{\Delta x} + \frac{\Delta T}{\Delta x}\right) \Delta x \tan \alpha \right\}}$$

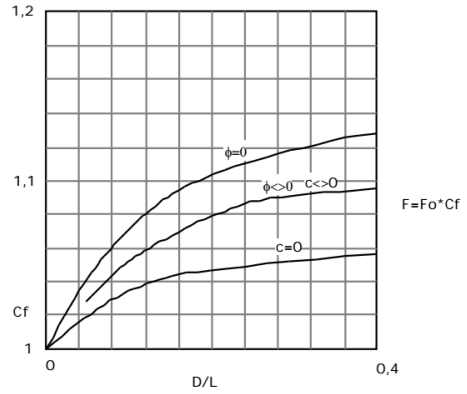
con

$$\tau_f = - \frac{Cu + \left(\gamma + z + q + \frac{\Delta P}{\Delta x} + \frac{\Delta T}{\Delta x}\right) \tan \phi}{1 + \frac{1}{F} \tan \phi \tan \alpha}$$

In GeoTecB viene calcolato un primo valore di F utilizzando il metodo di Fellenius, tale valore viene utilizzato come valore di partenza per il ciclo iterativo che, anche per il fatto di iniziare da un F molto vicino al risultato finale, converge molto rapidamente.

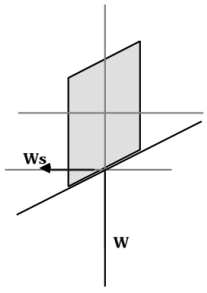
Nel ciclo iterativo non vengono considerati i tagli T e ΔT.

Il valore Fo ricavato dal ciclo iterativo viene moltiplicato per un coefficiente Cf in base al diagramma seguente



A seguito del coefficiente di sicurezza finale F=Fo * Cf vengono determinati T e Tau.

L'azione sismica viene considerata utilizzando il Metodo Pseudostatico (di chiara derivazione strutturale) è applicata alla base del concio.



Secondo le indicazioni contenute nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) devono soddisfare la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

essendo E_d il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e R_d il valore di progetto della resistenza del terreno.

Ai sensi delle NTC le verifiche SLU devono essere condotte secondo l'Approccio 1 - combinazione 2:

Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle seguenti validi rispettivamente per le azioni permanenti e variabili (A), per i parametri del terreno (M) e per le resistenze (R).

Carichi	Simbolo	Coefficiente parziale
		(A2)
Permanente Favorevole	γ_{G1}	1.0
Permanente Sfavorevole		1.3
Variabile Favorevole	γ_{Qi}	0.0
Variabile Sfavorevole		1.3

Tabella 1 – Verifiche SLU. Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Parametro	Coefficiente parziale γ_m
	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Resistenza non drenata	1.40
Peso dell'unità di volume	1.00

Tabella 2 –Verifiche SLU. Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (M2)

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Tabella 3 –Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

Per la verifica sismica viene preso in considerazione lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Sono state quindi assunte le seguenti condizioni al contorno:

- Superficie di rottura di tipo poligonale e circolare;
- Le verifiche sono state effettuate secondo le norme del DM 14 gennaio 2008 (combinazione A2+M2+R2);
  - coeff. A = 1,3
  - coeff. M = 1,25 per φ e M = 1,25 per la coesione
  - coeff. R = 1,1 (il pendio è stabile se Fs>1,1);
- Le azioni sismiche orizzontali FH e verticali FV sono:

- FH = 0,042
- FV = ±0,021

Per ogni verifica vi sono due situazione di carico che corrispondono all'azione simica verticale Fv verso il basso e verso l'alto.

La verifica di stabilità è stata condotta sulla sezione 5 in quanto rappresenta la situazione maggiormente critica.

Le verifiche non considerano la funzione stabilizzatrice delle reti anti-erosione poste nelle scarpate interne e sono condotte sia nella condizione di massima piena sia ipotizzando un rapido svaso.

6.1 Verifica a piene sponde (sponda sinistra)

```
VERIFICA STABILITA' DEI PENDII
------------------------------

RISULTATI

Calcolo effettuato con il metodo di Janbu
RIEPILOGO CERCHI
-----------------------------------------------------------------
num     X centro     Y centro       Raggio         F  Sit Carico
-----------------------------------------------------------------
  1        31.50        50.20        35.46     1.190           1
  1        31.50        50.20        35.46     1.189           2
-----------------------------------------------------------------

CERCHIO CRITICO N°  1
Larghezza del concio........=0.199
Situazione di carico numero 2
Coefficiente di sicurezza F =1.189
Coefficiente di forma       =0.08457
Coefficiente F/Fo           =1.05174
Numero iterazioni           =    3
```

Precisione =0.00256

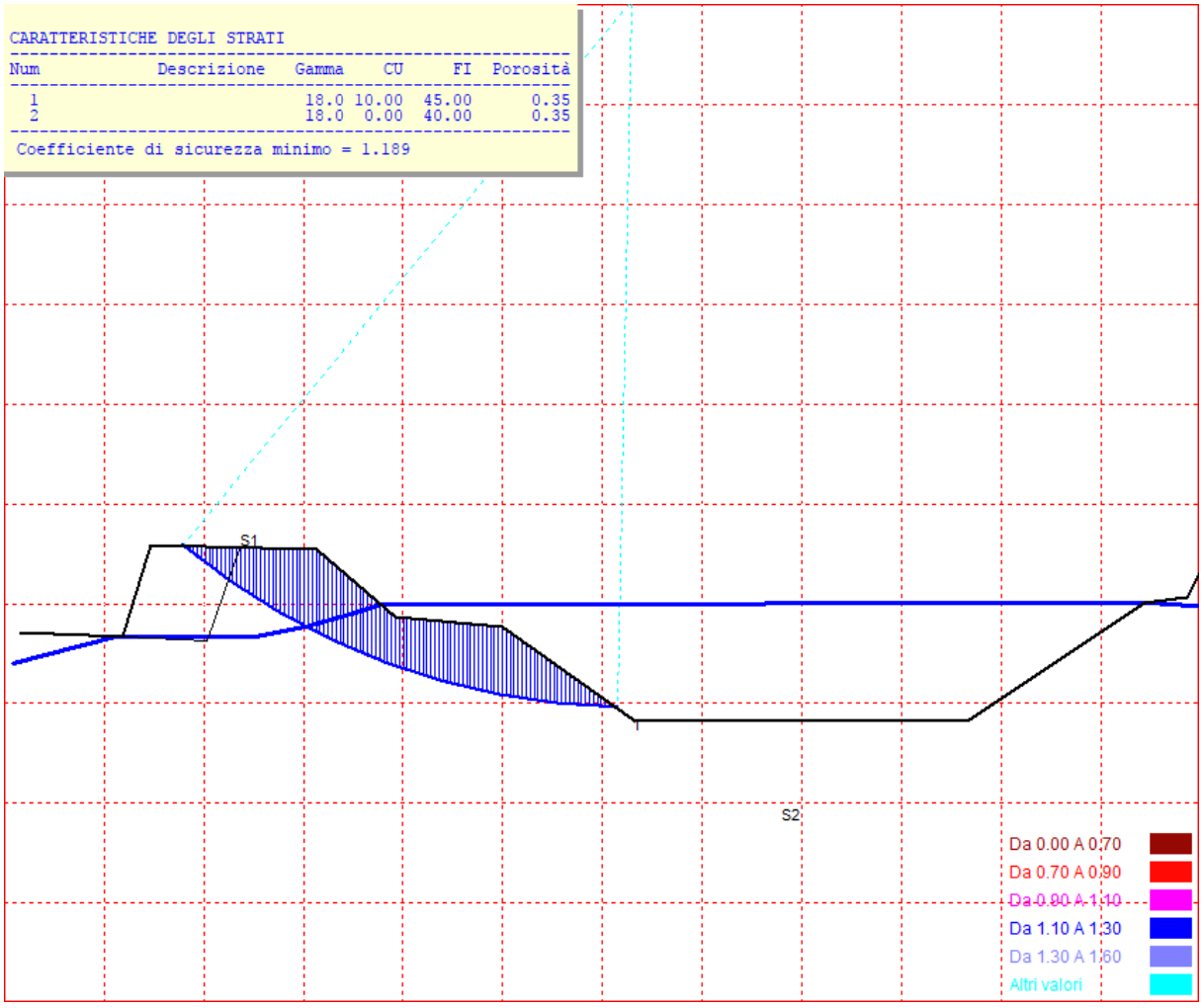


Figura 5 - Sezione 5 sponda sinistra, verifica a piene sponde.

6.2 Verifica rapido svaso (sponda sinistra)

```
VERIFICA STABILITA' DEI PENDII
------------------------------

RISULTATI

Calcolo effettuato con il metodo di Janbu
RIEPILOGO CERCHI
-----------------------------------------------------------------
num     X centro     Y centro       Raggio          F  Sit Carico
-----------------------------------------------------------------
  1        31.50        50.20        35.46      1.287           1
  1        31.50        50.20        35.46      1.280           2
-----------------------------------------------------------------

CERCHIO CRITICO N°  1
Larghezza del concio........=0.199
Situazione di carico numero 2
```

```
Coefficiente di sicurezza F =1.280
Coefficiente di forma       =0.08457
Coefficiente F/Fo           =1.05174
Numero iterazioni           =    2
Precisione                  =0.00220
```

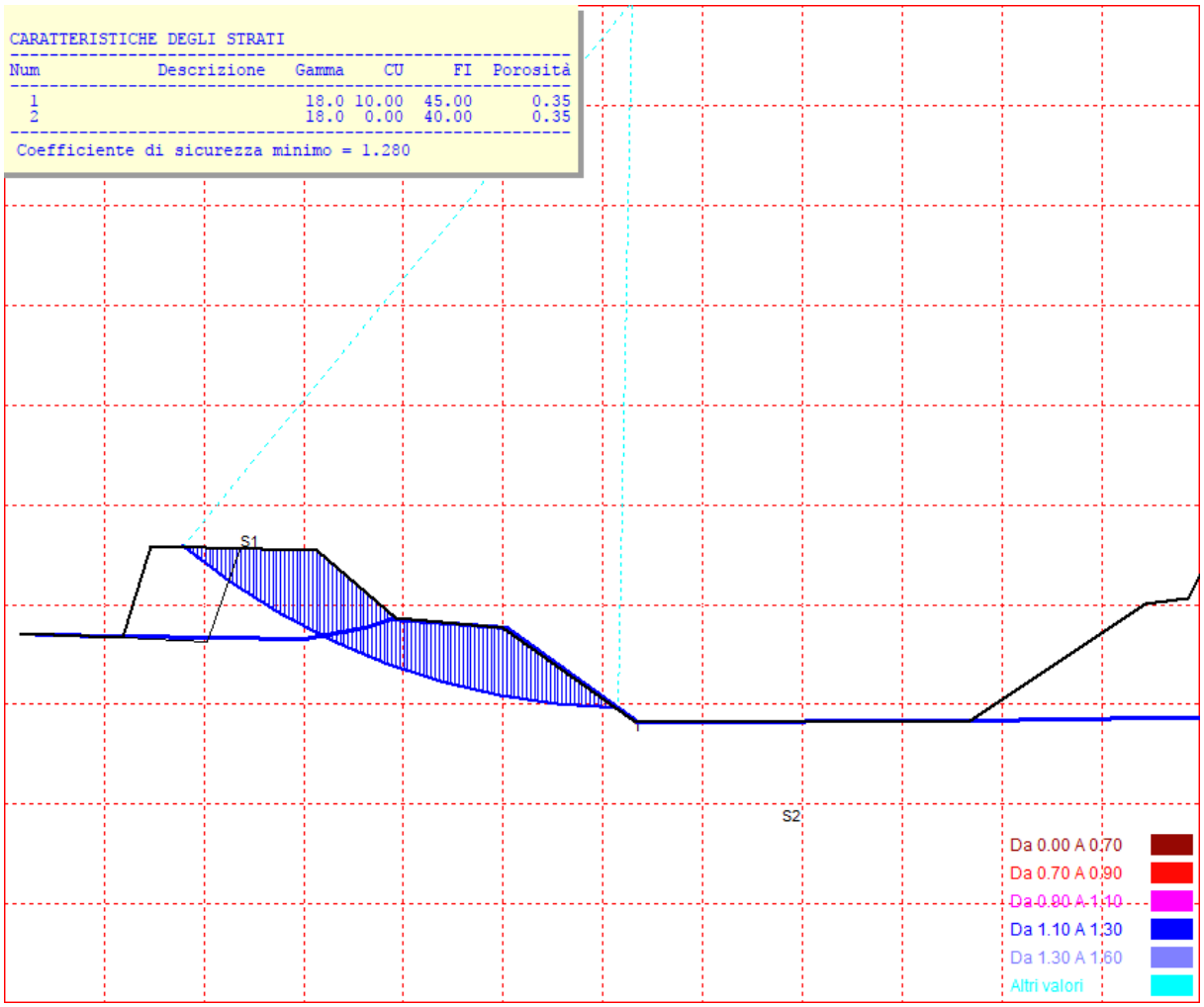


Figura 6 - Sezione 5 sponda sinistra, verifica rapido svaso.

6.3 Verifica a piene sponde (sponda destra)

```
VERIFICA STABILITA' DEI PENDII
------------------------------

RISULTATI

Calcolo effettuato con il metodo di Janbu
RIEPILOGO CERCHI
-----------------------------------------------------------------
num     X centro     Y centro       Raggio         F  Sit Carico
```

```
------------------------------------------------------------------
  1         49.52         41.87         27.42      1.235            1
  1         49.52         41.87         27.42      1.231            2
------------------------------------------------------------------

CERCHIO CRITICO N°  1
Larghezza del concio........=0.199
Situazione di carico numero 2
Coefficiente di sicurezza F =1.231
Coefficiente di forma       =0.08811
Coefficiente F/Fo           =1.05496
Numero iterazioni           =    3
Precisione                  =0.00231
```

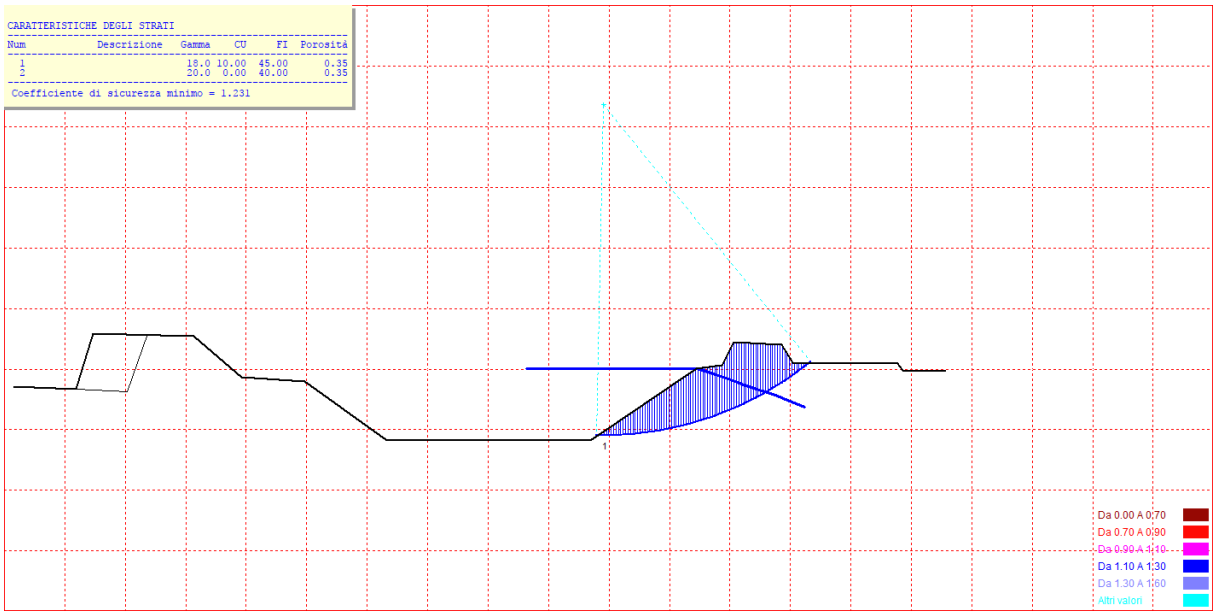


Figura 7 - Sezione 5 sponda destra, verifica a piene sponde.

6.4 Verifica rapido svaso (sponda destra)

```
VERIFICA STABILITA' DEI PENDII
------------------------------

RISULTATI

Calcolo effettuato con il metodo di Janbu
RIEPILOGO CERCHI
------------------------------------------------------------------
num      X centro      Y centro       Raggio          F  Sit Carico
------------------------------------------------------------------
  1         49.52         41.87         27.42      1.247            1
  1         49.52         41.87         27.42      1.239            2
  2         49.52         41.87         27.42      1.247            1
  2         49.52         41.87         27.42      1.239            2
------------------------------------------------------------------

CERCHIO CRITICO N°  2
Larghezza del concio........=0.199
```

```
Situazione di carico numero 2
Coefficiente di sicurezza F =1.239
Coefficiente di forma       =0.08811
Coefficiente F/Fo           =1.05496
Numero iterazioni           =    2
Precisione                  =0.00313
-------------------------------------------------------------
```

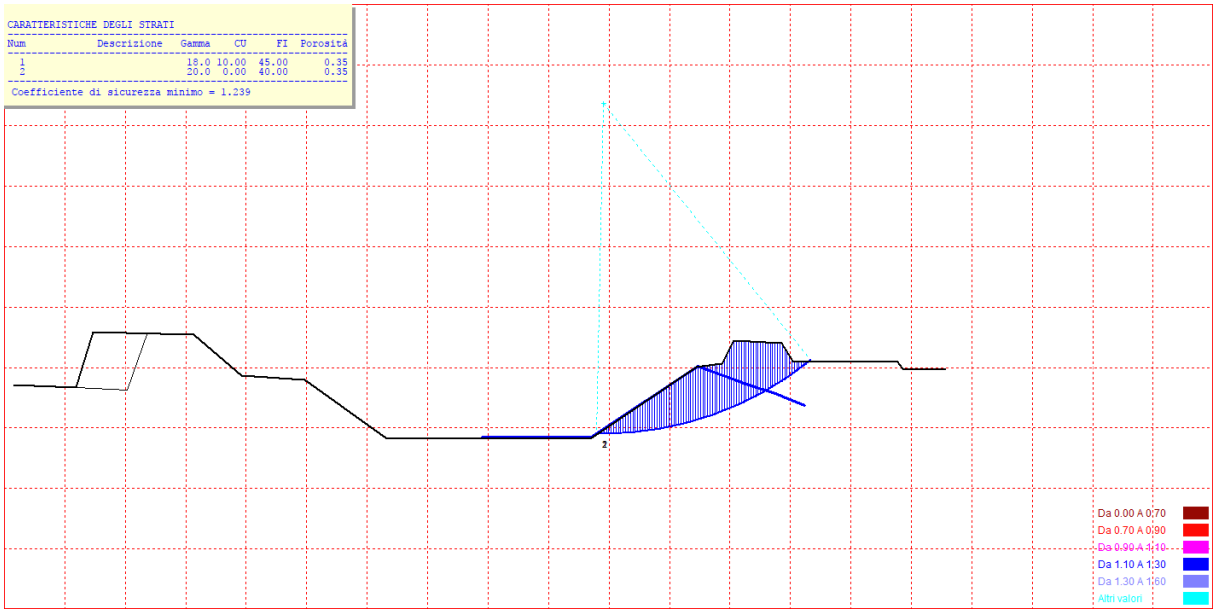


Figura 8 - Sezione 5 sponda destra, verifica rapido svaso.

Le verifiche di stabilità effettuate lungo la sezione 5 non evidenziano situazioni instabili. I fattori di sicurezza sono tutti superiori a 1.1.

7. CONCLUSIONI

Per quanto descritto in precedenza la realizzazione delle opere in progetto non presenta particolari criticità geologiche. I rilevati arginali devono essere realizzati compattando e scegliendo opportunamente i materiali grossolani al fine di ottenere un angolo di attrito pari a 40° e con una porosità efficace di circa 0.35.