



REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

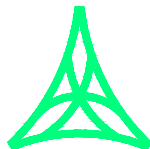
DIREZIONE CENTRALE
INFRASTRUTTURE, MOBILITA', PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E LAVORI PUBBLICI

SOGGETTO DELEGATARIO:

PROGETTAZIONE:



FRIULI venezia giulia
STRaDE S.p.A.



S.p.A. AUTOVIE VENETE

34123 TRIESTE - Via V. Locchi, 19 - tel. 040/3189111
 Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di
 Friulia S.p.A. - Finanziaria Regionale Friuli-Venezia Giulia

CONCESSIONARIA AUTOSTRADE
 A4 VENEZIA - TRIESTE
 A23 PALMANOVA - UDINE
 A28 PORTOGRUARO - CONEGLIANO

COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 13 PONTEBBANA E LA A23 TANGENZIALE SUD DI UDINE (II LOTTO)

AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO dd.14.12.2006

GEOLOGIA E GEOTECNICA

Relazione geologica-geotecnica

TEMATICA

C

N. ALLEGATO e SUB.ALL.

01.00 .0.0

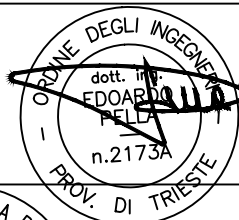
REV.	DATA	DESCRIZIONE	AC	AC	EP
3					
2					
1					
0	30.08.2012	EMISSIONE	AC	AC	EP
			REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COORDINAMENTO E PROGETTAZIONE GENERALE:

S.p.A. AUTOVIE VENETE :

dott. ing. Edoardo PELLA

dott. ing. Stefano DI SANTOLO



PROGETTAZIONE SPECIALISTICA:

Geologia/Geotecnica:

dott. ing. Alessio CISOTTO

A. Cisotto



IL CAPO COMMESSA:

dott. ing. Edoardo PELLA

Edoardo Pella

IL DIRETTORE DELL'AREA OPERATIVA:

dott. ing. Enrico RAZZINI

Enrico Razzini

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

NOME FILE:
1207C0100000.pdf

DATA PROGETTO:
30.08.2012

312TN

CODICE MASTRO

12

ANNO

07

N.PROGETTO

0

REVISIONE

INDICE

1.	PREMESSE	2
2.	NORMATIVE.....	3
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	4
4.	ASPETTI IDRAULICI ED IDROGEOLOGICI.....	5
5.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	6
6.	LINEAMENTI DI TETTONICA E SISMICITÀ.....	9
6.1	Classificazione sismica (NTC 2008)	9
7.	CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE.....	11
7.1	Verifiche di stabilità dei rilevati.....	11
7.2	Verifiche di stabilità dei tratti in trincea	14
7.3	Bonifica piano di posa dei rilevati	15
7.4	Ulteriori considerazioni geotecniche	16

1. PREMESSE

Il presente studio intende fornire il quadro di riferimento geologico e geotecnico progettuale, descrivendo il territorio nelle sue condizioni morfologiche, litostratigrafiche ed idrogeologiche; vengono inoltre affrontate le principali problematiche di ordine geotecnico legate agli interventi principali di progetto.

Il tracciato, che si sviluppa per una lunghezza complessiva di oltre 13 km, ha come opere principali i due ponti sul torrente Cormor (opera 2 ed opera 18) e il viadotto sull'autostrada A23 (opera 21), oltre ad una serie di sovrappassi sull'asta principale e sulla viabilità interferente; si tratta di manufatti in c.a. che, vista la natura dei terreni costituiti in prevalenza da ghiaie addensate, vengono fondati in maniera diretta; solo per uno dei ponti sul Cormor (opera 18), al fine di evitare pericoli dovuti a un possibile scalzamento causato dalla piena del torrente, è previsto l'impiego di pali trivellati a grande diametro per le fondazioni delle pile e delle spalle. I rilevati di accesso ai manufatti, che presentano scarpate di pendenza 2 su 3 (altezza su larghezza), raggiungono un'altezza massima di 9 m circa rispetto il piano campagna. Il progetto prevede inoltre la realizzazione di alcuni sottopassi (agricoli e ciclabili) e di una galleria artificiale sottopassante lo svincolo a rotatoria con la S.P. n.89 "di Campoformido" (opera 15).

Per quanto riguarda l'inquadramento geologico e geomorfologico e gli aspetti idraulici ed idrogeologici, nulla è cambiato rispetto al progetto definitivo d.d. 14.12.2006; per tali argomenti si rimanda quindi alla relazione geologica-geotecnica, a firma del dott. geol. Sergio Benedetti, del progetto del 2006 (in allegato è riportato uno stralcio di tale relazione).

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione si è fatto riferimento ai risultati delle diverse campagne geognostiche condotte tra il 1982 ed il 2005. Sono stati inoltre raccolti tutti i dati bibliografici e tecnici disponibili, riguardanti studi ed indagini geognostiche eseguiti nel passato nelle aree di interesse progettuale, individuando attraverso la sintesi di tali informazioni le caratteristiche litologiche delle alluvioni e dei terreni di copertura e la posizione del livello freatico.

2. NORMATIVE

Si dichiara che il presente studio è stato redatto in conformità alle seguenti Leggi e Normative nazionali e regionali e Raccomandazioni Tecniche:

- D.M. 11 marzo 1988 –*“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*.
- Legge 2 febbraio 1974 n.64- *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*.
- D.M. 16 Gennaio 1996 - *Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche*.
- Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 –*“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, come modificata ed integrata dall’Ordinanza del P.C.M. n. 3316 del 2 ottobre 2003”*.
- Delibera Giunta Regione F.V.G. n.2325 del 01 agosto 2003 *“Recepimento dell’Ordinanza del P.C.M n. 3274 del 20 marzo 2003”*.
- D.M. 14 gennaio 2008 - *Norme Tecniche per le costruzioni* (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 - Suppl. Ordinario n.30).
- Circolare esplicativa n.617 del 26/02/09 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, contenente *“Istruzioni per l’applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”*.
- Raccomandazioni AGI sui pali di fondazione (1988).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Per quanto riguarda l'inquadramento geologico e geomorfologico si rimanda allo stralcio della relazione geologica-geotecnica - a firma del dott. geol. Sergio Benedetti - facente parte del progetto definitivo d.d. 14.12.2006 (vedi allegati).

4. ASPETTI IDRAULICI ED IDROGEOLOGICI

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici ed idrogeologici si rimanda allo stralcio della relazione geologica-geotecnica - a firma del dott. geol. Sergio Benedetti - facente parte del progetto definitivo d.d. 14.12.2006 (vedi allegati).

5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Come detto, per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione si è fatto riferimento ai risultati delle diverse campagne geognostiche condotte tra il 1982 e il 2005. In particolare lungo il tracciato di progetto sono state eseguite le seguenti prove:

- i sondaggi S3-1÷S3-3, lunghi 10÷20 m circa, eseguiti dalla ditta Geolavori di Padova nel 1982;
- i sondaggi S4-a1 e S4-a2, lunghi 10 m, e le prove penetrometriche dinamiche S4-b1÷S4-b3, condotte dalla Intergeo di Udine nel 1984;
- il sondaggio S1-1, spinto sino ad una profondità di 12 m dal piano campagna, realizzato a cura del dott. geol. M. Fogato nel 1988;
- i sondaggi S2-1÷S2-8, con lunghezze comprese tra 10 m e 25 m, condotte dalla Geotecnica Friulana di Martignacco (UD) nel 1991;
- il sondaggio S5-a, lungo 25 m, redatto per il progetto esecutivo del collegamento autostradale tra Palmanova-UD e UD-Tarvisio;
- i sondaggi S6-1÷S6-6, spinti sino ad una profondità di 15÷25 m dal piano campagna, realizzati a cura della SON.GEO. di Erto e Casso (PN) nel 2005.

Sempre nel 2005 sono stati inoltre eseguiti una serie di pozzetti esplorativi profondi 2 m (TP-1÷TP-10) ed un'indagine geofisica per la misura delle onde sismiche nel sottosuolo V_{s30} (stendimenti sismici P1÷P9, con n.10 prove sismiche in onde SH e n.2 prove sismiche in onde P).

L'ubicazione delle indagini è riportata nella planimetria geologica (elaborato C.02), mentre le schede delle indagini si trovano nell'elaborato C.04.

Nel corso dei sondaggi, oltre alla descrizione dei terreni attraversati, per la valutazione del grado di addensamento, sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche tipo Standard Penetration Test (S.P.T); tali prove consistono nell'infiggere nel terreno sotto i colpi di un maglio con peso di 63.5 kg e volata di 76.2 cm, un campionatore tipo Raymond o, in terreni grossolani, a punta chiusa, per tre tratti consecutivi, ciascuno di 15 cm,

rilevando il numero di colpi (N) necessario per l'infissione in ciascun tratto; il valore N_{SPT} è dato dalla somma dei colpi ottenuti per il secondo e terzo tratto.

In corrispondenza di alcuni sondaggi sono stati inoltre eseguite prove di permeabilità a carico variabile e sono stati prelevati dei campioni rimaneggiati, sottoposti in laboratorio ad analisi granulometriche.

Le indagini hanno evidenziato la presenza di un primo strato di terreno ferrettizzato (vegetale umifero) limoso sabbioso con ghiaia, di potenza variabile mediamente limitata (in media da 0.5 m a 1 m), che raggiungono uno spessore massimo di 2.5 m circa in corrispondenza dei sondaggi S2-2 e S6-2.

Successivamente e sino ad una profondità di 5 m circa dal piano campagna si trova uno strato di ghiaia sabbiosa, a volte in matrice limosa, che presenta un grado di addensamento da medio ad elevato ($N_{SPT} = 20\div 97$).

Di seguito e sino alla massima profondità indagata (-25 m), le ghiaie si dimostrano sempre molto compatte, a volte cementate, con un grado di addensamento decisamente elevato con generale rifiuto alla penetrazione alle Standard Penetration Test.

Durante le indagini la falda è risultata assente, tranne che in corrispondenza del sondaggio S6-2, in cui è stata rilevata ad una profondità di 17 m circa dal piano campagna.

Il profilo stratigrafico (allegato C.03) ricavato dall'interpretazione e dalla estrapolazione dei dati geognostici ottenuti dalle indagini, rende graficamente quanto descritto in questa sede.

Le indagini geofisiche eseguite hanno fornito valori delle onde sismiche nel sottosuolo V_{s30} compresi tra 500÷700 m/s circa.

Caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione

Considerata la natura geolitologica e le caratteristiche geotecniche di addensamento della formazione ghiaiosa indagata, in accordo con le indagini geognostiche eseguite, vengono di seguito forniti valori stimati dei parametri geotecnici dei terreni in esame.

- Peso di volume (γ)

Con terreni di fondazione costituiti in prevalenza da ghiaia e ghiaia sabbiosa, si può far riferimento ad un peso di volume γ pari a 19÷20 kN/m³.

- Angolo di attrito (ϕ)

Per la scelta dell'angolo di resistenza al taglio si è fatto riferimento alla densità relativa D_R (Schmertmann, 1977), valutata sulla base dei valori dei N_{SPT} misurati in foro di sondaggio, nonché della pressione effettiva verticale (Gibbs e Holtz, 1957); nel caso in esame si assegna un valore di ϕ pari a 35°÷40°.

- Modulo di deformazione elastica (E)

Con riferimento alla formula di D'Appolonia (1970), ai sedimenti ghiaiosi presenti entro i primi 5 m dal piano campagna si assegna al modulo elastico E valori di 30÷50 MPa; tale valore aumenta progressivamente con la profondità fino a raggiungere valori di $E \geq 60$ MPa per profondità superiori ai 10 m.

6. LINEAMENTI DI TETTONICA E SISMICITÀ

Dal punto di vista dinamico e tettonico, come riportato nel "*Modello Sismotettonico dell'Italia Nord -orientale*" a cura del CNR- Trieste (1987), nella zona meridionale di Udine il basamento roccioso è interessato da vari disturbi tettonici, anche rilevanti dal punto di vista sismogenetico. Infatti tale area corrisponde ad un "Alto strutturale" delimitato dai sistemi di faglie inverse di Buttrio e di Terenzano- Lavariano, per cui il territorio dei Comuni interessati dal tracciato stradale allo studio era stato considerato dalla precedente legislazione - *Ordinanza PCM n.3274 del 20.03.2003 recepita dalla Deliberazione della Giunta della Regione FVG n.2325 dd. 01.08.03* - quale zona sismica n.2 (ex Categoria II, con $S = 9$).

6.1 Classificazione sismica (NTC 2008)

Per la classificazione sismica delle aree oggetto di intervento, si è utilizzato il foglio di calcolo allegato alle Norme Tecniche per le Costruzioni, con riferimento al Comune di Campoformido (vedi figura seguente).

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 13.1634 LATITUDINE: 46.0202

Ricerca per comune REGIONE: Friuli-Venezia Giulia PROVINCIA: Udine COMUNE: Campoformido

Elaborazioni grafiche:
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

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

Interpolazione:
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Schermata foglio di calcolo allegato alle NTC

Nella tabella seguente vengono riportate, per differenti tempi di ritorno (T_r), le grandezze necessarie alla definizione dell'analisi sismica di progetto:

T_r [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0.051	2.476	0.240
50	0.066	2.467	0.266
72	0.079	2.458	0.279
101	0.092	2.457	0.289
140	0.107	2.435	0.308
201	0.126	2.443	0.319
475	0.179	2.472	0.338
975	0.233	2.553	0.350
2475	0.331	2.521	0.374

essendo:

- a_g , l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido (espressa in g/10);
- F_o , il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;
- T_c^* , il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale (espresso in s).

Sulla base delle indagini a disposizione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto i terreni di fondazione si possono considerare come appartenenti alla categoria B: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a gran grossa e coesione non drenata $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).*

Non viene ipotizzata la possibilità di amplificazione degli effetti sismici per fenomeni di liquefazione dei terreni di fondazione, essendo in presenza di terreni costituiti da ghiaie grossolane e con falda che si trova a profondità elevate rispetto il piano campagna.

7. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Di seguito vengono analizzate le principali problematiche di ordine geotecnico legate agli interventi di progetto.

7.1 Verifiche di stabilità dei rilevati

I rilevati di accesso ai manufatti di progetto, che raggiungono un'altezza massima di 9 m circa rispetto il piano campagna, presentano scarpate di pendenza 2 su 3 (altezza su larghezza). I rilevati saranno costruiti dopo aver eseguito una bonifica del piano di posa ed aver posto un geotessile in polipropilene (resistenza a trazione ≥ 50 kN/m).

Di seguito vengono riportate le verifiche di stabilità globale allo scivolamento di tali rilevati.

Le verifiche sono state svolte con il metodo dell'equilibrio limite (metodo di Bishop, 1955), considerando superfici di scivolamento circolari di raggio r , con il materiale coinvolto nella rottura suddiviso in conci di larghezza b (vedi schema riportato di seguito), per ognuno dei quali viene espresso il coefficiente di sicurezza F come rapporto fra i momenti stabilizzanti M_s e i momenti ribaltanti M_r calcolati rispetto al centro del cerchio:

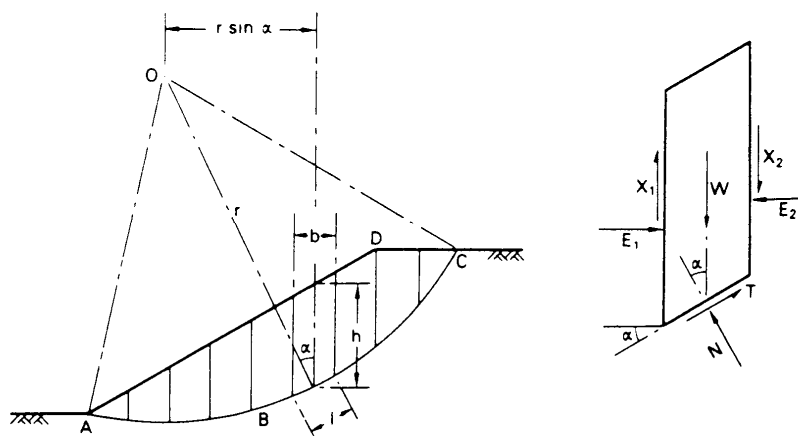
$$F = \frac{M_s}{M_r}$$

Il contributo al momento stabilizzante M_s di un concio è fornito in generale dalla resistenza al taglio alla base, somma della componente del peso W ortogonale alla base moltiplicata per la tangente dell'angolo di resistenza al taglio ϕ e della eventuale coesione c , moltiplicata per la lunghezza $b/\cos\alpha$, dove α è l'inclinazione della base del concio rispetto all'orizzontale. Nell'ipotesi che il concio sia parzialmente immerso in acqua e che alla base la pressione idraulica valga u si ottiene:

$$M_s = \frac{c \times b + (W - u \times b) \times \text{tg} \phi}{m\alpha} \times r$$

dove:

$$m\alpha = \cos \alpha \times \left(1 + \frac{\text{tg} \alpha \times \text{tg} \phi}{F} \right)$$



Il contributo al momento ribaltante M_r di un concio è fornito dalla componente del peso W parallela alla base del concio:

$$M_r = W \times \sin \alpha \times r$$

Per quanto riguarda la stratigrafia di calcolo, con riferimento ai sondaggi S6-1, S6-2, S2-1 e S1-1 che sono stati realizzati in prossimità dei rilevati con altezza maggiore, al terreno di fondazione è stato attribuito un angolo di resistenza al taglio caratteristico, in termini di tensioni efficaci, ϕ'_k pari a $30^\circ \div 35^\circ$ ed un peso di volume caratteristico γ_k di $19 \div 20 \text{ kN/m}^3$, nei primi 5 m, e $\phi'_k = 40^\circ$ e $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$ più in profondità; per il rilevato si è assunto $\phi'_k = 33^\circ$, $c'_k = 10 \text{ kPa}$ e $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$.

Sul rilevato (di altezza di 9 m, larghezza in sommità di 25 m e con scarpate 2 su 3) è stato posto un sovraccarico accidentale di 20 kPa.

Nelle verifiche il geotessile esercita uno sforzo resistente di trazione pari alla sua resistenza nominale (50 kN/m), divisa per un coefficiente che tiene conto dell'effetto del creep, del danneggiamento meccanico, del deterioramento ambientale e di un fattore di fabbricazione (sforzo resistente di progetto pari a 26 kN/m).

Con riferimento al paragrafo 6.8 delle Norme Tecniche per le Costruzioni, la verifica allo stato limite ultimo (SLU) è stata condotta secondo l'approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R2 (con i coefficienti parziali indicati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I).

L'analisi, svolta con il programma di calcolo *SLIDE* della RocScience, ha fornito il seguente risultato (vedi tabulati riportati in allegato):

$$F_S = R_d / E_d = 1.32 \geq \gamma_R = 1.1$$

La verifica risulta quindi soddisfatta.

Sono state inoltre eseguite le verifiche considerando anche le azioni sismiche secondo quanto prescritto dalla normativa vigente (punto 7.11 delle NTC); tale effetto è stato valutato mediante un'analisi di tipo pseudo-statico che consiste nell'applicare forze orizzontali e verticali alle masse dei materiali e dell'acqua al loro interno.

Le forze orizzontali sono state considerate agenti in direzione parallela al piano di posa del rilevato, con intensità pari a:

$$F_H = k_H \times W = \left(\beta_s \times S_S \times S_T \times \frac{a_g}{g} \right) \times W$$

dove:

- a_g rappresenta il valore di accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- β_s il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, funzione della categoria di suolo e di a_g (vedi tabella 7.11.I delle NTC);
- S_S il coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica, funzione, oltre della categoria di sottosuolo, del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale (F_o) e di a_g ;
- S_T il coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;
- g e W sono rispettivamente l'accelerazione di gravità e il peso unitario di volume del materiale.

Le forze verticali sono state considerate pari a:

$$F_V = \pm 0.5 \times F_H$$

Nel caso in esame, considerando per l'opera una vita nominale $v_n = 100$ anni ed un coefficiente d'uso $c_u = 2$ e con il terreno di fondazione appartenente alla categoria di tipo B, dal foglio di calcolo del Ministero si ricava per lo stato

limite di salvaguardia della vita (SVL, a cui corrisponde un tempo di ritorno T_r di 1898 anni): $a_g = 0.30 \times g$, $F_o = 2.530$, $\beta_s = 0.28$ e $S_s = 1.097$; ponendo $S_T = 1.0$, si ottiene $k_h \approx 0.092$.

Secondo la Normativa vigente, la condizione di stato limite in condizione sismica viene svolta ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni ed impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto con i valori definiti nel capitolo 6.

Dall'analisi si ricava (vedi tabulati riportati in allegato):

$$F_S = R_d / E_d = 1.13 \geq \gamma_R = 1.1$$

La verifica risulta anche in questo caso soddisfatta.

7.2 Verifiche di stabilità dei tratti in trincea

Sotto lo svincolo a rotatoria con la S.P. n.89 "di Campoformido" è prevista la costruzione di una galleria artificiale, per cui in quel tratto la tangenziale verrà realizzata in trincea, per la quale sono previsti scavi sino a -5.5 m circa dal piano campagna, realizzati con scarpate di pendenza pari a 33°; in prossimità degli imbocchi della galleria, dove gli scavi raggiungono profondità maggiori (8 m circa), le scarpate verranno realizzate con la tecnologia delle terre rinforzate.

Di seguito vengono riportate le verifiche di stabilità globale allo scivolamento delle scarpate con inclinazione di 33°, con lo stesso metodo descritto nel capitolo dei rilevati.

Per quanto riguarda la stratigrafia di calcolo, con riferimento al sondaggio S6-3 realizzato in prossimità del tratto in trincea, allo strato di terreno superficiale di natura limosa è stata assegnata una coesione non drenata caratteristica c_{uk} pari a 40 kPa ed un peso di volume caratteristico γ_k di 19 kN/m³, mentre al terreno sottostante un angolo di resistenza al taglio $\phi'_k = 40^\circ$ e $\gamma_k = 20$ kN/m³.

Sempre con riferimento al paragrafo 6.8 delle Norme Tecniche per le Costruzioni, la verifica allo stato limite ultimo (SLU) è stata condotta secondo l'approccio 1, combinazione 2: A2+M2+R2 (con i coefficienti parziali indicati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I).

L'analisi, fatta per uno scavo di 5.5 m di altezza, ha fornito il seguente risultato (vedi tabulati riportati in allegato):

$$F_S = R_d / E_d = 1.40 \geq \gamma_R = 1.1$$

La verifica risulta quindi soddisfatta.

L'analisi in condizioni sismiche fornisce i seguenti risultati (vedi tabulati riportati in allegato):

$$F_S = R_d / E_d = 1.18 \geq \gamma_R = 1.1$$

La verifica risulta anche in questo caso soddisfatta.

7.3 Bonifica piano di posa dei rilevati

La presenza del livello di alterazione superficiale della formazione ghiaiosa di natura limoso argillosa (vegetale – umifero), di caratteristiche geomeccaniche scadenti, può talora comportare difficoltà di realizzazione del piano di posa della struttura viaria prevista, imponendo la scelta di alcuni interventi di miglioramento per eventuali rinforzi della fondazione stradale.

Per la realizzazione dei piani di posa dei rilevati il progetto quindi prevede:

- una parziale bonifica dei terreni superficiali di scadenti proprietà geotecniche (scotico medio di 30÷100 cm);
- la posa in opera di un geotessile in polipropilene (resistenza a trazione ≥ 50 kN/m) per aumentare la sicurezza nei confronti della stabilità ed ottenere una migliore diffusione dei carichi per migliorare la portanza dei terreni di base.

Il geotessile, oltre a quella di rinforzo, svolge una funzione di anticontaminante, in modo da ostacolare i fenomeni di pumping indotti dall'eventuale componente limosa ancora presente a livello di sottofondo, per evitare la contaminazione della struttura stradale ed un suo progressivo ammaloramento.

7.4 Ulteriori considerazioni geotecniche

Tranne che per uno dei due ponti sul torrente Cormor (opera 18), gli altri manufatti vengono previsti con fondazioni di tipo diretto; per le verifiche di capacità portante si rimanda alle relazioni tecniche e di calcolo dei singoli manufatti.

Circa la realizzazione dei sottopassi (agricoli e ciclabili), si evidenzia che le fondazioni continue degli stessi sono compatibili con le caratteristiche dei terreni; essendo inoltre i manufatti totalmente compensati (la quota di imposta della soletta di fondazione si trova generalmente a profondità superiori ai 5 m circa dal piano campagna), non sono da attendersi cedimenti significativi delle strutture.

Per quanto concerne i cedimenti indotti nei terreni di fondazione dai rilevati di progetto (altezza massima pari a 9 m circa), sono da attendersi valori dell'ordine di pochi centimetri; tali cedimenti, che visto la natura dei terreni sono interamente dovuti alla loro componente elastica, si esauriranno durante la costruzione dei rilevati stessi.

Per la realizzazione dei sottopassi sono necessari scavi da spingere sino ad una profondità di oltre 5 m rispetto il piano campagna; non essendo in presenza di falda, tali scavi potranno essere realizzati a sezione aperta con una pendenza massima di $33^{\circ}\div 35^{\circ}$.

Ing. Alessio Cisotto



Trieste, agosto 2012

ALLEGATI

Stralcio della relazione geologica-geotecnica
allegata al progetto definitivo d.d. 14.12.2006

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

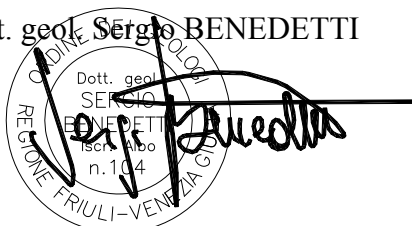
COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 13 PONTEBBANA E L'AUTOSTRADA A23
TANGENZIALE SUD DI UDINE (II LOTTO)

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

dott. geol. Sergio BENEDETTI

Trieste, 06.06.2006



INDICE

1.	PREMESSE	3
2.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO e GEOLOGICO	5
3.	ASPETTI IDRAULICI E IDROGEOLOGICI.....	8
4.	INDAGINI GEOGNOSTICHE	11
5.	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE .	16
6.	GLI ASPETTI GEOTECNICI DELLA PROGETTAZIONE.....	21
7.	VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI	40
8.	CONCLUSIONI	50

1. PREMESSE

Tale studio eseguito per il progetto definitivo della Tangenziale Sud di Udine intende fornire il quadro di riferimento geologico e geotecnico progettuale descrivendo il territorio nelle sue condizioni morfologiche, litostratigrafiche ed idrogeologiche.

Nella relazione saranno descritte le indagini svolte e in relazione alla classificazione ed alla parametrizzazione dei terreni in senso geotecnico saranno forniti gli elementi necessari al dimensionamento delle fondazioni dirette e profonde dei manufatti mediante il calcolo della portanza dei terreni e dei pali, inoltre, come richiesto dalla normativa vigente, saranno fornite le verifiche di stabilità dei rilevati stradali previsti.

Secondo quanto disposto dal D.M. 11.03.1988 per la conoscenza stratigrafica e geolitologica del territorio e della sua struttura morfologica sono stati raccolti tutti i dati bibliografici e tecnici disponibili, riguardanti studi ed indagini geognostiche eseguiti nel passato nelle aree di interesse progettuale, individuando attraverso la sintesi di tali informazioni le caratteristiche litologiche delle alluvioni e dei terreni di copertura e la posizione del livello freatico.

Le considerazioni successivamente svolte derivano inoltre da osservazioni eseguite in campagna mediante rilievi geologici di superficie e da informazioni di carattere geognostico e stratigrafico ottenute da accurate campagne geognostiche a supporto della progettazione definitiva, con sondaggi meccanici, spinti a profondità significativa dal punto di vista geotecnico, prove in sito e laboratorio, scavo di pozzetti esplorativi ed indagini geofisiche di tipo geosismico per la ricostruzione del profilo del sottosuolo e la misura della V_{S30} , velocità delle onde sismiche di taglio di tipo S, per la caratterizzazione della “*Categoria di suolo di fondazione*” (O.P.C.M. n. 3274 dd 20.03.2003) .

Sulla base di tutte queste informazioni è stato possibile elaborare l'allegata planimetria geologica in scala 1:5.000, che fornisce un quadro di sintesi e descrive dal punto di vista geolitologico i terreni interessati dal collegamento stradale in oggetto, inoltre è stato costruito il profilo geologico in asse tracciato in scala 1:5.000/500, (*all. D02*) che rende graficamente la sintesi delle condizioni geologiche del sottosuolo.

Oltre alla presente “*Relazione geologico- geotecnica*” (All. **D01**) il presente studio comprende i seguenti allegati:

- Allegato **D02** “*Planimetria in scala 1:5.000*”: viene presentata una cartografia geolitologica superficiale ed indicata l'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite;
- Allegato **D03** “*Profilo geologico*” nelle scale 1:5.000/500 con la ricostruzione stratigrafica in asse tracciato sulla base delle indagini geognostiche eseguite.
- Allegato **D04** “*Indagini geognostiche*”: contiene i risultati delle campagne geognostiche eseguite dall'Impresa Geotecnica Friulana S.a.s. di Martignacco (UD) nel giugno 1991 e dall'Impresa SON.Geo S.r.l. di Erto- Casso per conto dell'ANAS nel dicembre 2005;

Si dichiara infine che il presente studio è stato redatto in conformità alle seguenti Leggi e Normative:

- D.M. 11 marzo 1988 –“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Legge 2 febbraio 1974 n.64- “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 –“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, come modificata ed integrata dall'Ordinanza del P.C.M. n. 3316 del 2 ottobre 2003.
- Delibera Giunta Regione F.V.G.n.2325 di data 01 agosto 2003 –“Recepimento dell'Ordinanza del P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003”.

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

Il tracciato stradale allo studio si sviluppa su un'area pianeggiante, costantemente a monte della linea delle risorgive, appartenente all'Alta Pianura Friulana, geograficamente compresa tra il fiume Tagliamento ed il torrente Torre, tributario del fiume Isonzo.

In generale tale pianura si sviluppa dal margine dei rilievi prealpini fino al mare e costituisce la prosecuzione della Pianura Veneto- Friulana, una zona strutturalmente depressa, riempita da depositi continentali neozioci.

I sedimenti di origine alluvionale e fluvio-glaciale furono fluitati da vari corsi d'acqua nel corso di epoche geologiche molto recenti, durante e dopo gli ultimi periodi glaciali (Wurmiano), secondo linee di deflusso che hanno generato coni di deiezione, che a valle si livellavano progressivamente in un'unica pianura, pur mantenendo una propria fisionomia litologica nei vari settori di spaglio.

Nel corso delle fasi di ritiro dei ghiacciai, a causa del perdurare dei movimenti orogenetici, tali strutture furono a loro volta incise dai corsi d'acqua che hanno eroso i loro stessi depositi, originando una serie di terrazzi che, sopraelevati di pochi metri rispetto alle attuali aree golenali, testimoniano i suoli dell'antica pianura.

L'area di interesse progettuale, interposta tra le due poco evidenti conoidi del torrente Cormor ad Est e del torrente Corno più ad Ovest, ai piedi dell'anfiteatro morenico del Tagliamento, interessa direttamente la conoide del torrente Cormor, formata dalla corrente fluvio glaciale che si staccava dal settore orientale del ghiacciaio tilaventino, trasportando materiali di natura calcarea, calcareo-dolomitica ed in subordine clasti di origine arenacea.

Attualmente la morfologia si presenta uniforme e stabile a configurazione pianeggiante e livellata, con lievi ondulazioni di quota dovuti ai modesti terrazzamenti alluvionali, connessi con le attività di deposito ed erosione del torrente Cormor.

Le condizioni morfologiche e litostratigrafiche accertate escludono qualsiasi rischio di natura geostatica anche in relazione agli effetti della costruzione delle infrastrutture viarie in progetto.

L'intervento progettuale si sviluppa costantemente sui potenti depositi fluvio-glaciali ed alluvionali ghiaiosi dell'Alta Pianura, che poggiano direttamente sul substrato basale costituito da rocce carbonatiche e/o marnoso-arenacee del Miocene. Lo spessore della coltre alluvionale risulta estremamente variabile e spesso indeterminato e nell'area assume valori compresi tra 200 e 300 metri di spessore.

Le alluvioni si presentano prevalentemente carbonatiche, generalmente grossolane e sciolte, ed a livello superficiale ferrettizzate, con uno strato di alterazione esiguo che di solito non supera il metro di potenza, mentre in profondità si possono rinvenire livelli cementati dalla circolazione profonda di acque ricche in sospensione di carbonati di calcio.

Si tratta prevalentemente di depositi di ghiaie in matrice sabbioso-limosa più o meno abbondante con frequenti livelli sabbiosi a varia percentuale di limi; le ghiaie sono a granulometria grossolana e disuniforme ed in profondità sono caratterizzate dalla presenza di strato-lenti a cementazione diffusa.

I clasti sono costituiti in prevalenza da calcari grigi provenienti dagli affioramenti giurassici e cretaci, cui subordinati seguono calcari chiari, calcari del Dachstein, calcari dolomitici ed eccezionalmente arenarie rosse del Permiano, arenarie tufacee verdi e porfidi degli affioramenti delle Alpi Meridionali.

Il cemento che lega il conglomerato è pure di natura calcarea, a volta calcareo- marnoso, ora è molto abbondante e dà alla roccia un elevato grado di compattezza e tenacità, altre volte è scarso per cui il conglomerato risulta friabile.

La presenza dei conglomerati riveste unicamente un significato ambientale e non cronologico in quanto la cementazione delle ghiaie è dovuta all'alternarsi di fenomeni di dissoluzione ed evaporazione, legati alla presenza di acque liberamente circolanti in un substrato dotato di elevata permeabilità.

Allontanandosi dal corso d'acqua del Cormor la cementazione diventa sempre meno evidente in superficie e riprende sporadicamente solo in profondità.

La planimetria geologica fornita segue a grandi linee lo schema geolitologico di superficie in scala 1:5.000 ricavato dalla "*Cartografia geologica tematica del territorio della Provincia di Udine*"- dott. Luciano Broili, Udine-1984, nel quale i depositi di ghiaia sono differenziati secondo la matrice sabbiosa più o meno abbondante e secondo la presenza a varia profondità di livelli ghiaiosi cementati.

In particolare, pur nella generale costanza litologica, nello schema geolitologico presentato i terreni superficiali sono stati differenziati in 4 litotipi principali:

- Ghiaie grossolane ben graduate con scarso fino (GW_2).
- Ghiaie grossolane ben graduate con scarso fino (GW_2) inglobanti localmente strato lenti più o meno tenacemente cementate di potenza da centimetrica a plurimetrica.
- Ghiaie grossolane con abbondante matrice sabbiosa e legante limoso argilloso (GF).
- Sabbie mal graduate con scarso fino, con quantità variabili di ghiaia e ghiaino (SP).

Dal punto di vista dinamico e tettonico come riportato nel "*Modello Sismotettonico dell'Italia Nord -orientale*" a cura del CNR- Trieste (1987) nella zona meridionale di Udine il basamento roccioso è interessato da vari disturbi tettonici, anche rilevanti dal punto di vista sismogenetico.

Infatti tale area corrisponde ad un "*Alto strutturale*" delimitato dai sistemi di faglie inverse di Buttrio e di Terenzano- Lavariano, per cui il territorio dei Comuni interessati dal tracciato stradale allo studio è stato penalizzato dalla vigente legislazione, (*Ordinanza PCM n.3274 del 20.03.2003 recepita dalla Deliberazione della Giunta della Regione FVG n.2325 dd. 01.08.03*), quale zona sismica n° 2 (ex Categoria II con $S=9$) e di ciò si è tenuto conto nella progettazione, escludendo, considerata la granulometria grossolana del sedimento e la profondità della falda, fenomeni di liquefazione dei terreni, anche in caso di sisma violento.

Ai fini della definizione sismica di progetto i terreni di fondazione, definiti come "*Depositi di sabbie e ghiaie variamente addensati*" con valori N_{SPT} generalmente > 50 e con valori misurati della V_S compresi tra 500 e 700 m/sec, appartengono alla categoria "**B**", con valori di accelerazione orizzontale al suolo massima $a_g = 0,25 g$.

3. ASPETTI IDRAULICI E IDROGEOLOGICI

Considerata la notevole permeabilità dei terreni l'unico corso d'acqua naturale che interseca il tracciato allo studio è il torrente Cormor, mentre i rimanenti corsi d'acqua canale Passons, canale di Martignacco e canale di S. Vito sono artificiali.

Il Cormor trova origine nell'area collinare all'interno dell'anfiteatro morenico nei pressi di Urbignacco e dopo aver attraversato le due cerchie più esterne sbocca in pianura in prossimità di Leonacco toccando o sfiorando diversi centri abitati quali Tavagnacco, Udine, Basaldella, Zugliano e Pozzuolo.

Quindi prosegue verso Castions di Strada, dove le acque, che un tempo si perdevano nelle campagne nella zona delle risorgive, ora vengono fatte defluire verso la laguna per mezzo del fiume di risorgiva Muzzanella.

Il torrente Cormor ha un regime tipicamente torrentizio con improvvisi ingrossamenti, forti piene, lunghi periodi di secca e morbide anche prolungate in alternanza varia ed irregolare.

Normalmente dall'altezza del guado di Zugliano fino alla confluenza con la roggia di Udine (tributario di sinistra) il greto si presenta asciutto o con modeste e saltuarie venute idriche, quindi l'acqua è costantemente presente e scorre in un alveo leggermente incassato, con il fondo a ciottoli e ghiaie, tra sponde rivestite da una fitta vegetazione che occupa anche tutta l'area golenale di esondazione.

Nel territorio compreso tra i torrenti Cormor e Corno, considerata l'elevata permeabilità dei suoli, non esistono corsi d'acqua a carattere permanente, ma dalla cerchia morenica esterna scendono verso l'Alta Pianura nel corso di prolungati eventi meteorici molte linee di impluvio minori, note con il termine di "*lavie*", che in genere mantengono un'indipendenza reciproca e solo in occasione di forti piovvaschi possono unire le loro acque.

Le aree di alimentazione di questi torrentelli sono ristrette e non sempre ben definibili, le loro acque vengono rapidamente assorbite dal materasso alluvionale e solo in periodi di forte piovosità le loro portate possono diventare significative e provocare fenomeni di esondazione improvvisa nei settori di pianura interessati dal loro percorso.

Al torrente Cormor ed alla “*lavia*” connessa al canale di Martignacco sono riferiti fenomeni esondativi di portata eccezionale verificatisi nel settembre del 1920, quando le acque in occasione di forti e prolungate piogge hanno invaso il territorio per una buona estesa a monte dell'area allo studio.

L'esondazione del Cormor in tale occasione ha raggiunto un livello massimo di 1- 1,5 m sul piano campagna, mentre la *lavia* di Martignacco, ha prodotto nell'area di progetto un allagamento vasto come superficie, ma di altezza e velocità limitate.

Nella "Planimetria geologica" (*allegato D.02*) viene indicata la perimetrazione delle aree soggette ad esondazione dell'anno 1920 secondo quanto indicato nello “*Studio per la definizione dei pericoli naturali nella Regione Friuli Venezia Giulia*”- *Stefanini, Gerdol, Stefanelli, 1979*).

Tali corsi d’acqua sono ancora oggetto di studio ed hanno avuto vari interventi di regimazione, ma nelle scelte progettuali tale situazione è stata tenuta in considerazione. Per una descrizione più dettagliata si rimanda alla “*Relazione Idraulica*” di progetto.

Il livello della falda freatica nell’area allo studio si trova a profondità di qualche decina di metri dal piano campagna (circa 20÷30 m) con deboli escursioni, $\pm 2-3$ m , tra fasi di piena e di magra.

Nella figura 1, tratta da "*Influenza delle caratteristiche della falda freatica sull'incremento dell'intensità sismica*" di S. Stefanini (da *Rassegna Tecnica FVG n.2-1978*), viene indicato l'andamento della linea delle risorgive e delle linee isofreatiche durante la fase di piena della falda (*aprile 1975*), ossia della loro minima profondità dal piano campagna.

La falda freatica presenta delle depressioni e delle dorsali che si alternano in senso laterale e permettono di definire la diversa provenienza delle acque sotterranee.

Da ovest verso est si nota che dapprima le isofreatiche sono orientate prevalentemente SW-NE con deflussi sotterranei da NW a SE, con le acque provenienti essenzialmente dalle perdite di subalveo del Fiume Tagliamento, quindi le isofreatiche si dispongono ad arco per la presenza di una marcata dorsale freatica a nord di Campofornido, dovuta a conglomerati compatti meno permeabili nell'ambito della formazione ghiaiosa dell'alta pianura.

Qui le acque sotterranee derivano principalmente dall'anfiteatro morenico con linee di deflusso vergenti a meridione.

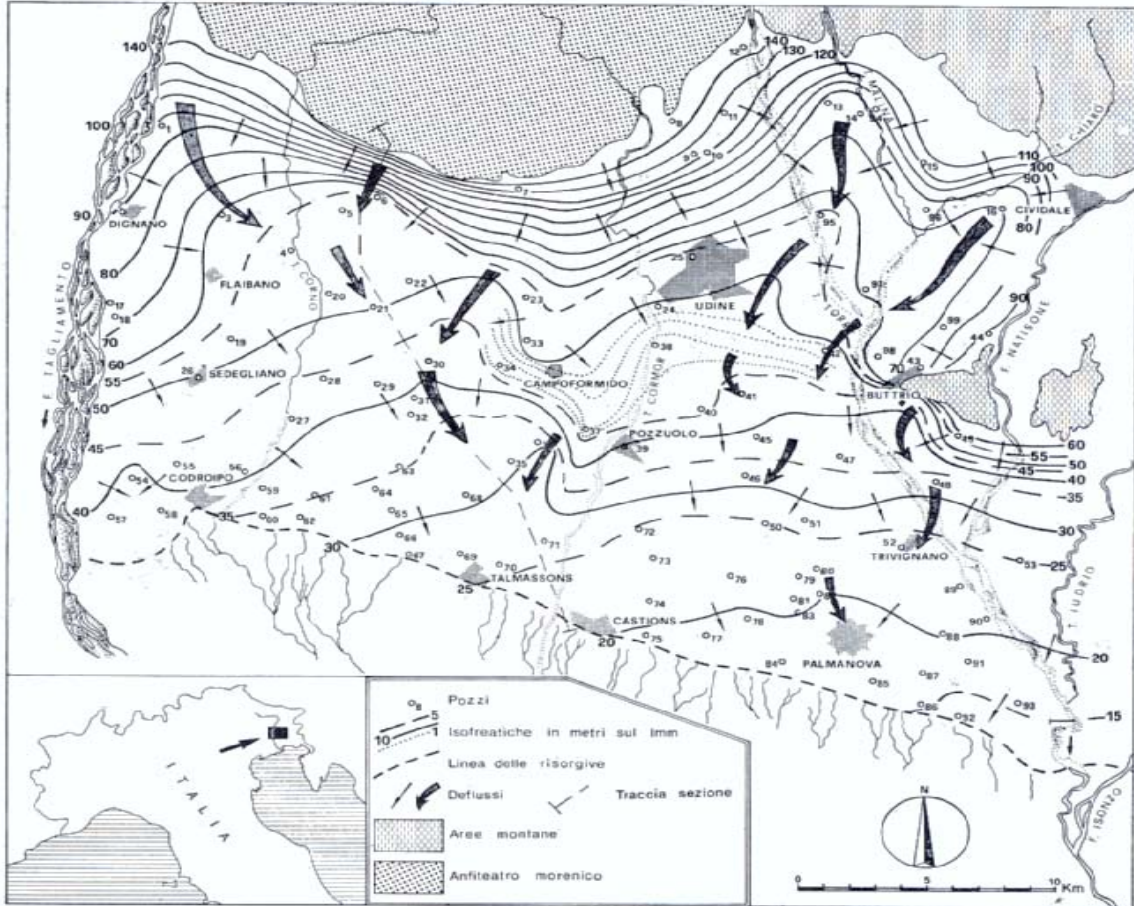


Fig. 1: Isofreatiche dell'Alta Pianura Friulana in sinistra Tagliamento in fase di piena -da Stefanini, 1978

La notevole profondità della falda nell'area di interesse progettuale esclude sia dannosi incrementi dell'intensità sismica sia fenomeni di liquefazione dei sedimenti in fase sismica, anche per concomitante presenza di ghiaie con fusi granulometrici grossolani.

Tabulati di calcolo

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: rilevato_A2M2R2.sli

Project Settings

Project Title: Tangenziale Sud di UD - H=9m (verifica A2 M2 R2)
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

1 Distributed Load present:
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 26 kN/m²

Material Properties

Material: rilevato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 8 kPa
Friction Angle: 27.5 degrees
Water Surface: None

Material: Terreno 1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 24.8 degrees
Water Surface: None

Material: Terreno 2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 29.3 degrees
Water Surface: None

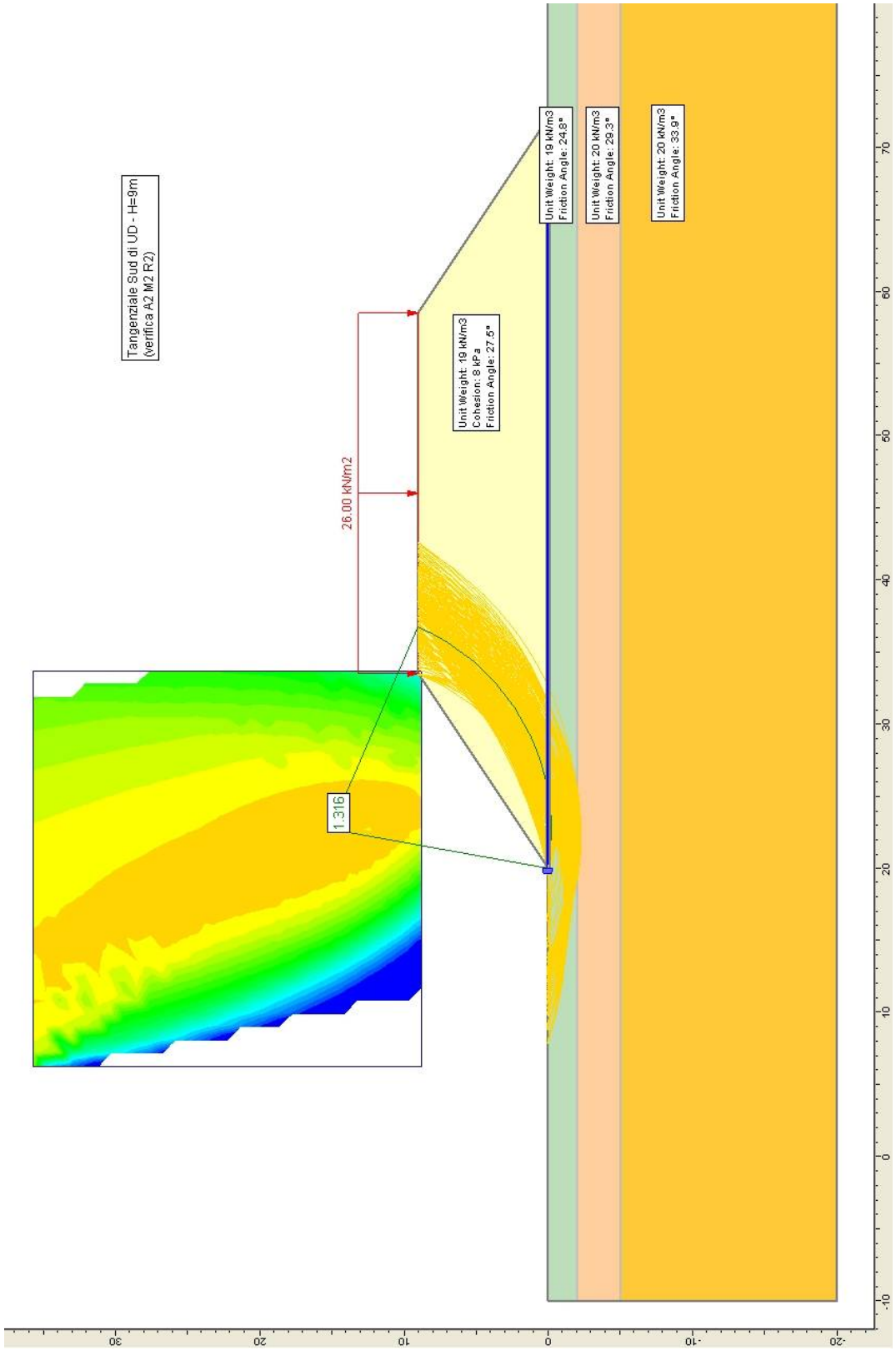
Material: Terreno 3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 33.9 degrees
Water Surface: None

Support Properties

Support: Geotessile
Geotessile
Support Type: GeoTextile
Force Application: Passive
Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
Anchorage: Both Ends
Shear Strength Model: Linear
Strip Coverage: 100 percent
Tensile Strength: 26 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.315730
Center: 22.713, 15.071
Radius: 15.314
Left Slip Surface Endpoint: 20.000, 0.000
Right Slip Surface Endpoint: 36.772, 9.000
Resisting Moment=10877.5 kN-m
Driving Moment=8267.29 kN-m



Tangenziale Sud di UD - H=8m
(verifica A2 M2 R2)

1.316

26.00 kN/m²

Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 8 kPa
Friction Angle: 27.5°

Unit Weight: 19 kN/m³
Friction Angle: 24.8°

Unit Weight: 20 kN/m³
Friction Angle: 29.3°

Unit Weight: 20 kN/m³
Friction Angle: 33.9°

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: rilevato_sisma.sli

Project Settings

Project Title: Tangenziale Sud di UD - H=9m (verifica sismica)
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.092
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.046
1 Distributed Load present:
Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 20 kN/m²

Material Properties

Material: rilevato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 8 kPa
Friction Angle: 27.5 degrees
Water Surface: None

Material: Terreno 1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 24.8 degrees
Water Surface: None

Material: Terreno 2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 29.3 degrees
Water Surface: None

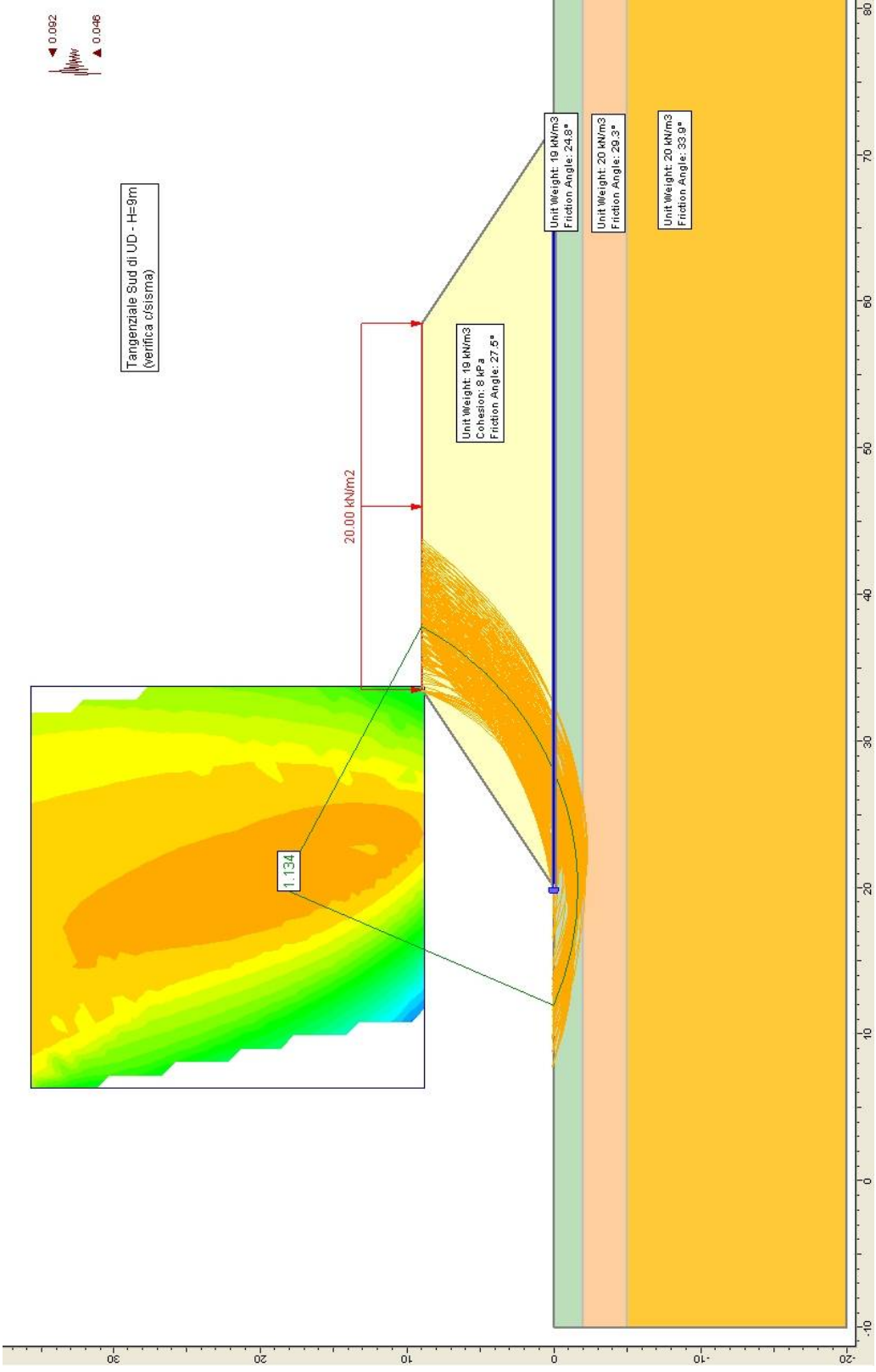
Material: Terreno 3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 33.9 degrees
Water Surface: None

Support Properties

Support: Geotessile
Geotessile
Support Type: GeoTextile
Force Application: Passive
Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
Anchorage: Both Ends
Shear Strength Model: Linear
Strip Coverage: 100 percent
Tensile Strength: 26 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 5 kN/m²
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.133570
Center: 19.972, 18.655
Radius: 20.320
Left Slip Surface Endpoint: 11.917, 0.000
Right Slip Surface Endpoint: 37.851, 9.000
Resisting Moment=17467.4 kN-m
Driving Moment=15409.2 kN-m



Tangenziale Sud di UD - H=9m
(verifica c/isma)

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: trincea_A2M2R2.sli

Project Settings

Project Title: Tangenziale Sud di UD - trincea (verifica A2 M2 R2)
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: Terreno 1
Strength Type: Undrained
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion Type: Constant
Cohesion: 28.6 kPa
Water Surface: None

Material: Terreno 3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 33.9 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.394740

Center: 29.997, 7.143

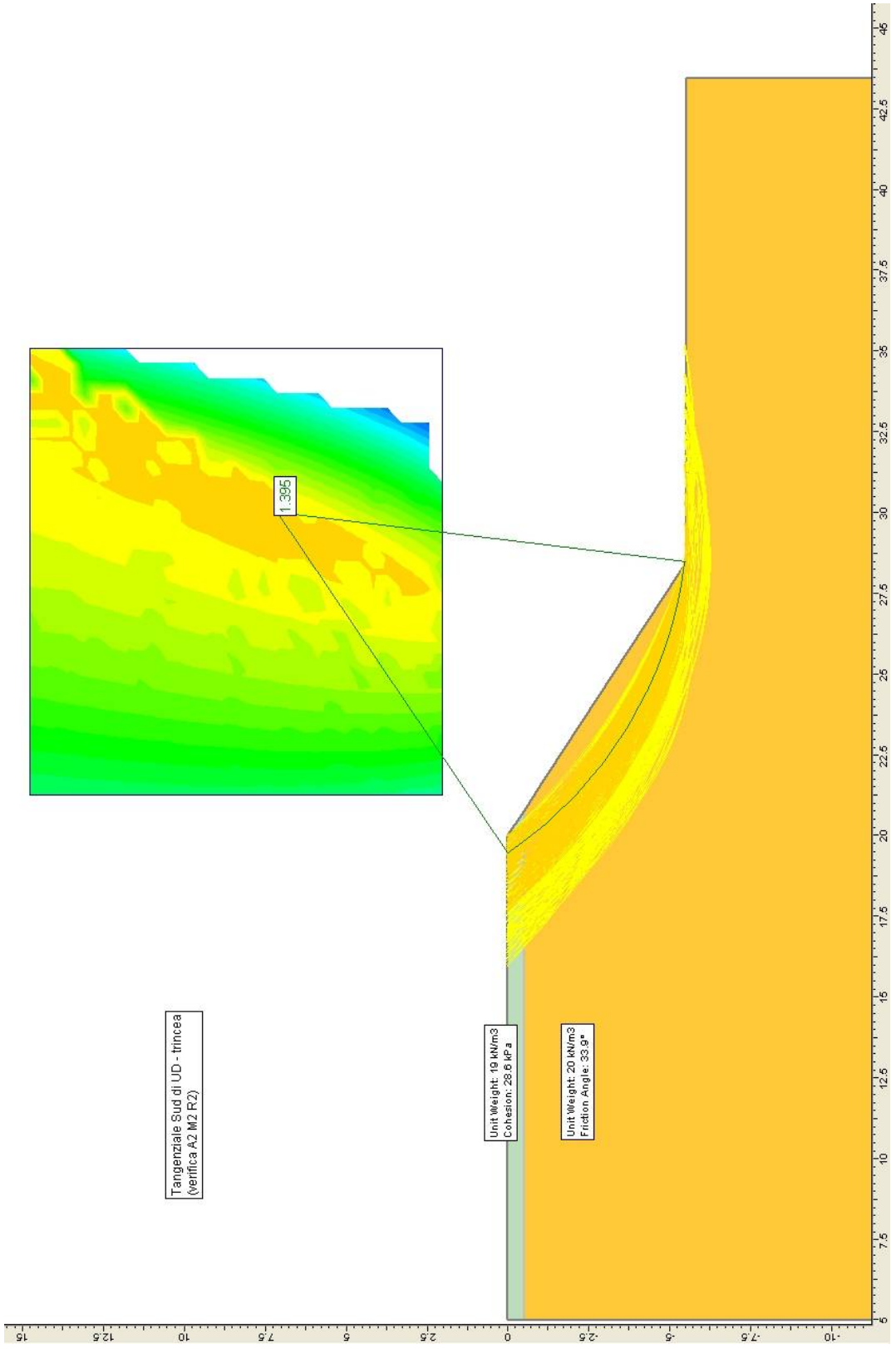
Radius: 12.735

Left Slip Surface Endpoint: 19.454, 0.000

Right Slip Surface Endpoint: 28.469, -5.500

Resisting Moment=1725.99 kN-m

Driving Moment=1237.5 kN-m



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: trincea_sisma.sli

Project Settings

Project Title: Tangenziale Sud di UD - trincea (verifica sismica)
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.092
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.046

Material Properties

Material: Terreno 1
Strength Type: Undrained
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion Type: Constant
Cohesion: 28.6 kPa
Water Surface: None

Material: Terreno 3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 33.9 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.176260

Center: 29.997, 7.568

Radius: 13.157

Left Slip Surface Endpoint: 19.234, 0.000

Right Slip Surface Endpoint: 28.469, -5.500

Resisting Moment=1766.35 kN-m

Driving Moment=1501.66 kN-m

