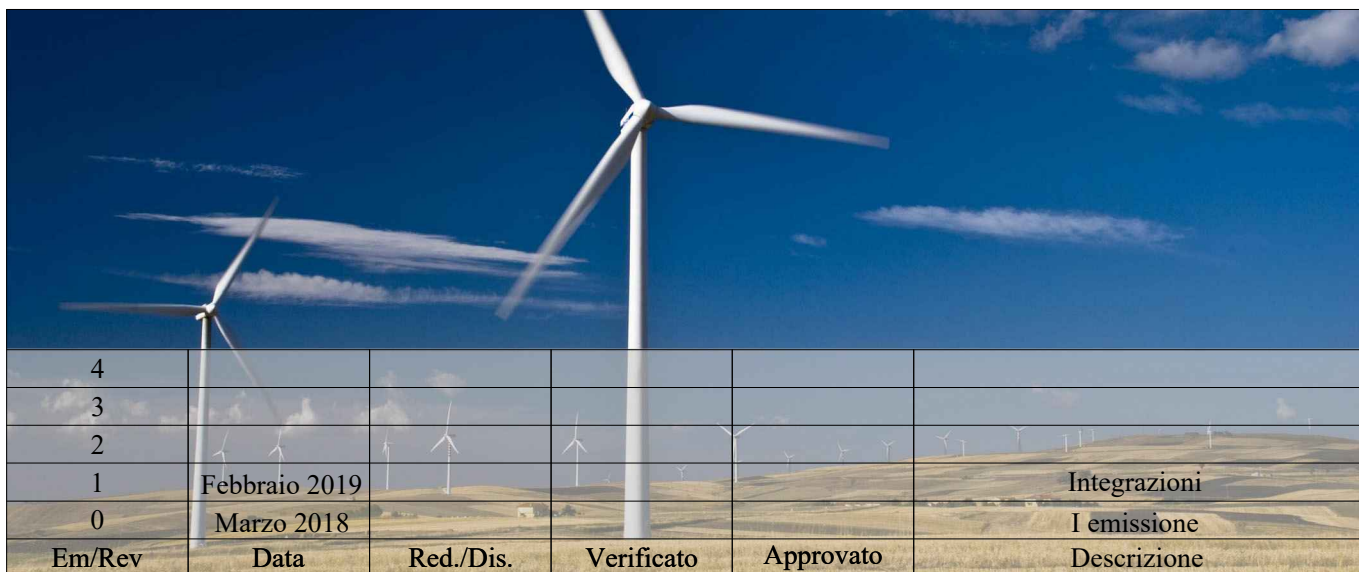


COMUNE DI CERIGNOLA
PROVINCIA DI FOGGIA

PROGETTO DEFINITIVO
DI UN PARCO EOLICO
"CERIGNOLA VENETA SUD" ID_VIP: 4046



Redazione: SIT&A srl - Studio di Ingegneria Territorio e Ambiente
Sede legale: via C. Battisti n. 58 - 73100 LECCE - sito web: www.sitea.info e-mail: info@sitea.info

Sede operativa: O. Mazzitelli n. 264 - 70124 BARI Tel./Fax 080/9909280 e-mail: sedebari@sitea.info

Titolo:

DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA
RICHIESTA dal SERVIZIO V.I.A. e V.Inc.A. della REGIONE
PUGLIA lett. prot. DVA.REGISTRO
UFFICIALE.I.0017933.01-08-2018. Nota AdB Puglia prot. 8166 del
24.07.2018

All:

Par.1

Committente:

VENETA ENERGIA S.r.l.
con sede in Via I. Maggio n. 4 I - 31024 Ormelle (TV) P.I. 03954830281

Codice Identificatore Elaborato

ID_VIP4046_Doc_Integrativa_AdB_Par.1

Progettazione:

Consulenze e collaborazioni:
geom. D.Ruggiero

SIT&A
Studio di Ingegneria Territorio e Ambiente
dott. ing. **TOMMASO BARENGA**

Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale
Sede Puglia
COMMISSIONE TECNICA DI VERIFICA DELL'IMPATTO
AMBIENTALE – VIA E VAS
(R.U. 16-11-2018)

OGGETTO: [ID_14] - Parco Eolico denominato "Cerignola Veneta Sud" da realizzare nel territorio comunale di Cerignola (FG), e relative opere di connessione, avente una potenza complessiva pari a 79,8 MW. [ID_VIP:4046] Istanza di VIA Ministeriale ex art. 23 del D.Lgs. n. 152/2006 e ss. mm. ii. Proponente: Veneta Energia S.r.l.
- PUNTO 1 DEL PARERE

Redatto da: SIT&A srl
- ing. Tommaso Farenga

Consulenze e collaborazioni: ing. Gaetano Nuzzo

INDICE

1. PREMESSA

2. VERIFICHE DI STABILITA'

- 2.1 Risultati dell'analisi di stabilità per la Sezione G1
- 2.2 Risultati dell'analisi di stabilità per le Sezioni G2A e G2B
- 2.3 Risultati dell'analisi di stabilità per la Sezione G3
- 2.4 Risultati dell'analisi di stabilità per la Sezione G4
- 2.5 Risultati dell'analisi di stabilità per la Sezione G5

**APPENDICE A: VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP -
RELAZIONE METODOLOGICA**

**APPENDICE B1: VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP -
TABULATI SEZ.G1**

**APPENDICE B2: VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP -
TABULATI SEZ.G2A e G2B**

**APPENDICE B3: VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP -
TABULATI SEZ.G3**

**APPENDICE B4: VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP -
TABULATI SEZ.G4**

**APPENDICE B5: VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP -
TABULATI SEZ.G5**

1. PREMESSA

La presente relazione riporta le verifiche geomorfologiche e geotecniche mirate alla definizione della compatibilità geomorfologica/geotecnica di dettaglio di alcuni tratti dei cavidotti interni ed esterno del parco eolico ubicato nell'area sud del territorio comunale di Cerignola, per il quale è stato presentato un progetto che interessa alcuni territori ricadenti in zone PG1 del P.A.I./Puglia.

Nella fattispecie l'AdB/Puglia nella sua determina, evidenzia quanto segue:

- le opere non vanno ad interessare aree classificate dal PAI ad alcuna pericolosità ad eccezione del tracciato del cavidotto di vettoriamento che, per qualche breve tratto, va ad interessare un'area classificata dal PAI a "pericolosità geomorfologica media e moderata" (PG1). Le norme tecniche di attuazione del Piano consentono interventi nelle aree suddette previa redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata dalle opere e relative pertinenze;

La Tav.1g e la Fig.1 mostrano l'ubicazione delle opere del parco eolico di progetto ed in particolare nell'area occidentale del tracciato si evincono cinque zone di interferenza tra i cavidotti interno (G1-G2 di Fig.2) ed esterno (G3-G4-G5 di Fig.3). Relativamente a tali interferenze, viste le modestissime pendenze dei versanti, al paragrafo dello studio di VIA dedicato alla stabilità dei versanti, il problema era stato così inquadrato:

Le interferenze "reali" con aree PG1 sono segnalate lungo il cavidotto secondario, fra la Torre VS02 e la VS01 (cfr. nodi geomorfologici G1 e G2 di Fig.8) e lungo il cavidotto principale, fra la torre VS01 e la Statale 16 (Nodi G3, G4 e G5 di Fig.9). E' bene però ricordare che il cavidotto è un'opera lineare di modesta sezione, che incide per larghezze contenute lo strato litologico superficiale, lungo strade o piste esistenti.

Sarà sufficiente eseguire scavi progressivi ad apertura limitata nel tempo e con successivo materiale di riempimento inerte provvisto di scheletro lapideo, per garantire sicurezza a lungo termine.

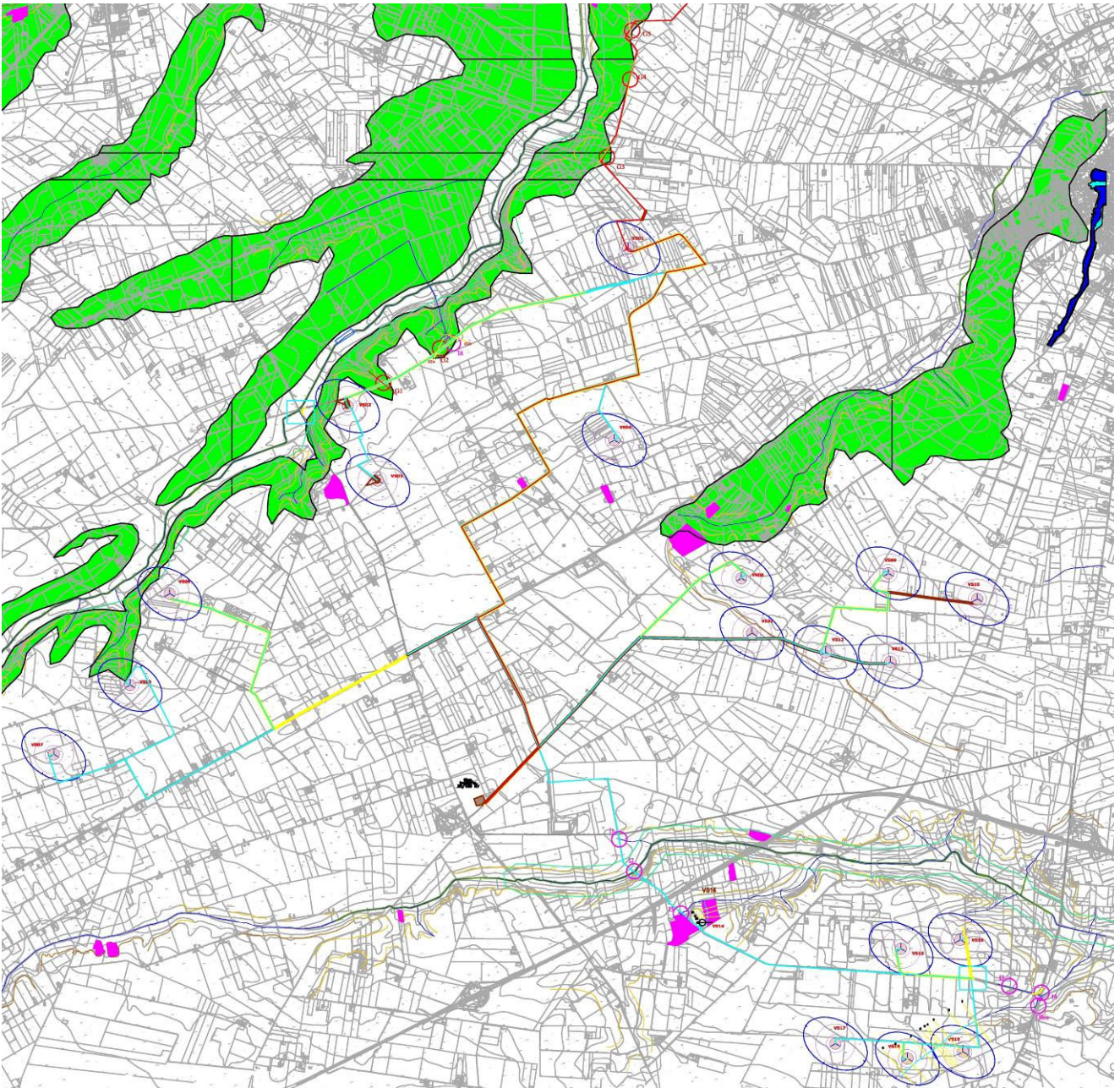


Fig.1 - Stralcio planimetrico dell'area del parco e del tracciato dei cavidotti (sono visibili le zone a pericolosità geomorfologica PG1)

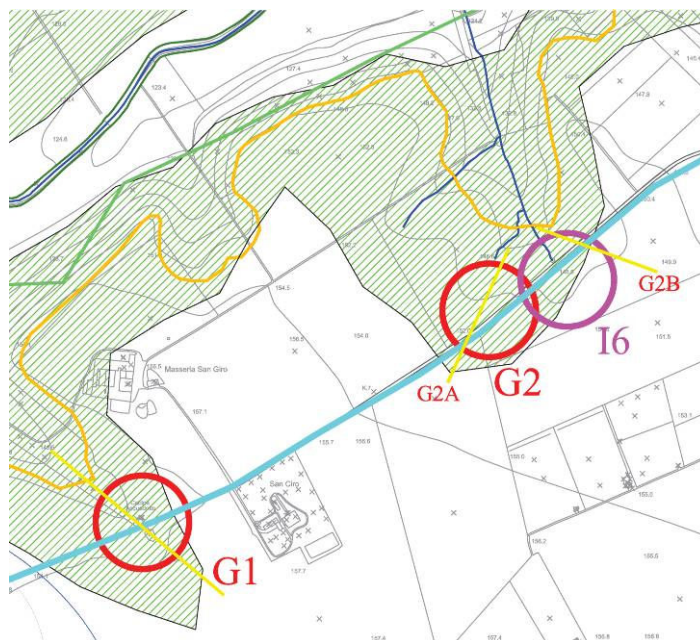


Fig.2 - Interferenze G1 e G2 del cavidotto interno con le zone PG1

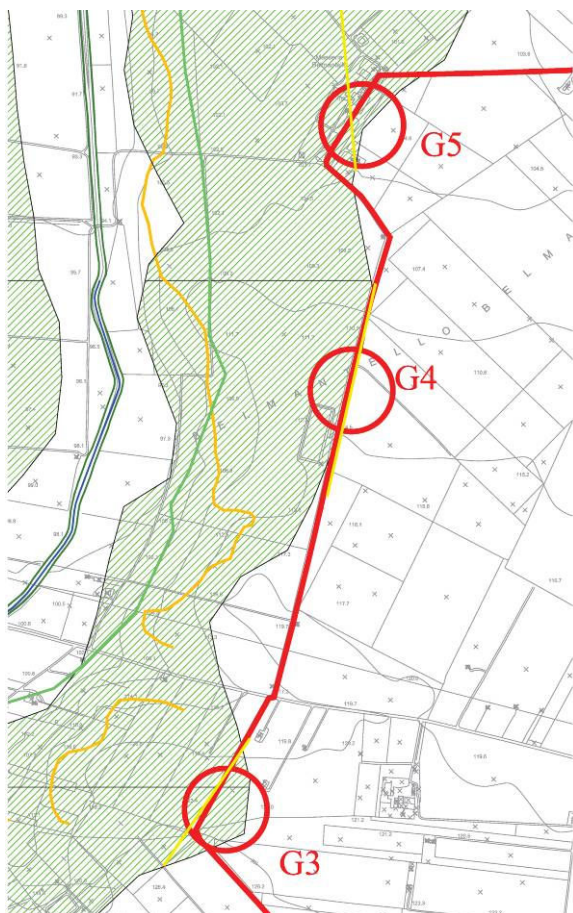


Fig.3 - Interferenze G3, G4 e G5 del cavidotto esterno con le zone PG1

In ogni caso, in questa sede si è provveduto ad eseguire le verifiche di stabilità richieste dall'AdB/Puglia utilizzando i risultati analitici delle campagne di indagini geognostiche eseguite in fase di progetto e riportate nelle relazioni specialistiche, nonché nell'analisi della componente "suolo-sottosuolo" dello studio di VIA.

In particolare, l'area di pertinenza del parco eolico è contraddistinta da un substrato così rappresentato da:

- Ghiaie poligeniche ad elementi di medie e grandi dimensioni in matrice sabbiosa fortemente cementata (ODN).
- Sabbie fini e argille di colore grigio e giallo ocreo per alterazione in matrice irregolarmente cementata (STQ).

Su tutta l'area in esame la superficie è coperta da suolo agrario di spessore non superiore al metro. Le ghiaie poligeniche rappresentano la formazione affiorante nella maggior parte delle zone di ubicazione delle Torri eoliche e dei caviddotti secondari.

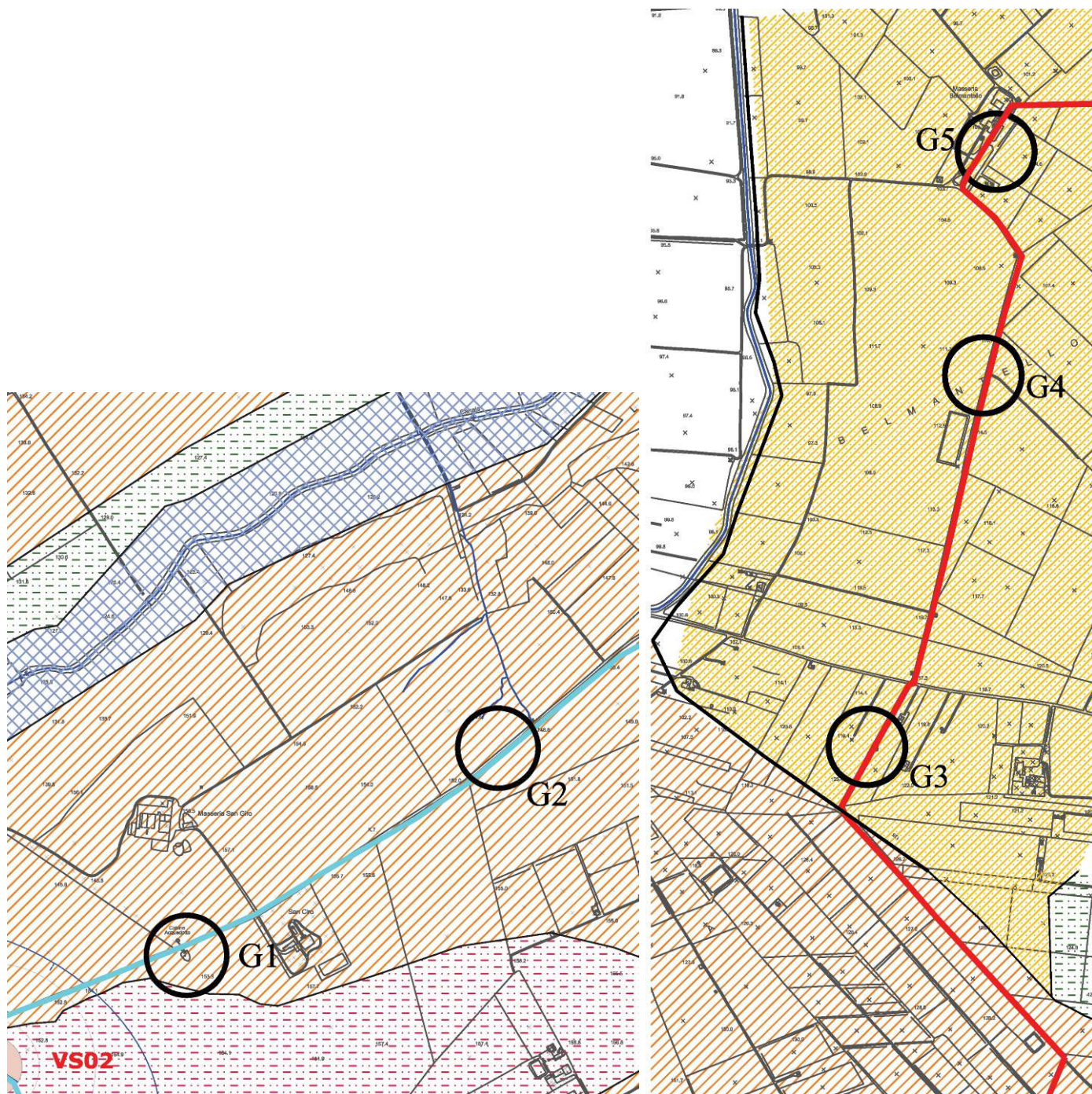
Sulla base dei risultati delle indagini in sito (dirette ed indirette) disponibili e del rilievo geologico di dettaglio, in riferimento alle interferenze G1 e G2 di Fig.4, è possibile fare riferimento al seguente modello geotecnico-stratigrafico indicativo.


descrizione	spessore	$\gamma(\text{KN/m}^3)$	$\phi(^{\circ})$	$c'(\text{KN/m}^2)$
ghiaie in matrice sabbiosa cementata	11÷35 m	20	30	10
argille mediamente addensate e piuttosto compatte	variabile	19	23	30

In riferimento alle interferenze G3-G4-G5 di Fig.4, è possibile fare riferimento al seguente modello geotecnico-stratigrafico indicativo.

descrizione	spessore	$\gamma(\text{KN/m}^3)$	$\phi(^{\circ})$	$c'(\text{KN/m}^2)$
sabbie fini e argille poco addensate	20 m	19	28	10

Le verifiche di stabilità di seguito riportate, sono state eseguite azzerando prudenzialmente il parametro coesione ed in condizioni sismiche di SLC con A2+M2+R2, secondo le prescrizioni delle più conservative NTC/2008 vigenti all'epoca del progetto.



- 
Sabbie di Torre Quarto (STQ)
 Sabbie medie e fini di colore giallo ocre, generalmente poco cementate, con intercalazioni di arenarie, argille e limi (Pleistocene medio)


- 
Conglomerato di Ortona (ODN)
 Ghiaie di medie e grandi dimensioni, clasto sostenute, con intercalazioni di sabbie e arenarie (Pleistocene medio)

Fig.4 - Stralci geologici in corrispondenza delle interferenze in esame

2. VERIFICHE DI STABILITA'

Come si evince dall'analisi degli stralci planimetrici di Figg.5 e 6, sono state individuate complessivamente sei sezioni morfologiche da sottoporre ad analisi di stabilità nelle condizioni parametriche e normative precedentemente discusse.

I parametri sismici adottati nelle verifiche sono ricavabili dalle Tabb.1 e 2 valide rispettivamente per i nodi di interferenza G1-G2 e G3-G4-G5.

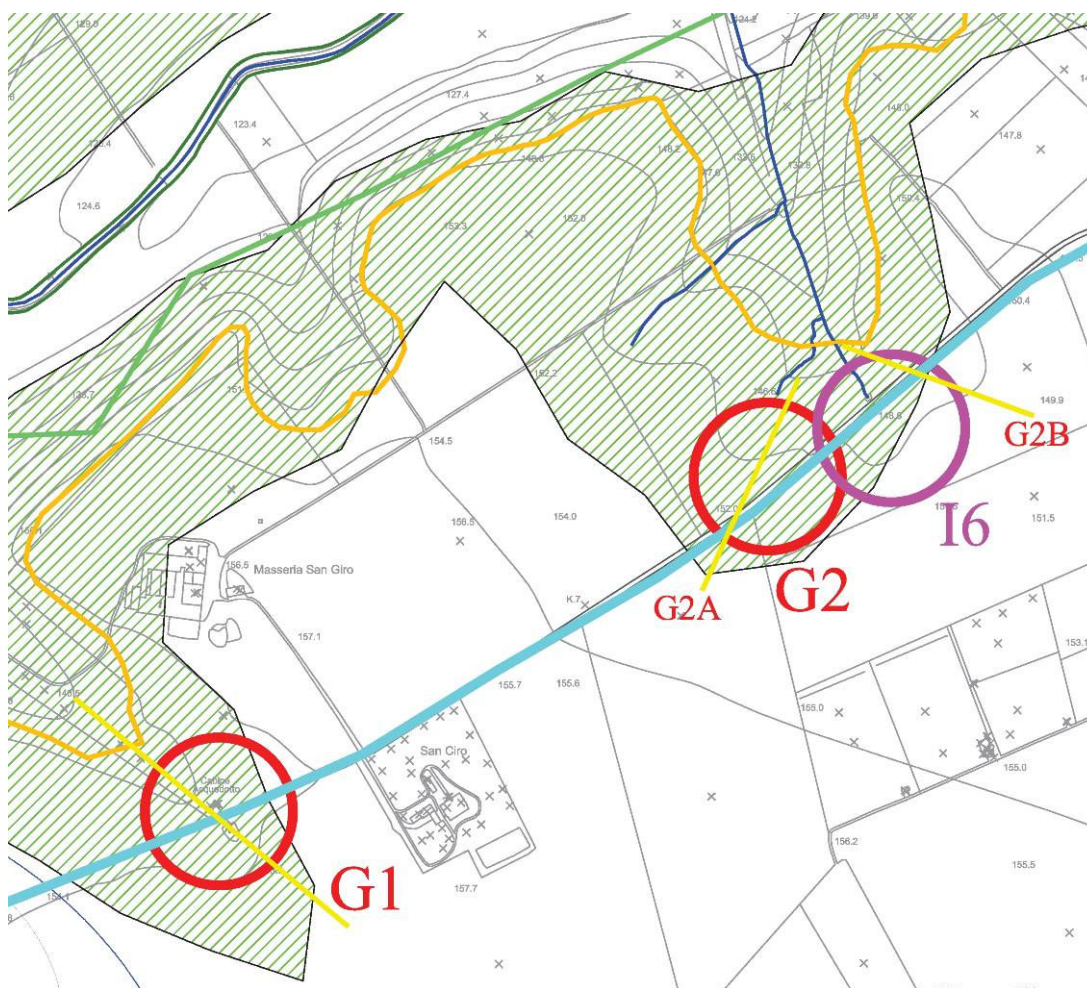


Fig.5 - Sezioni sottoposte a verifica di stabilità per i nodi di interferenza G1 e G2

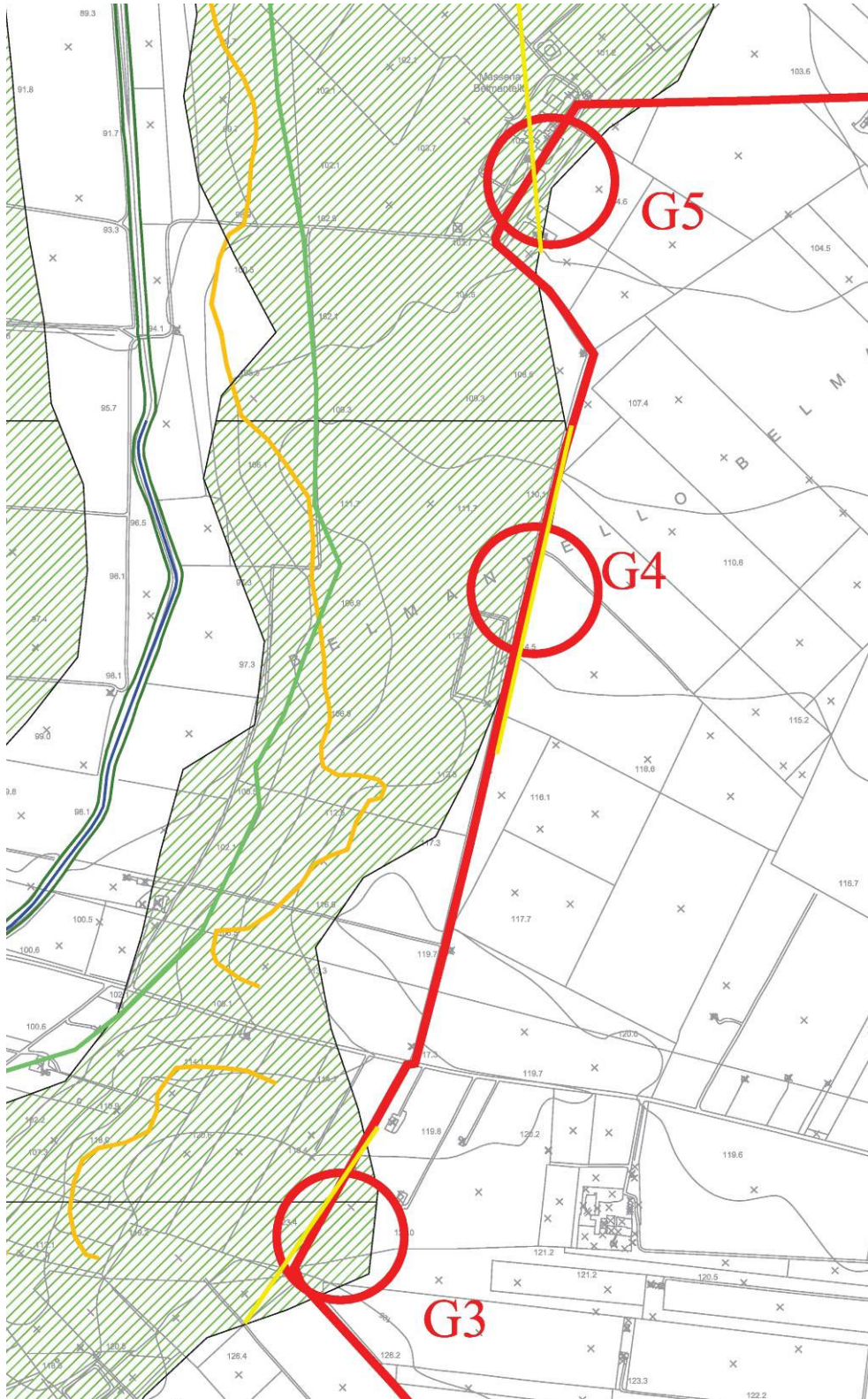


Fig.6 - Sezioni sottoposte a verifica di stabilità per i nodi di interferenza G3-G4-G5

Tab.1 Sito in esame. G1-G2

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
 latitudine: 41,2507169567423
 longitudine: 15,8070202782354
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 31225 Lat: 41,2626 Lon: 15,7518 Distanza: 4802,073
 Sito 2 ID: 31226 Lat: 41,2612 Lon: 15,8183 Distanza: 1498,911
 Sito 3 ID: 31448 Lat: 41,2112 Lon: 15,8165 Distanza: 4460,794
 Sito 4 ID: 31447 Lat: 41,2126 Lon: 15,7500 Distanza: 6378,682

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: 0,044 g
 Fo: 2,514
 Tc*: 0,282 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,058 g
 Fo: 2,543
 Tc*: 0,297 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,176 g
 Fo: 2,485
 Tc*: 0,398 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,247 g
 Fo: 2,408
 Tc*: 0,416 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii
SLO:

Ss: 1,500
 Cc: 1,590
 St: 1,000
 Kh: 0,013
 Kv: 0,007
 Amax: 0,649

Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500

Cc: 1,570

St: 1,000

Kh: 0,017

Kv: 0,009

Amax: 0,846

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,440

Cc: 1,420

St: 1,000

Kh: 0,061

Kv: 0,030

Amax: 2,489

Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,340

Cc: 1,400

St: 1,000

Kh: 0,093

Kv: 0,046

Amax: 3,245

Beta: 0,280

Tab.2 Sito in esame. G3-G4-G5

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
 latitudine: 41,276591
 longitudine: 15,833114
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 31226 Lat: 41,2612 Lon: 15,8183 Distanza: 2112,457
 Sito 2 ID: 31227 Lat: 41,2599 Lon: 15,8848 Distanza: 4699,966
 Sito 3 ID: 31005 Lat: 41,3098 Lon: 15,8866 Distanza: 5797,685
 Sito 4 ID: 31004 Lat: 41,3112 Lon: 15,8201 Distanza: 4000,963

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: 0,043 g
 Fo: 2,522
 Tc*: 0,280 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,056 g
 Fo: 2,553
 Tc*: 0,303 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,165 g
 Fo: 2,504
 Tc*: 0,411 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,228 g
 Fo: 2,447
 Tc*: 0,421 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii
SLO:

Ss: 1,500
 Cc: 1,600
 St: 1,000
 Kh: 0,013
 Kv: 0,006
 Amax: 0,636
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,560
St: 1,000
Kh: 0,017
Kv: 0,008
Amax: 0,820
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,450
Cc: 1,410
St: 1,000
Kh: 0,057
Kv: 0,029
Amax: 2,339
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,370
Cc: 1,400
St: 1,000
Kh: 0,087
Kv: 0,044
Amax: 3,062
Beta: 0,280

2.1 Risultati dell'analisi di stabilità per la Sezione G1 di Fig.5

La sezione è caratterizzata da un unico strato rappresentato dalle ghiaie della Formazione **ODN**. Il metodo di analisi è quello cautelativo di Bishop con sovraccarico rappresentato dai veicoli di cantiere (**0,2kg/cm²**). La Fig.7 mostra la superficie a più basso fattore di sicurezza (**Fs= 2,37**). Nell'Appendice A è riportata la relazione metodologica e nell'Appendice B1 sono riportati i tabulati dell'analisi di stabilità.

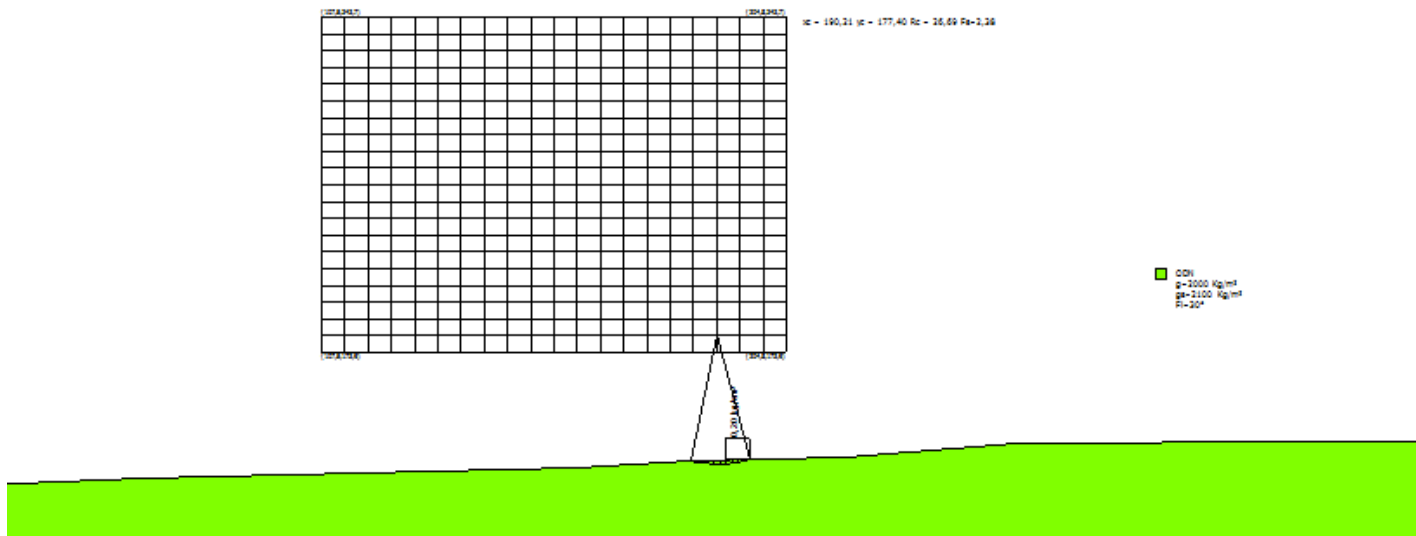


Fig.7 - Sezione G1 con $F_s \gg 1,3$

2.2 Risultati dell'analisi di stabilità per le Sezioni G2A e G2B di Fig.5

Le sezioni sono caratterizzate da un unico strato rappresentato dalle ghiaie della Formazione **ODN**. Il metodo di analisi è quello cautelativo di Bishop con sovraccarico rappresentato dai veicoli di cantiere ($0,2 \text{ kg/cm}^2$). Le Figg.8 e 9 mostrano le superfici a più basso fattore di sicurezza ($F_s=2,60$ e $F_s=2,86$). Nell'Appendice A è riportata la relazione metodologica e nell'Appendice B2 sono riportati i tabulati delle analisi di stabilità.

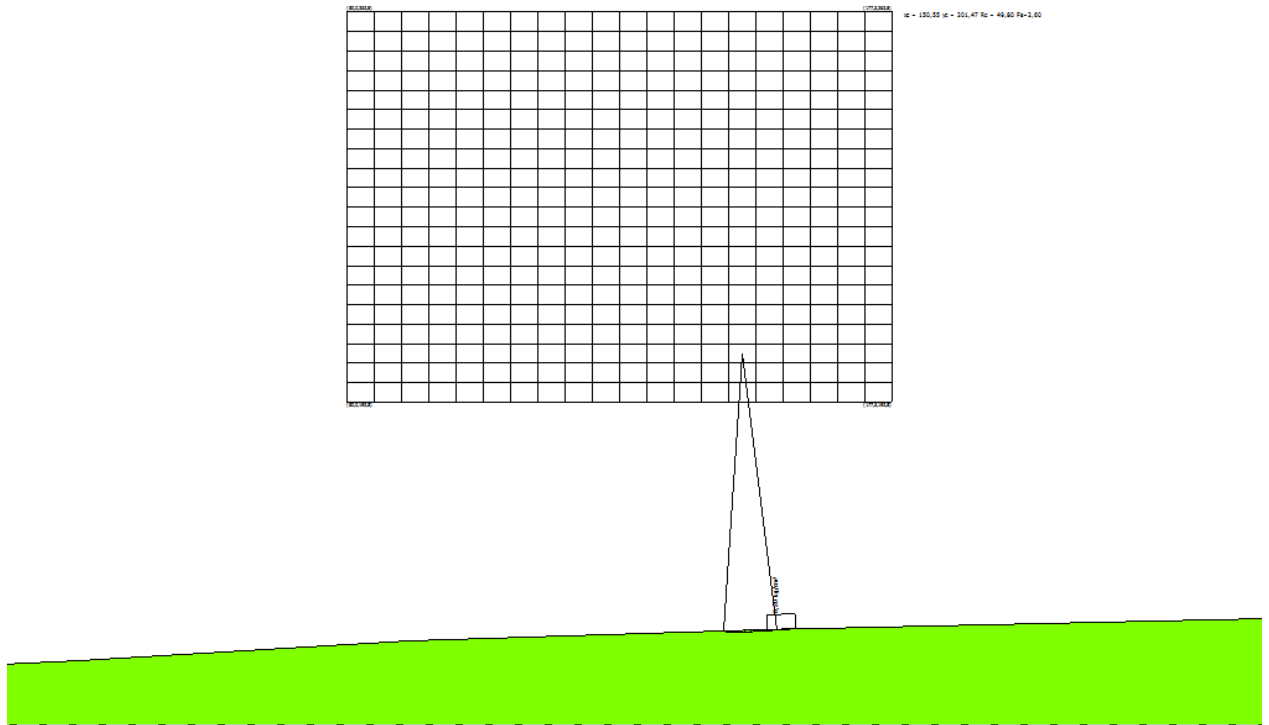


Fig.8 - Sezione G2A con $F_s \gg 1,3$

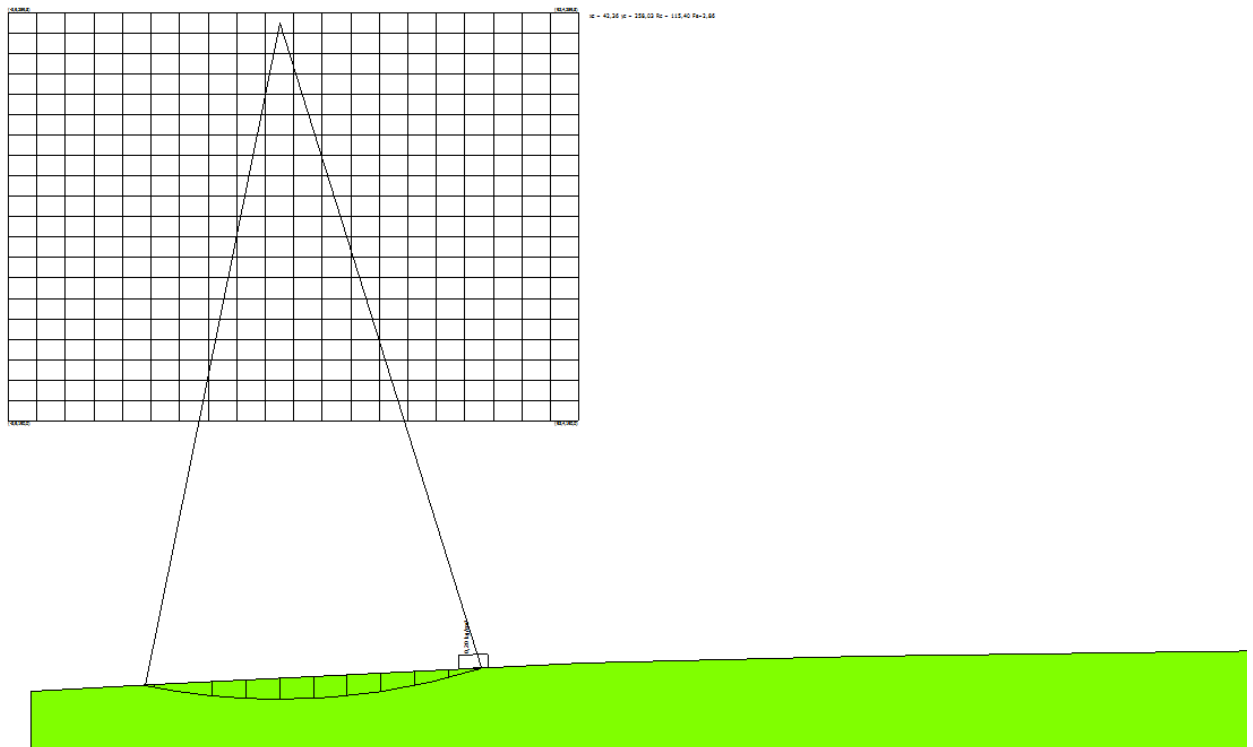


Fig.9 - Sezione G2B con $F_s \gg 1,3$

2.3 Risultati dell'analisi di stabilità per la Sezione G3 di Fig.6

La sezione è caratterizzata da un unico strato rappresentato dalle sabbie della Formazione **STQ**. Il metodo di analisi è quello cautelativo di Bishop con sovraccarico rappresentato da più veicoli di cantiere incolonnati ($0,2\text{kg/cm}^2$). La Fig.10 mostra la superficie a più basso fattore di sicurezza ($F_s = 2,54$). Nell'Appendice A è riportata la relazione metodologica e nell'Appendice B3 sono riportati i tabulati dell'analisi di stabilità.

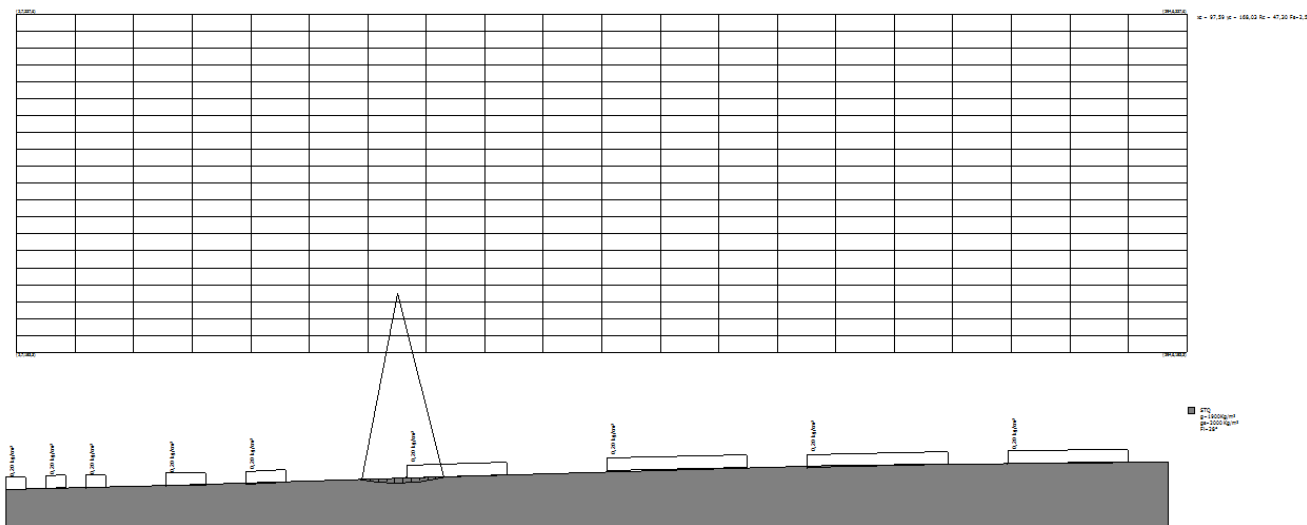


Fig.10 - Sezione G3 con $F_s \gg 1,3$

2.4 Risultati dell'analisi di stabilità per la Sezione G4 di Fig.6

La sezione è caratterizzata da un unico strato rappresentato dalle sabbie della Formazione **STQ**. Il metodo di analisi è quello cautelativo di Bishop con sovraccarico rappresentato da più veicoli di cantiere incolonnati ($0,2\text{kg/cm}^2$). La Fig.11 mostra la superficie a più basso fattore di sicurezza ($F_s = 2,94$). Nell'Appendice A è riportata la relazione metodologica e nell'Appendice B4 sono riportati i tabulati dell'analisi di stabilità.

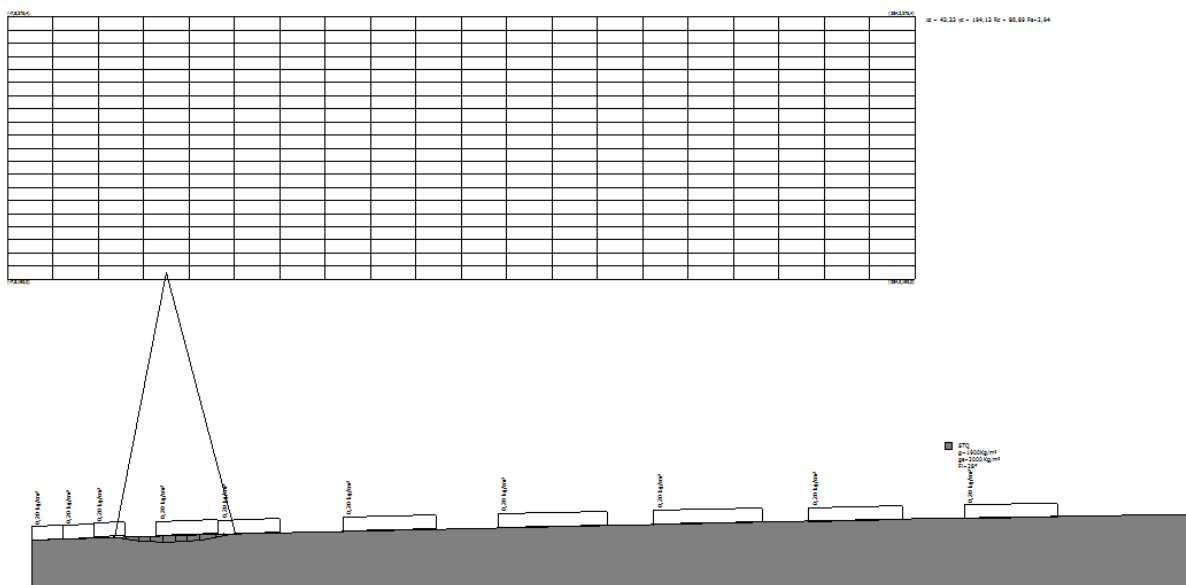


Fig.11 - Sezione G4 con $F_s >> 1,3$

2.5 Risultati dell'analisi di stabilità per la Sezione G5 di Fig.6

La sezione è caratterizzata da un unico strato rappresentato dalle sabbie della Formazione **STQ**. Il metodo di analisi è quello cautelativo di Bishop con sovraccarico rappresentato da un veicolo di cantiere ($0,2\text{kg/cm}^2$). La Fig.12 mostra la superficie a più basso fattore di sicurezza ($F_s = 3,67$). Nell'Appendice A è riportata la relazione metodologica e nell'Appendice B5 sono riportati i tabulati dell'analisi di stabilità.

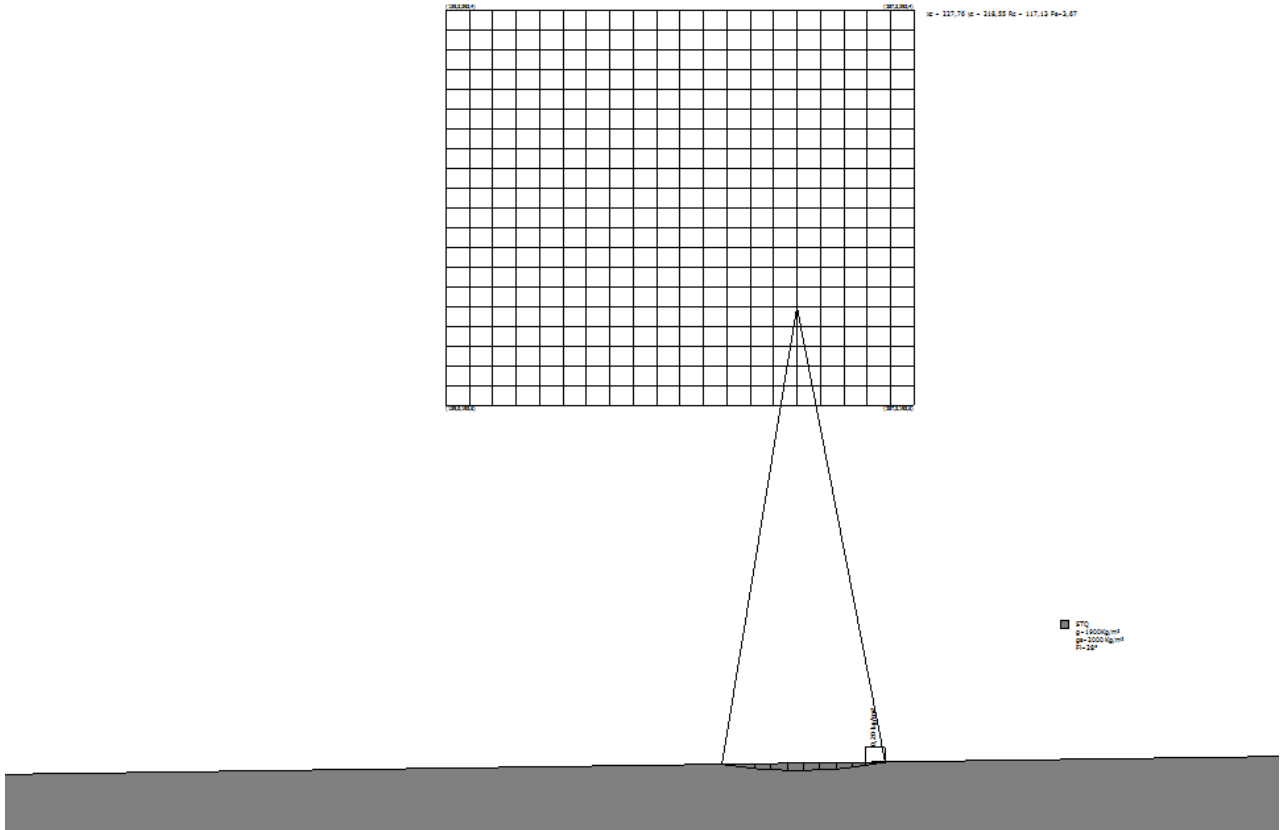


Fig.12 - Sezione G5 con $F_s \gg 1,3$

Bari, 12 febbraio 2019

SIT&As.r.l.

(ing. Tommaso Farenaga)

APPENDICE A

VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP RELAZIONE METODOLOGICA

RELAZIONE DI CALCOLO

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto 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 ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

- (a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- (b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_j agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_j

($n-1$) forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
 ($n-1$) forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
 n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
 ($n-1$) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
 una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono ($6n-2$).

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n
 Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n
 Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n
 Equazioni relative al criterio di rottura n
 Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a ($n-2$) in quando si fa l'assunzione che

N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le ($n-2$) indeterminazioni.

Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_v = 0, \Sigma M_0 = 0$, Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W : peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_v : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Con l'**OPCM 3274** e successive modifiche, i coefficienti sismici orizzontale K_0 e verticale K_v che interessano tutte le masse vengono calcolati come:

$$K_0 = S \cdot (a_g/g) \quad K_v = 0.5 \cdot K_0$$

S: fattore dipendente dal tipo di suolo secondo lo schema:

tipo A - $S=1$;
 tipo B - $S=1.25$;
 tipo C - $S=1.25$;
 tipo E - $S=1.25$;
 tipo D - $S=1.35$.

Per pendii con inclinazione superiore a 15° e dislivello superiore a 30 m, l'azione sismica deve essere incrementata moltiplicandola per il coefficiente di amplificazione topografica S_T :

$S_T \geq 1,2$ per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;
 $S_T \geq 1,4$ per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in testa molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media $> 30^\circ$; $S_T \geq 1,2$ per siti dello stesso tipo ma pendenza media inferiore.

L'applicazione del **D.M. 88** e successive modifiche ed integrazioni è consentito mediante l'inserimento del coefficiente sismico orizzontale K_0 in funzione delle Categorie Sismiche secondo il seguente schema: I Cat. $K_0=0.1$; II Cat. $K_0=0.07$; III Cat. $K_0=0.04$

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_0 = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

a_{gR} : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,

γ_I : fattore di importanza,

S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale K_v è definito in funzione di K_0 , e vale:

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_0$$

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

APPENDICE B1

VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP TABULATI SEZ.G1

Analisi di stabilità della sezione G1 con BISHOP

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,3

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	107,5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	173,92 m
Ascissa vertice destro superiore xs	204,8 m
Ordinata vertice destro superiore ys	243,65 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	41,18
Longitudine:	15,16
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,56	2,38	0,29
S.L.D.	35,0	0,67	2,38	0,31
S.L.V.	332,0	2,0	2,46	0,38
S.L.C.	682,0	2,82	2,39	0,42

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,84	0,2	0,0171	0,0086
S.L.D.	1,005	0,2	0,0205	0,0102
S.L.V.	2,7979	0,28	0,0799	0,0399
S.L.C.	3,6311	0,28	0,1037	0,0518

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1037
Coefficiente azione sismica verticale	0,0518

Vertici profilo

N	X	y
---	---	---

	m	m
1	0,0	145,0
2	70,0	147,6
3	161,0	150,0
4	185,0	151,3
5	217,0	152,2
6	253,0	155,0
7	374,0	155,7

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0	30	2000	2100	2,00		ODN

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	192	151,6	197	151,7406	0,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2,38
Ascissa centro superficie	190,21 m
Ordinata centro superficie	177,4 m
Raggio superficie	26,69 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 190,206 yc = 177,404 Rc = 26,695 Fs=2,3751

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,3	-11,6	0,31	23,63	2,45	1,22	0,0	24,8	0,0	25,1	4,9
2	2,2	-8,9	2,23	1336,13	138,56	69,21	0,0	24,8	0,0	1394,5	271,2
3	1,25	-5,1	1,26	1409,21	146,13	73,0	0,0	24,8	0,0	1439,9	280,0
4	1,25	-2,4	1,25	1703,16	176,62	88,22	0,0	24,8	0,0	1718,8	334,3
5	1,25	0,3	1,25	1850,62	191,91	95,86	0,0	24,8	0,0	1849,1	359,6
6	1,25	2,9	1,25	2255,61	233,91	116,84	0,0	24,8	0,0	2236,2	434,9
7	1,25	5,6	1,26	4205,15	436,07	217,83	0,0	24,8	0,0	4146,0	806,3
8	1,25	8,3	1,26	3909,74	405,44	202,52	0,0	24,8	0,0	3842,0	747,2
9	1,25	11,1	1,27	3463,25	359,14	179,4	0,0	24,8	0,0	3399,6	661,1
10	1,25	13,8	1,29	2452,92	254,37	127,06	0,0	24,8	0,0	2410,7	468,8

APPENDICE B2

VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP TABULATI SEZ.G2A e G2B

Analisi di stabilità della sezione G2A con BISHOP

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,3

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	80,01 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	192,75 m
Ascissa vertice destro superiore xs	177,31 m
Ordinata vertice destro superiore ys	262,48 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	41,18
Longitudine:	15,16
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,56	2,38	0,29
S.L.D.	35,0	0,67	2,38	0,31
S.L.V.	332,0	2,0	2,46	0,38
S.L.C.	682,0	2,82	2,39	0,42

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,84	0,2	0,0171	0,0086
S.L.D.	1,005	0,2	0,0205	0,0102
S.L.V.	2,7979	0,28	0,0799	0,0399
S.L.C.	3,6311	0,28	0,1037	0,0518

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1037
Coefficiente azione sismica verticale	0,0518

Vertici profilo

N	X	y

	m	m
1	0,0	145,0
2	32,2	146,6
3	91,0	150,0
4	154,0	152,0
5	244,0	154,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0	30	2000	2100	2,00		ODN

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	155	152,1	160	152,2111	0,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2,6
Ascissa centro superficie	150,55 m
Ordinata centro superficie	201,47 m
Raggio superficie	49,8 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 150,551 yc = 201,468 Rc = 49,796 Fs=2,6032

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,96	-3,3	0,96	86,56	8,98	4,48	0,0	24,8	0,0	87,6	15,5
2	0,96	-2,2	0,96	233,04	24,17	12,07	0,0	24,8	0,0	234,8	41,7
3	0,96	-1,1	0,96	344,24	35,7	17,83	0,0	24,8	0,0	345,5	61,3
4	0,96	0,0	0,96	420,14	43,57	21,76	0,0	24,8	0,0	420,1	74,5
5	0,96	1,1	0,96	460,72	47,78	23,87	0,0	24,8	0,0	459,2	81,5
6	0,96	2,2	0,96	466,08	48,33	24,14	0,0	24,8	0,0	463,3	82,2
7	1,06	3,4	1,06	477,95	49,56	24,76	0,0	24,8	0,0	473,8	84,1
8	0,86	4,5	0,86	321,66	33,36	16,66	0,0	24,8	0,0	318,2	56,5
9	0,96	5,5	0,96	1879,26	194,88	97,35	0,0	24,8	0,0	1856,2	329,3
10	0,96	6,6	0,96	1805,96	187,28	93,55	0,0	24,8	0,0	1781,4	316,1

Analisi di stabilità della sezione G2B con BISHOP

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,3

Superficie di forma circolare
Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-3,86 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	190,04 m
Ascissa vertice destro superiore xs	93,44 m
Ordinata vertice destro superiore ys	259,78 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]
Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	41,18
Longitudine:	15,16
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,56	2,38	0,29
S.L.D.	35,0	0,67	2,38	0,31
S.L.V.	332,0	2,0	2,46	0,38
S.L.C.	682,0	2,82	2,39	0,42

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,84	0,2	0,0171	0,0086
S.L.D.	1,005	0,2	0,0205	0,0102
S.L.V.	2,7979	0,28	0,0799	0,0399
S.L.C.	3,6311	0,28	0,1037	0,0518

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1037
Coefficiente azione sismica verticale	0,0518

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	144,0
2	21,0	145,0
3	94,0	148,8
4	142,0	150,0

5	213,0	150,8
---	-------	-------

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	30	2000	2100	2,00	ODN

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	73	147,8	78	148,0603	0,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2,86
Ascissa centro superficie	42,36 m
Ordinata centro superficie	258,03 m
Raggio superficie	115,4 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 42,359 yc = 258,032 Rc = 115,397 Fs=2,857

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,53	-11,1	1,55	573,49	59,47	29,71	0,0	24,8	0,0	603,4	97,5
2	9,95	-8,2	10,05	28931,19	3000,17	1498,64	0,0	24,8	0,0	29922,5	4837,4
3	5,74	-4,2	5,75	31148,28	3230,08	1613,48	0,0	24,8	0,0	31613,6	5110,8
4	5,74	-1,4	5,74	37815,98	3921,52	1958,87	0,0	24,8	0,0	37976,7	6139,5
5	5,74	1,5	5,74	41207,25	4273,19	2134,54	0,0	24,8	0,0	41052,0	6636,7
6	5,74	4,3	5,75	41321,92	4285,08	2140,48	0,0	24,8	0,0	40940,4	6618,6
7	5,74	7,2	5,78	38134,92	3954,59	1975,39	0,0	24,8	0,0	37669,4	6089,8
8	5,74	10,1	5,83	31596,29	3276,54	1636,69	0,0	24,8	0,0	31194,9	5043,1
9	5,74	13,0	5,89	21628,14	2242,84	1120,34	0,0	24,8	0,0	21397,4	3459,2
10	5,74	15,9	5,96	15599,01	1617,62	808,03	0,0	24,8	0,0	15505,6	2506,7

APPENDICE B3

VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP TABULATI SEZ.G3

Analisi di stabilità della sezione G3 con BISHOP

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,3

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2,71 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	153,26 m
Ascissa vertice destro superiore xs	294,64 m
Ordinata vertice destro superiore ys	237,63 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	41,28
Longitudine:	15,83
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,42	2,52	0,28
S.L.D.	50,0	0,55	2,55	0,3
S.L.V.	475,0	1,62	2,5	0,41
S.L.C.	975,0	2,24	2,45	0,42

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.D.	0,825	0,2	0,0168	0,0084
S.L.V.	2,3526	0,24	0,0576	0,0288
S.L.C.	3,0558	0,28	0,0873	0,0436

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0873
Coefficiente azione sismica verticale	0,0436

Vertici profilo

N	X m	y m

1	0,0	119,0
2	41,4	120,0
3	109,0	122,2
4	208,0	125,0
5	290,0	126,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	28	1900	2000	1,50	STQ

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	0	119	5	119,1208	0,2
2	10	119,4	15	119,5208	0,2
3	20	119,5	25	119,6208	0,2
4	40	120	50	120,2415	0,2
5	60	120,5	70	120,8254	0,2
6	100	122	125	122,8136	0,2
7	150	123,7	185	124,6899	0,2
8	200	124,5	235	125,4899	0,2
9	250	125,6	280	125,9659	0,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2,54
Ascissa centro superficie	97,59 m
Ordinata centro superficie	168,03 m
Raggio superficie	47,3 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 97,587 yc = 168,025 Rc = 47,30 Fs=2,5432

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,05	-9,4	2,08	838,09	73,16	36,54	0,0	23,0	0,0	873,7	146,1
2	2,05	-6,9	2,07	2244,21	195,92	97,85	0,0	23,0	0,0	2307,3	385,9
3	2,05	-4,4	2,06	3295,6	287,71	143,69	0,0	23,0	0,0	3348,5	560,1
4	2,05	-1,9	2,05	3996,95	348,93	174,27	0,0	23,0	0,0	4021,6	672,7
5	2,05	0,6	2,05	4350,7	379,82	189,69	0,0	23,0	0,0	4343,7	726,5
6	2,05	3,1	2,05	6632,46	579,01	289,18	0,0	23,0	0,0	6583,1	1101,1
7	2,05	5,6	2,06	8118,64	708,76	353,97	0,0	23,0	0,0	8026,4	1342,5
8	2,05	8,1	2,07	7424,93	648,2	323,73	0,0	23,0	0,0	7325,5	1225,3
9	2,05	10,6	2,09	6373,74	556,43	277,89	0,0	23,0	0,0	6287,5	1051,6
10	2,05	13,1	2,11	4757,25	415,31	207,42	0,0	23,0	0,0	4701,5	786,4

APPENDICE B4

VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP TABULATI SEZ.G4

Analisi di stabilità della sezione G4 con BISHOP

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,3

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-7,76 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	192,02 m
Ascissa vertice destro superiore xs	284,17 m
Ordinata vertice destro superiore ys	276,38 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	41,28
Longitudine:	15,83
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,42	2,52	0,28
S.L.D.	50,0	0,55	2,55	0,3
S.L.V.	475,0	1,62	2,5	0,41
S.L.C.	975,0	2,24	2,45	0,42

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.D.	0,825	0,2	0,0168	0,0084
S.L.V.	2,3526	0,24	0,0576	0,0288
S.L.C.	3,0558	0,28	0,0873	0,0436

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0873
Coefficiente azione sismica verticale	0,0436

Vertici profilo

N	X m	y m

1	0,0	108,0
2	59,0	110,0
3	273,0	114,5
4	293,0	115,0
5	408,0	116,7

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	28	1900	2000	1,50	STQ

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	0	108	10	108,339	0,2
2	10	108,5	20	108,839	0,2
3	20	109	30	109,339	0,2
4	40	109,5	60	110,178	0,2
5	60	110	80	110,4206	0,2
6	100	111	130	111,6308	0,2
7	150	112	185	112,736	0,2
8	200	113	235	113,736	0,2
9	250	114	280	114,6308	0,2
10	300	115	330	115,4435	0,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2,94
Ascissa centro superficie	43,33 m
Ordinata centro superficie	194,13 m
Raggio superficie	86,89 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei concii. Superficie...xc = 43,327 yc = 194,129 Rc = 86,891 Fs=2,9362

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,92	-9,9	3,98	3208,69	280,12	139,9	0,0	23,0	0,0	3341,7	484,1
2	3,92	-7,3	3,95	8599,43	750,73	374,94	0,0	23,0	0,0	8833,2	1279,7
3	3,92	-4,7	3,93	12643,83	1103,81	551,27	0,0	23,0	0,0	12839,0	1860,0
4	3,92	-2,1	3,92	19553,59	1707,03	852,54	0,0	23,0	0,0	19671,5	2849,8
5	3,92	0,5	3,92	24594,02	2147,06	1072,3	0,0	23,0	0,0	24565,1	3558,8
6	3,92	3,1	3,92	24680,74	2154,63	1076,08	0,0	23,0	0,0	24525,9	3553,1
7	3,92	5,7	3,94	23447,93	2047,01	1022,33	0,0	23,0	0,0	23229,4	3365,3
8	5,16	8,7	5,22	26794,18	2339,13	1168,23	0,0	23,0	0,0	26518,1	3841,7
9	2,68	11,3	2,73	10994,05	959,78	479,34	0,0	23,0	0,0	10895,9	1578,5
10	3,92	13,5	4,03	11007,32	960,94	479,92	0,0	23,0	0,0	10940,0	1584,9

APPENDICE B5

VERIFICA DI STABILITA' CON BISHOP TABULATI SEZ.G5

Analisi di stabilità della sezione G5 con BISHOP

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,3

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	139,27 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	193,61 m
Ascissa vertice destro superiore xs	257,25 m
Ordinata vertice destro superiore ys	293,37 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	41,28
Longitudine:	15,83
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,42	2,52	0,28
S.L.D.	50,0	0,55	2,55	0,3
S.L.V.	475,0	1,62	2,5	0,41
S.L.C.	975,0	2,24	2,45	0,42

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.D.	0,825	0,2	0,0168	0,0084
S.L.V.	2,3526	0,24	0,0576	0,0288
S.L.C.	3,0558	0,28	0,0873	0,0436

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0873
Coefficiente azione sismica verticale	0,0436

Vertici profilo

N	X	y
---	---	---

	m	m
1	0,0	100,0
2	211,0	103,0
3	353,0	105,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0	28	1900	2000	1,50	STQ

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	245	103,4	250	103,4704	0,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	3,67
Ascissa centro superficie	227,76 m
Ordinata centro superficie	218,55 m
Raggio superficie	117,13 m

B: Larghezza del conchio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del conchio; Li: Lunghezza della base del conchio; Wi: Peso del conchio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conchi. Superficie...xc = 227,757 yc = 218,552 Rc = 117,127 Fs=3,6746

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,2	-8,8	2,22	795,03	69,41	34,66	0,0	23,0	0,0	819,1	94,8
2	6,03	-6,7	6,08	9274,02	809,62	404,35	0,0	23,0	0,0	9468,1	1096,0
3	4,12	-4,2	4,13	10698,79	934,0	466,47	0,0	23,0	0,0	10821,1	1252,6
4	4,12	-2,2	4,12	12970,71	1132,34	565,52	0,0	23,0	0,0	13039,2	1509,4
5	4,12	-0,2	4,12	14108,71	1231,69	615,14	0,0	23,0	0,0	14114,9	1633,9
6	4,12	1,8	4,12	14115,62	1232,29	615,44	0,0	23,0	0,0	14071,4	1628,9
7	4,12	3,8	4,12	12989,33	1133,97	566,33	0,0	23,0	0,0	12918,4	1495,4
8	4,12	5,8	4,14	10724,15	936,22	467,57	0,0	23,0	0,0	10654,0	1233,3
9	4,12	7,9	4,15	8999,34	785,64	392,37	0,0	23,0	0,0	8941,8	1035,1
10	4,12	9,9	4,18	10763,17	939,62	469,27	0,0	23,0	0,0	10709,6	1239,7