

COMUNE DI ZOLA PREDOSA

(città metropolitana di Bologna)

PARCO DEI GESSAROLI -RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE E PAESAGGISTICA DELL'EX CAVA GESSI -COMPARTO C13-

Committente:

COMUNE DI ZOLA PREDOSA

Piazza della Repubblica 1
40069 Zola Predosa (BO)
P.Iva 00529991200
CF 01041340371

Progettista:

Dott. Ing. CARLO BAIETTI
Via G.Pilati 13
40068 S. Lazzaro di Savena (Bo)



Consulenza geologico geotecnica:

Dott. CLAUDIO CINTI

Progetto del verde:

BSCAPE STUDIO

Redatto :

Ing. R. Casatello

Controllato :

Ing. C. Baietti

Approvato :

Ing. C. Baietti

Revisione :

03

Data emissione:

Febbraio 2024

Oggetto:

RELAZIONE GEOTECNICA
VERIFICHE DI STABILITÀ

Elaborato :

C

Scala :

L272


PROGETTO ESECUTIVO

REGIONE EMILIA ROMAGNA
Città Metropolitana di Bologna
Comune di Zola Predosa

PARCO DEI GESSAROLI
RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE E PAESAGGISTICA
DELL'EX CAVA GESSI – COMPARTO C13

Relazione Geotecnica e Verifiche di Stabilità

Aggiornamenti	4				
	3				
	2				
	1				
	0	Settembre 2023	Claudio Cinti	Alessandro Zanna	Emissione
	N	Data	Redatto	Approvazione	Descrizione

Committente: <u>COMUNE DI</u> <u>ZOLA PREDOSA</u>	 GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente <small>CERTIFIED QUALITY MANAGEMENT SYSTEM CQY CERTIGUALITY UNI EN ISO 9001:2015</small>
---	--

Dott. Geol. Claudio Cinti




MOD PROD14 REV00

Codice Cliente:

Codice interno: 23.1063

Geotea s.r.l. - via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel 051 6255377- Fax 051 4998378
e-mail: info@geoteasrl.it


<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	
--	--	---

SOMMARIO

1.	IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO _____	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO _____	4
3.	PREMESSE _____	5
3.1.	Riferimenti cartografici _____	5
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO _____	6
5.	CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO _____	7
5.1.	Sismicità di base _____	7
5.2.	Amplificazione locale _____	7
6.	INDAGINI GEOTECNICHE _____	8
7.	MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRI GEOTECNICI _____	10
8.	GENERALITA' SULLE OPERE DI INTERVENTO _____	12
9.	MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRI CARATTERISTICI _____	13
10.	VERIFICHE DI STABILITÀ DEI VERSANTI DEL COMPARTO _____	14
10.1.	Metodi di Calcolo _____	14
10.2.	Coefficienti di combinazione e coefficienti di sicurezza adottati nelle verifiche _____	16
10.3.	Condizioni di carico _____	16
10.4.	Parametri sismici di riferimento _____	16
10.5.	Verifiche geotecniche _____	17
11.	CONCLUSIONI _____	21

ALLEGATI

- Allegato 1 – Verifiche di stabilità dei versanti

<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	
--	--	---

1. IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO

Note identificative.

Il presente lavoro viene identificato per mezzo del codice numero di commessa interno 23.1063 del nostro archivio interno.

Direzione indagini e coordinamento lavoro.


Dott. Geol. Claudio Cinti

Redazione del documento.

Il presente documento è stato redatto dal Dott. Geol. Claudio Cinti

Composizione del documento.

Il presente documento è formato da n°21 fogli di testo e n°28 fogli di allegati.

<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	
--	--	---

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

Circolare Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 21.01.2019

Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni ” di cui al D.M.17 gennaio 2018.

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 02.02.2009

Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni ” di cui al D.M.14 gennaio 2008.

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario -Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n.36 del 27.07.2007

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II :Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002).UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II :Progettazione assistita con prove in sito(2002).UNI

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture


Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I :Regole Generali .-UNI

Circ. Min. LL.PP. n° 30483 24 Settembre 1988

Istruzioni relative alle “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”;

<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	 <p>GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p>
--	--	--

3. PREMESSE

Nell'ambito del Progetto del progetto di riqualificazione ambientale e paesaggistica dell'area ex Cava Gessi – Comparto C13, dove troverà sede il Nuovo Parco dei Gessaroli, è stato commissionato il presente studio finalizzato all'esecuzione di verifiche geotecniche riguardanti la stabilità globale dei versanti del comparto.

La presente relazione si è basata sul modello geologico e geotecnico di riferimento desunto, per il sottosuolo in oggetto, da campagne di indagini geotecniche e geofisiche, svolte appositamente sull'area.

Le computazioni sono state eseguite con l'ausilio di software commerciali tra i più diffusi nel settore, basati su metodi pseudo statici all'equilibrio limite, le cui basi teoriche fanno riferimento alla letteratura specializzata.

3.1. Riferimenti cartografici

Da un punto di vista cartografico l'area in oggetto è compresa nei seguenti elaborati tecnici:

- C.T.R. della Regione Emilia Romagna, scala 1:5.000 Elemento n. 220112 (Fig.1)

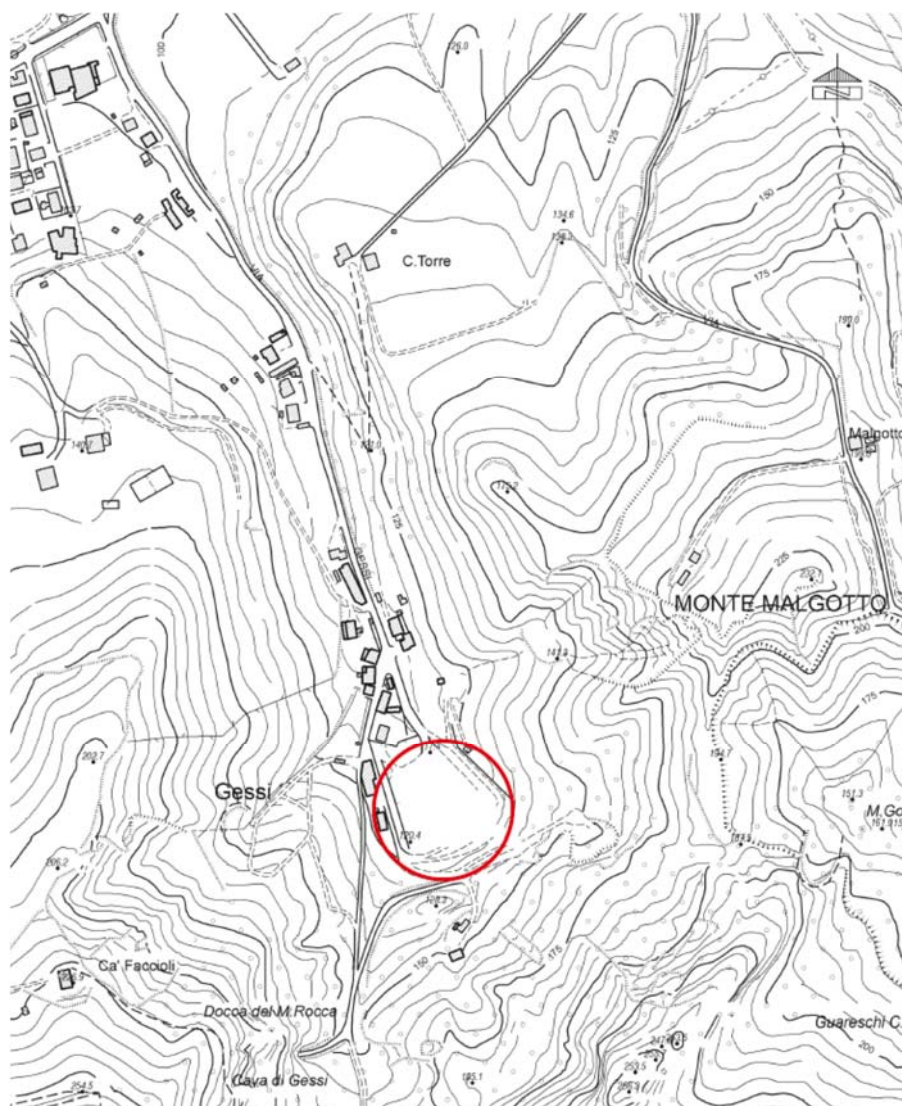
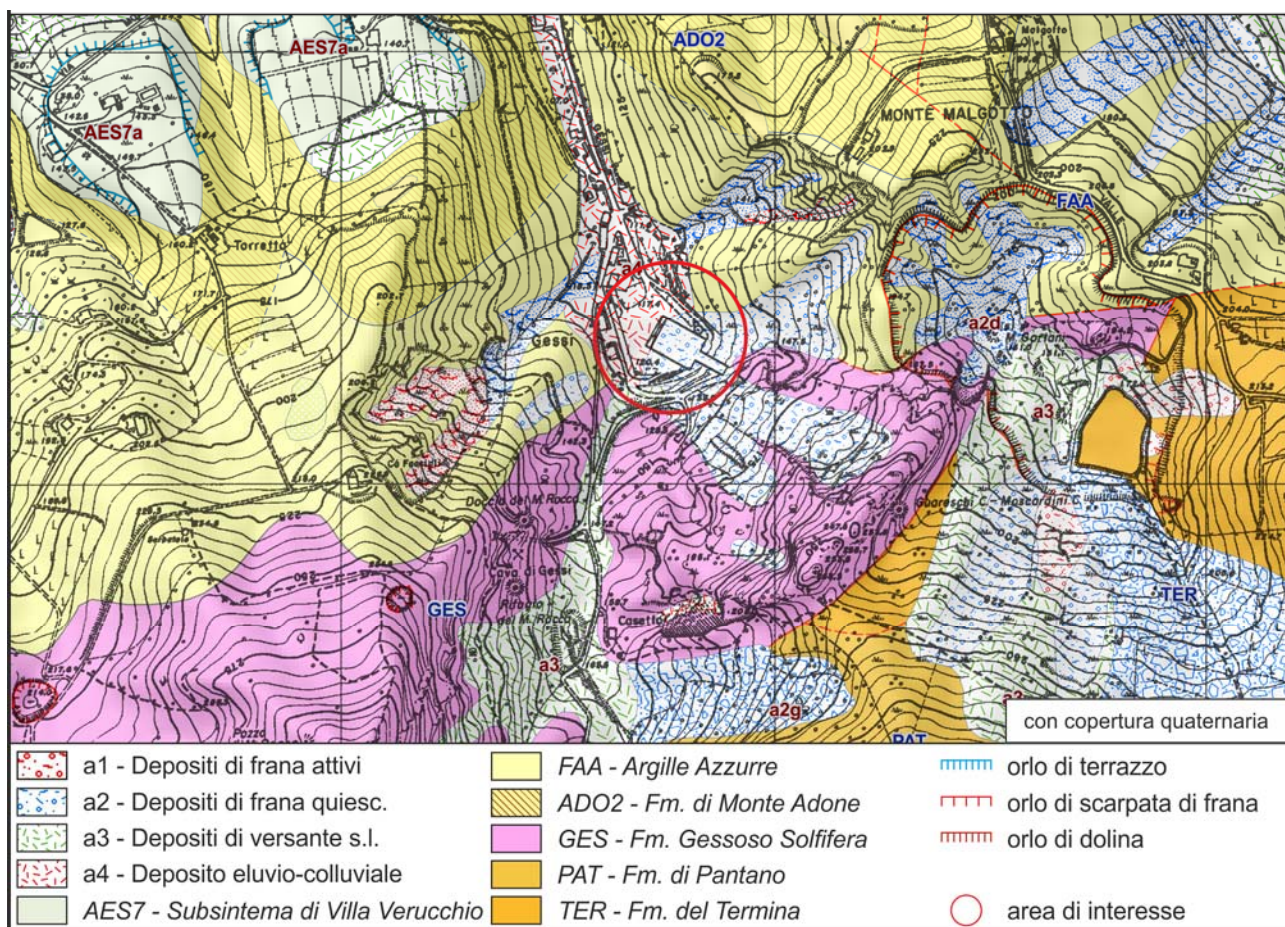



Figura 1 – Ubicazione del comparto in oggetto

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio insiste principalmente su depositi quaternari costituiti da depositi di frana quiescente (a2), depositi di versante (a3) e depositi eluvio-colluviali (a4). Nello specifico, i depositi eluvio-colluviali sono presenti in tutta la porzione nord dell'area investigata, mentre la porzione sud è interessata dalla presenza di depositi di frana quiescente per scivolamento (a2b). La coltre di depositi quaternari continentali ricopre il contatto tra due formazioni che affiorano diffusamente nelle vicinanze dell'area di studio: la Formazione delle Argille Azzurre (FAA) a nord e la Formazione Gessoso-Solfifera (GES) a sud.



COMUNE DI ZOLA PREDOSA	Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13 Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti	
-----------------------------------	--	---

5. CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

5.1. Sismicità di base

Identificazione del sito

Latitudine
 Longitudine
 Punti di interpolazione del reticolo
 Tipo di costruzione
 Vita nominale
 Classe d'uso
 Vita di riferimento
 Categoria sottosuolo
 Categoria topografica

Area ex-Cava Via Gessi-Via Ducati
 Zola Predosa (BO)
 44.468149 (ED50) – 44.467208 (WGS84)
 11.217593 (ED50) – 11.216598 (WGS84)
 16950 - 16951 - 16729 - 16728
 Opera infrastrutturale ordinaria
 50 anni
 II - Normali affollamenti
 50 anni
 B
 T2

Stati limite		P _{VR} (%)	T _R (anni)	a _g (g)	F ₀ (adm)	T _c [*] (s)
SLE	SLO	81	30	0,054	2,487	0,257
	SLD	63	50	0.066	2.492	0.270
SLU	SLV	10	475	0.164	2.389	0.305
	SLC	5	975	0.207	2.413	0.315

P_{VR} = probabilità di superamento nel periodo di riferimento;
 T_R = periodo di ritorno dell'azione sismica;
 a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di riferimento rigido orizzontale;
 F₀ = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
 T_c^{*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

5.2. Amplificazione locale

Da misure HVSR riportate nella Relazione Geologica la velocità media equivalente delle onde di taglio S con profondità del substrato (V_s > 800 m/sec) posto ad H>30m, come da cap. C3.2.2 NTC 2018 e Circolare applicativa, è risultata pari a **V_{seq} = 312 m/s**, pertanto seguendo l'approccio semplificato di cui alle NTC 2018, **è possibile collocare il sottosuolo in classe C.**

In base alle caratteristiche topografiche della zona, si attribuisce cautelativamente categoria T2 (S_t=1.2)

Dai dati riportati in precedenza è possibile definire l'**azione sismica per il sito in esame relativamente alla verifica di pendii:**

Stati limite		S _s (-)	C _c (-)	S _T (-)	K _h (-)	K _v (-)	A _{max} (m/s ²)	Beta (-)
SLE	SLO	1.50	1.64	1.20	0.019	0.010	0.945	0.20
	SLD	1.50	1.62	1.20	0.024	0.012	1.170	0.20
SLU	SLV	1.47	1.55	1.20	0.069	0.035	2.829	0.24
	SLC	1.40	1.54	1.20	0.097	0.049	3.409	0.28

Tab. 1 - Coefficienti sismici considerando V_R = 50anni (C_U = 1; Classe d'uso II)

6. INDAGINI GEOTECNICHE

Nell'area sono state eseguite diverse campagne di indagini nel 2003 e nel 2023

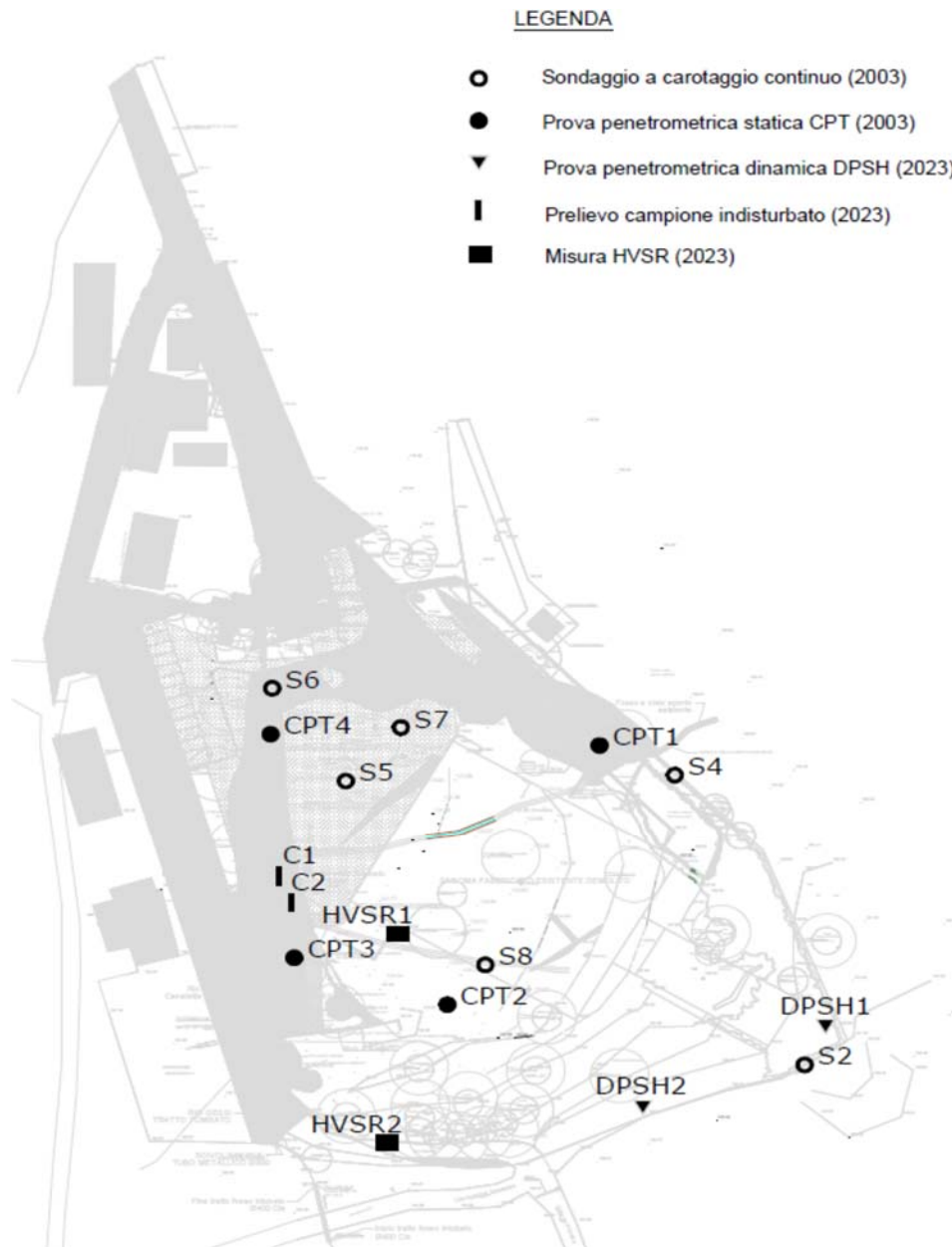



Figura 2 – Ubicazione indagini geotecniche

Nel dettaglio le indagini sono consistite in:

- n.6 Sondaggi a carotaggio continuo (anno 2003 - **Geprobe**)
- n.4 prove penetrometriche statiche spinte fino a 9.00 m. di profondità (anno 2003 - **Geprobe**)
- n.2 prove penetrometriche dinamiche DPSH (anno 2023 – Geotea srl)
- n.1 prospezione geofisica con misure HVSR (anno 2023 – Geotea srl)
- n.2 prelievi di campioni indisturbati di terreno (anno 2023 – Geotea srl)

<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	
--	--	---

- Prove di Laboratorio geotecnico (anno 2023 – Geotea srl)
 - a) Taglio diretto a scatola di Casagrande (UNI CEN ISO/TS17892-10)
 - a) Analisi granulometriche (UNI CEN ISO/TS 17892-4)
 - b) Limiti di Atterberg (UNI EN ISO/TS 17892-12)
 - c) Prova di rigonfiamento in cella edometrica (ASTM D 4546-96)

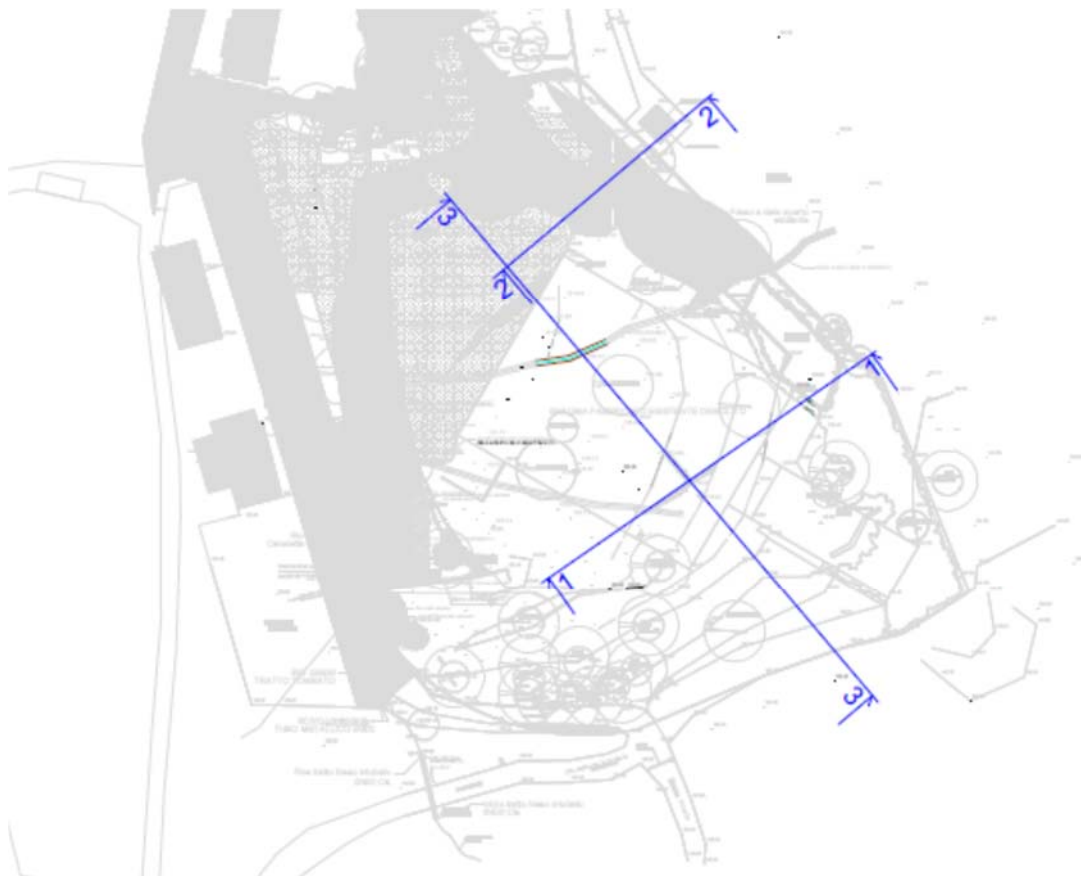
Le prove sono state eseguite presso laboratorio autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale (Circ. STC 7618/2010) Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - ai sensi del Art. 59 DPR 380/2001.

Gli esiti delle Prove in sito e di laboratorio sono dettagliatamente riportate negli allegati della Relazione geologica

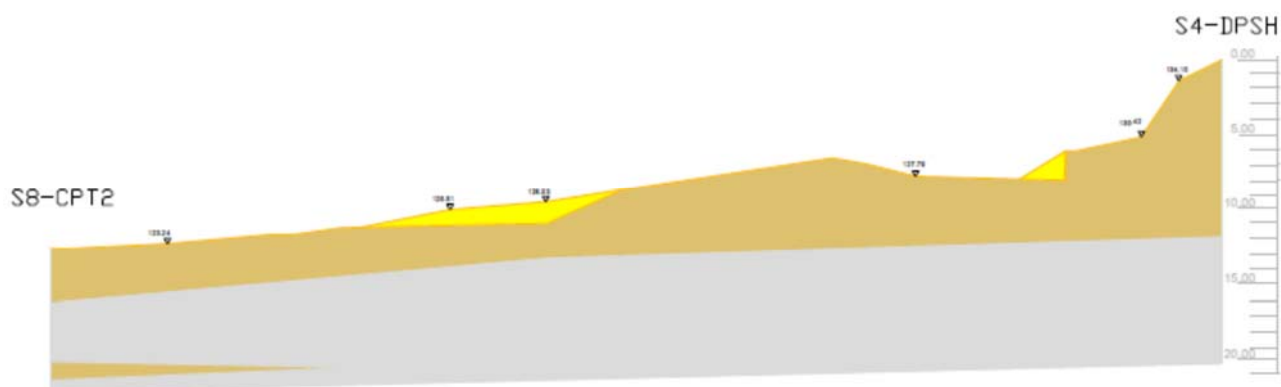
7. MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRI GEOTECNICI

Le indagini svolte, correlate, e poste sulle sezioni del progetto esecutivo (Tav.7 – “Sezioni degli Interventi”) hanno consentito di ricostruire il modello geologico-stratigrafico del primo sottosuolo.

Le sezioni stratigrafiche sotto riportate, leggermente semplificate, sono state quindi utilizzate per le verifiche di stabilità.



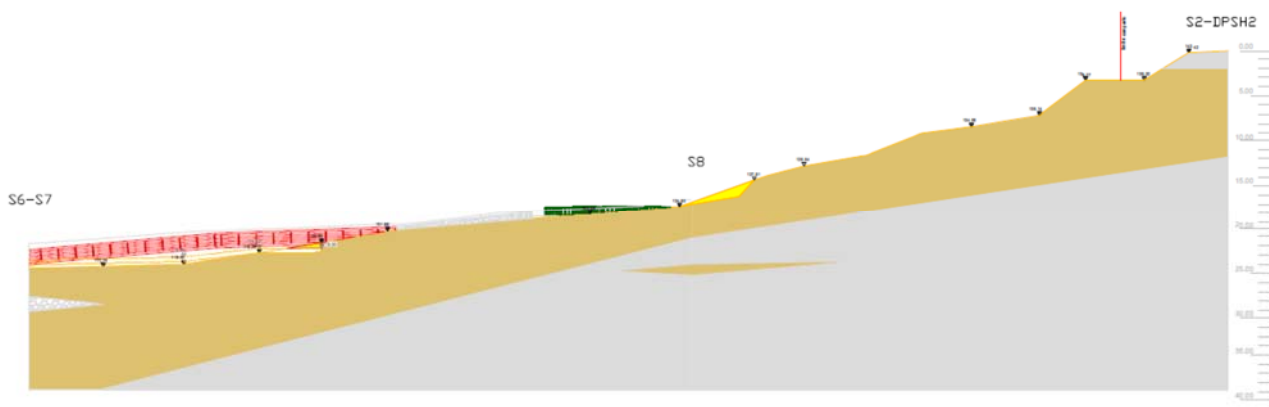
SEZIONE 1-1



SEZIONE 2-2




SEZIONE 3-3



La successione stratigrafica è costituita dagli strati omogenei sotto riportati, e caratterizzati in termini di parametri geotecnici:

litologia	γ_n (kg/m ³)	ϕ' (°)	c' (kg/cm ²)	c_u (kg/cm ²)
Riporto sabbioso-limoso	1750-1940	29-35	0.013-0.035	-
Limi argillosi e Argille limose con gesso e calcari	1600-1900	22-26	0.04-0.09	0.3-0.5
Limi argillosi sabbiosi compatti	1800-2300	22°	0.09	>3.0
Gesso selenitico/ sedimento gessoso molto consistente	1800-2200	34-37	0.01	-

A seguire, sarà riportato un modello geotecnico con i parametri caratteristici, di progetto, adottati nelle verifiche.


<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	
--	--	---

8. GENERALITA' SULLE OPERE DI INTERVENTO

L'intervento di riqualificazione del comparto ha in progetto lo scavo per la realizzazione del nuovo alveo "a cielo aperto" del Rio dei Gessi e di tutte le opere ad esso connesse, quali: opere di sostegno in gabbioni metallici e palificate, realizzazione di aree verdi fruibili, piantumazione di alberature, e rimodellazione dell'area con terreno di riporto.

Il terreno di riporto, già caratterizzato in termini di dati fisico-meccanici (vedi Cap.7.2 Relazione geologica), proverrà da altro sito e relativamente alla posa, le scarpate avranno pendenze non superiori a 2/3 (34°).

Reinterri e riempimenti, sono stati inseriti sui profili delle sezioni di verifica.


<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	
--	--	---

9. MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRI CARATTERISTICI

Per le verifiche di stabilità è stato considerato il seguente modello geotecnico di riferimento nel quale sono riportati i parametri caratteristici adottati:

litologia	γ_k (kg/m ³)	γ_w (kg/m ³)	ϕ_k' (°)	c_k' (kg/cm ²)	c_{uk} (kg/cm ²)
Riporto sabbioso-limoso	1750	1950	33	0.02	-
Limi argillosi e Argille limose con gesso e calcari	1800	1900	23	0.06	0.5
Limi argillosi sabbiosi compatti	1850	1900	22	0.09	1.0
Gesso selenitico/ sedimento gessoso molto consistente	1900	2000	34	0.01	-

γ_{nk}	peso di volume naturale caratteristico (kg/cm ³)
γ_{nk}	peso di volume saturo caratteristico (kg/cm ³)
ϕ_k'	angolo di attrito interno efficace caratteristico (°)
c_k'	coesione efficace caratteristica (kg/cm ²)
c_{uk}	coesione non drenata caratteristica (kg/cm ²)

<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	
--	--	---

10. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI VERSANTI DEL COMPARTO

10.1. Metodi di Calcolo

Le verifiche di stabilità sono state eseguite secondo la teoria dell'equilibrio limite, utilizzando diversi metodi largamente diffusi in ambito geotecnico, che consentono di verificare potenziali superfici di scivolamento di forma generica.

Le computazioni si sono svolte con l'ausilio del software STAP, prodotto dalla Aztec Informatica.

Utilizzando la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare, il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione, e tramite processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Metodo di Bell

Bell suppone noto l'andamento della pressione normale lungo la superficie di rottura ed assume per la σ_i la seguente espressione

$$\sigma_i = C_1(1-K_y)W_i \cos \alpha_i / l_i + C_2 f(x, y)$$

La funzione $f(x, y)$ è espressa in funzione delle coordinate della striscia

$$f(x, y) = \sin 2\pi \frac{x_n - x_i}{x_n - x_0}$$

Per pareggiare il numero delle equazioni con il numero delle incognite introduce l'ulteriore incognita C_3 come moltiplicatore della coesione. Tale incognita dovrà essere in soluzione pari all'unità. Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bell** si ottiene dalla risoluzione del seguente sistema di equazioni non lineari, nelle incognite C_1 , C_2 e C_3 , ottenuto scrivendo l'equilibrio dell'intera massa alla traslazione orizzontale, verticale ed alla rotazione:

$$\begin{aligned} M_{11} C_1 + M_{12} C_2 + M_{13} C_3 &= V_1 \\ M_{21} C_1 + M_{22} C_2 + M_{23} C_3 &= V_2 \\ M_{31} C_1 + M_{32} C_2 + M_{33} C_3 &= V_3 \end{aligned}$$


dove i coefficienti del sistema si ricavano dalle equazioni di equilibrio e valgono:

$$\begin{aligned} M_{11} &= (1 - K_y) [\sum_i W_i \cos^2 \alpha_i \tan \phi_i - F \sum_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i] \\ M_{12} &= \sum_i f_i b_i \tan \phi_i - F \sum_i f_i b_i \tan \alpha_i \\ M_{13} &= \sum_i c_i b_i \\ M_{21} &= (1 - K_y) [\sum_i W_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i \tan \phi_i + F \sum_i W_i \cos^2 \alpha_i] \\ M_{22} &= \sum_i f_i b_i \tan \alpha_i \tan \phi_i + F \sum_i f_i b_i \\ M_{23} &= \sum_i c_i b_i \tan \alpha_i \\ M_{31} &= (1 - K_y) [\sum_i (W_i \cos^2 \alpha_i \tan \phi_i) y_{ci} + \sum_i (W_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i \tan \phi_i) x_{ci}] + F [\sum_i (W_i \cos^2 \alpha_i) x_{ci} - \sum_i (W_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i) y_{ci}] \\ M_{32} &= \sum_i (f_i b_i \tan \phi_i) y_{ci} + \sum_i (f_i b_i \tan \alpha_i \tan \phi_i) x_{ci} - F [\sum_i (f_i b_i \tan \alpha_i) y_{ci} + \sum_i (f_i b_i) x_{ci}] \\ M_{33} &= \sum_i (c_i b_i) y_{ci} + \sum_i (c_i b_i \tan \alpha_i) x_{ci} \\ V_1 &= \sum_i u_i b_i \tan \phi_i + F(K_x \sum_i W_i - X) \\ V_2 &= \sum_i u_i b_i \tan \alpha_i \tan \phi_i + F[(1 - K_y) \sum_i W_i + Z] \\ V_3 &= \sum_i (u_i b_i \tan \phi_i) y_{ci} + \sum_i (u_i b_i \tan \alpha_i \tan \phi_i) x_{ci} + F [K_x \sum_i W_i y_{cgi} + (1 - K_y) \sum_i W_i x_{cgi} - X y_x - Z x_y] \end{aligned}$$

La ricerca del fattore di sicurezza avviene operando sul coefficiente C_3 . Si comincia da due valori di F che individuano un intervallo all'interno del quale si può ritenere sia compreso il coefficiente di sicurezza soluzione del problema. Risolvendo il sistema si ricavano i due corrispondenti valori di C_3 e quindi si reitera prendendo come nuovo valore quello derivante dall'interpolazione:

$$F = F_f + \frac{1 - C_{3f}}{C_{3f} - C_{3i}} (F_f - F_i)$$

dove gli indici i ed f stanno rispettivamente per iniziale e finale. L'iterazione si può fermare quando la differenza tra l'ultimo F ricavato ed il penultimo è abbastanza piccola, oppure quando la differenza di C_3 dall'unità può essere ritenuta trascurabile.

<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	
--	--	---

Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum [c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan \phi_i]}{\sum [W_i \tan \alpha_i]}$$

dove il termine **N_i** è espresso da

$$N_i = [W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b_i** e **α_i** sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i**-esima rispetto all'orizzontale, **W_i** è il peso della striscia **i**-esima, **c_i** e **φ_i** sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u_i** è la pressione neutra lungo la base della striscia.


L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

Ulteriori verifiche di approfondimento e confronto, in particolare sulla sezione 3-3 sono state eseguite anche con altre due metodologie:

- Metodo di Sarma
- Metodo di Morgenstern e Price

I dettagli teorici sui metodi citati sono esposti nell'allegato 1.

COMUNE DI ZOLA PREDOSA	Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13 Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti	
-----------------------------------	--	---

10.2. Coefficienti di combinazione e coefficienti di sicurezza adottati nelle verifiche

Ai sensi delle D.M. 17/01/2018-NTC 2018 sono stati considerati i seguenti coefficienti:

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00

10.3. Condizioni di carico

Non sono stati considerati carichi sul pendio, in quanto non presenti. Gli unici carichi presenti sul profilo sono posti alla base del pendio, ma agendo in favore di sicurezza non sono stati presi in considerazione.


Gli altri carichi riportati nelle combinazioni si riferiscono al carico permanente dovuto al peso proprio del terreno, e alla componente verticale della spinta del terreno.

10.4. Parametri sismici di riferimento

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	1.603	0.652
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.163	0.066
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.389	2.492
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.305	0.270
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	C	1.466	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T2	1.200	1.200
Coefficiente riduzione pendio naturale	β_s		0.240	0.240
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	β_s		0.50	0.50

Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S)$	6.90	2.87
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.45	1.43

<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	 <p>GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente</p>
--	--	--

10.5. *Verifiche geotecniche*

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, lungo una superficie di scorrimento di forma qualsiasi, e da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (T) e confrontate con la resistenza disponibile (T_f), dal confronto ne scaturisce l'indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

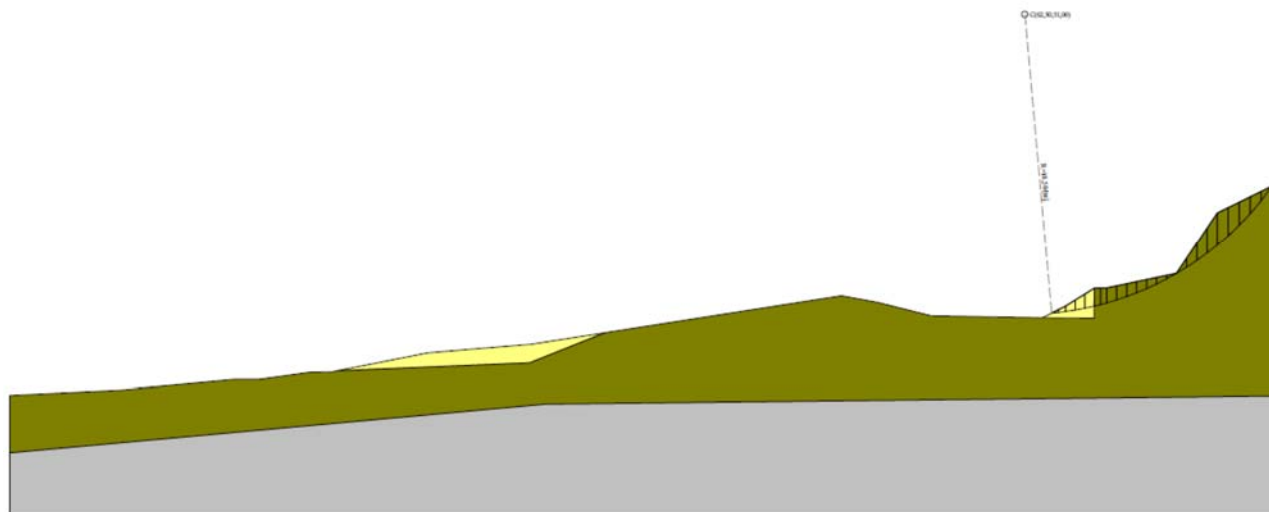
Un coefficiente di sicurezza $F = 1$ equivale all'equilibrio tra resistenza disponibile e tensioni a taglio.

Affinchè la verifica sia soddisfatta l'analisi dovrà quindi fornire un coefficiente di sicurezza >1

Dovendo tenere conto della non omogeneità del terreno la procedura in realtà è più complessa e prevede la suddivisione del terreno in strisce o conci, e in relazione al metodo adottato, la valutazione complessiva deriverà dalla risoluzione di equazioni di equilibrio tra forze traslative orizzontali, verticali e dei momenti, agenti per ogni singolo concio.

Le superfici di potenziale scivolamento, analizzate nelle ipotesi di differenti tipologie geometriche: circolare, spirale logaritmica o genericamente imposta, sono state verificate sia in condizioni statiche che sismiche, considerando il caso di pendio naturale [PC], con sisma orizzontale e sisma verticale (verso il basso e verso l'alto), ed analisi condotta in termini di tensioni efficaci (più penalizzanti).

SEZIONE 1-1

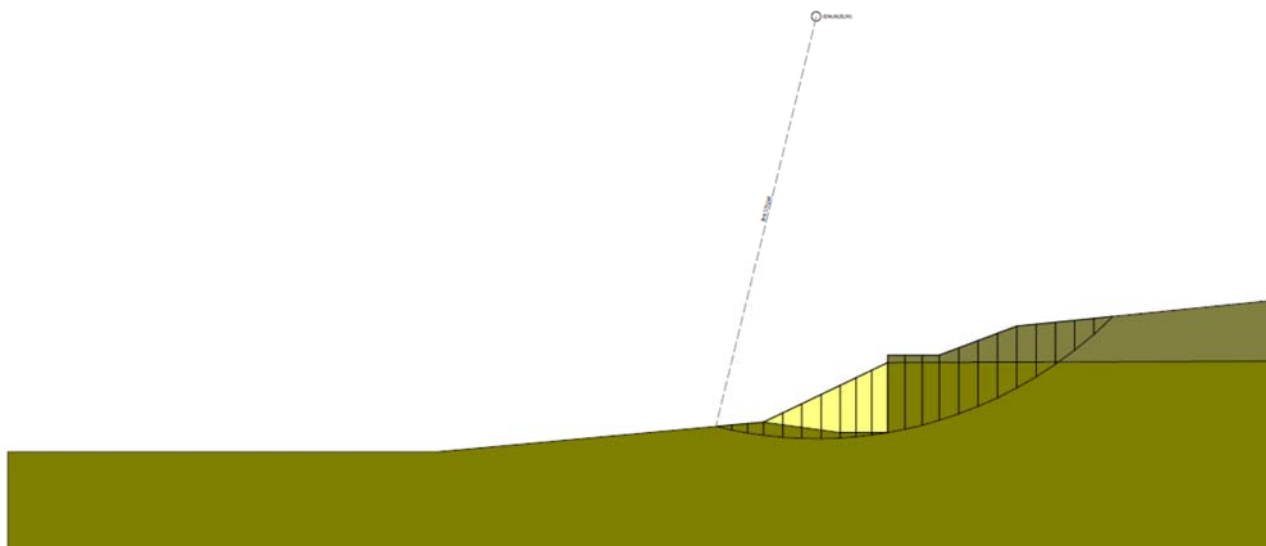


L'analisi delle numerose superfici di possibile scivolamento (oltre 6500), ha evidenziato la superficie critica (vedi sezione sopra) con fattore di sicurezza minimo: **FS = 1.36 > 1.0** in condizioni sismiche.

Dalle verifiche eseguite, sia in condizioni statiche, che in condizioni sismiche, sono stati ottenuti fattori di sicurezza superiori a quelli richiesti per i pendii ai sensi delle NTC 2018.

Le verifiche risultano quindi soddisfatte.

SEZIONE 2-2

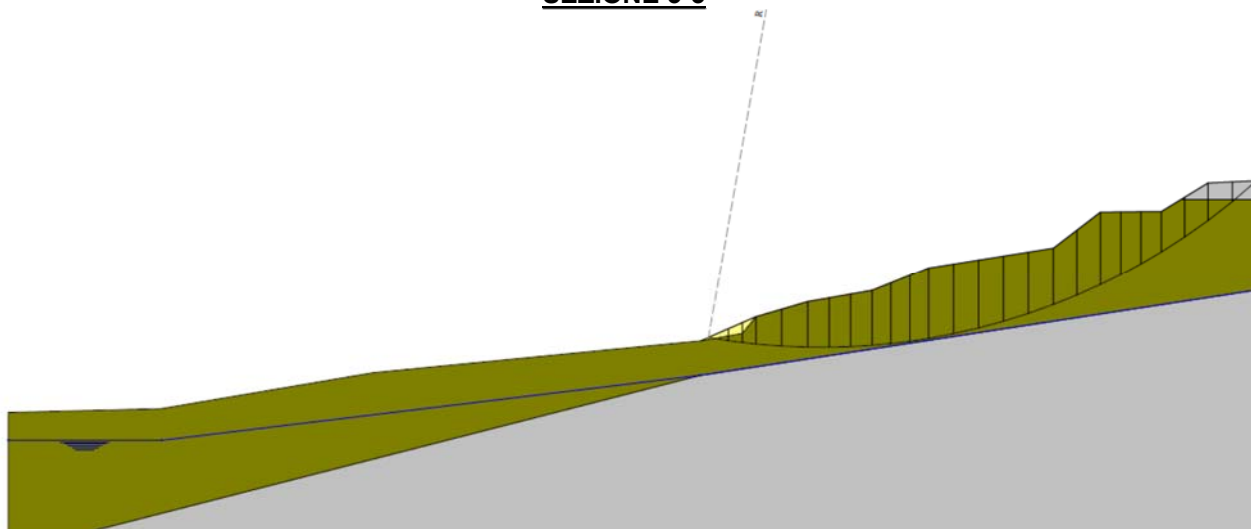


L'esito dell'analisi di oltre 3400 potenziali superfici di scivolamento, mostra una superficie critica (vedi sezione sopra) con fattore di sicurezza minimo: **FS = 1.77 > 1.0** in condizioni sismiche.

Le verifiche eseguite, sia in condizioni statiche, che in condizioni sismiche, hanno evidenziato fattori di sicurezza ampiamente superiori a quelli richiesti per i pendii ai sensi delle NTC 2018.

Le verifiche risultano soddisfatte.

SEZIONE 3-3



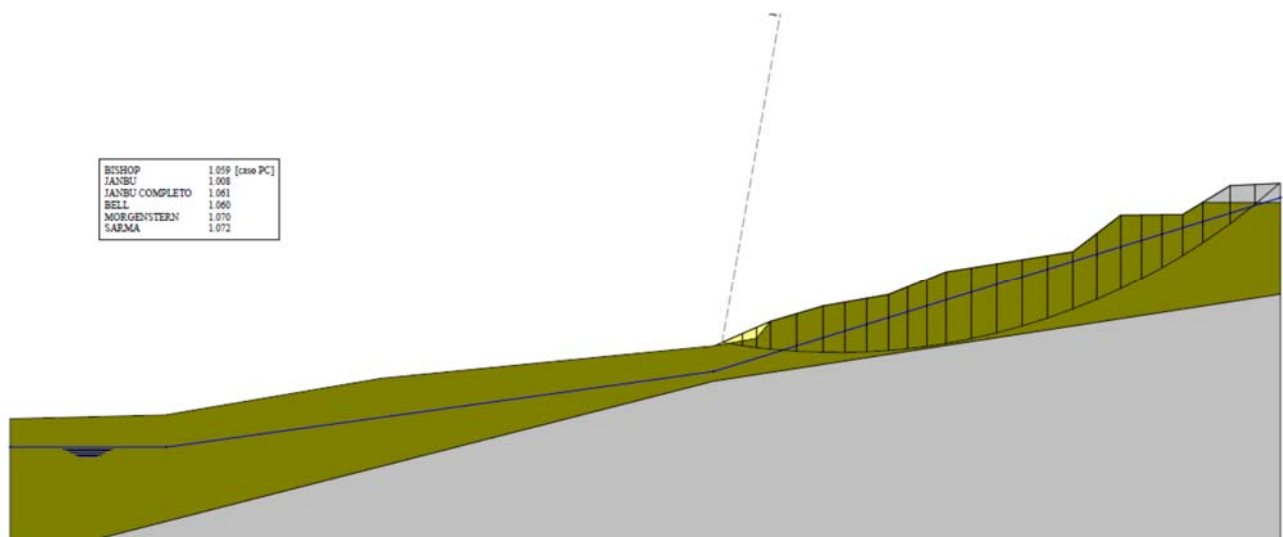
Per questa sezione è stato considerato un livello di falda, continuo su tutto il profilo, ipotizzato sulla base di puntuali riscontri in sito. In particolare nella zona di valle si è rilevata la presenza di acqua a fondo scavo del saggio esplorativo (-2.50 d.p.c. - vedi Cap.6.4 Relazione geologica), mentre nella zona a monte non essendo stata rilevata alcuna presenza di acqua o umidità fino al tetto dei gessi (-12.80m. DPSH2), la linea di falda, all'apice della sezione, è stata posta a questa profondità.

Delle oltre 12000 superfici testate, quella critica è risultata con fattore di sicurezza: **FS = 1.42 > 1.0**, in condizioni sismiche.

Le verifiche eseguite, sia in condizioni statiche, che in condizioni sismiche, evidenziano fattori di sicurezza superiori a quelli richiesti per i pendii ai sensi delle NTC 2018.

Le verifiche risultano soddisfatte.

Allo scopo di validare ulteriormente le verifiche, in particolare nelle condizioni più gravose possibili, è stata eseguita una ulteriore modellazione (vedi sezione sotto) posizionando il livello di falda, nella parte più alta della sezione, a -1.55 m. d.p.c. all'interno dello strato più elevato dei gessi (livello indicato nel Sondaggio 2 del 2003).




Delle oltre 2400 superfici testate, anche con differenti metodi di verifica, la superficie critica (vedi sezione sopra) ottenuta con metodo di Jambu è risultata con fattore di sicurezza: **FS = 1.01 > 1.0** in condizioni sismiche. Verifiche eseguite con altri metodi (Bell, Bishop, Morgenstern-Price) consentono di ottenere per la stessa superficie $FS = 1.05 \div 1.07$.


Le verifiche eseguite, sia in condizioni statiche, che in condizioni sismiche, hanno evidenziato fattori di sicurezza di poco superiori a quelli richiesti per i pendii ai sensi delle NTC 2018.

Le verifiche risultano soddisfatte, con valori molto prossimi all'equilibrio.

E' doveroso precisare che il livello di falda segnalato sul sondaggio2 del 2003 sembrerebbe legato a circolazioni idriche transitorie in permeazione dallo strato di gesso superficiale e sostenute dal terreno argilloso-limoso sottostante. Inoltre l'ipotesi che vi sia una continuità di livello falda tra monte e valle, come riportata nelle sezioni, che nella sostanza si identifichi con la totale saturazione del versante, sebbene utile a valutazioni di carattere teorico, appare piuttosto remota. E' verosimile invece che possano crearsi, in occasione

<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	
--	--	---

di eventi piovosi particolarmente intensi e persistenti, accumuli di acque entro le cavità carsiche del gesso e con permeazione più o meno rapida in relazione alla permeabilità degli strati attraversati possano emergere o filtrare verso la zona più a valle.

<p>COMUNE DI ZOLA PREDOSA</p>	<p>Parco dei Gessaroli Riqualificazione ambientale e paesaggistica area ex-cava gessi Comparto C13</p> <p>Relazione Geotecnica e Verifiche di stabilità dei versanti</p>	
--	--	---

11. CONCLUSIONI

Le computazioni e le verifiche svolte in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, sono risultate soddisfatte.

Relativamente alle fase esecutiva, come già espresso nella relazione geologica, si ribadisce l'importanza di eseguire il taglio della vegetazione nelle aree poste immediatamente a monte del comparto, per poterne accertare compiutamente lo stato dei luoghi e prevedere, se necessari, interventi di realizzazione o di miglioramento della regimazione delle acque.

San Lazzaro di Savena (BO), 15.09.2023



ALLEGATO 1

Verifiche di Stabilità

Descrizione metodi di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a γ_R .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

l	lunghezza della base della striscia
α	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
ϕ	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
γ	peso di volume del terreno
u	pressione neutra
W	peso della striscia
N	sforzo normale alla base della striscia
T	sforzo di taglio alla base della striscia
E_s, E_d	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
X_s, X_d	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
E_a, E_b	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
ΔX	variazione delle forze tangenziali sulla striscia ΔX = X_d - X_s
ΔE	variazione delle forze normali sulla striscia ΔE = E_d - E_s

Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum [c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan \phi_i]}{\sum [W_i \tan \alpha_i]}$$

dove il termine **N_i** è espresso da

$$N_i = [W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b_i** e **α_i** sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i**-esima rispetto all'orizzontale, **W_i** è il peso della striscia **i**-esima, **c_i** e **φ_i** sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u_i** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

Metodo di Bell

Bell suppone nota l'andamento della pressione normale lungo la superficie di rottura ed assume per la σ_i la seguente espressione

$$\sigma_i = C_1(1-K_y)W_i \cos \alpha_i / l_i + C_2 f(x, y)$$

La funzione $f(x, y)$ è espressa in funzione delle coordinate della striscia

$$f(x, y) = \sin 2\pi \frac{x_n - x_i}{x_n - x_0}$$

Per pareggiare il numero delle equazioni con il numero delle incognite introduce l'ulteriore incognita **C₃** come moltiplicatore della coesione. Tale incognita dovrà essere in soluzione pari all'unità. Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bell** si ottiene dalla risoluzione del seguente sistema di equazioni non lineari, nelle incognite **C₁**, **C₂** e **C₃**, ottenuto scrivendo l'equilibrio dell'intera massa alla traslazione orizzontale, verticale ed alla rotazione:

$$\begin{aligned} M_{11} C_1 + M_{12} C_2 + M_{13} C_3 &= V_1 \\ M_{21} C_1 + M_{22} C_2 + M_{23} C_3 &= V_2 \end{aligned}$$

$$M_{31} C_1 + M_{32} C_2 + M_{33} C_3 = V_3$$

dove i coefficienti del sistema si ricavano dalle equazioni di equilibrio e valgono:

$$\begin{aligned} M_{11} &= (1 - K_y) [\sum_i W_i \cos^2 \alpha_i \tan \phi_i - F \sum_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i] \\ M_{12} &= \sum_i f_i b_i \tan \phi_i - F \sum_i f_i b_i \tan \alpha_i \\ M_{13} &= \sum_i c_i b_i \\ M_{21} &= (1 - K_y) [\sum_i W_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i \tan \phi_i + F \sum_i W_i \cos^2 \alpha_i] \\ M_{22} &= \sum_i f_i b_i \tan \alpha_i \tan \phi_i + F \sum_i f_i b_i \\ M_{23} &= \sum_i c_i b_i \tan \alpha_i \\ M_{31} &= (1 - K_y) [\sum_i (W_i \cos^2 \alpha_i \tan \phi_i) y_{ci} + \sum_i (W_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i \tan \phi_i) x_{ci}] + F [\sum_i (W_i \cos^2 \alpha_i) x_{ci} - \sum_i (W_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i) y_{ci}] \\ M_{32} &= \sum_i (f_i b_i \tan \phi_i) y_{ci} + \sum_i (f_i b_i \tan \alpha_i \tan \phi_i) x_{ci} - F [\sum_i (f_i b_i \tan \alpha_i) y_{ci} + \sum_i (f_i b_i) x_{ci}] \\ M_{33} &= \sum_i (c_i b_i) y_{ci} + \sum_i (c_i b_i \tan \alpha_i) x_{ci} \\ V_1 &= \sum_i u_i b_i \tan \phi_i + F(K_x \sum_i W_i - X) \\ V_2 &= \sum_i u_i b_i \tan \alpha_i \tan \phi_i + F[(1 - K_y) \sum_i W_i + Z] \\ V_3 &= \sum_i (u_i b_i \tan \phi_i) y_{ci} + \sum_i (u_i b_i \tan \alpha_i \tan \phi_i) x_{ci} + F [K_x \sum_i W_i y_{cgi} + (1 - K_y) \sum_i W_i x_{cgi} - X y_x - Z x_y] \end{aligned}$$

La ricerca del fattore di sicurezza avviene operando sul coefficiente **C₃**. Si comincia da due valori di **F** che individuano un intervallo all'interno del quale si può ritenere sia compreso il coefficiente di sicurezza soluzione del problema. Risolvendo il sistema si ricavano i due corrispondenti valori di **C₃** e quindi si reitera prendendo come nuovo valore quello derivante dall'interpolazione:

$$F = F_f + \frac{1 - C_{3f}}{C_{3f} - C_{3i}} (F_f - F_i)$$

dove gli indici **i** ed **f** stanno rispettivamente per iniziale e finale. L'iterazione si può fermare quando la differenza tra l'ultimo **F** ricavato ed il penultimo è abbastanza piccola, oppure quando la differenza di **C₃** dall'unità può essere ritenuta trascurabile.

Metodo di Sarma

Il metodo di **Sarma** permette di determinare un determinato valore per un'accelerazione orizzontale uniforme che sarà la causa del cedimento del pendio (accelerazione critica **k**).

Per determinare un coefficiente di sicurezza ordinario, si opera riducendo i parametri di resistenza del terreno fino a quando si richiede un fattore di accelerazione orizzontale pari a zero.

Le equazioni da prendere in considerazione sono: l'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale nonché l'equazione di equilibrio dei momenti. Di seguito vengono riportate le equazioni.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$\begin{aligned} N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i &= W_i - \Delta X_i \\ T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i &= k W_i + \Delta E_i \end{aligned}$$

Dalla prima di questa relazione insieme al criterio di Mohr-Coulomb, che mette in relazione le forze **N** e **T**:

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \phi_i + c_i b_i / \cos \alpha_i$$

si ottiene l'espressione per la sostituzione di entrambe le forze **N** e **T** nella seconda equazione cioè:

$$N_i = \frac{(W_i - \Delta X_i - c_i b_i \tan \alpha_i + U_i \tan \phi_i \sin \alpha_i) \cos \phi_i}{\cos \alpha_i \cos \phi_i + \sin \phi_i \sin \alpha_i}$$

La seconda equazione diventa:

$$T_i = \frac{(W_i - \Delta X_i - U_i \cos \alpha_i) \sin \phi_i - c_i b_i \cos \alpha_i}{\cos \alpha_i \cos \phi_i + \sin \phi_i \sin \alpha_i}$$

la quale fornisce un'espressione per la massima forza sismica orizzontale che può essere sopportata **kW_i** che è la seguente:

$$kW_i = D_i - \Delta E_i - \Delta X_i \tan (\phi_i - \alpha_i)$$

nella quale **D_i** ha l'espressione:

$$D_i = W_i \tan (\phi_i - \alpha_i) + \frac{c_i b_i \cos \phi_i / \cos \alpha_i + U_i \sin \phi_i}{\cos \phi_i \cos \alpha_i + \sin \phi_i \sin \alpha_i}$$

Tutte le grandezze contrassegnate con il pedice **i** sono da intendersi riferite alla striscia **i-esima**. A questo punto i valori ottenuti per tutte le strisce possono essere sommati per ottenere la forza sismica orizzontale totale **kΣW_i**. Fatto ciò si trova che la somma **ΣΔE** deve essere nulla. Anche **ΣΔX** deve esserlo, ma quando i termini individuali vengono moltiplicati per un diverso coefficiente si ottiene un risultato diverso da zero. Quindi:

$$\Sigma \Delta X_i \tan (\phi_i - \alpha_i) + \Sigma kW_i = \Sigma D_i \quad (\mathbf{A})$$

L'espressione dell'equilibrio del momento rispetto al centro di gravità della massa che scivola è data da:

$$\Sigma(T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i)(y_i - y_g) + \Sigma(N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i)(x_i - x_g) = 0$$

Nell'espressione x_i ed y_i sono le coordinate del punto medio della base della striscia.

Con la scelta del punto al quale è riferita l'espressione dei momenti, si annullano le somme di \mathbf{W} e \mathbf{KW} . Inoltre le forze di interstriscia non danno momento.

La condizione del momento, tenendo conto dell'espressione **(A)** e della relazione di Mohr-Coulomb, può essere riscritta come:

$$\Sigma \Delta X_i [(y_i - y_g) \tan(\phi_i - \alpha_i) + (x_i - x_g)] = \Sigma W_i (x_i - x_g) + \Sigma D_i (y_i - y_g)$$

Sarma definisce ogni ΔX nella forma:

$$\Delta X = \lambda \psi_i$$

in cui ψ_i è noto e $\Sigma \psi_i = 0$.

A questo punto le due equazioni che permettono la soluzione del problema sono:

$$\begin{aligned} \lambda \Sigma \psi_i \tan(\phi_i - \alpha_i) + k \Sigma W_i &= \Sigma D_i \\ \lambda \Sigma \psi_i [(y_i - y_g) \tan(\phi_i - \alpha_i) + (x_i - x_g)] &= \Sigma W_i (x_i - x_g) + \Sigma D_i (y_i - y_g) \end{aligned}$$

Da queste due equazioni si ricavano:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{\Sigma W_i (x_i - x_g) + \Sigma D_i (y_i - y_g)}{\Sigma \psi_i [(y_i - y_g) \tan(\phi_i - \alpha_i) + (x_i - x_g)]} \\ k &= \frac{(\Sigma D_i - \lambda \Sigma \psi_i \tan(\phi_i - \alpha_i))}{\Sigma W_i} \end{aligned}$$

La funzione ψ viene definita da Sarma in funzione delle caratteristiche del terreno e dello stato tensionale locale lungo le interfacce delle strisce.

Metodo di Morgenstern e Price

Nel metodo **Morgenstern e Price** le forze normali e tangenziali di interstriscia sono legate fra di loro dalla relazione

$$X = \lambda f(x) E$$

dove $f(x)$ è una funzione di forma definita in modo che $|f(x)| \leq 1$ e λ è un parametro scalare che si ricava dal processo di soluzione. Il coefficiente si ottiene dalla risoluzione del seguente sistema di equazioni differenziali:

$$\frac{dE}{dx} (Kx + L) + KE = Nx + P$$

$$X = \frac{dE}{dx} y - \frac{d}{dx} (E y_t)$$

le cui condizioni al contorno sono:

$$\begin{aligned} E(x) &= E_a & \text{quando } x &= x_0 \\ E(x) &= E_b & \text{quando } x &= x_n \end{aligned}$$

$$M = E(y - y_t) = \int_{x_0}^{x_n} (X - E \, dy / dx) dx = 0$$

I termini del sistema sono dati da:

$$K = \lambda k \left(\frac{\tan \phi}{F} + A \right)$$

$$L = \lambda m \left(\frac{\tan \phi}{F} + A \right) + A \frac{\tan \phi}{F} - 1$$

$$N = p \left[A + \frac{\tan \phi}{F} - r_u (1 + A^2) \frac{\tan \phi}{F} \right]$$

$$P = q \left[A + \frac{\tan \phi}{F} - r_u(1 + A^2) \frac{\tan \phi}{F} \right] + \frac{c}{F} [1 + A^2]$$

nelle quali **k** ed **m** sono i due parametri assegnati striscia per striscia per definire il rapporto tra la risultante delle forze tangenziali, **X**, all'interfaccia e quella delle pressioni normali, **E**, mentre la variabile λ è introdotta per pareggiare il numero delle equazioni e quello delle incognite oltre che utile per tarare la funzione lineare tra le forze di interstriscia **X** ed **E**.

Nella formulazione di **Morgenstern-Price**, il peso e la superficie di scorrimento, sono espresse come funzioni lineari della x .

Inoltre il termine r_u è il coefficiente adimensionale che tiene conto della pressione neutra ed è definito dalla relazione: $r_u = u_w/W b$.

Lo schema iterativo che permette di determinare il coefficiente di sicurezza è il seguente:

si assegnano due valori ad **F** ed a λ ;

si calcolano **M_i** ed **E_i** dalle equazioni riportate;

si calcolano $\delta\lambda$ e δF ;

si incrementano $\lambda = \lambda + \delta\lambda$ ed $F = F + \delta F$;

si controlla la convergenza nel qual caso si ferma l'iterazione altrimenti si torna al punto 2.

dove gli incrementi per λ ed **F** sono espressi da:

$$\delta\lambda = \frac{M_n \frac{dE_n}{dF} - E_n \frac{dM_n}{dF}}{\frac{dE_n}{d\lambda} \frac{dM_n}{dF} - \frac{dM_n}{d\lambda} \frac{dE_n}{dF}}$$

$$\delta F = \frac{E_n \frac{dM_n}{dF} - M_n \frac{dE_n}{dF}}{\frac{dE_n}{d\lambda} \frac{dM_n}{dF} - \frac{dM_n}{d\lambda} \frac{dE_n}{dF}}$$

dove **M_n** ed **E_n** sono i valori di **M** ed **E** all'ultima striscia.

Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

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.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

Sezione 1-1

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm ²
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm ²

n°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ' [°]	c' [kg/cm ²]
1	Gesso	1900	2000	34.00	0,010
2	Limi e argille con gesso	1800	1900	23.00	0,060
3	Riporto sabbioso-limoso	1750	1950	33.00	0,020

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	7,52
2	6,88	7,85
3	13,80	8,49
4	15,34	8,49
5	18,43	8,92
6	19,85	8,95
7	20,13	9,01
8	25,74	10,12
9	32,11	10,65
10	36,65	11,36
11	51,20	13,64
12	53,47	13,22
13	56,75	12,40
14	63,57	12,28
15	65,00	13,00
16	66,78	14,11
17	67,53	14,12
18	71,83	15,03
19	74,35	18,80
20	78,08	20,64

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Gesso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	4,00
2	0,00	0,00
3	78,08	0,00
4	78,08	7,50
5	33,00	7,00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 3 (Riporto sabbioso-limoso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	36,65	11,36
2	32,11	10,65
3	25,74	10,12
4	20,13	9,01
5	32,00	9,50

Strato N° **3** costituito da terreno n° 2 (Limi e argille con gesso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	63,57	12,28
2	56,75	12,40
3	53,47	13,22
4	51,20	13,64
5	36,65	11,36
6	32,00	9,50
7	20,13	9,01
8	19,85	8,95
9	18,43	8,92
10	15,34	8,49
11	13,80	8,49
12	6,88	7,85
13	0,00	7,52
14	0,00	4,00
15	33,00	7,00
16	78,08	7,50
17	78,08	20,64
18	74,35	18,80
19	71,83	15,03
20	67,53	14,12
21	66,78	14,11
22	66,75	12,25

Strato N° **4** costituito da terreno n° 3 (Riporto sabbioso-limoso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	66,78	14,11
2	65,00	13,00
3	63,57	12,28
4	66,75	12,25

Dati zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine 44.467208
 Longitudine 11.216598
 Comune
 Provincia
 Regione

Punti di interpolazione del reticolo 16951 - 16729 - 16728 - 16950

Tipo di opera

Tipo di costruzione Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
 Vita nominale 50 anni
 Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
 Vita di riferimento 50 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	1.603	0.652
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.163	0.066
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.389	2.492
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.305	0.270
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.466
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200
Coefficiente riduzione pendio naturale	β_s		0.240	0.240
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S)$	6.90	2.87
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.45	1.43

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_t	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = -13,50$	$Y_0 = 31,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$Nx = 50$	$Ny = 50$

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=0,50$ [m] ed un numero di incrementi pari a 20

*Superfici di rottura a spirale logaritmica*Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	6595
Coefficiente di sicurezza minimo	1.360
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	6595	1.360	1	-8.693	7120

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma,

V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	62,50	31,00	18,50	64,15	77,71	11,26	1,360 (J)	[PC]	[SLV] H -V
2	C	62,50	31,00	18,50	64,15	77,71	11,26	1,400 (J)	[PC]	[SLV] H +V
3	C	62,50	31,00	18,50	64,15	77,71	11,26	1,468 (J)	[PC]	[SLD] H -V
4	C	62,50	31,00	18,50	64,15	77,71	11,26	1,489 (J)	[PC]	[SLD] H +V

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m (L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

W peso della striscia espresso in kg

Q carico applicato sulla striscia espresso in kg

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E_s, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

X_s, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e sisma verso il basso

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 62,50	Y[m]= 31,00
Raggio del cerchio	R[m]= 18,50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 64,15	Y _v [m]= 12,57
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 77,71	Y _m [m]= 20,46

Geometria e caratteristiche strisce

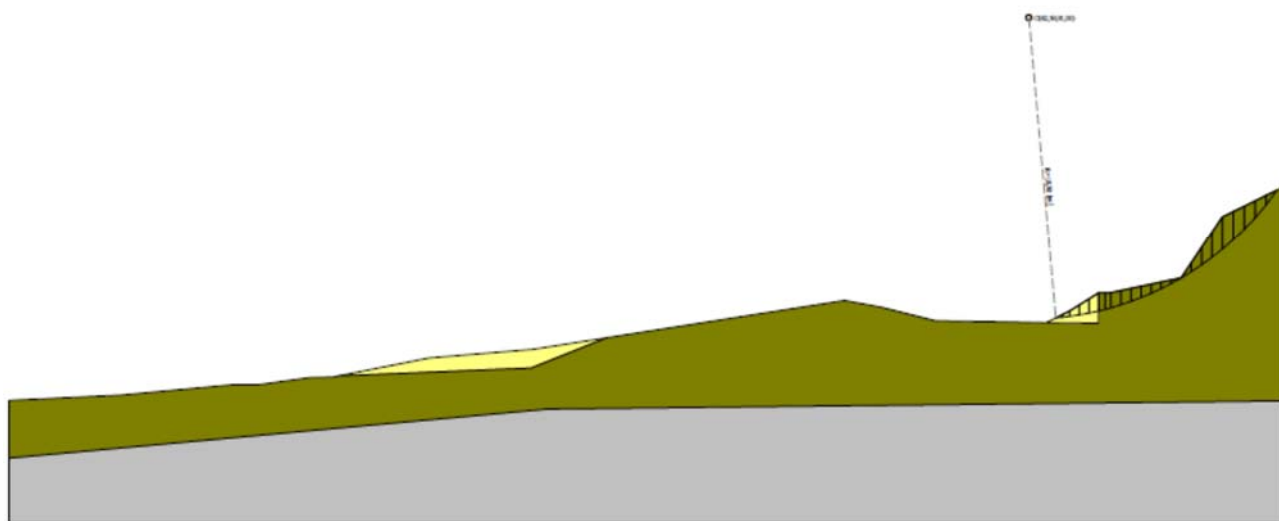
N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{sl} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{dl} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	64,15	12,57	12,57	64,58	12,79	12,61	64,44	12,66	0,43	5,78	33,00	0,02
2	64,58	12,79	12,61	65,00	13,00	12,67	64,81	12,77	0,43	7,10	33,00	0,02
3	65,00	13,00	12,67	65,59	13,37	12,76	65,33	12,96	0,60	8,69	33,00	0,02
4	65,59	13,37	12,76	66,19	13,74	12,87	65,91	13,19	0,60	10,56	33,00	0,02
5	66,19	13,74	12,87	66,78	14,11	13,00	66,50	13,43	0,61	12,43	32,70	0,02
6	66,78	14,11	13,00	67,16	14,11	13,09	66,96	13,58	0,39	13,97	23,00	0,06
7	67,16	14,11	13,09	67,53	14,12	13,19	67,34	13,63	0,39	15,17	23,00	0,06
8	67,53	14,12	13,19	68,14	14,25	13,38	67,83	13,73	0,64	16,77	23,00	0,06
9	68,14	14,25	13,38	68,76	14,38	13,59	68,45	13,90	0,65	18,77	23,00	0,06
10	68,76	14,38	13,59	69,37	14,51	13,82	69,06	14,07	0,66	20,79	23,00	0,06
11	69,37	14,51	13,82	69,99	14,64	14,08	69,67	14,26	0,67	22,84	23,00	0,06
12	69,99	14,64	14,08	70,60	14,77	14,36	70,28	14,46	0,68	24,92	23,00	0,06
13	70,60	14,77	14,36	71,22	14,90	14,68	70,88	14,67	0,69	27,03	23,00	0,06
14	71,22	14,90	14,68	71,83	15,03	15,02	71,43	14,87	0,70	29,19	23,00	0,06
15	71,83	15,03	15,02	72,46	15,97	15,41	72,25	15,46	0,74	31,42	23,00	0,06
16	72,46	15,97	15,41	73,09	16,92	15,83	72,81	16,07	0,76	33,74	23,00	0,06
17	73,09	16,92	15,83	73,72	17,86	16,29	73,42	16,74	0,78	36,12	23,00	0,06
18	73,72	17,86	16,29	74,35	18,80	16,79	74,05	17,45	0,81	38,58	23,00	0,06
19	74,35	18,80	16,79	75,02	19,13	17,38	74,68	18,02	0,89	41,21	23,00	0,06
20	75,02	19,13	17,38	75,69	19,46	18,03	75,35	18,49	0,93	44,04	23,00	0,06
21	75,69	19,46	18,03	76,37	19,80	18,75	76,01	19,00	0,99	47,01	23,00	0,06
22	76,37	19,80	18,75	77,04	20,13	19,55	76,67	19,53	1,05	50,16	23,00	0,06
23	77,04	20,13	19,55	77,71	20,46	20,46	77,26	20,05	1,13	53,53	23,00	0,06

Metodo di JANBU

Coefficiente di sicurezza $F_s = 1.360$

Forze applicate sulle strisce

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	64	0	57	90	0	0	79	0	0	
2	187	0	177	147	0	79	190	0	0	
3	491	0	467	311	0	190	394	0	0	
4	771	0	730	437	0	394	636	0	0	
5	1030	0	970	552	0	636	896	0	0	
6	721	0	673	381	0	896	1053	0	0	
7	658	0	607	361	0	1053	1197	0	0	
8	994	0	904	565	0	1197	1408	0	0	
9	920	0	821	542	0	1408	1594	0	0	
10	820	0	712	512	0	1594	1764	0	0	
11	691	0	576	474	0	1764	1929	0	0	
12	534	0	411	427	0	1929	2106	0	0	
13	347	0	214	371	0	2106	2316	0	0	
14	128	0	-19	304	0	2316	2582	0	0	
15	326	0	165	377	0	2582	2795	0	0	
16	938	0	781	578	0	2795	2777	0	0	
17	1508	0	1368	771	0	2777	2489	0	0	
18	2031	0	1925	956	0	2489	1896	0	0	
19	2277	0	2188	1077	0	1896	1107	0	0	
20	1931	0	1828	983	0	1107	410	0	0	
21	1504	0	1360	859	0	410	-103	0	0	
22	983	0	752	697	0	-103	-302	0	0	
23	349	0	-48	484	0	-302	0	0	0	



Sezione 2-2

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm ²
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm ²

n°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ' [°]	c' [kg/cm ²]
1	Limi argillosi sabbiosi compatti	1850	1900	22.00	0,090
2	Limi e argille con gesso	1800	1900	23.00	0,060
7	Terreno di riporto	1750	1950	33.00	0,020

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	4,19
2	18,04	4,19
3	31,78	5,44
4	37,00	7,94
5	37,00	8,25
6	39,17	8,25
7	42,43	9,47
8	53,22	10,55

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 2 (Limi e argille con gesso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	37,00	7,94
2	37,00	5,00
3	35,00	5,00
4	31,78	5,44
5	18,04	4,19
6	0,00	4,19
7	0,00	0,00
8	53,22	0,00
9	53,22	8,00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 7 (Terreno di riporto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	37,00	7,94
2	31,78	5,44
3	35,00	5,00
4	37,00	5,00

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (Limi argillosi sabbiosi compatti)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	53,22	8,00
2	53,22	10,55
3	42,43	9,47
4	39,17	8,25
5	37,00	8,25
6	37,00	7,94

Dati zona sismica*Identificazione del sito*

Latitudine 44.467208
 Longitudine 11.216598
 Comune
 Provincia
 Regione

Punti di interpolazione del reticolo 16951 - 16729 - 16728 - 16950

Tipo di opera

Tipo di costruzione Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
 Vita nominale 50 anni
 Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
 Vita di riferimento 50 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	1.603	0.652
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.163	0.066
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.389	2.492
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.305	0.270
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	C	1.466	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T2	1.200	1.200
Coefficiente riduzione pendio naturale	β_s		0.240	0.240
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S)$	6.90	2.87
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.45	1.43

Dati normativaNormativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_t	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = -8,00$	$Y_0 = 22,50$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$Nx = 30$	$Ny = 30$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=0,50$ [m] ed un numero di incrementi pari a 20

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	3440
Coefficiente di sicurezza minimo	1.770
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	3440	1.770	1	437.277	3440

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma,

V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	34,00	22,50	17,75	29,77	46,48	31,62	1,770 (J)	[PC]	[SLV] H -V
2	C	32,00	22,50	18,20	26,99	44,96	30,64	1,788 (J)	[PC]	[SLV] H -V
3	C	34,00	22,50	17,75	29,77	46,48	31,62	1,788 (J)	[PC]	[SLV] H +V

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

Q peso della striscia espresso in kg

Q carico applicato sulla striscia espresso in kg

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E_s, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

X_s, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e sisma verso il basso

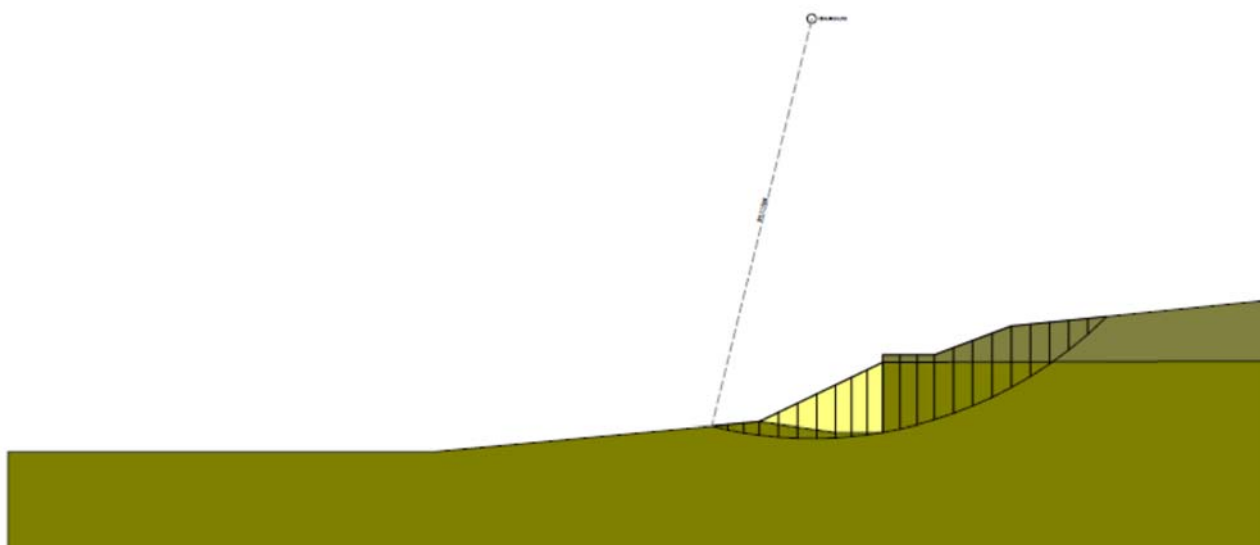
Numero di strisce	22	
Coordinate del centro	X[m]= 34,00	Y[m]= 22,50
Raggio del cerchio	R[m]= 17,75	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 29,77	Y _v [m]= 5,26
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 46,48	Y _m [m]= 9,88

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	29,77	5,26	5,26	30,44	5,32	5,11	30,22	5,23	0,69	-12,67	23,00	0,06
2	30,44	5,32	5,11	31,11	5,38	4,98	30,81	5,20	0,68	-10,46	23,00	0,06
3	31,11	5,38	4,98	31,78	5,44	4,89	31,46	5,17	0,68	-8,27	23,00	0,06
4	31,78	5,44	4,89	32,59	5,83	4,80	32,22	5,25	0,81	-5,88	23,00	0,06
5	32,59	5,83	4,80	33,39	6,21	4,76	33,01	5,40	0,81	-3,27	23,00	0,06
6	33,39	6,21	4,76	34,20	6,60	4,75	33,81	5,58	0,81	-0,67	23,00	0,06
7	34,20	6,60	4,75	35,00	6,98	4,77	34,61	5,78	0,81	1,93	23,00	0,06
8	35,00	6,98	4,77	35,67	7,30	4,83	35,34	5,97	0,67	4,31	23,00	0,06
9	35,67	7,30	4,83	36,33	7,62	4,90	36,01	6,16	0,67	6,47	23,00	0,06
10	36,33	7,62	4,90	37,00	7,94	5,00	36,67	6,37	0,67	8,64	23,20	0,06
11	37,00	8,25	5,00	37,72	8,25	5,14	37,36	6,66	0,74	10,92	23,00	0,06
12	37,72	8,25	5,14	38,45	8,25	5,31	38,08	6,74	0,74	13,31	23,00	0,06
13	38,45	8,25	5,31	39,17	8,25	5,52	38,80	6,83	0,75	15,72	23,00	0,06
14	39,17	8,25	5,52	39,99	8,56	5,79	39,58	7,03	0,86	18,32	23,00	0,06
15	39,99	8,56	5,79	40,80	8,86	6,10	40,39	7,33	0,87	21,11	23,00	0,06
16	40,80	8,86	6,10	41,62	9,17	6,46	41,21	7,65	0,89	23,96	23,00	0,06
17	41,62	9,17	6,46	42,43	9,47	6,88	42,02	7,99	0,91	26,87	23,00	0,06
18	42,43	9,47	6,88	43,24	9,55	7,34	42,82	8,31	0,93	29,86	23,00	0,06
19	43,24	9,55	7,34	44,05	9,63	7,87	43,63	8,59	0,97	32,92	23,00	0,06
20	44,05	9,63	7,87	44,86	9,71	8,46	44,43	8,91	1,00	36,10	22,17	0,08
21	44,86	9,71	8,46	45,67	9,79	9,12	45,23	9,25	1,05	39,41	22,00	0,09
22	45,67	9,79	9,12	46,48	9,88	9,88	45,94	9,60	1,11	42,89	22,00	0,09

Metodo di **JANBU**Coefficiente di sicurezza $F_s = 1.770$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	127	0	198	280	0	0	308	0	0	
2	366	0	447	338	0	308	696	0	0	
3	572	0	654	386	0	696	1133	0	0	
4	1132	0	1236	571	0	1133	1749	0	0	
5	1764	0	1869	722	0	1749	2454	0	0	
6	2343	0	2434	857	0	2454	3177	0	0	
7	2869	0	2937	977	0	3177	3857	0	0	
8	2739	0	2774	892	0	3857	4349	0	0	
9	3036	0	3052	959	0	4349	4749	0	0	
10	3302	0	3300	1024	0	4749	5038	0	0	
11	4138	0	4121	1238	0	5038	5188	0	0	
12	3936	0	3903	1188	0	5188	5174	0	0	
13	3692	0	3650	1130	0	5174	5018	0	0	
14	4036	0	3986	1247	0	5018	4671	0	0	
15	4055	0	4011	1258	0	4671	4120	0	0	
16	4006	0	3977	1256	0	4120	3376	0	0	
17	3885	0	3877	1239	0	3376	2461	0	0	
18	3504	0	3514	1159	0	2461	1475	0	0	
19	2900	0	2911	1025	0	1475	554	0	0	
20	2205	0	2117	968	0	554	-64	0	0	
21	1407	0	1217	811	0	-64	-307	0	0	
22	490	0	140	594	0	-307	0	0	0	



Sezione 3-3

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm ^q
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm ^q

n°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ' [°]	c' [kg/cm ^q]
1	Gesso	1900	2000	34,00	0,010
2	Limi e argille con gesso	1800	1900	23,00	0,060
4	Riporto sabbioso limoso	1750	1950	33,00	0,020

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	13,00
2	16,41	13,40
3	39,26	17,27
4	74,53	20,70
5	77,50	22,00
6	80,47	23,29
7	86,05	24,93
8	92,97	26,14
9	99,07	28,60
10	112,50	30,75
11	117,56	34,63
12	124,12	34,70
13	126,25	36,00
14	129,14	37,77
15	134,48	38,02

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Gesso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	8,02	0,00
2	134,48	0,00
3	134,48	26,18
4	74,40	16,97

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Limi e argille con gesso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	74,53	20,70
2	39,26	17,27
3	16,41	13,40
4	0,00	13,00
5	0,00	0,00
6	8,02	0,00
7	74,40	16,97
8	134,48	26,18
9	134,48	36,00
10	126,25	36,00
11	124,12	34,70
12	117,56	34,63
13	112,50	30,75
14	99,07	28,60
15	92,97	26,14
16	86,05	24,93
17	80,47	23,29
18	79,00	21,50

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (Gesso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	134,48	36,00
2	134,48	38,02
3	129,14	37,77
4	126,25	36,00

Strato N° 4 costituito da terreno n° 4 (Riporto sabbioso limoso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	80,47	23,29
2	77,50	22,00
3	74,53	20,70
4	79,00	21,50

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	10,00
2	16,50	10,00
3	74,50	17,00
4	134,48	26,18

Linea piezometrica

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	10,00
2	16,50	10,00
3	74,40	16,97
4	134,48	26,18

Dati zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine 44.467208
 Longitudine 11.216598
 Comune
 Provincia
 Regione

Punti di interpolazione del reticolo 16951 - 16729 - 16728 - 16950

Tipo di opera

Tipo di costruzione Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
 Vita nominale 50 anni
 Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
 Vita di riferimento 50 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	1.603	0.652
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.163	0.066
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.389	2.492
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.305	0.270
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	C	1.466	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T2	1.200	1.200
Coefficiente riduzione pendio naturale	β_s		0.240	0.240
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S)$	6.90	2.87
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.45	1.43

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_t	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 21,50$	$Y_0 = 82,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 50$	$N_y = 50$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=10,00$ [m] ed un numero di incrementi pari a 20

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	12175
Coefficiente di sicurezza minimo	1.425
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	12175	1.425	1	14.076	12175

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma,

V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	87,50	90,00	70,00	75,36	134,37	312,86	1,425 (J)	[PC]	[SLV] H +V
2	C	83,50	100,00	80,00	73,62	134,05	287,72	1,428 (J)	[PC]	[SLV] H +V
3	C	87,50	90,00	70,00	75,36	134,37	312,86	1,432 (J)	[PC]	[SLV] H -V
4	C	83,50	100,00	80,00	73,62	134,05	287,72	1,434 (J)	[PC]	[SLV] H -V
5	C	85,50	90,00	70,00	74,81	132,27	278,86	1,437 (J)	[PC]	[SLV] H +V
6	C	85,50	90,00	70,00	74,81	132,27	278,86	1,443 (J)	[PC]	[SLV] H -V
7	C	79,50	110,00	90,00	71,24	133,46	258,30	1,448 (J)	[PC]	[SLV] H +V
8	C	81,50	100,00	80,00	72,53	131,93	252,94	1,451 (J)	[PC]	[SLV] H +V
9	C	79,50	110,00	90,00	71,24	133,46	258,30	1,453 (J)	[PC]	[SLV] H -V
10	C	81,50	100,00	80,00	72,53	131,93	252,94	1,456 (J)	[PC]	[SLV] H -V
11	C	93,50	82,00	60,00	80,75	134,30	251,40	1,456 (J)	[PC]	[SLV] H +V
12	C	93,50	82,00	60,00	80,75	134,30	251,40	1,462 (J)	[PC]	[SLV] H -V
13	C	89,50	92,00	70,00	79,24	134,04	231,27	1,465 (J)	[PC]	[SLV] H +V
14	C	83,50	90,00	70,00	74,00	130,16	244,59	1,466 (J)	[PC]	[SLV] H +V
15	C	89,50	92,00	70,00	79,24	134,04	231,27	1,470 (J)	[PC]	[SLV] H -V
16	C	83,50	90,00	70,00	74,00	130,16	244,59	1,471 (J)	[PC]	[SLV] H -V
17	C	95,50	84,00	60,00	85,65	134,02	177,43	1,476 (J)	[PC]	[SLV] H +V
18	C	91,50	82,00	60,00	80,04	132,20	222,06	1,476 (J)	[PC]	[SLV] H +V
19	C	95,50	84,00	60,00	85,65	134,02	177,43	1,478 (J)	[PC]	[SLV] H -V
20	C	91,50	82,00	60,00	80,04	132,20	222,06	1,481 (J)	[PC]	[SLV] H -V
21	C	75,50	120,00	100,00	69,31	132,64	225,63	1,483 (J)	[PC]	[SLV] H +V
22	C	77,50	110,00	90,00	70,30	131,33	223,13	1,484 (J)	[PC]	[SLV] H +V
23	C	85,50	102,00	80,00	78,26	133,46	205,72	1,484 (J)	[PC]	[SLV] H +V
24	C	75,50	120,00	100,00	69,31	132,64	225,63	1,485 (J)	[PC]	[SLV] H -V
25	C	73,50	118,00	100,00	58,46	133,46	327,72	1,486 (J)	[PC]	[SLV] H +V
26	C	77,50	110,00	90,00	70,30	131,33	223,13	1,486 (J)	[PC]	[SLV] H -V
27	C	85,50	102,00	80,00	78,26	133,46	205,72	1,488 (J)	[PC]	[SLV] H -V
28	C	73,50	130,00	110,00	68,50	133,77	226,02	1,488 (J)	[PC]	[SLV] H +V
29	C	73,50	130,00	110,00	68,50	133,77	226,02	1,490 (J)	[PC]	[SLV] H -V
30	C	73,50	118,00	100,00	58,46	133,46	327,72	1,492 (J)	[PC]	[SLV] H -V
31	C	87,50	92,00	70,00	78,76	131,92	200,76	1,493 (J)	[PC]	[SLV] H +V
32	C	79,50	100,00	80,00	71,48	129,81	218,20	1,494 (J)	[PC]	[SLV] H +V
33	C	87,50	92,00	70,00	78,76	131,92	200,76	1,496 (J)	[PC]	[SLV] H -V
34	C	79,50	100,00	80,00	71,48	129,81	218,20	1,497 (J)	[PC]	[SLV] H -V

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E_s, E_d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X_s, X_d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e sisma verso l'alto

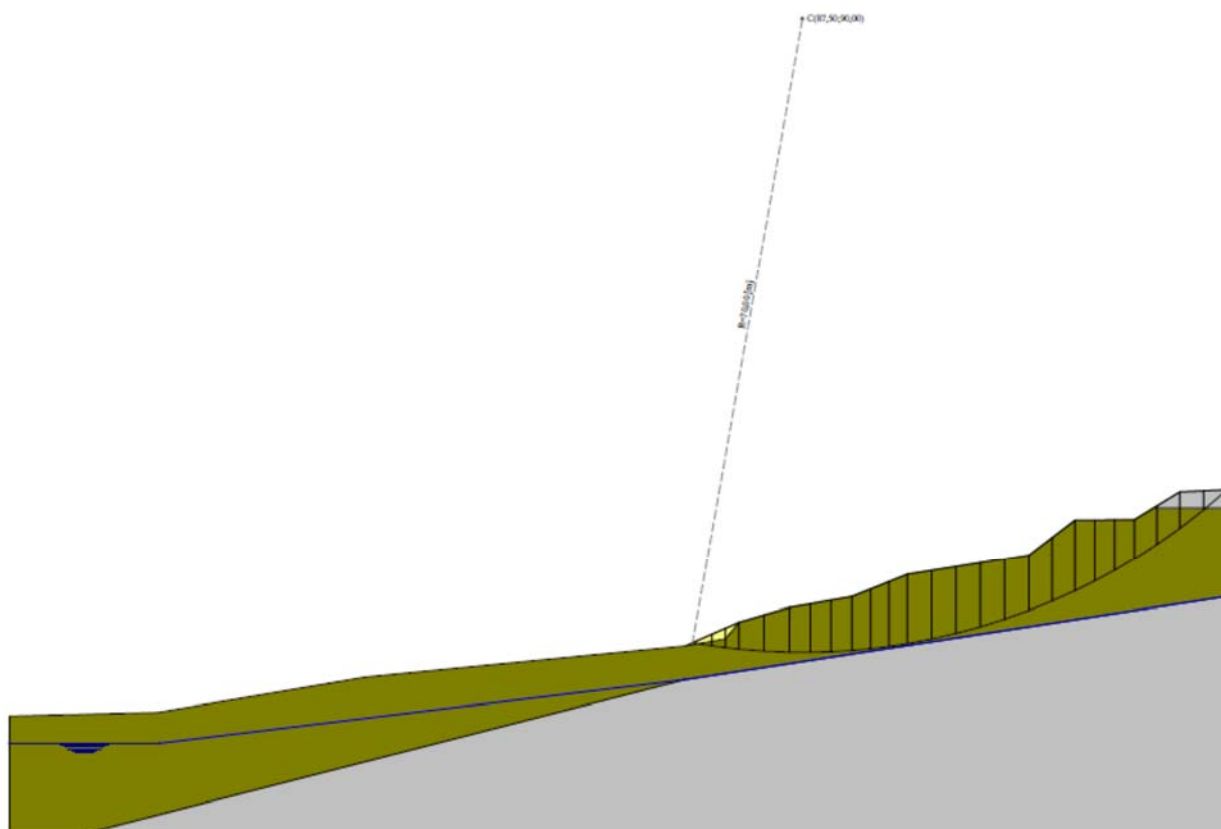
Numero di strisce	25	
Coordinate del centro	X[m]= 87,50	Y[m]= 90,00
Raggio del cerchio	R[m]= 70,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 75,36	Y _v [m]= 21,06
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 134,37	Y _m [m]= 38,01

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cmq]
1	75,36	21,06	21,06	77,50	22,00	20,72	76,79	21,26	2,17	-9,10	25,94	0,05
2	77,50	22,00	20,72	79,00	22,65	20,52	78,31	21,48	1,51	-7,59	23,00	0,06
3	79,00	22,65	20,52	80,47	23,29	20,35	79,77	21,71	1,48	-6,37	23,00	0,06
4	80,47	23,29	20,35	83,26	24,11	20,13	81,94	21,98	2,80	-4,62	23,00	0,06
5	83,26	24,11	20,13	86,05	24,93	20,02	84,70	22,30	2,79	-2,33	23,00	0,06
6	86,05	24,93	20,02	88,36	25,33	20,01	87,22	22,57	2,31	-0,24	23,00	0,06
7	88,36	25,33	20,01	90,66	25,74	20,07	89,52	22,79	2,31	1,65	23,00	0,06
8	90,66	25,74	20,07	92,97	26,14	20,21	91,83	23,04	2,31	3,54	23,00	0,06
9	92,97	26,14	20,21	95,00	26,96	20,40	94,00	23,43	2,04	5,32	23,00	0,06
10	95,00	26,96	20,40	97,04	27,78	20,65	96,03	23,95	2,05	6,99	23,00	0,06
11	97,04	27,78	20,65	99,07	28,60	20,96	98,07	24,50	2,06	8,67	23,00	0,06
12	99,07	28,60	20,96	101,76	29,03	21,47	100,41	25,01	2,73	10,63	23,00	0,06
13	101,76	29,03	21,47	104,44	29,46	22,08	103,09	25,51	2,76	12,88	23,00	0,06
14	104,44	29,46	22,08	107,13	29,89	22,81	105,78	26,06	2,78	15,15	23,00	0,06
15	107,13	29,89	22,81	109,81	30,32	23,65	108,46	26,66	2,82	17,44	23,00	0,06
16	109,81	30,32	23,65	112,50	30,75	24,62	111,14	27,33	2,85	19,76	23,00	0,06
17	112,50	30,75	24,62	115,03	32,69	25,64	113,79	28,44	2,73	22,04	23,00	0,06
18	115,03	32,69	25,64	117,56	34,63	26,78	116,32	29,95	2,78	24,30	23,00	0,06
19	117,56	34,63	26,78	119,75	34,65	27,87	118,63	30,98	2,44	26,43	23,00	0,06
20	119,75	34,65	27,87	121,93	34,68	29,05	120,81	31,55	2,49	28,45	23,00	0,06
21	121,93	34,68	29,05	124,12	34,70	30,34	122,98	32,18	2,54	30,50	23,00	0,06
22	124,12	34,70	30,34	126,63	36,24	31,96	125,37	33,31	2,98	32,76	23,00	0,06
23	126,63	36,24	31,96	129,14	37,77	33,73	127,87	34,92	3,07	35,24	23,00	0,06
24	129,14	37,77	33,73	131,76	37,89	35,77	130,31	36,23	3,31	37,86	23,00	0,06
25	131,76	37,89	35,77	134,37	38,01	38,01	132,63	37,22	3,45	40,63	32,85	0,02

Metodo di **JANBU**Coefficiente di sicurezza $F_s = 1.425$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	2425	0	2633	1634	0	0	1863	0	0	
2	4539	0	4693	2036	0	1863	4188	0	0	
3	6665	0	6770	2640	0	4188	7103	0	0	
4	17370	0	17338	6345	0	7103	13625	0	0	
5	22339	0	21900	7701	0	13625	20669	0	0	
6	21265	0	20561	7098	0	20669	26387	0	0	
7	22822	0	21829	7476	0	26387	31658	0	0	
8	24063	0	22798	7766	0	31658	36344	0	0	
9	22843	0	21475	7259	0	36344	40005	0	0	
10	25042	0	23398	7834	0	40005	43205	0	0	
11	27019	0	25115	8349	0	43205	45809	0	0	
12	36745	0	33980	11276	0	45809	48087	0	0	
13	36120	0	33244	11066	0	48087	48973	0	0	
14	34957	0	32063	10725	0	48973	48537	0	0	
15	33239	0	30420	10249	0	48537	46907	0	0	
16	30947	0	28289	9631	0	46907	44274	0	0	
17	30017	0	27486	9339	0	44274	40545	0	0	
18	33919	0	31206	10467	0	40545	34906	0	0	
19	28793	0	26595	8952	0	34906	29099	0	0	
20	24414	0	22595	7780	0	29099	23491	0	0	
21	19639	0	18186	6487	0	23491	18495	0	0	
22	19508	0	18116	6655	0	18495	12941	0	0	
23	19035	0	17834	6608	0	12941	6733	0	0	
24	14994	0	14007	5569	0	6733	1500	0	0	
25	5279	0	4608	2457	0	1500	0	0	0	



Sezione 3-3 Piezometrica alta

Dati

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	10,00
2	16,50	10,00
3	74,50	18,00
4	134,50	36,50

Linea piezometrica

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	10,00
2	16,50	10,00
3	74,50	18,00
4	134,50	36,50

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP
- JANBU
- JANBU COMPLETO
- BELL
- MORGENSTERN
- SARMA

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- | | | |
|---|------|-----|
| - lunghezza di corda inferiore a | 1,00 | m |
| - freccia inferiore a | 0,50 | m |
| - volume inferiore a | 2,00 | mc |
| - pendenza media della superficie inferiore a | 1.00 | [%] |

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate

12175

Coefficiente di sicurezza minimo

1.008

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo

1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
BISHOP	12175	1.059	1	8.151	2435
JANBU	2435	1.008	1	8.142	2435
JANBU COMPLETO	1409	1.061	1	8.151	2435
BELL	2435	1.060	1	8.151	2435
MORGENSTERN	2433	1.070	1	8.344	2435
SARMA	2435	1.072	1	8.088	2435

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	87,50	90,00	70,00	75,36	134,37	312,86	1,008 (J) 1,060 (L) 1,072 (S)	[PC]	[SLV] H +V
2	C	83,50	100,00	80,00	73,62	134,05	287,72	1,047 (J) 1,089 (L) 1,095 (S)	[PC]	[SLV] H +V
3	C	85,50	90,00	70,00	74,81	132,27	278,86	1,050 (J) 1,099 (L) 1,106 (S)	[PC]	[SLV] H +V
4	C	93,50	82,00	60,00	80,75	134,30	251,40	1,056 (J) 1,113 (L) 1,119 (S)	[PC]	[SLV] H +V
5	C	81,50	100,00	80,00	72,53	131,93	252,94	1,101 (J) 1,141 (L) 1,141 (S)	[PC]	[SLV] H +V
6	C	79,50	110,00	90,00	71,24	133,46	258,30	1,107 (J) 1,142 (L) 1,141 (S)	[PC]	[SLV] H +V
7	C	83,50	90,00	70,00	74,00	130,16	244,59	1,105 (J) 1,151 (L) 1,152 (S)	[PC]	[SLV] H +V
8	C	89,50	92,00	70,00	79,24	134,04	231,27	1,107 (J) 1,152 (L) 1,153 (S)	[PC]	[SLV] H +V
10	C	91,50	82,00	60,00	80,04	132,20	222,06	1,111 (J) 1,165 (L) 1,165 (S)	[PC]	[SLV] H +V
11	C	95,50	84,00	60,00	85,65	134,02	177,43	1,144 (J) 1,191 (L) 1,187 (S)	[PC]	[SLV] H +V
12	C	85,50	102,00	80,00	78,26	133,46	205,72	1,173 (J) 1,210 (L) 1,204 (S)	[PC]	[SLV] H +V
13	C	77,50	110,00	90,00	70,30	131,33	223,13	1,179 (J) 1,212 (L) 1,204 (S)	[PC]	[SLV] H +V
14	C	79,50	100,00	80,00	71,48	129,81	218,20	1,176 (J) 1,213 (L) 1,207 (S)	[PC]	[SLV] H +V
15	C	87,50	92,00	70,00	78,76	131,92	200,76	1,170 (J) 1,213 (L) 1,208 (S)	[PC]	[SLV] H +V
16	C	81,50	90,00	70,00	72,85	125,43	211,46	1,175 (J) 1,217 (L) 1,212 (S)	[PC]	[SLV] H +V
17	C	75,50	120,00	100,00	69,31	132,64	225,63	1,188 (J)	[PC]	[SLV] H +V

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
								1,217 (L) 1,209 (S)		
21	C	73,50	130,00	110,00	68,50	133,77	226,02	1,202 (J) 1,228 (L) 1,218 (S)	[PC]	[SLV] H + V
24	C	89,50	82,00	60,00	79,45	130,09	192,28	1,183 (J) 1,233 (L) 1,228 (S)	[PC]	[SLV] H + V
33	C	93,50	84,00	60,00	84,96	131,90	150,97	1,228 (J) 1,273 (L) 1,261 (S)	[PC]	[SLV] H + V
34	C	91,50	94,00	70,00	84,19	133,46	155,78	1,236 (J) 1,275 (L) 1,261 (S)	[PC]	[SLV] H + V
35	C	79,50	90,00	70,00	71,75	122,39	182,92	1,237 (J) 1,279 (L) 1,268 (S)	[PC]	[SLV] H + V
38	C	77,50	100,00	80,00	70,49	123,71	186,06	1,253 (J) 1,288 (L) 1,276 (S)	[PC]	[SLV] H + V
39	C	83,50	102,00	80,00	77,94	131,33	174,44	1,255 (J) 1,289 (L) 1,277 (S)	[PC]	[SLV] H + V
40	C	81,50	112,00	90,00	77,69	132,62	176,34	1,262 (J) 1,292 (L) 1,278 (S)	[PC]	[SLV] H + V
43	C	79,50	122,00	100,00	77,54	133,73	176,17	1,275 (J) 1,301 (L) 1,286 (S)	[PC]	[SLV] H + V
45	C	85,50	92,00	70,00	78,34	129,80	169,97	1,263 (J) 1,303 (L) 1,290 (S)	[PC]	[SLV] H + V
47	C	75,50	110,00	90,00	69,44	129,20	188,00	1,280 (J) 1,310 (L) 1,294 (S)	[PC]	[SLV] H + V
49	C	73,50	120,00	100,00	68,58	130,50	190,17	1,286 (J) 1,313 (L) 1,296 (S)	[PC]	[SLV] H + V
51	C	87,50	82,00	60,00	78,92	125,39	163,49	1,270 (J) 1,318 (L) 1,306 (S)	[PC]	[SLV] H + V
53	C	71,50	130,00	110,00	67,93	131,62	190,34	1,297 (J) 1,322 (L) 1,304 (S)	[PC]	[SLV] H + V
55	C	97,50	86,00	60,00	93,04	133,46	113,38	1,286 (J) 1,323 (L) 1,303 (S)	[PC]	[SLV] H + V
59	C	69,50	140,00	120,00	67,50	132,60	188,77	1,316 (J) 1,338 (L) 1,318 (S)	[PC]	[SLV] H + V
60	C	65,50	138,00	120,00	53,23	131,66	258,44	1,315 (J) 1,346 (L) 1,328 (S)	[PC]	[SLV] H + V
63	C	67,50	150,00	130,00	67,33	133,45	185,66	1,338 (J) 1,359 (L) 1,337 (S)	[PC]	[SLV] H + V
64	C	63,50	148,00	130,00	52,00	132,68	258,33	1,334 (J) 1,363 (L) 1,343 (S)	[PC]	[SLV] H + V
68	C	77,50	90,00	70,00	70,72	120,37	154,40	1,339 (J) 1,377 (L) 1,356 (S)	[PC]	[SLV] H + V
70	C	61,50	158,00	140,00	50,90	133,57	256,51	1,351 (J) 1,378 (L) 1,356 (S)	[PC]	[SLV] H + V
71	C	65,50	160,00	140,00	67,48	134,18	181,31	1,359 (J) 1,379 (L) 1,354 (S)	[PC]	[SLV] H + V
72	C	75,50	100,00	80,00	69,58	121,68	157,21	1,348 (J) 1,381 (L) 1,360 (S)	[PC]	[SLV] H + V
75	C	89,50	94,00	70,00	83,70	131,33	128,57	1,349 (J) 1,385 (L) 1,362 (S)	[PC]	[SLV] H + V
79	C	85,50	82,00	60,00	78,46	122,39	139,11	1,343 (J) 1,389 (L) 1,371 (S)	[PC]	[SLV] H + V
80	C	83,50	92,00	70,00	78,00	123,70	141,71	1,352 (J) 1,391 (L) 1,371 (S)	[PC]	[SLV] H + V
81	C	87,50	104,00	80,00	83,27	132,61	130,26	1,360 (J) 1,392 (L) 1,367 (S)	[PC]	[SLV] H + V
82	C	91,50	84,00	60,00	84,34	129,78	124,33	1,351 (J) 1,393 (L) 1,371 (S)	[PC]	[SLV] H + V
85	C	73,50	110,00	90,00	68,67	122,77	157,78	1,370 (J) 1,399 (L) 1,377 (S)	[PC]	[SLV] H + V
86	C	59,50	168,00	150,00	49,92	134,35	253,07	1,374 (J) 1,399 (L) 1,376 (S)	[PC]	[SLV] H + V
90	C	79,50	112,00	90,00	77,55	130,48	144,71	1,379 (J) 1,407 (L) 1,384 (S)	[PC]	[SLV] H + V
91	C	85,50	114,00	90,00	83,00	133,67	129,82	1,383 (J)	[PC]	[SLV] H + V

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
								1,410 (L) 1,383 (S)		
94	C	81,50	102,00	80,00	77,71	129,20	143,08	1,383 (J) 1,413 (L) 1,392 (S)	[PC]	[SLV] H +V
97	C	77,50	122,00	100,00	77,50	131,58	144,35	1,392 (J) 1,417 (L) 1,392 (S)	[PC]	[SLV] H +V
99	C	71,50	120,00	100,00	67,97	123,68	156,54	1,393 (J) 1,419 (L) 1,395 (S)	[PC]	[SLV] H +V
110	C	75,50	132,00	110,00	77,54	132,51	142,47	1,411 (J) 1,433 (L) 1,405 (S)	[PC]	[SLV] H +V
119	C	73,50	142,00	120,00	77,67	133,30	139,28	1,435 (J) 1,455 (L) 1,424 (S)	[PC]	[SLV] H +V
120	C	75,50	84,00	64,70	66,54	112,17	142,76	1,416 (J) 1,456 (L) 1,431 (S)	[PC]	[SLV] H +V
122	C	69,50	130,00	110,00	67,52	129,47	154,75	1,436 (J) 1,458 (L) 1,430 (S)	[PC]	[SLV] H +V
123	C	95,50	86,00	60,00	92,58	131,33	89,79	1,421 (J) 1,456 (L) 1,426 (S)	[PC]	[SLV] H +V
129	C	63,50	138,00	120,00	52,23	129,51	219,91	1,440 (J) 1,469 (L) 1,443 (S)	[PC]	[SLV] H +V
132	C	93,50	96,00	70,00	92,23	132,59	90,80	1,440 (J) 1,470 (L) 1,437 (S)	[PC]	[SLV] H +V
133	C	67,50	140,00	120,00	67,33	130,44	153,03	1,452 (J) 1,472 (L) 1,443 (S)	[PC]	[SLV] H +V
139	C	77,50	82,00	61,92	71,34	112,16	123,78	1,442 (J) 1,480 (L) 1,452 (S)	[PC]	[SLV] H +V
143	C	61,50	148,00	130,00	51,07	130,52	219,50	1,457 (J) 1,485 (L) 1,456 (S)	[PC]	[SLV] H +V
144	C	75,50	86,00	66,35	68,06	112,15	130,76	1,449 (J) 1,486 (L) 1,458 (S)	[PC]	[SLV] H +V
147	C	71,50	152,00	130,00	77,86	133,97	135,00	1,469 (J) 1,487 (L) 1,454 (S)	[PC]	[SLV] H +V
151	C	65,50	150,00	130,00	67,49	131,28	149,87	1,473 (J) 1,492 (L) 1,460 (S)	[PC]	[SLV] H +V

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X _s	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y _{ss}	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y _{si}	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X _g	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y _g	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E _s , E _d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X _s , X _d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e sisma verso l'alto

Numero di strisce	25	
Coordinate del centro	X[m]= 87,50	Y[m]= 90,00
Raggio del cerchio	R[m]= 70,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 75,36	Y _v [m]= 21,06
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 134,37	Y _m [m]= 38,01

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	75,36	21,06	21,06	77,50	22,00	20,72	76,79	21,26	2,17	-9,10	25,94	0,05
2	77,50	22,00	20,72	79,00	22,65	20,52	78,31	21,48	1,51	-7,59	23,00	0,06
3	79,00	22,65	20,52	80,47	23,29	20,35	79,77	21,71	1,48	-6,37	23,00	0,06
4	80,47	23,29	20,35	83,26	24,11	20,13	81,94	21,98	2,80	-4,62	23,00	0,06
5	83,26	24,11	20,13	86,05	24,93	20,02	84,70	22,30	2,79	-2,33	23,00	0,06
6	86,05	24,93	20,02	88,36	25,33	20,01	87,22	22,57	2,31	-0,24	23,00	0,06
7	88,36	25,33	20,01	90,66	25,74	20,07	89,52	22,79	2,31	1,65	23,00	0,06
8	90,66	25,74	20,07	92,97	26,14	20,21	91,83	23,04	2,31	3,54	23,00	0,06
9	92,97	26,14	20,21	95,00	26,96	20,40	94,00	23,43	2,04	5,32	23,00	0,06
10	95,00	26,96	20,40	97,04	27,78	20,65	96,03	23,95	2,05	6,99	23,00	0,06
11	97,04	27,78	20,65	99,07	28,60	20,96	98,07	24,50	2,06	8,67	23,00	0,06
12	99,07	28,60	20,96	101,76	29,03	21,47	100,41	25,01	2,73	10,63	23,00	0,06
13	101,76	29,03	21,47	104,44	29,46	22,08	103,09	25,51	2,76	12,88	23,00	0,06
14	104,44	29,46	22,08	107,13	29,89	22,81	105,78	26,06	2,78	15,15	23,00	0,06
15	107,13	29,89	22,81	109,81	30,32	23,65	108,46	26,66	2,82	17,44	23,00	0,06
16	109,81	30,32	23,65	112,50	30,75	24,62	111,14	27,33	2,85	19,76	23,00	0,06
17	112,50	30,75	24,62	115,03	32,69	25,64	113,79	28,44	2,73	22,04	23,00	0,06
18	115,03	32,69	25,64	117,56	34,63	26,78	116,32	29,95	2,78	24,30	23,00	0,06
19	117,56	34,63	26,78	119,75	34,65	27,87	118,63	30,98	2,44	26,43	23,00	0,06
20	119,75	34,65	27,87	121,93	34,68	29,05	120,81	31,55	2,49	28,45	23,00	0,06
21	121,93	34,68	29,05	124,12	34,70	30,34	122,98	32,18	2,54	30,50	23,00	0,06
22	124,12	34,70	30,34	126,63	36,24	31,96	125,37	33,31	2,98	32,76	23,00	0,06
23	126,63	36,24	31,96	129,14	37,77	33,73	127,87	34,92	3,07	35,24	23,00	0,06
24	129,14	37,77	33,73	131,76	37,89	35,77	130,31	36,23	3,31	37,86	23,00	0,06
25	131,76	37,89	35,77	134,37	38,01	38,01	132,63	37,22	3,45	40,63	32,85	0,02

Metodo di JANBUCoefficiente di sicurezza $F_s = 1.008$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	2425	0	2750	2366	0	0	2604	0	0	
2	4539	0	4811	2926	0	2604	5827	0	0	
3	6665	0	6897	3784	0	5827	9893	0	0	
4	17412	0	17513	9039	83	9893	19118	0	0	
5	23580	0	20242	10183	2958	19118	28609	0	0	
6	22446	0	17310	8660	4398	28609	35813	0	0	
7	24090	0	17047	8550	5976	35813	42036	0	0	
8	25400	0	16665	8391	7387	42036	47175	0	0	
9	24112	0	15120	7581	7555	47175	50959	0	0	
10	26433	0	16307	8084	8414	50959	54150	0	0	
11	28520	0	17389	8545	9162	54150	56626	0	0	
12	38786	0	22935	11282	13049	56626	58399	0	0	
13	38127	0	21427	10660	13898	58399	58288	0	0	
14	36899	0	19737	9965	14474	58288	56423	0	0	
15	35086	0	17855	9192	14765	56423	52998	0	0	
16	32666	0	15767	8336	14751	52998	48274	0	0	
17	31684	0	16027	8371	13588	48274	42734	0	0	
18	35803	0	20339	10214	12977	42734	35867	0	0	
19	30392	0	17843	8965	10470	35867	29196	0	0	
20	25770	0	14642	7644	9515	29196	22632	0	0	
21	20730	0	11264	6252	8283	22632	16666	0	0	
22	20592	0	11748	6722	7569	16666	10444	0	0	
23	20079	0	13473	7501	4965	10444	4545	0	0	
24	15606	0	11970	7012	1663	4545	637	0	0	
25	5279	0	4046	3111	0	637	0	0	0	

Metodo di BELLCoefficiente di sicurezza $F_s = 1.060$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	2425	0	2506	2138	0	0	2340	0	204	
2	4539	0	4708	2741	0	2340	5367	204	283	
3	6665	0	6926	3610	0	5367	9263	283	235	
4	17412	0	18084	8825	83	9263	18321	235	-351	
5	23580	0	21664	10254	2958	18321	27941	-351	-1769	
6	22446	0	19047	8932	4398	27941	35423	-1769	-3504	
7	24090	0	19153	8974	5976	35423	42011	-3504	-5621	
8	25400	0	19003	8916	7387	42011	47530	-5621	-7987	
9	24112	0	17314	8088	7555	47530	51615	-7987	-10219	
10	26433	0	18595	8604	8414	51615	55045	-10219	-12553	
11	28520	0	19682	9044	9162	55045	57669	-12553	-14894	
12	38786	0	25691	11833	13049	57669	59475	-14894	-17704	
13	38127	0	23570	10997	13898	59475	59214	-17704	-19868	
14	36899	0	21099	10022	14474	59214	57049	-19868	-21198	
15	35086	0	18320	8928	14765	57049	53233	-21198	-21562	
16	32666	0	15287	7736	14751	53233	48107	-21562	-20908	
17	31684	0	14880	7502	13588	48107	42192	-20908	-19518	
18	35803	0	18593	9015	12977	42192	34950	-19518	-17433	
19	30392	0	15748	7687	10470	34950	28067	-17433	-14988	
20	25770	0	12120	6260	9515	28067	21488	-14988	-12112	
21	20730	0	8585	4874	8283	21488	15694	-12112	-9104	
22	20592	0	8723	5182	7569	15694	9814	-9104	-5726	
23	20079	0	10618	5991	4965	9814	4329	-5726	-2523	
24	15606	0	10099	5919	1663	4329	707	-2523	-376	
25	5279	0	3807	2814	0	707	0	-376	0	

Metodo di **MORGENSTERN**Coefficiente di sicurezza **F_s= 1.070****Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	2425	0	3753	2686	0	0	3123	0	-933	
2	4539	0	5990	3225	0	3123	6870	-933	-2052	
3	6665	0	8358	4145	0	6870	11557	-2052	-3453	
4	17412	0	20737	9797	83	11557	22041	-3453	-6585	
5	23580	0	23454	10871	2958	22041	32648	-6585	-9754	
6	22446	0	19676	9100	4398	32648	40557	-9754	-12117	
7	24090	0	19036	8847	5976	40557	47266	-12117	-14121	
8	25400	0	18264	8542	7387	47266	52686	-14121	-15740	
9	24112	0	16267	7599	7555	52686	56571	-15740	-16901	
10	26433	0	17249	7992	8414	56571	59735	-16901	-17846	
11	28520	0	18099	8334	9162	59735	62058	-17846	-18540	
12	38786	0	23416	10823	13049	62058	63463	-18540	-18960	
13	38127	0	21361	10020	13898	63463	62855	-18960	-18778	
14	36899	0	19184	9172	14474	62855	60425	-18778	-18052	
15	35086	0	16888	8279	14765	60425	56421	-18052	-16856	
16	32666	0	14470	7341	14751	56421	51156	-16856	-15283	
17	31684	0	14544	7301	13588	51156	45094	-15283	-13472	
18	35803	0	18551	8917	12977	45094	37638	-13472	-11245	
19	30392	0	16141	7774	10470	37638	30501	-11245	-9112	
20	25770	0	12990	6548	9515	30501	23601	-9112	-7051	
21	20730	0	9782	5304	8283	23601	17423	-7051	-5205	
22	20592	0	10237	5736	7569	17423	11019	-5205	-3292	
23	20079	0	12097	6523	4965	11019	4931	-3292	-1473	
24	15606	0	11134	6276	1663	4931	796	-1473	-238	
25	5279	0	3969	2886	0	796	0	-238	0	

Metodo di **SARMA**Coefficiente di sicurezza **F_s= 1.072****Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	2425	0	4989	3219	0	0	3800	0	-1992	
2	4539	0	7427	3765	0	3800	8201	-1992	-4317	
3	6665	0	9937	4733	0	8201	13547	-4317	-7003	
4	17412	0	21791	10129	83	13547	24205	-7003	-10579	
5	23580	0	24195	11070	2958	24205	34744	-10579	-13679	
6	22446	0	18724	8649	4398	34744	41943	-13679	-14319	
7	24090	0	18139	8419	5976	41943	48006	-14319	-14576	
8	25400	0	17696	8247	7387	48006	52940	-14576	-14720	
9	24112	0	17954	8198	7555	52940	57076	-14720	-16767	
10	26433	0	18986	8607	8414	57076	60462	-16767	-18579	
11	28520	0	19460	8798	9162	60462	62878	-18579	-19680	
12	38786	0	22490	10367	13049	62878	63836	-19680	-17737	
13	38127	0	20775	9706	13898	63836	62942	-17737	-15574	
14	36899	0	18938	8999	14474	62942	60356	-15574	-13277	
15	35086	0	16961	8240	14765	60356	56292	-13277	-10928	
16	32666	0	15498	7687	14751	56292	51051	-10928	-9329	
17	31684	0	19841	9324	13588	51051	44964	-9329	-12129	
18	35803	0	23562	10812	12977	44964	37318	-12129	-14077	
19	30392	0	15341	7395	10470	37318	30356	-14077	-10089	
20	25770	0	12495	6302	9515	30356	23636	-10089	-6673	
21	20730	0	9929	5322	8283	23636	17548	-6673	-4336	
22	20592	0	12701	6661	7569	17548	10759	-4336	-4394	
23	20079	0	13809	7146	4965	10759	4378	-4394	-3772	
24	15606	0	10069	5811	1663	4378	690	-3772	-996	
25	5279	0	3463	2541	0	690	0	-996	0	

