



REGIONE SICILIA

COMUNE DI CALATAFIMI SEGESTA

COMUNE DI MONREALE

PROGETTO:

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrovoltaico denominato "PV Gallitello" di Pn pari a 99,026 MW e sistema di accumulo di capacità pari a 45 MWh, da realizzarsi nei Comuni di Calatafimi-Segesta (TP) e Monreale (PA)

Progetto Definitivo

PROPONENTE:

DREN SOLARE 4 s.r.l.
SORESINA (CR)
VIA PIETRO TRIBOLDI 4 CAP 26015
PIVA 01771780192



ELABORATO:

Relazione Geotecnica

PROGETTISTI:

Ing. Riccardo Cangelosi

Ing. Gaetano Scurto

Scala:

Tavola:

RG T

Data:

21-12-2022

Rev. Data Revisione

00 21-02-2023

Descrizione

emissione



Indice generale

1	PREMESSE	2
1.1	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO	4
1.1.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO	4
1.1.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
2	INFORMAZIONI SULL'ANALISI SVOLTA	6
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
2.2	REFERENZE TECNICHE (CAP. 12 D.M. 17.01.2018)	6
2.3	MISURA DELLA SICUREZZA	6
2.4	MODELLI DI CALCOLO	7
3	AZIONI APPLICATE	8
3.1	AZIONI AMBIENTALI E NATURALI	8
3.2	SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE	9
3.3	AZIONE SISMICA	9
3.4	COMBINAZIONI DI CALCOLO	9
4	VERIFICHE DI STABILITA'	11
4.1	GENERALITA'	11
4.2	METODO DI BELL	12
4.3	METODO DI BISHOP	13
4.4	METODO DI JAMBU	14
4.5	METODO DI SARMA	15
5	CONCLUSIONI	17
6	ALLEGATO A COLORMAP VERIFICHE	18
7	ALLEGATO B TABULATI DI CALCOLO	21



1 PREMESSE

La presente relazione ha lo scopo di illustrare le metodologie di calcolo applicate per le verifiche geotecniche dei pendii interessati dal progetto dell'impianto rinnovabile solare denominato "PV Calatafimi" nel territorio del comune di Calatafimi - Segesta (TP) e Monreale (PA) (di seguito il "Progetto" o "l'Impianto").

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto agrovoltaiico, con sistema di accumulo da 45 MWh, con una potenza di picco del generatore di 110,62 MWp e potenza nominale di 99,026 MWp. Si prevede l'installazione di n° 1.905 inseguitori solari ad un asse (tracker orizzontali monoassiali a linee indipendenti), di tre tipologie rispettivamente con 112, con 84 e con 56 moduli fotovoltaici. L'impianto, di tipo grid-connected in modalità trifase (collegata direttamente alla rete elettrica nazionale), è costituito da 16 lotti.

L'impianto di generazione fotovoltaica in progetto sarà installato direttamente a terra con struttura in acciaio di tipo RETROFIT ad inseguimento monoassiale e l'energia elettrica da essi prodotta verrà convogliata ai gruppi di conversione (inverters) distribuiti all'interno dell'area di impianto. Gli inverters saranno installati all'interno di Power Station che avranno la funzione di convertire, da continua ad alternata, l'energia proveniente dal campo fotovoltaico e trasformarla da BT a AT a 36 kV. Dagli inverter l'energia prodotta, tramite cavidotti AT a 36 kV, verrà trasportata ad un sistema di accumulo da 45 MWh, per l'accumulo di parte dell'energia elettrica prodotta dal parco agrovoltaiico, e successivamente trasportata alla stazione di trasformazione 36/220 kV (SET). In questa stazione verranno collocati gli apparati di protezione e misura dell'energia prodotta.

Si descriveranno i criteri generali e specifici utilizzati per il calcolo della stabilità dei pendii dimostrandone la coerenza con la normativa strutturale vigente.

Il calcolo è stato sviluppato per 2 pendii rappresentativi dell'intero impianto considerando sia la condizione attuale sia lo stato di progetto. Le due sezioni sono state scelte perché rappresentano le condizioni più gravose che possono riscontrarsi all'interno delle aree interessate.

Il pendio individuato con il nome "Sezione "1 ha una pendenza media di 20 % e si estende per circa 200 m in direzione nordest-sudovest all'interno del Lotto A.

Il pendio individuato con il nome "Sezione 2" ha una pendenza media del 16% e si estende in direzione nord-sud per circa 200 m all'interno del Lotto O.

All'interno del lotto A1 saranno previste delle opere per migliorare la stabilità delle aree secondo le indicazioni del geologo comprendenti tra l'altro palizzate vive, e canali di drenaggio in pietrame e legno.

In fase esecutiva potrà essere approfondito lo studio individuando delle sottoaree con caratteristiche geotecniche simili e differenziare diverse formazioni morfologiche in funzione delle caratteristiche riscontrate. Nei calcoli effettuati si è tenuto conto delle indicazioni del D.M. 18/01/2018 per la schematizzazione delle azioni, per la individuazione delle caratteristiche geotecniche e per l'applicazione dei coefficienti di calcolo necessari per le verifiche.

In particolare si è fissato il limite per la stabilità del pendio con un coefficiente di sicurezza pari a 1.30 che, come si dimostrerà nelle pagine seguenti non viene mai raggiunto nelle diverse configurazioni studiate.

Nella figura seguente si allega la planimetria con l'individuazione delle sezioni studiate.

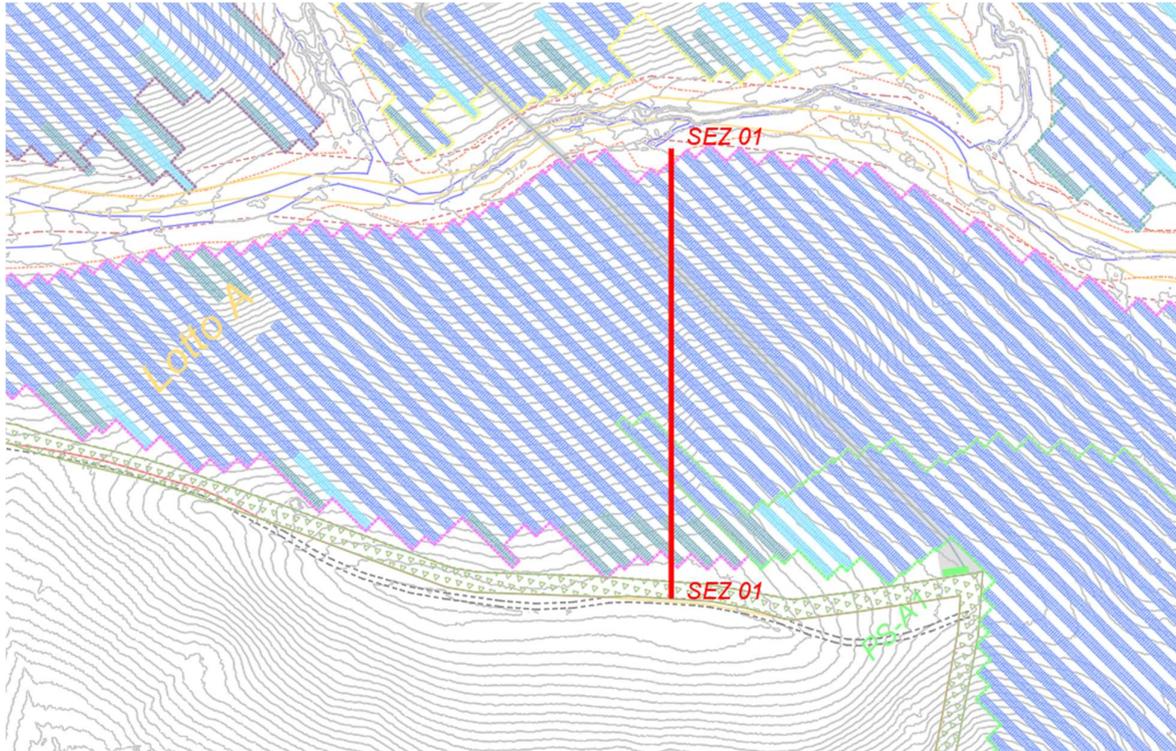




Figura 01 – Planimetria con indicazione della sezione di calcolo

1.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO

Il sito del costruendo impianto è ubicato all'interno dei comuni di Calatafimi – Segesta (TP) e Monreale (PA), nella parte occidentale della Sicilia, a est del territorio provinciale di Trapani, e a sudovest del territorio provinciale di Palermo.

L'area in oggetto ricade all'interno della seguente Cartografia Tecnica Regionale:

CTR n. 606110 – MONTE BARONIA

CTR n. 606120 - SIRIGNANO

CTR n. 606150 – STAZIONE DI SALEMI

CTR n. 606160 – COSTA DI RAJA

1.1.1 Inquadramento geografico e morfologico

Per una trattazione approfondita delle considerazioni geomorfologiche e idrogeologiche si rimanda alla Relazione Geologica redatta dal Dott. Geol. Gualtiero Bellomo allegata al presente progetto.

1.1.2 Inquadramento geologico

Di seguito si riporta una sintesi dell'interpretazione dei parametri geotecnici ricavati dallo studio del Geologo a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.



		COLONNA STRATIGRAFICA TIPO 1 (Area impianto)	
Stratigrafia	Profondità	Descrizione	
•••••		Terreno vegetale (spessore variabile da 1.00 a 2.00 m)	
		Sabbie e sabbie limose - Fm. Terravecchia (spessore variabile tra pari a 5-6 m)	
		$\varphi' = 30^\circ, C' = 00,0 \text{ kN/m}^2, = 1,8 \text{ kN/m}^3$	
		Argille ed argille limose - Frazione alterata - Fm. Terravecchia (spessore da 4-5 m)	
		$\varphi' = 20^\circ, C' = 20,0 \text{ kN/m}^2, = 1,9 \text{ kN/m}^3$	
		Argille - Frazione inalterata - Fm. terravecchia	
		$\varphi' = 25^\circ, C' = 20,0 \text{ kN/m}^2, = 2,0 \text{ kN/m}^3$	

Tabella 1.1 – Parametri geotecnici di calcolo Sezione 1

		COLONNA STRATIGRAFICA TIPO 2 (Area impianto)	
Stratigrafia	Profondità	Descrizione	
•••••		Terreno vegetale (spessore variabile da 1.00 a 2.00 m)	
		Argille ed argille limose - Frazione alterata - Fm. Terravecchia (spessore da 4-5 m)	
		$\varphi' = 20^\circ, C' = 20,0 \text{ kN/m}^2, = 1,9 \text{ kN/m}^3$	
		Argille - Frazione inalterata - Fm. terravecchia	
		$\varphi' = 25^\circ, C' = 20,0 \text{ kN/m}^2, = 2,0 \text{ kN/m}^3$	

Tabella 1.2 – Parametri geotecnici di calcolo Sezione 2



2 INFORMAZIONI SULL'ANALISI SVOLTA

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M 17/01/2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni;
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

2.2 REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)

- UNI ENV 1992-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1993-1 – Costruzioni in acciaio
- UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno
- EN 1990: Criteri generali di progettazione strutturale
- EN 1991: Azioni sulle strutture
- EN 1090: Esecuzione delle strutture in acciaio criteri tecnici

2.3 MISURA DELLA SICUREZZA

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore della corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.



In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale.
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio.
- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;
- robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani;

Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

2.4 MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.

Per quanto riguarda le azioni sismiche e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla circolare del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.



3 AZIONI APPLICATE

3.1 AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

Si è concordato con il committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (S.L.O.)
- Stato Limite di Danno (S.L.D.)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (S.L.C.)

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite PVR :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 17/01/2018 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale delle opere;
- Classe d'Uso;
- Categoria del Suolo;
- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e Longitudine del sito oggetto di edificazione.

Le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni esterne secondo quanto previsto dal cap. 3 del



D.M. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

3.2 SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE

Le verifiche sono state condotte tenendo in conto delle azioni trasmesse dalle strutture di sostegno pannelli che saranno installate.

In particolare, si è considerato un carico concentrato ripetuto a distanza di 9.50 m nella sezione 1 e un carico distribuito sul terreno in corrispondenza della struttura di sostegno pannelli per la sezione 2.

3.3 AZIONE SISMICA

Ai fini delle N.T.C. 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

l'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle N.T.C. 2018, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

3.4 COMBINAZIONI DI CALCOLO

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:



- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{G_i} e γ_{Q_j} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti α_2 sono riportati nella Tabella 2.5.I del DM. 17/01/2018.



4 VERIFICHE DI STABILITA'

4.1 GENERALITA'

I fenomeni franosi possono essere ricondotti alla formazione di una superficie di rottura lungo la quale le forze, che tendono a provocare lo scivolamento del pendio, non risultano equilibrate dalla resistenza a taglio del terreno lungo tale superficie.

La verifica di stabilità del pendio si riconduce alla determinazione di un coefficiente di sicurezza, relativo ad una ipotetica superficie di rottura, pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio mobilitata.

Suddiviso il pendio in un determinato numero di conci di uguale ampiezza, per ogni concio si possono individuare:

- a) il peso;
- b) la risultante delle forze esterne agenti sulla superficie;
- c) le forze inerziali orizzontali e verticali;
- d) le reazioni normali e tangenziali mutue tra i conci;
- e) le reazioni normali e tangenziali alla base dei conci;
- f) le pressioni idrostatiche alla base.

Sotto l'ipotesi che la base di ciascun concio sia piana e che lungo la superficie di scorrimento valga il criterio della rottura alla Mohr–Coulomb, che correla tra loro le reazioni tangenziali e normali alla base, le incognite, per la determinazione dello equilibrio di ogni concio, risultano essere le reazioni laterali, i loro punti di applicazione, e la reazione normale alla base.

Per la determinazione di tutte le incognite, le equazioni di equilibrio risultano insufficienti, per cui il problema della stabilità dei pendii è, in via rigorosa, staticamente indeterminato. La risoluzione del problema va perseguita introducendo ulteriori condizioni sugli sforzi agenti sui conci. Tali ulteriori ipotesi differenziano sostanzialmente i diversi metodi di calcolo.

I casi in cui non è possibile stabilire un coefficiente di sicurezza per il pendio vengono segnalati attraverso le seguenti stringhe:

- SCARTATA : coefficiente di sicurezza minore di 0,1;



- NON CONV. : convergenza del metodo di calcolo non ottenuta;
- ELEM.RIG. : intersezione della superficie di scivolamento con un corpo rigido.

Nei paragrafi seguenti si descriveranno le metodologie di calcolo utilizzate.

4.2 METODO DI BELL

L'ipotesi alla base del metodo consiste nell'imporre una specifica distribuzione delle tensioni normali lungo la superficie di scivolamento.

Definite le quantità:

$$- f = \operatorname{sen}\left(2 \cdot pg \cdot \frac{xb - xi}{xb - xa}\right)$$

- pg = costante pi greca
- xb = ascissa punto di monte del pendio
- xa = ascissa punto di valle del pendio
- xi = ascissa parete di monte del pendio
- Kx, Ky = coeff. sismici orizzontale e verticale
- xci = ascissa punto medio alla base del concio i
- zci = ordinata punto medio alla base del concio i
- xgi, ygi = ascissa e ordinata baricentro concio i
- xmi, ymi = ascissa e ordinata punto applicazione risultante forze esterne

il coefficiente di sicurezza F scaturisce come parametro contenuto nei coefficienti del sistema di equazioni:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{14} \\ a_{24} \\ a_{34} \end{bmatrix}$$

dove:



$$\begin{aligned}
 a_{11} &= (1 - Kx) \cdot \left(\sum_i W_i \cdot \cos^2(a_i) \cdot \tan(\hat{f}) - F \cdot \sum_i W_i \sin(a_i) \cos(a_i) \right) \\
 a_{12} &= \sum_i f \cdot b \cdot \tan(\hat{f}) - F \cdot \sum_i f \cdot b \cdot \tan(a_i) \\
 a_{13} &= \sum_i c_i \cdot b \\
 a_{14} &= \sum_i u_i \cdot b \cdot \tan(\hat{f}) + F(Kx \cdot \sum_i W_i - Q_i) \\
 a_{21} &= (1 - Ky) \cdot \left(\sum_i W_i \cdot \sin(a_i) \cos(a_i) \cdot \tan(\hat{f}) + F \cdot \sum_i W_i \cos^2(a_i) \right) \\
 a_{22} &= \sum_i f \cdot b \cdot \tan(a_i) + F \cdot \sum_i f \cdot b \\
 a_{23} &= \sum_i c_i \cdot b \cdot \tan(a_i) \\
 a_{24} &= \sum_i u_i \cdot b \cdot \tan(a_i) \cdot \tan(\hat{f}) + F \left[(1 - Ky) \cdot \sum_i W_i + P_i \right] \\
 a_{31} &= (1 - Ky) \cdot \left\{ \begin{aligned} &\sum_i (W_i \cdot \cos^2(a_i) \cdot \tan(\hat{f})) \cdot zci - \\ &\left[- \sum_i (W_i \cdot \sin(a_i) \cos(a_i) \tan(\hat{f})) \cdot xci - F \left[\sum_i (W_i \cos^2(a_i)) \cdot xci + \sum_i (W_i \sin(a_i) \cos(a_i)) \cdot zci \right] \right] \end{aligned} \right\} \\
 a_{32} &= \sum_i (f \cdot b \cdot \tan(a_i)) \cdot zci - \sum_i (f \cdot b \cdot \tan(a_i) \tan(\hat{f})) \cdot xci - F \cdot \left[\sum_i (f \cdot b \cdot \tan(a_i)) \cdot zci + \sum_i (f \cdot b \cdot xci) \right] \\
 a_{33} &= \sum_i (c_i \cdot b) \cdot zci - \sum_i (c_i \cdot b \cdot \tan(a_i)) \cdot xci \\
 a_{34} &= \sum_i (u_i \cdot b \cdot \tan(\hat{f})) \cdot zci - \sum_i (u_i \cdot b \cdot \tan(a_i) \tan(\hat{f})) \cdot xci + F \cdot Kx \sum_i W_i \cdot ygi - (1 - Ky) \sum_i W_i \cdot xgi - Q_i \cdot ymi - P_i \cdot xmi
 \end{aligned}$$

4.3 METODO DI BISHOP

Le ipotesi alla base dell'espressione di Bishop del coefficiente di sicurezza sono date da:

- a) superficie di scivolamento circolare;
- b) uguaglianza delle reazioni normali alle facce laterali dei conci.

$$(1) \quad F = \frac{\sum_{i=1}^N [c_i \cdot b + (W_i(1 - Kv) - u_i \cdot b) \tan(\hat{f})] \frac{\sec(a_i)}{1 + \tan(\hat{f}) \tan(a_i)}}{\sum_{i=1}^N W_i \left[(1 - Kv) \sin(a_i) + \frac{Kh \cdot dh_i}{R} \right]}$$

dove:

- N = numero di conci in cui e' suddiviso il pendio
- ci = coesione alla base del concio i
- b = larghezza del concio



- W_i = peso del concio
- u_i = pressione interstiziale alla base
- f_i = angolo di attrito del terreno alla base del concio
- a_i = inclinazione della base del concio
- K_v = coefficiente sismico verticale
- K_h = coefficiente sismico orizzontale
- R = raggio del cerchio di scivolamento
- d_{hi} = distanza verticale del profilo superiore del concio dal centro della superficie di scivolamento

Tale espressione del coefficiente di sicurezza F risulta in forma implicita, pertanto viene risolta per via ITERATIVA.

4.4 METODO DI JAMBU

L'ipotesi alla base del metodo è la conoscenza della posizione della linea di spinta, pertanto risultano noti i bracci delle reazioni laterali ai concio.

$$(2) \quad F = \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{\sum_{i=1}^N B_i}$$

posto:

$$(3) \quad A_i = \left[ci + \left(\frac{dW}{b} + \frac{dX}{b} - u_i \right) \tan(f_i) \right] \frac{b}{ni}$$

$$(4) \quad ni = \frac{1 + \frac{\tan(a_i) \tan(f_i)}{F}}{1 + \tan^2(a_i)}$$

$$(5) \quad B_i = Q_i + K_h \cdot W_i + (dW + dX) \tan(a_i)$$

dove, oltre alle quantità già definite per il metodo di Bishop, si definiscono le ulteriori grandezze:

- $dW = W_i + P_i$
- P_i = forze verticali esterne agenti sul concio i
- Q_i = forze orizzontali sulla superficie esterna
- dX = differenza tra le forze tangenziali sulle superfici opposte del concio, che scaturiscono dallo equilibrio alla rotazione delle forze statiche e delle forze sismiche.



Il coefficiente di sicurezza F viene determinato in via iterativa ponendo al primo tentativo $dX = 0$ e $n_i = 1$.

4.5 METODO DI SARMA

Il metodo si basa sul calcolo recursivo delle reazioni mutue tra i conci, in modo da ottenere la convergenza con le condizioni al contorno.

L'incremento di componente verticale della reazione, da valle a monte, è dato da:

$$dX_i = \frac{\sum_{i=1}^N D_i \cdot (y_i - y_g)}{\sum_{i=1}^N Ps_i \cdot [(x_i - x_g) + (y_i - y_g) \tan(ff_i - a_i)]} Ps_i$$

essendo:

$$D_i = Wy_i \tan(ff_i - a_i) + \frac{cf_i \cdot b \cdot \cos(ff_i) \sec(a_i) - u_i \cdot b \cdot \sin(ff_i)}{\cos(a_i) \cos(ff_i) + \sin(a_i) \sin(ff_i)}$$

Sono note quindi le reazioni alla base del concio:

$$N_i = \frac{[Wy_i + dX_i - cf_i \cdot b \cdot \tan(a_i) + u_i \cdot b \cdot \tan(ff_i) \cdot \sin(a_i)] \cdot \cos(ff_i)}{\cos(a_i) \cos(ff_i) + \sin(a_i) \sin(ff_i)}$$
$$T_i = \frac{cf_i \cdot b \cdot \cos(ff_i) + (Wy_i + dX_i) \sin(ff_i) - u_i \cdot b \cdot \sin(ff_i) \cos(a_i)}{\cos(a_i) \cos(ff_i) + \sin(a_i) \sin(ff_i)}$$

e quindi l'incremento di componente orizzontale della reazione:

$$dE_i = T_i \cdot \cos(a_i) - N_i \cdot \sin(a_i) - Wx_i$$

dove, oltre alle quantità già definite per il metodo di Bishop, si definiscono le ulteriori grandezze:

$$- ffi = \arctan \frac{\tan(fi)}{F}$$



- $c_f = \frac{c_i}{F}$

- x_i, y_i = coordinate cartesiane del baricentro del concio
- x_G, y_G = coordinate cartesiane del baricentro della intera massa slittante
- W_y = peso proprio concio + risultante forze applicate e inerziali a componente verticale
- W_x = risultante delle forze applicate e inerziali a componente orizzontale
- Ψ = funzione di Sarma, funzione dello stato tensionale del singolo concio
- N_i = reazione normale alla base del concio i
- T_i = reazione tangenziale alla base del concio i



5 CONCLUSIONI

Le verifiche effettuate hanno permesso di calcolare i coefficienti di sicurezza dei pendii interessati dalle opere nelle diverse configurazioni possibili.

Per la sezione denominata Sezione 1 il coefficiente minimo calcolato è pari a 2.16 (metodo di Sarma superficie di rottura num. 25) sia nelle condizioni attuali sia nelle condizioni di progetto, per la Sezione 2 il coefficiente di sicurezza minimo è pari a 2.06 (metodo di SARMA superficie di rottura n. 23) nelle condizioni attuali, 2.09 nelle condizioni di progetto.

Tutti i valori risultano superiori al coefficiente minimo di 1.3 che consente di affermare che i pendii sono in condizioni di stabilità nelle diverse configurazioni analizzate.

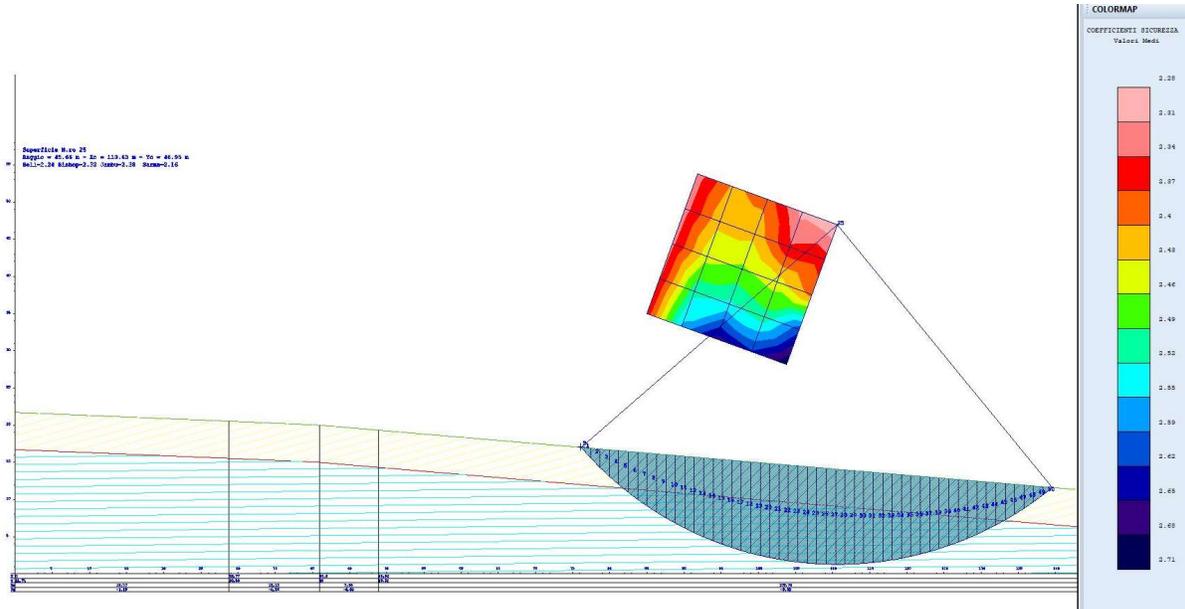
In conclusione si è verificato che le opere che saranno realizzate non arrecheranno pregiudizio alcuno alla statica dei terreni interessati potendo in questo modo affermare che il progetto risulta conforme alle norme tecniche sulle costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.

Nelle pagine seguenti si allegano i tabulati giustificativi dei calcoli effettuati e le immagini delle verifiche più significative.

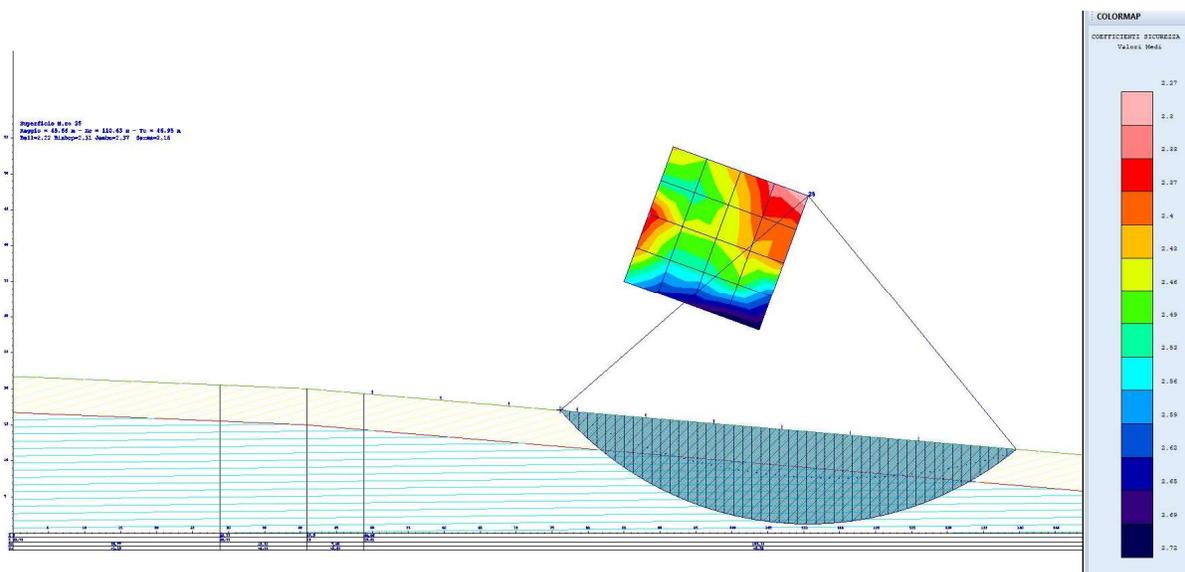


6 ALLEGATO A COLORMAP VERIFICHE

Verifica Sezione 1 – condizioni di stato attuale

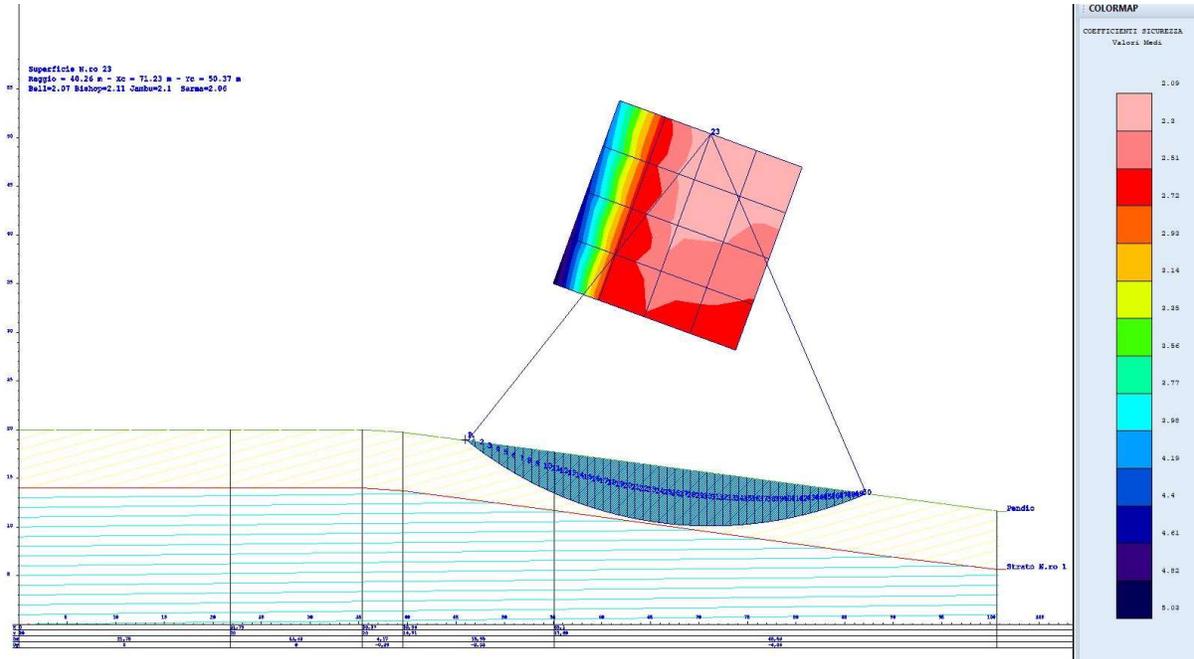


Verifica Sezione 1 – condizioni di stato di progetto

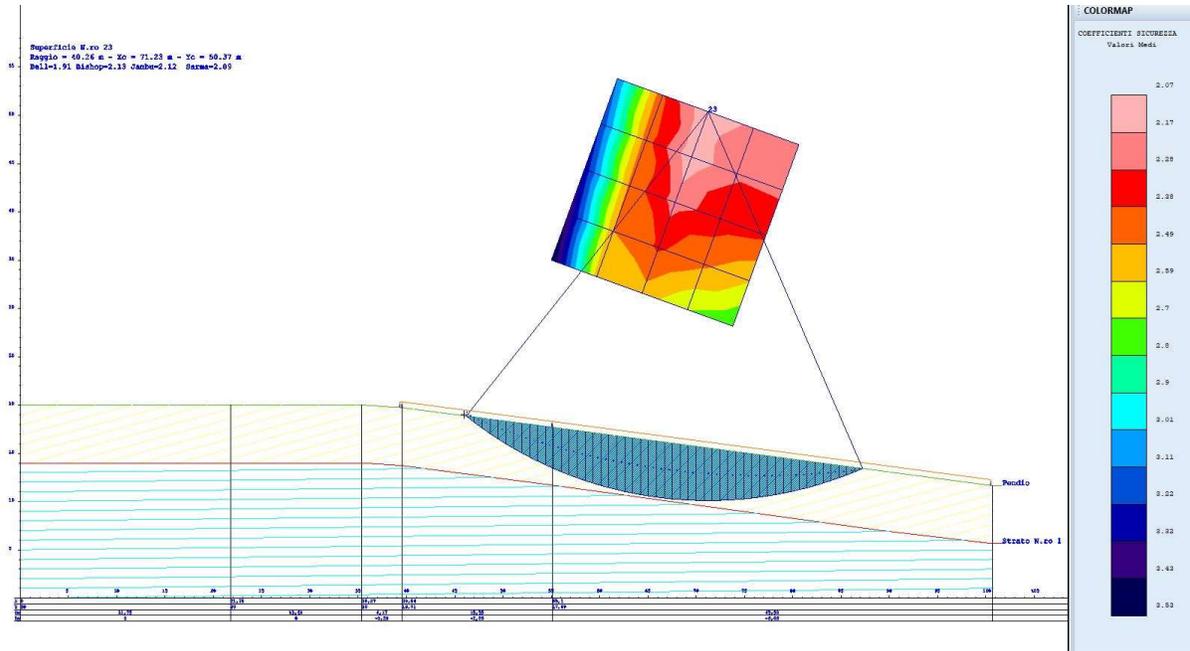




Verifica Sezione 2 – condizioni di stato attuale



Verifica Sezione 2 – condizioni di stato di progetto





7 ALLEGATO B TABULATI DI CALCOLO



- SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

Numero conci : *Numero di conci in cui è suddiviso il pendio*

Coefficiente sismico orizzontale : *Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia sismica orizzontale*

Coefficiente sismico verticale : *Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia sismica verticale*

Rapporto Hs/Hm : *Rapporto tra altezza della spinta e altezza del concio, nel metodo di Jambu*

Ascissa punto passaggio cerchio (m) : *Ascissa del punto di passaggio imposto per tutti i cerchi di scorrimento*

Ordinata punto passaggio cerchio (m) : *Ordinata del punto di passaggio imposto per tutti i cerchi di scorrimento*

Ascissa polo (m) : *Ascissa del primo punto centro del cerchio di scorrimento*



Ordinata polo (m)	: <i>Ordinata del primo punto centro del cerchio di scorrimento</i>
Numero righe maglia	: <i>Numero di punti lungo una linea verticale, centri di superfici di scorrimento</i>
Numero colonne maglia	: <i>Numero di punti lungo una linea orizzontale, centri di superfici di scorrimento</i>
Passo direzione 'X' (m)	: <i>Distanza in orizzontale tra i centri delle superficie di scorrimento circolari</i>
Passo direzione 'Y' (m)	: <i>Distanza in verticale tra i centri delle superficie di scorrimento circolari</i>



- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Str. N.ro	: Numero dello strato
Descrizione strato	: Descrizione sintetica dello strato
Coesione	: <i>Coesione</i>
Ang. attr.	: <i>Angolo di attrito interno del terreno dello strato in esame</i>
Densità	: <i>Peso specifico del terreno in situ</i>
D. Saturo	: <i>Peso specifico del terreno saturo</i>
Vert. N.ro	: <i>Numero del vertice della poligonale che definisce lo strato</i>
Ascissa / Ordinata	: <i>Coordinate dei vertici dello strato</i>



Verifica Geotecnica sezione Sezione 1 stato attuale

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO	
DATI GENERALI DI VERIFICA	
Tipo di pendio	Artificiale
Tipo Sato Limite Calcolato	SLV
Vita Nominale (Anni)	50
Classe d' Uso	TERZA
Longitudine Est (Grd)	15,732
Latitudine Nord (Grd)	41,045
Categoria Suolo	C
Coeff. Condiz. Topogr.	1,000
Probabilita' Pvr	0,100
Periodo di Ritorno Anni	712,000
Accelerazione Ag/g	0,235
Fattore Stratigrafia 'S'	1,358
Coeff. Sismico Kh	0,089
Coeff. Sismico Kv	0,044
Numero conci :	50
Numero elementi rigidi:	0
Tipo Superficie di rottura :	CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO
Rapporto Hs/Hm :	0,40
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa pto passaggio cerchio (m):	76,100
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	17,070
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m):	85,000
Ordinata Polo (m):	35,000
Numero righe maglia :	5,0
Numero colonne maglia :	5,0
Passo direzione 'X' (m) :	5,00
Passo direzione 'Y' (m) :	5,00
Rotazione maglia (Grd) :	-20,0
Peso specifico dell' acqua (t/mc) :	1,000
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA TABELLA M2	



DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA	
Tangente Resist. Taglio	1,25
Peso Specifico	1,00
Coesione Efficace (c'k)	1,25
Resist. a taglio NON drenata (cuk)	1,40
Coefficiente R2	1,20

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	0,00	21,71
						2	28,77	20,53
						3	40,90	20,00
						4	48,86	19,32
						5	158,60	10,00
						6	218,79	6,62
1	Sabbie lim	0,000	30,00	1,800	1,900	1	0,00	16,71
						2	28,77	15,53
						3	40,90	15,00
						4	48,86	14,32
						5	158,60	5,00
						6	218,79	1,62
2	argille lim	1,900	20,00	1,900	2,000			



COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO											
N.ro Cerchio critico : 25											
Cerchi	Xc	Yc	Rc	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx =	MP -	MP-	Sarma	Spencer
N.ro	(m)	(m)	(m)				C	Fx=sin	Fx=sin/2		
1	85,0	35,0	20,0	2,3722	2,3498	NON CONV.				2,3378	
2	89,7	33,3	21,2	2,6134	2,564	NON CONV.				2,5055	
3	94,4	31,6	23,4	2,7236	SCARTA TA	2,5992				NON CONV.	
4	99,1	29,9	26,3	2,773	NON CONV.	2,6283				2,4573	
5	103,8	28,2	29,8	2,9086	NON CONV.	2,7462				2,4635	
6	86,7	39,7	25,0	2,3577	2,3396	NON CONV.				2,3274	
7	91,4	38,0	25,9	2,533	2,4994	NON CONV.				NON CONV.	
8	96,1	36,3	27,7	2,6009	2,5792	2,4957				2,4498	
9	100,8	34,6	30,3	2,5878	2,5965	2,4786				2,3611	
10	105,5	32,9	33,4	2,665	NON CONV.	2,5417				NON CONV.	
11	88,4	44,4	30,0	2,3486	2,3334	NON CONV.				2,3209	
12	93,1	42,7	30,8	2,4845	2,4604	NON CONV.				2,4166	
13	97,8	41,0	32,3	2,5254	2,5152	2,4333				2,4072	
14	102,5	39,3	34,5	2,4747	2,491	2,3783				NON CONV.	
15	107,2	37,6	37,3	2,506	SCARTA TA	2,4033				2,2656	
16	90,1	49,1	35,0	2,3424	2,3295	NON CONV.				2,3167	
17	94,8	47,4	35,6	2,4525	2,4348	NON				2,3949	



COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO											
N.ro Cerchio critico : 25											
Cerchi	Xc	Yc	Rc	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx =	MP -	MP-	Sarma	Spencer
N.ro	(m)	(m)	(m)				C	Fx=sin	Fx=sin/2		
18	99,5	45,7	37,0	2,4717	2,4685	CONV.				2,3745	
19	104,2	44,0	38,9	2,3982	2,4182	2,311				2,2571	
20	108,9	42,3	41,4	2,4015	NON	2,312				NON	
					CONV.					CONV.	
21	91,8	53,8	40,0	2,3379	2,3269	NON				2,3134	
						CONV.					
22	96,5	52,1	40,5	2,43	2,417	NON				2,3791	
						CONV.					
23	101,2	50,4	41,7	2,4334	2,4353	2,3557				2,3507	
24	105,9	48,7	43,5	2,346	2,3706	2,2663				2,2287	
25	110,6	47,0	45,7	2,3264	2,3888	2,2478				2,1687	



Verifica Geotecnica sezione Sezione 1 stato di progetto

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO	
DATI GENERALI DI VERIFICA	
Tipo di pendio	Artificiale
Tipo Sato Limite Calcolato	SLV
Vita Nominale (Anni)	50
Classe d' Uso	TERZA
Longitudine Est (Grd)	15,732
Latitudine Nord (Grd)	41,045
Categoria Suolo	C
Coeff. Condiz. Topogr.	1,000
Probabilita' Pvr	0,100
Periodo di Ritorno Anni	712,000
Accelerazione Ag/g	0,235
Fattore Stratigrafia 'S'	1,358
Coeff. Sismico Kh	0,089
Coeff. Sismico Kv	0,044
Numero conci :	50
Numero elementi rigidi:	0
Tipo Superficie di rottura :	CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO
Rapporto Hs/Hm :	0,40
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa pto passaggio cerchio (m):	76,100
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	17,070
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m):	85,000
Ordinata Polo (m):	35,000
Numero righe maglia :	5,0
Numero colonne maglia :	5,0
Passo direzione 'X' (m) :	5,00
Passo direzione 'Y' (m) :	5,00
Rotazione maglia (Grd) :	-20,0
Peso specifico dell' acqua (t/mc) :	1,000
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA TABELLA M2	



DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA	
Tangente Resist. Taglio	1,25
Peso Specifico	1,00
Coesione Efficace (c'k)	1,25
Resist. a taglio NON drenata (cuk)	1,40
Coefficiente R2	1,20

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	0,00	21,71
						2	28,77	20,53
						3	40,90	20,00
						4	48,86	19,32
						5	158,60	10,00
						6	218,79	6,62
1	Sabbie Lim	0,000	30,00	1,800	1,900	1	0,00	16,71
						2	28,77	15,53
						3	40,90	15,00
						4	48,86	14,32
						5	158,60	5,00
						6	218,79	1,62
2	argille lim	1,900	20,00	1,900	2,000			

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 25											
Cerchi	Xc	Yc	Rc	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP- Fx=sin/2	Sarma	Spencer
N.ro	(m)	(m)	(m)								
1	85,0	35,0	20,0	2,5545	2,5326	NON				2,5208	



COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO											
N.ro Cerchio critico : 25											
Cerchi	Xc	Yc	Rc	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx =	MP -	MP-	Sarma	Spencer
N.ro	(m)	(m)	(m)				C	Fx=sin	Fx=sin/2		
2	89,7	33,3	21,2	2,6853	2,6355	CONV. NON CONV.				2,5794	
3	94,4	31,6	23,4	2,7537	SCARTA TA	2,5924				NON CONV.	
4	99,1	29,9	26,3	2,8003	NON CONV.	2,6309				NON CONV.	
5	103,8	28,2	29,8	2,9263	SCARTA TA	2,7469				2,4813	
6	86,7	39,7	25,0	2,4012	2,3847	NON CONV.				2,3753	
7	91,4	38,0	25,9	2,5554	2,5228	NON CONV.				2,477	
8	96,1	36,3	27,7	2,6094	SCARTA TA	2,472				2,4626	
9	100,8	34,6	30,3	2,5925	SCARTA TA	2,4628				2,3704	
10	105,5	32,9	33,4	2,6704	SCARTA TA	2,5327				NON CONV.	
11	88,4	44,4	30,0	2,3379	2,3243	NON CONV.				2,3144	
12	93,1	42,7	30,8	2,4818	2,4588	NON CONV.				2,4186	
13	97,8	41,0	32,3	2,5177	2,5074	2,3966				2,4039	
14	102,5	39,3	34,5	2,4692	NON CONV.	2,3543				NON CONV.	
15	107,2	37,6	37,3	2,5044	SCARTA TA	2,3883				2,2679	
16	90,1	49,1	35,0	2,5245	2,511	NON CONV.				2,4993	



COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO											
N.ro Cerchio critico : 25											
Cerchi	Xc	Yc	Rc	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP- Fx=sin/2	Sarma	Spencer
N.ro	(m)	(m)	(m)								
17	94,8	47,4	35,6	2,5412	2,5229	NON CONV.				2,4837	
18	99,5	45,7	37,0	2,5147	2,5111	2,3923				2,4177	
19	104,2	44,0	38,9	2,4264	2,4456	2,3141				2,2848	
20	108,9	42,3	41,4	2,3944	2,4599	2,2922				NON CONV.	
21	91,8	53,8	40,0	2,4344	2,4236	NON CONV.				2,4062	
22	96,5	52,1	40,5	2,4821	2,4691	NON CONV.				2,4324	
23	101,2	50,4	41,7	2,454	2,4566	2,3416				2,3724	
24	105,9	48,7	43,5	2,3627	2,386	2,2602				2,2463	
25	110,6	47,0	45,7	2,3161	2,3772	2,2254				2,1621	



Verifica Geotecnica sezione Sezione 2 stato attuale

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO	
DATI GENERALI DI VERIFICA	
Tipo di pendio	Artificiale
Tipo Sato Limite Calcolato	SLV
Vita Nominale (Anni)	50
Classe d' Uso	TERZA
Longitudine Est (Grd)	15,732
Latitudine Nord (Grd)	41,045
Categoria Suolo	C
Coeff. Condiz. Topogr.	1,000
Probabilita' Pvr	0,100
Periodo di Ritorno Anni	712,000
Accelerazione Ag/g	0,235
Fattore Stratigrafia 'S'	1,358
Coeff. Sismico Kh	0,089
Coeff. Sismico Kv	0,044
Numero conci :	50
Numero elementi rigidi:	0
Tipo Superficie di rottura :	CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO
Rapporto Hs/Hm :	0,40
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa pto passaggio cerchio (m):	46,000
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	19,000
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m):	55,000
Ordinata Polo (m):	35,000
Numero righe maglia :	5,0
Numero colonne maglia :	5,0
Passo direzione 'X' (m) :	5,00
Passo direzione 'Y' (m) :	5,00
Rotazione maglia (Grd) :	-20,0



DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA	
Peso specifico dell' acqua (t/mc) :	1,000
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA TABELLA M2	
Tangente Resist. Taglio	1,25
Peso Specifico	1,00
Coesione Efficace (c'k)	1,25
Resist. a taglio NON drenata (cuk)	1,40
Coefficiente R2	1,20

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	0,00	20,00
						2	21,76	20,00
						3	35,37	20,00
						4	39,55	19,72
						5	55,10	17,70
						6	100,70	11,64
1	Agille lim	1,900	20,00	1,900	2,000	1	0,00	14,00
						2	35,37	14,00
						3	39,55	13,72
						4	55,10	11,70
						5	88,91	7,03
						6	100,70	5,64
2	argille	2,000	25,00	2,000	2,100			



COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO											
N.ro Cerchio critico : 23											
Cerchi	Xc	Yc	Rc	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP- Fx=sin/2	Sarma	Spencer
N.ro	(m)	(m)	(m)								
1	55,0	35,0	18,4	5,0785	5,039	4,9941				5,024	
2	59,7	33,3	19,8	2,7008	2,6542	2,6545				2,6129	
3	64,4	31,6	22,3	2,5482	NON CONV.	2,5144				NON CONV.	
4	69,1	29,9	25,5	2,6716	SCARTA TA	2,6137				NON CONV.	
5	73,8	28,2	29,3	2,8201	SCARTA TA	2,7287				2,5467	
6	56,7	39,7	23,3	4,8201	4,7911	4,7398				4,7778	
7	61,4	38,0	24,5	2,679	2,6474	2,6341				2,614	
8	66,1	36,3	26,5	2,3909	2,3559	2,3589				2,2875	
9	70,8	34,6	29,3	2,4575	SCARTA TA	2,4184				NON CONV.	
10	75,5	32,9	32,6	2,5643	NON CONV.	2,502				NON CONV.	
11	58,4	44,4	28,3	4,5603	4,5379	4,4844				4,5255	
12	63,1	42,7	29,2	2,6603	2,6376	2,6161				2,6087	
13	67,8	41,0	31,0	2,2688	2,2477	2,2359				2,1908	
14	72,5	39,3	33,4	2,3379	2,3288	2,3051				2,2191	
15	77,2	37,6	36,3	2,4105	SCARTA TA	2,3627				2,2508	
16	60,1	49,1	33,2	4,3183	4,3004	4,2463				4,2885	
17	64,8	47,4	34,1	2,6378	2,6208	2,594				2,5948	
18	69,5	45,7	35,6	2,1323	2,1207	2,0958				2,0717	
19	74,2	44,0	37,7	2,2588	2,2552	2,2288				2,1637	
20	78,9	42,3	40,3	2,3356	NON CONV.	2,2927				2,2046	
21	61,8	53,8	38,2	4,0993	4,0847	4,0309				4,0729	
22	66,5	52,1	38,9	2,6106	2,5977	2,5674				2,5739	
23	71,2	50,4	40,3	2,1144	2,1069	2,0787				2,0634	



COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO											
N.ro Cerchio critico : 23											
Cerchi	Xc	Yc	Rc	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP- Fx=sin/2	Sarma	Spencer
N.ro	(m)	(m)	(m)								
24	75,9	48,7	42,1	2,2018	2,2018	2,173				2,1232	
25	80,6	47,0	44,5	2,299	2,3323	2,2598				2,1882	



Verifica Geotecnica sezione Sezione 2 stato di progetto

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO	
DATI GENERALI DI VERIFICA	
Tipo di pendio	Artificiale
Tipo Sato Limite Calcolato	SLV
Vita Nominale (Anni)	50
Classe d' Uso	TERZA
Longitudine Est (Grd)	15,732
Latitudine Nord (Grd)	41,045
Categoria Suolo	C
Coeff. Condiz. Topogr.	1,000
Probabilita' Pvr	0,100
Periodo di Ritorno Anni	712,000
Accelerazione Ag/g	0,235
Fattore Stratigrafia 'S'	1,358
Coeff. Sismico Kh	0,089
Coeff. Sismico Kv	0,044
Numero conci :	50
Numero elementi rigidi:	0
Tipo Superficie di rottura :	CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO
Rapporto Hs/Hm :	0,40
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa pto passaggio cerchio (m):	46,000
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	19,000
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m):	55,000
Ordinata Polo (m):	35,000
Numero righe maglia :	5,0
Numero colonne maglia :	5,0
Passo direzione 'X' (m) :	5,00
Passo direzione 'Y' (m) :	5,00
Rotazione maglia (Grd) :	-20,0
Peso specifico dell' acqua (t/mc) :	1,000



DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA	
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA TABELLA M2	
Tangente Resist. Taglio	1,25
Peso Specifico	1,00
Coesione Efficace (c'k)	1,25
Resist. a taglio NON drenata (cuk)	1,40
Coefficiente R2	1,20

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	0,00	20,00
						2	21,76	20,00
						3	35,37	20,00
						4	39,55	19,72
						5	55,10	17,70
						6	100,70	11,64
1	Agille lim	1,900	20,00	1,900	2,000	1	0,00	14,00
						2	35,37	14,00
						3	39,55	13,72
						4	55,10	11,70
						5	88,91	7,03
						6	100,70	5,64
2	argille	2,000	25,00	2,000	2,100			



COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO											
N.ro Cerchio critico : 23											
Cerchi	Xc	Yc	Rc	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx =	MP -	MP-	Sarma	Spencer
N.ro	(m)	(m)	(m)				C	Fx=sin	Fx=sin/2		
1	55,0	35,0	18,4	3,766	3,7487	2,8674				3,7465	
2	59,7	33,3	19,8	2,6507	2,6122	2,2986				2,5883	
3	64,4	31,6	22,3	2,6334	NON CONV.	2,4204				NON CONV.	
4	69,1	29,9	25,5	2,7853	SCARTA TA	2,6019				NON CONV.	
5	73,8	28,2	29,3	2,9366	SCARTA TA	2,7471				2,6846	
6	56,7	39,7	23,3	3,6358	3,6227	2,7891				3,62	
7	61,4	38,0	24,5	2,5958	2,5706	2,2391				2,5503	
8	66,1	36,3	26,5	2,4491	2,4166	2,2363				2,362	
9	70,8	34,6	29,3	2,5481	SCARTA TA	2,3841				NON CONV.	
10	75,5	32,9	32,6	2,6616	SCARTA TA	2,5037				NON CONV.	
11	58,4	44,4	28,3	3,5137	3,5031	2,7186				3,4999	
12	63,1	42,7	29,2	2,5584	2,5407	2,2005				2,5227	
13	67,8	41,0	31,0	2,3086	2,2894	2,0952				2,2435	
14	72,5	39,3	33,4	2,4142	SCARTA TA	2,2542				2,3069	
15	77,2	37,6	36,3	2,4535	SCARTA TA	2,317				2,3117	
16	60,1	49,1	33,2	3,4002	3,3914	2,6539				3,3878	
17	64,8	47,4	34,1	2,5265	2,5133	2,1704				2,4969	
18	69,5	45,7	35,6	2,1588	2,148	1,9467				2,1087	
19	74,2	44,0	37,7	2,3247	2,3212	2,1651				2,2391	
20	78,9	42,3	40,3	2,3359	NON CONV.	2,2078				2,223	
21	61,8	53,8	38,2	3,2954	3,2878	2,5942				3,2839	
22	66,5	52,1	38,9	2,496	2,4861	2,1441				2,4707	



COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO											
N.ro Cerchio critico : 23											
Cerchi	Xc	Yc	Rc	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP- Fx=sin/2	Sarma	Spencer
N.ro	(m)	(m)	(m)								
23	71,2	50,4	40,3	2,1329	2,1262	1,9194				2,091	
24	75,9	48,7	42,1	2,2597	2,2599	2,0993				2,1894	
25	80,6	47,0	44,5	2,2657	2,2968	2,1434				2,1725	