



REGIONE
SICILIANA



LIBERO CONSORZIO
COMUNALE DI PALERMO



COMUNE DI
CORLEONE



COMUNE DI
CONTESSA
ENTELLINA



COMUNE DI
MONREALE



COMUNE DI
PIANA DEGLI
ALBANESEI



COMMITTENTE:

RWE

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
via A. Doria, 41/G - 00192 ROMA (RM)
P.IVA/C.F. 06400370968
pec: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO CORLEONE-CONTESSA

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

PELE-P-0006

ID PROGETTO:

PELE

DISCIPLINA:

P

TIPOLOGIA:

R

FORMATO:

A4

TITOLO:

Relazione geotecnica

FOGLIO:

SCALA:

FILE:

PELE-P-0006_00.doc

Progetto:

**REWIND
energy**

REWIND ENERGY S.R.L.S.
viale Europa, 249 - 91011 ALCAMO (TP)
P.IVA/C.F. 02785820818
pec: rewindenergy@pec.it

ing. Riccardo Cangelosi

Riccardo Cangelosi



ing. Gaetano Scurto

Gaetano Scurto



Rev.	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	13.12.2022	PRIMA EMISSIONE	AB	GS	REWIND ENERGY

Indice generale

1	PREMESSE	2
1.1	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO	4
1.1.1	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	5
1.1.2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	5
1.1.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TECNICO.....	6
2	INFORMAZIONI SULL'ANALISI SVOLTA	6
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
2.2	REFERENZE TECNICHE (CAP. 12 D.M. 17.01.2018)	8
2.3	MISURA DELLA SICUREZZA	9
2.4	MODELLI DI CALCOLO	10
3	AZIONI APPLICATE	11
3.1	AZIONI AMBIENTALI E NATURALI	11
3.2	SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE	12
3.3	AZIONE SISMICA	12
3.4	COMBINAZIONI DI CALCOLO.....	13
4	VERIFICHE DI STABILITA'	15
4.1	GENERALITA'	15
4.2	METODO DI BELL	16
4.3	METODO DI BISHOP	17
4.4	METODO DI JAMBU.....	18
4.5	METODO DI SARMA	18
5	CONCLUSIONI	20
6	ALLEGATO A COLORMAP VERIFICHE	21
7	ALLEGATO B TABULATI DI CALCOLO	24

1 PREMESSE

La presente relazione ha lo scopo di illustrare le metodologie di calcolo applicate per le verifiche geotecniche dei pendii interessati dall'installazione delle turbine eoliche nell'ambito del parco eolico denominato "Leo" (di seguito il "Progetto" o "l'Impianto") - con potenza pari a 79,20 MW - che la società RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L. (di seguito la "Società" o "RWE") intende realizzare nei Comuni di Corleone e Contessa Entellina (PA) con impianti per la connessione che interessano i comuni di Monreale e Piana degli Albanesi (PA).

Il Progetto prevede l'installazione di 12 aerogeneratori eolici tripala, di potenza nominale pari a 6,60 MW ciascuno (per un totale installato di 79,20 MW).

Gli aerogeneratori scelti avranno un'altezza massima al mozzo di 115 m ed un diametro massimo del rotore di 170 m. Ogni torre sarà realizzata in acciaio suddivisa in diversi tronchi che poi saranno assemblati in situ. La torre sosterrà la navicella con all'interno le apparecchiature elettromeccaniche per la produzione elettrica. All'esterno della navicella, agganciate al mozzo, saranno installate le pale in vetroresina.

L'aggancio della torre alla fondazione avverrà tramite un concio speciale in acciaio annegato nel calcestruzzo (detto concio di fondazione o virola, o anchor cage).

Le strutture in elevazione saranno realizzate in acciaio, le strutture di fondazione saranno invece in calcestruzzo, con caratteristiche idonee all'impiego strutturale dimensionate in conformità al D.M. 17/01/2018.

Si descriveranno, nella presente relazione, 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. Le 2 sezioni sono state scelte perché rappresentano le condizioni più gravose che possono riscontrarsi all'interno delle aree interessate.

Il pendio individuato con il nome SEZ.01 ha una pendenza media di 19.19 %, pendenza massima di 20.00 %, si estende per circa 145 m in direzione nord-sud in corrispondenza della piazzola della turbina PELE07 (asse 07.1 sezione 57).

Il pendio individuato con il nome SEZ.02 ha una pendenza media del 27.38%, pendenza massima 28 %, si estende in direzione est-ovest per circa 100 m in corrispondenza della piazzola della turbina PELE01 (asse 07.1 sezione 117).

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.

Nelle figure seguenti si allegano le planimetrie con l'individuazione delle sezioni studiate.

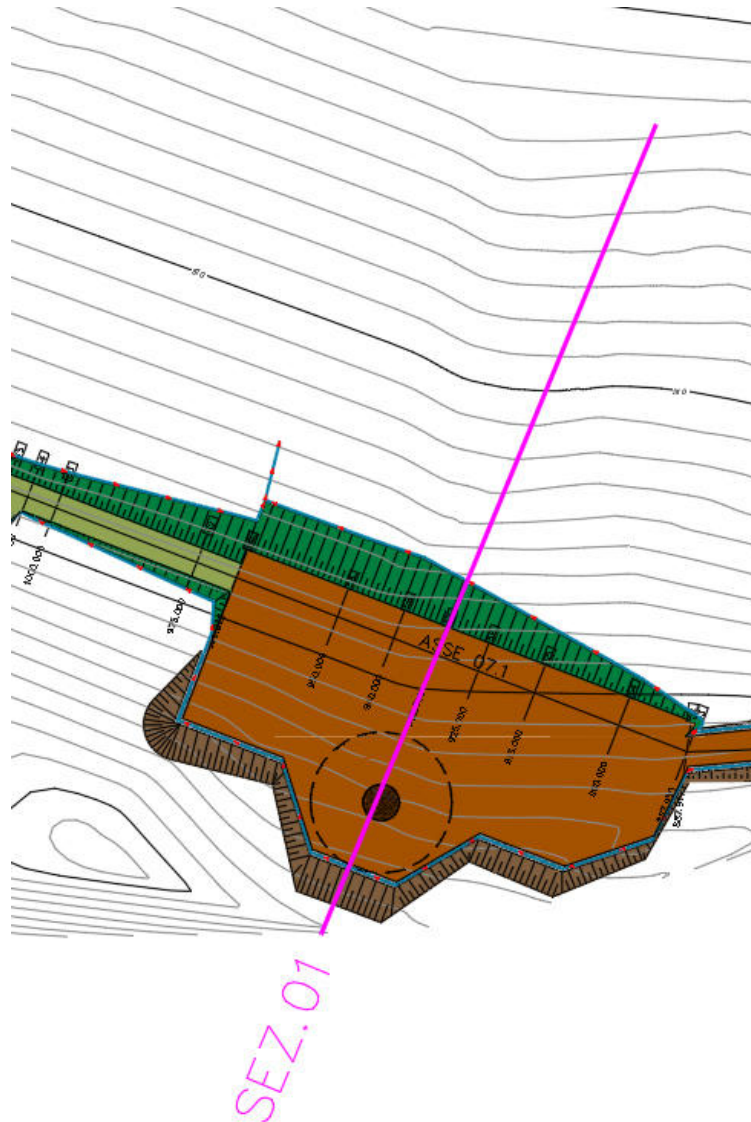


Figura 01 – Planimetria con indicazione della sezione di calcolo SEZ.01

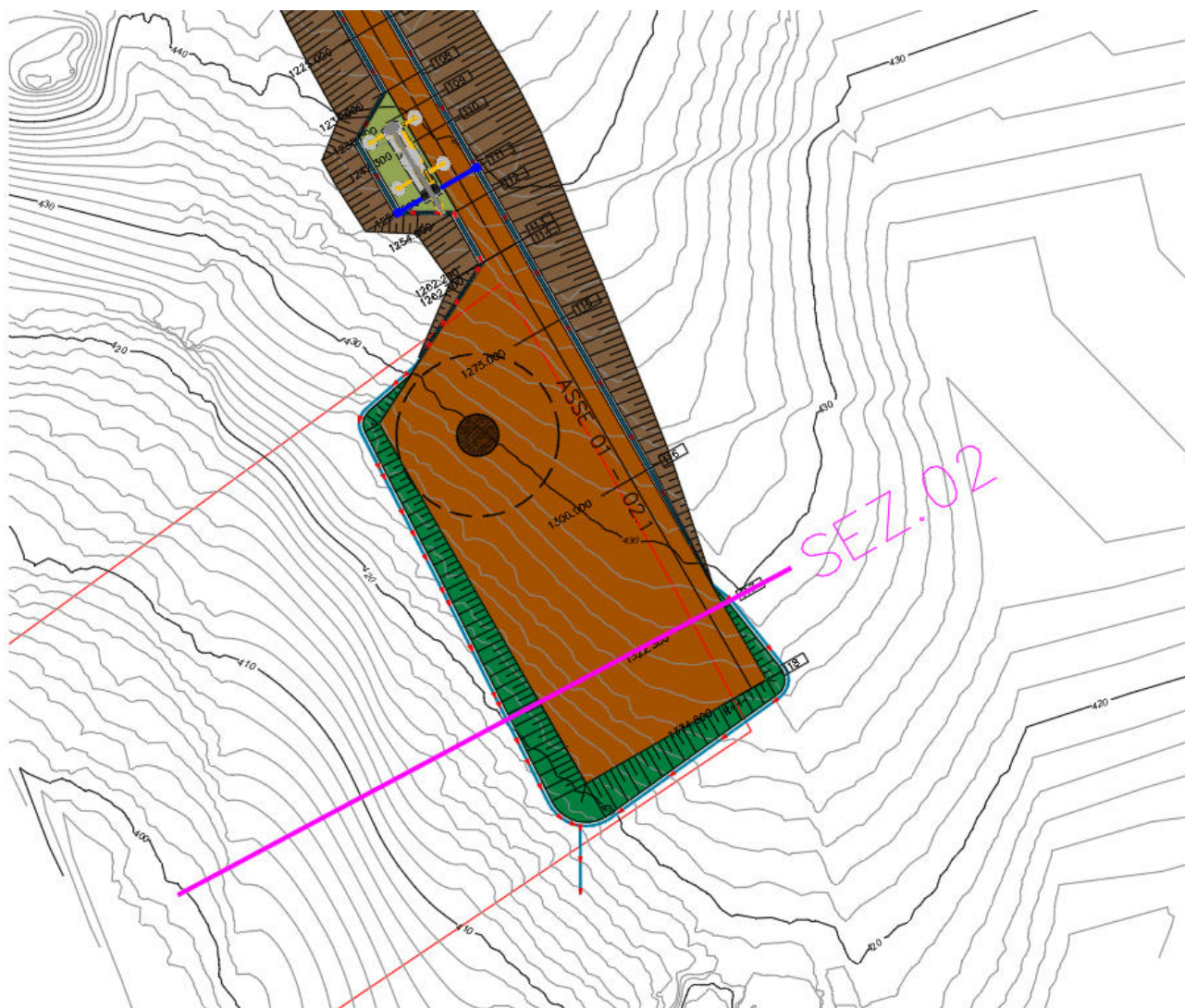


Figura 02 – Planimetria con indicazione della sezione di calcolo SEZ.02

1.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO

Il sito del costruendo impianto è ubicato nei territori dei Comuni di Corleone e Contessa Entellina (PA) ed è caratterizzato da una morfologia collinare.

L'area in oggetto interessa i Fogli IGM:

258 II N.O. aerogeneratori e cavidotto MT

258 I S.O. cavidotto MT e SET

L'area di interesse si estende lungo una sequenza di rilievi aventi un'altitudine media compresa tra i 465 e i 595 m circa s.l.m.

Per un più dettagliato inquadramento geografico dell'area in questione si rimanda alla corografia

d'impianto riportata in allegato al progetto.

Si riporta di seguito una sintesi, con il testo in corsivo, delle considerazioni geotecniche, geomorfologiche e idrogeologiche tratto dalla Relazione Geologica redatta dal Dott. Geol. Gualtiero Bellomo allegata al presente progetto.

1.1.1 Inquadramento geomorfologico

“Da un punto di vista geomorfologico, l’area vasta in cui sono ubicate le opere in progetto può essere divisa in tre settori:

- *un settore caratterizzato da un habitus geomorfologico piuttosto irregolare e contraddistinto dall’affioramento dei terreni riferibili a rocce coerenti (calcari, gessi, ect),*
- *un settore ad habitus geomorfologico regolare, caratterizzato da rilievi dolci e mammellonati dove prevalgono i litotipi argillosi e sabbiosi con frequenti fenomeni geodinamici sia attivi che quiescenti anche di notevoli proporzioni,*
- *una zona di fondovalle stabile dove affiorano i termini alluvionali recenti e terrazzati caratterizzati dalla presenza di limi sabbiosi, sabbie e ghiaie.*

.”

Dalle osservazioni geomorfologiche condotte risulta che l’area non presenta particolari fenomeni di dissesto e di instabilità che potrebbero compromettere l’opera in progetto.

1.1.2 Inquadramento idrogeologico

“Dal punto di vista idrogeologico l’area in studio è caratterizzata dall’affioramento di terreni diversi che, da un punto di vista idrogeologico, abbiamo suddiviso in 3 tipi di permeabilità prevalente:

- *Rocce permeabili per porosità: Si tratta di rocce incoerenti e coerenti caratterizzate da una permeabilità per porosità che varia al variare del grado di cementazione e delle dimensioni granulometriche dei terreni presenti. In particolare la permeabilità risulta essere media nella frazione sabbiosa fine mentre tende ad aumentare nei livelli sabbiosi grossolani e ghiaiosi. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti ai depositi alluvionali terrazzati e al Complesso Sabbioso Pliocenico.*
- *Rocce impermeabili: Questo complesso è costituito dalle argille che presentano fessure o pori di piccole dimensioni in cui l’infiltrazione si esplica tanto lentamente da essere considerate praticamente impermeabili. Si mette in evidenza, però, che l’acqua, riuscendo a permeare la frazione alterata superficiale ed aumentare le pressioni neutre, tende a destrutturare la frazione alterata azzerando la coesione e rendendola soggetta a possibili movimenti gravitativi lungo i versanti. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti al Complesso argilloso Pliocenico, alla frazione argilloso-marnosa della Fm. Terravecchia, alla Formazione Tavernola ed ai*

Trubi che nel sito di progetto si presentano argillificati.

- *Rocce permeabili per fratturazione e carsismo: Questa categoria comprende quelle rocce caratterizzate da una bassa o nulla porosità primaria ma che acquistano una permeabilità notevole a causa della fratturazione secondaria piuttosto articolata e dei fenomeni carsici per dissoluzione. Appartengono a questa categoria i litotipi afferenti alla frazione calcarea della Fm. Pasquasia e ai Gessi della Fm. Cattolica.”*

1.1.3 Inquadramento geologico-tecnico

“Da quanto desumibile dalle indagini geognostiche, geofisiche e geo-tecniche in situ ed in laboratorio eseguite in questa prima fase, i terreni che costituiscono il volume geotecnicamente significativo delle opere in progetto sono riferibili alle seguenti litologie: a) Depositi alluvionali terrazzati; b) Complesso Argilloso Pliocenico; c) Complesso Sabbioso Pliocenico; d) Trubi; e) Gessi (Fm. Cattolica); f) Calcari (Fm. Pasquasia); d) Fm. Terravecchia (Frazione argillosa); Argille Marnose (Formazione Tavernola).

Ne descriviamo singolarmente le caratteristiche litologiche e meccaniche così come desumibili dai dati ricavati durante le prove geognostiche, geofisiche e geotecniche, nonché dalle pubblicazioni scientifiche e dall’esperienza maturata su questi terreni, tenendo conto che in fase di progettazione esecutiva e di calcolo delle strutture fondali sarà necessario integrare le indagini eseguite di questa fase come descritto in premessa.

a) Depositi alluvionali terrazzati: Si tratta di rocce "pseudo-coerenti" costituite da sabbie e sabbie limose da scarsamente a mediamente addensate.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica, come è noto, non è possibile eseguire alcuna sperimentazione in laboratorio, può quindi farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall’esperienza maturata su questi terreni e dalle sperimentazioni scientifiche: $\varphi' = 30^\circ$; $c' = 0,0 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 1,9 \text{ kN/m}^3$.

b) Complesso Argilloso Pliocenico: si tratta di limi e limi argillosi di colore nocciola, da scarsamente a mediamente consistente e plastica quando alterata, mentre la frazione inalterata è costituita da argille limose di colore grigio da mediamente consistenti a consistenti, a tratti plastiche, a struttura omogenea. Per la caratterizzazione fisico-meccanica di tale complesso, il progettista può fare riferimento ai risultati delle prove di laboratorio eseguite nell’ambito del presente studio.

Frazione alterata: $j' = 28^\circ$, $c' = 34 \text{ kN/m}^2$, $\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$.

Frazione inalterata: $j' = 34^\circ$, $c' = 30 \text{ kN/m}^2$, $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$.

c) *Complesso Sabbioso Pliocenico: Si tratta di sabbie e sabbie limose di colore ocra, da scarsamente a mediamente addensate. Per la caratterizzazione fisico-meccanica, come è noto, non è possibile eseguire alcuna sperimentazione in laboratorio, può quindi farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni e dalle sperimentazioni scientifiche:*

$$j' = 25^\circ, c' = 10 \text{ kN/m}^2, \gamma = 191,0 \text{ kN/m}^3.$$

d) *Trubi – Frazione argillificata: limi marnosi di colore beige e biancastro, da mediamente consistenti a consistenti, a tratti plastici, a struttura omogenea con tracce di ossidazione rossastre. Per la caratterizzazione fisico-meccanica di tale complesso, il progettista può fare riferimento ai risultati delle prove di laboratorio eseguite nell'ambito del presente studio: $j' = 28^\circ$, $c' = 23 \text{ kN/m}^2$, $\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$.*

e) *Gessi: sono formati da cristalli geminati a "ferro di lancia" cristallini e fratturati, sono stratificati in banchi. Per la caratterizzazione fisico-meccanica di questi terreni su cui, come è noto, non è possibile alcuna sperimentazione in laboratorio, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni e dalle sperimentazioni scientifiche: $j' = 40^\circ$, $c' = 22 \text{ kN/m}^2$, $\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$. I valori di resistenza a compressione sono compresi tra $10\text{-}40 \text{ N/mm}^2$.*

f) *Calcari: si tratta di calcari marnosi molto teneri, friabili, intensa-mente fratturati e stratificati molto teneri, friabili, intensamente fratturati e stratificati, carciati.*

Per la caratterizzazione fisico-meccanica, come è noto, non è possibile eseguire alcuna sperimentazione in laboratorio, può quindi farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni, dalle sperimentazioni scientifiche: $\phi' = 35^\circ$, $C' = 20,0 \text{ kN/m}^2$, $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$.

g) *Fm.Terravecchia (Frazione argillosa): si tratta di "rocce pseudocoerenti" costituite da limi e limi sabbiosi da scarsamente a mediamente consistenti mentre la frazione inalterata da argille ed argille sabbiose consistenti, di colore grigio con intercalati sottili livelli sabbiosi. Per la caratterizzazione fisico-meccanica può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni e dalle sperimentazioni scientifiche:*

$$\text{Frazione alterata: } j' = 28^\circ, c' = 25 \text{ kN/m}^2, \gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3.$$

$$\text{Frazione inalterata: } j' = 30^\circ, c' = 30 \text{ kN/m}^2, \gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3.$$

h) Fm. Tavernola (Frazione Argillo-marnosa): si tratta di marne e peliti grigio-verdastre. La frazione alterata prevalentemente costituita da limi argillosi si presenta scarsamente consistente e mediamente plastica mentre le marne e marne argillose consistenti costituiscono la frazione inalterata. Per la caratterizzazione fisico-meccanica può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni, dalle sperimentazioni scientifiche: $\varphi' = 24^\circ$, $C' = 30,0 \text{ kN/m}^2$, $\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$.

INFORMAZIONI SULL'ANALISI SVOLTA

1.2 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.

1.3 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

1.4 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.

1.5 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.

2 AZIONI APPLICATE

2.1 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 P_{VR} :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
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.

2.2 SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE

Le verifiche sono state condotte tenendo in conto delle azioni trasmesse dall'aerogeneratore e dalle gru di montaggio.

In particolare si è considerato un carico distribuito sulle piazzole di montaggio pari a 2 T/mq per considerare la fase di costruzione dell'impianto.

Al fine di evitare la distorsione del calcolo dovuto all'effetto stabilizzante del carico posto al piede del pendio, il carico è stato applicato solo sulla porzione di monte dove l'effetto è destabilizzante per il pendio.

2.3 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.

2.4 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_{Gi} e γ_{Qj} 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 ψ_{2j} sono riportati nella Tabella 2.5.I del DM. 17/01/2018.

3 VERIFICHE DI STABILITA'

3.1 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 dell'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.

3.2 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:

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

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

3.3 METODO DI BISHOP

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

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

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

dove:

- N = numero di conci in cui e' suddiviso il pendio
- ci = coesione alla base del concio i
- b = larghezza del concio
- Wi = peso del concio
- ui = pressione interstiziale alla base
- fi = angolo di attrito del terreno alla base del concio
- ai = inclinazione della base del concio
- Kv = 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.

3.4 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 conci.

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

posto:

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

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

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

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 $n_i = 1$.

3.5 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:

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

essendo:

$$D_i = W y_i \tan(\text{ffi} - a_i) + \frac{c f_i \cdot b \cdot \cos(\text{ffi}_i) \sec(a_i) - u_i \cdot b \cdot \sin(\text{ffi}_i)}{\cos(a_i) \cos(\text{ffi}_i) + \sin(a_i) \sin(\text{ffi}_i)}$$

Sono note quindi le reazioni alla base del concio:

$$N_i = \frac{[W y_i + dX_i - c f_i \cdot b \cdot \tan(a_i) + u_i \cdot b \cdot \tan(\text{ffi}_i) \cdot \sin(a_i)] \cdot \cos(\text{ffi}_i)}{\cos(a_i) \cos(\text{ffi}_i) + \sin(a_i) \sin(\text{ffi}_i)}$$

$$T_i = \frac{c f_i \cdot b \cdot \cos(\text{ffi}_i) + (W y_i + dX_i) \sin(\text{ffi}_i) - u_i \cdot b \cdot \sin(\text{ffi}_i) \cos(a_i)}{\cos(a_i) \cos(\text{ffi}_i) + \sin(a_i) \sin(\text{ffi}_i)}$$

e quindi l'incremento di componente orizzontale della reazione:

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

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

$$- \text{ffi} = \arctan \frac{\tan(\hat{f})}{F}$$

$$- c f = \frac{c_i}{F}$$

- x_i, y_i = coordinate cartesiane del baricentro del concio

- x_G, y_G = coordinate cartesiane del baricentro della intera massa slittante

- $W y_i$ = peso proprio concio + risultante forze applicate e inerziali a componente verticale

- $W x_i$ = risultante delle forze applicate e inerziali a componente orizzontale

- P_{S_i} = 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

4 CONCLUSIONI

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

In particolare si è studiata la condizione del pendio attuale e successivamente la condizione del pendio dopo la realizzazione delle opere

Per la sezione denominata SEZ.01 il coefficiente minimo calcolato nella condizione attuale è pari a 1.74 (metodo di Sarma superficie di rottura num. 24), per la stessa sezione SEZ.01 il coefficiente di sicurezza minimo in condizioni di progetto è pari a 1.39 (metodo di Bell superficie di rottura n. 23).

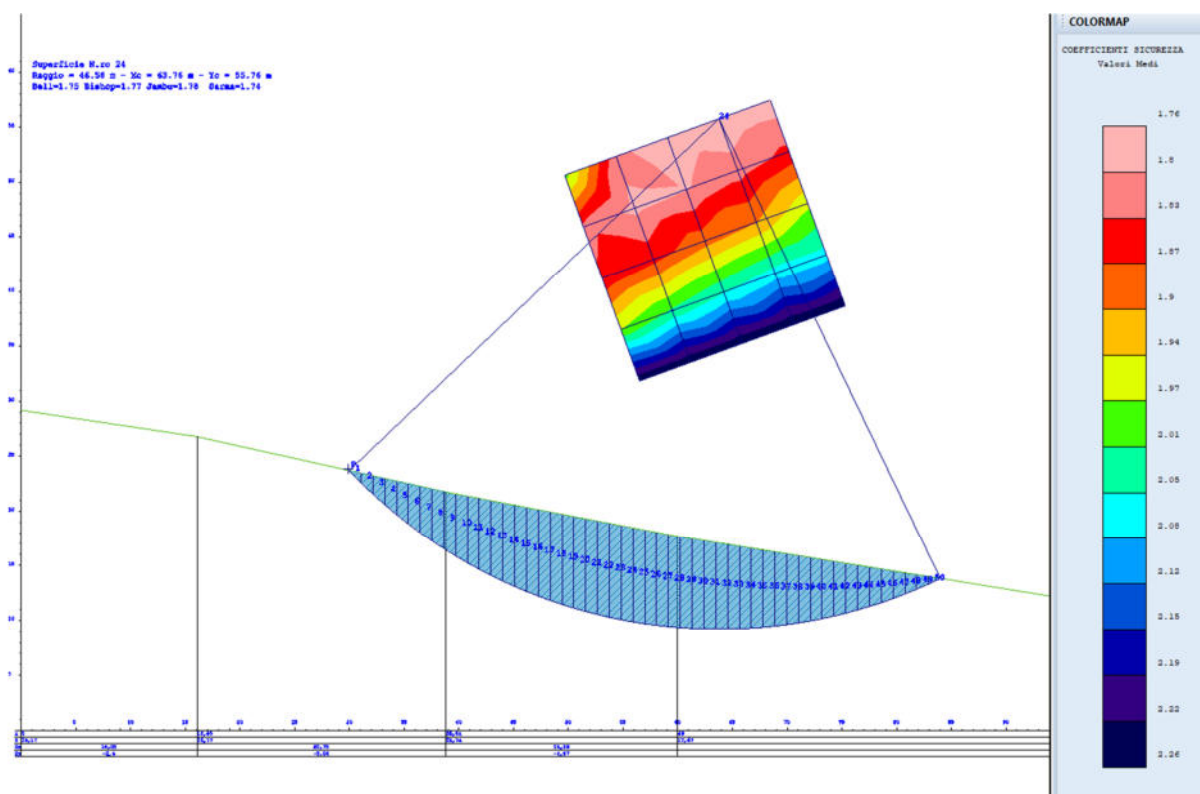
Per la sezione denominata SEZ.02 il coefficiente minimo calcolato nella condizione attuale è pari a 1.68 (metodi di Sarma superficie di rottura num. 25), per la stessa sezione SEZ.02 il coefficiente di sicurezza minimo in condizioni di progetto è pari a 1.37 (metodi di Bishop, Sarma superficie di rottura n. 25).

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.

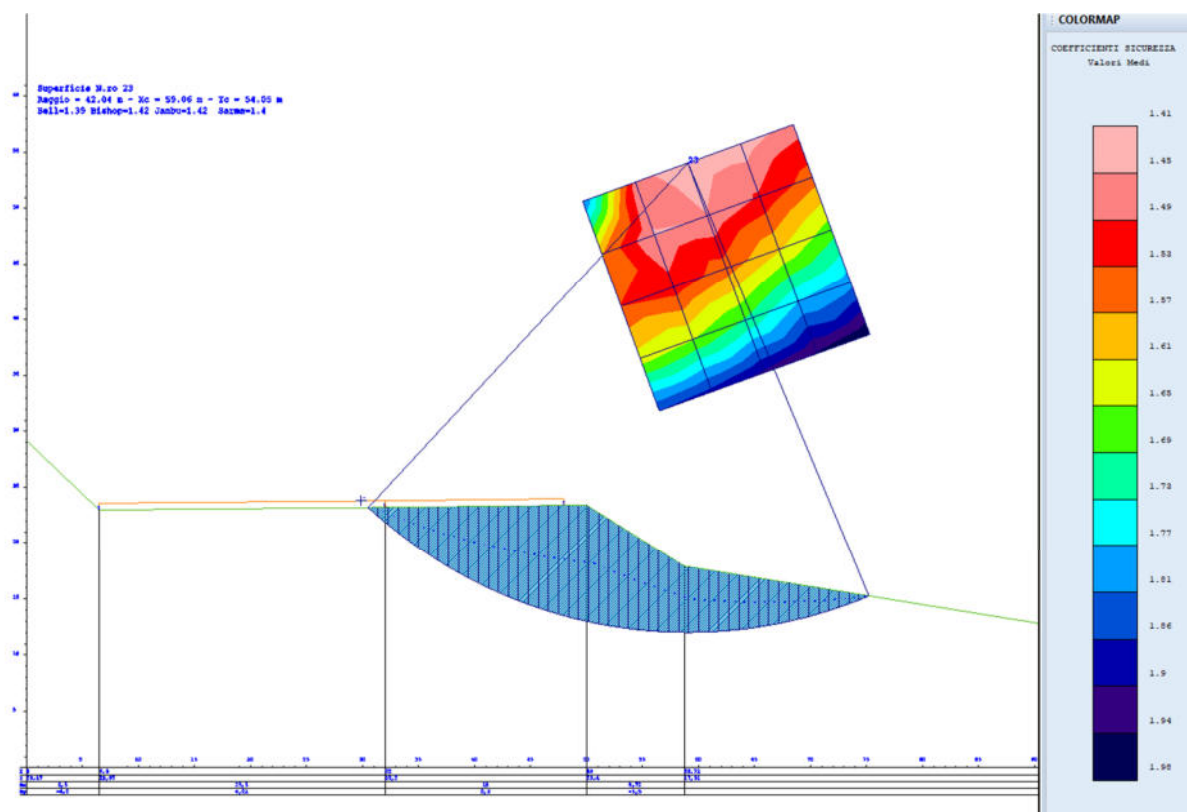
In conclusione si è verificato che le opere che saranno realizzate non arrecheranno pregiudizio alcuno alla statica dei terreni interessati potendo in questo modo affermare che il progetto risulta conforme alle norme tecniche sulle costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.

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

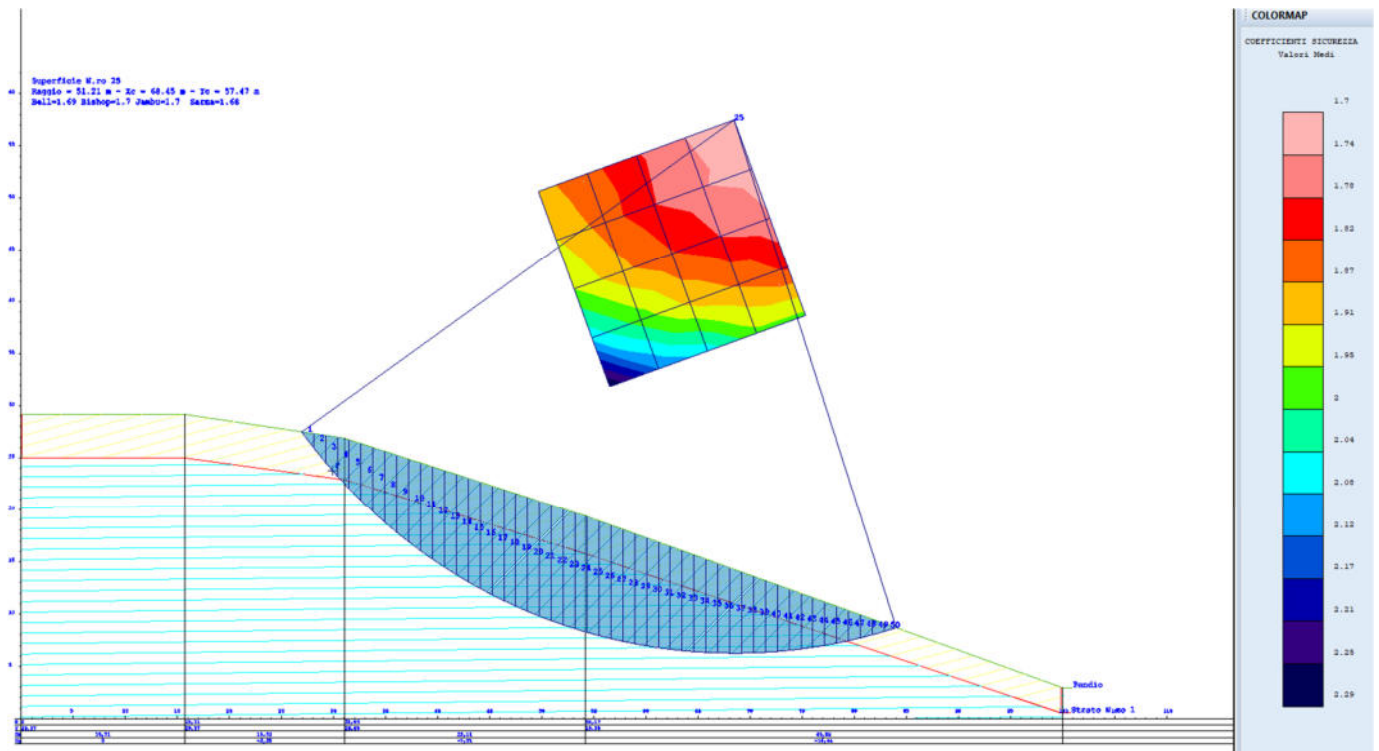
5 ALLEGATO A COLORMAP VERIFICHE



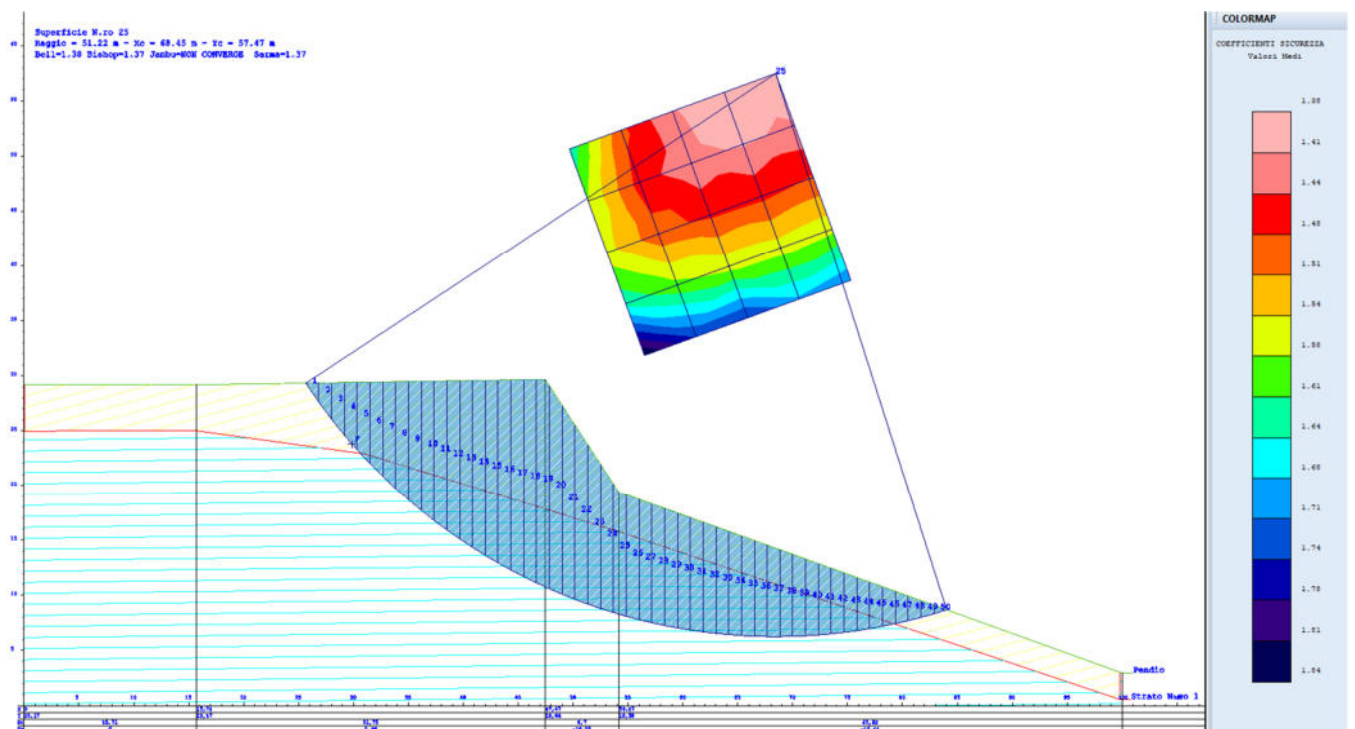
Verifica Sez.01 Condizioni attuali– superficie di rottura 24



Verifica Sez.01 Condizioni di progetto – superficie di rottura 24



Verifica Sez.02 – Condizioni attuali - superficie di rottura 25



Verifica Sez.02 - Condizioni di progetto- superficie di rottura 25

6 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) : *Ordinata del primo punto centro del cerchio di scorrimento*

Numero righe maglia : *Numero di punti lungo una linea verticale, centri di superfici di scorrimento*

Numero colonne maglia : *Numero di punti lungo una linea orizzontale, centri di superfici di scorrimento*

Passo direzione 'X' (m) : *Distanza in orizzontale tra i centri delle superficie di scorrimento circolari*

Passo direzione 'Y' (m) : *Distanza in verticale tra i centri delle superficie di scorrimento circolari*

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

- Verifica Geotecnica sezione Sez.01 Condizioni attuali**

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO	
DATI GENERALI DI VERIFICA	
Tipo di pendio	Artificiale
Tipo Sato Limite Calcolato	SLV
Vita Nominale (Anni)	50
Classe d' Uso	QUARTA
Longitudine Est (Grd)	13,231
Latitudine Nord (Grd)	37,782
Categoria Suolo	C
Coeff. Condiz. Topogr.	1,000
Probabilita' Pvr	0,100
Periodo di Ritorno Anni	949,000
Accelerazione Ag/g	0,193
Fattore Stratigrafia 'S'	1,412
Coeff. Sismico Kh	0,065
Coeff. Sismico Kv	0,032
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):	29,868
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	23,808
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m):	56,505
Ordinata Polo (m):	31,840
Numero righe maglia :	5,0

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA	
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	
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	29,18
		2	16,06	26,78				
		3	38,81	21,74				
		4	60,00	17,68				
		5	145,00	3,98				
1	Complesso	1,000	25,00	1,900	2,000			

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 24											
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
1	56,5	31,8	27,8	2,2899	SCARTATA	2,2206				NON CONV.	
2	61,2	33,5	32,8	2,2911	SCARTATA	2,2209				NON CONV.	
3	65,9	35,3	37,8	2,2925	NON CONV.	2,2216				NON CONV.	
4	70,6	37,0	42,8	2,2931	NON CONV.	2,2217				NON CONV.	
5	75,3	38,7	47,8	2,2928	NON CONV.	2,2211				NON CONV.	
6	54,8	36,5	28,0	2,0039	NON CONV.	1,9694				1,946	
7	59,5	38,2	33,0	2,035	NON CONV.	1,9961				NON CONV.	
8	64,2	40,0	37,9	2,0624	SCARTATA	2,0198				NON CONV.	
9	68,9	41,7	42,9	2,0848	NON CONV.	2,0391				NON CONV.	
10	73,6	43,4	47,9	2,1028	SCARTATA	2,0547				2,0275	
11	53,1	41,2	29,0	1,854	1,8447	1,8346				1,8117	
12	57,8	42,9	33,8	1,8746	1,8756	1,8515				1,8256	
13	62,5	44,7	38,7	1,9039	1,9193	1,8772				1,8489	
14	67,2	46,4	43,6	1,9324	NON CONV.	1,9024				1,8721	
15	71,9	48,1	48,5	1,9578	2,0117	1,9249				NON CONV.	
16	51,4	45,9	30,9	1,8383	1,8291	1,8237				1,8113	
17	56,1	47,6	35,4	1,8017	1,7975	1,7856				1,7681	
18	60,8	49,4	40,1	1,8098	1,8139	1,7912				1,7695	
19	65,5	51,1	44,8	1,8302	1,8457	1,809				1,7838	
20	70,2	52,8	49,6	1,8532	1,8832	1,8295				1,8013	
21	49,7	50,6	33,3	1,9973	1,9897	1,9824				1,9806	
22	54,4	52,3	37,6	1,8208	1,8153	1,8069				1,799	
23	59,1	54,1	42,0	1,7772	1,7761	1,7623				1,7493	
24	63,8	55,8	46,6	1,774	1,78	1,7574				1,74	
25	68,5	57,5	51,2	1,7852	1,801	1,7668				1,7456	

Verifica Geotecnica sezione Sez.01 – Condizioni 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	QUARTA
Longitudine Est (Grd)	13,231
Latitudine Nord (Grd)	37,782
Categoria Suolo	C
Coeff. Condiz. Topogr.	1,000
Probabilita' Pvr	0,100
Periodo di Ritorno Anni	949,000
Accelerazione Ag/g	0,193
Fattore Stratigrafia 'S'	1,412
Coeff. Sismico Kh	0,065
Coeff. Sismico Kv	0,032
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):	29,868
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	23,808
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m):	56,505
Ordinata Polo (m):	31,840
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	
Tangente Resist. Taglio	1,25
Peso Specifico	1,00
Coazione 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	Coazione 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	29,18
						2	6,50	22,98
						3	32,00	23,20
						4	50,00	23,40
						5	58,72	17,91
						6	145,00	3,98
1	Complesso	1,000	25,00	1,900	2,000			

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO											
N.ro Cerchio critico : 23				Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)								
1	56,5	31,8	27,8	1,8845	SCARTATA	1,826				NON CONV.	
2	61,2	33,5	32,8	1,9003	NON CONV.	1,8425				NON CONV.	
3	65,9	35,3	37,8	1,9355	NON CONV.	1,8765				NON CONV.	
4	70,6	37,0	42,8	1,9728	NON CONV.	1,9121				NON CONV.	
5	75,3	38,7	47,8	2,0081	SCARTATA	1,9456				NON CONV.	
6	54,8	36,5	28,0	1,649	1,654	1,6134				1,597	
7	59,5	38,2	33,0	1,6664	SCARTATA	1,6326				NON CONV.	
8	64,2	40,0	37,9	1,7151	NON CONV.	1,6792				NON CONV.	
9	68,9	41,7	42,9	1,7684	1,8204	1,7299				NON CONV.	
10	73,6	43,4	47,9	1,8188	SCARTATA	1,7774				NON CONV.	
11	53,1	41,2	29,0	1,5495	1,5451	1,5161				1,5071	
12	57,8	42,9	33,8	1,5214	1,5265	1,4964				1,4854	
13	62,5	44,7	38,7	1,5597	1,575	1,5354				1,5251	
14	67,2	46,4	43,6	1,6143	1,6422	1,5882				1,5792	
15	71,9	48,1	48,5	1,67	1,7136	1,6416				NON CONV.	
16	51,4	45,9	30,9	1,598	1,5889	1,5496				1,5628	
17	56,1	47,6	35,4	1,4605	1,4592	1,4333				1,4328	
18	60,8	49,4	40,1	1,4621	1,4676	1,4411				1,4358	
19	65,5	51,1	44,8	1,5045	1,5183	1,4842				1,4767	
20	70,2	52,8	49,6	1,5569	1,5814	1,5356				1,5269	
21	49,7	50,6	33,3	1,8571	1,8449	1,7678				1,8224	
22	54,4	52,3	37,6	1,4888	1,4839	1,4496				1,4661	
23	59,1	54,1	42,0	1,42	1,4205	1,3959				1,4006	
24	63,8	55,8	46,6	1,4345	1,4405	1,4152				1,4142	
25	68,5	57,5	51,2	1,4756	1,4888	1,4571				1,4527	

Verifica Geotecnica sezione Sez.02 – Condizioni attuali

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO	
DATI GENERALI DI VERIFICA	
Tipo di pendio	Artificiale
Tipo Sato Limite Calcolato	SLV
Vita Nominale (Anni)	50
Classe d' Uso	QUARTA
Longitudine Est (Grd)	13,231
Latitudine Nord (Grd)	37,782
Categoria Suolo	C
Coeff. Condiz. Topogr.	1,000
Probabilita' Pvr	0,100
Periodo di Ritorno Anni	949,000
Accelerazione Ag/g	0,193
Fattore Stratigrafia 'S'	1,412
Coeff. Sismico Kh	0,065
Coeff. Sismico Kv	0,032
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):	29,868
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	23,808
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m):	56,505
Ordinata Polo (m):	31,840
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	
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	29,18
						2	15,72	29,18
						3	31,05	26,89
						4	54,17	19,39
						5	100,00	2,95
1	Complesso	1,000	25,00	1,900	2,000	1	0,02	24,97
						2	15,71	25,00
						3	31,09	22,88
						4	54,34	15,71
						5	99,81	0,56

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)
2	complesso	3,000	34,00	1,900	2,000			

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 25											
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
1	56,5	31,8	27,8	2,2583	NON CONV.	2,2158				2,4066	
2	61,2	33,5	32,8	2,1433	NON CONV.	2,1046				NON CONV.	
3	65,9	35,3	37,8	2,0513	NON CONV.	2,0166				2,1181	
4	70,6	37,0	42,8	1,9816	NON CONV.	1,9496				NON CONV.	
5	75,3	38,7	47,8	1,9788	SCARTATA	1,9482				NON CONV.	
6	54,8	36,5	28,0	2,0678	NON CONV.	2,0483				2,0777	
7	59,5	38,2	33,0	1,9811	NON CONV.	1,9619				1,9863	
8	64,2	40,0	37,9	1,9086	SCARTATA	1,8904				NON CONV.	
9	68,9	41,7	42,9	1,8717	NON CONV.	1,8518				NON CONV.	
10	73,6	43,4	47,9	1,8273	NON CONV.	1,808				NON CONV.	
11	53,1	41,2	29,0	1,9586	NON CONV.	1,952				1,9458	
12	57,8	42,9	33,8	1,8851	NON CONV.	1,8763				1,8717	
13	62,5	44,7	38,7	1,8346	1,8335	1,8238				1,8212	
14	67,2	46,4	43,6	1,7889	NON CONV.	1,7777				1,7758	
15	71,9	48,1	48,5	1,7545	NON CONV.	1,7429				1,742	
16	51,4	45,9	30,9	1,9176	SCARTATA	1,9154				1,9044	
17	56,1	47,6	35,4	1,8553	NON CONV.	1,8523				1,8406	
18	60,8	49,4	40,1	1,7909	1,7814	1,7864				1,7758	
19	65,5	51,1	44,8	1,7472	1,751	1,741				1,7318	
20	70,2	52,8	49,6	1,7168	1,7267	1,7088				1,7013	
21	49,7	50,6	33,3	1,8882	1,8746	1,8876				1,8777	
22	54,4	52,3	37,6	1,8467	1,8373	1,8457				1,8353	
23	59,1	54,1	42,0	1,7919	1,7855	1,7888				1,7791	
24	63,8	55,8	46,6	1,7437	1,7422	1,7398				1,7301	
25	68,5	57,5	51,2	1,701	1,7046	1,6958				1,6868	

Verifica Geotecnica sezione Sez.02 – Condizioni 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	QUARTA
Longitudine Est (Grd)	13,231
Latitudine Nord (Grd)	37,782
Categoria Suolo	C
Coeff. Condiz. Topogr.	1,000
Probabilita' Pvr	0,100
Periodo di Ritorno Anni	949,000
Accelerazione Ag/g	0,193
Fattore Stratigrafia 'S'	1,412
Coeff. Sismico Kh	0,065
Coeff. Sismico Kv	0,032
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):	29,868
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	23,808
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m):	56,505
Ordinata Polo (m):	31,840
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	
Tangente Resist. Taglio	1,25
Peso Specifico	1,00
Coazione 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	Coazione 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	29,18
						2	15,72	29,18
						3	47,47	29,66
						4	54,17	19,39
						5	100,00	2,95
1	Complesso	1,000	25,00	1,900	2,000	1	0,02	24,97
						2	15,71	25,00
						3	31,09	22,88
						4	54,34	15,71
						5	99,81	0,56

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)
2	complesso	3,000	34,00	1,900	2,000			

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 25											
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
1	56,5	31,8	27,8	1,8101	NON CONV.	1,7945				1,9293	
2	61,2	33,5	32,8	1,7508	NON CONV.	1,7342				NON CONV.	
3	65,9	35,3	37,8	1,7144	NON CONV.	1,6975				1,8307	
4	70,6	37,0	42,8	1,6925	NON CONV.	1,6749				NON CONV.	
5	75,3	38,7	47,8	1,7193	NON CONV.	1,7003				NON CONV.	
6	54,8	36,5	28,0	1,6346	SCARTATA	1,6355				1,6272	
7	59,5	38,2	33,0	1,58	SCARTATA	1,5815				1,5938	
8	64,2	40,0	37,9	1,5643	NON CONV.	1,5622				NON CONV.	
9	68,9	41,7	42,9	1,5611	SCARTATA	1,5565				NON CONV.	
10	73,6	43,4	47,9	1,557	NON CONV.	1,5507				1,5934	
11	53,1	41,2	29,0	1,5656	SCARTATA	1,5708				1,5307	
12	57,8	42,9	33,8	1,4878	SCARTATA	1,4959				1,4737	
13	62,5	44,7	38,7	1,4686	SCARTATA	1,4746				1,4663	
14	67,2	46,4	43,6	1,4638	NON CONV.	1,4679				1,4695	
15	71,9	48,1	48,5	1,4757	NON CONV.	1,476				1,4854	
16	51,4	45,9	30,9	1,588	NON CONV.	1,5924				1,545	
17	56,1	47,6	35,4	1,4668	SCARTATA	1,4753				1,4428	
18	60,8	49,4	40,1	1,4156	SCARTATA	1,4262				1,4046	
19	65,5	51,1	44,8	1,4049	NON CONV.	1,4135				1,4008	
20	70,2	52,8	49,6	1,4109	NON CONV.	1,4165				1,4109	
21	49,7	50,6	33,3	1,6534	SCARTATA	1,6508				1,6004	
22	54,4	52,3	37,6	1,4921	NON CONV.	1,4968				1,4629	
23	59,1	54,1	42,0	1,4132	1,4161	1,4213				1,3965	
24	63,8	55,8	46,6	1,3828	SCARTATA	1,3928				1,3746	
25	68,5	57,5	51,2	1,3743	NON CONV.	1,3826				1,3704	