



REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI CATANIA
COMUNE DI RAMACCA

PROGETTO:

Impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare denominato "PESCE"

Progetto Definitivo

PROPONENTE:

UKA SOLAR RAMACCA, SRL
Via Ombrone, 14
00198 ROMA



ELABORATO:

RGT- Relazione Geotecnica

PROGETTISTI COORDINATORI :

BLC s.r.l.
 Via Umberto Giordano, 152 - 90133 Palermo (PA)
 P.IVA 07007040822

Ing. Eugenio Bordonali



Ing. Gabriella Lo Cascio



Scala:

PROGETTISTI :

Ing. Riccardo Cangelosi

Riccardo Cangelosi



Ing. Gaetano Scurto



Tavola:

RGT

Data:

31 Marzo 2023

Rev.

Data

Descrizione

00

31/03/2023

Prima emissione

Indice generale

1	PREMESSE.....	2
1.1	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO.....	4
1.2.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO.....	4
1.2.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO.....	5
1.2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
2	INFORMAZIONI SULL'ANALISI SVOLTA.....	11
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	11
2.2	REFERENZE TECNICHE (CAP. 12 D.M. 17.01.2018).....	11
2.3	MISURA DELLA SICUREZZA.....	11
2.4	MODELLI DI CALCOLO.....	12
3	AZIONI APPLICATE.....	13
3.1	AZIONI AMBIENTALI E NATURALI.....	13
3.2	SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE.....	14
3.3	AZIONE SISMICA.....	14
3.4	COMBINAZIONI DI CALCOLO.....	14
4	VERIFICHE DI STABILITA'.....	16
4.1	GENERALITA'.....	16
4.2	METODO DI BELL.....	17
4.3	METODO DI BISHOP.....	18
4.4	METODO DI JAMBU.....	19
4.5	METODO DI SARMA.....	20
5	CONCLUSIONI.....	22
6	ALLEGATO A COLORMAP VERIFICHE.....	23
7	ALLEGATO B TABULATI DI CALCOLO.....	26

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 fotovoltaico con potenza di picco del generatore pari a 42,773 MWp ca., distinto in lotti e sito in agro del comune di Ramacca (CT).

L'impianto, sarà di tipo grid-connected in modalità trifase (collegata direttamente alla rete elettrica di distribuzione). L'impianto di generazione fotovoltaica in progetto sarà installato direttamente a terra con struttura in acciaio zincato e l'energia elettrica da essi prodotta verrà convogliata ai gruppi di conversione (inverters) ed ai trasformatori di tensione distribuiti all'interno dell'area di impianto.

L'impianto fotovoltaico in oggetto sarà composto da un totale di 61.544 moduli fotovoltaici, suddivisi in 12 sottocampi, in silicio monocristallino con tecnologia bifacciale di potenza nominale di 695 W ciascuno.

I moduli saranno montati su strutture ad inseguimento (n. 642 strutture da 84 moduli e n. 136 strutture di 56) l'inclinazione e l'orientamento variano in modo che il piano della superficie captante sia costantemente perpendicolare ai raggi solari.

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 addotta alla stazione di utente di consegna mediante cavi interrati collegati tra loro ad albero.

Conformemente al preventivo di connessione di cui alla nota del 07/10/2020 del gestore di rete, TERNA s.p.a. - la cui titolarità è in capo alla UKA SOLAR RAMACCA SRL come da nota del 27/06/2022 e successiva modifica del 06/02/2023 del medesimo gestore di rete – la connessione dell'impianto alla Rete di Trasmissione dell'energia Elettrica (RTN) avverrà presso una nuova stazione elettrica (SE) RTN 380/150/36 kV da inserire in entra – esce sulla futura linea RTN a 380 kV "Chiaramonte Gulfi- Ciminna", di cui al Piano di Sviluppo Terna.

Il presente progetto prevede pertanto il posizionamento di pannelli fotovoltaici su tracker con montaggio dei moduli elevati di 2.78 m da terra, in condizione di rotazione dei moduli stessi paralleli al terreno. L'altezza minima raggiunta dai pannelli in condizione di massima rotazione è di 0.50 m da terra, l'altezza massima raggiunta dai pannelli in condizione di massima rotazione è di 4.80 m da terra.

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.

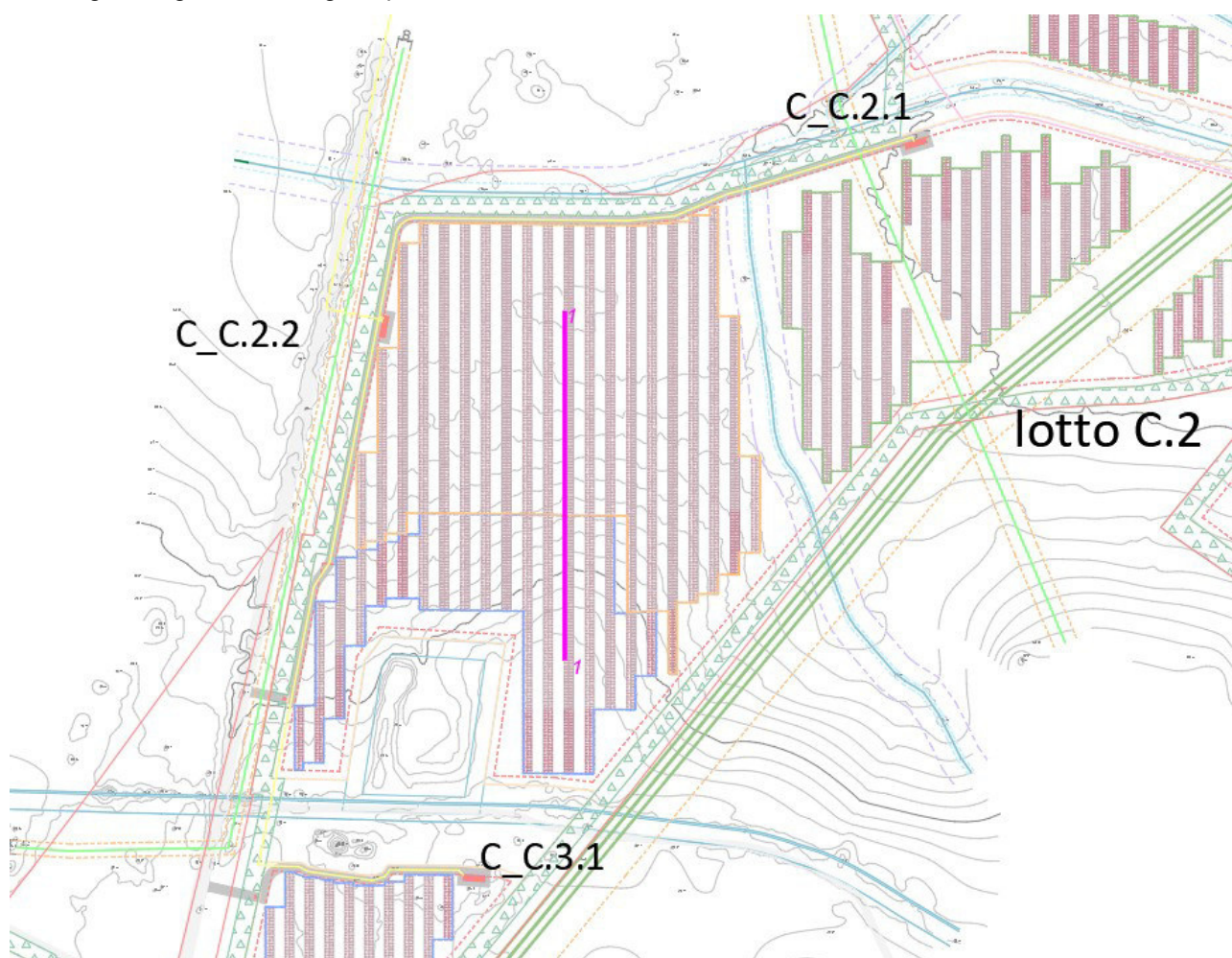
Il pendio individuato con il nome "Sezione 1" ha una pendenza media di 7 % e si estende per circa 200 m in direzione nord-sud all'interno del Lotto C.

Il pendio individuato con il nome "Sezione 2" ha una pendenza media del 5% e si estende in direzione nord-sud per circa 200 m all'interno del Lotto A2.

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.



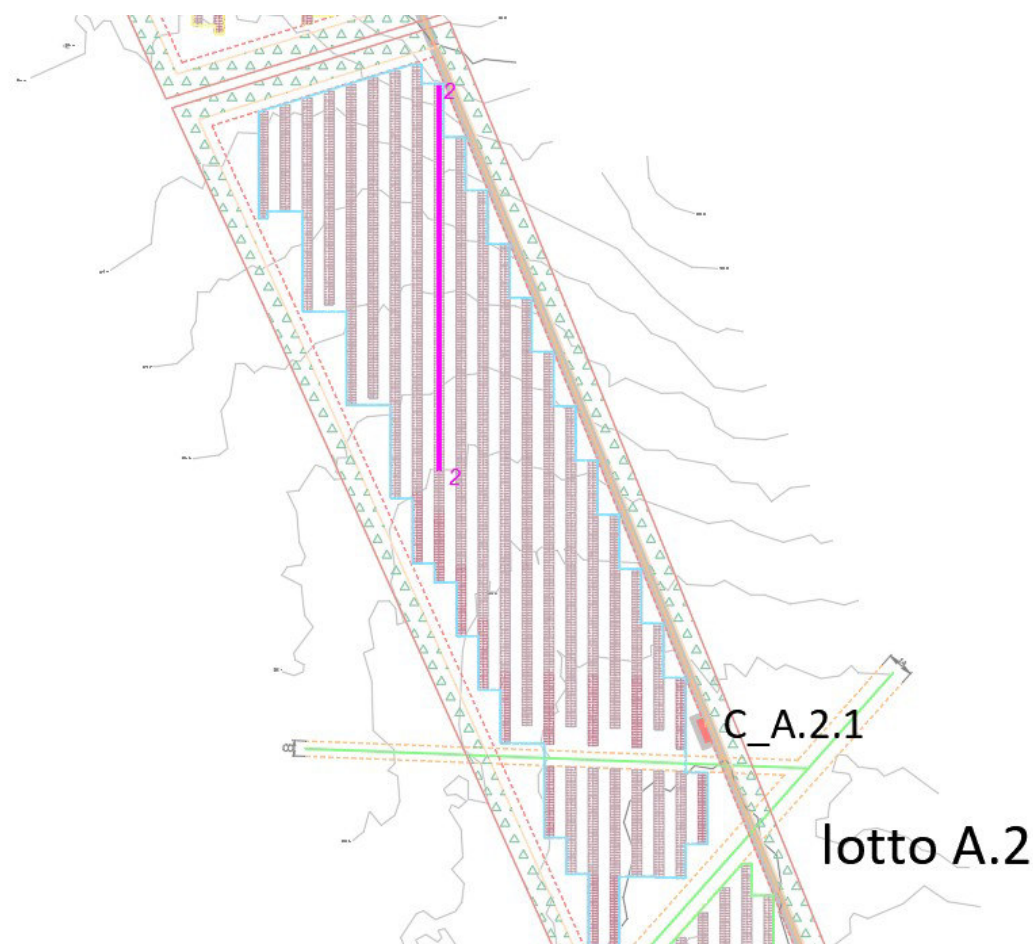


Figura 01 – Planimetria con indicazione della sezione di calcolo

1.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO

Il sito del costruendo impianto fotovoltaico è ubicato all'interno del comune di Ramacca, nella parte orientale della Sicilia, ad ovest del territorio provinciale di Catania.

La localizzazione del progetto è così definita:

- Provincia: Catania;
- Comune: Ramacca;
- Contrada: Pesce (impianto fotovoltaico) e Albospino (stazioni elettriche);
- Rif. Carte Tecniche Regionali: n. 632120, 632160, 633130 e 633140;
- Rif. IGM: Foglio 269 - Quadrante III, Tavolette NO, NE e SE;

1.2.1 Inquadramento geografico e morfologico

Per la caratterizzazione geomorfologica e idrogeologica del sito si rimanda alla Relazione Geologica redatta dal Dott. Geol. Ignazio Giuffrè allegata al presente progetto.

1.2.2 Inquadramento geologico e geotecnico

Si riporta di seguito un estratto della relazione geologica redatta dal dott. Geol. Ignazio Giuffrè.

“Dall’osservazione degli elementi di superficie e da quanto riportato in letteratura geologica specializzata i litotipi presenti nel territorio che saranno interessati dall’installazione dell’impianto fotovoltaico sono di seguito sotto elencati:

- *Subsistema di Regalizie (SPK1). È costituito da un’alternanza di livelli sabbiosi di colore giallastro, con lenti di limi e limi sabbiosi, di livelli limoso - argillosi e livelli conglomeratici. (Lotto A1 e A2);*
- *Deposito alluvionale recente (bb). Sono costituiti da limo, più raramente limo-sabbia di colore bruno e limo-ghiaia con ciottoli quarzarenitici di diametro tra 2 e 25 cm; sabbia a grana da fine a grossolana, ghiaia-sabbia. (Lotto B, C1, C2 parte, C3);*
- *Formazione delle argille grigio-azzurre (FAG). E’ costituita da argille grigio-azzurre giallastre all’alterazione, massive o a stratificazione poco evidente. (Lotto D, C1, C2 parte);*
- *Formazione di Castellana Sicula (SIC). È costituita da argille siltoso-marnose di colore grigio, a stratificazione indistinta, con intercalazioni di siltiti ed areniti quarzose di colore giallastro, più frequenti nella parte inferiore della formazione. (SSE).*

Sulla base di studi e ricerche effettuati su terreni appartenenti a tale formazione è possibile stimare i seguenti valori:

- $\gamma = 19,12$ KN/m³ peso dell’unità di volume
- $c' = 19$ KN/m² coesione
- $\phi' = 24^\circ$ peso dell’unità di volume

1.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio interessato dall’installazione dell’impianto è costituito da aree lievemente collinari con quote variabili tra 50 e 120 metri sul livello del mare. Di seguito si riportano due immagini per una immediata localizzazione del sito interessato dall’impianto, mentre per un più dettagliato inquadramento geografico dell’area in questione si rimanda alle tavole in allegato.



Figura 1 Inquadramento geografico del sito di interesse (fuori scala).

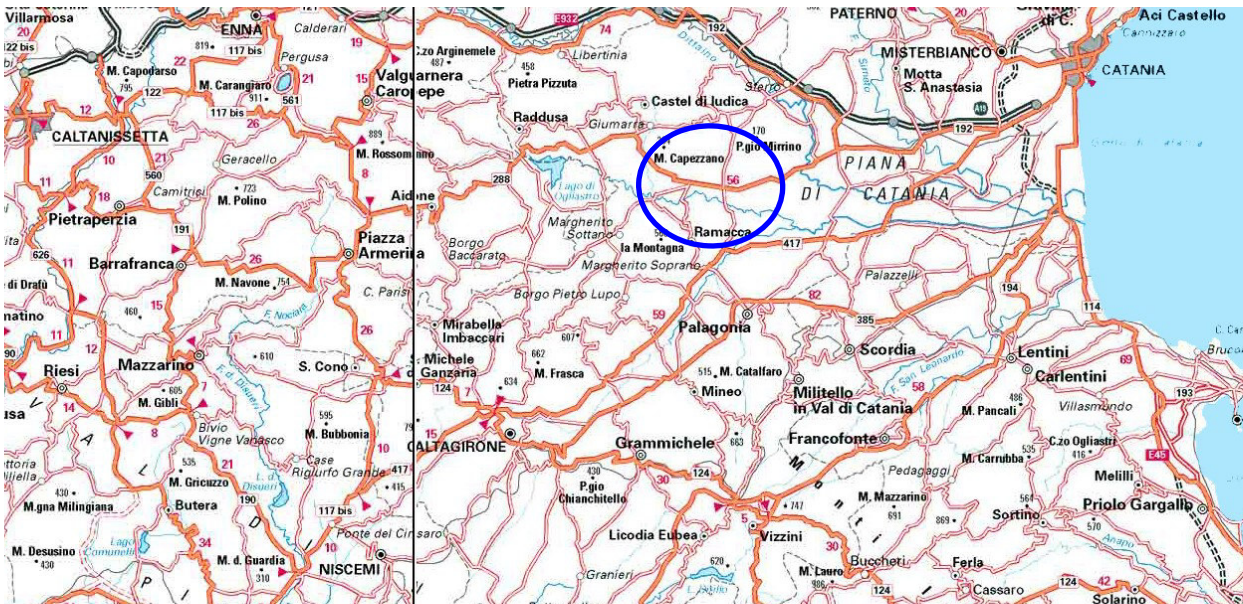


Figura 2 localizzazione sito (fuori scala).

L'impianto è distinto nei seguenti lotti tutti ricadenti all'interno del territorio comunale di Ramacca:

lotto	sub-lotto	potenza [MW]
A	A.1	3.172
	A.2	7.784
B	B	1.187
C	C.1	10.022
	C.2	10.606
	C.3	1.168
D	D	8.835
totale		42.773



Figura 3 Area lotti fotovoltaici su foto satellitare (fonte Google LLC.)

L'area dell'impianto fotovoltaico (strutture sostegno pannelli, viabilità, cabine, fascia tagliafuoco etc.) è pari a: 68.6 ha ca. entro cui ricadono:

- Area per le colture/allevamenti di cui alla Relazione Progetto Agrovoltaico: 56.4 ha ca. tra i filari di pannelli;
- Area coperta da laghetti artificiali preesistenti: 0.9 ha ca. (non pannellata);
- Fascia tagliafuoco: 5.6 ha ca. (non pannellata);
- Area fasce di 10 m contermini agli impluvi e canali preesistenti: 3.3 ha ca. (non pannellata).

Pertanto si prevede di lasciare incolte soltanto le aree strettamente non coltivabili in corrispondenza della viabilità e delle cabine di impianto, per un totale pari a 2.4 ha ca. .

La committenza si impegna inoltre a realizzare su aree al di fuori dei 68.6 ha ca. d'impianto e comunque nella propria disponibilità, ulteriori aree a verde per: 25.9 ha ca. di cui:

- Area fascia arborata di 10 m. di separazione e protezione dell'impianto fotovoltaico: 13.4 ha ca.;

- Area coperta da laghetti artificiali preesistenti: 0.3 ha ca. (non pannellata);
- Aree esterne: 12.2 ha ca. entro cui ricadono le colture/allevamenti di cui alla Relazione Progetto Agrovoltaico.

Le opere di rete per la connessione, funzionali alla connessione di una pluralità di iniziative di produzione, sono state oggetto di apposito tavolo tecnico presso il gestore di rete. Nell'ambito di tale tavolo, altro operatore (ITS MEDORA S.R.L. titolare della procedura n° 1235 di VIA-Verifica di Assoggettabilità presso il portale di Valutazioni Ambientali della Regione Sicilia), nella qualità di capofila per la progettazione delle opere di rete, ha provveduto alla progettazione della nuova stazione elettrica di consegna 380/150/36 kV e dei relativi raccordi alla linea RTN a 380 kV "Chiaramonte Gulfi- Ciminna". La stazione è stata prevista in c.da Albospino nel comune di Ramacca (CT) ad una altitudine di 230 m s.l.m. ca..

Si prevede di realizzare una stazione elettrica di utenza a 36 kV nei pressi della Stazione RTN al fine di alloggiare le apparecchiature elettromeccaniche di controllo e regolazione.



Figura 4 Area lotti fotovoltaici (in viola) con percorso cavidotto (in blu) e area impianti di connessione alla rete (in bianco) su foto satellitare (fonte Google LLC.)

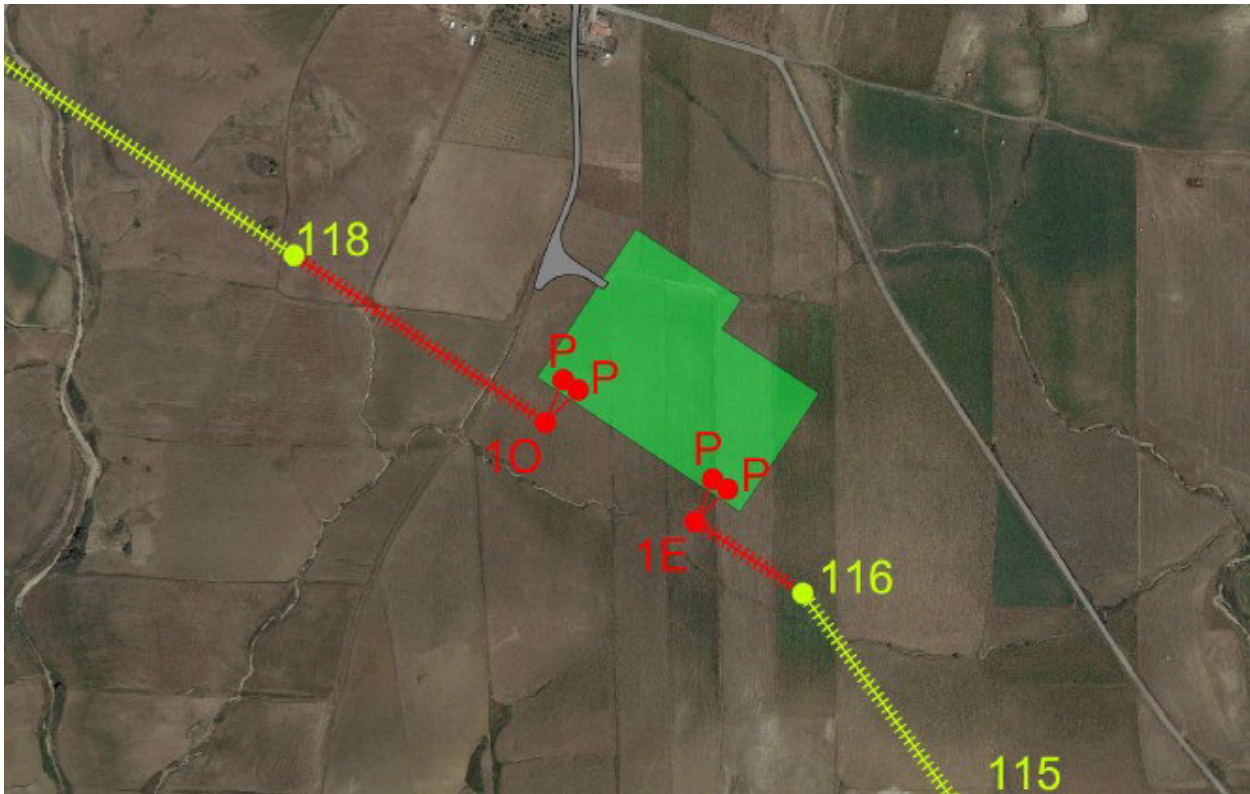


Figura 5 Area Stazione Elettrica della Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN)
"Raddusa" 380/150/36 kV con raccordi a 380kV su ortofoto

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 caricodistribuito 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_{G1} 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.

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:

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

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.

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

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

- 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 concii.

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

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 $n_i = 1$.

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:

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

essendo:

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

Sono note quindi le reazioni alla base del concio:

$$N_i = \frac{[W y_i + dX_i - c_f \cdot b \cdot \tan(a_i) + u_i \cdot b \cdot \tan(ff_i) \cdot \sin(a_i)] \cdot \cos(ff_i)}{\cos(a_i) \cos(ff_i) + \sin(a_i) \sin(ff_i)}$$

$$T_i = \frac{c_f \cdot b \cdot \cos(ff_i) + (W y_i + dX_i) \sin(ff_i) - u_i \cdot b \cdot \sin(ff_i) \cos(a_i)}{\cos(a_i) \cos(ff_i) + \sin(a_i) \sin(ff_i)}$$

e quindi l'incremento di componente orizzontale della reazione:

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

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

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

$$- \text{cf} = \frac{c_i}{F}$$

- xi, yi = coordinate cartesiane del baricentro del concio

- xG, yG = coordinate cartesiane del baricentro della intera massa slittante

- Wy = peso proprio concio + risultante forze applicate e inerziali a componente verticale

- W_{xi} = risultante delle forze applicate e inerziali a componente orizzontale
- Ψ_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

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 n. 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.

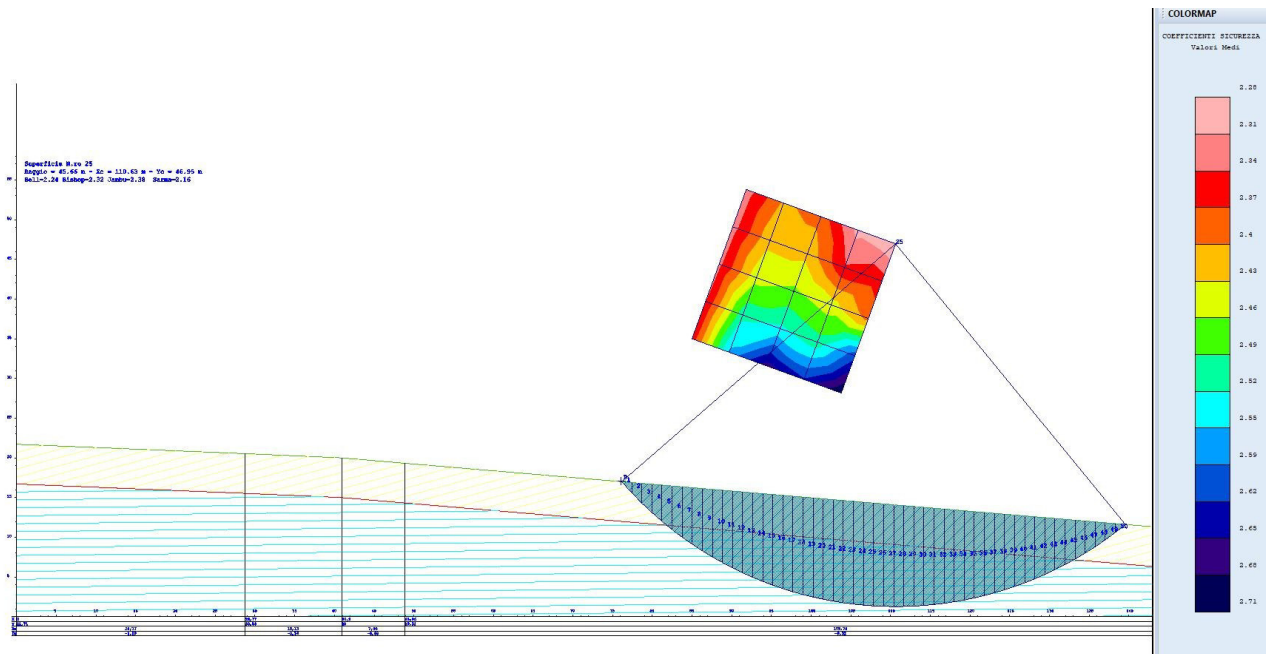
Tutti i valori risultano superiori al coefficiente minimo di 1.3 che consente di affermare che i pendii sono in condizioni di stabilità nelle diverse configurazioni analizzate.

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.

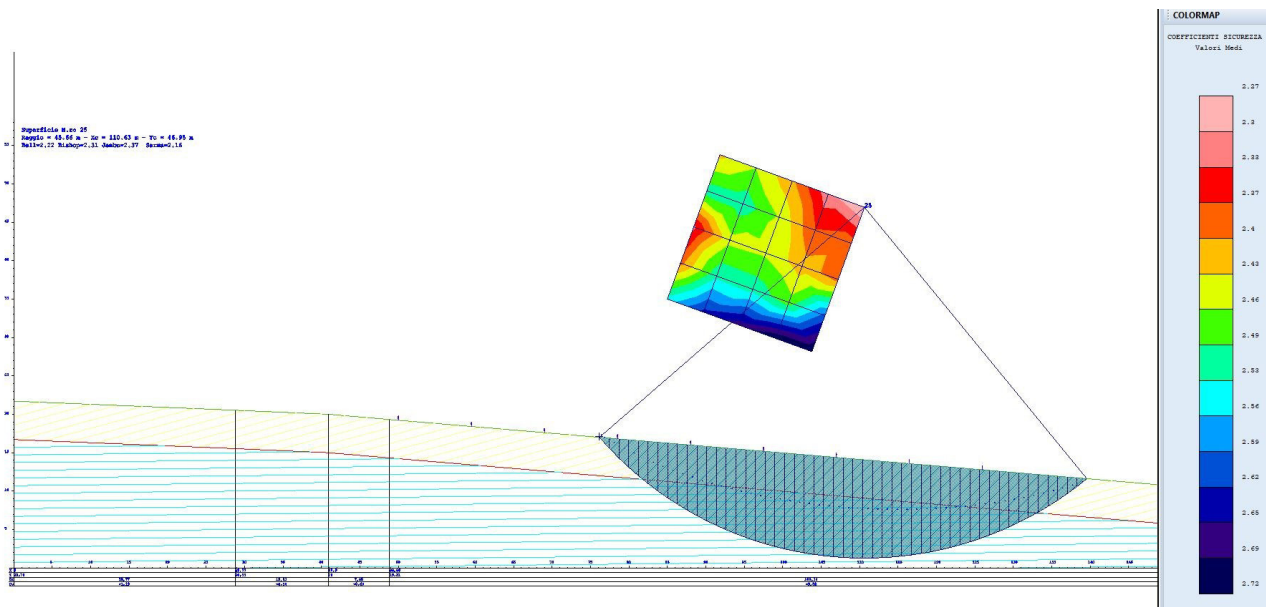
Nelle pagine seguenti si allegano i tabulati giustificativi dei calcoli effettuati e le immagini delle verifiche più significative.

6 ALLEGATO A COLORMAP VERIFICHE

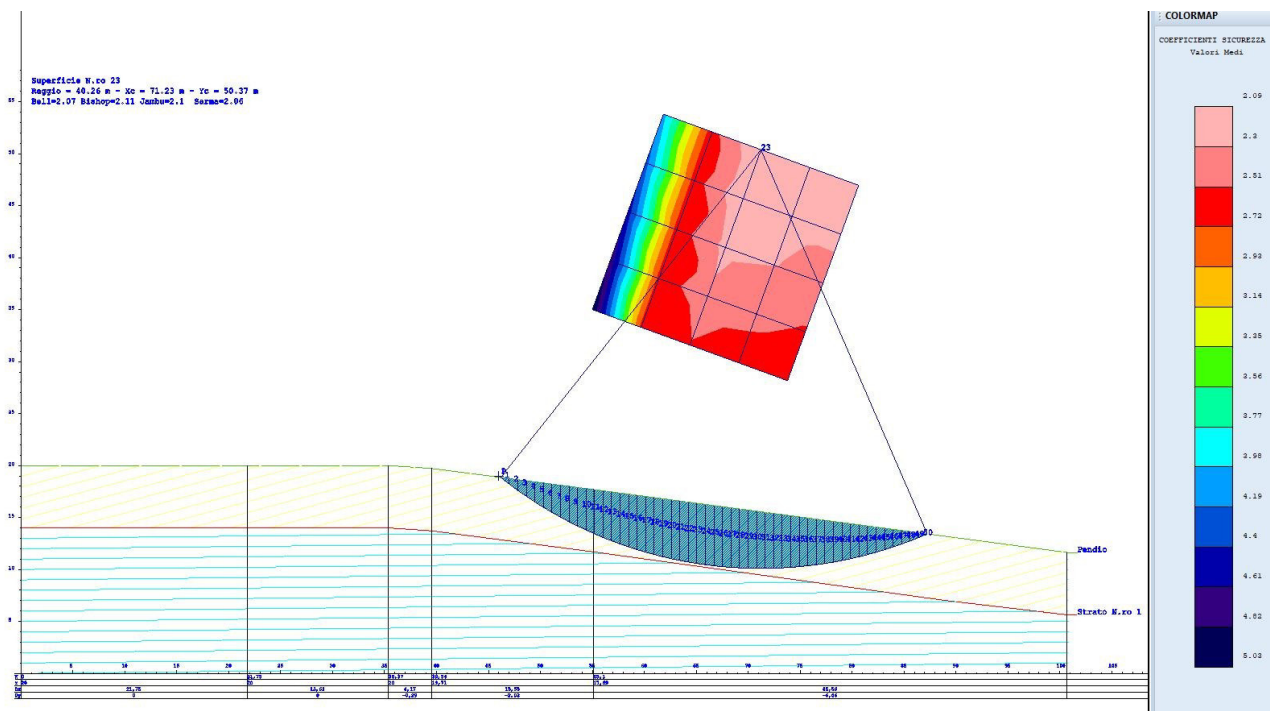
Verifica Sezione 1 – condizioni di stato attuale



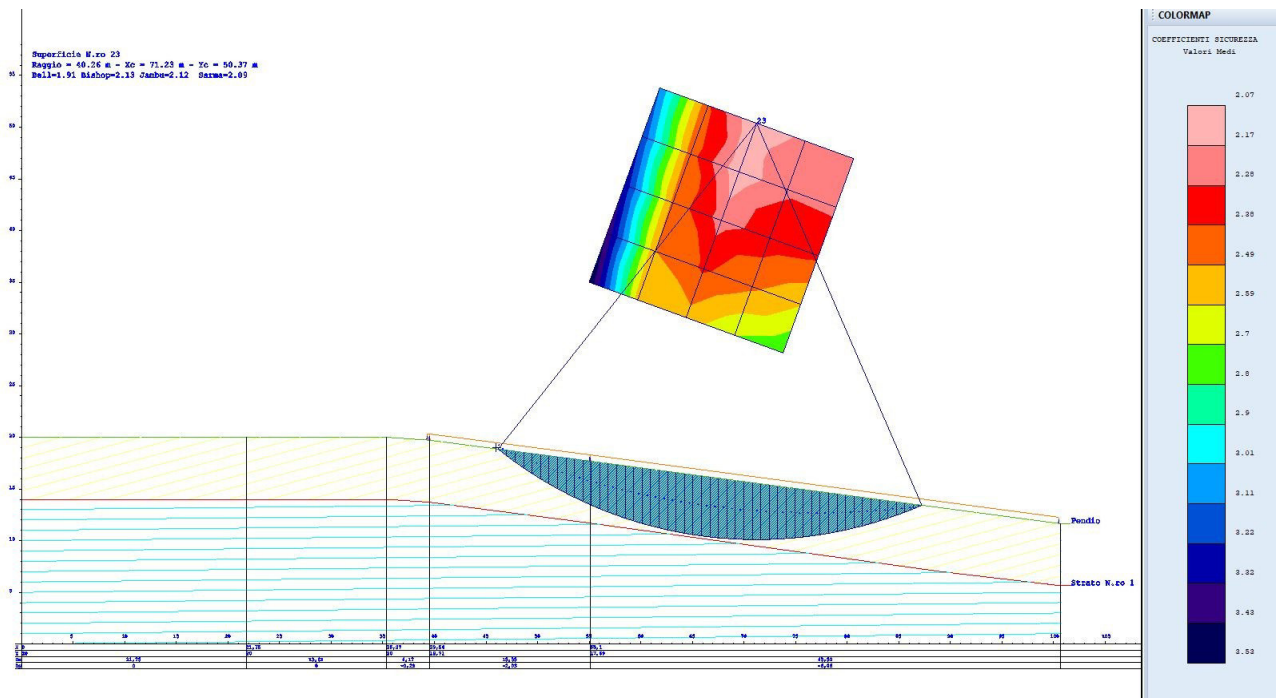
Verifica Sezione 1 – condizioni di stato di progetto



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)	: Ordinata del primo punto centro del cerchio di scorrimento

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 : *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 Sezione1 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	
Tangente Resist. Taglio	1,25
Peso Specifico	1,00

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA

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	• Deposito alluvion	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	Deposito alluv.	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	2,3722	2,3498	NON CONV.				2,3378	
2	89,7	33,3	21,2	2,6134	2,564	NON				2,5055	

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)								
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 CONV.				2,3949	
18	99,5	45,7	37,0	2,4717	2,4685	2,3884				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 CONV.	2,312				NON CONV.	
21	91,8	53,8	40,0	2,3379	2,3269	NON				2,3134	

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)								
22	96,5	52,1	40,5	2,43	2,417	CONV. NON CONV.				2,3791	
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	
Tangente Resist. Taglio	1,25
Peso Specifico	1,00

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA

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	• Deposito alluvion	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	Deposito alluvion	1,900	20,00	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	85,0	35,0	20,0	2,5545	2,5326	NON CONV.				2,5208	
2	89,7	33,3	21,2	2,6853	2,6355	NON CONV.				2,5794	
3	94,4	31,6	23,4	2,7537	SCARTATA	2,5924				NON CONV.	

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)								
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	
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	

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)								
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
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	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	• Subsistema di Regalizie (SPK1)	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	Deposito alluv.	2,000	25,00	2,000	2,100			

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 23											
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	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	2,5144				NON	

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)								
4	69,1	29,9	25,5	2,6716	CONV. SCARTA TA	2,6137				CONV. 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	
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
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA TABELLA M2	
Tangente Resist. Taglio	1,25

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA	
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	• Subsistema di Regalizie (SPK1)	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	Deposito alluv.	2,000	25,00	2,000	2,100			

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 23											
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	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.	

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)								
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	
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	