

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Ing. G.S. KALAMARAS	Ing. PIETRO MAZZOLI
		Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI

GALLERIA MONTE AGLIO

IMBOCCO GALLERIA FINESTRA KM 3+777.276

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

APPALTATORE		SCALA:
Consorzio CFT IL DIRETTORE TECNICO Geom. C. Bianchi 12/12/2018		-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	F	1	N	0	1	E	Z	Z	C	L	G	A	0	3	0	0	0	0	1	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	A. Giordano	10/07/2018	G. Kalamaras	10/07/2018	P. Mazzoli	10/07/2018	G. Kalamaras
B	Rev. Istruttoria ITF 29/08/18	A. Giordano	13/09/2018	G. Kalamaras	13/09/2018	P. Mazzoli	13/09/2018	
C	Agg. a seguito osservazioni ITF	A. Giordano	03/12/2018	G. Kalamaras	03/12/2018	P. Mazzoli	03/12/2018	
D	Recepimento osservazioni ITF	A. Giordano	12/12/2018	G. Kalamaras	12/12/2018	P. Mazzoli	12/12/2018	12/12/2018

File: IF1N.0.1.E.ZZ.CL.GA.03.0.0.001.D.docx	n. Elab.:
---	-----------

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>2 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	2 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	2 di 49								

Indice

1	INTRODUZIONE	3
1.1	RIFERIMENTI	3
1.1.1	NORMATIVA	3
1.1.2	RACCOMANDAZIONI E SPECIFICHE TECNICHE	3
1.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	3
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	5
3	FASE CONOSCITIVA	6
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
3.2	CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE E GEOSTRUTTURALI	6
3.3	INDAGINI E PROSPEZIONI GEOTECNICHE E GEOMECCANICHE	7
3.4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	13
3.5	CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE	13
3.6	CARATTERIZZAZIONE E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	14
4	SOLUZIONE PROGETTUALE	16
5	VERIFICHE DEGLI INTERVENTI	22
5.1	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DELLA SCARPATA ZONA IMBOCCO GALLERIA	22
5.2	DEFINIZIONE DEL VOLUME DI ROCCIA INSTABILE	27
5.3	VERIFICA DELLE RETI IN ADERENZA	29
5.4	VERIFICHE DI STABILITÀ PER CADUTA MASSI	31
5.4.1	VERIFICA DELLE BARRIERE PARAMASSI	35
5.4.2	VERIFICA DEI RILEVATI PARAMASSI	38

Allegato

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>3 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	3 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	3 di 49								

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è redatta nell'ambito del Progetto Esecutivo per il raddoppio della linea Canello-Benevento sull'itinerario Napoli-Bari e in particolare si riferisce al primo lotto funzionale compreso tra Canello e la Stazione di Frasso Telesino/Dugenta e variante alla linea Roma-Napoli via Cassino nel comune di Maddaloni.

L'estensione del tracciato in progetto è di circa 16,5Km; nell'ambito di questa tratta è presente la galleria Monte Aglio, una galleria naturale a doppio binario lunga oltre 4Km. Oltre alla galleria principale (di linea), sono previsti una serie di gallerie secondarie che ospitano le vie di fuga.

Il presente documento illustra il contesto geotecnico e geomeccanico dell'imbocco della galleria finestra al km 3+777.276 e il dimensionamento delle opere di protezione previste in funzione del contesto specifico.

1.1 RIFERIMENTI

1.1.1 NORMATIVA

Le verifiche statiche e la redazione della presente relazione sono state eseguite in conformità alle seguenti Normative:

- Decreto Ministero Infrastrutture 14 gennaio 2008, “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare n.617 del 2 febbraio 2009 Ministero Infrastrutture e Trasporti, Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.

1.1.2 RACCOMANDAZIONI E SPECIFICHE TECNICHE

Le verifiche e la redazione della presente relazione è stata condotta considerando quanto riportato nei seguenti documenti.

- Raccomandazioni AICAP “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce”, giugno 2012.
- Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione, settembre 2013, Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico Centrale.

1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO IN FASE DI SCAVO

CHIODI DI CONSOLIDAMENTO SCAVI:

- Bulloni passivi ad aderenza continua realizzati con barre $\varnothing 24\text{mm}$ di acciaio B450C
- Diametro di perforazione $\varnothing = 51\text{mm}$
- Resistenza a snervamento, $f_y \geq 450\text{MPa}$;
- Resistenza a rottura, $f_t \geq 540\text{MPa}$;
- L'intercapedine tra foro e barra dovrà essere riempita con miscela cementizia al fine di garantire la perfetta aderenza della miscela cementizia alla barra e al terreno. Il riempimento dell'intercapedine avverrà da un tubo di iniezione posto in corrispondenza della testa del foro. Il riempimento sarà eseguito da fondo foro a risalire fino a bocca foro.
- Piastra di ancoraggio in acciaio S275 o superiore

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>4 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	4 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	4 di 49								

FUNI DI SOSTEGNO:

- Funi in acciaio armonico, diametro 14mm, $f_{ptk}=1860\text{MPa}$, $f_{p(1)k}=1670\text{MPa}$

RETE METALLICA:

- Rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale 8x10 avente filo galvanizzato ricoperto da un rivestimento in materiale plastico, diametro 3mm

BARRIERA PARAMASSI:

- Classe VIII
- Assorbimento di energia MEL= >5000KJ, categoria A

ELEMENTI IN HDPE PER RILEVATI PARAMASSI

- Elementi costituiti da strati di geogriglie monorientate in HDPE;

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>5 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	5 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	5 di 49								

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La galleria di linea denominata "Monte Aglio" ha una lunghezza complessiva di 4196m, di cui 337m in artificiale e 3859m in naturale da scavare con il metodo tradizionale.

La galleria di linea si compone delle seguenti tratte:

Tabella 1: sintesi delle tratte di cui si compone la galleria di linea.

pk inizio	pk fine	lunghezza [m]	galleria	sezione di intradosso
2+780.00	2+881.00	101	artificiale	scatolare
2+881.00	3+000.00	119	artificiale	policentrica
3+000.00	6+859.00	3859	naturale	monocentrica
6+859.00	6+917.00	58	artificiale	policentrica
6+917.00	6+976.00	59	artificiale	scatolare

L'imbocco lato Canello si trova a pk 2+780.00 nel comune di Maddaloni, mentre l'imbocco lato Benevento si trova a pk 6+976.00 nel comune di Valle di Maddaloni.

L'imbocco lato Canello si trova a circa 63m s.l.m, mentre l'imbocco lato Benevento si trova a circa 117m s.l.m, con una pendenza di circa il 1.3% in discesa da Benevento verso Canello.

Le coperture massime previste per la tratta in naturale sono di circa 306m e sono localizzate nella tratta centrale della galleria, mentre agli imbocchi si registrano le coperture minime.

Il progetto prevede 4 uscite di emergenza lungo il tracciato in sotterraneo da utilizzare come vie di fuga per l'evacuazione e l'accesso dei mezzi di soccorso:

- 1° uscita di emergenza a pk 3+777.276 con collegamento diretto verso l'esterno mediante una galleria finestra di lunghezza 330m. Questa tratta di galleria è utilizzata anche in fase costruttiva al fine di creare una nuova finestra di accesso alla galleria di linea ed utilizzare così più fronti di avanzamento per lo scavo della galleria principale.
- 2° uscita di emergenza ubicata a pk 4+777.570 collegata mediante un cunicolo alla terza uscita di emergenza da cui si accede all'esterno mediante una tratta di galleria finestra.
- 3° uscita di emergenza a pk 5+503.917, collegata direttamente all'esterno con una galleria finestra di lunghezza pari a 550m circa. Alla galleria finestra si interseca anche il cunicolo di emergenza che collega la seconda e quarta uscita.
- 4° uscita di emergenza a pk 5+978.240 è collegata alla finestra di uscita mediante il cunicolo di lunghezza complessiva di 1226m posto a circa 22 di distanza dall'asse della galleria principale di linea.

Il presente documento si riferisce alla prima uscita di emergenza che svolge anche la funzione di finestra costruttiva, consentendo di avere più fronti di scavo aperti.

L'imbocco della galleria si trova in una vecchia cava dismessa (Cava Tixon) che ospiterà, durante le fasi di realizzazione dell'intera opera, il cantiere CO2L2. La parete dove è previsto l'imbocco della galleria finestra è caratterizzato da una forte acclività con una altezza di varie decine di metri.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>6 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	6 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	6 di 49								

3 FASE CONOSCITIVA

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le rocce calcaree nelle quali sono state aperte in passato le cave che bordano il versante occidentale della dorsale di Monte Aglio, appartengono all'unità stratigrafico-strutturale dei Monti Lattari-Picentini-Alburni. In particolare, la parte bassa del rilievo, dove sono state realizzate le cave, è costituita dalla formazione dei "Calcarei a Rudiste e Orbuline". Si tratta di una successione costituita prevalentemente da calcareniti di colore grigio chiaro e biancastro, in strati generalmente medi, con frequenti resti fossiliferi; si rinvengono diffuse intercalazioni lenticolari di calcilutiti policrome e calciruditi di colore grigio; in tutta la successione sono presenti diffuse cavità carsiche e locali *hardground* bioperforati; a luoghi, in prossimità dei principali elementi tettonici, si rinvengono fasce tettonizzate costituite da breccie calcaree, immerse in matrice sabbioso-limoso giallastra o parzialmente ricementate.

3.2 CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE E GEOSTRUTTURALI

Gli ammassi presenti nella parte basale della dorsale di Monte Aglio sono interessati da uno stato di fratturazione generalmente elevato, in relazione verosimilmente ai forti stress subiti durante gli eventi tettonici che hanno portato al sovrascorrimento di questa unità sulla formazione (geologicamente più recente) delle Argille Varicolori.

Dai rilievi visivi è emerso che la fratturazione, associata allo stato di abbandono dei fronti di cava, ha determinato alcune forme di instabilità; il fronte della cava è soggetto a caduta di frammenti e blocchi di roccia di varie dimensioni che vanno da alcuni centimetri ad alcuni decimetri, fino a circa un metro cubo. Si tratta di frammenti, ma in alcuni casi di blocchi irregolari, diedri e prismi di roccia, con superfici fresche. Sono presenti anche forme di carsismo.



  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>7 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	7 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	7 di 49								



Figura 1: Fenomeni di crollo nella cava Tixon.

3.3 INDAGINI E PROSPEZIONI GEOTECNICHE E GEOMECCANICHE

Viste le condizioni di stabilità del fronte emersi dai primi rilievi visivi, si è deciso di procedere con un accurato studio geomeccanico che ha previsto:

- esecuzione di rilievi geomeccanici tradizionali nella parte bassa del fronte di cava;
- rilievo (topografico/geomeccanico) con drone multicottero, in grado di stazionare sul fronte per la ripresa con tecnica areofotogrammetrica.

L'indagine con drone è stata eseguita in data 17/04/2018 e ha consentito di ottenere i seguenti dati:

- ortofoto planimetrica georeferenziata;
- modello digitale del fronte di cava tramite “nuvola di punti” associata a informazioni RGB georeferenziati nel sistema di coordinate di progetto;
- ortofotopiani del fronte di cava sviluppati su più segmenti di sezione;
- analisi dei piani di frattura che interessano tutto il fronte di cava e una ulteriore analisi dei piani di frattura concentrata solo sulla zona di imbocco della galleria in progetto;
- modello digitale 3D con i principali piani di frattura su nuvola di punti RGB

Nel seguito si mostra uno degli ortofotopiani del fronte di cava, in particolare quello che interessa l'imbocco della galleria finestra.

Da questa immagine si evidenzia che la parte bassa non mostra la fitta stratificazione evidente invece nella parte media e alta del fronte. I principali giunti sub-verticali proseguono anche verso il basso, dove, nel dettaglio, la suddivisione è molto spinta a causa principalmente di sistemi di fratturazione sub-verticali. Sono evidenti inoltre alcune nicchie e rientranze formate dal distacco di diedri e prismi di roccia.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>8 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	8 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	8 di 49								

Questo è evidente dai risultati dei rilievi meso-strutturali e geomeccanici eseguiti nella parte bassa del fronte, realizzati con metodo tradizionale, con bussola. Questi rilievi hanno consentito di rilevare i principali piani di discontinuità, oltre a valutare le proprietà geomeccaniche dell'ammasso e dei giunti.

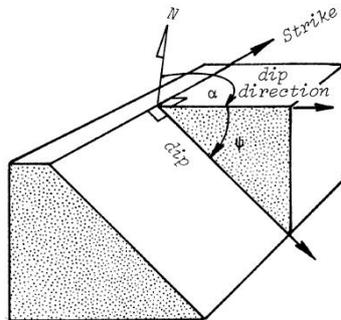


Figura 2: Ortofoto in prossimità dell'imbocco della galleria finestra.

I risultati del rilievo sono stati rappresentati su reticolo di Schmidt, emisfero inferiore, in termini di piani e poli secondo regole e convenzioni note che per chiarezza si riassumono negli schemi seguenti. Nell'immagine seguente sono riportati i risultati delle tre stazioni.

**RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO**

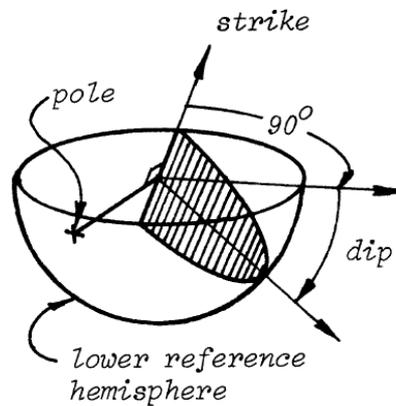
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	9 di 49



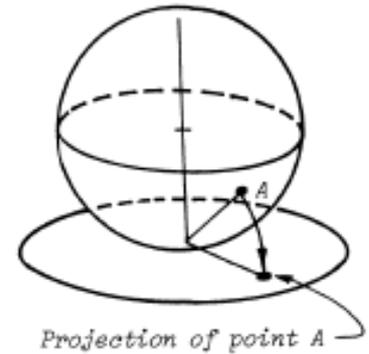
Definition of geometrical terms

Definizione dei termini geometrici:

- Immersione - Azimut d'immersione -
Direzione.



*lower reference
hemisphere*



Projection of point A

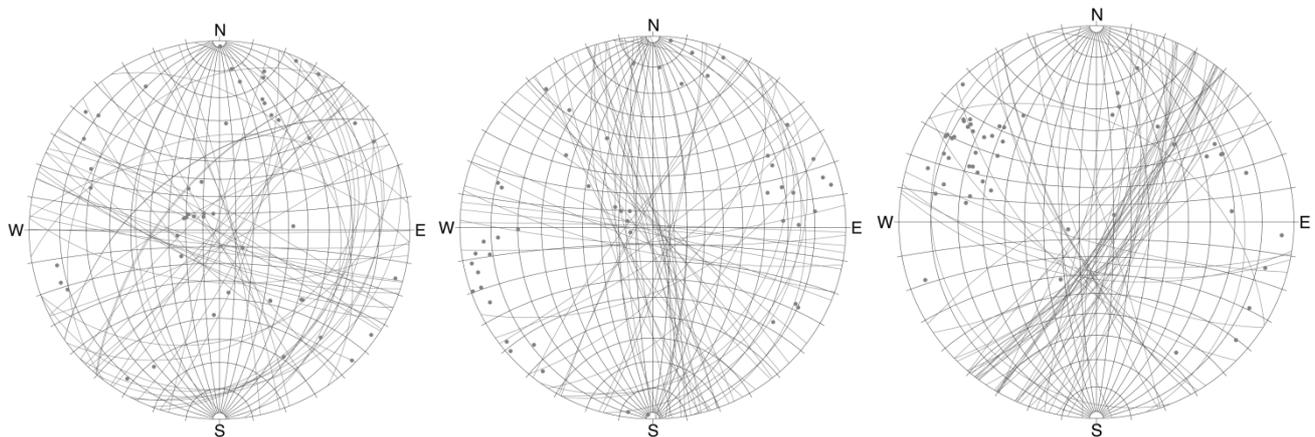


Figura 3: Proiezioni stereografiche delle tre stazioni realizzate alla base del fronte di cava.

Da queste proiezioni emerge quanto sopra delineato e cioè la preponderanza di sistemi di fratturazione sub-verticali e con i giunti di strato, con giacitura poco inclinata verso il piazzale di cava, evidenti in alcune stazioni.

Nella rappresentazione seguente si evidenziano le isodense dei poli che mostrano le principali famiglie nelle tre stazioni di misura (a-b-c) e per il complesso delle tre misure (d).

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	10 di 49

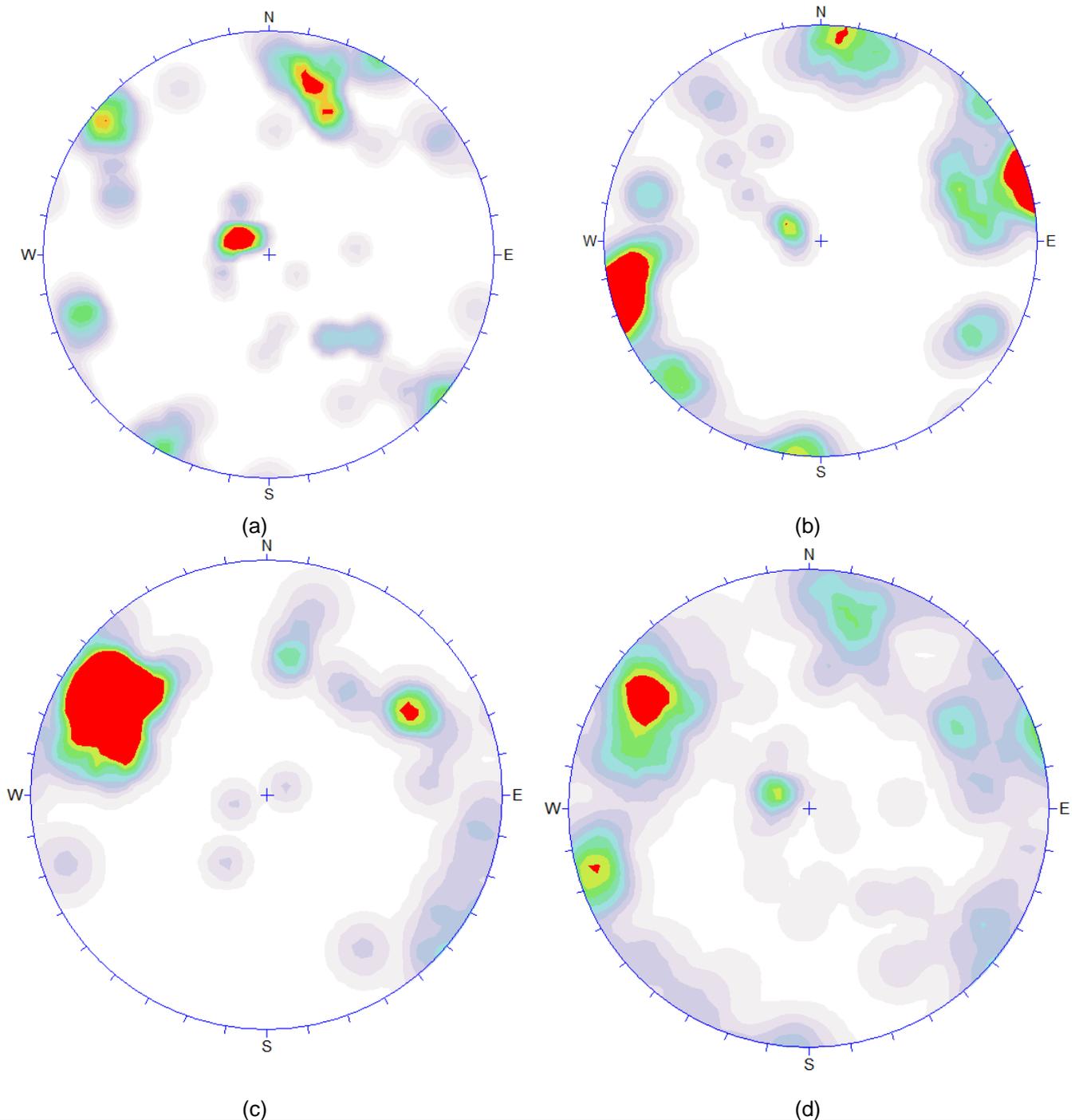


Figura 4: Isodense dei poli con le famiglie principali nelle tre stazioni di misura (a-b-c) e per il complesso delle tre misure (d).

Nella proiezione successiva sono tracciati i piani corrispondenti alle principali famiglie emerse dalla precedente analisi.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>11 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	11 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	11 di 49								

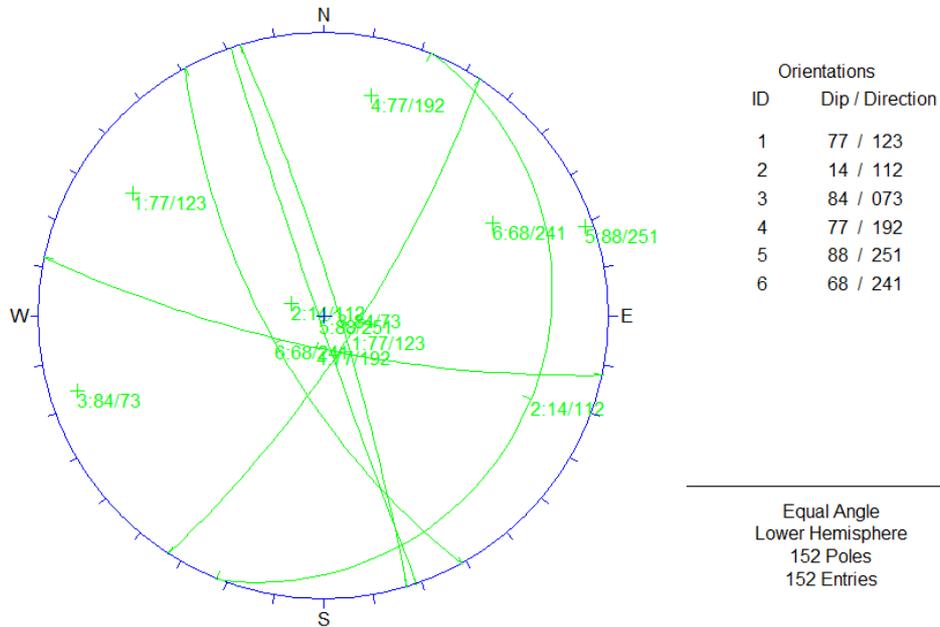


Figura 5: Famiglie principali.

Queste analisi sono abbastanza congruenti con quanto emerso dall'analisi statistica effettuata con elaborazione numerica delle "facce" di giunti ricavata da drone, che ha evidenziato sostanzialmente due famiglie di giunti sub-verticali e la famiglia della stratificazione.

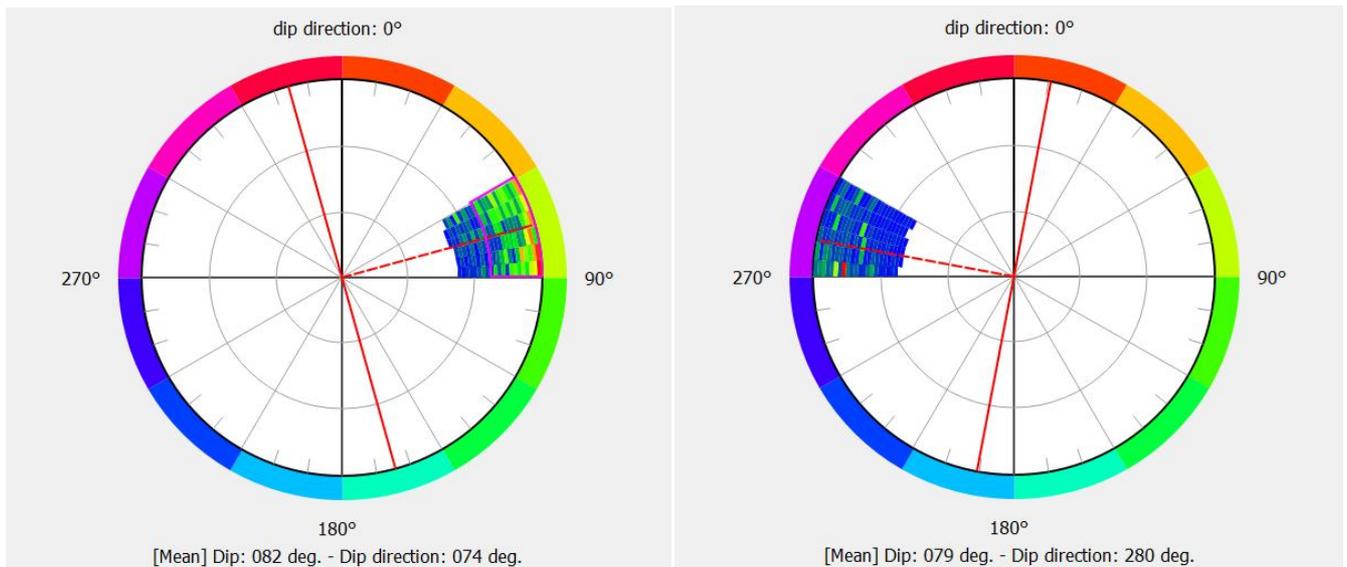


Figura 6: Famiglie sub-verticali individuate dal rilievo eseguito con drone.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>12 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	12 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	12 di 49								

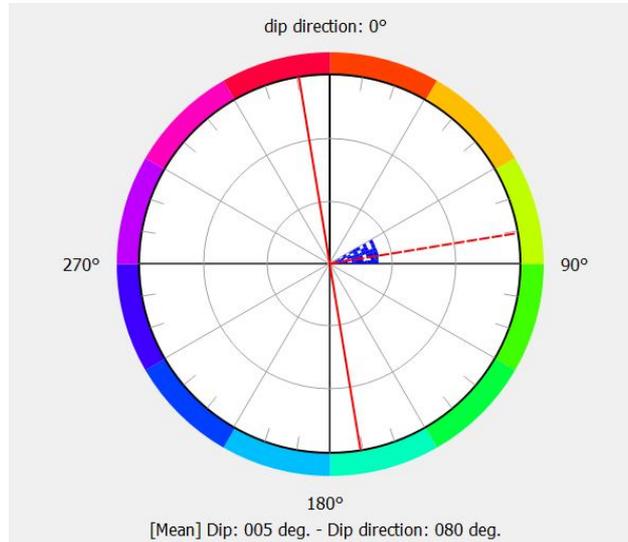


Figura 7: Giunti di strato individuati dal rilievo eseguito con drone.

La prima famiglia (82/74) ricavata dal rilievo eseguito con drone è praticamente coincidente con la famiglia n. 3 (84/73) del rilievo strutturale, mentre la seconda famiglia individuata dal drone (79/280) si discosta di almeno 30° di direzione rispetto alla famiglia n. 5 (88/251) del rilievo strutturale. La seconda famiglia emersa dal rilievo con drone compare comunque nell'analisi strutturale anche se con una frequenza inferiore alle altre.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>13 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	13 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	13 di 49								

3.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La zona in esame è caratterizzata dalla sola presenza della formazione dei Calcari. Nella tabella seguente si riassumono le caratteristiche delle principali famiglie di discontinuità ricavate dall'insieme dei rilievi geostrutturali, di tipo tradizionale (con bussola) e con drone.

Tabella 2: principali caratteristiche dei giunti di discontinuità rilevati.

Inclinazione (dip)	Immersione (dip direction)	Spaziatura (m)	Persistenza (m)	Note
77	123	(0.2) 0.5÷2	3÷10	Parte bassa del fronte
82-84	73-74	(0.2) 0.5÷2	3÷>10m	Su tutto il fronte con poche differenze
77	192	(0.2) 0.5÷2	3÷10	Parte bassa del fronte
68-88	241-251	0.5÷3	3÷10	Parte bassa del fronte con variabilità
79	280	1÷3	5÷>10	Parte alta del fronte
5-14	80-112	0.2÷2	>10	Giunti di strato, differenze tra parte bassa e alta

NOTE: tra parentesi alcuni valori limite raggiunti localmente

Per la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso è stato utilizzato il metodo di Hoek-Brown che si basa sulla struttura dell'ammasso, intensità della fratturazione e caratteristiche delle superfici dei giunti trascurando la resistenza del materiale roccioso. Il valore adottato per l'ammasso roccioso in cui sarà realizzato l'imbocco della galleria finestra, ricade nel range GSI = 30÷40.

3.5 CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Le misure piezometriche hanno confermato che i calcari risultano asciutti almeno fino a quote inferiori di alcune decine di metri rispetto alla galleria.

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>14 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	14 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	14 di 49								

3.6 CARATTERIZZAZIONE E DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA

Le opere in progetto per l’imbocco in oggetto si trovano nel comune di Valle di Maddaloni (Caserta). Il sito in esame ha latitudine 41.044212 e longitudine 14.404288 espresse nel sistema di riferimento ED50.

Per le opere di imbocco, essendo definitive, si attribuisce una vita nominale V_N di 75 anni e un coefficiente d’uso pari a 1.5. Il periodo di riferimento per la definizione dell’azione sismica, V_R è pari così a 112.5 anni.

Con riferimento alla probabilità di superamento dell’azione sismica, P_{VR} , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo V_R dell’opera in progetto, si determina il periodo di ritorno T_R del sisma di progetto. Sulla base delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno del sisma di progetto, T_R sopra definito, si ricavano i parametri che caratterizzano il sisma di progetto relativo al sito di riferimento, rigido ed orizzontale.

- a_g : accelerazione orizzontale massima
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*_C periodo di riferimento del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per le opere di imbocco, il periodo di riferimento si determina con l’espressione:

Per tenere conto dei fattori locali del sito, l’accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione seguente:

—

Dove:

a_g è l’accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido

S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria di sottosuolo e dei parametri sismici F_0 e a_g/g (rif. Tabella 3.2.V del DM14/01/2008)

S_T è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dalla posizione dell’opera (rif. Tabella 3.2.VI del DM14/01/2008)

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell’azione sismica per le opere d’imbocco sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 3: sintesi dei parametri sismici adottati.

Descrizione del parametro	Valore
latitudine in ED50 (latitudine in WGS84)	41.044212° (41.043218°)
longitudine in ED50 (longitudine in WGS84)	14.404288° (14.403417°)
classe dell’opera	3
vita nominale	75anni
categoria sottosuolo	A
categoria topografica	T2
Coefficiente C_u	1.5
Periodo di riferimento	112.5anni
SLU di riferimento per l’analisi	SLV
Probabilità di superamento	10%
T_R	1068anni
a_g	0.190g
F_0	2.504
T^*_C	0.414s
S_s	1.0
C_c	1.0

**RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	15 di 49

Descrizione del parametro	Valore
S_T	1.2
k_h	0.062
k_v	0.031
a_{max}	2.236
β	0.270

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO					
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300 001	REV. D	FOGLIO 16 di 49

4 SOLUZIONE PROGETTUALE

Il Progetto Definitivo prevede il placcaggio della parete rocciosa con rete metallica ad aderenza a maglia esagonale e funi per una superficie totale di 532m². Questo intervento è applicato a monte dell'imbocco per una zona definita da una larghezza pari a quella della dima (14m circa) e un'altezza pari a 30m (circa 460m²). Oltre alla zona di imbocco, l'intervento è esteso anche agli sbancamenti laterali (70m² circa), che hanno estensione limitata. Le reti sono vincolate alla superficie rocciosa con chiodi di lunghezza L = 4.5m, cementati per tutta la lunghezza, disposti a quinconce con maglia 1.5x1.5m.

Inoltre nel PSC, nell'elaborato grafico "Aree di cantiere dal Km 3+100 al km 3+700" (codice elaborato IF0F01D53PUSZ0002005c) oltre che nei computi, si evidenzia anche l'adozione di una rete paramassi, installata al di sopra dell'intervento effettuato con reti in aderenza. Dai computi si evince che la barriera paramassi ha altezza di 6m e una superficie di 150m², dai quali si deduce un'estensione lineare di 25m.

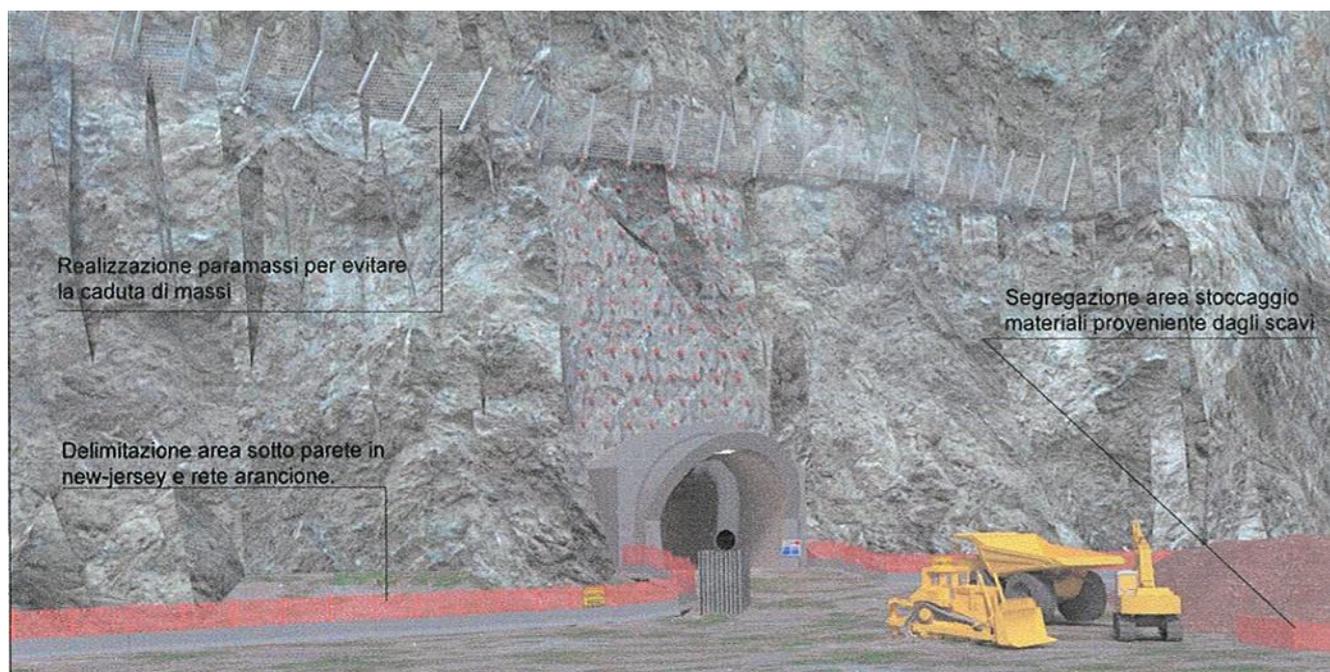


Figura 8: Protezione del fronte con rete paramassi – estratto dall'elaborato di PD "Aree di cantiere dal km 3+100 al km 3+700".

Le analisi di stabilità globale del pendio, sulla base dei dati geomeccanici raccolti durante i rilievi effettuati, non hanno evidenziato superfici di instabilità profonde in accordo con le previsioni di Progetto Definitivo.

L'intensa fratturazione dell'ammasso roccioso, a causa dell'esposizione delle pareti agli eventi atmosferici e al detensionamento dell'ammasso causato dalla coltivazione della cava, è invece direttamente correlato con la possibilità che si sviluppino cinematismi legati alla caduta massi. Si pone l'accento sul fatto che, come già riportato nei paragrafi precedenti, attualmente sono ben visibili sul piazzale i massi crollati nel tempo dal versante.

Sulla base di queste considerazioni, in funzione dell'utilizzo del piazzale antistante l'imbocco della galleria come area di cantiere, si rende necessario un miglioramento e un'estensione degli interventi di consolidamento del fronte roccioso che prevede:

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>17 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	17 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	17 di 49								

- disaggio di volumi rocciosi instabili a mano o con mezzi meccanici, abbattimento con esplosivo o con agenti non esplosivi di elementi lapidei instabili su tutta l'altezza della parete a ridosso della galleria per una larghezza di 80-100m a cavallo della galleria;
- applicazione di chiodi e reti in aderenza per una fascia larga 49.5m (a cavallo della galleria misurata al piede) e altezza pari a 30m; i chiodi hanno una lunghezza di 4.5m e sono disposti a a quinconce con interasse 1.5mx1.5m. La rete metallica esagonale ha maglia di 8x10cm a doppia torsione con filo Ø3mm galvanizzato e plastificato ad alta resistenza. La rete è resa solidale all'ammasso roccioso mediante un sistema di funi opportunamente vincolate ai chiodi;
- installazione di reti paramassi a +30m di quota rispetto al piazzale per un'estensione di circa 60m a cavallo della galleria. Le barriere paramassi sono di classe VIII (assorbimento energetico MEL > 5000kJ), altezza 6m e sono installate ortogonalmente alla parete.

L'applicazione delle reti ad aderenza e paramassi su tutte le scarpate sarebbe molto dispendiosa e molto impattante a livello ambientale, si è quindi optato per tutte le altre zone, escluse quelle limitrofe all'imbocco (dove si applica l'intervento prima descritto), l'adozione di rilevati paramassi. Quest'ultima costituisce una soluzione molto efficace, caratterizzata da ridotti costi di manutenzione, nessun rischio di corrosione/ammaloramento o decadimento delle caratteristiche di resistenza nel tempo (e quindi durabilità elevata), impatto ambientale trascurabile e possibilità di riutilizzare il materiale locale e/o proveniente dallo scavo della galleria.

Per la zona di cantiere esterna e limitrofa all'imbocco della galleria si prevede quindi:

- la realizzazione di rilevati paramassi a una distanza massima di 15m dal piede del pendio con una altezza massima di 5m per uno sviluppo di circa 314m. I rilevati paramassi saranno realizzati in terre armate. Inoltre, tra rilevato e scarpate (con una larghezza compresa tra 0m e 12m circa) è previsto il riempimento con frantumato di cava per smorzare l'eventuale impatto. Lo spessore di questo strato è di 70cm circa. In totale sono previsti due tipologie di rilevato
 - rilevato rinforzato con geogriglie, con paramento inclinato di 65° rispetto all'orizzontale, sviluppo totale di 135m circa;
 - rilevato senza rinforzi, con paramento inclinato di 32° rispetto all'orizzontale, sviluppo totale di 179m circa.
- Per le tratte in cui non è presente la duna di protezione, al fine di confinare lo strato di materiale di smorzamento, si pone in opera la barriera new jersey con sopra la recinzione di cantiere.

I rilevati paramassi sono opere provvisorie necessarie a garantire le adeguate condizioni di sicurezza alle maestranze e ai mezzi impiegati nell'area di cantiere. Ciò non preclude dal fatto che tali opere possono essere lasciate in sito terminata la fase di cantiere e possono continuare ad assolvere la loro funzione anche oltre tale periodo in quanto strutturalmente adeguate.

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	18 di 49

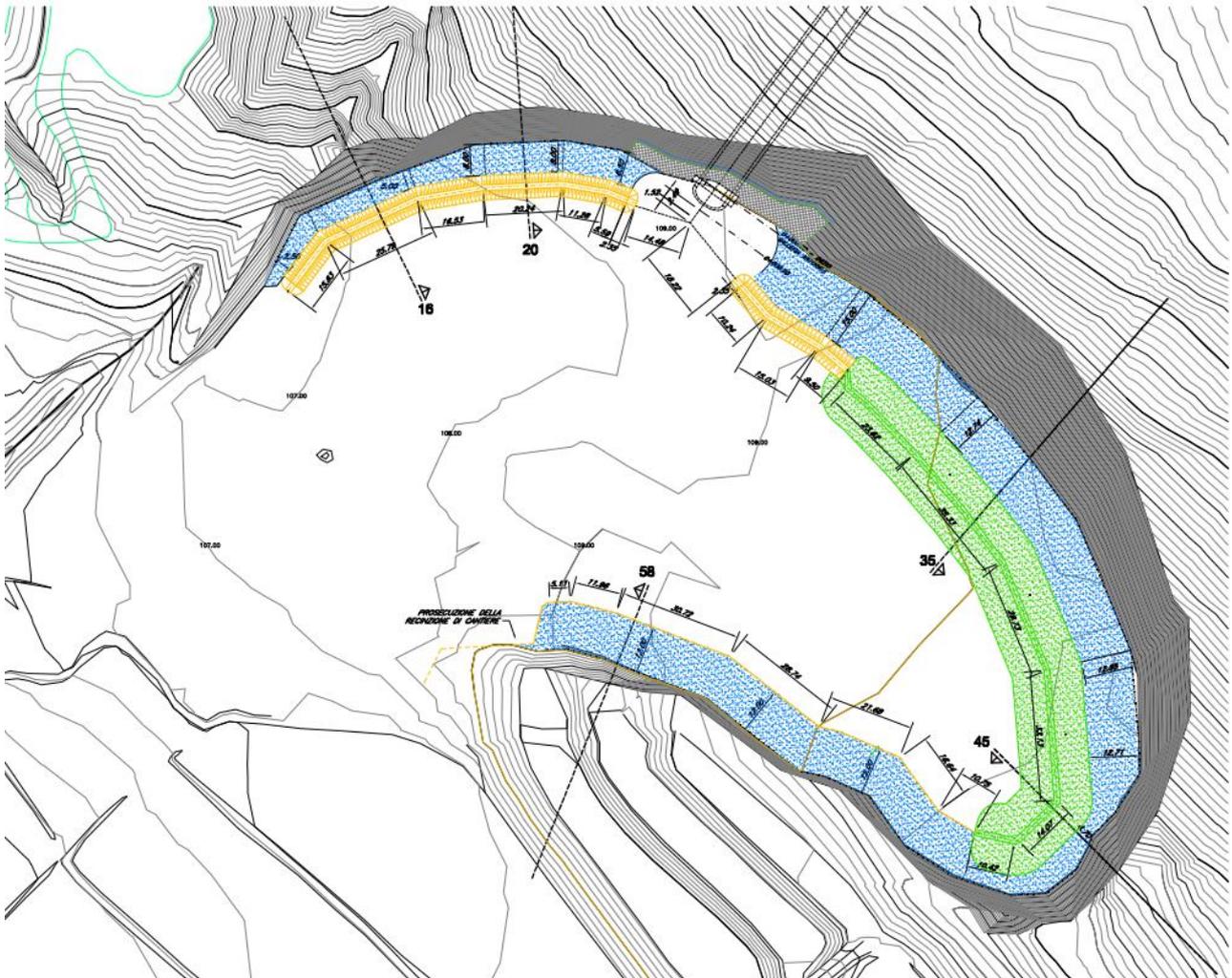


Figura 9: Planimetria generale dell'imbocco.

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	19 di 49

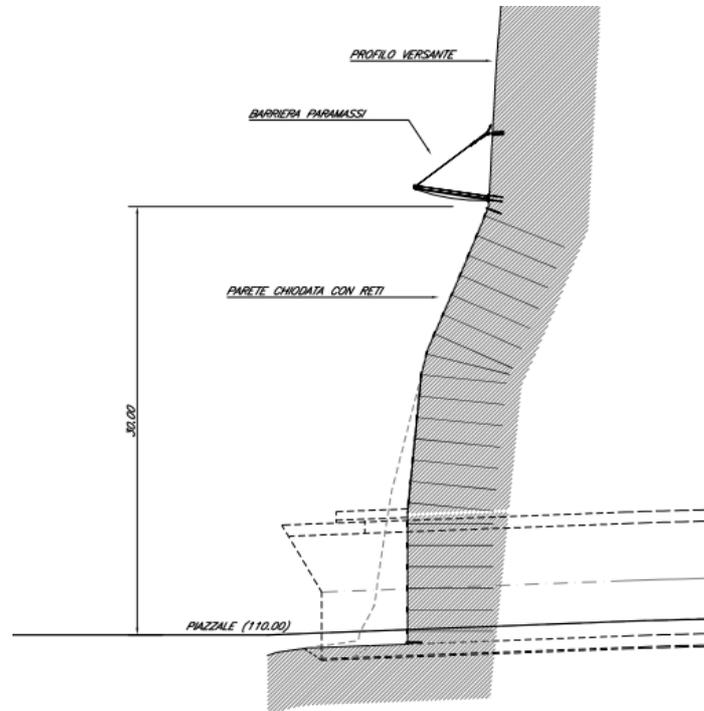


Figura 10: Sezione longitudinale in corrispondenza dell'imbocco della galleria.

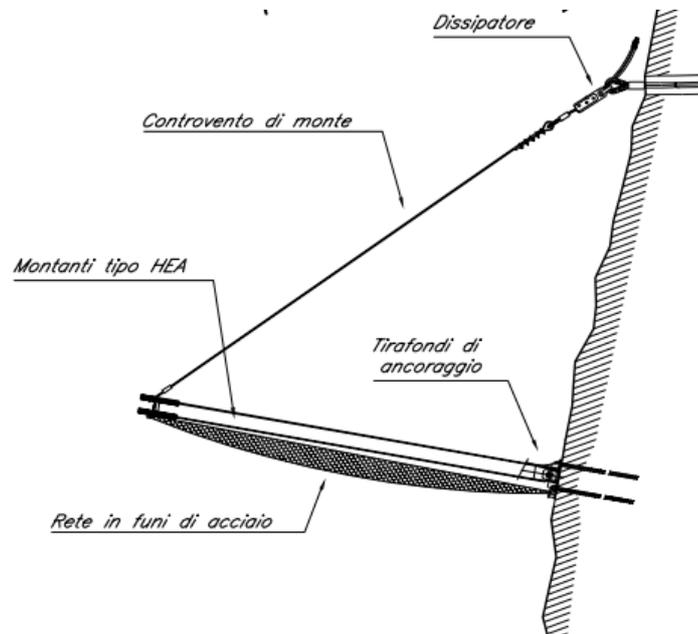


Figura 11: particolare della barriera paramassi.

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	20 di 49

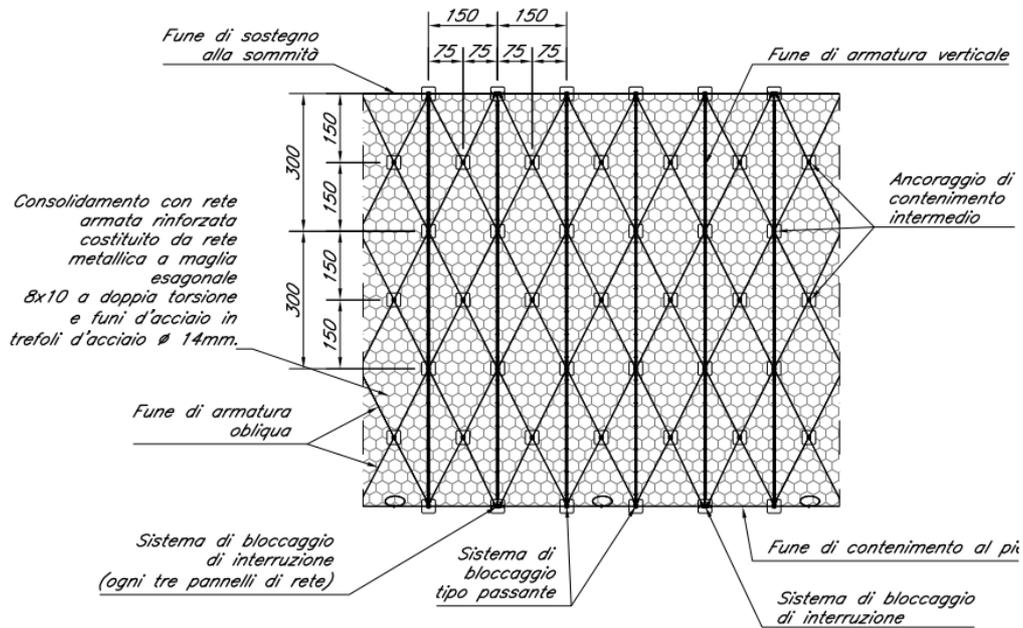


Figura 12: Particolare della chiodatura e posa della rete in aderenza al versante roccioso.

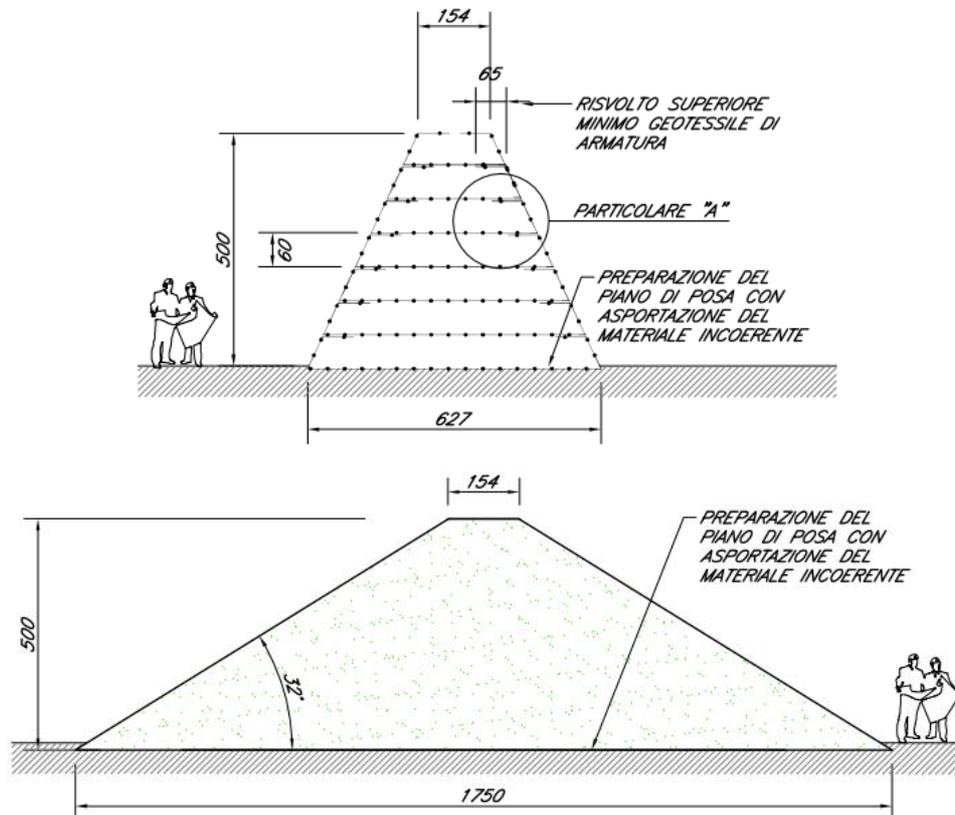


Figura 13: Particolare delle due tipologie di rilevati paramassi con relative dimensioni.

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	21 di 49

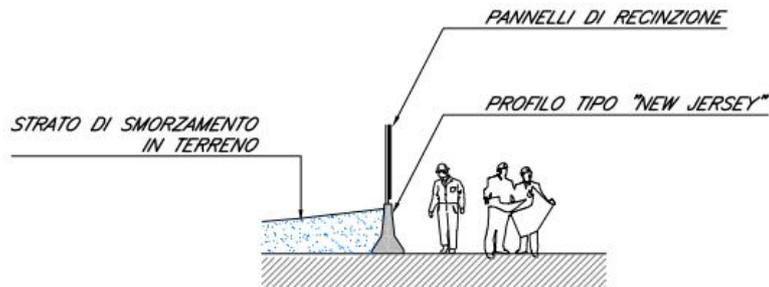


Figura 14: Particolare della recinzione su new jersey - lato sud.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>22 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	22 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	22 di 49								

5 VERIFICHE DEGLI INTERVENTI

5.1 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DELLA SCARPATA ZONA IMBOCCO GALLERIA

Le analisi di stabilità globale del pendio per le verifiche geotecniche (GEO) sono svolte mediante metodi all'equilibrio limite, implementati dal programma Slide vers. 7.023 della Rocscience Inc[®], utilizzando il metodo di Bishop.

Le verifiche geotecniche agli SLU sono effettuate nella condizione A2+M2 (approccio 1, combinazione 2), pertanto il coefficiente di sicurezza minimo calcolato come rapporto tra le forze resistenti e le forze agenti deve risultare superiore o uguale al coefficiente globale minimo richiesto dalla Normative ($\gamma_R = 1.1$).

In totale sono state condotte due analisi, una in corrispondenza dell'asse della galleria finestra (di seguito denominata sezione 25) e una perpendicolare all'asse della galleria (denominata sezione 25 trasversale). Per ciascuna analisi sono state analizzate tre condizioni, di cui una statica e 2 in condizioni sismiche (verticale positivo e negativo). Il sisma è stato introdotto nel modello all'equilibrio limite secondo il metodo pseudostatico; i parametri adottati per la definizione del coefficiente sismico orizzontale k_h e verticale k_v sono riportati nella Tabella 3.

Per tenere in conto del fatto che il fronte roccioso della cava Tixon, attualmente dismesso, ha subito nel tempo una serie di disturbi (imputabili alla coltivazione della cava prima e successivamente all'azione del tempo), il fronte roccioso è stato suddiviso in due fasce; quella più esterna, di spessore 10m, a cui è stato attribuito un valore di GSI pari a 35 e un coefficiente di disturbo D pari a 0.5 e quella più interna a cui è stato attribuito un GSI pari a 45 e un grado di disturbo pari a 0. Il grado di disturbo è stato recentemente trattato da E.Hoek in "Technical note for RockNews – February 2012" in cui si riassumono anche le relazioni empiriche riportate da Hoek e Karzulovic (2000), in merito alla valutazione degli spessori di roccia disturbati in lavori di scavo all'interno di cave a cielo aperto.

Di seguito si riassumono i parametri adottati nelle analisi, distinguendo i parametri caratteristici da quelli di calcolo. La linearizzazione del criterio di Hoek & Brown è stata condotta mediante il programma RocLab vers 1.033 della Rocscience Inc[®].

Tabella 4: parametri geomeccanici utilizzati nelle analisi.

Descrizione del parametro	strato superficiale	strato più profondo
Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta, σ_{ci}	75MPa	75 MPa
Geological Strength Index, GSI	35	45
Grado di disturbo, D	0.5	0
coefficiente m_i	10	10
peso specifico, γ	25kN/m ³	25kN/m ³
altezza del fronte (assunto altezza media)	40m	40m
coesione caratteristica, c'_k	296kPa	593kPa
angolo di attrito caratteristico, ϕ'_k	44°	53°
coesione di calcolo, c'_d	236.8	474.4
angolo di attrito di calcolo, ϕ'_d	37.7	46.7

I rinforzi introdotti nei modelli di calcolo sono elementi tipo Grouted Tieback di tipo passivo definiti da:

- lunghezza;
- spaziatura lungo la direzione perpendicolare al modello;
- capacità dell'ancoraggio.

Mentre i primi due elementi sono di tipo geometrico, la rottura del bullone può avvenire per trazione della barra stessa o per sfilamento al contorno tra la malta e il terreno.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>23 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	23 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	23 di 49								

La resistenza a trazione delle barre $\varnothing 24\text{mm}$ in acciaio tipo B450C è pari al carico di snervamento di calcolo della barra stessa, pari a 176.9kN.

La resistenza a sfilamento della barra, R_{ad} invece è determinato dalla relazione seguente

dove:

R_{ak} è la resistenza a sfilamento caratteristica;

$\gamma_{Ra,p}$ è il coefficiente parziale relativo agli ancoraggi permanenti (pari a 1.2).

La resistenza caratteristica a sfilamento è valutata secondo la seguente relazione:

dove ξ_{a3} e ξ_{a4} sono i coefficienti che tengono in conto del numero di indagini.

La valutazione della resistenza a sfilamento, R_{ac} è fatta mediante la relazione seguente:

dove:

D è il diametro di perforazione;

α è il coefficiente di sbulbamento;

q_s è l'aderenza limite tra la malta e il terreno;

L_{barra} è la lunghezza della barra.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei valori assunti per la determinazione delle caratteristiche dei bulloni.

Tabella 5: caratteristiche dei bulloni.

Descrizione del parametro	Valori
Lunghezza, L	4.5m
interasse, i	1.5m
diámetro di perforazione, D	51mm
aderenza limite, q_s	400KPa
coefficiente di sbulbamento, α	1.0
Coefficiente di correlazione con il numero di indagini, ξ_a	1.8
Coefficiente parziale per ancoraggi permanenti	1.2
Resistenza a trazione della barra di calcolo, $R_{ad,t}$	176.9kN
Resistenza a sfilamento della barra di calcolo, $R_{ad,s}$	133.5kN
Capacità dell'ancoraggio di calcolo, R_{ad}	133.5kN

Di seguito si riportano i risultati delle analisi condotte per le diverse sezioni di verifica e per le diverse condizioni esaminate.

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	24 di 49

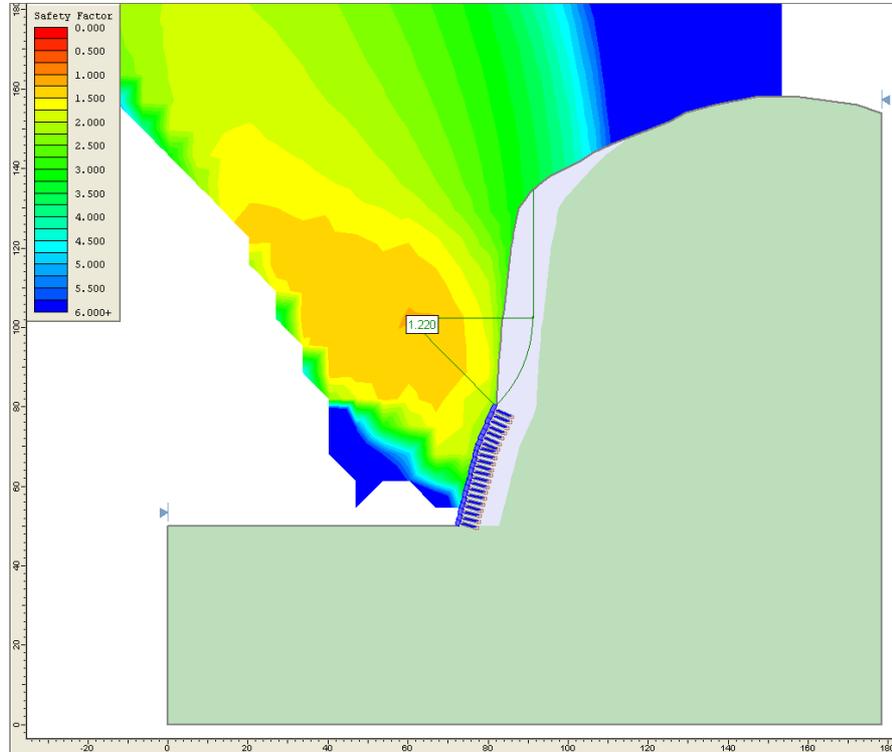


Figura 15: Sezione 25 – condizione statica – $F_{smin}=1.220$.

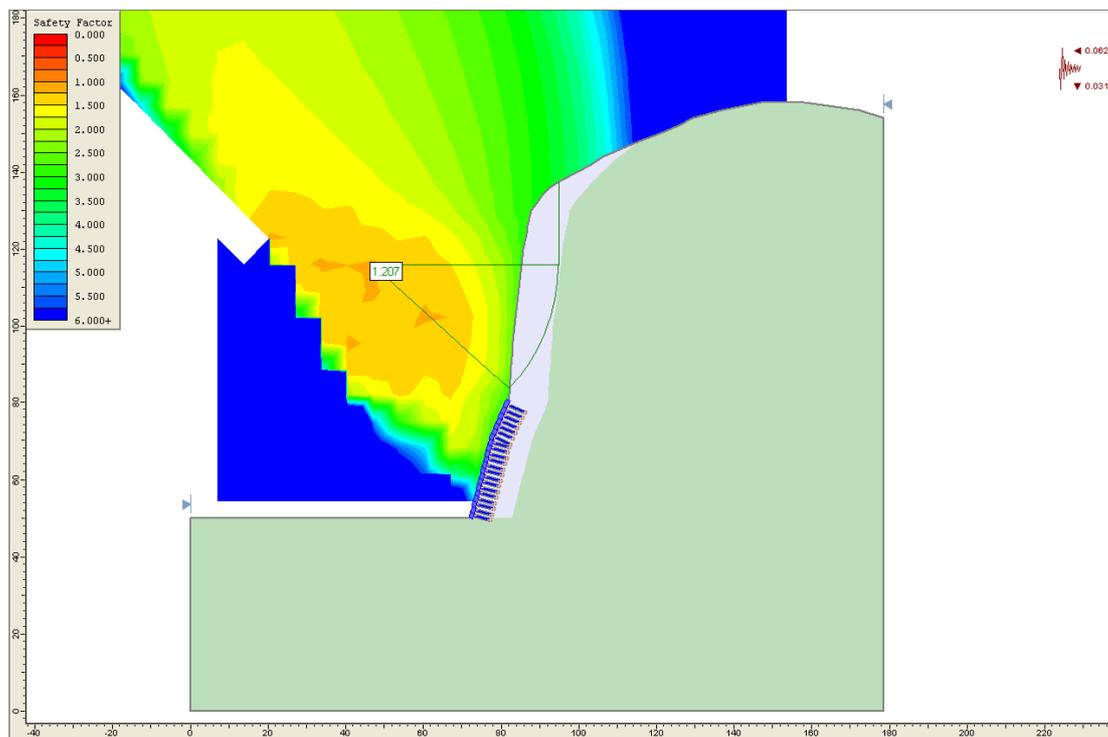


Figura 16: Sezione 25 – condizione sisma positivo – $F_{smin}=1.207$.

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	25 di 49

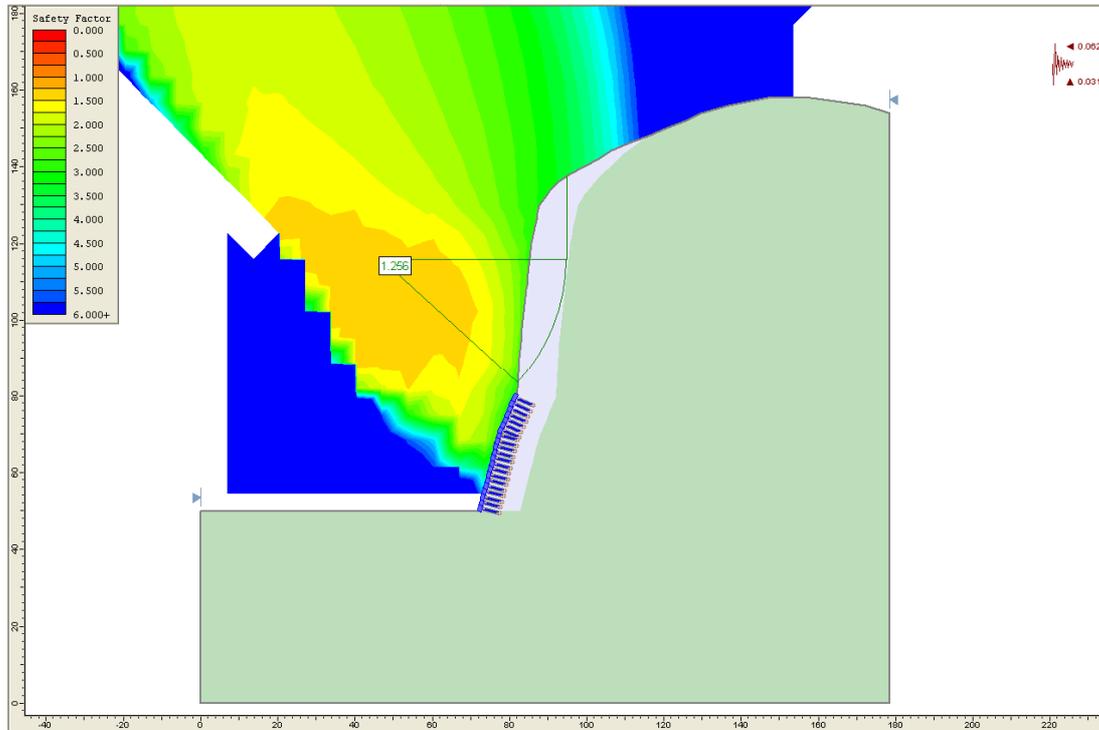


Figura 17: Sezione 25 – condizione sisma negativo – $F_{smin}=1.256$.

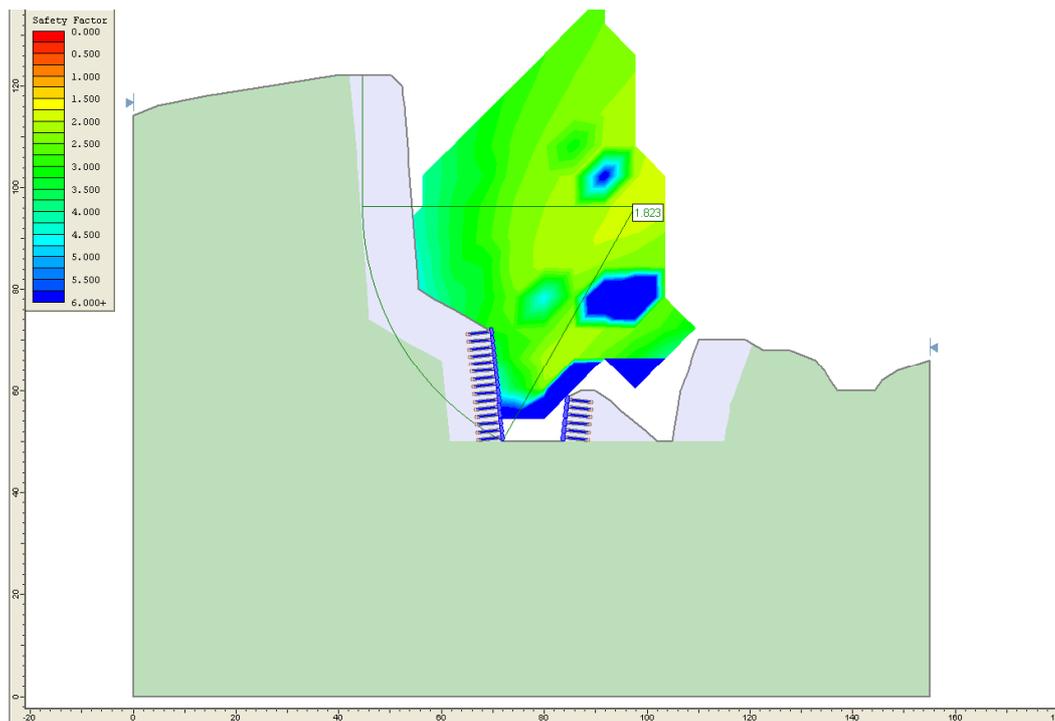


Figura 18: Sezione 25 trasversale – condizione statica – $F_{smin}=1.823$.

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	26 di 49

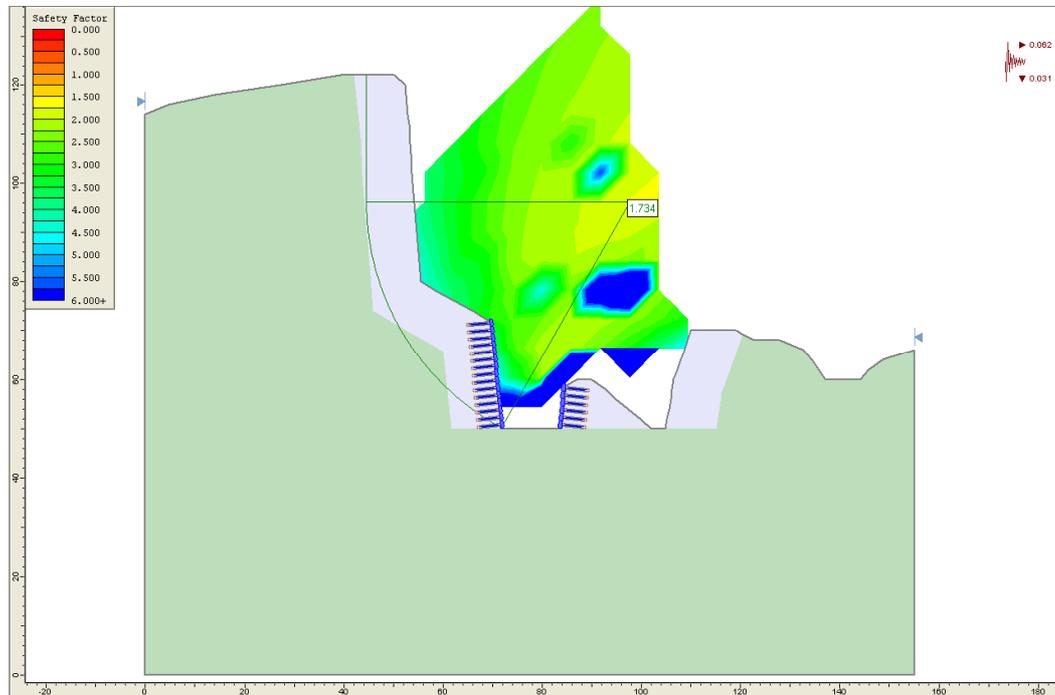


Figura 19: Sezione 25 trasversale – condizione sisma positivo – $F_{smin}=1.734$.

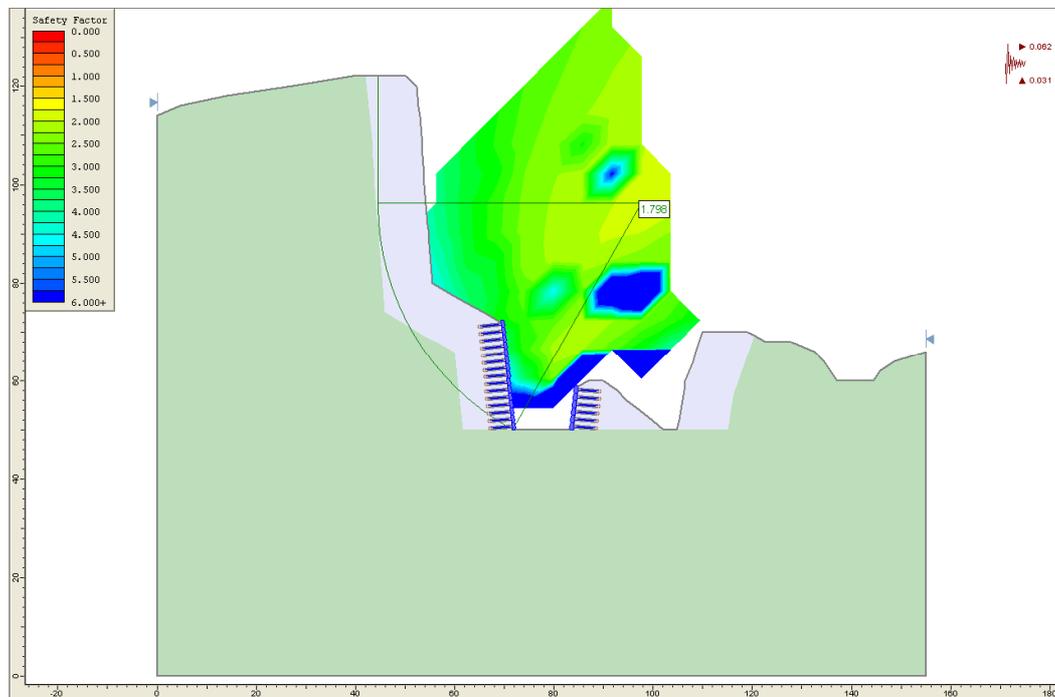


Figura 20: Sezione 25 trasversale – condizione sisma negativo – $F_{smin}=1.798$.

Dalle analisi condotte emerge che il fattore di sicurezza minimo ottenuto nelle diverse analisi e nelle diverse combinazioni esaminate è sempre maggiore di 1.1.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>27 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	27 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	27 di 49								

5.2 DEFINIZIONE DEL VOLUME DI ROCCIA INSTABILE

Sulla base dei dati di giacitura ricavati dai rilievi, è stata effettuata una verifica di stabilità preliminare con il metodo dell'analisi cinematica, per l'individuazione di possibili criticità.

Dalla combinazione di tutte le principali famiglie di giunti si ricavano almeno due combinazioni che danno la possibilità di scivolamento rispetto al fronte di cava che ha una immersione 210° e inclinazione 80°.

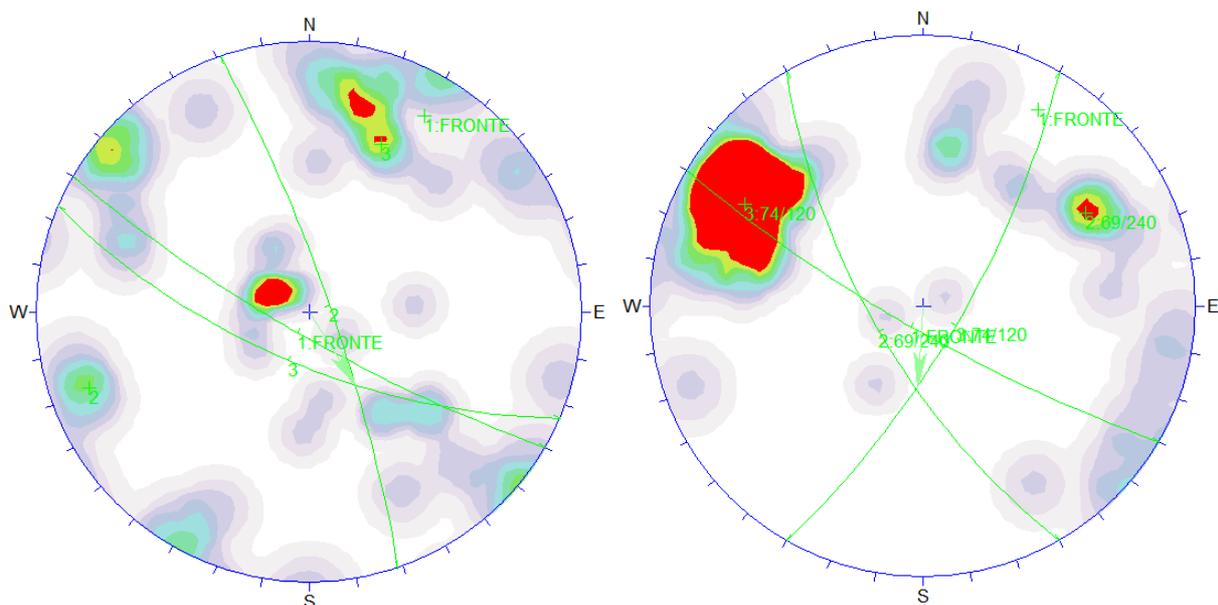


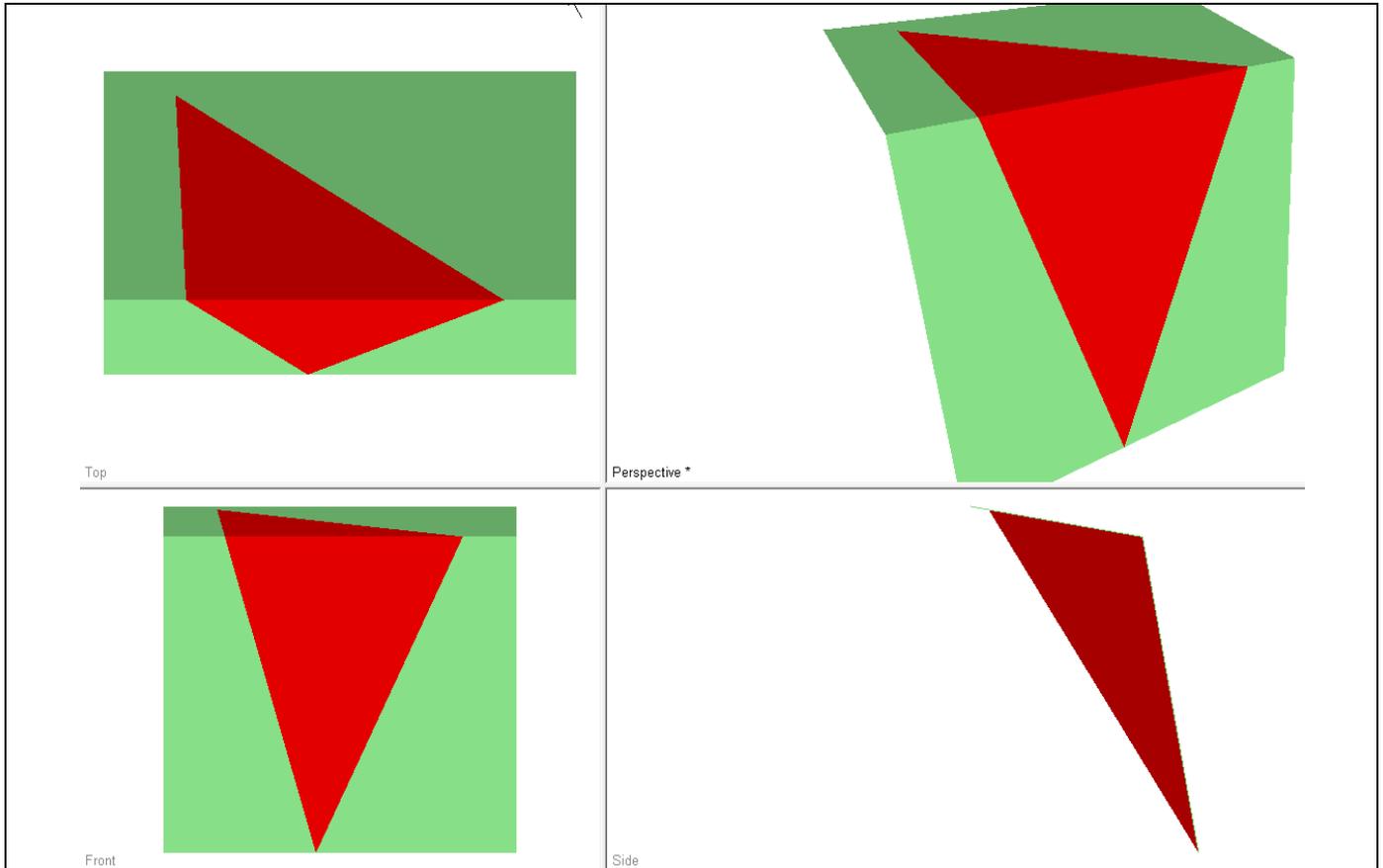
Figura 21: Verifiche di stabilità con metodo cinematico.

La verifica di stabilità all'equilibrio limite è stata condotta con l'ausilio del codice SWEDGE vers. 5.003 della Rocscience Inc[®], inserendo i dati dei rilievi geomeccanici (spaziature, persistenza) per le due combinazioni individuate sul diagramma polare.

Sulla base dei rilievi visivi in situ, è stato possibile identificare il valore di 3m³ come il volume massimo dei blocchi instabili. Sulla base di questo dato, è stato possibile scalare il volume massimo, generato dall'orientazione delle discontinuità e dal pendio, a un tetraedro di dimensioni compatibili con quanto osservato.

**RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	28 di 49

Tabella 6: sintesi dei risultati per la definizione del volume instabile.

VOLUME ROCCIOSO NON SCALATO

Fattore di sicurezza: 1.06

Volume 42722.505 m³

Peso: 106806.26 ton

Persistenza J1 e J2: 117.75m/117.75m

VOLUME ROCCIOSO SCALATO

Fattore di sicurezza: 1.06

Volume 3.271 m³

Peso: 8.18 ton

Persistenza J1 e J2: 5.0m/5.0m

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>29 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	29 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	29 di 49								

5.3 VERIFICA DELLE RETI IN ADERENZA

In questo paragrafo si verificano le reti in aderenza posizionate nella zona limitrofa dell'imbocco. Si tratta di verifiche strutturali (STR) della rete esagonale e dei chiodi di ancoraggio.

Il modello preso come riferimento è quello riportato nella figura seguente, in cui un masso di peso G e forma cilindrica si è staccato dalla parete rocciosa ed è completamente trattenuto dalla rete stessa. Per meglio adattare lo schema di riferimento di calcolo al volume reale del blocco, la massa instabile è stata schematizzata come un cilindro di roccia di profondità 1m e volume di circa 3m^3 .

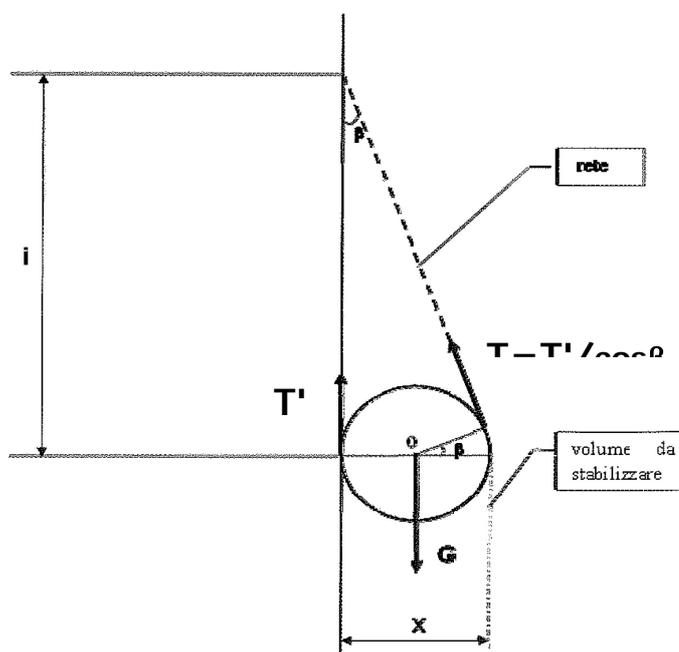


Figura 22: Schema di riferimento per la verifica della rete in aderenza.

Il distacco del masso provoca la deformazione della rete, la quale forma un angolo β con la verticale e il peso del masso viene bilanciato da due azioni di tiro, corrispondenti ai due ancoraggi della rete, T e T' . Il peso del masso viene distribuito per metro lineare nella direzione ortogonale alla sezione schematizzata. La verifica consiste nel confronto della forza massima sviluppata nel singolo filo della rete a seguito dell'applicazione dell'azione di tiro, con la resistenza della sezione di acciaio del filo stesso (applicando gli opportuni coefficienti sulle azioni e sulle resistenze).

Nel caso in oggetto, le dimensioni del masso sono state valutate proiettando le discontinuità rilevate sul fronte roccioso antistante la galleria. Da questa proiezione, e in linea con quanto osservato sul fronte allo stato attuale, il volume del blocco potenzialmente instabile è di circa 3.2m^3 in accordo con quanto definito nel paragrafo precedente.

La forza T' e T sono pari a:

Dove:

G è il peso del blocco;

i è l'interasse verticale dei chiodi;

x è la dimensione massima del blocco.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">GA0300 001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">30 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	30 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	30 di 49								

Di seguito si riportano i valori e la verifica della rete in aderenza:

Tabella 7: verifica della rete in aderenza.

Parametro	Simbolo	Valore	unità di misura
Dimensione massima del blocco	x	2.0	m
Interasse massimo verticale dei chiodi	i	3	m
inclinazione del tiro della rete rispetto alla verticale	b	33.7	°
altezza del blocco	L _b	1.0	m
peso specifico della roccia	g _n	25	kN/mc
volume del blocco	v	3.1	mc
peso del blocco per metro	G	75	kN
azione di tiro sulla porzione di rete aderente alla parete	T'	39.3	kN
azione massima di tiro sulla rete	T _{max}	47.2	kN
fattore amplificativo per azioni variabili	g _{Qi}	1.5	-
azione massima di calcolo di tiro sulla rete	T _{maxd}	70.8	kN
Resistenza caratteristica a trazione della rete a metro assunta in conformità alle Linee guida, paragrafo 2.4	R _k	50	kN/m
interasse orizzontale tra due chiodi	i _{oriz}	1.5	m
Resistenza ultima della rete	R _k	75	kN
coefficiente di sicurezza dell'acciaio	g _s	1.05	-
Resistenza ultima di progetto	R _d	71.4	kN
Fattore di sicurezza	FS	1.01	-

Il fattore di sicurezza è maggiore di 1, pertanto la verifica è soddisfatta.

Sulla base dello stesso schema sopra riportato, l'effetto del distacco del blocco dalla parete rocciosa provoca anche una sollecitazione di taglio sull'ancoraggio. In particolare la verifica di tipo strutturale (STR) a taglio del chiodo consiste nell'assicurarsi che la resistenza a taglio della barra sia adeguata a sopportare il peso del blocco.

Di seguito si riportano i valori e la verifica degli ancoraggi a taglio.

Tabella 8: verifica degli ancoraggi a taglio.

Parametro	Simbolo	Valore	unità di misura
diametro esterno della barra	F _{b,ext}	24	mm
diametro interno della barra	F _{b,int}	0	mm
area della barra	A _b	452.4	mmq
tensione di snervamento della barra	f _{yk}	450	MPa
coefficiente di sicurezza dell'acciaio	g _s	1.15	-
resistenza a snervamento di calcolo della barra	R _d	177.0	kN
contributo a taglio del chiodo	C _d	102.1	kN
peso specifico della roccia	g _n	25	kN/mc
volume del blocco	v	3.1	mc/m
peso del blocco	G	77.5	kN
azione di taglio sull'ancoraggio	T'	38.75	kN
fattore amplificativo per azioni variabili	g _{Qi}	1.5	-
sollecitazione di taglio di calcolo sull'ancoraggio	E _{b,d}	58.1	kN
fattore di sicurezza	FS	1.8	-

Il fattore di sicurezza è maggiore di 1, pertanto la verifica è soddisfatta.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>31 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	31 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	31 di 49								

5.4 VERIFICHE DI STABILITÀ PER CADUTA MASSI

In corrispondenza dell'imbocco della galleria finestra GN02, come riscontrato direttamente in situ, sussiste una chiara propensione della parte sommitale del versante allo sviluppo di frane da crollo. Sulla base di quanto esaminato in precedenza, è possibile stimare in circa 3m³ il volume massimo dei blocchi mobilizzati.

Per l'analisi delle traiettorie di caduta dei massi rispetto all'imbocco della galleria, si è fatto riferimento a un modello tipo "lumped mass", nel quale il blocco è schematizzato come un punto nel quale la massa è concentrata.

La massa non è inserita nelle equazioni utilizzate per calcolare il moto delle rocce, ma entra solo nel calcolo dell'energia cinetica durante la creazione dei grafici di presentazione dei risultati. Si ipotizza che:

- la massa rimane costante per tutta la simulazione;
- i blocchi non si possono rompere o dividere in più parti durante la simulazione del rotolamento;
- la resistenza dell'aria è trascurata.

Per lo sviluppo del calcolo delle traiettorie di tipo "lumped mass" è necessario conoscere le seguenti caratteristiche geometriche e fisiche del versante e del blocco di progetto:

- superficie topografica in sezione bidimensionale;
- dimensioni e peso del blocco;
- coefficienti di restituzione del terreno sul quale avviene l'impatto;
- coefficienti di attrito al rotolamento del blocco sul versante.

Nel caso in esame le analisi delle traiettorie sono state eseguite mediante il programma RocFall vers. 4.0 di Rocscience Inc[®]. Il software effettua un'analisi probabilistica della caduta di blocchi di roccia, una volta fissate le condizioni iniziali. La variabilità del sistema è tenuta in conto immettendo parametri diversi relativi al problema, in modo da poter considerare un più ampio spettro di possibili traiettorie, in relazione ai parametri più significativi come ad esempio:

- Massa;
- Componenti in x e y della velocità iniziale;
- Irregolarità di scala del pendio;
- Angolo di attrito al rotolamento;
- Coefficienti di restituzione.

Per ogni simulazione svolta è individuata una serie di informazioni che derivano dalle corrispondenti traiettorie elaborate dal programma. Sono così determinati per ogni percorso il punto di arresto, le altezze di passaggio (massimo rimbalzo), e la velocità dei massi; inoltre, ad esempio, possono essere diagrammati i percorsi con le relative distanze di arresto, l'istogramma di frequenza del punto di arresto dei massi e l'involuppo delle velocità e delle altezze massime raggiunte dai massi. In tal modo sono restituite tutte le informazioni necessarie per il dimensionamento e il posizionamento di idonee barriere paramassi. Ogni analisi statistica si basa sulla simulazione di 2000 eventi indipendenti, con un *cut-off* delle velocità pari a 0.1 m/s.

I coefficienti di restituzione adottati sono quelli riportati nella letteratura per ammassi rocciosi in assenza di vegetazione (*Clean hard bedrock*). Inoltre, per le simulazioni in presenza dei rilevati paramassi, sono stati associati a questi ultimi e allo strato di smorzamento i coefficienti per il detrito di falda senza vegetazione - *Talus cover*.

Tabella 9: coefficienti di restituzione utilizzati nelle analisi.

Tipologia di terreno adottata nel modello	Coeff. di restituzione normale del terreno $K_n [\sigma]$	Coeff. di restituzione tangenziale del terreno $K_t [\sigma]$	Coeff. di attrito al rotolamento del terreno $[\sigma]$
ammasso roccioso senza vegetazione	0.53 [0.04]	0.99 [0.04]	30° [2]
detrito di falda senza vegetazione	0.32 [0.04]	0.82 [0.04]	30° [2]

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>32 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	32 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	32 di 49								

Il calcolo dell'energia cinetica posseduta dal blocco all'impatto è stato effettuato considerando la velocità di traslazione e la massa di progetto, con le usuali formule della fisica classica. Alle azioni calcolate sono stati applicati i coefficienti di sicurezza parziali come di seguito descritto.

La velocità di progetto dei blocchi è la velocità corrispondente al frattile del 95% delle velocità (v_t) calcolate mediante il modello di tipo statistico sopra descritto, moltiplicata per un fattore di amplificazione (γ_v):

$$V_d = v_t \times \gamma_F \quad [\text{m/s}]$$

con:

$$\gamma_F = \gamma_{Tr} \times \gamma_{Dp};$$

γ_{Tr} = Coefficiente di affidabilità dei calcoli delle traiettorie che valgono: 1.02 per calcoli bidimensionali o tridimensionali calibrati su back analysis; 1.07 per calcoli bidimensionali basati su coefficienti di restituzione derivati da bibliografia;

γ_{Dp} = Coefficiente che tiene conto della qualità di discretizzazione del pendio che vale 1.01 per pendii discretizzati con buona precisione e comunque sulla base di un rilievo topografico specifico, 1.07 per pendii con discretizzazione medio-bassa.

La massa del blocco di progetto è definita come il prodotto del volume del blocco di progetto (V_b) per il peso per unità di volume della roccia (γ_r) e uno specifico fattore parziale di sicurezza (γ_m):

$$m_d = V_b \times \gamma_r \times \gamma_m \quad [\text{kg}]$$

con:

$$\gamma_m = \gamma_{VolF1} \times \gamma_\gamma$$

γ_{VolF1} = Coefficiente di affidabilità del rilievo volumetrico del blocco di progetto che vale 1.01 per rilievi accurati della parete rocciosa; 1.10 in assenza di specifici rilievi.

γ_γ = Coefficiente legato alla determinazione del peso per unità di volume della roccia: 1.00 nella maggior parte dei casi; da valutare in caso di particolari eterogeneità della roccia.

Nel caso in studio la massa dei blocchi segue la distribuzione normale definita da valore medio pari a 2500kg corrispondente a 1m^3 e deviazione standard pari a 1500kg (corrispondente ad un volume massimo di circa 3m^3).

Sulla base di quanto esposto si ricava l'energia di progetto in relazione alla quale verranno dimensionati gli opportuni sistemi di difesa. All'energia di progetto, calcolata tramite l'equazione di seguito secondo la formulazione della fisica classica, in considerazione dell'elevato rischio dell'area, è applicato un ulteriore coefficiente di sicurezza (I), variabile da 1.0 a 1.2.

$$E_{Sd} = (1/2 m_d \times v_d^2) \times I \quad [\text{kJ}]$$

In merito alla verifica della barriera paramassi a rete, l'energia dissipabile ($E_{BTE,barriera}$) in condizioni di sicurezza deve essere superiore all'energia di progetto con un adeguato coefficiente di sicurezza (γ_E) da applicare alle reazioni a seconda del livello energetico verso il quale si svolge la verifica:

- 1.0 per il livello energetico SEL, comunque installato;
- 1.2 per livello energetico MEL con installazioni ottimali (secondo il test ETAG 027);
- 1.3 per livello energetico MEL con installazioni non ottimali.

Pertanto deve essere valida la relazione:

$$(E_{Sd} - E_{BTE,barriera} / \gamma_E) \leq 0$$

I coefficienti sopra descritti (affidabilità dei calcoli delle traiettorie, rilievo volumetrico del blocco di progetto, discretizzazione del pendio) sono applicati al frattile 95% della distribuzione statistica dell'energia (E_{95}).

In particolare

$$E_{Sd} = E \times \gamma_{Tr}^2 \times \gamma_{Dp}^2 \times \gamma_m \times I \quad [\text{kJ}]$$

Dove:

$$\gamma_{Tr} = 1.07;$$

$$\gamma_{Dp} = 1.01;$$

$$\gamma_{VolF1} = 1.01;$$

$$\gamma_\gamma = 1.0;$$

$$\gamma_m = \gamma_{VolF1} \times \gamma_\gamma = 1.01.$$

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>33 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	33 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	33 di 49								

$$E_{Sd} = E \times 1.18 \times I \quad [kJ]$$

L'altezza di intercettazione di progetto corrisponde al massimo tra l'altezza di passaggio dei blocchi misurata sulla verticale nel punto di installazione delle opere, corrispondente al frattile del 95% delle traiettorie (h_{95}) calcolate mediante il modello di tipo statistico sopra descritto e tra il diametro stimato del blocco ($2r_{b95}$), moltiplicata per un fattore di amplificazione (γ_h). Nel caso specifico di barriera paramassi a rete, a questa quantità si aggiunge un franco (f) che ha un valore minimo di 0.50m e che deve fare in modo che il blocco di progetto ricada sempre all'interno dello schermo di intercettazione. Nel caso presente si è presa come dimensione di riferimento il diametro del blocco di progetto. Pertanto l'espressione dell'altezza di progetto è la seguente:

$$h_{tot} = h_d \times \gamma_h + f$$

con:

$$h_d = \max(h_{95}; 2r_b);$$

$$\gamma_h = 1.3;$$

$$f = \max(0.50 \text{ m}; r_b).$$

L'effettiva altezza della barriera ($h_{tot,\alpha}$) tiene conto dell'angolo (α) di installazione della barriera stessa rispetto al pendio.

Tutte le analisi condotte considerano n°1000 cadute di blocchi di massa pari a 2500kg e deviazione standard di 1500kg.

In totale sono state condotte 5 verifiche in corrispondenza di 5 sezioni ritenute caratteristiche per le loro condizioni geometriche. Per ciascuna delle sezioni di analisi, sono stati analizzati gli scenari con e senza interventi di sostegno previsti. Nella tabella seguente si riporta una sintesi per poi illustrare i risultati nel dettaglio successivamente.

Tabella 10: sintesi analisi.

Sezione	Tipologia di intervento previsto
17	rilevato paramassi altezza 5m
20	rilevato paramassi altezza 5m
25	barriera paramassi
35	rilevato paramassi altezza 5m
43	rilevato paramassi altezza 5m

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	34 di 49

PLANIMETRIA GENERALE scala 1:500



Figura 23: Planimetria generale dell'imbocco con indicazione delle sezioni.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>35 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	35 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	35 di 49								

5.4.1 VERIFICA DELLE BARRIERE PARAMASSI

Di seguito si riportano i risultati delle traiettorie dei massi in caduta in assenza e con la presenza della barriera paramassi ubicata a quota +30m dal piazzale antistante l'imbocco della galleria. La base della scarpata è sempre ubicata alla progressiva 0 (asse x) per facilitare la lettura dei punti di arresto dei massi.

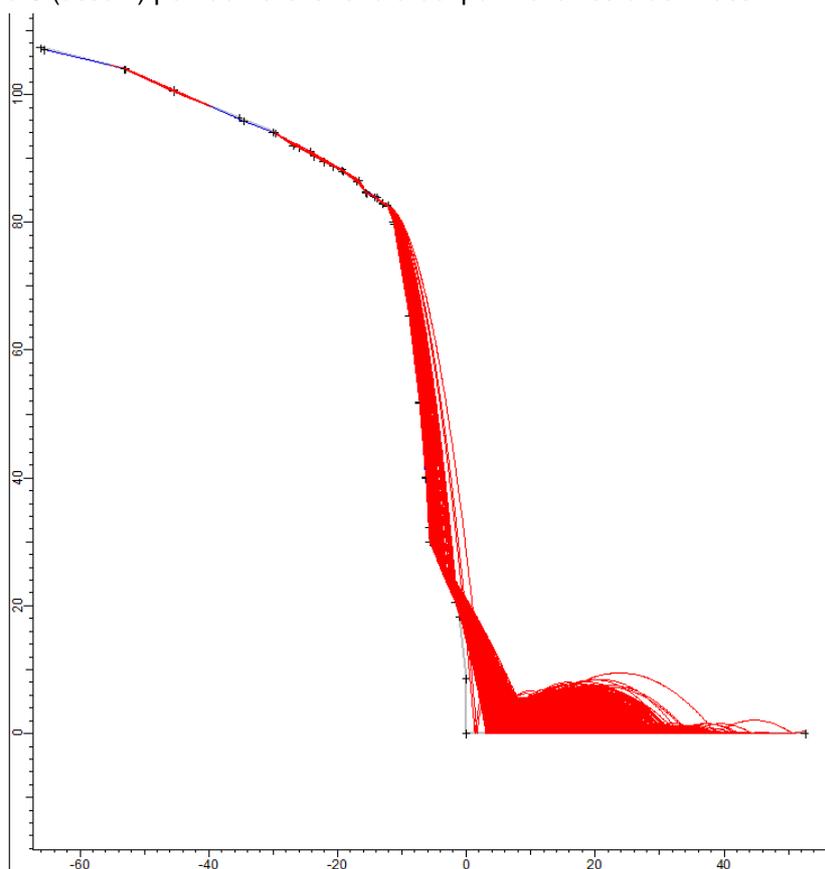


Figura 24: Analisi sez. 25: traiettorie massi e punti di fermata rispetto alla base della scarpata.

**RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	36 di 49

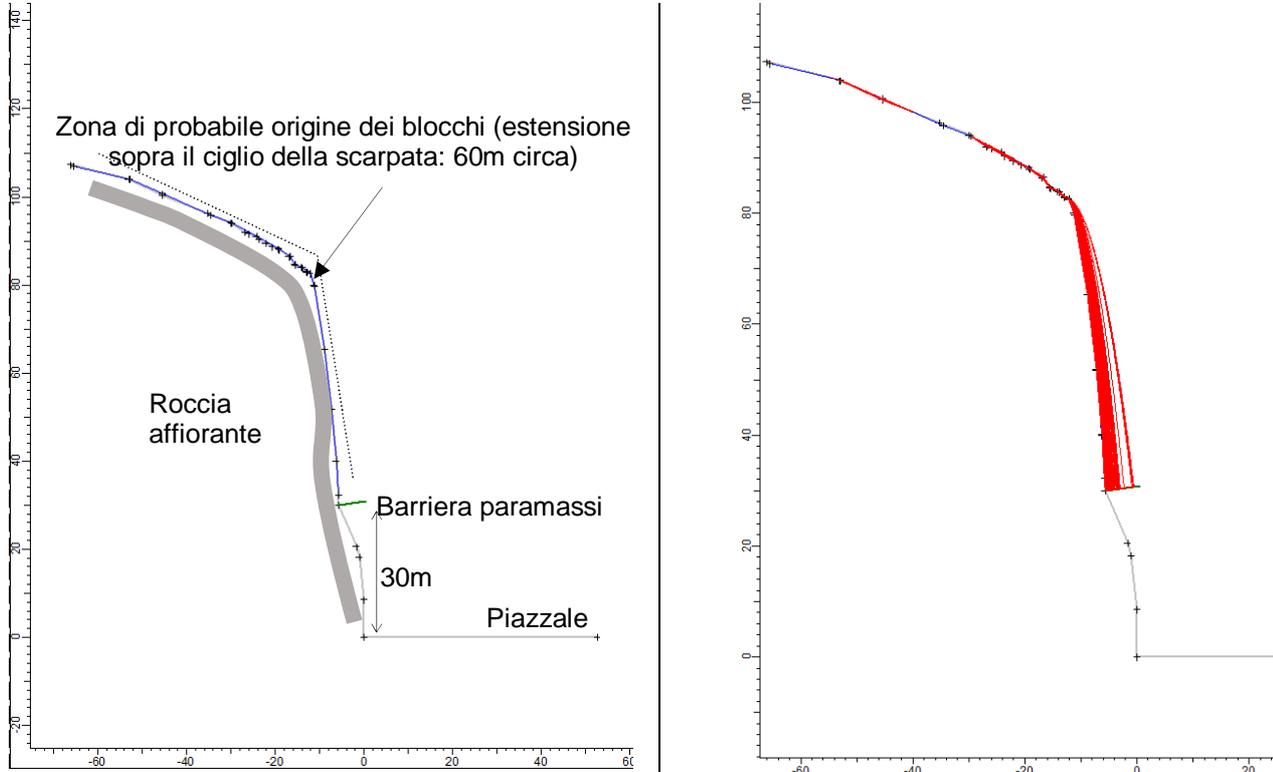


Figura 25: Analisi sez. 25 in presenza di barriera paramassi; a sinistra schema generale e a destra risultati in termini di traiettorie dei massi.

Di seguito si riportano gli istogrammi relativi all'energia cinetica e distanza di impatto.

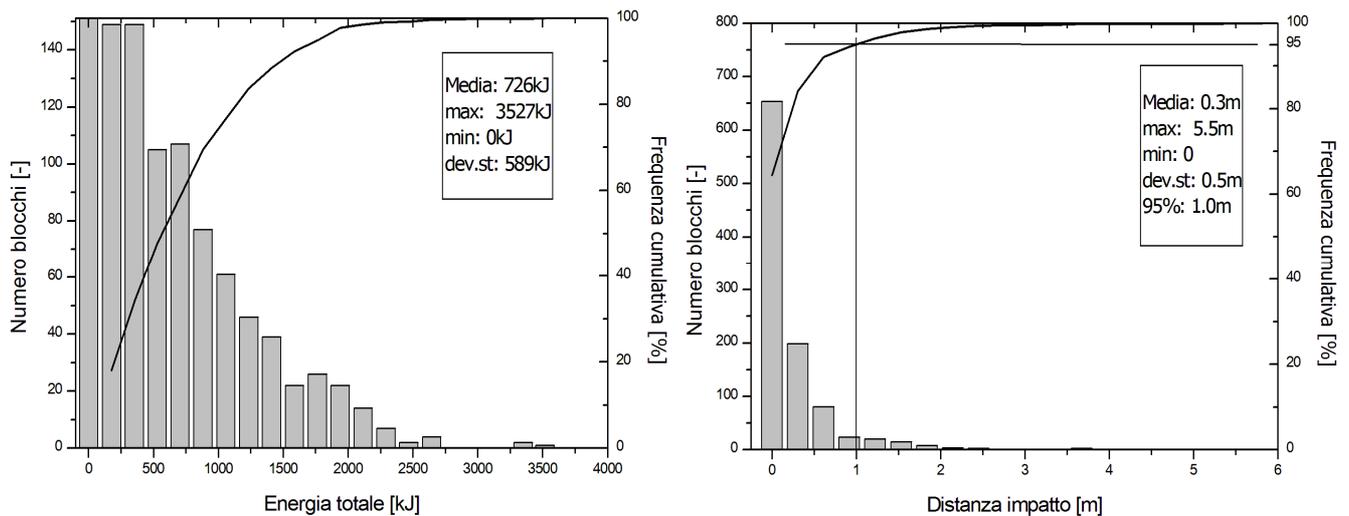


Figura 26: Istogrammi di energia cinetica e distanza di impatto.

Dalla elaborazione statistica dei dati si evince che $E_{\text{massimo}} \cong 3530\text{kJ}$ e $h_{95} \cong 1.0\text{m}$ che è inferiore a $2r_b$

Dove

$r_b = 0.9\text{m}$ per un blocco di circa 3m^3 .

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>37 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	37 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	37 di 49								

Sulla base di quanto riportato precedentemente, le reti paramassi possono avere le seguenti caratteristiche minime.

Livello energetico MEL: $E_{sd} = 3530 \times 1.17 \times 1.2 = 4960$ (kJ)

Altezza: $h_{tot} = 1.8 \times 1.3 + 0.9 = 3.24$ m.

L'altezza della barriera sarà quella del PD, pari a 6m con MEL ≥ 5000 kJ (classificazione a livello di energia pari a 8).

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>38 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	38 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	38 di 49								

5.4.2 VERIFICA DEI RILEVATI PARAMASSI

5.4.2.1 SOLLECITAZIONI AGENTI

Nelle figure seguenti si riportano i risultati delle analisi eseguite per ciascuna sezione nelle condizioni di assenza e con interventi di difesa in termini di:

- sezione con indicazione delle traiettorie,
- distanze di arresto dei blocchi (in tutte le sezioni analizzate, lo zero dell'asse delle ascisse ossia delle distanze, è stato posto in corrispondenza del piede del versante al fine di agevolare la lettura);
- altezze di rimbalzo;

Horizontal Location of Rock End-points

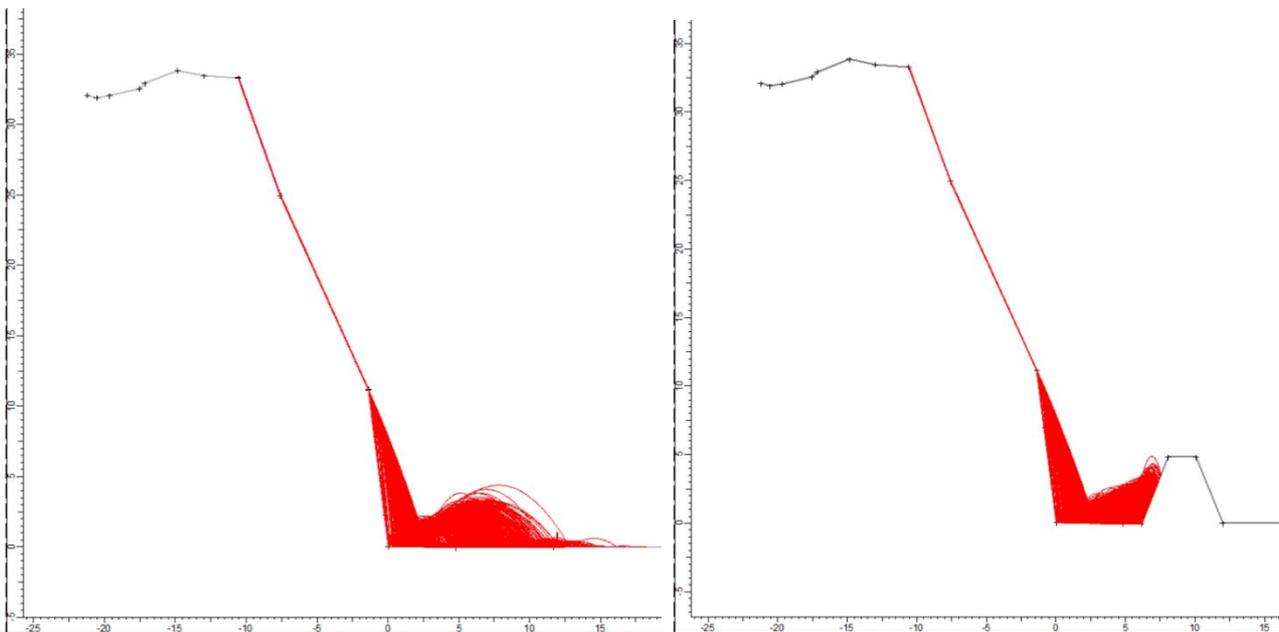
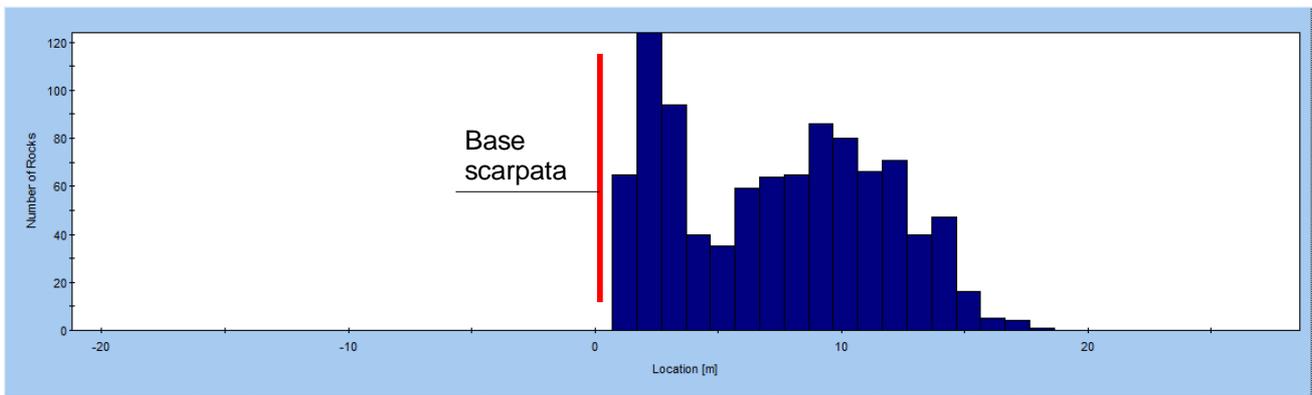


Figura 27: analisi sez. 17: traiettorie massi e punti di fermata rispetto alla base della scarpata (sx). analisi sez. 17 in presenza di rilevato paramassi di altezza 5m (dx)

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	39 di 49

Horizontal Location of Rock End-points

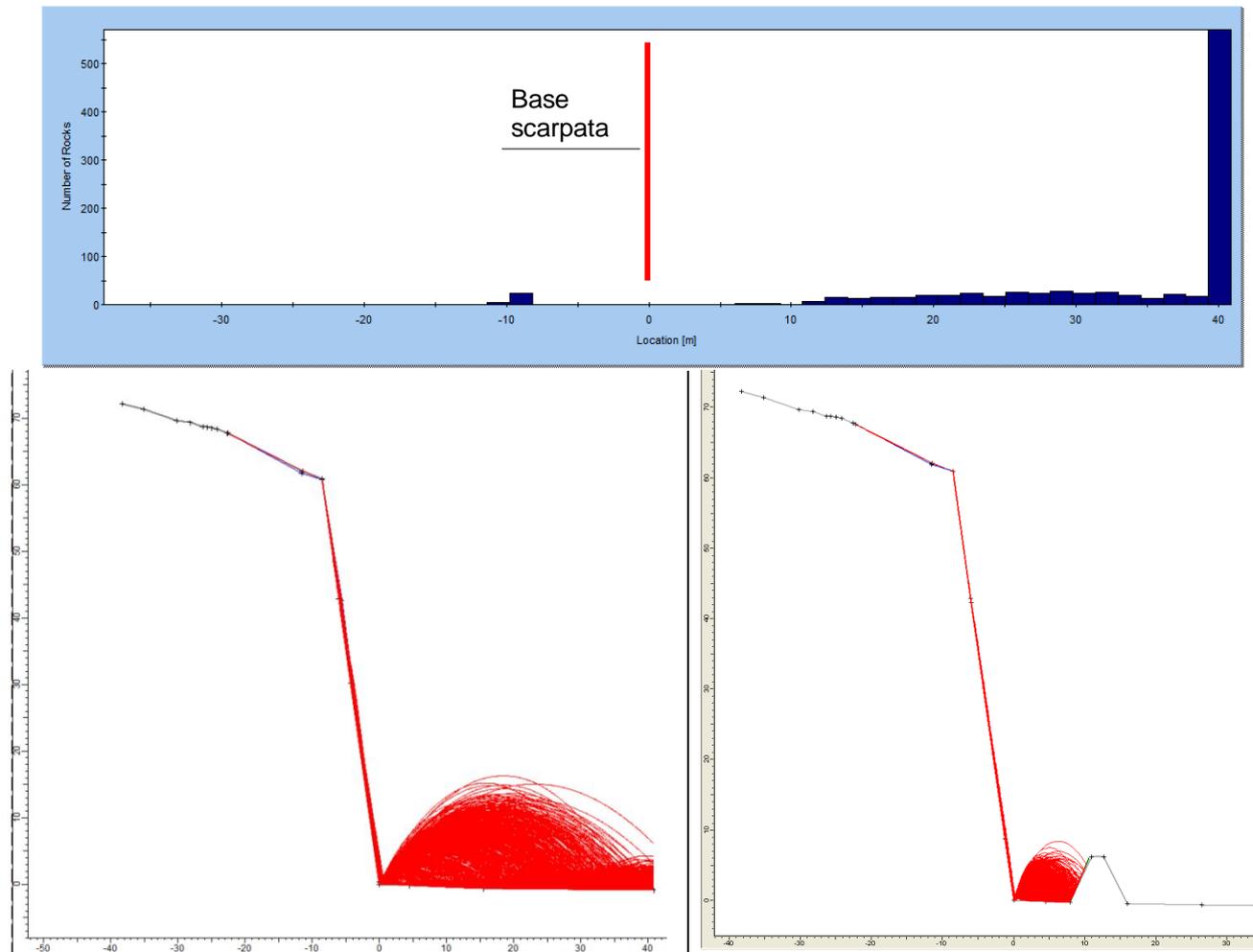


Figura 28: analisi sez. 20: traiettorie massi e punti di fermata rispetto alla base della scarpata (sx). analisi sez. 20 in presenza di rilevato paramassi di altezza 5m (dx)

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	40 di 49

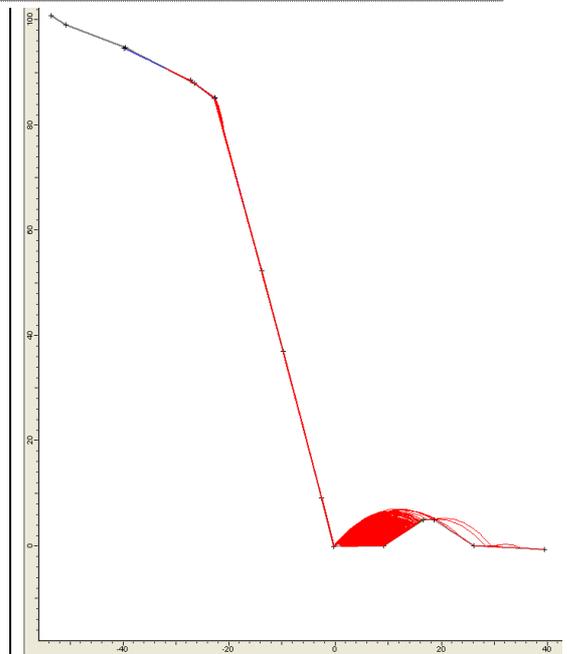
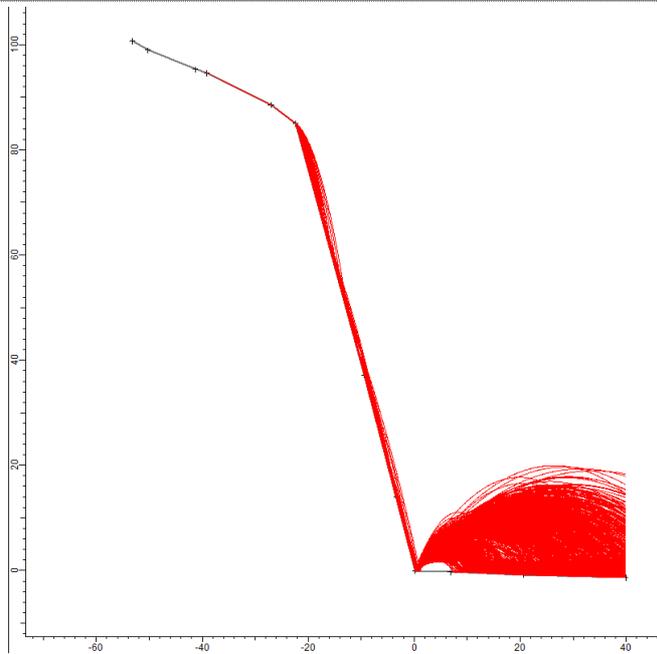
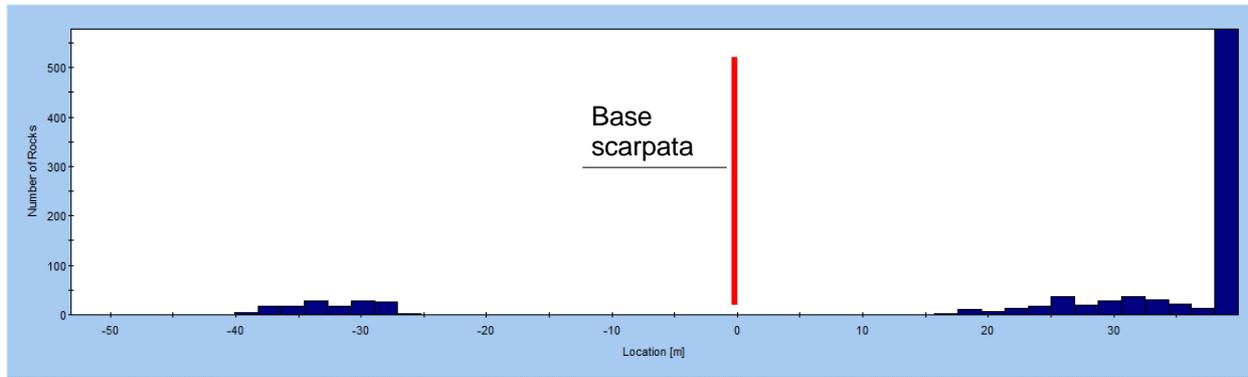


Figura 29: analisi sez. 35: traiettorie massi e punti di fermata rispetto alla base della scarpata (sx) e analisi in presenza di rilevato paramassi di altezza 5m (dx)

**RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE
OPERE DI IMBOCCO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	41 di 49

Horizontal Location of Rock End-points

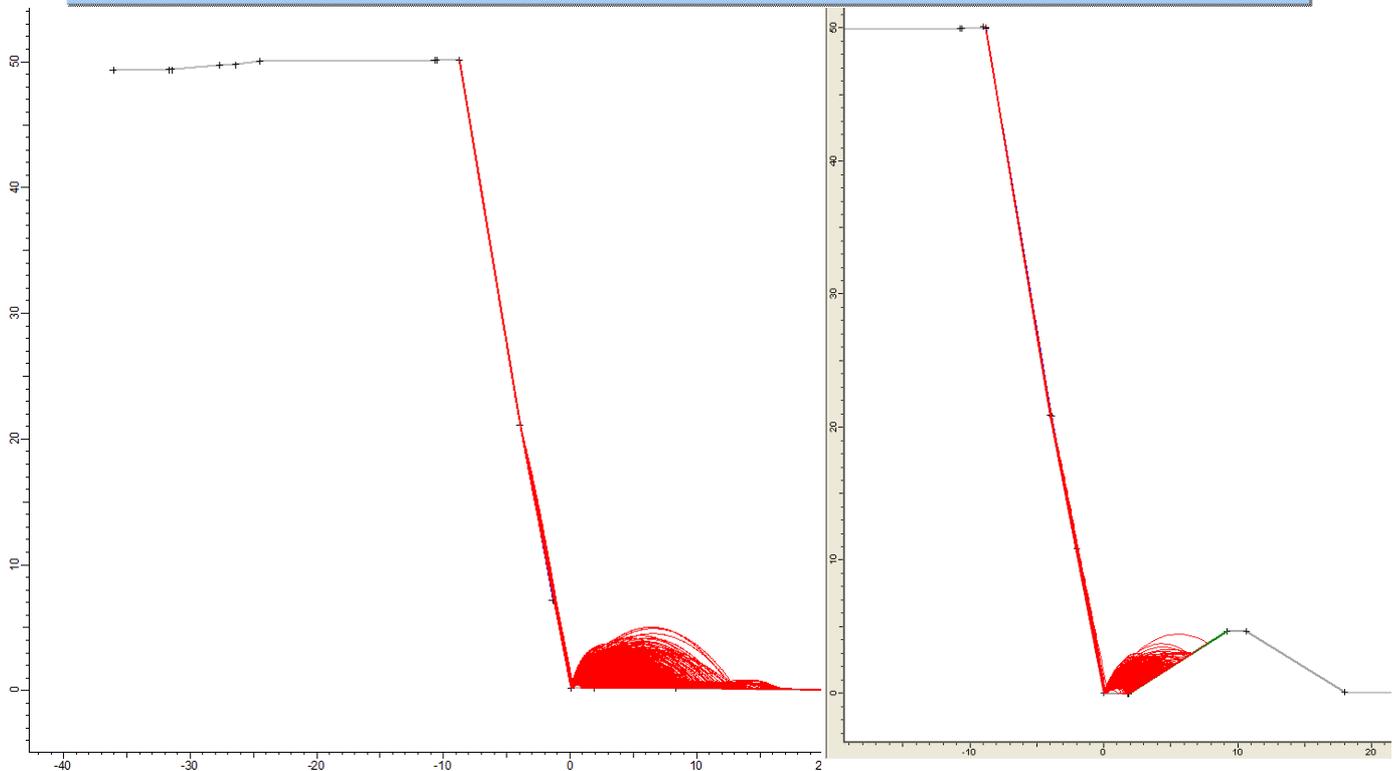
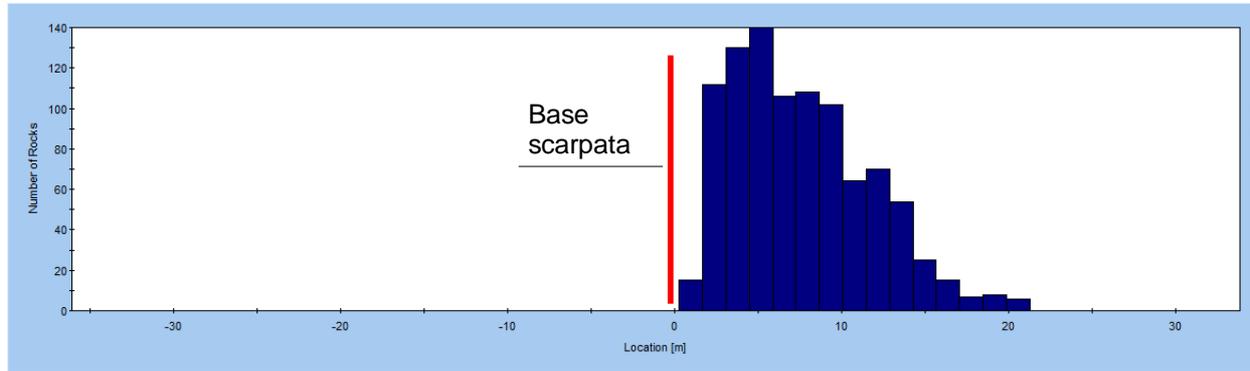


Figura 30: analisi sez. 43: traiettorie massi e punti di fermata rispetto alla base della scarpata (sx). analisi sez. 43 in presenza di rilevato paramassi di altezza 5m (dx)

Di seguito si riporta una breve sintesi delle verifiche di caduta massi condotte con le caratteristiche dei rilevati paramassi associate.

Tabella 11: Sintesi delle verifiche condotte per i rilevati paramassi

Sezione	Tipologia di rilevati paramassi
17	rilevato con geogriglie ed inclinazione paramento esterno pari a 65°
20	
35	
43	rilevato senza geogriglie ed inclinazione del paramento esterno pari a 32°

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>42 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	42 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	42 di 49								

5.4.2.2 CRITERI DI VERIFICA

Con riferimento alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, la verifica della sicurezza dell'opera sarà condotta agli stati limite ultimi (SLU). La verifica agli stati limiti di esercizio, considerata la natura dell'opera, la sua flessibilità e deformabilità, non risulta essere critica, in quanto l'opera può sopportare deformazioni che non ne pregiudicano la funzionalità e l'esercizio. Spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto si potrebbero manifestare solo per collasso della struttura, e quindi a seguito di condizioni di carico e di sollecitazione ricoperte nelle verifiche allo SLU, più severo.

Sulla base delle NTC '08 le terre rinforzate vengono classificate come muri di sostegno (par. 6.5 delle NTC '08): "Le norme si applicano a tutte le opere geotecniche e agli interventi atti a sostenere in sicurezza un corpo di terreno o di materiale con comportamento simile: ... - omissis - ... strutture miste, che esplicano la funzione di sostegno anche per effetto di trattamenti di miglioramento e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento (ad esempio ... - omissis - ... terra rinforzata, muri cellulari)."

Seguendo tale classificazione, per tutte le opere di sostegno debbono essere effettuate tre tipi di verifiche agli stati limite ultimo:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido;
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione;
- lo stato limite di resistenza del terreno.

5.4.2.3 CARATTERISTICHE DEL RINFORZO

Le geogriglie di rinforzo indicate sono di tipo mono-orientato (cioè caratterizzate da una resistenza a trazione maggiore in una direzione), prodotte per estrusione in polietilene ad alta densità (HDPE), e successivamente stirate in direzione longitudinale.

Ai fini del calcolo, le resistenze di progetto sono state calcolate come suggerito dalla normativa americana GRI (Geosynthetic Research Institute) GG1, GG2 e GG3. In particolare, secondo la suddetta normativa, la resistenza ammissibile è determinata applicando opportuni Fattori di Sicurezza parziali alla resistenza di progetto a lungo termine (LTDS).

$$P_{amm} = LTDS / (FS_{giunzione} \times FS_{chimico} \times FS_{biologico} \times FS_{danni\ ambientali})$$

La Resistenza di Progetto a Lungo Termine (LTDS) è ricavata in base a prove accelerate di creep di trazione eseguite a 10°, 20° e 40°C mediante estrapolazione dei risultati a 120anni.

Il fattore di riduzione per creep, o la resistenza di lungo termine del prodotto impiegato deve essere certificata dal produttore mediante prove di trazione di lungo termine (creep) che siano state condotte sulla tipologia di rinforzo previsto per una durata non inferiore alle 100.000 ore.

I valori delle resistenze a lungo termine per le geogriglie possono essere ricavate applicando un opportuno fattore di sicurezza per il creep pari a 2.44.

Tabella 12: Resistenza a lungo termine delle geogriglie.

Resistenza di picco	Resistenza a lungo termine
45kN/m	18.45kN/m

I fattori di sicurezza chimico e biologico per le geogriglie sono pari a 1.00, in quanto la tecnologia costruttiva e i materiali sono tali da garantire contro il rischio di danneggiamento a seguito di aggressione chimica o biologica (le geogriglie in HDPE sono chimicamente e biologicamente inerti).

Dal momento che le geogriglie sono progettate sulla base della loro LTDS, esse non saranno mai soggette a forze di trazione maggiori della LTDS stessa. Pertanto la Resistenza delle Giunzioni R_j deve essere uguale perlomeno alla LTDS moltiplicata per un opportuno Fattore di Sicurezza $FS_{GIUNZIONE}$.

$$R_j > LTDS \times FS_{GIUNZIONE}$$

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">GA0300 001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">43 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	43 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	43 di 49								

Tabella 13: Resistenza delle giunzione delle geogriglie.

Resistenza di picco	Resistenza delle giunzioni
45kN/m	36.5kN/m

Quando il materiale di riempimento, specialmente se caratterizzato da elementi a spigolo vivo, viene sparso sulle geogriglie e compattato, le geogriglie possono subire danneggiamenti dovuti al punzonamento e all'abrasione da parte dell'aggregato. Ogni tipo di geogriglia subisce un diverso livello di danneggiamento, che può essere valutato per mezzo di prove di trazione eseguite su campioni danneggiati e non danneggiati. il fattore di sicurezza contro i danni ambientali può essere assunto come indicato nella tabella seguente.

Tabella 14: Fattore di sicurezza per i danni ambientali per i vari tipi di terreno.

Tipo di terreno	Dimensioni granuli	FS _{danni ambientali}
Limo ed argilla	<0.06mm	1.00
Ceneri di combustione	Variabile	1.00
Sabbie fini e medie	0.06-0.6mm	1.00
Sabbie grosse e ghiaietto	0.6-6mm	1.00

In base a queste considerazioni, considerata la natura del terreno che si prevede di impiegare, è possibile assumere come unitari tutti i fattori di sicurezza parziali, ed ammettere come tensione ammissibile di progetto la resistenza a lungo termine delle geogriglie stesse.

In sede di calcolo pertanto si sono assunte come tensioni di progetto i seguenti valori geogriglia con resistenza massima a trazione 45 kN/m: resistenza di progetto 18.45 kN/m.

5.4.2.4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO

Il rilevato critico ha altezza fuori terra di 5m, inclinazione delle facciate di monte e di valle pari a 65°, larghezza in sommità 1.50m. La base del rilevato presenta una larghezza di circa 6.2m.

5.4.2.5 PARAMETRI DI PROGETTO E TIPOLOGIA DELLE VERIFICHE

I coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni sono riportati nella tabella seguente (NTC, 08).

Tabella 15: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

AZIONE	EFFETTO	SIMBOLO	COEFFICIENTE PARZIALE		
			EQU	A1	A2
Permanente	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanente non strutturale	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabile	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici dei terreni sono riportati nella tabella seguente (NTC, 08).

Tabella 16: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici.

PARAMETRO		Coeff. parziale	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan\phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1.00	1.00

Per quanto attiene ai coefficiente parziali per le resistenza geotecniche sono riportati nella tabella seguente.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>44 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	44 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	44 di 49								

Tabella 17: Coefficienti parziali per le resistenze geotecniche.

PARAMETRO	Coefficiente parziale γ_R (R1)	Coefficiente parziale γ_R (R2)	Coefficiente parziale γ_R (R3)
Capacità portante della fondazione	1.0	1.0	1.40
Scorrimento	1.0	1.0	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.0	1.0	1.40

Tabella 18: Coefficienti parziali per la stabilità globale.

PARAMETRO	Coefficiente parziale γ_R (R2)
Stabilità globale	1.10

5.4.2.6 DATI TERRENO

Per la realizzazione del rilevati si prevede l'impiego di materiale compattato al 95% della prova standard Proctor. Sono state considerate le seguenti proprietà meccaniche minime:

Peso del volume: 19kN/m³;

Angolo d'attrito: 35° (valore considerando il coeff. γ_ϕ : 29.3°);

Coesione: 0kPa;

5.4.2.7 STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

In tutte le verifiche, dovrà risultare soddisfatta la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

in cui E_d rappresenta il valore di progetto delle azioni, mentre R_d rappresenta il valore di progetto della resistenza. Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo. Nel caso in oggetto vengono sviluppate le verifiche relative alla tipologia di rinforzo impiegato, cioè quella di stabilità interna (STR), nonché quelle specifiche alla funzione di protezione dalla caduta massi e relative all'impatto (GEO e EQU).

5.4.2.8 VERIFICA DI STABILITÀ INTERNA

Le resistenze addizionali richieste per l'equilibrio di un pendio ripido (inclinazione facciata maggiore dell'angolo di attrito del materiale), con un adeguato margine di sicurezza rispetto ad ogni potenziale meccanismo di rottura, possono essere determinate con un'analisi di equilibrio limite. Essa consiste nel considerare le possibili superfici di rottura e nel confrontare, per ognuna di esse, le forze attive con le forze di attrito. Il fattore di sicurezza è calcolato come rapporto tra la massima forza di taglio fornita dal terreno prima della rottura e la forza di taglio sviluppata sulla superficie considerata. Per determinare la spinta è necessario, come detto, conoscere la forma della superficie di rottura.

Per ciascuna superficie uscente da un prefissato punto, viene determinato il rapporto tra il momento instabilizzante, provocato dal peso proprio del terreno, dai sovraccarichi, dalle azioni sismiche (applicate nel baricentro della massa) e dalla pressione interstiziale, e il momento resistente, dato dalla resistenza a taglio del terreno e dalla reazione delle geogriglie.

La prima superficie di rottura viene calcolata a partire dall'estremità esterna dalla geogriglia superiore. La resistenza a trazione delle geogriglie necessaria per garantire un prefissato fattore di sicurezza all'opera viene determinata per ciascuna superficie di rottura passante per l'estremità esterna della geogriglia stessa. La superficie di rottura che richiede la resistenza a trazione maggiore è identificata come critica.

La verifica è ripetuta all'estremità della geogriglia immediatamente al di sotto, considerando come forza resistente anche l'azione del rinforzo superiore.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>45 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	45 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	45 di 49								

La superficie di rottura passante per il piede del pendio individua la cosiddetta zona “attiva” del pendio stesso, cioè la parte del pendio che potenzialmente può essere soggetta a scivolamento. Tale linea identifica in pratica il confine tra la zona “stabile”, a tergo della linea, e quella “instabile”.

Ovviamente, affinché i rinforzi possano garantire la resistenza a trazione calcolata in precedenza, essi devono essere sufficientemente ancorati nel terreno stabile; in pratica la “coda” del rinforzo deve penetrare all’interno del terreno “stabile” di un tratto tale da assicurarne l’ancoraggio con un opportuno fattore di sicurezza.

E’ importante sottolineare come la resistenza a trazione calcolata con la verifica di stabilità interna è solitamente molto minore rispetto a quella effettivamente disponibile; nota la sommatoria delle resistenze necessarie, ottenute dall’analisi di stabilità interna, si impone che tale forza sia garantita dalle sole geogriglie al piede. In pratica, detta T la sommatoria delle resistenze t_j calcolate, si ipotizza che le prime m geogriglie al piede assorbano tutta la forza T (cioè, si impone che la sommatoria delle prime m resistenze disponibili sia maggiore o uguale a T). Si calcola quindi la lunghezza di ancoraggio per queste prime m geogriglie, che si ipotizzano sollecitate al massimo delle loro risorse, e si ammette per le restanti geogriglie che esse debbano soddisfare la sola stabilità interna.

Di seguito si riportano le verifiche di stabilità interna; i valori di resistenza di calcolo degli elementi in HDPE sono già stati introdotti nel modello di calcolo.

Le verifiche di stabilità interne sono verifiche di tipo GEO e sono state effettuate in condizione A2+M2 considerando la presenza del sisma. I parametri sismici sono quelli indicati in Tabella 3.

Le analisi effettuate sono 2, una per ogni tipologia di vallo paramassi.

La resistenza a sfilamento degli elementi in HDPE è stata considerata di tipo attritivo con un valore di angolo di attrito pari a 2/3 dell’angolo di attrito del materiale costituente il rilevato.

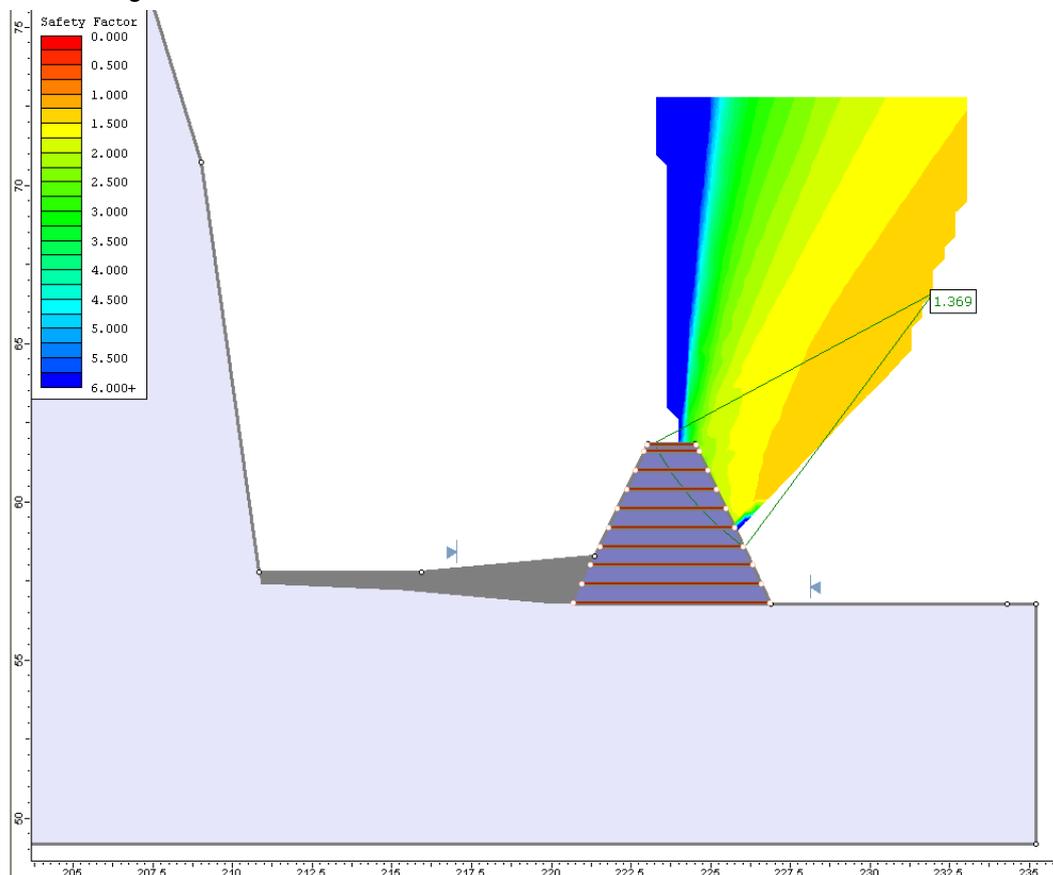


Figura 31: analisi di stabilità interna rilevato paramassi h=5m

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>46 di 49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	46 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	46 di 49								

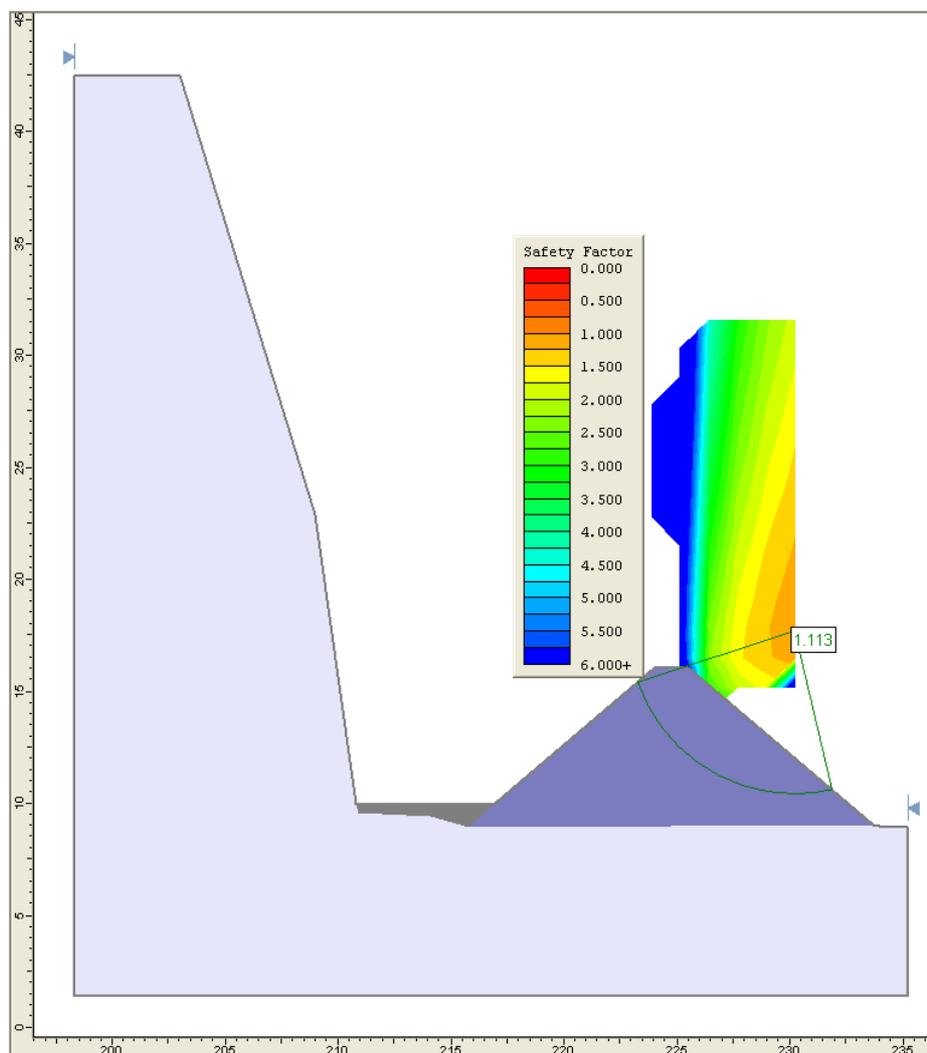


Figura 32: analisi di stabilità interna rilevato paramassi h=5m senza rinforzi

I fattori di sicurezza sono sempre maggiori di 1.1, pertanto la verifica è soddisfatta.

5.4.2.9 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

La verifica consiste nell'analizzare le superfici di rottura circolari utilizzando il metodo di Bishop, i cui punti di inizio e di fine sono specificati dall'utente. Il software di calcolo individua la superficie dove risulta minimo il coefficiente di sicurezza globale tra le superfici di rotture individuate. Per ognuna di queste superfici il programma calcola il momento resistente (dato dalla reazione del rinforzo nel punto dove il rinforzo interseca la superficie moltiplicata per la distanza della reazione dal centro del cerchio considerato). Il controllo è ripetuto per ogni superficie di potenziale rottura fino a quando viene trovata la meno stabile.

Considerando che al di sotto del rilevato è presente roccia, le verifiche non sono state condotte in quanto tutte le superfici che interessano l'opera e il terreno di fondazione hanno un FS maggiore di quello riportato nelle figure precedenti.

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO					
	RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300 001	REV. D

5.4.2.10 VERIFICA DI STABILITÀ ESTERNA

Lato dimensione caratteristica media	l	1.24 m (assumendo una geometria sferica)
Volume	V_{masso}	1m^3
Peso specifico masso	g	25kN/m^3
Peso	W_{masso}	25kN
Massa	m	255kg
velocità impatto	v_i	m/sec vedere tabella seguente
Energia	E	kJ vedere tabella seguente

Tabella 19: sintesi risultati (corrispondente al 95% percentile)

Sezione di analisi	Altezza [m]	Altezza impatto dalla base [m]	Velocità impatto [m/s]	Energia Impatto [kJ]
17	5	3.5	15	155
20	5	2.1	10	200
35	5	3.5	12	335
43	5	3.0	17	200

Sulla base di prove eseguite in scala reale, il tempo di smorzamento per blocchi di dimensioni maggiori è stato pari a 0.35s che corrisponde al valore adottato per le valutazioni che seguono.

$$F \times \Delta t = m \times \Delta v$$

Si ipotizza che il masso, al momento dell'impatto, abbia un'inclinazione di 55° sull'orizzontale.

La forza da esso esercitata si può scomporre nelle due direzioni, orizzontale e verticale.

Tabella 20: Sforzo orizzontale e verticale al momento dell'impatto

Sezione di analisi	Altezza [m]	Altezza impatto dalla base [m]	F [kN]	F_{hd} [kN]	F_{vd} [kN]
17	5	3.5	109	81	89
20	5	2.1	73	54	59
35	5	3.5	87	65	71
43	5	3.0	123	92	101

Dove:

F è la forza totale agente

F_{hd} è la componente orizzontale di calcolo

F_{vk} è la componente verticale caratteristica

5.4.2.11 VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

La forza orizzontale dall'impatto dovrà essere contrastata dalla forza d'attrito mobilitata lungo il piano di scivolamento. Dal momento che il metodo non tiene conto dei meccanismi dissipativi legati alle deformazioni che il vallo subisce ed al comportamento del materiale composito terreno-rinforzo. E' stato considerato anche il componente verticale F_v della forza dell'impatto.

Angolo d'attrito interfaccia terreno di fondazione – vallo $\phi = 29.3^\circ$ (M2)

Forza d'attrito $T = (W_{\text{efficace}} + F_{\text{vk}}) \times \tan\phi = R_d$

Verifica $R_d / E_d \geq 1.0$

Tabella 21: Verifica allo scorrimento

Sezione di calcolo	Altezza [m]	Altezza impatto dalla base [m]	F_{hd} [kN]	R_d [kN]
17	5	3.5	81	92
20	5	2.1	54	164

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">GA0300 001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">48 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	48 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	48 di 49								

Sezione di calcolo	Altezza [m]	Altezza impatto dalla base [m]	F _{hd} [kN]	R _d [kN]
35	5	3.5	65	82
43	5	3.0	92	125

Poiché il rapporto R_d / E_d è maggiore di R2 (che è pari a 1.0), la verifica risulta soddisfatta.

5.4.2.12 VERIFICHE AL RIBALTAMENTO

Il calcolo dei momenti viene effettuato al piede del rilevato, trascurando, a favore di sicurezza, il momento stabilizzante offerto dalla componente verticale F_v

Momento ribaltante

$$M_d = F_{hd} \times H \text{ (dove H è l'altezza dell'impatto)}$$

Momento stabilizzante

$$M_s = W_{tot} \times B/2$$

Verifica

$$M_s / M_d \geq 1.0$$

Poiché il rapporto M_s / M_d è maggiore di R2 (che è pari a 1.0), la verifica risulta soddisfatta.

Tabella 22: Verifica al ribaltamento

Sezione di calcolo	Base rilevato [m]	Peso rilevato [kN/m]	Altezza impatto dalla base [m]	F _{hd} [kN]	M _d [kN]	M _s [kN]
17	6.2	364	3.5	81	284	1121
20	6.2	364	2.1	55	116	1121
35	6.2	364	3.5	65	228	1121
43	6.2	364	3.0	92	276	1121

5.4.2.13 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE

I rilevati sono appoggiati sull'ammasso roccioso caratterizzato da capacità portante (e modulo elastico) molto elevato. Visto l'entità molto basse delle pressioni sulla fondazione, le verifiche di capacità portante sono pertanto omesse.

5.4.2.14 VERIFICHE AL SUPERAMENTO PER SFONDAMENTO

L'impatto del masso sul rilevato genera un effetto di punzonamento localizzato; l'impronta lasciata dal corpo impattante sarà prevalentemente associata a deformazioni permanenti, con una trascurabile componente elastica. Il ruolo del rilevato è quello di arrestare i carichi grazie alla dissipazione di energia cinetica, conseguente al lavoro di spostamento del terreno. Durante l'impatto si deve quindi poter garantire un sufficiente volume di terreno da deformare senza che vi sia lo sfondamento dello stesso. Per una stima iniziale, il problema fondamentale è ricondotto alla determinazione della forza impulsiva e della profondità di penetrazione del masso durante la fase d'interazione con la barriera. La profondità d dell'impronta di un masso, di cui siano noti massa e velocità all'impatto può essere calcolata applicando la formula di Kar (1978), risultato di studi effettuati per valutare la penetrazione dei proiettili e successivamente adottato, apportando le modifiche empiriche del caso, ad altri ambiti.

$$Z = \frac{27183}{\sqrt{C_0}} \times N \times \left(\frac{E}{E_s} \right)^{1.25} \times \left(\frac{P}{d^{2.31}} \right) \times \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.25}$$

dove

E modulo elasticità della roccia [MPa]

E_s modulo elastico dell'acciaio [MPa]

C_0 resistenza alla compressione semplice del terreno [kPa]

N Fattore di forma del masso (1 per corpi appuntiti, 0.72 per corpi piatti)

V velocità d'impatto del masso [m/s]

d raggio sferico equivalente [cm]

P peso del masso [kg]

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA0300 001</td> <td>D</td> <td>49 di 49</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	49 di 49
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GA0300 001	D	49 di 49								

La profondità di penetrazione è dunque:

$$z = \sqrt{Z} \times 2 \times d \quad \text{se } z/d \leq 2$$

$$z = (Z+1) \times d \quad \text{se } z/d > 2$$

La resistenza a compressione semplice del terreno è un parametro di difficile determinazione. Assimilando il valore ad una resistenza a compressione a espansione laterale libera, ed utilizzando i criteri di omogeneizzazione suggeriti da Kawamura e al. (2000), si può considerare l'involuppo a rottura di un terreno rinforzato come definito dalla seguente equazione:

$$C_0 = c + \frac{Pr}{A} (\sin \theta \times \tan \phi + \cos \phi) + (1 + \beta) \times \sigma_n \times \tan \phi$$

Dove

c la coesione del terreno di riempimento [kPa]

Pr la resistenza a trazione del rinforzo [kN]

A l'area dell'elemento di rinforzo [m²]

φ l'angolo d'attrito interno del terreno di riempimento

θ l'angolo di inclinazione del piano di rottura sul orizzontale (si può assumere 45°+φ/2)

β coefficiente che consente di tenere conto della resistenza contro la dilatanza (0.2-0.4)

σ_n è la tensione verticale agente all'altezza dell'impatto

Tabella 23: sintesi risultati

Sezione di analisi	Altezza [m]	Altezza impatto dalla base [m]	Penetrazione [cm]	Spessore rilevato all'altezza dell'impatto [cm]
17	5	3.5	7	277
20	5	2.1	5	395
35	5	3.5	6	277
43	5	3.0	8	319

La penetrazione stimata risulta sempre inferiore al corrispondente spessore del rilevato.

ALLEGATI

Slide Analysis Information

Document Name: Sezione 25 – Condizione statica

File Name: sez25_A2M2_statico.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: RDO_GSI35
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 237 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None

Material: RDO_GSI45
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 474 kPa
Friction Angle: 46.7 degrees
Water Surface: None

Support Properties

Support: Support 1
Support 1

Support Type: Grouted Tieback
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Tensile Capacity: 176.9 kN
Plate Capacity: 176.9 kN
Bond length: 4.500 m
Bond Strength: 29.67 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.219810
Center: 60.284, 102.275
Radius: 31.153
Left Slip Surface Endpoint: 82.051, 79.989
Right Slip Surface Endpoint: 91.437, 102.275
Left Slope Intercept: 82.051 79.989
Right Slope Intercept: 91.437 134.836
Resisting Moment=252403 kN-m
Driving Moment=206919 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 9937
Number of Invalid Surfaces: 8510
Error Codes:
Error Code -103 reported for 1107 surfaces
Error Code -106 reported for 45 surfaces
Error Code -107 reported for 2018 surfaces
Error Code -108 reported for 647 surfaces
Error Code -109 reported for 1 surface
Error Code -112 reported for 380 surfaces
Error Code -1000 reported for 4312 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

-106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.

-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small

(0.1 is an arbitrary number).

-109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region, even though the slip surface is wholly within the soil region.

-112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F$ < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

List of All Coordinates

Material Boundary

72.720	50.000
75.503	50.000
75.503	60.766

Material Boundary

75.503	50.000
82.720	50.000
85.503	60.766
85.827	62.022
86.334	64.011
86.837	66.025
87.841	70.018
88.714	71.999
89.603	74.014
90.427	76.046
91.257	77.996
92.066	80.027
92.175	82.026
92.280	84.025
92.388	86.023
92.500	88.026
92.604	90.024
92.765	92.024
92.923	94.022
93.082	96.024
93.245	98.025
93.409	100.025
93.649	102.027
93.895	104.027
94.149	106.024
94.406	108.025
94.673	110.024
94.866	112.026
95.068	114.026
95.280	116.024
95.496	118.023
95.734	120.027
96.116	122.065
96.484	124.050

96.891	126.018
97.265	128.051
97.661	130.033
99.371	132.707
102.787	136.633
105.116	139.127
109.772	143.615
115.606	148.030

External Boundary

0.000	50.000
0.000	0.000
178.416	-0.000
178.416	154.007
172.244	156.012
158.010	158.052
146.903	157.997
136.777	156.064
129.497	154.043
125.547	151.981
120.852	150.053
115.606	148.030
110.827	146.037
106.081	144.040
103.200	142.010
99.389	140.018
95.544	138.018
92.697	136.035
90.581	134.021
89.221	132.035
87.661	130.033
87.265	128.051
86.891	126.018
86.484	124.050
86.116	122.065
85.734	120.027
85.496	118.023
85.280	116.024
85.068	114.026
84.866	112.026
84.673	110.024
84.406	108.025
84.149	106.024
83.895	104.027
83.649	102.027
83.409	100.025
83.245	98.025
83.082	96.024
82.923	94.022
82.765	92.024
82.604	90.024
82.500	88.026
82.388	86.023
82.280	84.025
82.175	82.026
82.066	80.027
81.257	77.996
80.427	76.046
79.603	74.014
78.714	71.999
77.841	70.018
76.837	66.025

76.334	64.011
75.827	62.022
75.503	60.766
72.720	50.000

Support
72.907 50.726
77.264 49.600

Support
73.283 52.178
77.640 51.052

Support
73.658 53.631
78.015 52.505

Support
74.034 55.083
78.390 53.957

Support
74.409 56.535
78.766 55.409

Support
74.784 57.987
79.141 56.861

Support
75.160 59.440
79.517 58.314

Support
75.535 60.892
79.892 59.766

Support
75.909 62.345
80.267 61.218

Support
76.279 63.798
80.643 62.670

Support
76.644 65.253
81.018 64.123

Support
77.009 66.708
81.394 65.575

Support
77.374 68.163
81.769 67.027

Support
77.740 69.618
82.144 68.479

Support

78.284	71.025
82.402	69.209

Support
78.890 72.397
83.007 70.581

Support
79.495 73.769
83.612 71.954

Support
80.066 75.157
84.217 73.326

Support
80.638 76.544
84.823 74.699

Support
81.226 77.924
85.428 76.071

Support
81.784 79.318
86.033 77.444

Slide Analysis Information

Document Name: Sezione 25 – Condizione sisma positivo

File Name: sez25_A2M2_sisma+.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.062
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.031

Material Properties

Material: RDO_GSI35
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 237 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None

Material: RDO_GSI45
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 474 kPa
Friction Angle: 46.7 degrees
Water Surface: None

Support Properties

Support: Support 1
Support 1
Support Type: Grouted Tieback
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Tensile Capacity: 176.9 kN
Plate Capacity: 176.9 kN
Bond length: 4.500 m
Bond Strength: 29.67 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.206670
Center: 46.982, 115.891
Radius: 47.935
Left Slip Surface Endpoint: 82.248, 83.425
Right Slip Surface Endpoint: 94.917, 115.891
Left Slope Intercept: 82.248 83.425
Right Slope Intercept: 94.917 137.581
Resisting Moment=517788 kN-m
Driving Moment=429103 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 10801
Number of Invalid Surfaces: 7646
Error Codes:
Error Code -103 reported for 1107 surfaces
Error Code -106 reported for 45 surfaces
Error Code -107 reported for 1708 surfaces
Error Code -108 reported for 104 surfaces
Error Code -109 reported for 1 surface
Error Code -112 reported for 369 surfaces
Error Code -1000 reported for 4312 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

-106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.

-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region, even though the slip surface is wholly within the soil region.

-112 = The coefficient M-Alpha = $\cos(\alpha)(1+\tan(\alpha)\tan(\phi))/F$ < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

List of All Coordinates

Material Boundary

72.720	50.000
75.503	50.000
75.503	60.766

Material Boundary

75.503	50.000
82.720	50.000
85.503	60.766
85.827	62.022
86.334	64.011
86.837	66.025
87.841	70.018
88.714	71.999
89.603	74.014
90.427	76.046
91.257	77.996
92.066	80.027
92.175	82.026
92.280	84.025
92.388	86.023
92.500	88.026
92.604	90.024
92.765	92.024
92.923	94.022
93.082	96.024
93.245	98.025
93.409	100.025
93.649	102.027
93.895	104.027
94.149	106.024
94.406	108.025
94.673	110.024
94.866	112.026
95.068	114.026

95.280	116.024
95.496	118.023
95.734	120.027
96.116	122.065
96.484	124.050
96.891	126.018
97.265	128.051
97.661	130.033
99.371	132.707
102.787	136.633
105.116	139.127
109.772	143.615
115.606	148.030

External Boundary

0.000	50.000
0.000	0.000
178.416	-0.000
178.416	154.007
172.244	156.012
158.010	158.052
146.903	157.997
136.777	156.064
129.497	154.043
125.547	151.981
120.852	150.053
115.606	148.030
110.827	146.037
106.081	144.040
103.200	142.010
99.389	140.018
95.544	138.018
92.697	136.035
90.581	134.021
89.221	132.035
87.661	130.033
87.265	128.051
86.891	126.018
86.484	124.050
86.116	122.065
85.734	120.027
85.496	118.023
85.280	116.024
85.068	114.026
84.866	112.026
84.673	110.024
84.406	108.025
84.149	106.024
83.895	104.027
83.649	102.027
83.409	100.025
83.245	98.025
83.082	96.024
82.923	94.022
82.765	92.024
82.604	90.024
82.500	88.026
82.388	86.023
82.280	84.025
82.175	82.026
82.066	80.027
81.257	77.996

80.427	76.046
79.603	74.014
78.714	71.999
77.841	70.018
76.837	66.025
76.334	64.011
75.827	62.022
75.503	60.766
72.720	50.000

Support
72.907 50.726
77.264 49.600

Support
73.283 52.178
77.640 51.052

Support
73.658 53.631
78.015 52.505

Support
74.034 55.083
78.390 53.957

Support
74.409 56.535
78.766 55.409

Support
74.784 57.987
79.141 56.861

Support
75.160 59.440
79.517 58.314

Support
75.535 60.892
79.892 59.766

Support
75.909 62.345
80.267 61.218

Support
76.279 63.798
80.643 62.670

Support
76.644 65.253
81.018 64.123

Support
77.009 66.708
81.394 65.575

Support
77.374 68.163
81.769 67.027

Support
77.740 69.618
82.144 68.479

Support
78.284 71.025
82.402 69.209

Support
78.890 72.397
83.007 70.581

Support
79.495 73.769
83.612 71.954

Support
80.066 75.157
84.217 73.326

Support
80.638 76.544
84.823 74.699

Support
81.226 77.924
85.428 76.071

Support
81.784 79.318
86.033 77.444

Slide Analysis Information

Document Name: Sezione 25 – Condizione sisma negativo

File Name: sez25_A2M2_sisma-.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.062
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.031

Material Properties

Material: RDO_GSI35
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 237 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None

Material: RDO_GSI45
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 474 kPa
Friction Angle: 46.7 degrees
Water Surface: None

Support Properties

Support: Support 1
Support 1
Support Type: Grouted Tieback
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Tensile Capacity: 176.9 kN
Plate Capacity: 176.9 kN
Bond length: 4.500 m
Bond Strength: 29.67 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.255520
Center: 46.982, 115.891
Radius: 47.935
Left Slip Surface Endpoint: 82.248, 83.425
Right Slip Surface Endpoint: 94.917, 115.891
Left Slope Intercept: 82.248 83.425
Right Slope Intercept: 94.917 137.581
Resisting Moment=506552 kN-m
Driving Moment=403461 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 10830
Number of Invalid Surfaces: 7617
Error Codes:
Error Code -103 reported for 1107 surfaces
Error Code -106 reported for 45 surfaces
Error Code -107 reported for 1676 surfaces
Error Code -108 reported for 104 surfaces
Error Code -109 reported for 1 surface
Error Code -112 reported for 372 surfaces
Error Code -1000 reported for 4312 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

-106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.

-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region, even though the slip surface is wholly within the soil region.

-112 = The coefficient M-Alpha = $\cos(\alpha)(1+\tan(\alpha)\tan(\phi))/F$ < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

List of All Coordinates

Material Boundary

72.720	50.000
75.503	50.000
75.503	60.766

Material Boundary

75.503	50.000
82.720	50.000
85.503	60.766
85.827	62.022
86.334	64.011
86.837	66.025
87.841	70.018
88.714	71.999
89.603	74.014
90.427	76.046
91.257	77.996
92.066	80.027
92.175	82.026
92.280	84.025
92.388	86.023
92.500	88.026
92.604	90.024
92.765	92.024
92.923	94.022
93.082	96.024
93.245	98.025
93.409	100.025
93.649	102.027
93.895	104.027
94.149	106.024
94.406	108.025
94.673	110.024
94.866	112.026
95.068	114.026

95.280	116.024
95.496	118.023
95.734	120.027
96.116	122.065
96.484	124.050
96.891	126.018
97.265	128.051
97.661	130.033
99.371	132.707
102.787	136.633
105.116	139.127
109.772	143.615
115.606	148.030

External Boundary

0.000	50.000
0.000	0.000
178.416	-0.000
178.416	154.007
172.244	156.012
158.010	158.052
146.903	157.997
136.777	156.064
129.497	154.043
125.547	151.981
120.852	150.053
115.606	148.030
110.827	146.037
106.081	144.040
103.200	142.010
99.389	140.018
95.544	138.018
92.697	136.035
90.581	134.021
89.221	132.035
87.661	130.033
87.265	128.051
86.891	126.018
86.484	124.050
86.116	122.065
85.734	120.027
85.496	118.023
85.280	116.024
85.068	114.026
84.866	112.026
84.673	110.024
84.406	108.025
84.149	106.024
83.895	104.027
83.649	102.027
83.409	100.025
83.245	98.025
83.082	96.024
82.923	94.022
82.765	92.024
82.604	90.024
82.500	88.026
82.388	86.023
82.280	84.025
82.175	82.026
82.066	80.027
81.257	77.996

80.427	76.046
79.603	74.014
78.714	71.999
77.841	70.018
76.837	66.025
76.334	64.011
75.827	62.022
75.503	60.766
72.720	50.000

Support
72.907 50.726
77.264 49.600

Support
73.283 52.178
77.640 51.052

Support
73.658 53.631
78.015 52.505

Support
74.034 55.083
78.390 53.957

Support
74.409 56.535
78.766 55.409

Support
74.784 57.987
79.141 56.861

Support
75.160 59.440
79.517 58.314

Support
75.535 60.892
79.892 59.766

Support
75.909 62.345
80.267 61.218

Support
76.279 63.798
80.643 62.670

Support
76.644 65.253
81.018 64.123

Support
77.009 66.708
81.394 65.575

Support
77.374 68.163
81.769 67.027

Support
77.740 69.618
82.144 68.479

Support
78.284 71.025
82.402 69.209

Support
78.890 72.397
83.007 70.581

Support
79.495 73.769
83.612 71.954

Support
80.066 75.157
84.217 73.326

Support
80.638 76.544
84.823 74.699

Support
81.226 77.924
85.428 76.071

Support
81.784 79.318
86.033 77.444

Slide Analysis Information

Document Name: Sezione 25 trasversale – Condizione statica

File Name: sezione25perp_A2M2_statico.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: RDO_GSI35
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 237 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None

Material: RDO_GSI45
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 474 kPa
Friction Angle: 46.7 degrees
Water Surface: None

Support Properties

Support: Support 1
Support 1

Support Type: Grouted Tieback
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Tensile Capacity: 176.9 kN
Plate Capacity: 176.9 kN
Bond length: 4.500 m
Bond Strength: 29.67 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.823090
Center: 97.579, 96.271
Radius: 53.016
Left Slip Surface Endpoint: 44.563, 96.271
Right Slip Surface Endpoint: 71.700, 50.000
Left Slope Intercept: 44.563 122.002
Right Slope Intercept: 71.700 50.000
Resisting Moment=1.42704e+006 kN-m
Driving Moment=782756 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 906
Number of Invalid Surfaces: 17541
Error Codes:
Error Code -100 reported for 8 surfaces
Error Code -101 reported for 10 surfaces
Error Code -103 reported for 422 surfaces
Error Code -106 reported for 3 surfaces
Error Code -107 reported for 240 surfaces
Error Code -112 reported for 468 surfaces
Error Code -1000 reported for 16390 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-100 = Both surface / slope intersections are on the same horizontal surface. In general, this will give a very high or infinite factor of safety (zero driving force), if calculated.

-101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

-106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur

if the wrong failure direction is specified,
 or if high external or anchor loads are applied
 against the failure direction.

-112 = The coefficient M-Alpha = $\cos(\alpha)(1+\tan(\alpha)\tan(\phi))/F$
 < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out
 some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in
 particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle
 slices in the passive zone.

-1000 = No valid slip surfaces are generated
 at a grid center. Unable to draw a surface.

List of All Coordinates

Material Boundary

42.079	122.001
43.188	110.992
43.368	109.222
43.464	107.467
43.571	105.467
43.678	103.464
43.785	101.466
43.900	99.323
44.077	97.162
44.253	95.122
44.435	93.105
44.615	91.097
44.788	89.211
44.915	87.314
45.057	85.300
45.198	83.292
45.342	81.291
45.847	74.132
53.744	69.347
57.503	67.264
60.067	65.830
61.650	50.000
71.700	50.000

Material Boundary

104.815	50.009
115.009	50.009
115.040	50.165
115.417	52.316
115.769	54.445
116.087	56.563
116.189	57.293
116.661	58.390
120.434	69.292

Material Boundary

83.900	50.000
102.046	50.002

External Boundary

155.112	65.999
148.773	64.025
145.726	62.002
144.312	60.009
137.091	60.003

135.678	61.997
134.395	63.994
132.643	66.010
127.960	68.003
125.877	68.001
122.813	68.016
120.434	69.292
119.119	69.998
109.989	70.001
109.225	67.999
108.636	65.995
108.026	64.016
107.330	62.005
106.472	60.007
106.191	57.999
105.890	56.003
105.559	53.994
105.209	52.001
104.815	50.009
102.046	50.002
99.762	52.003
97.360	53.990
94.703	56.015
92.779	58.001
89.910	59.997
87.007	59.983
84.777	58.774
83.900	50.000
71.700	50.000
69.517	71.834
69.238	72.003
65.939	74.004
62.366	76.001
58.761	77.999
55.458	80.001
55.317	82.001
55.173	84.000
55.033	86.001
54.891	88.000
54.758	90.000
54.575	92.001
54.395	94.000
54.214	96.000
54.042	98.000
53.878	100.000
53.771	102.000
53.663	104.000
53.557	106.000
53.450	108.000
53.341	110.000
53.137	112.000
52.936	113.999
52.736	116.000
52.539	118.001
52.341	119.996
50.182	122.005
42.079	122.001
39.302	121.999
27.378	120.040
14.130	118.066
4.776	116.056
-0.000	114.072

0.000 0.000
155.112 0.000

Support
71.625 50.746
67.148 50.299

Support
71.476 52.239
66.998 51.791

Support
71.028 56.717
66.551 56.269

Support
70.879 58.209
66.401 57.761

Support
70.730 59.702
66.252 59.254

Support
70.581 61.194
66.103 60.746

Support
70.431 62.687
65.954 62.239

Support
70.282 64.179
65.804 63.732

Support
70.133 65.672
65.655 65.224

Support
69.984 67.164
65.506 66.717

Support
69.834 68.657
65.357 68.209

Support
71.327 53.731
66.849 53.284

Support
71.178 55.224
66.700 54.776

Support
69.685 70.150
65.207 69.702

Support
69.536 71.642
65.058 71.194

Support
83.975 50.746
88.452 50.299

Support
84.124 52.239
88.602 51.791

Support
84.273 53.731
88.751 53.284

Support
84.422 55.224
88.900 54.776

Support
84.572 56.717
89.049 56.269

Support
84.721 58.209
89.199 57.761

Slide Analysis Information

Document Name: Sezione 25 trasversale – Condizione sisma positivo

File Name: sezione25perp_A2M2_sisma+.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.062
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.031

Material Properties

Material: RDO_GSI35
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 237 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None

Material: RDO_GSI45
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 474 kPa
Friction Angle: 46.7 degrees

Water Surface: None

Support Properties

Support: Support 1
Support 1
Support Type: Grouted Tieback
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Tensile Capacity: 176.9 kN
Plate Capacity: 176.9 kN
Bond length: 4.500 m
Bond Strength: 29.67 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.734160
Center: 97.579, 96.271
Radius: 53.016
Left Slip Surface Endpoint: 44.563, 96.271
Right Slip Surface Endpoint: 71.700, 50.000
Left Slope Intercept: 44.563 122.002
Right Slope Intercept: 71.700 50.000
Resisting Moment=1.42381e+006 kN-m
Driving Moment=821036 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 914
Number of Invalid Surfaces: 17533
Error Codes:
Error Code -100 reported for 8 surfaces
Error Code -101 reported for 10 surfaces
Error Code -103 reported for 422 surfaces
Error Code -106 reported for 3 surfaces
Error Code -107 reported for 207 surfaces
Error Code -112 reported for 493 surfaces
Error Code -1000 reported for 16390 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-100 = Both surface / slope intersections are on the same horizontal surface. In general, this will give a very high or infinite factor of safety (zero driving force), if calculated.

-101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

-106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region).

This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.

-112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F$ < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

List of All Coordinates

Material Boundary

42.079	122.001
43.188	110.992
43.368	109.222
43.464	107.467
43.571	105.467
43.678	103.464
43.785	101.466
43.900	99.323
44.077	97.162
44.253	95.122
44.435	93.105
44.615	91.097
44.788	89.211
44.915	87.314
45.057	85.300
45.198	83.292
45.342	81.291
45.847	74.132
53.744	69.347
57.503	67.264
60.067	65.830
61.650	50.000
71.700	50.000

Material Boundary

104.815	50.009
115.009	50.009
115.040	50.165
115.417	52.316
115.769	54.445
116.087	56.563
116.189	57.293
116.661	58.390
120.434	69.292

Material Boundary

83.900	50.000
102.046	50.002

External Boundary

155.112	65.999
148.773	64.025
145.726	62.002
144.312	60.009
137.091	60.003
135.678	61.997
134.395	63.994
132.643	66.010
127.960	68.003
125.877	68.001
122.813	68.016
120.434	69.292
119.119	69.998
109.989	70.001
109.225	67.999
108.636	65.995
108.026	64.016
107.330	62.005
106.472	60.007
106.191	57.999
105.890	56.003
105.559	53.994
105.209	52.001
104.815	50.009
102.046	50.002
99.762	52.003
97.360	53.990
94.703	56.015
92.779	58.001
89.910	59.997
87.007	59.983
84.777	58.774
83.900	50.000
71.700	50.000
69.517	71.834
69.238	72.003
65.939	74.004
62.366	76.001
58.761	77.999
55.458	80.001
55.317	82.001
55.173	84.000
55.033	86.001
54.891	88.000
54.758	90.000
54.575	92.001
54.395	94.000
54.214	96.000
54.042	98.000
53.878	100.000
53.771	102.000
53.663	104.000
53.557	106.000
53.450	108.000
53.341	110.000
53.137	112.000
52.936	113.999
52.736	116.000
52.539	118.001
52.341	119.996
50.182	122.005

42.079	122.001
39.302	121.999
27.378	120.040
14.130	118.066
4.776	116.056
-0.000	114.072
0.000	0.000
155.112	0.000

Support
71.625 50.746
67.148 50.299

Support
71.476 52.239
66.998 51.791

Support
71.028 56.717
66.551 56.269

Support
70.879 58.209
66.401 57.761

Support
70.730 59.702
66.252 59.254

Support
70.581 61.194
66.103 60.746

Support
70.431 62.687
65.954 62.239

Support
70.282 64.179
65.804 63.732

Support
70.133 65.672
65.655 65.224

Support
69.984 67.164
65.506 66.717

Support
69.834 68.657
65.357 68.209

Support
71.327 53.731
66.849 53.284

Support
71.178 55.224
66.700 54.776

Support

69.685	70.150
65.207	69.702

Support
69.536 71.642
65.058 71.194

Support
83.975 50.746
88.452 50.299

Support
84.124 52.239
88.602 51.791

Support
84.273 53.731
88.751 53.284

Support
84.422 55.224
88.900 54.776

Support
84.572 56.717
89.049 56.269

Support
84.721 58.209
89.199 57.761

Slide Analysis Information

Document Name: Sezione 25 trasversale – Condizione sisma negativo

File Name: sezione25perp_A2M2_sisma-.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.062
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.031

Material Properties

Material: RDO_GSI35
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 237 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None

Material: RDO_GSI45
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 474 kPa
Friction Angle: 46.7 degrees
Water Surface: None

Support Properties

Support: Support 1
Support 1
Support Type: Grouted Tieback
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
Tensile Capacity: 176.9 kN
Plate Capacity: 176.9 kN
Bond length: 4.500 m
Bond Strength: 29.67 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.798220
Center: 97.579, 96.271
Radius: 53.016
Left Slip Surface Endpoint: 44.563, 96.271
Right Slip Surface Endpoint: 71.700, 50.000
Left Slope Intercept: 44.563 122.002
Right Slope Intercept: 71.700 50.000
Resisting Moment=1.38913e+006 kN-m
Driving Moment=772501 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 917
Number of Invalid Surfaces: 17530
Error Codes:
Error Code -100 reported for 8 surfaces
Error Code -101 reported for 10 surfaces
Error Code -103 reported for 422 surfaces
Error Code -106 reported for 3 surfaces
Error Code -107 reported for 204 surfaces
Error Code -112 reported for 493 surfaces
Error Code -1000 reported for 16390 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-100 = Both surface / slope intersections are on the same horizontal surface. In general, this will give a very high or infinite factor of safety (zero driving force), if calculated.

-101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.

-106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors

which may result from too many slices, or too small a slip region.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.

-112 = The coefficient M-Alpha = $\cos(\alpha)(1+\tan(\alpha)\tan(\phi))/F$ < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

List of All Coordinates

Material Boundary

42.079	122.001
43.188	110.992
43.368	109.222
43.464	107.467
43.571	105.467
43.678	103.464
43.785	101.466
43.900	99.323
44.077	97.162
44.253	95.122
44.435	93.105
44.615	91.097
44.788	89.211
44.915	87.314
45.057	85.300
45.198	83.292
45.342	81.291
45.847	74.132
53.744	69.347
57.503	67.264
60.067	65.830
61.650	50.000
71.700	50.000

Material Boundary

104.815	50.009
115.009	50.009
115.040	50.165
115.417	52.316
115.769	54.445
116.087	56.563
116.189	57.293
116.661	58.390
120.434	69.292

Material Boundary

83.900	50.000
102.046	50.002

External Boundary

155.112	65.999
148.773	64.025
145.726	62.002
144.312	60.009
137.091	60.003
135.678	61.997
134.395	63.994
132.643	66.010
127.960	68.003
125.877	68.001
122.813	68.016
120.434	69.292
119.119	69.998
109.989	70.001
109.225	67.999
108.636	65.995
108.026	64.016
107.330	62.005
106.472	60.007
106.191	57.999
105.890	56.003
105.559	53.994
105.209	52.001
104.815	50.009
102.046	50.002
99.762	52.003
97.360	53.990
94.703	56.015
92.779	58.001
89.910	59.997
87.007	59.983
84.777	58.774
83.900	50.000
71.700	50.000
69.517	71.834
69.238	72.003
65.939	74.004
62.366	76.001
58.761	77.999
55.458	80.001
55.317	82.001
55.173	84.000
55.033	86.001
54.891	88.000
54.758	90.000
54.575	92.001
54.395	94.000
54.214	96.000
54.042	98.000
53.878	100.000
53.771	102.000
53.663	104.000
53.557	106.000
53.450	108.000
53.341	110.000
53.137	112.000
52.936	113.999
52.736	116.000
52.539	118.001
52.341	119.996
50.182	122.005
42.079	122.001

39.302	121.999
27.378	120.040
14.130	118.066
4.776	116.056
-0.000	114.072
0.000	0.000
155.112	0.000

Support
71.625 50.746
67.148 50.299

Support
71.476 52.239
66.998 51.791

Support
71.028 56.717
66.551 56.269

Support
70.879 58.209
66.401 57.761

Support
70.730 59.702
66.252 59.254

Support
70.581 61.194
66.103 60.746

Support
70.431 62.687
65.954 62.239

Support
70.282 64.179
65.804 63.732

Support
70.133 65.672
65.655 65.224

Support
69.984 67.164
65.506 66.717

Support
69.834 68.657
65.357 68.209

Support
71.327 53.731
66.849 53.284

Support
71.178 55.224
66.700 54.776

Support
69.685 70.150

65.207	69.702
--------	--------

Support
69.536 71.642
65.058 71.194

Support
83.975 50.746
88.452 50.299

Support
84.124 52.239
88.602 51.791

Support
84.273 53.731
88.751 53.284

Support
84.422 55.224
88.900 54.776

Support
84.572 56.717
89.049 56.269

Support
84.721 58.209
89.199 57.761

Slide Analysis Information

Document Name: rilevato in terra rinforzata – h=5m

File Name: sezione terra rinforzata 5m_r1.sli

Project Settings

Project Title:
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: On
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: RDO_GSI35
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m3
Cohesion: 237 kPa
Friction Angle: 38 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0

Material: Terra_rinforzata
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 29.26 degrees
Water Surface: None

Ru value: 0

Material: strato smorzamento
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 29.26 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0

Support Properties

Support: Support 1
Support 1
Support Type: GeoTextile
Force Application: Passive
Force Orientation: Parallel to Reinforcement
Anchorage: None
Shear Strength Model: Linear
Strip Coverage: 100 percent
Tensile Strength: 18.4 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 0 kN/m2
Pullout Strength Friction Angle: 19.5 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.368580
Center: 232.008, 66.602
Radius: 10.007
Left Slip Surface Endpoint: 223.207, 61.840
Right Slip Surface Endpoint: 226.050, 58.562
Resisting Moment=549.252 kN-m
Driving Moment=401.33 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 8904
Number of Invalid Surfaces: 9587
Error Codes:
Error Code -100 reported for 25 surfaces
Error Code -107 reported for 5798 surfaces
Error Code -108 reported for 2 surfaces
Error Code -109 reported for 16 surfaces
Error Code -112 reported for 15 surfaces
Error Code -113 reported for 3 surfaces
Error Code -118 reported for 54 surfaces
Error Code -1000 reported for 3674 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-100 = Both surface / slope intersections
are on the same horizontal surface. In general, this

will give a very high or infinite factor of safety (zero driving force), if calculated.

-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.

-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region, even though the slip surface is wholly within the soil region.

-112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi)/F)$ < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

-113 = Surface intersects outside slope limits.

-118 = Surface does not pass through the search focus

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

List of All Coordinates

Material Boundary

210.881	57.417
215.349	57.227
220.161	56.779
220.661	56.779

Material Boundary

221.365	58.289
220.661	56.779
226.882	56.779

Material Boundary

210.819	57.771
210.881	57.417

External Boundary

198.310	90.321
198.310	49.199

235.226	49.199
235.226	56.779
234.297	56.779
226.882	56.779
224.522	61.840
223.022	61.840
221.365	58.289
215.936	57.771
210.819	57.771
208.998	70.724
202.994	90.332

Support

224.540	61.801
223.003	61.801

Support

226.870	56.804
220.673	56.804

Support

226.590	57.404
220.953	57.404

Support

226.310	58.004
221.233	58.004

Support

226.031	58.604
221.512	58.604

Support

225.751	59.204
221.792	59.204

Support

225.471	59.804
222.072	59.804

Support

225.191	60.404
222.352	60.404

Support

224.912	61.004
222.632	61.004

Support

224.632	61.604
222.911	61.604