

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI

RELAZIONE DI CALCOLO VERSANTI IN FRANA - LOTTO 3A

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 26 RH GE0000 005 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma ROCKSOIL-Edin	Gennaio 2020	G.Nitti <i>G.Nitti</i>	Gennaio 2020	A. Barreca <i>A. Barreca</i>	Gennaio 2020	F.Sacchi Aprile 2020
B	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma ROCKSOIL-Edin	Febbraio 2020	G.Nitti <i>G.Nitti</i>	Febbraio 2020	A. Barreca <i>A. Barreca</i>	Febbraio 2020	
C	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma ROCKSOIL-Edin	Aprile 2020	G.Nitti <i>G.Nitti</i>	Aprile 2020	A. Barreca <i>A. Barreca</i>	Aprile 2020	

File: RS3T30D26RHGE000005C

n. Elab.: 26_135

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
2.	NORMATIVE E SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO.....	5
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
4.	DOCUMENTI CORRELATI.....	6
5.	SOFTWARE.....	6
6.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	7
7.	GEOMORFOLOGIA.....	8
8.	DISSESTI E PROCESSI EROSIVI.....	9
8.1	DISSESTO 7.....	11
8.2	DISSESTO 11.....	14
9.	METODOLOGIA GENERALE DI ANALISI DEI MOVIMENTI.....	18
10.	DEFINIZIONE DELL'ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO DA CORRELAZIONI EMPIRICHE.....	19
11.	MODELLO GEOTECNICO.....	20
12.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DISSESTI.....	21
12.1	DISSESTO ID 7 – PK 3+800.....	24
12.2	DISSESTO ID 11 – PK 8+100.....	27
12.3	OPERE DI PRESIDIO.....	30
13.	OPERE DI MITIGAZIONE.....	31
13.1	INTRODUZIONE.....	31
13.2	DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	31
13.3	ANALISI.....	33
13.4	FRANA 11.....	36
	<i>Risultati analisi strutturali A1+M1.....</i>	<i>38</i>
	13.4.1 ANALISI SLOPE.....	38
	13.4.2 ANALISI PARATIE.....	39
	<i>Frana 11 – Momento flettente.....</i>	<i>40</i>
	<i>Frana 11 – Taglio.....</i>	<i>41</i>

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

<i>Risultati analisi strutturali sismiche</i>	42
13.4.3 <i>ANALISI SLOPE</i>	44
13.4.4 <i>ANALISI PARATIE</i>	45
<i>Frana 11 – Momento flettente</i>	46
<i>Frana 11 – Taglio</i>	47
<i>Risultati Analisi A2+M2 (GEO)</i>	48
13.4.5 <i>ANALISI SLOPE</i>	48
13.4.6 <i>ANALISI PARATIE</i>	49
13.5 VERIFICHE A1+M1	50
<i>SLU -SLV- SLE</i>	50
13.5.1.1 <i>Sollecitazioni di calcolo</i>	50
13.5.1.2 <i>Frana 11 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA</i>	51
13.5.1.3 <i>Frana 70 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA</i>	52
13.5.1.4 <i>Frana 36 – SLE</i>	53
14. MONITORAGGIO GEOTECNICO	55
14.1 CONTROLLO PARAMETRI METEORICI.....	55
14.2 CONTROLLO DEI MOVIMENTI SUPERFICIALI	55
14.3 CONTROLLO DEI MOVIMENTI PROFONDI E DEI LIVELLI DI FALDA	55
14.4 FREQUENZA DI LETTURA	55
14.5 DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME	56

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C	FOGLIO 4 di 58

1. **PREMESSA**

Il presente documento, riguardante lo studio geotecnico dei dissesti rilevati, si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici del progetto definitivo della Direttrice ferroviaria Messina-Palermo-Catania, tratte Lercara – Xirbi e Caltanissetta Xirbi - Dittaino, suddivise rispettivamente nel lotto funzionale 3 e nei lotti funzionali 4a (Caltanissetta Xirbi – Enna) e 4b (Enna – Dittaino).

La tratta Lercara – Xirbi (Lotto 3) si estende tra le stazioni di Lercara Diramazione (inclusa) e Caltanissetta Xirbi (inclusa), dal km 0+000 (coincidente con la pk 76+730 della linea storica Palermo Catania) al km 47+683 (coincidente con la pk 126+412 della linea storica Palermo Catania).

La tratta Caltanissetta Xirbi – Enna (4a) si estende tra le stazioni di Caltanissetta Xirbi (esclusa) ed Enna (esclusa), dal km 0+000 (coincidente con la pk 125+759 della linea storica Palermo Catania) al km 26+700 (coincidente con la pk 157+130 della linea storica Palermo Catania).

Sono analizzati dapprima il metodo e lo studio adottati per la caratterizzazione geotecnica dei dissesti e successivamente le opere di mitigazione a protezione delle infrastrutture in progetto.

Pertanto:

- nel capitolo 6 si riassumono gli aspetti geologici e geomorfologici dell'area del dissesto, fornendo una sintesi degli elementi rilevati dalle elaborazioni geologiche;
- nel capitolo 9 si descrive la metodologia di lavoro utilizzata nell'ambito della caratterizzazione dei dissesti direttamente o indirettamente interferenti con le opere;
- nel capitolo 12 si riassumono gli aspetti geotecnico specifici di ogni movimento franoso individuato;
- nel capitolo 13 si forniscono indicazioni sulle azioni intraprese dal progettista e relative verifiche.

I criteri di interpretazione ed elaborazione tengono conto del fatto che lungo il tracciato in esame sono stati rinvenuti fondamentalmente depositi limoso –argillosi, in cui si incontrano alternanze di rocce sedimentarie.

I parametri progettuali adottati ed i criteri di dimensionamento delle opere sono conformi con la normativa vigente (NTC2018).

La presenza di aree caratterizzate da dissesti, comunque di estensione e spessori limitati, in corrispondenza delle opere in progetto porta alla necessità di prevedere opere di contenimento intese a evitare lo sviluppo di fenomeni di arretramento e/o espansione delle aree di dissesto e di presidi a garanzia della stabilità delle opere e delle porzioni di versante direttamente interessate.

Tenendo conto delle necessità e della funzionalità delle opere, in generale nella progettazione, si è cercato, per quanto possibile, di limitare le ampiezze di scavo, in modo da minimizzare l'impatto sul territorio. Le opere di maggior impatto riguardano il progetto delle aree d'imbocco delle gallerie. In ciascuna scheda viene fornita una sintesi delle azioni intraprese dal progettista al fine di verificare il grado di interferenza tra elementi di progetto ed elementi di dissesto, evidenziando gli effetti positivi sull'area in frana derivanti dalle misure messe in atto per impedirli.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

2. **NORMATIVE E SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO**

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, “Aggiornamento delle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°7 del 21/01/2019, “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 14/01/2018”.
- Rif. [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;
- Rif. [4] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente “la sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [5] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le “persone a mobilità ridotta” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [6] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1299/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.
- Rif. [7] RFI, doc RFI DTC SI SP IFS 001 C “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili” (21/12/2018);
- Rif. [8] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 C “Manuale di Progettazione delle opere civili” (21/12/2018);
- Rif. [9] ITALFERR, Specifica Tecnica PPA.0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” (Dicembre 2015).

3. **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

- Rif. [10] Italferr, Progetto Preliminare/Progetto di fattibilità tecnico economica [Dicembre 2018];
- Rif. [11] ITALFERR - [RS3D00014RGMD0000001A], Dossier dati e requisiti di base [Maggio 2018].
- Nel presente documento si fa inoltre riferimento ai seguenti elaborati allegati al progetto:
- Rif. [12] U.O. Geologia - [RS3G30R69RHGE0005001A] “Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica”
- Rif. [13] U.O. Sicurezza, manutenzione e interoperabilità - “Elaborati specialistici”
- Rif. [14] U.O. Impiantistica industriale - “Elaborati specialistici”

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</p>					
<p>Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30 D 26</p>	<p>CODIFICA RH</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 005</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 6 di 58</p>

4. DOCUMENTI CORRELATI

- Rif. [18] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.).
- Rif. [19] Bernaud D., Benamar I., Rousset G. (1994). La “nouvelle méthode implicite” pour le calcul des tunnel dans les milieux élastoplastiques et viscoplastiques – Revue Francaise de Géotechnique, N° 68.
- Rif. [20] Bernaud D., Rousset G. (1992). La « nouvelle méthode implicite » pour l’étude du dimensionnement des tunnels – Revue Francaise de Géotechnique, N° 60.
- Rif. [21] Tamez E. (1984) “Estabilidad de tuneles excavados en suelos” - Mexican Engineering Academy.
- Rif. [22] Broms B.B., Bennermark H. (1967). Stability of a clay at a vertical opening. J.Soil Mech. Found. Div. ASCE

5. SOFTWARE

- GeoSlope vers.2007 - Geostru
- Paratie plus 14.1 - Harpaceas

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C	FOGLIO 7 di 58

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Ai fini dell'inquadramento geologico e geomorfologico delle aree di interesse, la prima fase del lavoro è consistita nel reperimento di tutti i dati disponibili per l'elaborazione di un modello concettuale dell'area. Sono, inoltre, stati utilizzati i dati di campagne geognostiche ed indagini appositamente commissionate.

La disponibilità, per l'area d'interesse, di documentazioni geologiche di dettaglio e di modelli geologico-strutturali di riferimento ha permesso di inquadrare fin dall'inizio le attività di studio e di analisi all'interno di un modello generale adatto alle finalità del progetto.

Lo studio si è svolto mediante lo sviluppo delle seguenti attività:

- Analisi aerofotogrammetrica finalizzata sia al controllo delle risultanze geomorfologiche pregresse ed alla loro integrazione, sia al riconoscimento dei principali lineamenti tettonici dell'area;
- Rilevamento geologico strutturale in scala 1:5.000 volto al riconoscimento dei litotipi presenti, alla definizione del loro assetto tettonico con riconoscimento e misura di elementi fragili e duttili presenti in affioramento;
- Rilievo geomorfologico con verifica delle risultanze dell'analisi aerofotogrammetrica ed integrazione dati;
- Analisi di tutte le stratigrafie dei sondaggi pregressi per integrare i dati di superficie;
- Realizzazione di apposite campagne geognostiche in sito (sondaggi, geofisica e rilievi geomeccanici) ed in laboratorio;
- Prelievo di campioni e analisi chimiche eseguiti sulle diverse litologie attraversate dai tracciati;
- Rilievo geomorfologico di dettaglio eseguito sulle specifiche aree in frana.
- Sulla base delle attività conoscitive e di tutti i dati raccolti, è stato ricostruito il quadro geologico dell'area di studio per cui sono stati prodotti le seguenti tipologie di elaborati:
 - carta geologica;
 - profili geologici in asse ai tracciati delle opere principali;
 - carta geomorfologica;
 - carta di ubicazione delle indagini;

La caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni geologiche e geomorfologiche presenti lungo il tracciato di progetto fa riferimento alle indagini geotecniche effettuate sia nell'ambito della fase di progettazione definitiva sia delle precedenti fasi progettuali.

Le attività propedeutiche effettuate sono:

- sondaggi geotecnici con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- prove penetrometriche dinamiche SPT in foro;

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C	FOGLIO 8 di 58

- prove di permeabilità Lugeon in foro;
- prove dilatometriche in foro con dilatometro da roccia;
- prove geofisiche in foro (CH e DH) per la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione V_p e di taglio V_s ;
- prove di laboratorio di classificazione di resistenza e di deformabilità su campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno, prelevati nei fori di sondaggio;
- prove di laboratorio su provini prelevati nei fori di sondaggio;
- stendimenti di geofisica (sismica a rifrazione, a riflessione, geoelettrica);
- rilievi geologici su alcuni affioramenti rocciosi rappresentativi.
- misure piezometriche
- misure inclinometriche
- rilievi geostrutturali su alcuni affioramenti rocciosi rappresentativi.

7. GEOMORFOLOGIA

L'evoluzione geomorfologica dell'area oggetto di studio è strettamente legata all'evoluzione geodinamica della catena Appenninico-Maghrebide e dell'avanfossa Gela-Catania (Lentini et al. 1995; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000), particolarmente intensa nel Pleistocene medio-superiore e nell'Olocene (Carbone et al. 2010), nonché ai fenomeni di erosione superficiale che hanno interessato la regione durante il Quaternario (Carbone et al. 2010).

Le aree montuose sono caratterizzate da un'orografia relativamente aspra e sono generalmente delimitate da versanti da mediamente a fortemente inclinati. In questi settori il controllo strutturale sulla morfologia è piuttosto accentuato; ad esso si sommano effetti di processi morfogenetici quali il carsismo, l'erosione differenziale, fenomeni di dissesto e/o deformazioni gravitative profonde.

Il rilievo principale nell'ambito del corridoio di progetto è rappresentato dalla dorsale su cui sorge l'abitato di Marianopoli; il rilievo è impostato, lungo il versante orientale, da litotipi di pertinenza del Gruppo della Gessoso-Solfifera, in particolare il Calcarea di Base, con giacitura approssimativamente monoclinale subparallela al pendio; sul lato occidentale, la giacitura a reggipoggio del calcarea forma una barra allungata in direzione NE-SW, in parte condizionata da lineamenti tettonici.

Il settore collinare che contraddistingue la maggior parte del tracciato è caratterizzato da una morfologia molto meno accentuata, condizionata prevalentemente dalla presenza diffusa di unità litostratigrafiche a dominante componente pelitica. L'evoluzione di queste aree, caratterizzate da rilievi collinari poco acclivi, è essenzialmente controllata dall'azione dei corsi d'acqua che hanno generato ampie vallate a morfologia pianeggiante (Catalano et al. 2011). Fra le forme fluviali sono frequenti le incisioni connesse all'abbassamento del livello di base dell'erosione, come valli a V, vallecole a fondo concavo e brevi gole fluviali, inoltre forme legate all'erosione laterale durante le fasi di stazionamento del livello di base, come meandri, scarpate di erosione, terrazzi e superfici di spianamento.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

8. DISSESTI E PROCESSI EROSIVI

I versanti vallivi che caratterizzano il settore collinare sono spesso interessati da processi di dilavamento ed erosione superficiale e dall'insacco di frequenti movimenti franosi che interessano i primi metri dei terreni di copertura ma che molto raramente vanno a incidere i litotipi del substrato (Alfieri et al. 1994; Agnesi et al. 2000; Contino, 2002).

Le forme di ruscellamento consistono solitamente in superfici di erosione superficiale diffusa, con formazione di rivoli e solchi di erosione sul cui fondo si depositano accumuli colluviali, oppure calanchi in stadio da embrionale a evoluto, particolarmente frequenti nelle litofacies a prevalente componente argilloso-marnosa.

I dissesti superficiali costituiscono un agente morfogenetico importante. I fenomeni più diffusi sono rappresentati da frane di colamento e frane composite, cioè frane caratterizzate dalla concomitanza di più meccanismi evolutivi, tipicamente una combinazione di movimento rotazionale iniziale che evolve in colamento. La maggior parte delle frane cartografate lungo il corridoio di progetto appartengono a queste due categorie. Laddove vengono coinvolti litotipi con una componente litoide importante, ad esempio le successioni della Gessoso-Solfifera o del Gruppo di Enna, possono svilupparsi movimenti franosi di grandi dimensioni in cui una componente iniziale di crollo evolve successivamente o in maniera concomitante in colamento. Alcune di queste frane, cartografate a livello regionale, possono generare forme di accumulo lunghe fino a un massimo di 3-4 km, con spessori che per i corpi di maggiore estensione possono superare 100 m, mentre per i dissesti più piccoli sono generalmente compresi tra 2 e 10 m (Catalano et al. 2011).

Sono previsti, lungo il tracciato in esame, soliflussi. I soliflussi sono movimenti lenti e discontinui, che coinvolgono le porzioni più superficiali del pendio senza una precisa superficie di scivolamento ma con un movimento viscoso rispetto al substrato integro. Il fenomeno aumenta significativamente durante le stagioni piovose. È tipico di terreni poco permeabili, ricchi di limo e argilla e capaci di imbibirsi d'acqua. Tale movimento si verifica anche su pendii di modesta acclività; l'inclinazione minima, affinché avvenga il soliflusso si aggira intorno a 5°. In generale coinvolge spessori modesti (1-2 metri) ed è caratterizzato da velocità dell'ordine di alcuni decimetri per anno.

Nell'area oggetto di studio il soliflusso è un fenomeno molto diffuso che interessa la maggior parte dei campi arati. L'aratura crea un disturbo superficiale nel terreno, fino a circa 1-2 m di profondità, che ne favorisce l'imbibizione e quindi l'insorgere di una lenta deformazione gravitativa determinata da scorrimenti intergranulari diffusi. Trattandosi di un fenomeno estremamente lento ed estremamente superficiale, esso non interferisce in maniera significativa con le opere in progetto, fatta salva l'adozione degli opportuni accorgimenti per il sostegno temporaneo e definitivo di tutti i fronti di scavo aperti su pendio e per il drenaggio delle acque di ruscellamento superficiale.

La metodologia di intervento nel caso di soliflussi prevede la predisposizione di un fosso di raccolta di altezza 0.50 m e larghezza 2.50m, con sponde inclinate di 45°.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

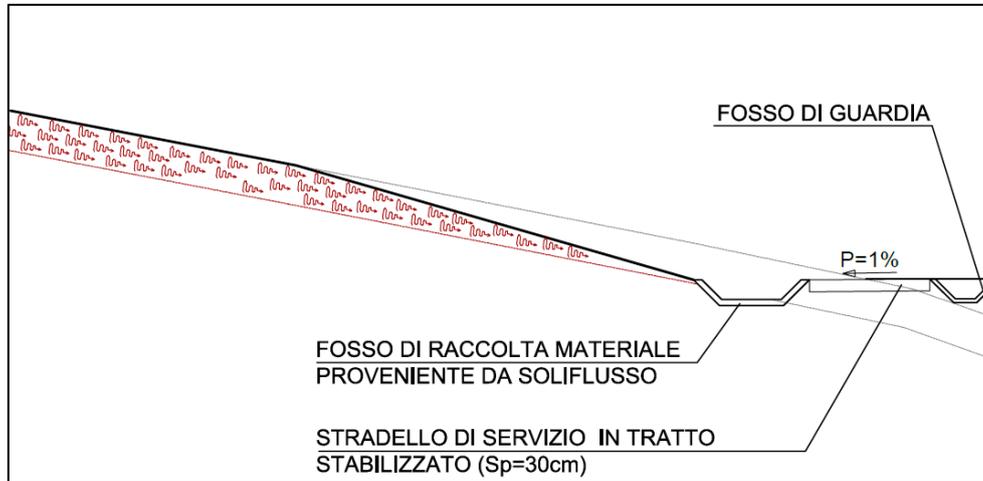


Figura 1: Frana numero 36 – Analisi Slope in A1 M1 (STATICO) – FS = 1.1

In generale si sono riconosciute sette categorie dissesto, non tutte interferenti con le opere in oggetto.

Per la descrizione geologica delle tipologie di dissesto presenti lungo tutta la tratta si rimanda alla “Relazione geologica, geomorfologica idrogeologica”.

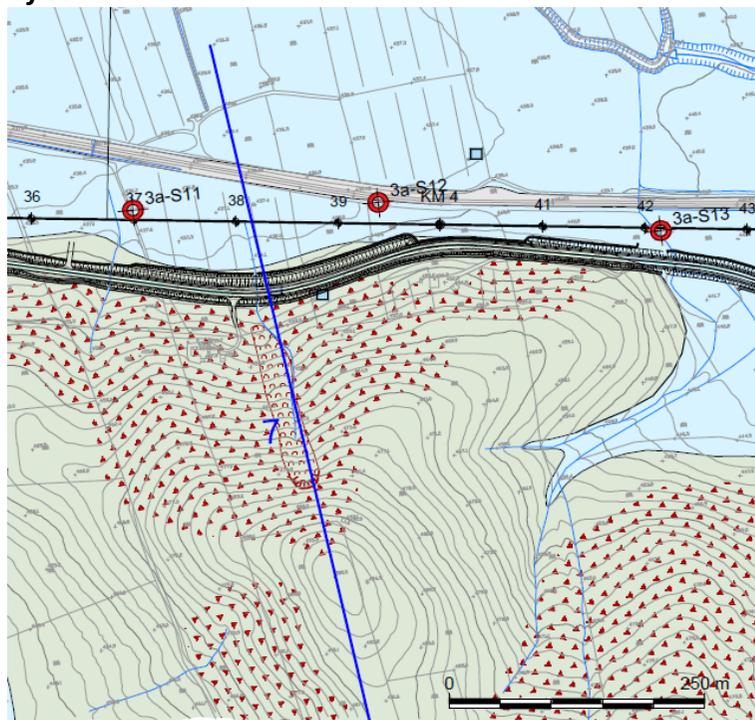
Si riportano in seguito, per ogni dissesto studiato, una Scheda specifica:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

8.1 DISSESTO 7

CODICE DISSESTO e data rilevamento	L3_Nuova viabilità dissesto n.7 -29/08/2019
opera	LOTTO 3 - Nuova viabilità
tipo di dissesto	Frana per movimento di colamento lento
stato di attività	attivo
dati morfologici	(m)
larghezza:	30
lunghezza (dal coronamento al piede):	172
profondità nicchia di distacco:	1-2
spessore massa spostata:	2-3
dislocazione:	50
pendenza versante:	10-15°
uso del suolo:	aree coltivate
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale rielaborata da attività agricole, per uno spessore di 2-3 m circa	
Note	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 3a-S11, 3a-S12 e 3a-S13 i cui dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale è stata realizzata la sezione geologica.

Stralcio cartografico



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia della sezione geologica riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta geologica.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	RH	GE0000 005	C	13 di 58

Foto



Individuazione dell'area interessata da colamento lento su foto Google Earth
(verso sud/sud-est)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

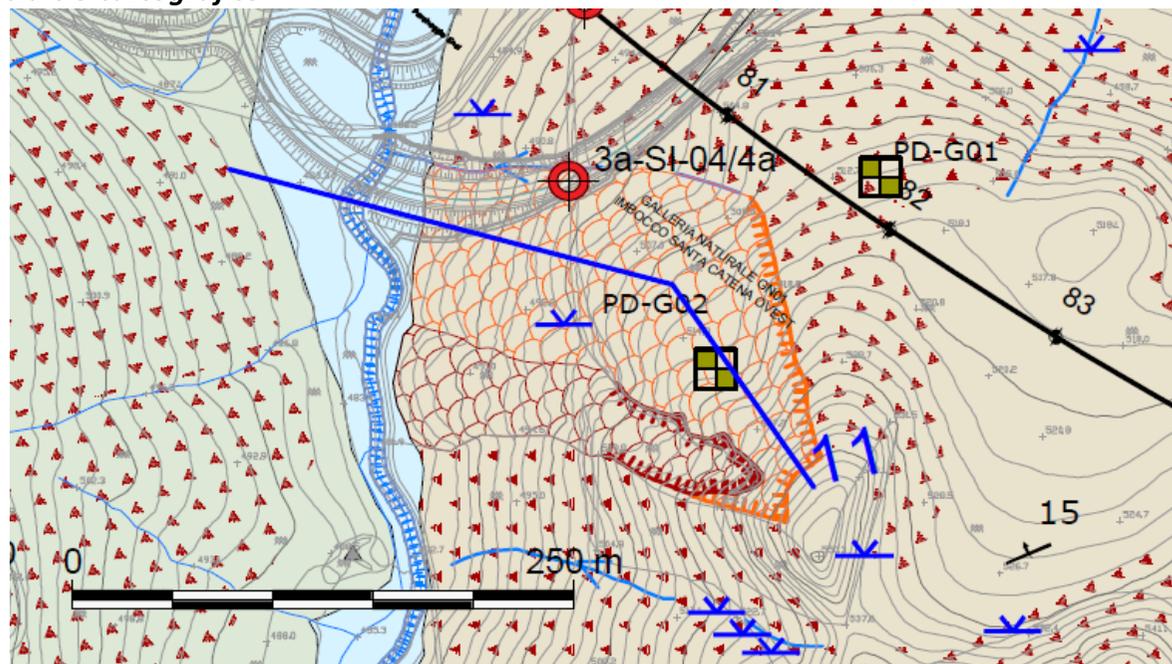
8.2 DISSESTO 11

CODICE DISSESTO e data rilevamento	L3_NV06 dissesto n.11 - 29/08/2019
opera	LOTTO 3 - Nuova viabilità NV06
tipo di dissesto	Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento)
stato di attività	quiescente
dati morfologici	(m)
larghezza:	107
lunghezza (dal coronamento al piede):	230
profondità nicchia di distacco:	2-3
spessore massa spostata:	3-4
dislocazione:	30-40
pendenza versante:	15-20°
uso del suolo:	aree incolte, aree coltivate
Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore di 3-4 m circa	
Note	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 3a-GN1-S01 e 3a-SI-04, sulla base dei quali è stata realizzata la sezione geologica.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	RH	GE0000 005	C	15 di 58

Stralcio cartografico



riportata nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta geologica.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	RH	GE0000 005	C	16 di 58

Foto



vista da NW dell'area interessata dal dissesto

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

Si propone in seguito una tabella riassuntiva del singolo dissesto analizzato nel presente lotto:

Tabella 1 – Tabella riassuntiva dei dissesti studiati

	FRANA	Pk	TIPOLOGIA DI DISSESTO	STATO DI ATTIVITÀ	WBS	SONDAGGI ADIACENTI	INCLINOMETRO	PIEZOMETRO
	ID	km	-	-	-	-	-	-
LOTTO_3a	7	3+800	Colamento lento	attiva	VI05/NV01	3a - S11 (DH) 3a - S12	-	-
	11	8+100	Complesso	attiva	GA02/NV06	3a - S21/MASW+HVSR	-	-
						3a GN1 S01 (DH)		
						3a S01a		
						3a S01b		
3a GN1 S02								

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

9. METODOLOGIA GENERALE DI ANALISI DEI MOVIMENTI

Lo schema generale della metodologia di lavoro adottata è riportato in seguito:

- Analisi del quadro geomorfologico e dei dissesti
- Integrazione di indagini geofisiche, geognostico e monitoraggio piezometrico
- Analisi morfologica locale dei versanti e riscontro con le curve di livello
- Determinazione di una caratterizzazione geotecnica generale
- Svolgimento della Back Analysis
- Caratterizzazione geotecnica delle frane
- Definizione e dimensionamento delle opere e degli interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica

Nello specifico, invece, si è operato come di seguito sintetizzato:

Con riferimento al modello geologico (Fase I)

- Individuazione dei movimenti interferenti con le opere
- Classificazione dei dissesti
- Stato: attivo o quiescente
- Causa di innesco

Definizione del modello geotecnico (Fase II)

- Stratigrafia (a partire dal modello geologico)
- Geometria del cinematismo (da dati inclinometrici o a partire dalle osservazioni geologiche)
- Parametri geotecnici (caratterizzazione geotecnica generale, correlazioni di letteratura in funzino e dell'indice di plasticità)
- Condizioni al contorno (posizione della falda da sondaggio piezometrico o da ipotesi idrogeologiche)

Back analysis per verifica del modello geotecnico (Fase III):

- Definizione del fattore di sicurezza attraverso i metodi di equilibrio limite
- Imposizione condizioni al contorno (Falda, cinematismo)
- Modifica delle condizioni al contorno (falda, geometria, rivalutazione dell'angolo d'attrito caratteristico), nel caso in cui il coefficiente di sicurezza ottenuto nella fase precedente non risulta coerente con lo stato del dissesto (attivo/quiescente) fino a ottenere il valore di angolo di attrito in accordo con lo stato del dissesto.

Dimensionamento intervento secondo Normativa (Fase IV):

- Metodi equilibrio limite /metodi agli elementi finiti

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

10. DEFINIZIONE DELL'ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO DA CORRELAZIONI EMPIRICHE

Per la definizione dell'angolo di attrito residuo sono state considerate le prove di taglio diretto "a residuo" disponibili, in numero esiguo e spesso a profondità di prelievo superiore rispetto alla profondità della maggior parte dei corpi di frana identificati per cui non si dispone di dati inclinometrici. La scelta dell'angolo di attrito residuo da associare ad ogni corpo franoso si basa in primis sull'esito delle prove di laboratorio, con riferimento a valori comunque plausibili, scartando quindi valori eccessivamente bassi oppure alti in relazione ai valori medi, anche considerando il fatto che molte prove hanno evidenziato valori non nulli della coesione residua, comunque non utilizzati nelle analisi. I valori di letteratura si sono utilizzati in assenza di prove o per confronto con quelle disponibili.

In presenza di tale condizione progettuale un'alternativa è stata quella di utilizzare correlazioni empiriche derivanti da letteratura e dedicate ai terreni con una frazione argillosa prevalente quali: TRV, FYN4 e AV. Per questi terreni è stato possibile ottenere un valore dell'indice di plasticità a cui viene associato un valore di angolo di attrito residuo secondo la formula di Kanji, 1974 riportata in seguito:

$$\phi'_R = \frac{46,6}{I_p^{0.446}}$$

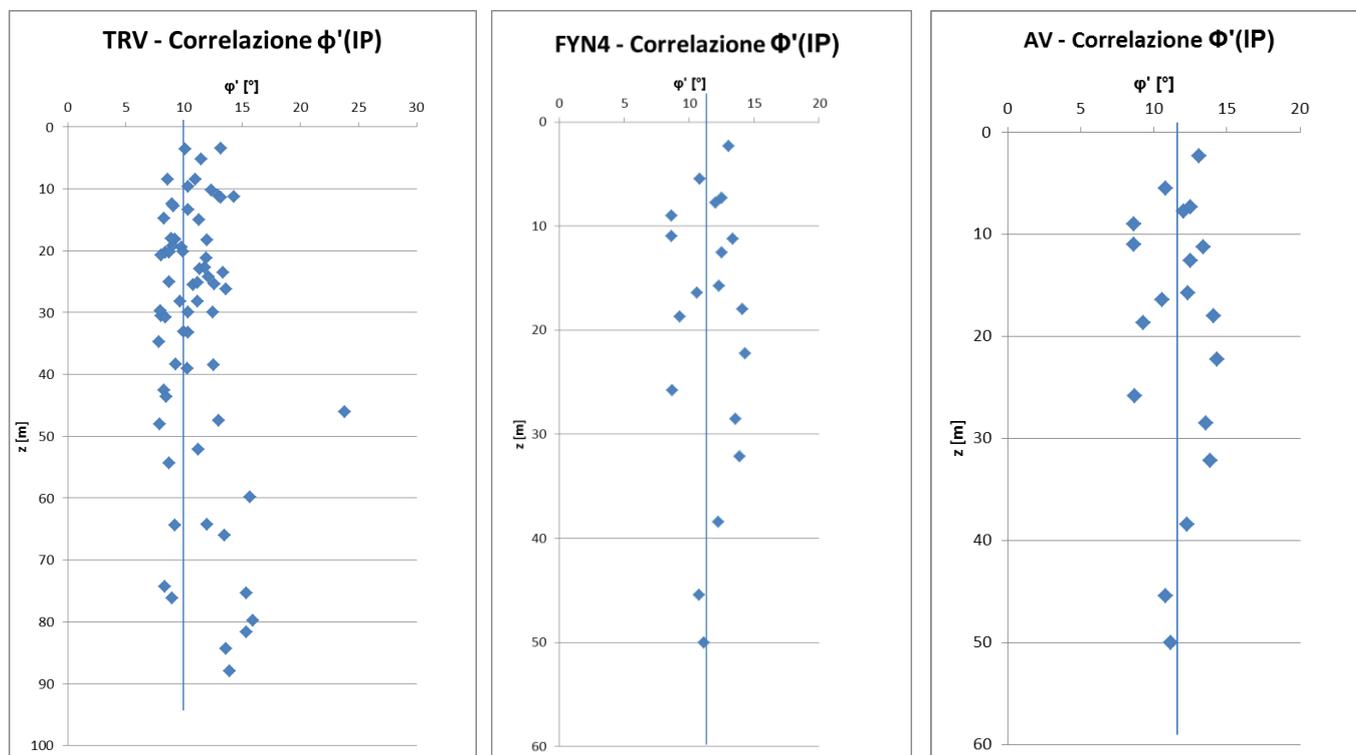


Figura 2 – Correlazione angolo di attrito residuo con IP (Kanji, 1974)

In genere si può concludere che con la presente correlazione si ottengono i valori di angolo di attrito residuo per una profondità tra 0 e 10m intorno a 14° per la formazione TRV, intorno a 14° per FYN4 e intorno a 13° per AV. Non sono disponibili dati per il TRVa.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 26	RH	GE0000 005	C	20 di 58

11. MODELLO GEOTECNICO

Si riportano in seguito i dissesti individuati e oggetto di studio sia per la successiva back analysis che per le opere di presidio.

In allegato sono riportate le schede geologiche e le sezioni da cui si è desunto il modello geotecnico.

		CARATTERISTICHE DEL MODELLO GEOTECNICO												
	FRANA	GRUPPO GEOTECNICO	TIPO	STATO	Riferimento	PROFONDITA MEDIA DEL CORPO DI FRANA	inclinazione versante(*)	Riferimento	PROFONDITA DELLA FALDA	Riferimento	PARAMETRI GEOTECNICI (ANGOLO ATTRITO RESIDUO)	Riferimento	PARAMETRI GEOTECNICI (ANGOLO ATTRITO RESIDUO)	Riferimento
	ID	-	-	-		m d.p.c	[°]		m d.p.c.		Φ' [°]		Φ' [°]	
LOTTO_3a	7	TRV	Colamento lento	attiva	modello geologico	2	10 - 15	modello geologico	1.7	modello geologico	-		13°	CORRELAZIONE
	11	TRVa	Complesso	Quiescente	modello geologico	5	15 - 20	Sondaggio 3aGN1501	4	modello geologico	-		-	

Tabella 2 – Parametri modello geotecnico di studio – LOTTO 3a

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

12. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DISSESTI

Nel presente capitolo verranno analizzate le sole frane, fra quelle descritte precedentemente ed analizzate dal punto di vista geomorfologico, che risultano potenzialmente o direttamente interferenti con le opere in progetto, sia lungo la linea che sulle viabilità.

Per ogni dissesto, l'analisi geotecnica che viene eseguita in questa sede ha lo scopo di individuare un modello che, partendo inizialmente da quello geologico, vuole definire tutti quegli elementi al contorno ("livello piezometrico critico", spessore, forma, estensione,...) che prefigurano una condizione di incipiente instabilità del corpo franoso ($FS < 1$): esso non rappresenta quindi necessariamente una back analysis dello stato attuale ma un modello che poi verrà utilizzato per il dimensionamento degli interventi previsti.

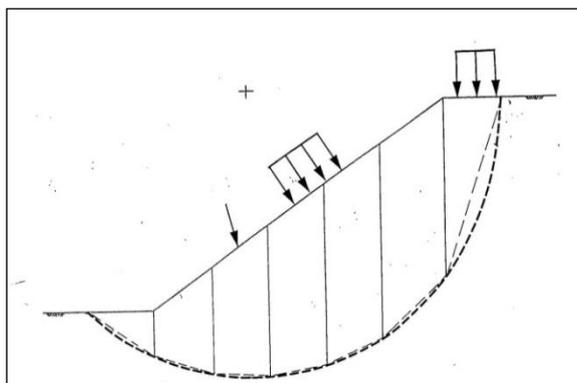
Le frane esaminate vengono distinte dal punto di vista geologico come attive o quiescenti in quanto hanno mostrato dei movimenti recenti (attive) oppure in un passato comunque recente (quiescenti). Questa distinzione perde di significato dal punto di vista geotecnico ipotizzando quindi che esse siano attualmente caratterizzate da un coefficiente di sicurezza prossimo all'unità: il motore che favorisce l'instabilità ($FS < 1$) di questi corpi è l'innalzamento del livello piezometrico, ad un valore maggiore o uguale rispetto a quello attualmente misurato, dovuto alle precipitazioni, oltre che ovviamente le azioni sismiche.

Il modello geotecnico che viene definito alla fine quindi può coincidere con quello geologico, dal punto di vista geometrico (spessore frana, forma...) e per livello critico di falda ipotizzato, (Vd. capitoli precedenti), oppure può discostarsene leggermente nel caso in cui la combinazione di questi fattori, unitamente alle caratteristiche di resistenza prefissate della coltre (angolo di attrito residuo derivato dalle prove di laboratorio e/o dalle correlazioni di letteratura), non evidenziasse da calcolo una condizione di incipiente instabilità ($FS < 1$).

In questo scenario si illustrano di seguito: la descrizione delle ipotesi di calcolo e i relativi risultati, il criterio di determinazione dell'angolo di attrito, i risultati dell'analisi di stabilità all'equilibrio limite e l'indicazione delle modifiche delle condizioni al contorno apportate al fine di ottenere un fattore di sicurezza appena inferiore ad 1, dimensionamento dell'intervento e verifiche, monitoraggio.

Per l'analisi all'equilibrio limite si è utilizzata la teoria di Morgenstern e Price ed il software Slope/w

Il programma utilizzato, ovvero il software Slope/w si basa sull'applicazione di diversi metodi dell'equilibrio limite in condizioni bidimensionali quali il metodo di Bishop semplificato (1955), quello di Janbu semplificato (1973) e quello rigoroso di Morgenstern-Price (1965). I fattori di sicurezza presi in considerazione nel seguito sono stati ottenuti tramite il metodo di Morgenstern-Price.



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

Figura 3 – Blocco di terreno instabile suddivisione in conci

Il metodo valuta le condizioni di stabilità di un pendio naturale o di una scarpata artificiale ricercando per tentativi la superficie di scivolamento "critica", ossia quella a cui compete il coefficiente di sicurezza F_s minimo, e verificando se tale valore risulta maggiore o minore di 1.

Il valore di $F_s=1$ corrisponde ad una situazione di incipiente scivolamento del pendio lungo la superficie di scorrimento considerata.

Il metodo si basa sulla considerazione dell'equilibrio di un blocco (o "cuneo") rigido di terreno rappresentato nella figura che segue.

Il cuneo è soggetto sia all'azione del peso proprio sia a quella di eventuali forze esterne di varia natura (sovraccarichi verticali, azioni dei tiranti, forze di inerzia sismiche, ecc.); inoltre è possibile considerare la presenza della falda all'interno del pendio, trascurando il fenomeno di filtrazione.

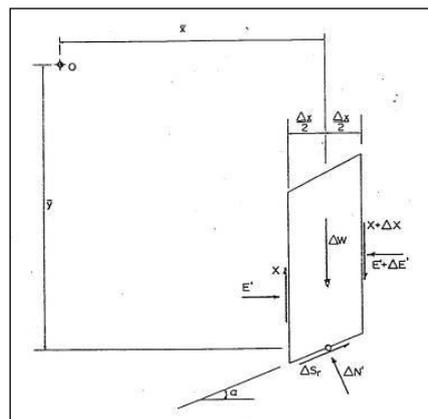


Figura 4 – Forze agenti sui conci

A questo scopo il blocco viene dapprima suddiviso in conci e l'equilibrio globale è analizzato come somma dell'equilibrio di ciascuno di essi facendo delle assunzioni semplificative sulle forze reciproche tra i conci. Il metodo consente di valutare un valore del coefficiente di sicurezza medio della superficie di scivolamento ($F_s=1$) definito come:

$$F_s = \frac{(\tau_{ult})_m}{\tau_m}$$

essendo:

$(\tau_{ult})_m$ = resistenza al taglio media del terreno lungo la superficie di scivolamento

τ_m = tensione tangenziale media mobilitata lungo la superficie di scivolamento.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C	FOGLIO 23 di 58

Il programma ricerca automaticamente la superficie di scorrimento "critica" con un procedimento iterativo basato sul tracciamento automatico delle superfici circolari e sul successivo calcolo del coefficiente di sicurezza di ciascuna di esse. A questo proposito viene dapprima individuato un settore di passaggio (o un punto) comune a tutte le superfici di scivolamento (ad esempio: un tratto su uno dei contorni del pendio) ed una griglia di punti che vengono utilizzati come centro delle varie possibili superfici di scivolamento. Per ciascuna di esse viene eseguito il calcolo del coefficiente di sicurezza ed il valore più piccolo tra quelli ottenuti è assegnato all'intero pendio. Eventualmente la procedura può essere ripetuta imponendo altri vincoli alle superfici di scivolamento in modo da migliorare l'affidabilità della ricerca.

Oppure, come applicato nei casi che seguono, la geometria della superficie di scivolamento, la posizione della falda, e il centro del cerchio critico vengono assegnati dall'utente e il software provvede alla discretizzazione in strisce e al calcolo del fattore di sicurezza nelle condizioni imposte.

La posizione del centro del cerchio critico è stata ricercata valutando la modalità precedentemente esplicitata a maglia di centri e rette tangenti selezionando il cerchio fornente la superficie di scivolamento più prossima a quella desiderata.

Le analisi vengono eseguite considerando dapprima come dato di input la sezione geologica di studio individuata nelle fasi di caratterizzazione precedenti. In questa, come già evidenziato, sulla base di osservazioni e ipotesi geologiche in relazione ai dati a disposizione (carte geologiche, sondaggi stratigrafici, ecc), sono state ipotizzate: la stratigrafia per ogni sezione, la geometria del corpo di frana e la posizione "critica" della falda, oltre ovviamente le misure piezometriche attuali disponibili e la presenza degli inclinometri installati.

Nel corso dello studio in fase geotecnica alcune di queste ipotesi sono state modificate in modo da ottenere una soluzione plausibile in relazione agli angoli di attrito residuo ottenuti dai risultati delle prove di taglio diretto "a residuo" ($c' = 0$) e/o dalle correlazioni empiriche utilizzate. Le ipotesi cui si riferisce sono in particolare: la geometria del corpo di frana e la posizione della falda critica facendo attenzione a mantenere invariata la posizione della nicchia di distacco, più precisamente identificata e localizzata nel modello geologico (in quanto visibile da ispezioni visive in situ).

Successivamente per ogni corpo di frana individuato si presenta un capitolo in cui vengono illustrate ipotesi, gli input di calcolo geotecnici e i risultati in termini di FS raggiunto ($FS < 1$).

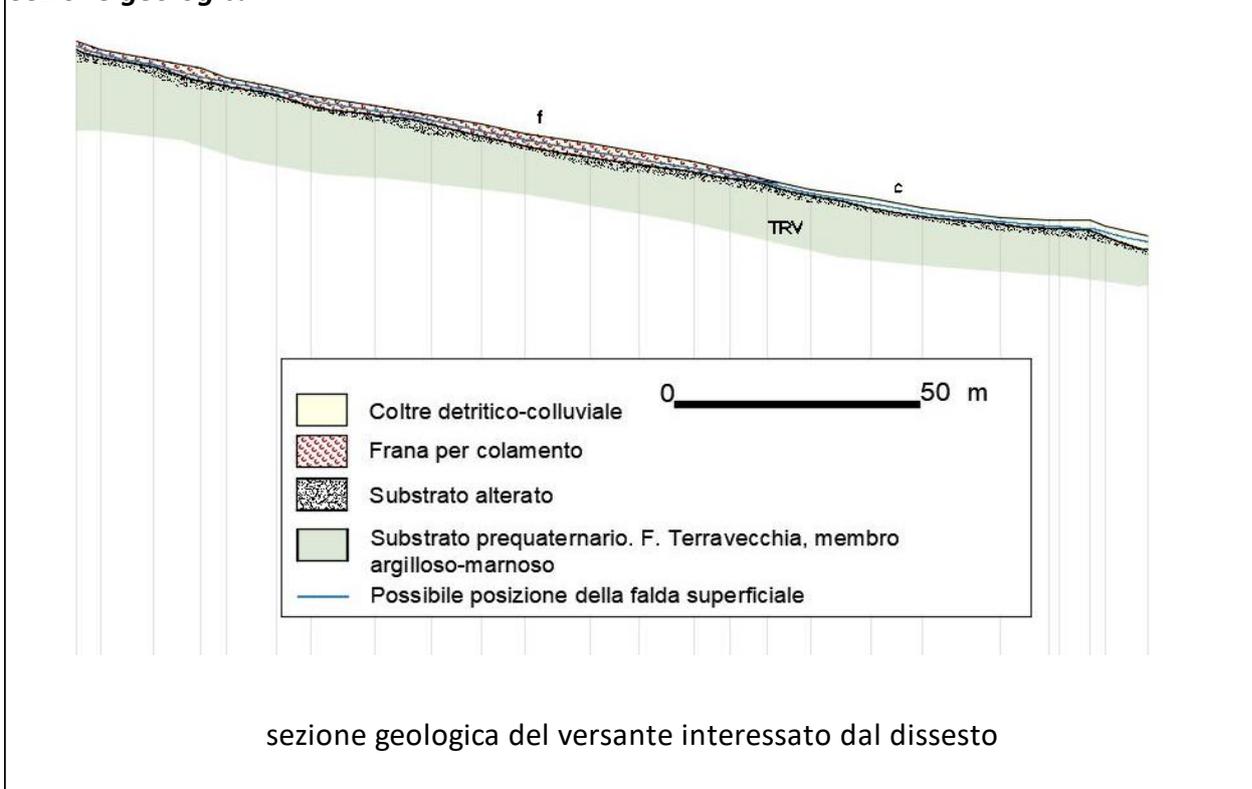
 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

12.1 DISSESTO ID 7 – PK 3+800

Scheda

CODICE DISSESTO e data rilevamento	L3_Nuova viabilità dissesto n.7 -29/08/2019				
opera	LOTTO 3 - Nuova viabilità				
tipo di dissesto	Frana per movimento di colamento lento				
stato di attività	attivo				
dati morfologici	(m)				
larghezza:	30		quota coronamento:	482 m	
lunghezza (dal coronamento al piede):	172		quota piede:	346.5 m	
profondità nicchia di distacco:	1-2				
spessore massa spostata:	2-3				
dislocazione:	50				
pendenza versante:	10-15°				
uso del suolo:	aree coltivate				
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale rielaborata da attività agricole, per uno spessore di 2-3 m circa					
Note	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 3a-S11, 3a-S12 e 3a-S13 i cui dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale è stata realizzata la sezione geologica.				

Sezione geologica



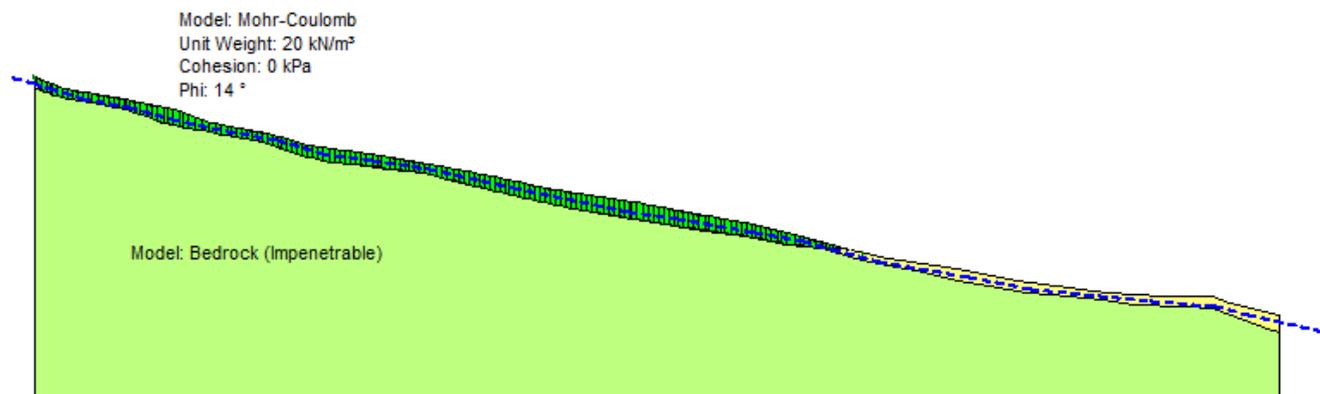
Ipotesi e risultati del calcolo

Le ipotesi geometriche e idrauliche del modello geotecnico corrispondono a quelle del modello geologico, quindi il corpo di frana costituito da coltre sul substrato TRV. Si riscontra quindi una profondità del corpo di frana pari a 3m e una falda posta a 1.5 m da.p.c.

L'angolo di attrito residuo dell'analisi è prossimo a quello proveniente da correlazione empirica ed è pari a 14°.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	RH	GE0000 005	C	26 di 58



Terreno	F	H falda	Φ'
Coltre (TRV)	0.97	Da profilo geologico	14°

Tabella 3 – Sezione 7 – Parametri

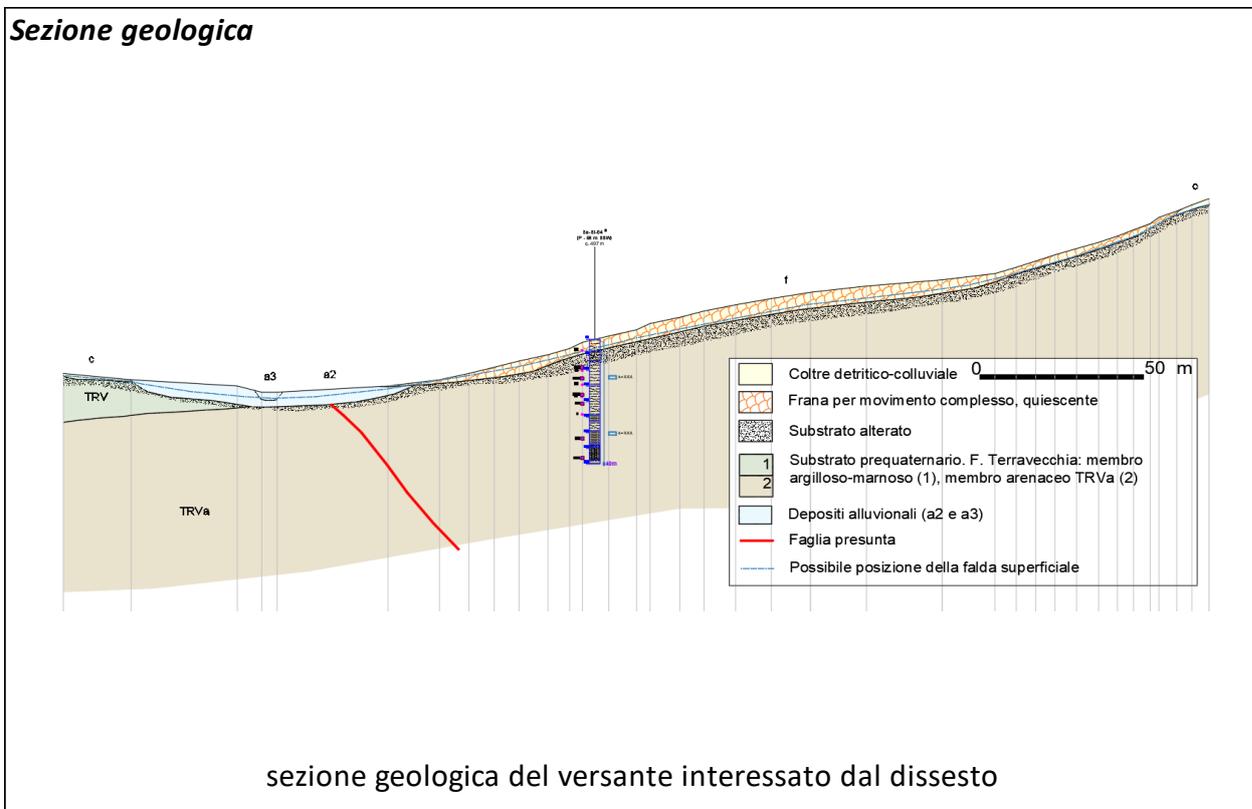
 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

12.2 DISSESTO ID 11 – PK 8+100

Scheda

CODICE DISSESTO e data rilevamento	L3_NV06 dissesto n.11 - 29/08/2019	
opera	LOTTO 3 - Nuova viabilità NV06	
tipo di dissesto	Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento)	
stato di attività	quiescente	
dati morfologici	(m)	
larghezza:	107	quota coronamento: 540
lunghezza (dal coronamento al piede):	230	quota piede: 482
profondità nicchia di distacco:	2-3	
spessore massa spostata:	3-4	
dislocazione:	30-40	
pendenza versante:	15-20°	
uso del suolo:	aree incolte, aree coltivate	
Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore di 3-4 m circa		
Note	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 3a-GN1-S01 e 3a-SI-04, sulla base dei quali è stata realizzata la sezione geologica.	

Sezione geologica



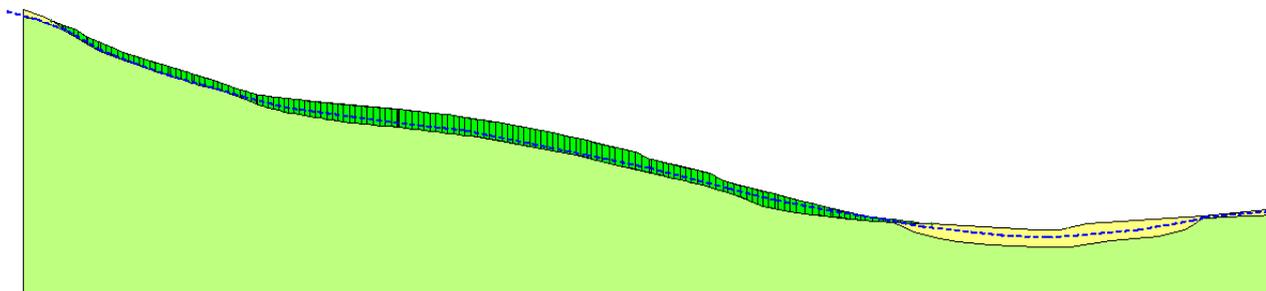
Ipotesi e risultati del calcolo

Le ipotesi geometriche e idrauliche del modello geotecnico adottano quelle del modello geologico, quindi il corpo di frana costituito da coltre sul substrato del TRVa. Si riscontra quindi una profondità media del corpo di frana pari a 3m e una falda posta a 4 m d.p.c.

L'angolo di attrito residuo di riferimento è quello proveniente dall'analisi in quanto non si dispongono di dati.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	RH	GE0000 005	C	29 di 58



Terreno	F	ϕ'
Coltre (TRVa)	0.99	14°

Tabella 4 – Sezione 11 – Parametri back analysis

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C	FOGLIO 30 di 58

12.3 OPERE DI PRESIDIO

Il dimensionamento delle opere di presidio per le frane in studio è stato effettuato selezionando un singolo caso, il più sfavorevole, per cui si è proceduto al calcolo dell'”opera tipo” da prevedere, nella fattispecie di una berlinese di pali a sezione circolare con una trave di coronamento in testa

Nei paragrafi seguenti se ne illustrerà il tipo di opera, l’analisi e la verifica secondo le vigenti norme tecniche per le costruzioni

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

13. OPERE DI MITIGAZIONE

13.1 INTRODUZIONE

Nel presente capitolo si illustrano le analisi e le verifiche secondo la normativa vigente delle opere di mitigazione delle frane che interferiscono con le opere.

Di queste per ogni lotto, nel è stato selezionato un caso critico per ogni lotto per un totale di 3 analisi effettuate usando il software agli elementi finiti Paratie Plus 14.

Il tipo di opera è quello di una berlinese in calcestruzzo armato C25/30 composta da 1 file di pali $\Phi 1000$ passo 1.2m con un'armatura longitudinale composta da 32 $\Phi 30$ e una spirale $\Phi 12$ passo 40 cm.

La profondità di infissione è di 15 m d.p.c.

13.2 DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'immagine seguente mostra l'intervento tipologico applicato per la stabilizzazione delle frane individuate.

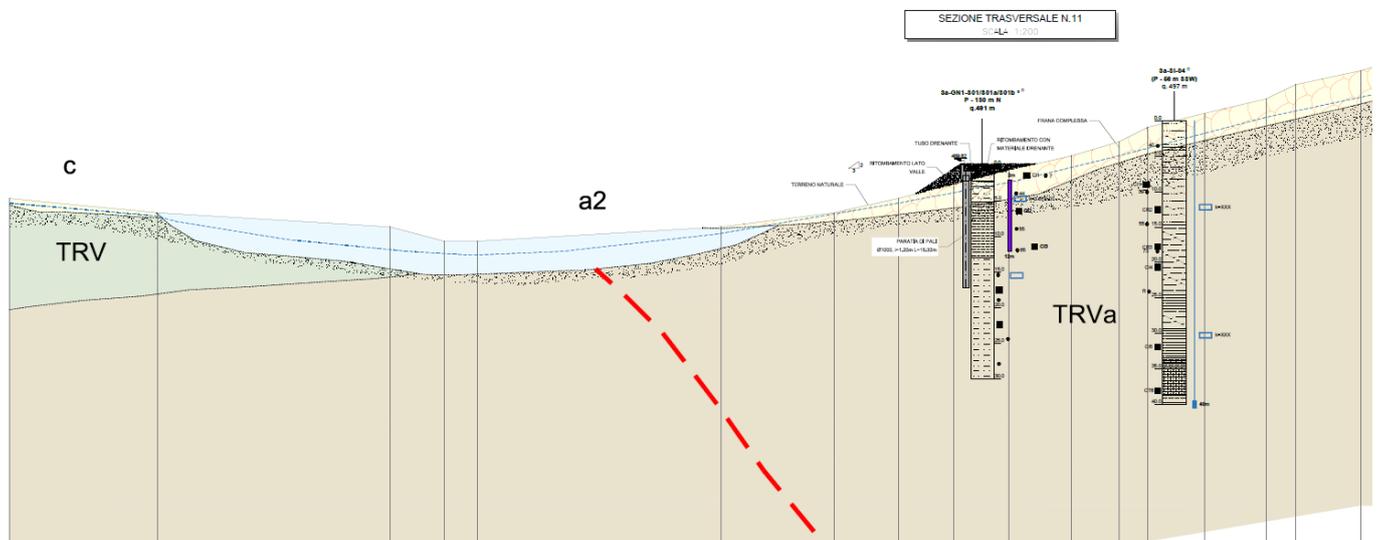


Figura 5 – Intervento sez.11

Esso consiste in una paratia di pali della lunghezza di 15 m. In testa è disposta una trave di coronamento che sporge al di sopra del pian campagna la cui funzione è quella di irrigidimento. A monte della paratia è previsto uno scavo e la disposizione di materiale grossolano drenante che, a sua volta ha anche una lieve funzione stabilizzante dato il maggior peso specifico, oltre che a caratteristiche

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C	FOGLIO 32 di 58

meccaniche migliori del terreno in sito. La sua funzione è quella di convogliare le acque nel tubo di raccolta evitando l'accumulo di acqua, e relativa spinta, alle spalle della paratia stessa.

13.3 ANALISI

Ai fini del dimensionamento dell'opera di sostegno si è considerata la frana più critica n.11 (maggiore in spessore ed inclinazione del versante) considerando gli spessori di frana più elevati fra quelli ipotizzati (oltre che le altre caratteristiche come le pendenze del versante), e presenti nel lotto in esame. Il principio è quello secondo cui ad un volume di terra maggiore corrisponde una forza stabilizzante più elevata che quindi deve essere fornita dall'opera in progetto. Si riporta in seguito l'immagine della frana selezionata cui si riferiscono le opere di presidio verificate.

SEZIONE TRASVERSALE N.11
SCALA 1:200

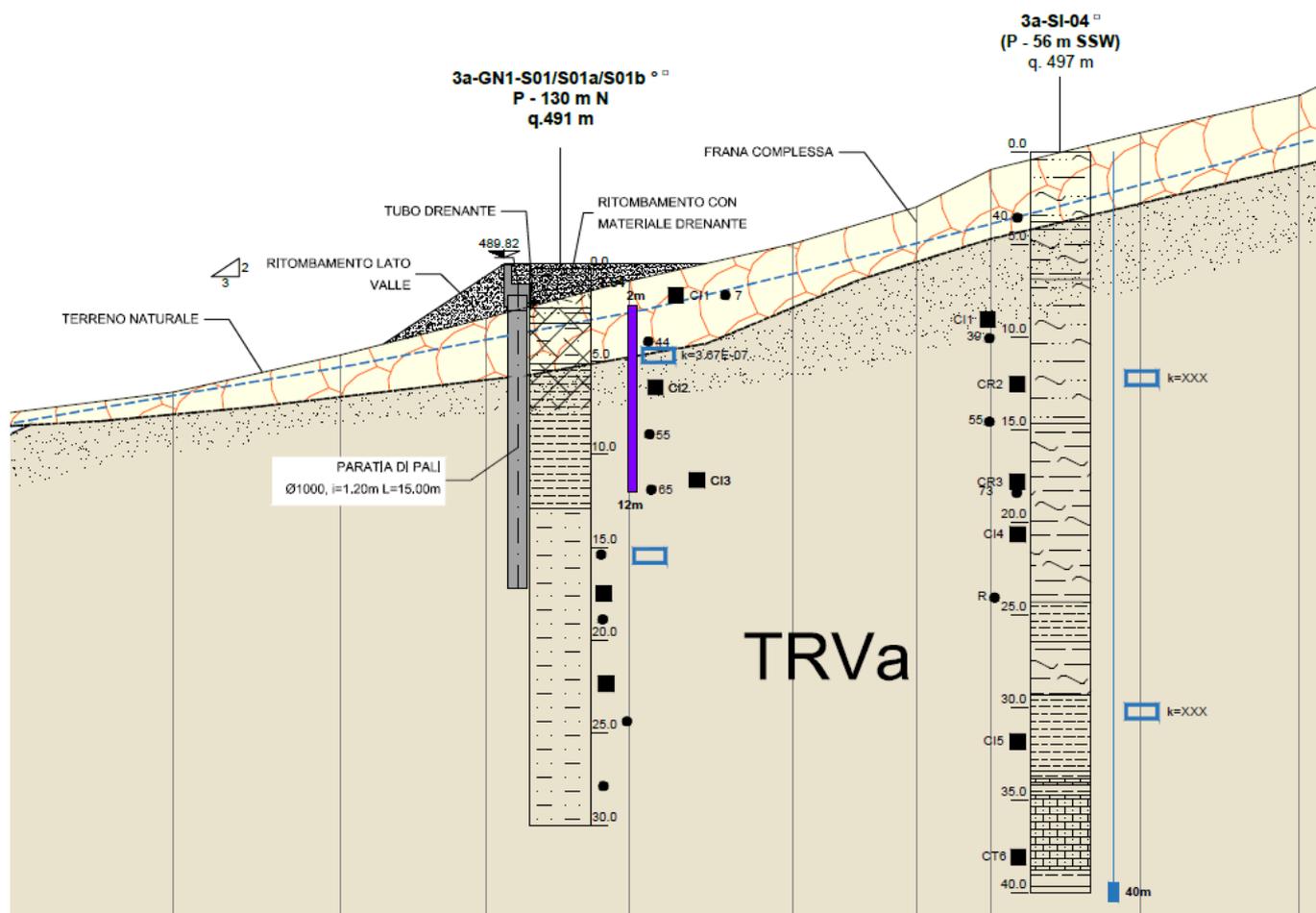


Figura 6: Frana numero 11

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C	FOGLIO 34 di 58

La fase di analisi si è svolta in 2 step:

Approccio A2+M2(GEO) per Paratia

- Definizione della forza stabilizzante (Analisi SLOPE con parametri caratteristici residui ridotti) da fornire al corpo di frana per stabilizzarla fino ad ottenere un coefficiente pari almeno ad 1.1.
- Tale forza verrà applicata nell'analisi della paratia (Analisi Paratie plus) per la corrispondente analisi GEO (approccio A2+M2+R1), che prevede anche in questo caso la riduzione dei parametri geotecnici (substrato). Si verifica la convergenza del modello e l'equilibrio geotecnico.

Approccio A1+M1+R1 per Paratia

- Definizione della forza stabilizzante (Analisi SLOPE con parametri caratteristici residui) da fornire al corpo di frana;
- Tale forza verrà applicata nell'analisi della Paratia (Analisi Paratie plus) per la corrispondente analisi STR (approccio A1+M1+R1)

Per la prima fase è stato utilizzato il metodo dell'equilibrio limite secondo Morgenstern-Price con il software SLOPE/w inserendo nel modello geotecnico del corpo di frana, precedentemente definito, nella zona di installazione dell'opera una forza stabilizzante, il cui modulo è tale da alzare il fattore di sicurezza ad 1.1. Tale valore di fattore di sicurezza si ritiene accettabile alla luce dei dati di input disponibili in termini di geometria, geotecnica e geologia.

Si è analizzata sia una condizione statica che una condizione sismica per l'analisi SLOPE con parametri caratteristici.

La seconda fase di analisi è rivolta al progetto dell'opera di mitigazione e quindi alla determinazione delle sollecitazioni in fase statica ed in fase sismica utilizzando il software Paratie Plus 14.

Si specifica che la forza derivata dal modello Slope nella prima fase è stata poi posta nel modello di Paratie di seconda fase ad H/3 rispetto allo spessore della frana applicandolo all'opera di presidio come un carico distribuito triangolare quindi $q = 2F/h$.

Le ipotesi assunte nella determinazione del modello sono quindi le seguenti:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

- Applicazione nel corpo di frana di una forza stabilizzante applicata in corrispondenza della paratia secondo lo spessore (da piano campagna alla superficie di scivolamento), quindi distribuita secondo un carico triangolare.
- Resistenza trascurabile dello strato di coltre a valle della paratia
- Determinazione dei fattori di spinta attiva statica secondo la teoria di Muller-Breslau (1924)
- Determinazione dei fattori di spinta passiva secondo le teorie di Lancellotta (2002,2007)
- Carico sismico secondo la formulazione di Mononobe e Okabe (tale applicazione vale esclusivamente per il solo substrato)
- Falda posta nella sua posizione critica ipotizzata nel modello geotecnico
- Calcestruzzo classe C25/30
- In testa alla paratia è stato imposto un carico accidentale distribuito di 20 kPa simulante i mezzi in circolazione in cantiere.
- Per il calcolo si assume una pendenza media di estradosso del pendio in quanto molto variabile lungo la sezione e assumere la massima (15°) si è rivelata una ipotesi troppo gravosa e non verosimile

Nella tabella in seguito si illustrano i parametri utilizzati per il calcolo del k_h e del k_v utilizzati secondo il par :

Frana n	Cat. di suolo	ag	Ss	St	a_{max}/g	B_s	k_h	k_v	F [kN] STATICO	F [kN] SISMICO
11	C	0.09	1.5	1	0.14	0.24	0.035	0.017	260	500

Tabella 5 – Parametri di calcolo A1+M1+R1

La seconda fase di analisi è rivolta al progetto dell'opera di mitigazione e quindi alla determinazione delle sollecitazioni in fase statica ed in fase sismica utilizzando il software Paratie Plus 14.

Le ipotesi assunte nella determinazione del modello sono le seguenti:

- Corpo di frana simulato dalla forza stabilizzante applicato alla paratia secondo lo spessore (da piano campagna alla superficie di scivolamento), quindi distribuita secondo un carico triangolare.
- Considerazione del peso del corpo di frana a monte della paratia
- Parametri di resistenza dello strato di coltre a valle della paratia pari a quelli ottenuti da back analysis
- Carico sismico secondo la formulazione di Mononobe e Okabe applicata solo nello strato sottostante la frana

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

- Falda posta nella sua posizione ipotizzata nella back analysis
- Combinazione A1+M1 dei parametri dei materiali e delle azioni.
- Considerazione del modello di 1 fila di pali da 1000 mm di diametro e un passo di 1.2m
- I pali hanno una lunghezza di 15 m per ogni frana
- Calcestruzzo classe C25/30

13.4 FRANA 11

SEZIONE11				
H	5	[m]		
peso specifico	20	[kN/m ³]		
angolo di attrito frana70 (A1-M1)	14	[°]		
<i>ka=teoria di Muller Breslau</i>				
<i>kp=teoria di Caquot Kerisel</i>				
STATICO				
ka_statico	0,941	Sa_statico	235	kN/m
kp_statico	2,333	Sp_statico	583	kN/m
		F_slope	260	kN/m
SISMICO				
ka_sismico		Sa_statico	0	kN/m
kp_sismico	2,004	Sp_sismico	501	kN/m
		F_slope	500	kN/m

STAGE	FORZA DA INSERIRE SU PARATIE
STATICO	$260/5*2=104$ KN
SISMA	$500/5*2=200$ KN

Figura 7: Tabella frana numero 11 – Valori di spinta statica (S_p statica) e sismica (S_p sismica), forza derivante da analisi slope con contributo a valle

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

In seguito si riporta un'immagine del modello tipo determinato:

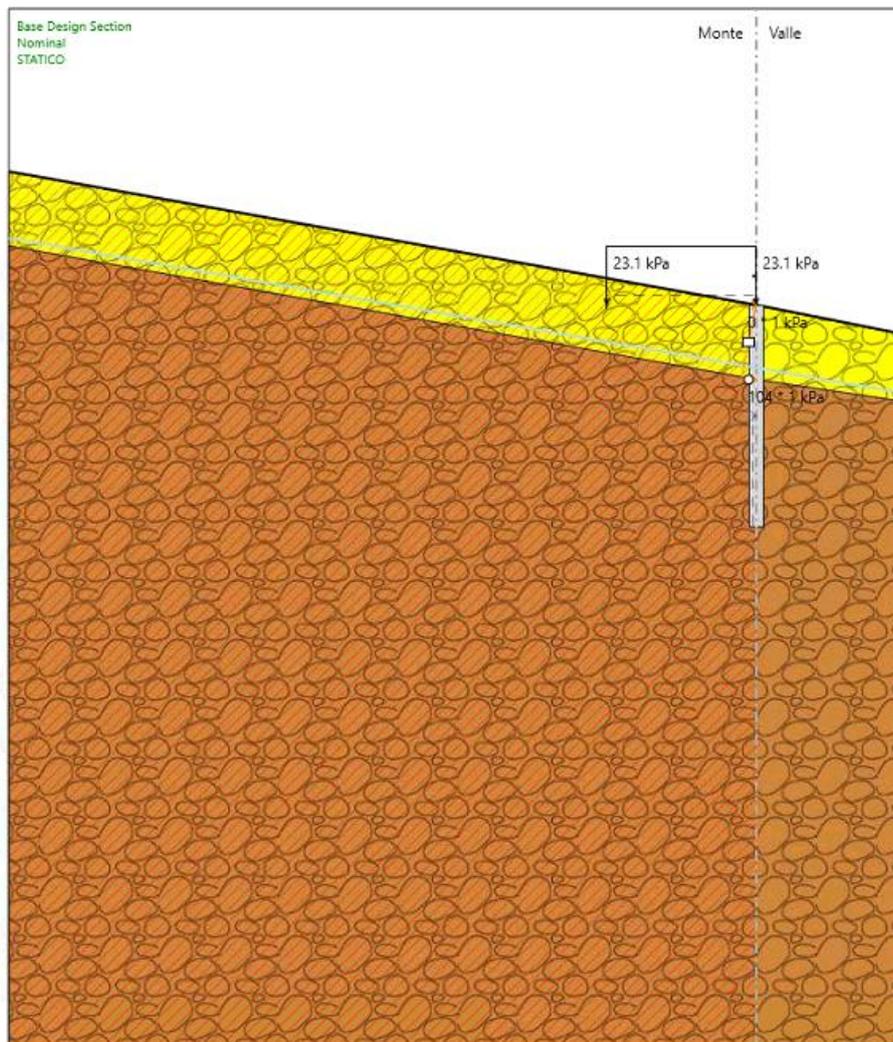


Figura 8: Frana numero 11 – Modello determinato – Fase Statica

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

Risultati analisi strutturali A1+M1

13.4.1 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO
11	260

Tabella 6 – Forza stabilizzante

-208.65240, 89.77119

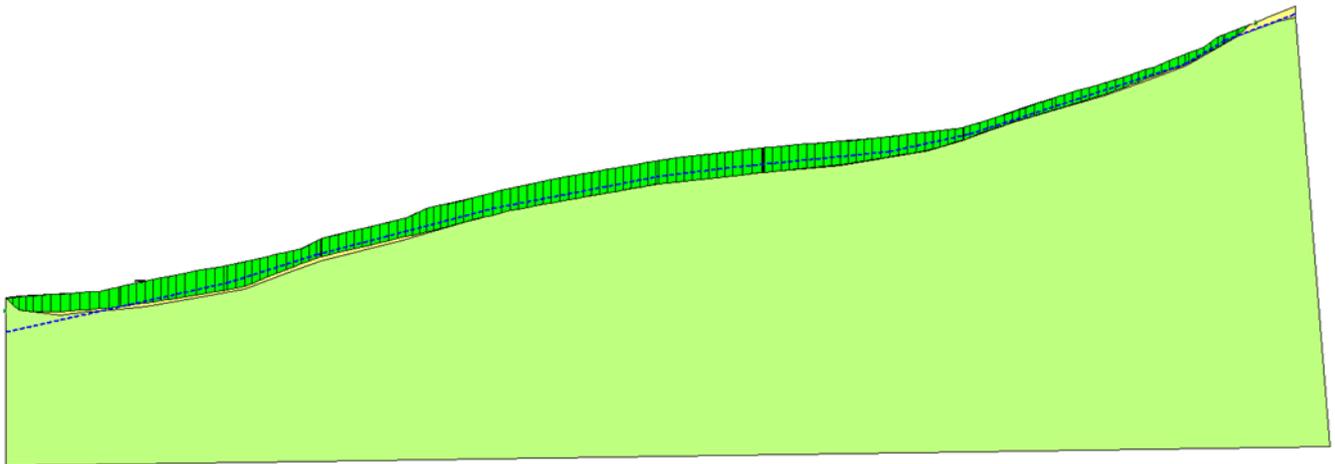


Figura 9: Frana numero 11 – Analisi Slope in A1 M1 (STATICO) – FS = 1.1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

13.4.2 ANALISI PARATIE

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

Frana 11– Spessore coltre 5m - Falda a 2 m d.p.c. – inclinazione del pendio: 14°

Finestra: “Terreni”

Strato	γ	c' [kPa]	Φ' [°]	k_0	k_a	k_p	E' [kPa]
Frana	20	0.0001	14	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	23	24	0.593	0.306	2.007	100000

Finestra: “Stratigrafia”

Strato	γ	c' [kPa]	Φ' [°]	k_0	k_a	k_p	E' [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	23	24	0.593	0.462	4,398	100000
Substrato valle(sisma)	20	23	24	0.593	0.306	1.3	100000

Tabella 7 – Parametri del modello

Si riportano in seguito i risultati ottenuti

Frana 11 – Momento flettente

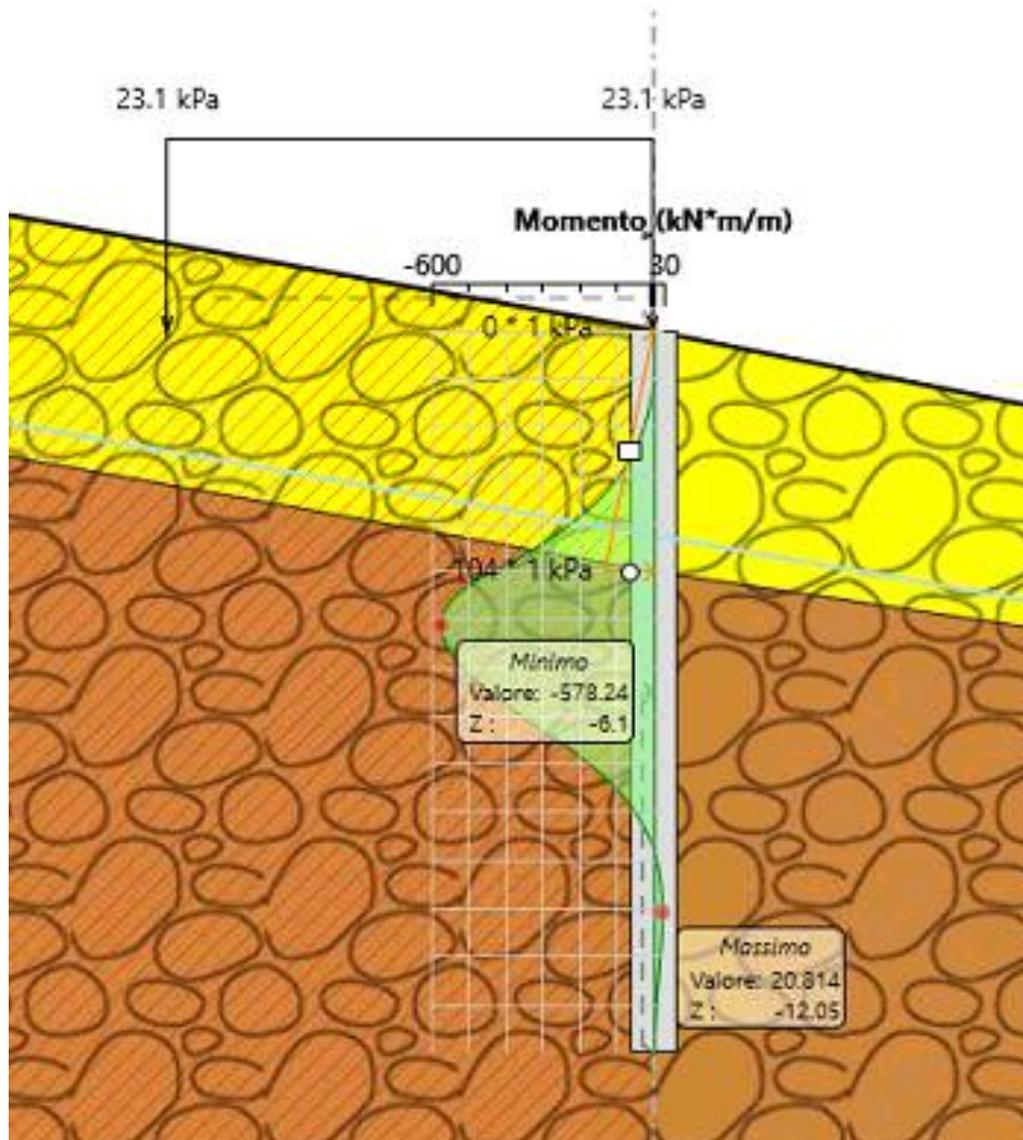


Figura 10: Frana numero 11 – Momento flettente – A1 + M1 – Valori Caratteristici

Frana 11 – Taglio

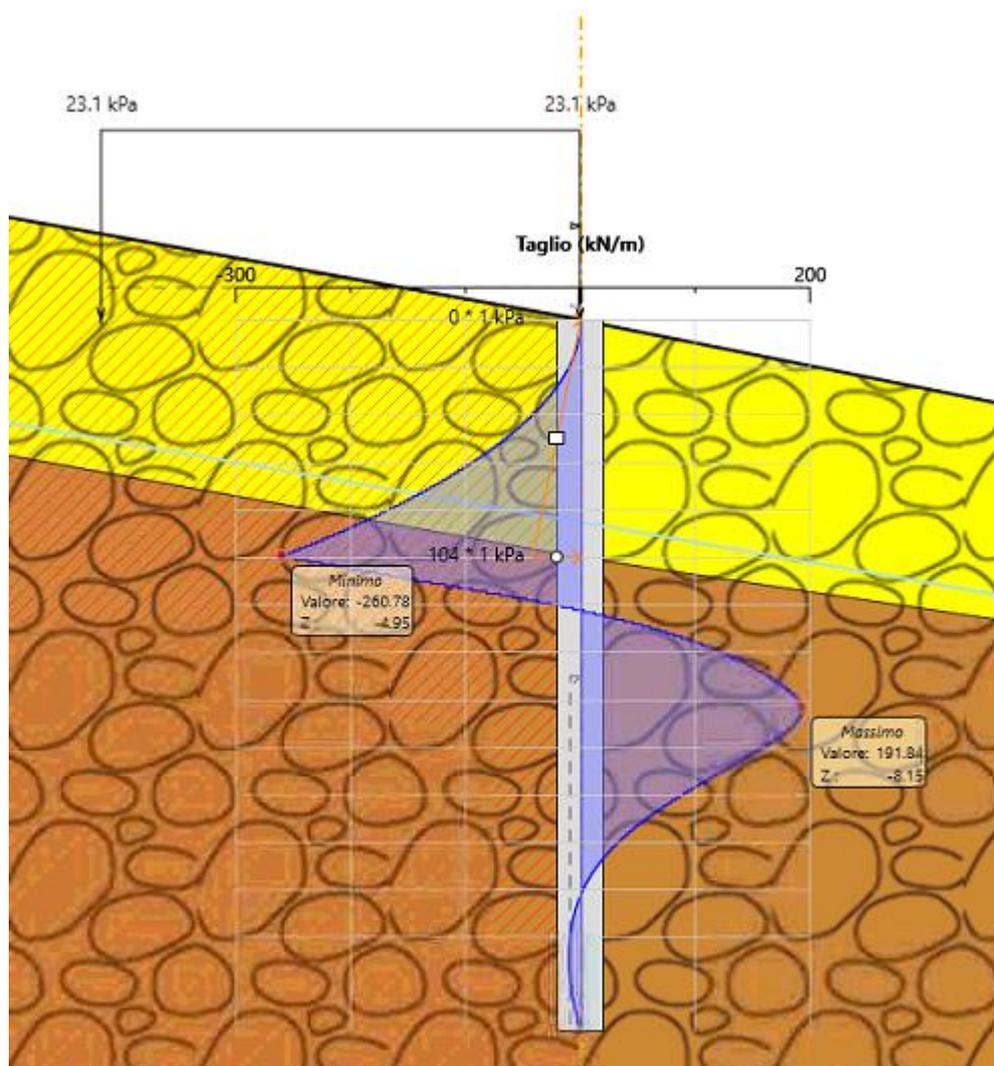


Figura 11: Frana numero 11 – Taglio – A1 + M1 – Valori Caratteristici

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

Risultati analisi strutturali sismiche

La fase sismica è stata calcolata in modo pseudo statico utilizzando la formulazione di Mononobe e Okabe per la determinazione del fattore di spinta spinta attiva in fase sismica distribuendo l'incremento di carico ottenuto in modo uniformemente distribuito su tutta la paratia (ΔS_E) immersa nel TRV non in frana.

Si riporta un'immagine del modello utilizzato in paratie per l'analisi sismica:

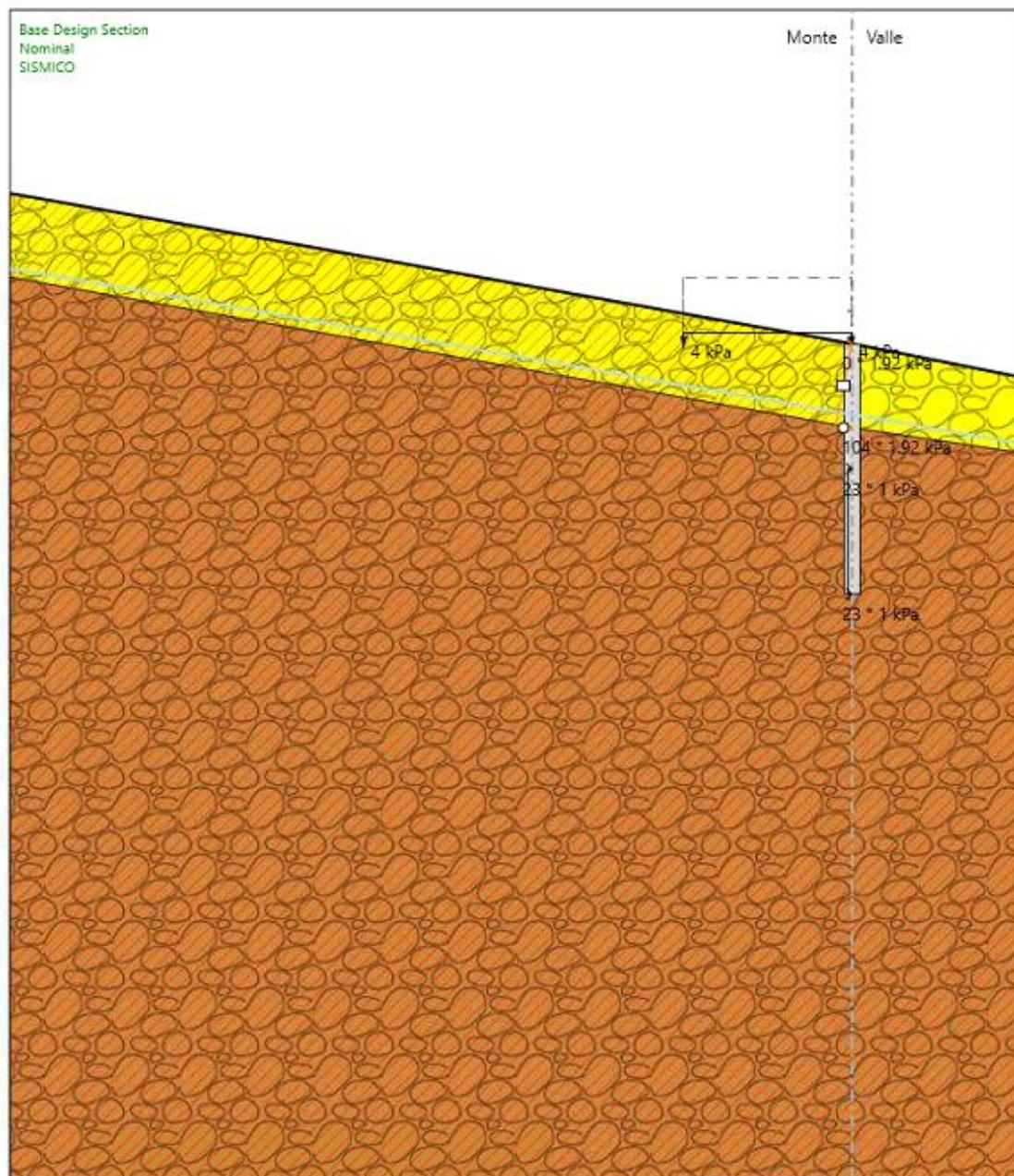


Figura 12 – Modello Paratie plus per analisi sismica

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

PARAMETRI SISMICI												
	htotale	ag/g	Categoria di suolo	S _s	S _T	amax/g	α _{attiva}	α _{passiva}	Us	β	kh _{attiva}	kh _{passiva}
11_monte	17	0.09	C	1.5	1	0.135	0.809	1	0.085	0.054	0,0592	0,0732
11_2 monte	17	0.09	C	1.5	1	0.135	0.809	1	0.085	0.054	0,0592	0,0732
11_valle	17	0.09	C	1.5	1	0.135	0.809	1	0.085	0.054	0,0592	0,0732
11_2 valle	17	0.09	C	1.5	1	0.135	0.809	1	0.085	0.054	0,0592	0,0732

PARAMETRI SISMICI													
ag/g	Categoria di suolo	S _s	S _T	amax/g	H _{tot}	α _{attiva}	α _{passiva}	Us	β	kh _{attiva}	kv (±) _{attiva}	kh _{passiva}	kv (±) _{passiva}
0,0990	C	1,5	1	0,1485	15,0	0,854	1	0,075	0,56	0,0708	0,0000	0,0829	0,0000
MONONOBE - OKABE - K _a													
θ+ (M-O) [°]	β pendio [°]	ψ [°]	φ [°]	δ _{sisma} [°]	K _{a,E}	K _{a,H}	γ [kN/m ³]	ΔS _E [kPa]	ΔS _{qE} [kPa]	carico (Kpa)	k _{attiva statica} H	sovr [kPa]	
4,051	14	90	24,0	16,0	0,5843	0,5617	20	22,72	0,40	23,12	0,461	4,000	

TRV1	monte				TRV2	monte				valle			
	φ	14	°	FYN4		φ	24	°	TRV	φ	24	°	TRV
	α	90	°			α	90	°		α	90	°	
	β	0	°			β	0	°		β	0	°	
	δ _{STATICO}	9,33	°			δ _{STATICO}	16	°		δ _{STATICO}	16	°	
	δ _{SISMICO}	0	°			δ _{SISMICO}	0	°		δ _{SISMICO}	0	°	
	ψ _{STATICO}	0	°			ψ _{STATICO}	0	°		ψ _{STATICO}	0	°	
	ψ _{SISMICO}	4,74	°			ψ _{SISMICO}	14,00	°		ψ _{SISMICO}	-14,00	°	
	i	14	°			i	14,00	°		i	-14,00	°	
	kh	0,08	a/g			kh	1,91	rad		kh	0,14	rad	
2θ _{STATICO}	2,71	rad		2θ _{STATICO}	1,91	rad		2θ _{STATICO}	0,14	rad			
2θ _{SISMICO}	1,05	rad		2θ _{SISMICO}	1,91	rad		2θ _{SISMICO}	0,14	rad			
kP _{STATICO} H	2,333			kP _{STATICO} H	4,398			kP _{STATICO} H	2,007				
kP _{SISMICO} H	2,004			kP _{SISMICO} H	3,18			kP _{SISMICO} H	1,25				

Tabella 8 – Parametri sismici utilizzati

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

13.4.3 ANALISI SLOPE

Il calcolo secondo la combinazione di parametri A1+M1 è stato svolto anche in fase sismica.

Nella tabella in seguito si illustrano i parametri utilizzati per il calcolo del k_h e del k_v in SLOPE:

Frana n	Cat. di suolo	ag	Ss	St	a_{max}/g	B_s	k_h	k_v	F [kN] SISMICO
11	C	0.09	1.5	1	0.14	0.24	0.035	0.017	500

Tabella 9 – Analisi della forza stabilizzante – A1+M1+R1 – SLOPE

-208.65240, 89.77119

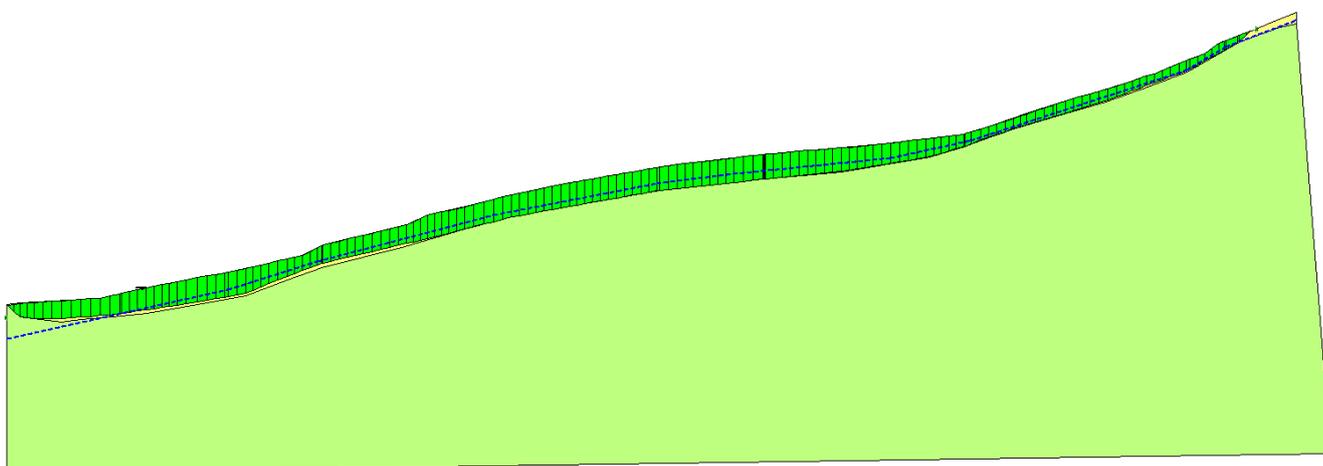


Figura 13: Frana numero 11 – Analisi Slope in A1 M1 (SISMA) – FS = 1.1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

13.4.4 ANALISI PARATIE

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

Frana 36 – Spessore coltre 3.5m - Falda a 3.5 m d.p.c. – inclinazione del pendio: 11°

Finestra: “Terreni”

Strato	γ	c' [kPa]	Φ' [°]	k_0	k_a	k_p	E' [kPa]
Frana	20	0.0001	14	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	23	24	0.593	0.306	2.007	100000

Finestra: “Stratigrafia”

Strato	γ	c' [kPa]	Φ' [°]	k_0	k_a	k_p	E' [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	23	24	0.593	0.462	4,398	100000
Substrato valle(sisma)	20	23	24	0.593	0.306	1.3	100000

Tabella 10 – Parametri del modello

Frana 11 – Momento flettente

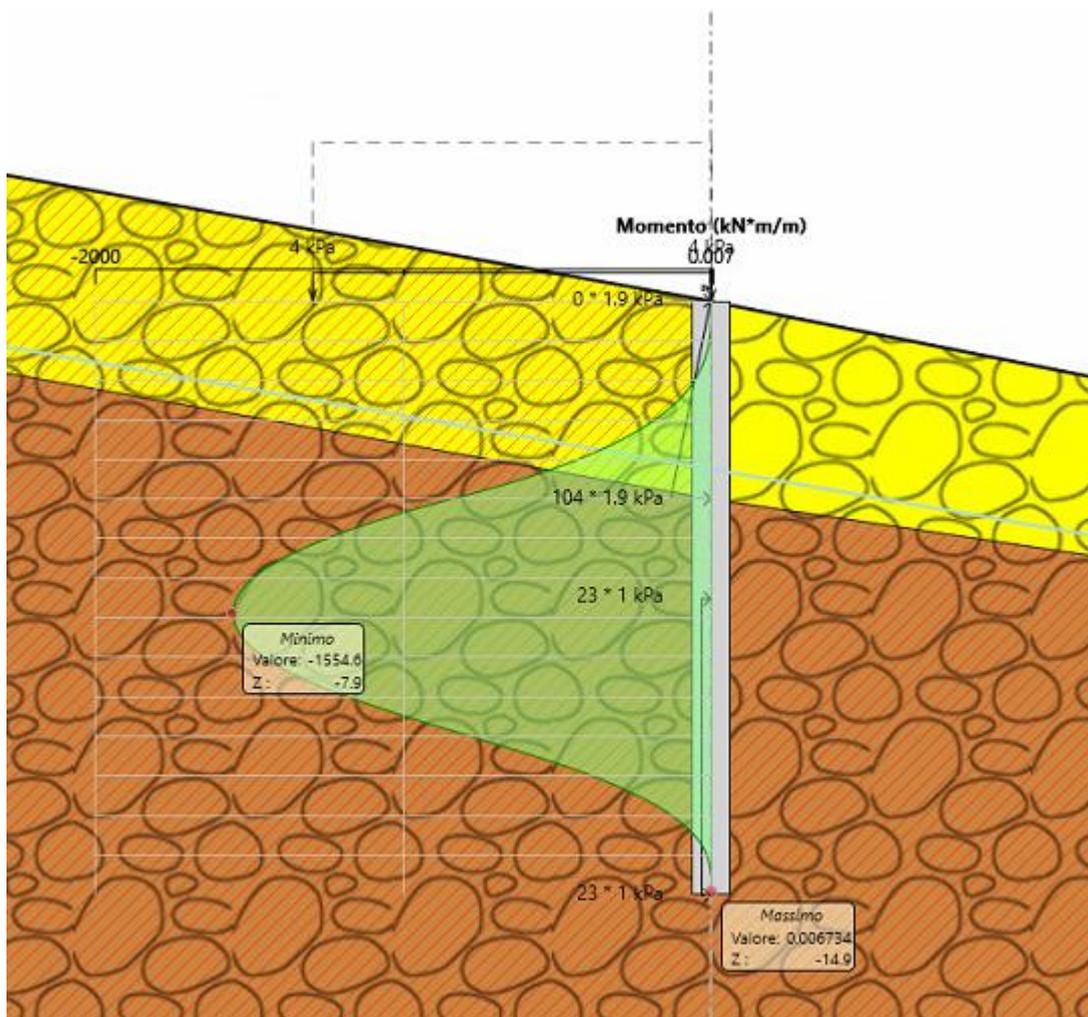


Figura 14: Frana numero 11 – Momento flettente – Valori Caratteristici-sisma

Frana 11 – Taglio

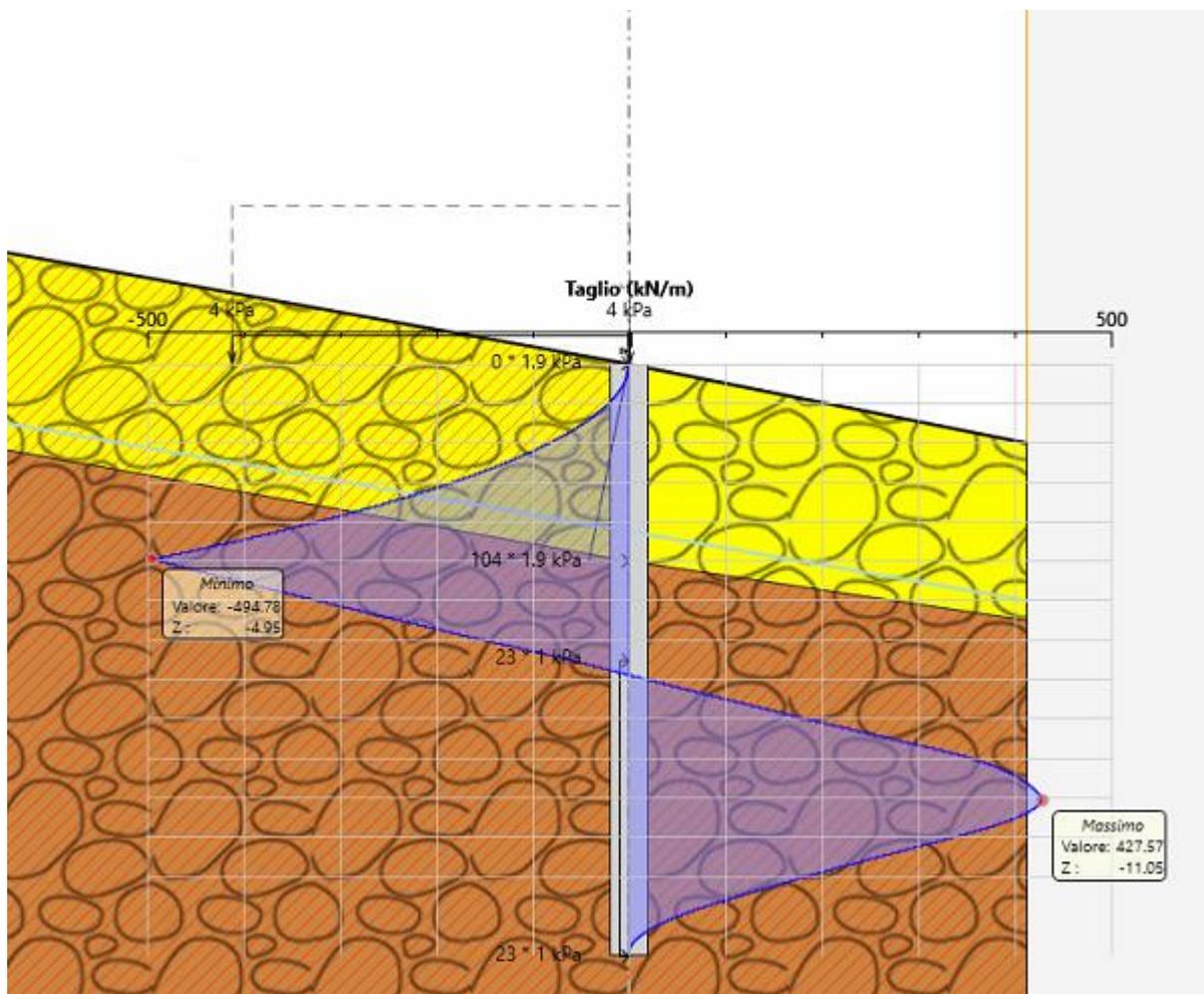


Figura 15: Frana numero 11 – Taglio– Valori Caratteristici-sisma

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

Risultati Analisi A2+M2 (GEO)

13.4.5 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO	F.S.	FORZA PARATIE (Kn)
11	660	1.1	$660/5 \cdot 2 = 264$

Tabella 11 – Forza stabilizzante (GEO)

-208.65240, 89.77119

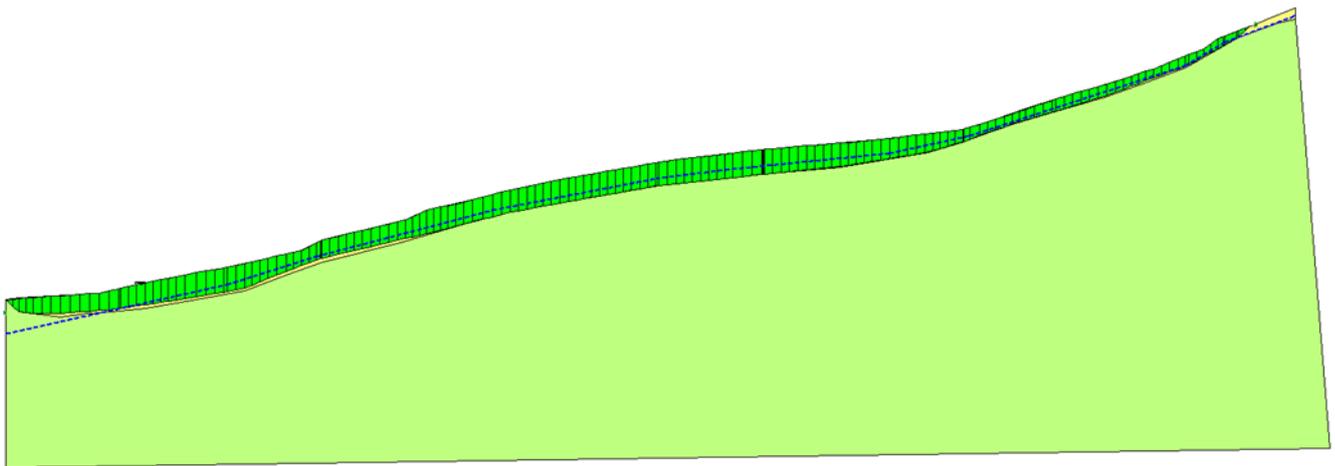


Figura 16: Frana numero 11 – Analisi Slope in A2 M2 (STATICO) – FS = 1.1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

13.4.6 ANALISI PARATIE

Frana 11 – Spessore coltre 3.5m - Falda a 3.5 m d.p.c. – inclinazione del pendio: 11°

Finestra: “Terreni”

Strato	γ	c' [kPa]	Φ' [°]	k_0	k_a	k_p	E' [kPa]
Frana	20	0.0001	11.3	0.804	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	18.4	19.2	0.664	0.376	1.793	80000

Finestra: “Stratigrafia”

Strato	γ	c' [kPa]	Φ' [°]	k_0	k_a	k_p	E' [kPa]
Frana	20	1000	50	0.804	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	18.4	19.2	0.678	0.533	3.163	80000

Tabella 12 – Parametri del modello (GEO)-strato frana

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

Frana 11 – Spinta passiva mobilitata

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	LEFT	Lato	RIGHT		
Nominal Stage	Riepilogo spinte Vera effettiva	Pressione neutra	Vera Totale	Min ammissibile	Max ammissibile	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)		
STATICO	1748.2	574.7	2322.9	311.5	3058.1	57.17%	5.61

Figura 17: Frana numero 11 – Spinta passiva mobilitata (GEO) – Valori Caratteristici

13.5 VERIFICHE A1+M1

In questo paragrafo si riportano le verifiche statiche e sismiche agli SLU SLE ed SLV secondo la normativa vigente (NTC 2018).

SLU -SLV- SLE

13.5.1.1 Sollecitazioni di calcolo

Le sollecitazioni riportate di seguito derivano dall'analisi con il software Paratie Plus A1+M1 (STRU) sia in condizioni statiche che sismiche.

MATERIALI					
Calcestruzzo			Acciaio		
R_{ck}	30	Mpa	f_{yk}	450	Mpa
f_{ck}	25	Mpa	E_s	200000	Mpa
E_{cm}	31000	Mpa	γ_c	1,15	-
γ_c	1,5	-	f_{yd}	391,3	Mpa
α_{cc}	0,85	-	ϵ_{uk}	75	%
f_{cd}	14,1	Mpa			
f_{ctm}	2,6	MPa			
ν	0,5	-			
ϵ_{c2}	2	%			
ϵ_{cu2}	3,5	%			
α_c	15,0	-			
k_1	0,4	-			
k_1	0,8	-	Valori limite		
k_2	0,5	-	$0,45 f_{ck}$	11,2	Mpa
k_3	1,71	-	$0,8 f_{yk}$	360	Mpa
k_4	0,425	-	$W_{k,lim}$	0,3	mm

Frana 11								
STATO LIMITE	Fase di calcolo	Soll. Max.	Quota	M_{Sd}	T_{Sd}	N_{Sd} (singolo palo)	DIAMETRO PALO	INTERASSE PALO
[-]	[-]	[-]	[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[m]	
SLU	Statica	Momento Max	-6	-578,24		-118	1,00	1,20
	Statica	Taglio Max	-4,95		-260,78	-97	1,00	1,20
SLV	Sisma	Momento Max	-7,9	-1554,6		-155	1,00	1,20
	Sisma	Taglio Max	-4,95		-495	-97	1,00	1,20

Tabella 13 – Materiali e sollecitazioni di calcolo – A1+M1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

13.5.1.2 Frana 11 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA

STR				
STAGE	M da paratie (kN*m)	M (kN*m)	N (kN)	M resistente(kN*m)
STATICO	-578,24 (-6)	$-578 \cdot 1.3 \cdot 1.2 = -902$	-118	-3124.45
SISMA	-1554,6 (-7.9)	$-1555 \cdot 1 \cdot 1.2 = -1865.52$	-155	-3103.21

Sezione b (Circolo Ø900 cm) - Sezione Bion

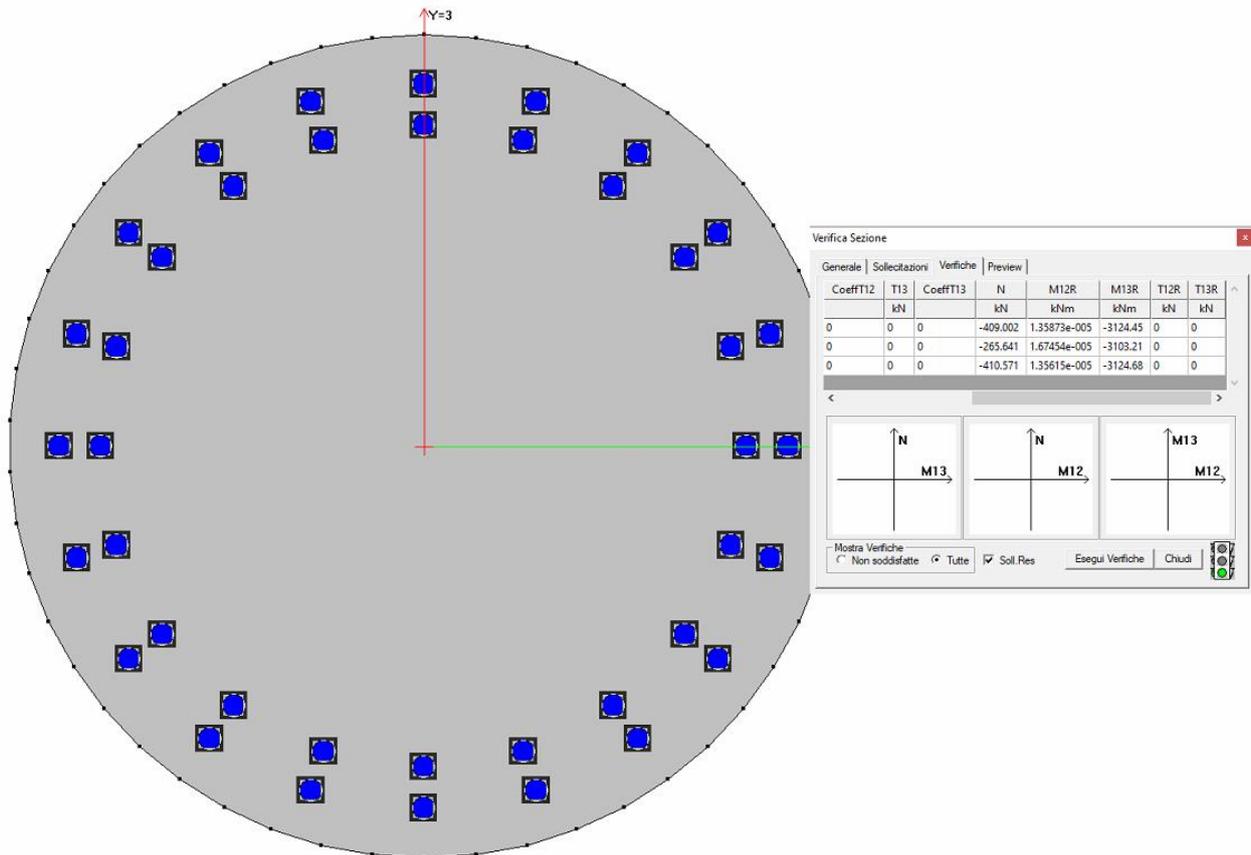


Figura 18- Verifica CMP - Palo 1000 – doppio strato 20 ϕ 30 – condizioni statiche

La verifica a pressoflessione è soddisfatta con doppio strato 20 ϕ 30

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

13.5.1.3 Frana 70 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA

STR				
STAGE	T da paratie (kN)	T (kN)	N (kN)	T resistente(kN)
STATICO	-260.8 (-5)	$-260.8 * 1.3 * 1.2 = -406.8$	-97.2	446.5
SISMA	-495(-5)	$-495 * 1 * 1.2 = -594$	-97.2	595.3

STATICO

quota Ver	[m]	-5,0
V	[kNm/m]	-260,8
V	[kNm]	-406,8
N	[kN]	-97,2
Vrd	[kNm]	446,5
Arm. Spir.	∅ [mm]	12,0
	passo [cm]	20,0
A	[mm ²]	226,2
H utile	[cm]	78,5
bw	[cm]	84,3
s cp	[MPa]	0,0
a c	[-]	1,0
V Rcd	[kN]	1980,7
V Rsd	[kN]	446,5

SISMA

quota Ver	[m]	-5,0
V	[kNm/m]	-495,0
V	[kNm]	-594,0
N	[kN]	-97,2
Vrd	[kNm]	595,3
Arm. Spir.	∅ [mm]	12,0
	passo [cm]	15,0
A	[mm ²]	226,2
H utile	[cm]	78,5
bw	[cm]	84,3
s cp	[MPa]	0,0
a c	[-]	1,0
V Rcd	[kN]	1980,7
V Rsd	[kN]	595,3

fyk	γ S	fyd
450,0	1,2	391,3
[MPa]		[MPa]

fck	γ C	fcd
25,0	1,5	14,2
[MPa]		[MPa]

α [°]	θ [°]
90,0	35,0

fyk	γ S	fyd
450,0	1,2	391,3
[MPa]		[MPa]

fck	γ C	fcd
25,0	1,5	14,2
[MPa]		[MPa]

α [°]	θ [°]
90,0	35,0

Tabella 14 – Verifica a Taglio - SLU – A1+M1 – condizioni statiche

La verifica a taglio è soddisfatta con una spirale $\phi 12$ passo 20cm nel caso statico e con una spirale $\phi 12$ passo 15cm nel caso sismico.

13.5.1.4 Frana 36 – SLE

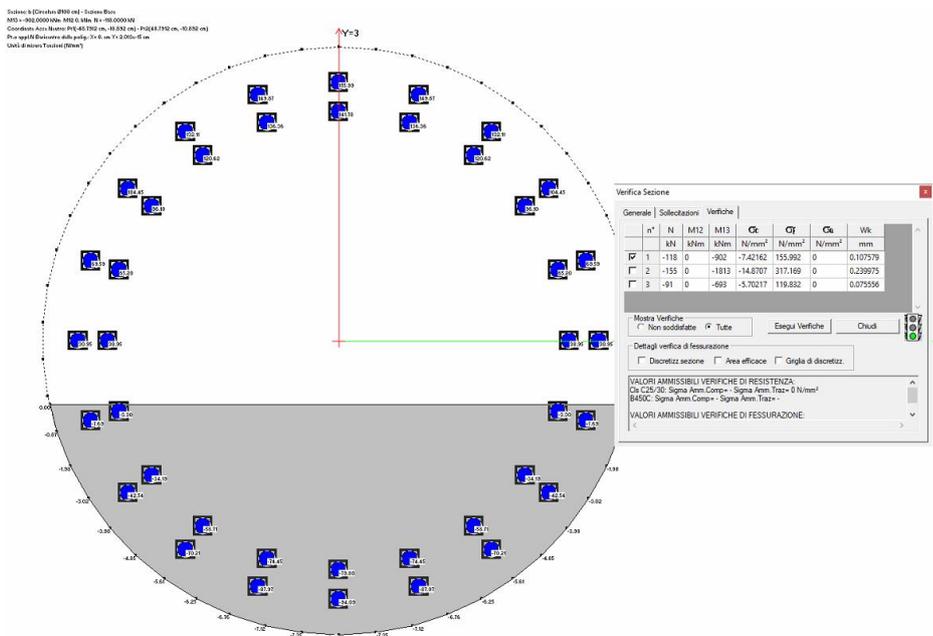


Tabella 15 – Verifica SLE-STATICO

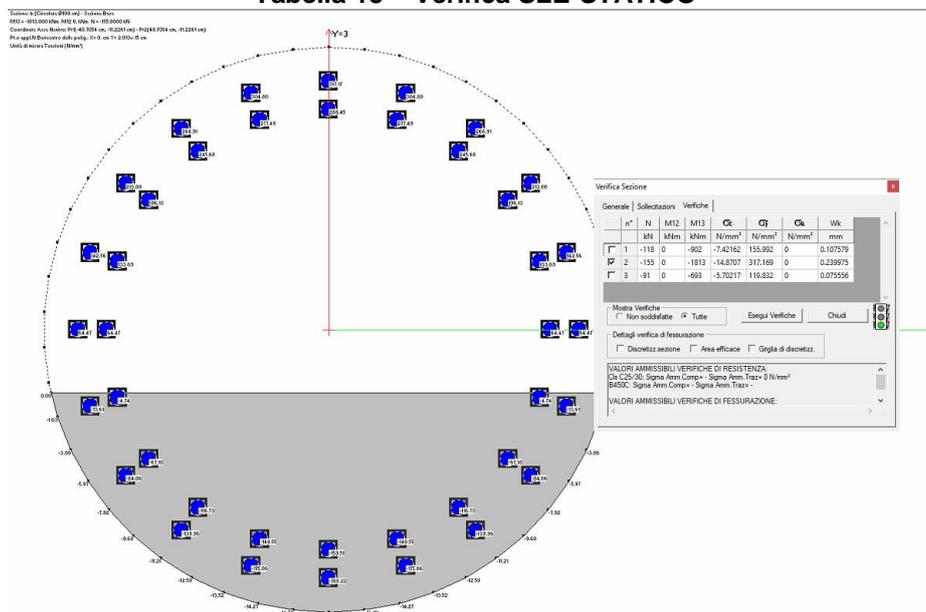
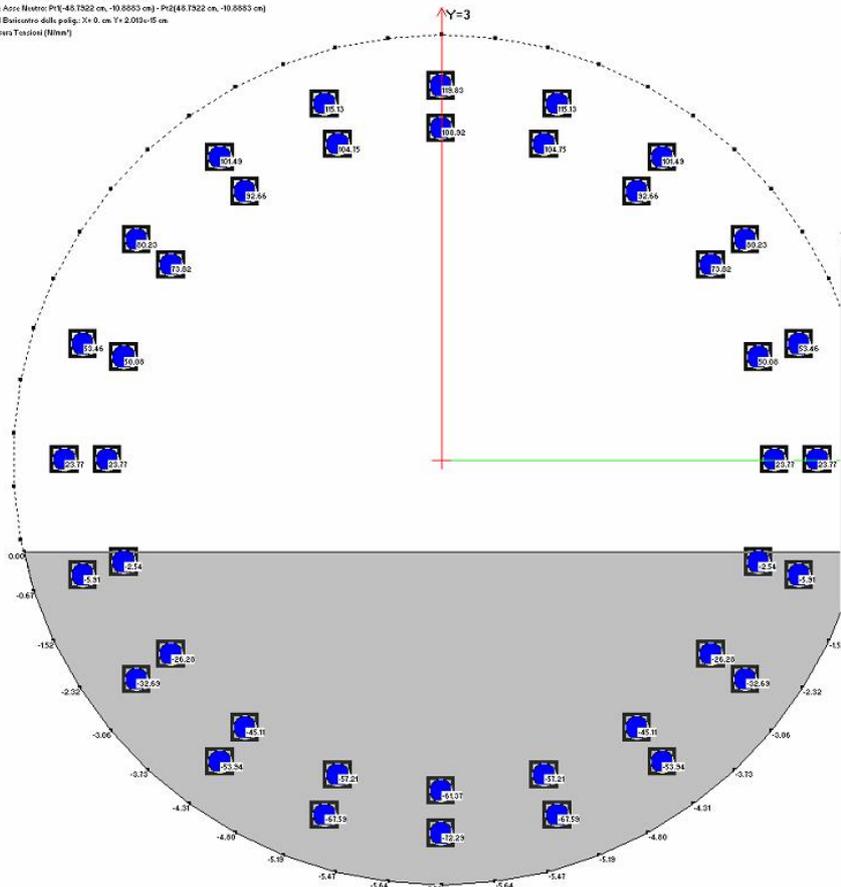


Tabella 16 – Verifica SLE-SISMA

Sezione: b (Circolo Ø700 cm) - Sistema B30
M12 = 492.0000 kNm, M13 0. kNm, H = -91.66000 kN
Coordinate: Azim. Centro: P1=48.7322 cm, -10.8693 cm) - P2(48.7322 cm, -10.8693 cm)
P1 e app. N (Bulicentro dell. pag.1): X=0. cm, Y= 2.0191 cm
Unità di misura Tensioni (MPa)



Verifica Sezione						
Generale		Solllecitazioni		Verifiche		
n°	N	M12	M13	Gc	Gf	Ga
	kN	kNm	kNm	N/mm²	N/mm²	N/mm²
1	-118	0	-902	-7.42162	155.992	0
2	-155	0	-1813	-14.8707	317.169	0
3	-91	0	-693	-5.70217	119.832	0

Wk	mm
0.107579	
0.239975	
0.075556	

Mostra Verifiche:
 Non soddisfatte Tutte

Dettagli verifica di fessurazione:
 Discretizz. sezione Area efficace Griglia di discretizz.

VALORI AMMISSIBILI VERIFICHE DI RESISTENZA:
 C15 C25/30: Sigma Amm. Comp = - Sigma Amm. Traz = 0 N/mm²
 B450C: Sigma Amm. Comp = - Sigma Amm. Traz = -

VALORI AMMISSIBILI VERIFICHE DI FESSURAZIONE:
 <

Tabella 29 – Verifica SLE-SISMA

VALORI DI FESSURAZIONE : WK (mm)	
STATICO	0.105
SISMA	0.24
SLE	0.07

Le verifiche SLE sono soddisfatte.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

14. MONITORAGGIO GEOTECNICO

Il monitoraggio di fenomeni franosi rappresenta la base per la realizzazione di piani e programmi che hanno come obiettivo la prevenzione dei rischi connessi all'instabilità dei versanti e al dissesto idrogeologico. Un piano di emergenza nel caso di rischio frana deve disporre di sistemi di controllo che consentano di individuare con sufficiente precisione la possibile evoluzione del fenomeno.

Generalmente il controllo può essere suddiviso in:

- Controllo dei parametri meteorici
- Controllo dei movimenti superficiali
- Controllo dei movimenti profondi e dei livelli di falda

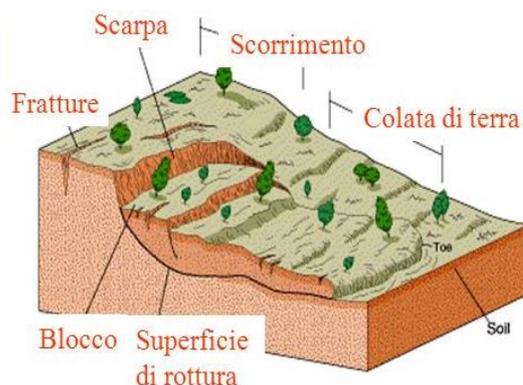


Figura 19. Schema frana complessa

14.1 Controllo parametri meteorici

È prevista la lettura delle stazioni pluviometriche disponibili, poste nelle vicinanze delle opere in esame

14.2 Controllo dei movimenti superficiali

Il piano di monitoraggio prevede l'installazione di mire topografiche o miniprismi, sulle opere di presidio effettuate.

Inizialmente si può prevedere sufficiente una frequenza di aggiornamento semestrale, ma tale valore potrà essere integrato alla luce delle risultanze.

In particolare sarà necessario avere come risultato dal monitoraggio dei punti a terra lo spostamento tridimensionale, pertanto nel monitoraggio delle aree di frana dovrà essere presa in considerazione l'installazione di target topografici riflettenti o miniprismi ottici, in funzione della frequenza e della modalità di lettura richiesta (manuale o automatica).

14.3 Controllo dei movimenti profondi e dei livelli di falda

Il piano di monitoraggio prevede l'adozione d'inclinometri e piezometri, ubicati nelle aree costituite da colamenti, frane complesse in esame.

14.4 Frequenza di lettura

Il programma di acquisizione dati del monitoraggio è riportato indicativamente nella tabella. Le frequenze, dovranno essere adeguate alle risultanze in corso d'opera e alle tempistiche di esecuzione, inoltre sono valutate considerando una realizzazione delle opere senza interruzioni dei lavori.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C

Nella colonna “corso d’opera” sono indicate le frequenze relative al periodo in cui l’opera effettivamente interferisce con lo strumento.

Le eventuali ulteriori letture di controllo proseguiranno con frequenze da definire in corso d’opera. Pertanto, in funzione dei risultati e dell’andamento, le frequenze esposte potranno essere ridefinite in accordo con il Progettista e la D.L.

I periodi relativi all’ante operam e al post operam sono rispettivamente pari a 6 mesi dall’inizio dei lavori e 12 mesi dopo la fine dei lavori.

Monitoraggio	Strumentazione	n r	ante operam	corso d'opera	post operam*
	Inclinometri	1	2/settimana	1/giorno	2 letture/ mese dopo costruzione In assenza di movimenti: 1 lettura ogni 6 mesi per due anni*
	Piezometri	1	1/mese	1/settimana	
	target topografici (su paratia e corpo di frana)	-	-	1/giorno	

Tabella 17. Strumentazione monitoraggio geomorfologico e frequenze di lettura

* frequenza da calibrare in funzione In funzione di quanto monitorato

14.5 Definizione delle soglie di attenzione e di allarme

Il controllo mediante monitoraggio si basa principalmente sulla definizione di soglie aventi lo scopo di segnalare l’instaurarsi di una situazione deformativa e/o tensionale particolare. Sulla base dei valori raggiunti dai parametri di controllo in funzione dei valori di soglia definiti, vengono attuate eventuali azioni e contromisure. I valori fissati per tali soglie sono funzione dei risultati previsti dai calcoli di progetto relativamente ai parametri salienti quali spostamenti, deformazioni, tensioni, ecc.; questi limiti sono definiti come:

- Soglia di attenzione: è definito come una quota parte delle risultanze delle sollecitazioni (o delle deformazioni) di progetto; il superamento di questo limite implica l’incremento della frequenza delle misure, allo scopo di stabilire e monitorare la velocità con la quale il fenomeno si evolve, in modo da valutare il potenziale instaurarsi di eventi e rapida evoluzione che potrebbero risultare incontrollabili.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 005	REV. C	FOGLIO 57 di 58

- Soglia di allarme: definita in funzione del livello deformativo-tensionale più gravoso per una determinata situazione. Il suo superamento implica il coinvolgimento della Direzione Lavori per la valutazione di opportune contromisure.

Le contromisure da adottare in caso di superamento dei limiti di allarme, hanno lo scopo di riportare la situazione reale entro i limiti previsti in progetto.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 26	RH	GE0000 005	C	58 di 58