

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE SUD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)**

**INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI**

**RELAZIONE DI CALCOLO VERSANTI IN FRANA – LOTTO 3B**

SCALA:

-

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

RS3T    30    D    78    RH    GE0000    006    C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma ROCKSOIL-Edin	Gennaio	A.Di Costanzo	Gennaio	A. Barreca	Gennaio	D. Tiberti Aprile 2020
			2020		2020		2020	
B	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma ROCKSOIL-Edin	Febbraio	A.Di Costanzo	Febbraio	A. Barreca	Febbraio	
			2020		2020		2020	
C	EMISSIONE ESECUTIVA	ATI Sintagma ROCKSOIL-Edin	Aprile	A.Di Costanzo	Aprile	A. Barreca	Aprile	
			2020		2020		2020	

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 78</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 006</b>	REV. <b>C</b>

## INDICE

1. PREMESSA.....	6
2. NORMATIVE E SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO.....	7
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
4. SOFTWARE .....	8
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....	9
6. GEOMORFOLOGIA .....	10
7. DISSESTI E PROCESSI EROSIVI .....	11
7.1 DISSESTO ID 51vv – PK 35+600 .....	13
7.2 DISSESTO ID 61v – PK 37+300 .....	16
7.3 DISSESTO ID 69v – PK 39+500 .....	19
7.4 DISSESTO ID 78v – PK 42+800 .....	22
7.5 DISSESTO ID 36 – PK 28+000.....	25
7.6 DISSESTO ID 48A – PK 35+000 .....	28
7.7 DISSESTO ID 68 – PK 39+200.....	31
7.8 DISSESTO ID 70 – PK 39+500.....	34
7.9 DISSESTO ID 56 56B 57 59 60B – PK 37+000 .....	36
7.10 DISSESTO ID 63BIS 64BIS 66 67 – PK 38+600.....	40
7.11 DISSESTO ID 51v– PK 42+400 .....	48
7.12 DISSESTO ID 61A 61B– PK 42+400 .....	51
8. METODOLOGIA GENERALE DI ANALISI DEI MOVIMENTI.....	58
9. PROVE DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO.....	59
10. DEFINIZIONE DELL'ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO DA CORRELAZIONI EMPIRICHE .....	60
11. MODELLO GEOTECNICO.....	62
12. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DISSESTI.....	63
12.1 DISSESTO ID 51vv – PK 35+600 .....	66

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 78</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 006</b>	REV. <b>C</b>

12.2	DISSESTO ID 69v – PK 39+500 .....	69
12.3	DISSESTO ID 36 – PK 28+000.....	72
12.4	DISSESTO ID 68 – PK 39+200.....	75
12.5	DISSESTO ID 70 – PK 39+500.....	78
12.6	DISSESTO ID 63BIS – PK 38+600.....	81
12.7	OPERE DI PRESIDIO .....	83
13.	OPERE DI MITIGAZIONE .....	84
13.1	INTRODUZIONE.....	84
13.2	DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	84
13.3	ANALISI.....	87
13.4	PARATIA FRANA 36 .....	91
	13.4.1.1 ANALISI SLOPE .....	92
	13.4.1.2 ANALISI Paratie .....	93
	Frana 36 – Momento Flettente .....	94
	Frana 36 – Taglio.....	94
	Frana 36 – Spostamento.....	95
	<i>Risultati analisi strutturali sismiche</i> .....	95
	13.4.1.3 ANALISI SLOPE .....	98
	13.4.1.4 ANALISI PARATIE.....	99
	Frana 36 – Momento Flettente .....	100
	Frana 36 – Taglio.....	100
	<i>Risultati Analisi (GEO)</i> .....	101
	13.4.1.5 ANALISI SLOPE .....	101
	13.4.1.6 ANALISI PARATIE.....	102
	Frana 36 – Spinta passiva mobilitata .....	103
13.4.2	VERIFICHE A1+M1 .....	103
	SLU -SLV- SLE .....	103
	13.4.2.1 Sollecitazioni di calcolo .....	103
	13.4.2.2 Frana 36 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA.....	104
	13.4.2.3 Frana 36 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA.....	104
	13.4.2.4 Frana 36 – SLE.....	105
13.5	PARATIA FRANA 70 .....	106
	13.5.1.1 ANALISI SLOPE .....	108
	13.5.1.2 ANALISI Paratie .....	109
	Frana 70 – Momento Flettente .....	110
	Frana 70 – Taglio.....	111

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 78</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 006</b>	REV. <b>C</b>

<i>Frana 70 – Spostamento</i> .....	112
<b>Risultati analisi strutturali sismiche</b> .....	113
13.5.1.3 <i>ANALISI SLOPE</i> .....	115
13.5.1.4 <i>ANALISI PARATIE</i> .....	116
<i>Frana 70 – Momento Flettente</i> .....	117
<i>Frana 70 – Taglio</i> .....	118
<b>Risultati Analisi (GEO)</b> .....	119
13.5.1.5 <i>ANALISI SLOPE</i> .....	119
13.5.1.6 <i>ANALISI PARATIE</i> .....	120
<i>Frana 36 – Spinta passiva mobilitata</i> .....	121
<b>13.6 VERIFICHE A1+M1</b> .....	121
<b>SLU -SLV- SLE</b> .....	121
13.6.1.1 <i>Sollecitazioni di calcolo</i> .....	121
13.6.1.2 <i>Frana 70 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA</i> .....	122
13.6.1.3 <i>Frana 70 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA</i> .....	123
13.6.1.4 <i>Frana 36 – SLE</i> .....	124
<b>13.7 PARATIA FRANA 63BIS</b> .....	125
13.7.1.1 <i>ANALISI SLOPE</i> .....	126
13.7.1.2 <i>ANALISI Paratie</i> .....	127
<i>Frana 63 BIS – Momento Flettente</i> .....	127
<i>Frana 63BIS – Taglio</i> .....	128
<i>Frana 63BIS – Spostamento</i> .....	129
<b>Risultati analisi strutturali sismiche</b> .....	129
13.7.1.3 <i>ANALISI SLOPE</i> .....	132
13.7.1.4 <i>ANALISI PARATIE</i> .....	133
<i>Frana 36 – Momento Flettente</i> .....	134
<i>Frana 36 – Taglio</i> .....	134
<b>Risultati Analisi (GEO)</b> .....	135
13.7.1.5 <i>ANALISI SLOPE</i> .....	135
13.7.1.6 <i>ANALISI PARATIE</i> .....	136
<i>Frana 36 – Spinta passiva mobilitata</i> .....	136
<b>13.8 VERIFICHE A1+M1</b> .....	136
<b>SLU -SLV- SLE</b> .....	136
13.8.1.1 <i>Sollecitazioni di calcolo</i> .....	136
13.8.1.2 <i>Frana 63bis - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA</i> .....	137
13.8.1.3 <i>Frana 63bis - Taglio – SLU: STATICO E SISMA</i> .....	138
13.8.1.4 <i>Frana 63bis – SLE</i> .....	138
<b>14. MONITORAGGIO GEOTECNICO</b> .....	139
<b>14.1 CONTROLLO PARAMETRI METEORICI</b> .....	139

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	5 di 141

14.2	CONTROLLO DEI MOVIMENTI SUPERFICIALI .....	139
14.3	CONTROLLO DEI MOVIMENTI PROFONDI E DEI LIVELLI DI FALDA .....	139
14.4	FREQUENZA DI LETTURA .....	139
14.5	DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME .....	140

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

## 1. PREMESSA

Il presente documento, riguardante lo studio geotecnico dei dissesti rilevati (elaborati di riferimento: RS3T30D26PZGE0000002A, RS3T30D78PZGE0000003B, RS3T30D78PZGE0000004B, RS3T30D78PZGE0000005B, RS3T30D78PZGE0000006B, RS3T30D78PZGE0000007B, RS3T30D78PZGE0000008B, RS3T30D26PZGE0000003A, RS3T30D78PZGE0000009B), 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 7 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 14 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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

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.

## 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 MA IFS 001 C “Manuale di Progettazione delle opere civili” (21/12/2018);
- Rif. [8] ITALFERR, Specifica Tecnica PPA.0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” (Dicembre 2015).

## 3. **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

- Rif. [9] Italferr, Progetto Preliminare/Progetto di fattibilità tecnico economica [Dicembre 2018];
- Rif. [10] ITALFERR - [RS3D00014RGMD0000001A], Dossier dati e requisiti di base [Maggio 2018].
- Nel presente documento si fa inoltre riferimento ai seguenti elaborati allegati al progetto:
- Rif. [11] U.O. Geologia - [RS3G30R69RHGE0005001A] “Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica”
- Rif. [12] U.O. Sicurezza, manutenzione e interoperabilità - “Elaborati specialistici”
- Rif. [13] U.O. Impiantistica industriale - “Elaborati specialistici”
- Rif. [14]

 <p><b>ITALFERR</b> 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 3b</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30 D 78</p>	<p>CODIFICA RH</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 006</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 8 di 141</p>

#### 4. SOFTWARE

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

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

## 5. 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;

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

- 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 geostruturali su alcuni affioramenti rocciosi rappresentativi.

## 6. 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 Calcare di Base, con giacitura approssimativamente monoclinale subparallela al pendio; sul lato occidentale, la giacitura a reggipoggio del calcare 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, vallecicole 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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

## 7. DISSESTI E PROCESSI EROSIVI

I versanti vallivi che caratterizzano il settore collinare sono spesso interessati da processi di dilavamento ed erosione superficiale e dall'insorgere 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°.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

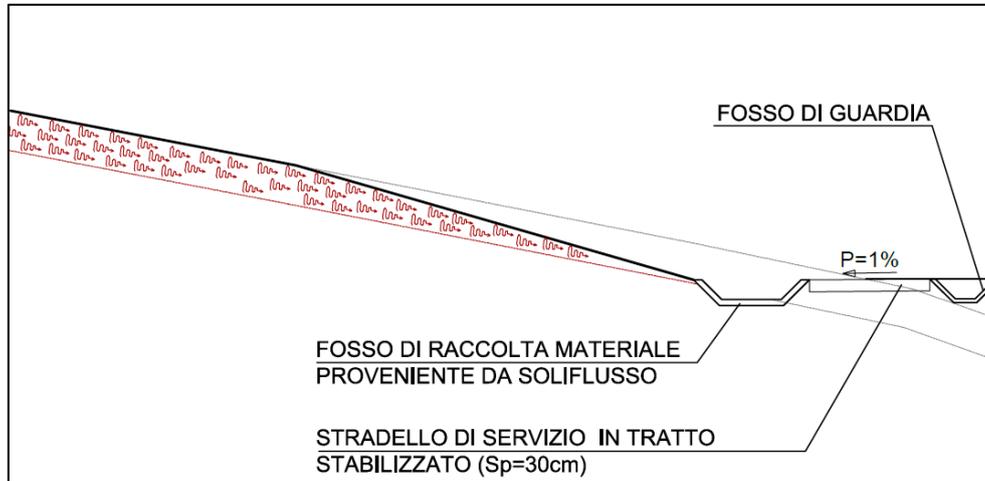


Figura 1: Soliflusso

In generale si sono riconosciuti 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" (Rif. [11]).

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

Si specifica che per quanto riguarda lo studio del dissesto 81a, quest'ultimo è stato affrontato all'interno della relazione di imbocco della galleria Xirbi.

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 7.1 DISSESTO ID 51vv – PK 35+600

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_NV dissesto 51vv - 28/08/2019
---	----------------------------------

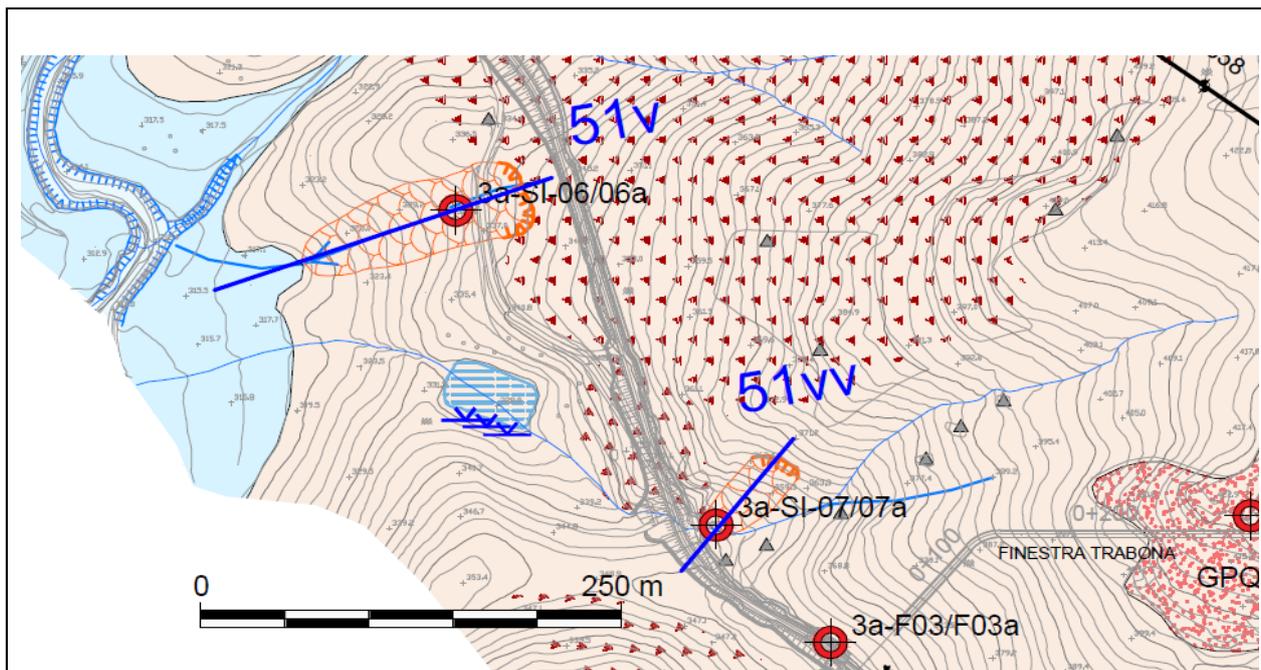
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Nuova viabilità
--------------	---------------------------

<b>tipo di dissesto</b>	Frane per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento veloce)
-------------------------	---

<b>stato di attività</b>	quiescente
--------------------------	------------

<b>dati morfologici</b>	(m)	
larghezza:	30	quota coronamento: 366
lunghezza (dal coronamento al piede):	64	quota piede: 350
profondità nicchia di distacco:	1	
spessore massa spostata:	2-4	
dislocazione:	30	
pendenza versante:	15-20°	
uso del suolo:	aree coltivate	
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale rielaborata da attività agricole, per uno spessore di 1-3 m circa		

<b>Note</b>	Nell'area è stato realizzato il sondaggio 3a-SI-S07, sulla base del quale è stata realizzata la sezione geologica.
-------------	--



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia delle sezioni geologiche riportate nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta geologica.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	15 di 141

**Foto**



Individuazione dell'area interessata da dissesto su foto Google Earth (verso nord-est)

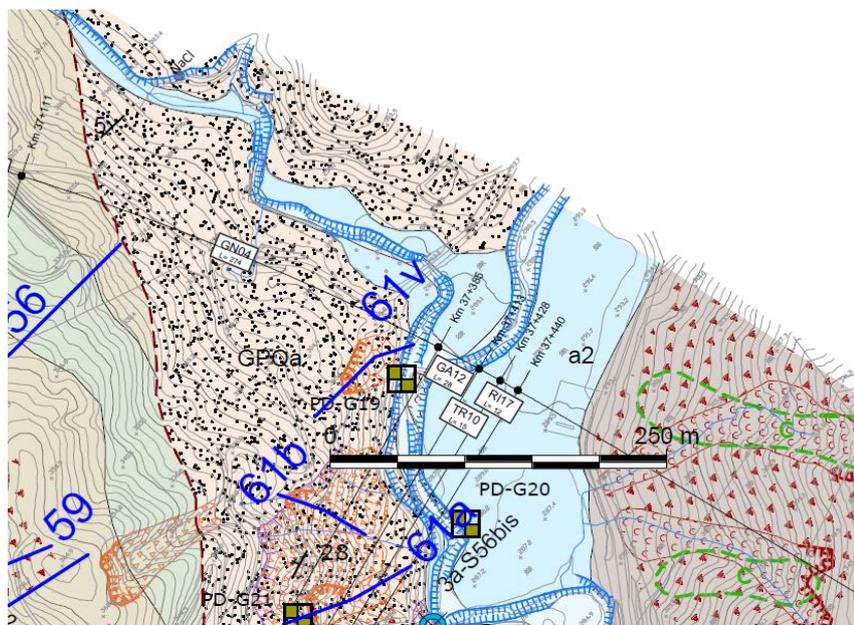
Per il dissesto 51v presente lungo la linea si evince che la nicchia di distacco rilevata è molto distante dalla NV59 e il senso del movimento discendente verso valle non interessa l'opera, in quanto posta a monte del movimento. Quindi si ritiene opportuno escludere la presenza di interventi di stabilizzazione.

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

## 7.2 DISSESTO ID 61v – PK 37+300

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_NV dissesto 61v - 28/08/2019		
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Nuova viabilità		
<b>tipo di dissesto</b>	Frane per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento veloce)		
<b>stato di attività</b>	quiescente		
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	35	quota coronamento:	304
lunghezza (dal coronamento al piede):	52	quota piede:	290
profondità nicchia di distacco:	0.5-1		
spessore massa spostata:	2-3		
dislocazione:	15		
pendenza versante:	15-20°		
uso del suolo:	aree incolte		
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale, per uno spessore di 1-3 m circa			

<b>Note</b>	<p>Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 3a-GN4-S02, 3a-S56 e 3a-S56bis e le sezioni sismiche PP'-QQ'. I dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale è stata realizzata la sezione geologica.</p>
-------------	---



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia delle sezioni geologiche riportate nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta geologica.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	18 di 141

**Foto**



vista da valle (NW) dell'area interessata dal dissesto: l'area risulta completamente incolta.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 7.3 DISSESTO ID 69v – PK 39+500

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_NV72A dissesto n.69v -28/08/2019
---	-------------------------------------

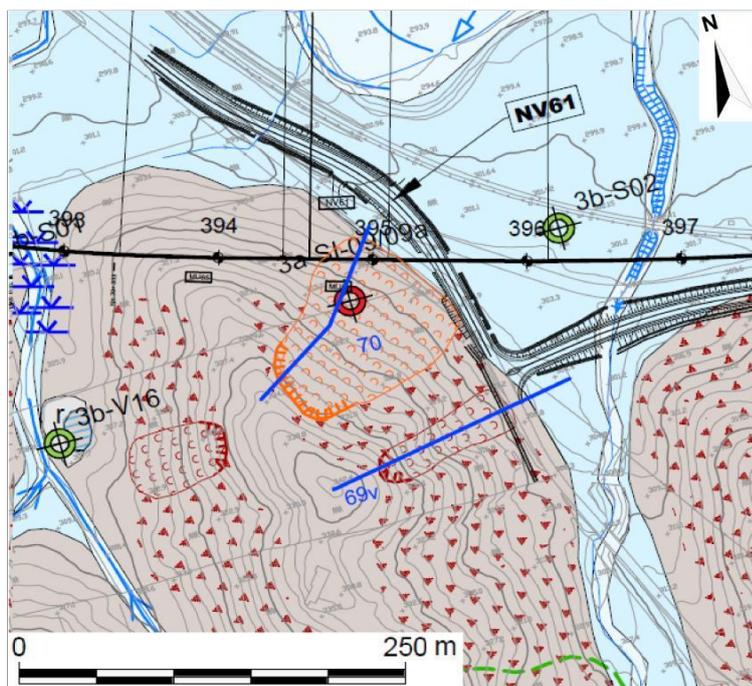
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Nuova viabilità NV72A
--------------	---------------------------------

<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento
-------------------------	--

<b>stato di attività</b>	attivo
--------------------------	--------

<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	31	quota coronamento:	337
lunghezza (dal coronamento al piede):	96,5	quota piede:	308
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	2-4		
dislocazione:	45		
pendenza versante:	35°		
uso del suolo:	aree incolte		
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale, per uno spessore di 3 m circa			

<b>Note</b>	Il modello geologico dell'area è stato ricostruito sulla base dei sondaggi realizzati per l'opera principale.
-------------	---



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 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	21 di 141

**Foto**

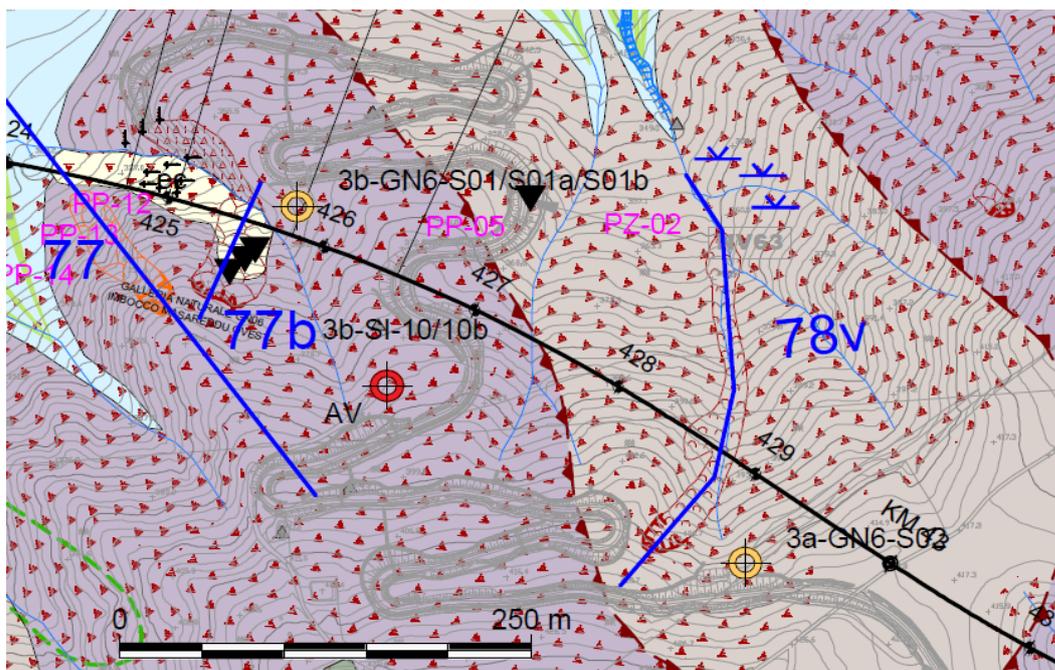


Individuazione dell'area interessata da colamento lento su foto Google Earth  
(verso sud-ovest)

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

#### 7.4 DISSESTO ID 78v – PK 42+800

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>		L3_NV dissesto n.78v -27/08/2019	
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Nuova viabilità		
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento		
<b>stato di attività</b>	attivo		
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	28	quota coronamento:	412
lunghezza (dal coronamento al piede):	214,5	quota piede:	360
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	2-3		
dislocazione:	50		
pendenza versante:	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			



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 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	24 di 141

**Foto**



vista da monte (NE) dell'area interessata dal dissesto: l'area risulta oggetto di coltivazioni.

Per il dissesto 78v presente lungo la linea si evince che la nicchia di distacco rilevata è distante dalla NV63 e il senso del movimento discendente verso valle non interessa l'opera, in quanto posta a monte del movimento. Quindi si ritiene opportuno escludere la presenza di interventi di stabilizzazione.

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	25 di 141

### 7.5 DISSESTO ID 36 – PK 28+000

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_GN02_N dissesto n.36 -29/08/2019
---	-------------------------------------

<b>opera</b>	LOTTO 3 - Imbocco NORD galleria GN02 (e GA05 e RI14)
--------------	--

<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento
-------------------------	--

<b>stato di attività</b>	attivo
--------------------------	--------

<b>dati morfologici</b>	(m)	
larghezza:	145	quota coronamento: 418 m
lunghezza (dal coronamento al piede):	250	quota piede: 350 m
profondità nicchia di distacco:	1-1.5	
spessore massa spostata:	3-5 m	
dislocazione:	50	
pendenza versante:	20°	
uso del suolo:	aree incolte, aree coltivate	
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale rielaborata da attività agricole, per uno spessore medio di 2-2.5 m circa. Localmente l'accumulo raggiunge la potenza di circa 4-5 m.		

<b>Note</b>	in quest'area sono stati realizzati i sondaggi 3a-S52, 3a-S52 bis e la prova CPT PP4, i cui dati sono stati utilizzati per la redazione della sezione geologica.
-------------	--



Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	27 di 141

**Foto**



Panoramica da valle (strada sterrata) dell'area interessata dal colamento lento

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	28 di 141

## 7.6 DISSESTO ID 48a – PK 35+000

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_GA07 dissesto n.48a - 08/08/2019
---	-------------------------------------

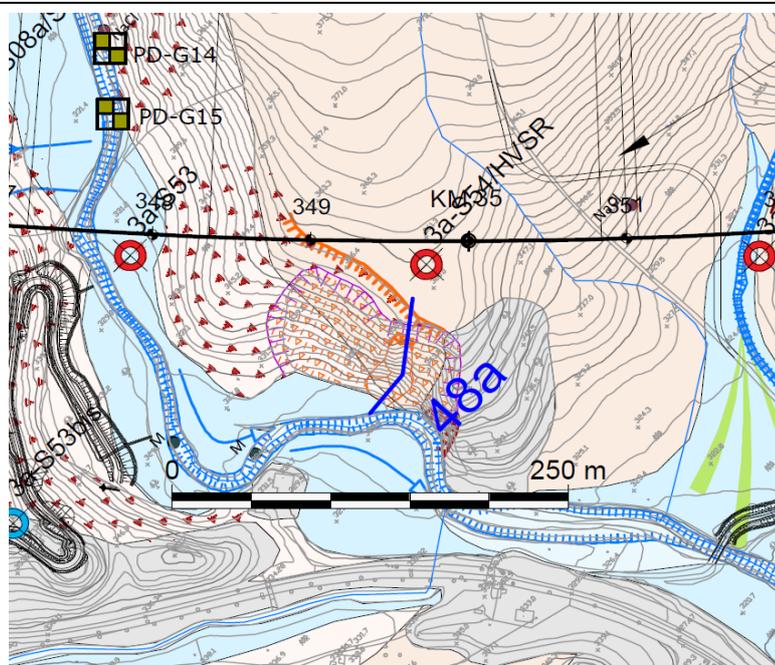
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Galleria artificiale GA07
--------------	-------------------------------------

<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento)
-------------------------	--

<b>stato di attività</b>	quiescente
--------------------------	------------

<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	30	quota coronamento:	352
lunghezza (dal coronamento al piede):	50	quota piede:	325
profondità nicchia di distacco:	3		
spessore massa spostata:	3-4		
dislocazione:	20		
pendenza versante:	25-30°		
uso del suolo:	aree incolte, aree coltivate		
<p>Il movimento si innesca in corrispondenza del ciglio della scarpata per effetto di scalzamento al piede da parte del corso d'acqua. coinvolge la coltre detritico-colluviale e il substrato alterato, in parte rielaborati da attività agricole, per uno spessore di 2 m circa.</p>			

<b>Note</b>	A monte dell'area è stato realizzato il sondaggio 3a-S54, i cui dati sono stati utilizzati per la redazione della sezione geologica.
-------------	--



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 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	30 di 141

**Foto**



panoramica del dissesto, preso da sud, dalla sponda opposta del corso d'acqua.

Per il dissesto 48a presente lungo la linea si evince che la nicchia di distacco rilevata è distante dalla GA08 e il senso del movimento discendente verso valle non interessa l'opera, in quanto posta a monte del movimento. Quindi si ritiene opportuno escludere la presenza di interventi di stabilizzazione.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 7.7 DISSESTO ID 68 – PK 39+200

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_RI20 dissesto n.68 - 23/08/2019
---	------------------------------------

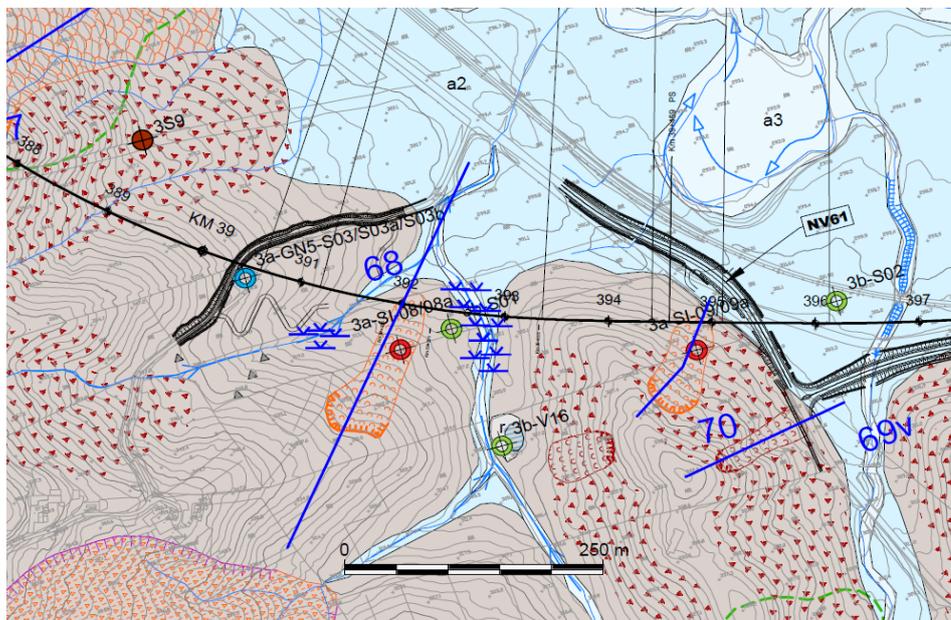
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Rilevato RI20
--------------	-------------------------

<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento)
-------------------------	--

<b>stato di attività</b>	quiescente
--------------------------	------------

<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	63	quota coronamento:	329
lunghezza (dal coronamento al piede):	154	quota piede:	304
profondità nicchia di distacco:	1		
spessore massa spostata:	2-4		
dislocazione:	15-20		
pendenza versante:	15°		
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 2-3 m circa			

<b>Note</b>	Nell'area del dissesto è stato realizzato il sondaggio 3a-SI-08, nelle vicinanze i sondaggi 3a-GN5-S03, 3b-S01, 3b-S02 e 3b-VI6, i cui risultati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.
-------------	---



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 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	33 di 141

**Foto**



vista da valle (NE) dell'area interessata dal dissesto (da Google Earth): l'area è stata in parte rimodellata dall'attività agricola.

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 7.8 DISSESTO ID 70 – PK 39+500

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_RI21 dissesto n.70 - 23/08/2019
---	------------------------------------

<b>opera</b>	LOTTO 3 - Rilevato RI21
--------------	-------------------------

<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento)
-------------------------	--

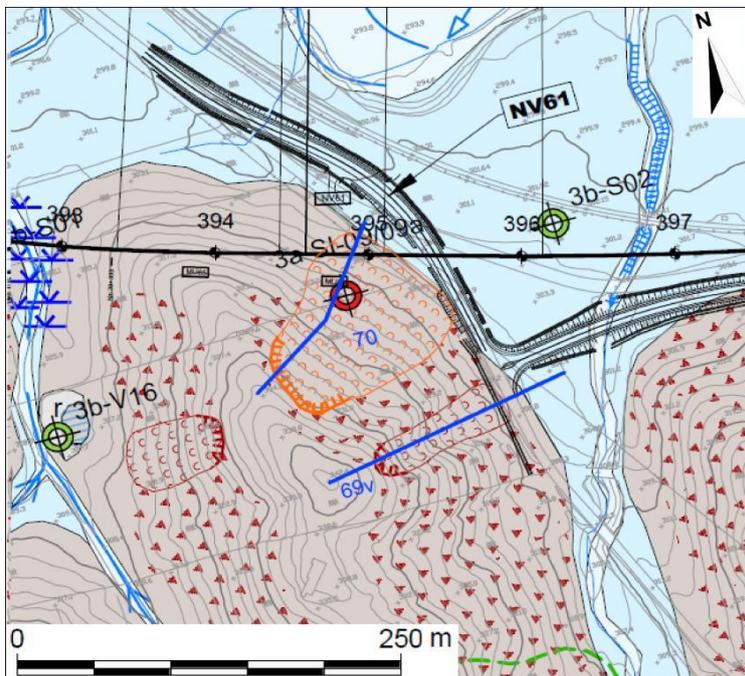
<b>stato di attività</b>	quiescente
--------------------------	------------

<b>dati morfologici</b>	(m)	
larghezza:	80	quota coronamento: 332 m
lunghezza (dal coronamento al piede):	120	quota piede: 304 m
profondità nicchia di distacco:	3-5	
spessore massa spostata:	5-7	
dislocazione:	25	
pendenza versante:	10-15°	
uso del suolo:	aree incolte, aree coltivate	
Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato.		

<b>Note</b>	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 3b-SI-09, 3a-GN5-S03, 3b-S01, 3b-S02 e 3b-VI6, i cui risultati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.
-------------	--

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	35 di 141



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 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	36 di 141

**Foto**



vista da valle (NE) dell'area interessata dal dissesto (da Google Earth): l'area è stata in parte rimodellata dall'attività agricola.

## 7.9 DISSESTO ID 56 56b 57 59 60b – PK 37+000

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	37 di 141

**CODICE DISSESTO e data rilevamento** L3\_GN04\_N dissesti 56-57-58-59-60 - 28/08/2019

**opera** LOTTO 3 - Imbocco NORD galleria GN04 (galleria artificiale GA10)

**tipo di dissesto** Frane per movimento complesso (movimento rotazionali evoluti in colamenti veloci): si tratta di più aree soggette a movimenti complessi, coalescenti.

**stato di attività** quiescente

**dati morfologici** (m)

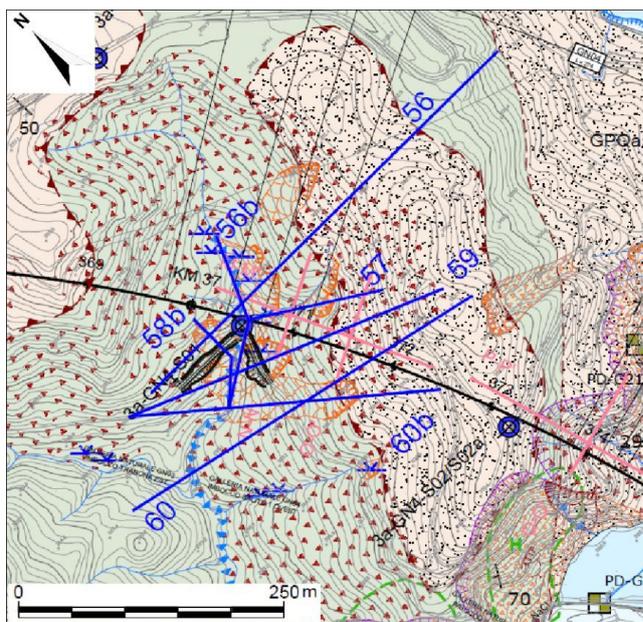
larghezza:	40	quota coronamento:	334 m (punto più elevato)
lunghezza (dal coronamento al piede):	90-100	quota piede:	316 m (punto più basso)
profondità nicchia di distacco:	0.5-3		
spessore massa spostata:	1-3		
dislocazione:	5		
pendenza versante:	15-20°		
uso del suolo:	aree incolte		

Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale, per uno spessore di 2-2.5 m circa

**Note** Nell'area è stato realizzato il sondaggio 3a-GN4-S01 e le sezioni sismiche MM'-NN'-OO'. I dati sono stati utilizzati per la redazione delle sezioni geologiche.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	38 di 141



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia delle sezioni geologiche riportate nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta geologica.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	39 di 141

**Foto**



Panoramica da NW dell'area interessata dai dissesti (vista della sponda destra del corso d'acqua)

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 7.10 DISSESTO ID 63bis 64bis 66 67 – PK 38+600

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_GN05_N dissesto n.63 - 27/08/2019		
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Imbocco NORD galleria GN05 e galleria artificiale GA12		
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento lento)		
<b>stato di attività</b>	quiescente		
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	138	quota coronamento:	376 m
lunghezza (dal coronamento al piede):	348	quota piede:	304 m
profondità nicchia di distacco:	4-5		
spessore massa spostata:	5 - 7		
dislocazione:	100		
pendenza versante:	10-15°		
uso del suolo:	aree coltivate		
Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore di 4 m circa. Localmente lo spessore dell'accumulo può raggiungere i 8-10 m.			
<b>Note</b>	Nell'area è stato realizzato il sondaggio 3a-GN5-S01. I dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.		

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	41 di 141

**CODICE DISSESTO e data rilevamento** L3\_GN05\_N dissesto n.64bis - 27/08/2019

**opera** LOTTO 3 - Imbocco NORD galleria GN05

**tipo di dissesto** Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento lento)

**stato di attività** quiescente

**dati morfologici** (m)

larghezza:	180	quota coronamento:	364 m
lunghezza (dal coronamento al piede):	290	quota piede:	290 m
profondità nicchia di distacco:	4-5		
spessore massa spostata:	5 - 7		
dislocazione:	120		
pendenza versante:	15-20°		
uso del suolo:	aree coltivate		

Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore di 4-5 m circa. Localmente lo spessore dell'accumulo può raggiungere i 5-7 m.

**Note** Nell'area è stato realizzato il sondaggio 3a-GN5-S01. I dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

**CODICE DISSESTO e data rilevamento** L3\_GN05\_N dissesto n.66 - 27/08/2019

**opera** LOTTO 3 - Imbocco NORD galleria GN05

**tipo di dissesto** Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento lento)

**stato di attività** quiescente

**dati morfologici** (m)

larghezza:	25	quota coronamento:	402
lunghezza (dal coronamento al piede):	280	quota piede:	330
profondità nicchia di distacco:	2-3		
spessore massa spostata:	3-5		
dislocazione:	20		
pendenza versante:	15-20°		
uso del suolo:	aree coltivate		

Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore di 2-3 m circa. Il materiale mobilizzato si è incanalato nell'impluvio.

**Note** Nell'area è stato realizzato il sondaggio 3a-GN5-S01. I dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

**CODICE DISSESTO e data rilevamento** L3\_GN05\_N dissesto n.67 - 27/08/2019

**opera** LOTTO 3 - galleria GN05

**tipo di dissesto** Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento lento)

**stato di attività** quiescente

**dati morfologici** (m)

larghezza:	125	quota coronamento:	382 m
lunghezza (dal coronamento al piede):	330	quota piede:	298 m
profondità nicchia di distacco:	2-4		
spessore massa spostata:	3-6		
dislocazione:	120		
pendenza versante:	25-30°		
uso del suolo:	aree coltivate		

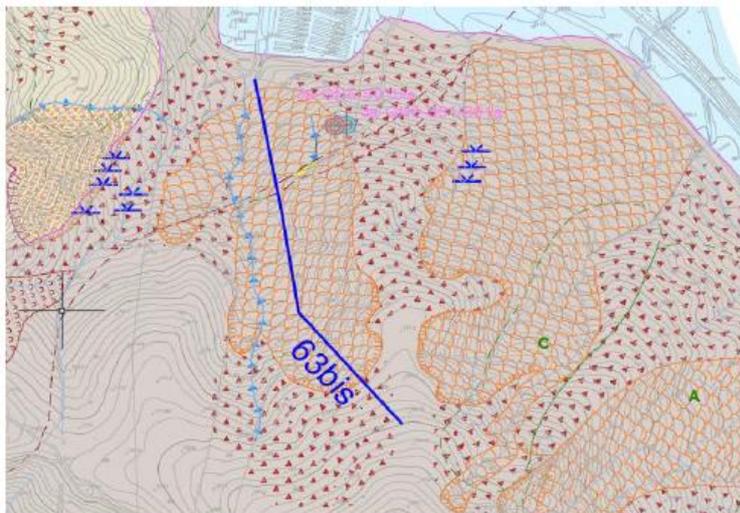
Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore di 2-4 m circa. Localmente lo spessore dell'accumulo può raggiungere i 5-6 m.

**Note** Nell'area è stato realizzato il sondaggio 3a-GN5-S01. I dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

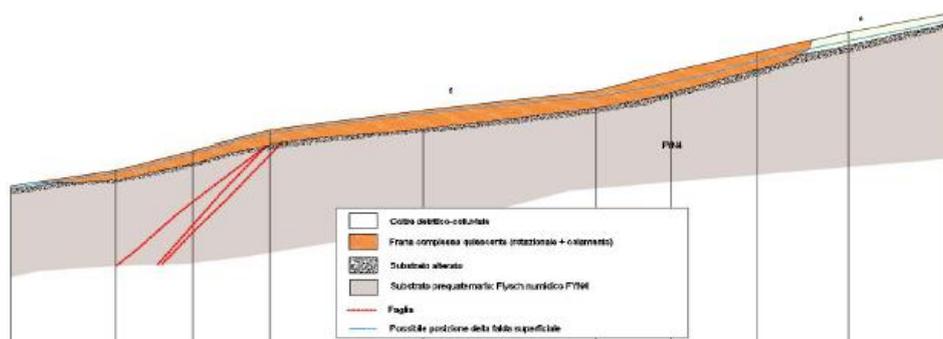
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	44 di 141

**Stralcio cartografico**



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia delle sezioni geologiche riportate nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta geologica.

**Sezione geologica**



sezione geologica del versante interessato dal dissesto (sezione 63bis)

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	45 di 141

**Foto-63bis**



Panoramica da NE del dissesto (perimetrato indicativamente con campitura gialla)

**Foto-64bis**



Individuazione dell'area interessata da dissesto su foto Google Earth (verso sud)

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	46 di 141

**Foto-66**



Individuazione dell'area interessata da dissesto su foto Google Earth (verso ovest)

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	47 di 141

**Foto-67**



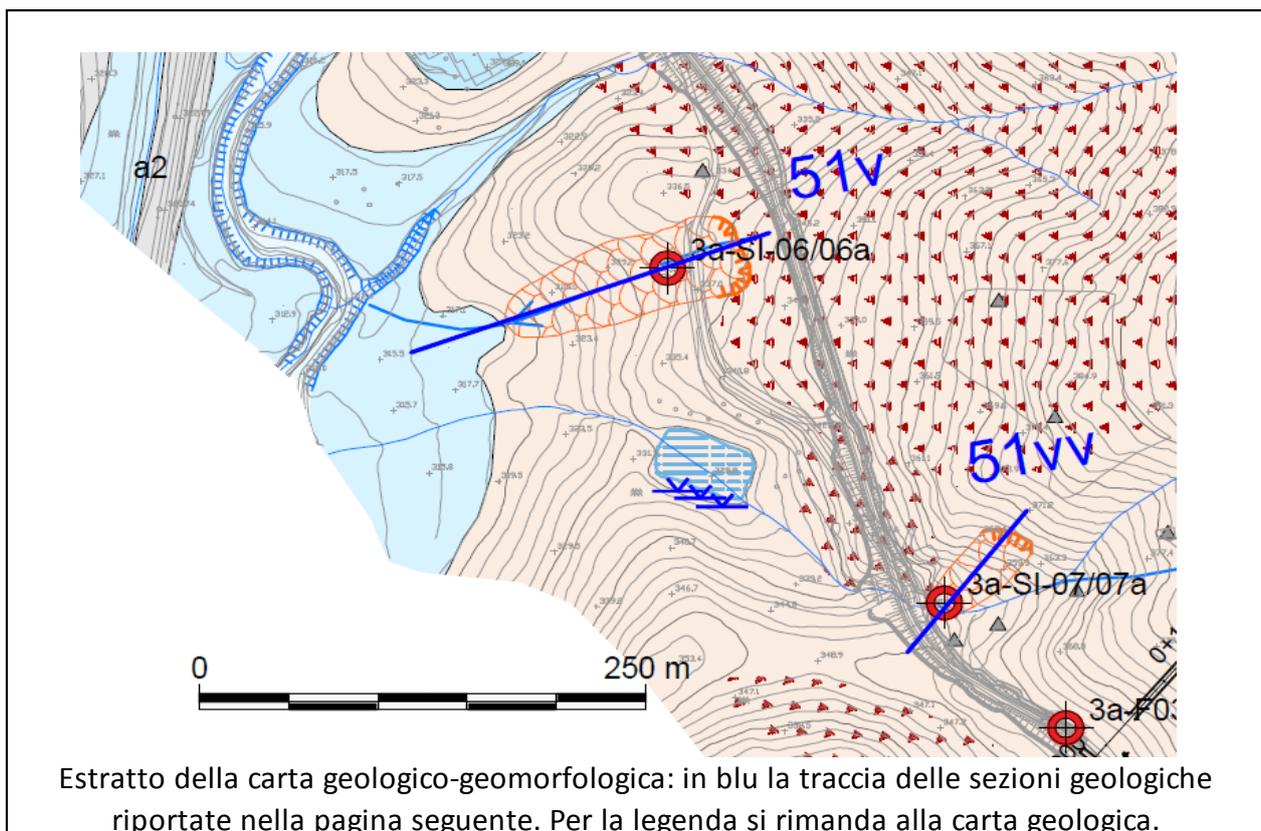
Individuazione dell'area interessata da dissesto su foto Google Earth (verso ovest)

L'eventuale scorrimento del dissesto 63bis secondo la linea di massima pendenza non coinvolgerebbe il piazzale, è comunque oggetto di approfondimento geologico come da indagini integrative richieste.

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	48 di 141

### 7.11 DISSESTO ID 51v– PK 42+400

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_NV dissesto 51v - 28/08/2019
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Nuova viabilità
<b>tipo di dissesto</b>	Frane per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento veloce)
<b>stato di attività</b>	quiescente
<b>dati morfologici</b>	(m)
larghezza:	47,4
lunghezza (dal coronamento al piede):	139
profondità nicchia di distacco:	2-4
spessore massa spostata:	4-7
dislocazione:	30
pendenza versante:	10-12°
uso del suolo:	aree coltivate
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale rielaborata da attività agricole, per uno spessore di 2-3 m circa	
<b>Note</b>	Nell'area è stato realizzato il sondaggio 3a-SI-S06, sulla base del quale è stata realizzata la sezione geologica.



Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	50 di 141

**Foto**



Individuazione dell'area interessata da dissesto su foto Google Earth (verso nord-est)

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 7.12 DISSESTO ID 61a 61b– PK 42+400

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_GN04_S dissesto 61a - 28/08/2019
---	-------------------------------------

<b>opera</b>	LOTTO 3 - Imbocco SUD galleria GN04 (e viabilità di accesso)
--------------	--

<b>tipo di dissesto</b>	Frane per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento veloce)
-------------------------	---

<b>stato di attività</b>	quiescente
--------------------------	------------

<b>dati morfologici</b>	(m)	
larghezza:	31	quota coronamento: 312
lunghezza (dal coronamento al piede):	75	quota piede: 290
profondità nicchia di distacco:	1,5	
spessore massa spostata:	2-3	
dislocazione:	30	
pendenza versante:	25°	
uso del suolo:	aree incolte	
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale, per uno spessore di 2-2.5 m circa		

<b>Note</b>	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 3a-GN4-S02, 3a-S56 e 3a-56bis e le sezioni sismiche PP'-QQ'. I dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale è stata realizzata la sezione geologica.
-------------	---

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

**CODICE DISSESTO e data rilevamento** L3\_GN04\_S dissesto 61b - 28/08/2019

**opera** LOTTO 3 - Imbocco SUD galleria GN04 (e viabilità di accesso)

**tipo di dissesto** Frane per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento veloce)

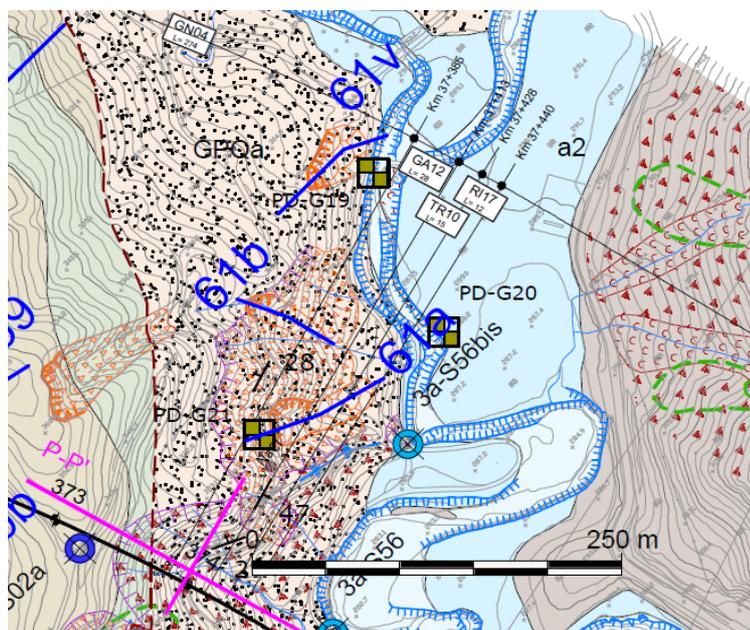
**stato di attività** quiescente

**dati morfologici** (m)

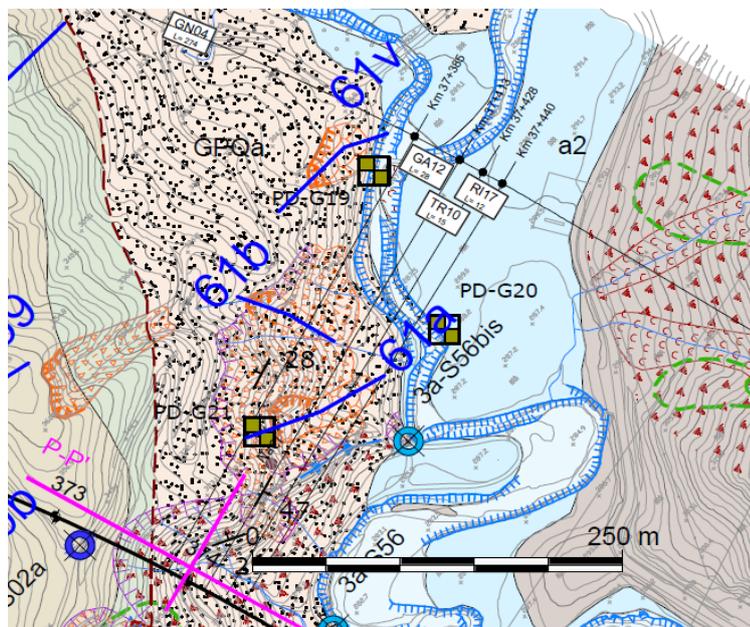
larghezza:	27	quota coronamento:	317
lunghezza (dal coronamento al piede):	60	quota piede:	298
profondità nicchia di distacco:	1,5		
spessore massa spostata:	2-3		
dislocazione:	30		
pendenza versante:	15°		
uso del suolo:	aree incolte		

Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale, per uno spessore di 2-2.5 m circa

**Note** Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 3a-GN4-S02, 3a-S56 e 3a-56bis e le sezioni sismiche PP'-QQ'. I dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale è stata realizzata la sezione geologica.



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia delle sezioni geologiche riportate nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta geologica.



Estratto della carta geologico-geomorfologica: in blu la traccia delle sezioni geologiche riportate nella pagina seguente. Per la legenda si rimanda alla carta geologica.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	55 di 141

**Foto**



Individuazione dell'area interessata da dissesto su foto Google Earth (verso nord-est)

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	56 di 141

**Foto**



Individuazione dell'area interessata da dissesto su foto Google Earth (verso nord-est)

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

Tabella 1 – Tabella riassuntiva dei dissesti studiati

CENSIMENTO MOVIMENTI ED INDAGINI DI RIFERIMENTO						
FRANA	WBS	PK	SONDAGGI ADIACENTI	INCLINOMETRO	PIEZOMETRO	
ID	-	Km	-	-	-	
51v	NV59	35+600	3aGN3 S02		3a-SI-06	
			3S7			
61v	GN04	37+300	3a GN4 S02	-	-	
69v	NV61	39+500	3bS02	-	-	
			3B V17			
			3bS03			
78v	GN06	2+800	3bGN6S01	-	-	
			3bGN6S02			
36	RI13/VI12	46+700	3as52a	3107	3a-S52	
			3as52bis			
			3as52			
48a	GA02		3aS04H	-	-	
68	RI19	39+200	3aGN5 S03	-	3a-SI-08	
			3bS01			
70	RI20/NV61	39+500	3bS02DH	3116	3a-SI-09	
			3b V16			
56	GN03/GN04		3aGN4 S01/S01a/S01b	3114	3a-GN4-S01	
56b	GN03/GN04			3114	3a-GN4-S01	
57	GN03/GN04	37+000		3114	-	
58	GN03/GN04			3114	3a-GN4-S01	
59	GN03/GN04			3114	-	
60b	GN03/GN05			3aGN3 S05/S05a/s05b	3114	-
63bis	GN05/PT58	36+600		3a GN5S01/S01a/S01b	SI	3a-GN5-S01
64bis			-		-	
77	GN06	42+400	3bGN6S01b	-	-	
77b	GN06			-	-	
81a	GN07	44+300	3bGN7S01/S01a/S01b	SI	3b-GN7-S01	

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

## 8. 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 funzione 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

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	59 di 141

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

### 9. PROVE DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO

Si mostrano in questo capitolo le prove di taglio diretto a residuo a disposizione nella tabella seguente:

Tabella 2 – Tabella riassuntiva delle prove di taglio diretto residuo

Foro	Opera	LITOTIPO	N° PROVINO	SIGLA	TAGLIO DIRETTO						
					Prof. [m]			RESIDUI		LITOTIPO	TRATTA GEOT
					Da	A	z(m)	c' [kPa]	φ' [°]		
3BS09	V117	14AV	cr2		9,5	10	9,75	30	7,6	AV	14
3BS06	V117/NV62A	14FYN4	cr2		22	22,4	22,2	12	13,1	FYN4	14
3BS08	V117	14FYN4	c1		6	6,5	6,25	23	23,3	FYN4	14
3AS42	V111	5TRV	C1		16	16,5	16,25	0	16	TRV	5
3AS05	RI02	1TRV	C1		3,4	4	3,7	0	14	TRV	1
3AS05	RI02	1TRV	C2		20	20,5	20,25	0	11	TRV	1
3AV121	NV53A	0a2	C1		7,6	8	7,8	0	17	a2	0
3AV121	NV53A	0TRV	C2		22,4	22,9	22,65	0	14	TRV	0
3AS56bis	V115	12GPQ	CI 1		6	6,7	6,35	0	13	GPQ	12
3BS02	V116/NV62A	14a2	CR 6		9,5	9,8	9,65	0	35,8	a2	14
3AV120	NV53A	0a2	CI 1		8	8,5	8,25	0	16	a2	0
3AV120	NV53A	0TRV	CI 3		32,5	33	32,75	0	17	TRV	0
3AS52bis	GA06	6TRV	CI 1		7	7,4	7,2	4	14	TRV	6
3AS52bis	GA06	6TRV	CI 2		15	15,5	15,25	5	13	TRV	6
3AS52bis	GA06	6TRV	CI 5		29,5	30	29,75	5	14	TRV	6
3BV19	V117/NV62C	14FYN4	CI 3		12,5	12,8	12,65	10	21	FYN4	14
3BV21	NV62C	0FYN4	CI 3		18,5	18,75	18,625	6	20	FYN4	0
3BV20	V117/NV62C	14FYN4	CI 1		6	6,4	6,2	7	16,7	FYN4	14
3AS49	V112/NV56	6TRV	CI 3		16,4	17	16,7	0	13	TRV	6
3AS50	V112/NV56	6TRV	CI 3		20,3	20,8	20,55	0	14	TRV	6
3AS51	V112	6a2	CI 1		3	3,5	3,25	0	22	a2	6
3AS51	V112	6TRV	CI 4		24	24,5	24,25	0	15	TRV	6
3AS08	VI03/NV01	1TRV	CI 4		30	30,5	30,25	0	13	TRV	1
3ASI09	RI20/NV61	FYN4	CI1		30	30,5	5,4	23,3	12,4	FYN4	0
3ASI09	RI20/NV62	FYN4	CI1		30	30,5	7,9	30,6	9,9	FYN4	0

Le prove che si discostano dalla media, non sono state rappresentative ai fini delle analisi perché ritenute troppo cautelative o irrealistiche; inoltre nei calcoli è stata assunta una coesione residua nulla a favore di sicurezza.

## 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:

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

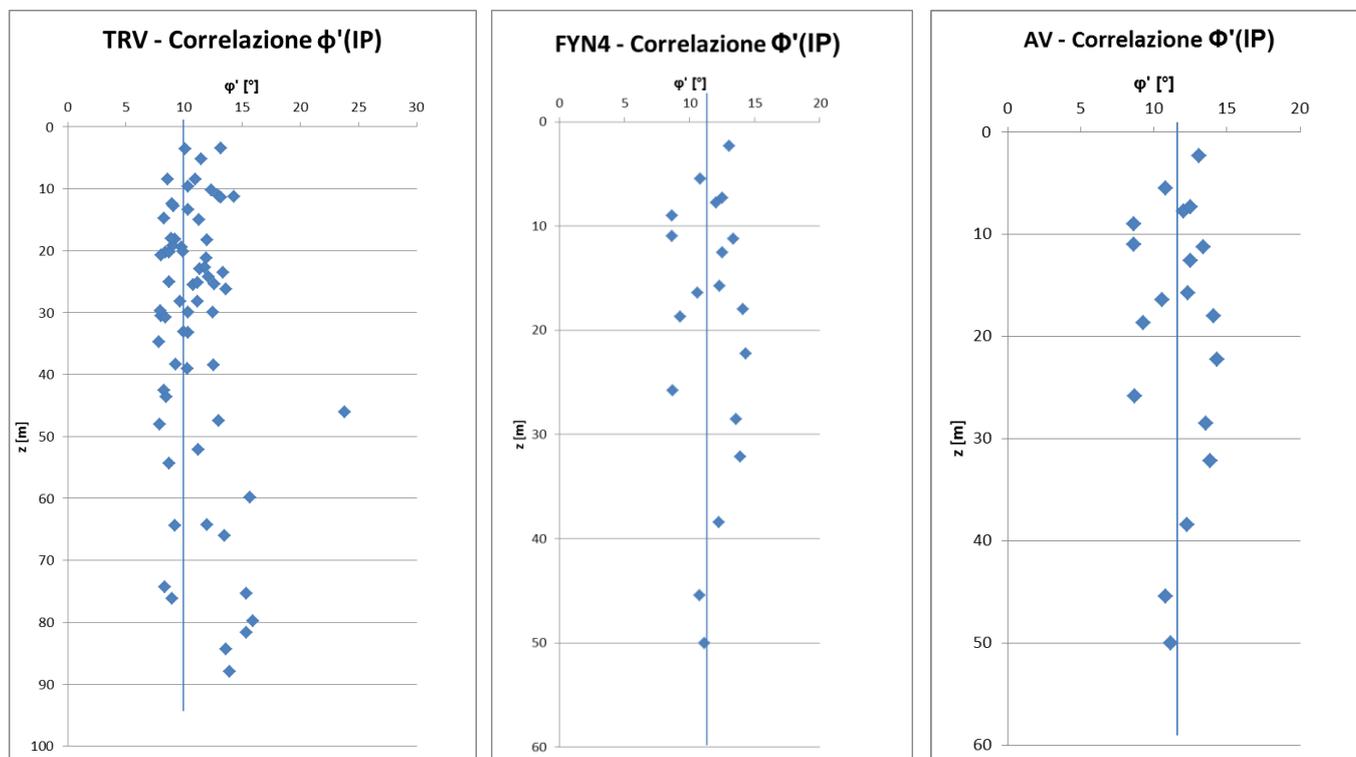


Figura 2 – Correlazione angolo di attrito residuo con IP (Kanji, 1974)

 <p><b>ITALFERR</b> 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 3b</p>	<p>COMMESSA RS3T</p>	<p>LOTTO 30 D 78</p>	<p>CODIFICA RH</p>	<p>DOCUMENTO GE0000 006</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 61 di 141</p>

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 78</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 006</b>	REV. <b>C</b>

## 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. Le profondità di falda fanno riferimento al modello geologico rilevato.

CARATTERISTICHE DEL MODELLO GEOTECNICO							
FRANA	GRUPPO GEOTECNICO	TIPO	STATO	RIFERIMENTO	PROFONDITA' MEDIA DEL CORPO DI FRANA	Inclinazione verticale	
ID	-	-	-	-	m.d.p.c.	( $^{\circ}$ )	
51vv	GPQ	Complesso	Quiescente	Modello geologico	2_4	15-20	
61v	TRVa	Complesso	Quiescente	Modello geologico	2_4	15-20	
69v	FYN4	Colamento lento	Attiva	Modello geologico	2_4	35	
78v	TRV/FYN4	Colamento lento	Attiva	Modello geologico	2_4	15	
36	TRV	Colamento lento	Attiva	Modello geologico	2_4	20	
48a	GPQ	Complesso	Quiescente	Modello geologico	2_4	25-30	
68	FYN4	Colamento lento	Quiescente	Modello geologico	2_4	15	
70	FYN4	Colamento lento	Quiescente	Modello geologico	7_8	15	
56	TRV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	3_4	15-20	
56b	TRV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	3_4	15-20	
57	TRV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	3_4	15-20	
58	TRV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	3_4	15-20	
59	TRV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	3_4	15-20	
60b	TRV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	3_4	15-20	
63bis	FYN4	Complesso	Quiescente	Modello geologico	5_6	10;15	
64bis	FYN4	Complesso	Quiescente	Modello geologico	5_6	10;15	
77	AV	Complesso	Quiescente	Modello geologico	2_4	14-20	

CARATTERISTICHE DEL MODELLO GEOTECNICO							
FRANA	Riferimento	Profondità falda	RIFERIMENTO	ANGOLO RESIDUO	RIFERIMENTO	ANGOLO RESIDUO	RIFERIMENTO
ID	-	m.d.p.c.	-	$\phi(^{\circ})$	-	-	$\phi(^{\circ})$
51vv	Modello geologico	-6,75	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
61v	Modello geologico	-1	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
69v	Modello geologico	-1,5	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
78v	Modello geologico	-1	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
36	Modello geologico	-2	Modello geologico	14	LABORATORIO	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
48a	Modello geologico	-2	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
68	Modello geologico	-8,87	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
70	Modello geologico	-2	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	12	CORRELAZIONE LETTERARIA
56	Modello geologico	-2,40	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
56b	Modello geologico	-2,40	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
57	Modello geologico	-1,7	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
51v	Modello geologico	-6,75	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
59	Modello geologico	-1,7	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
60b	Modello geologico	-1,7	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
63bis	Modello geologico	-12,5	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
64bis	Modello geologico	-12,5	Modello geologico	14	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA
61a-61b	Modello geologico	-1,7	Modello geologico	13	CORRELAZIONE LITOLOGICA	14	CORRELAZIONE LETTERARIA

Tabella 3 – Parametri modello geotecnico di studio – LOTTO 3b

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	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.



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	65 di 141

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

essendo:

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

$\tau_m$  = tensione tangenziale media mobilitata lungo la superficie di scivolamento.

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 ( $FS < 1$ ):-

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

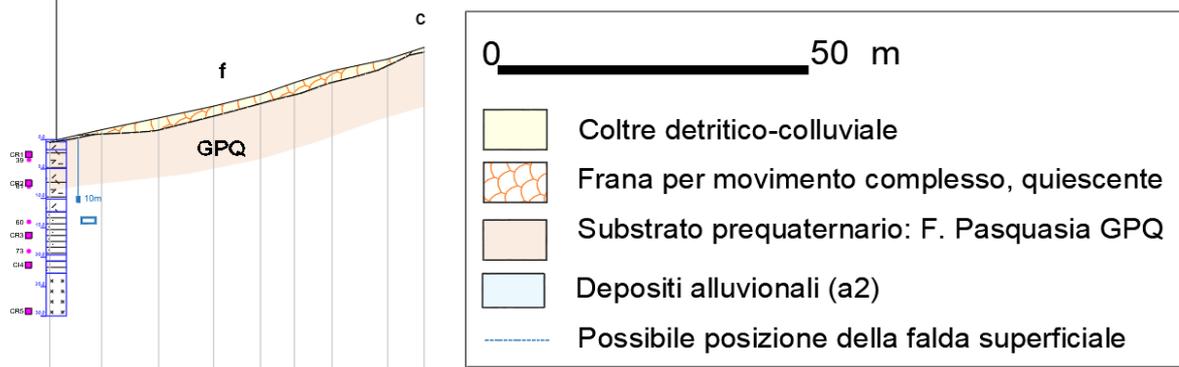
### 12.1 DISSESTO ID 51vv – PK 35+600

#### Scheda

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_NV dissesto 51vv - 28/08/2019		
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Nuova viabilità		
<b>tipo di dissesto</b>	Frane per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento veloce)		
<b>stato di attività</b>	quiescente		
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	30	quota coronamento:	366
lunghezza (dal coronamento al piede):	64	quota piede:	350
profondità nicchia di distacco:	1		
spessore massa spostata:	2-4		
dislocazione:	30		
pendenza versante:	15-20°		
uso del suolo:	aree coltivate		
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale rielaborata da attività agricole, per uno spessore di 1-3 m circa			

### Sezione geologica

3a-SI-07  
q. 348 m



sezione geologica rappresentativa del versante interessato dal dissesto

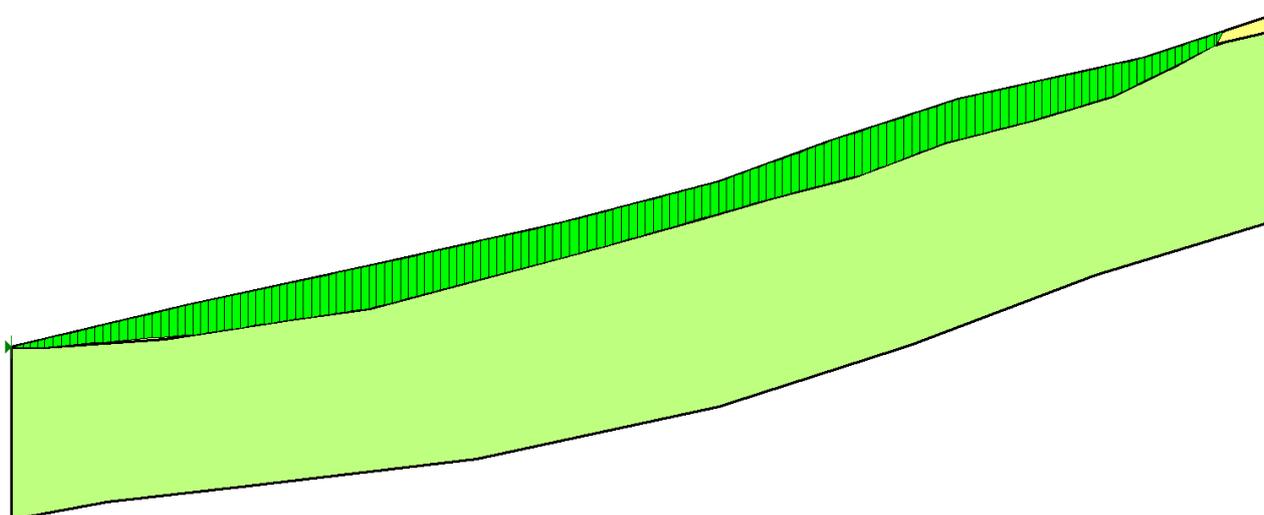
### Ipotesi di calcolo e risultati

Le ipotesi del modello geotecnico rispecchiano quelle del modello geologico, quindi il corpo di frana costituito da coltre su substrato di GPQ. Si riscontra quindi una profondità del corpo di frana pari a 2.5m e falda assente.

Nell'analisi è stato inserito un angolo di attrito pari a 13° di cui però non si ha riscontro a disposizione dal punto di vista delle prove e delle correlazioni ma si ritiene comunque accettabile in quanto in linea con i risultati del quadro generale; il fattore di sicurezza è prossimo all'unità.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	68 di 141



Terreno	F	$\phi'$
Coltre (GPQ)	0.98	13°

Tabella 4 – Sezione 51vv – Parametri

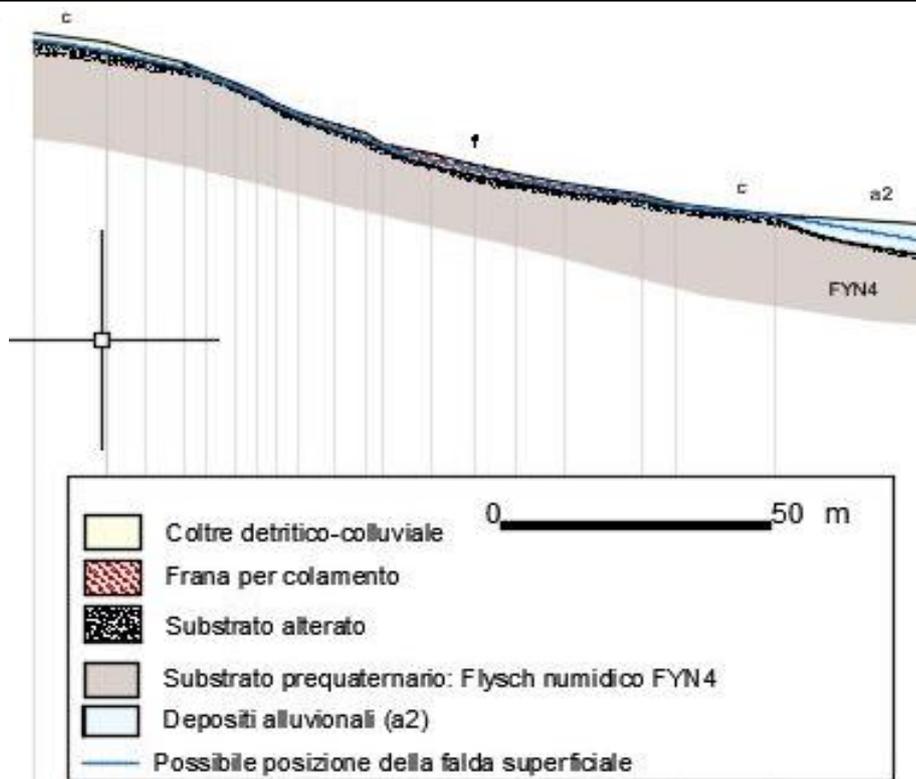
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

## 12.2 DISSESTO ID 69v – PK 39+500

### Scheda

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_NV72A dissesto n.69v -28/08/2019		
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Nuova viabilità NV72A		
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento		
<b>stato di attività</b>	attivo		
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	31	quota coronamento:	337
lunghezza (dal coronamento al piede):	96,5	quota piede:	308
profondità nicchia di distacco:	1-2		
spessore massa spostata:	2-4		
dislocazione:	45		
pendenza versante:	35°		
uso del suolo:	aree incolte		
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale, per uno spessore di 3 m circa			

### Sezione geologica



sezione geologica del versante interessato dal dissesto

### Ipotesi di calcolo e risultati

Le ipotesi del modello geotecnico non rispecchiano del tutto quelle del modello geologico in prima battuta: il corpo di frana costituito da coltre su substrato di FYN4 è costituito da una profondità del corpo di frana pari a 2.5m e una falda posta mediamente a 1.5 m da p.c. L'angolo di attrito residuo di riferimento è quello proveniente da correlazione empirica ed è pari a 14° in quanto non sono presenti altre prove a supporto.

Infatti le ipotesi precedentemente esposte portano nel calcolo ad un fattore di sicurezza molto inferiore ad 1 per cui si è proceduto a modificare alcune ipotesi del modello geologico:

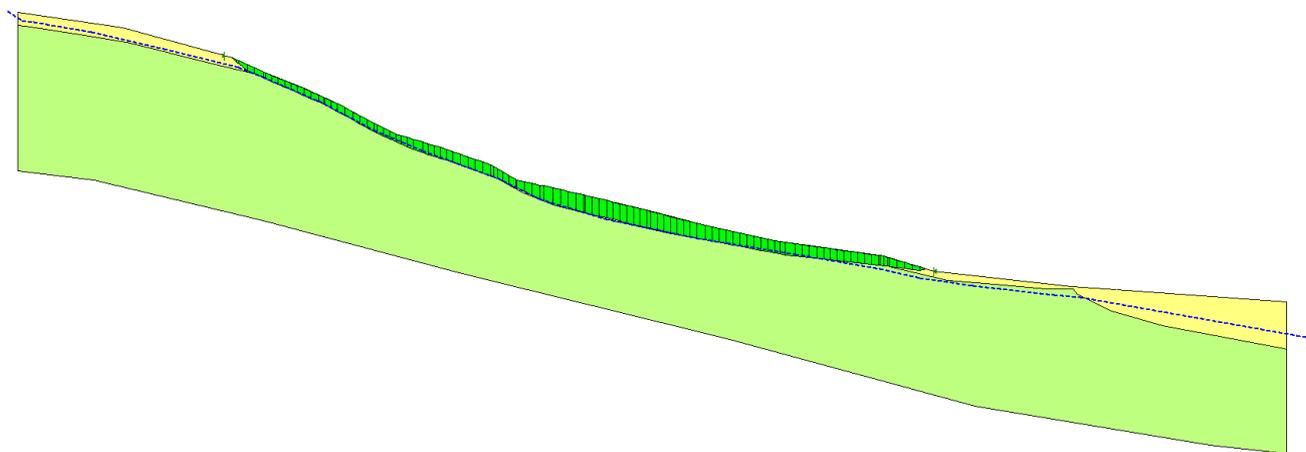
Le ipotesi geologiche rilassate riguardano:

- La posizione del livello di falda, abbassata fino alla superficie di scivolamento
- la geometria del corpo di frana di cui è stato modificato la posizione del piede, spostato più a valle

L'analisi così impostata dà un FS = 0.99

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	71 di 141



Terreno	F	H falda	$\Phi'$
Coltre (FYN)	0.99	Prossima alla superficie di scivolamento	14°

Tabella 5 – Sezione 69v – Parametri

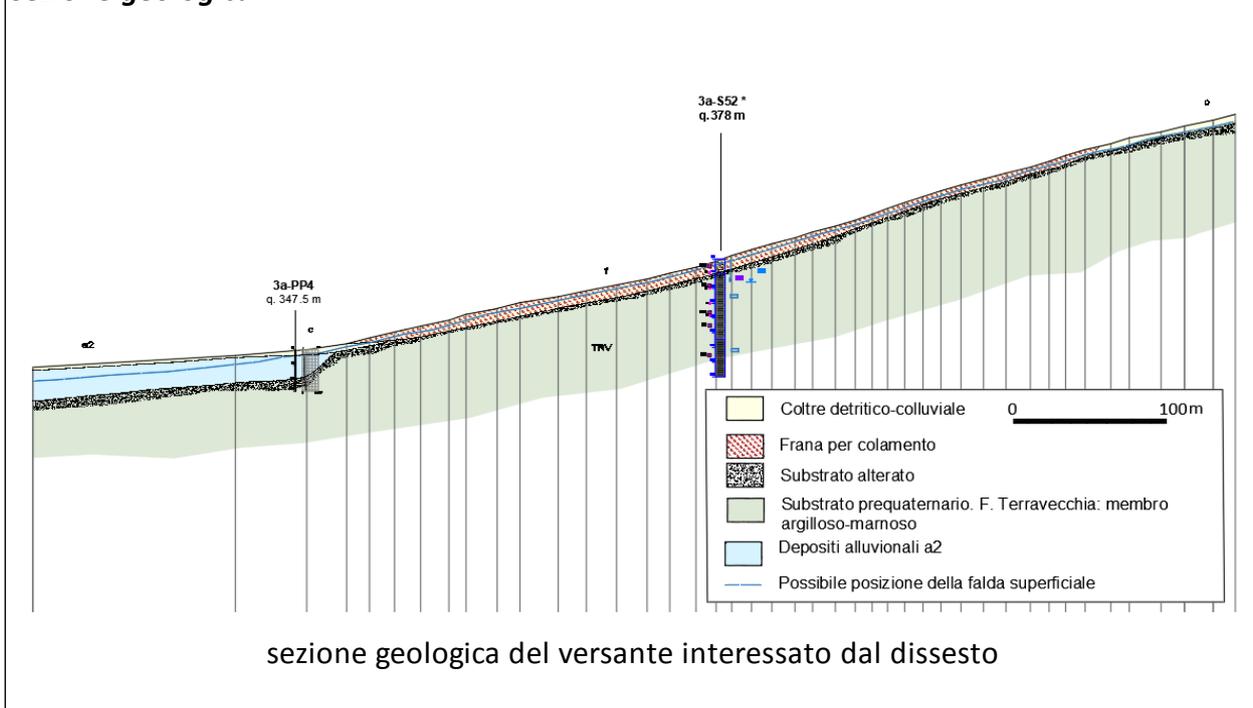
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 12.3 DISSESTO ID 36 – PK 28+000

#### Scheda

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_GN02_N dissesto n.36 -29/08/2019		
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Imbocco NORD galleria GN02 (e GA05 e RI14)		
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento di colamento lento		
<b>stato di attività</b>	attivo		
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	145	quota coronamento:	418 m
lunghezza (dal coronamento al piede):	250	quota piede:	350 m
profondità nicchia di distacco:	1-1.5		
spessore massa spostata:	3-5 m		
dislocazione:	50		
pendenza versante:	20°		
uso del suolo:	aree incolte, aree coltivate		
Il movimento coinvolge la coltre detritico-colluviale rielaborata da attività agricole, per uno spessore medio di 2-2.5 m circa. Localmente l'accumulo raggiunge la potenza di circa 4-5 m.			

### Sezione geologica



### Ipotesi di calcolo e risultati

Le ipotesi del modello geotecnico non rispecchiano quelle del modello geologico: il corpo di frana costituito da coltre su substrato di TRV ha una profondità del corpo di frana pari a 3.5m. La falda è posta come da letture piezometriche disponibili a circa 0.90 m da p.c..

L'angolo di attrito residuo di 15° è quello proveniente dalle prove disponibili.

L'analisi dà un fattore di sicurezza pari a 0.99



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

<b>Terreno</b>	<b>F</b>	<b><math>\Phi'</math></b>
Coltre (TRV)	0.99	15°

**Tabella 6 – Sezione 36 – Parametri**

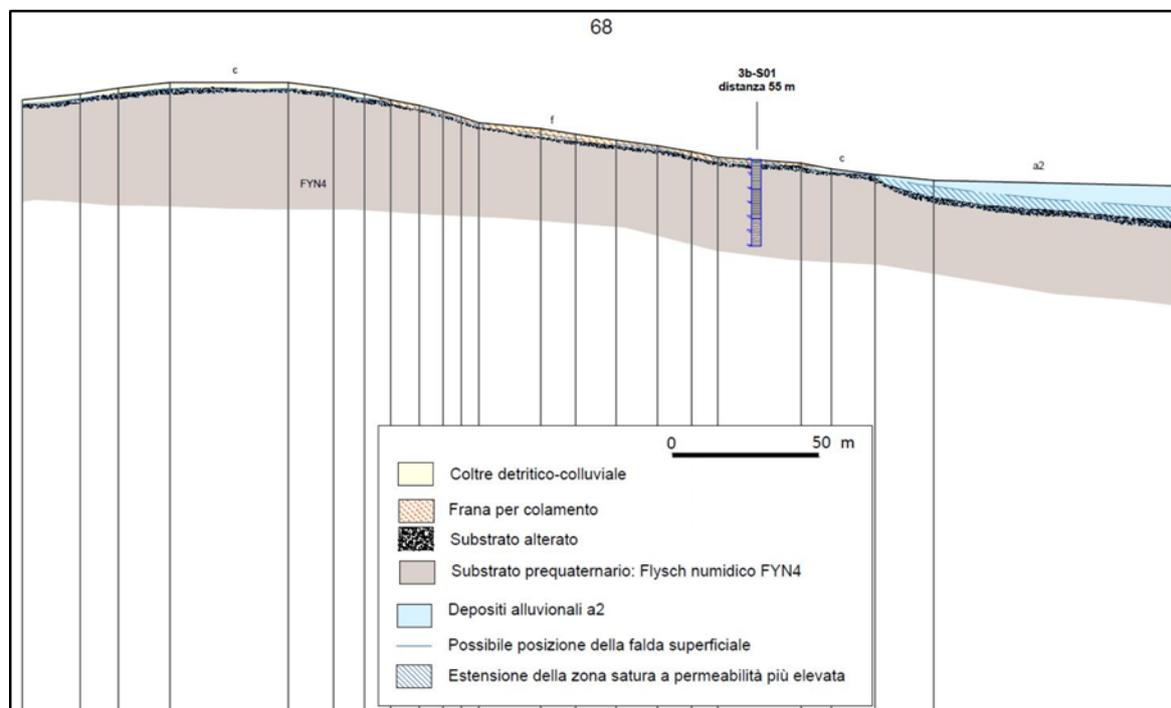
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

#### 12.4 DISSESTO ID 68 – PK 39+200

##### Scheda

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_RI20 dissesto n.68 - 23/08/2019		
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Rilevato RI20		
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento)		
<b>stato di attività</b>	quiescente		
<b>dati morfologici</b>	(m)		
larghezza:	63	quota coronamento:	329
lunghezza (dal coronamento al piede):	154	quota piede:	304
profondità nicchia di distacco:	1		
spessore massa spostata:	2-4		
dislocazione:	15-20		
pendenza versante:	15°		
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 2-3 m circa			

### Sezione geologica



sezione geologica del versante interessato dal dissesto

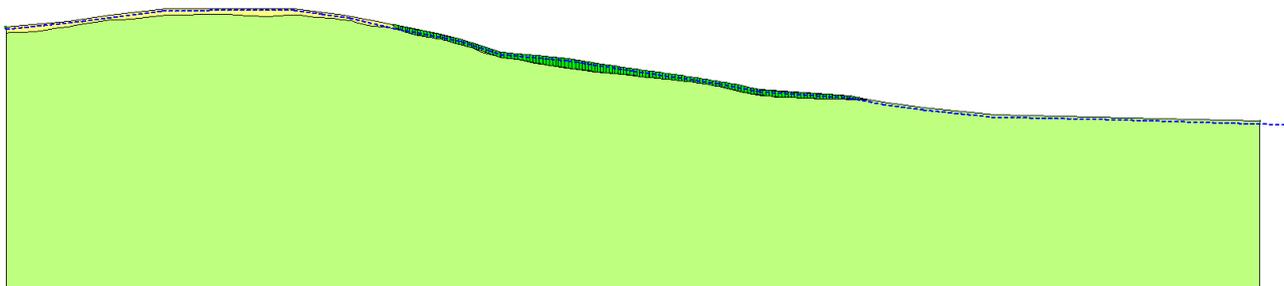
### Ipotesi di calcolo e risultati

Le ipotesi del modello geotecnico rispecchiano quelle del modello geologico, quindi il corpo di frana costituito da coltre su substrato di FYN4 con una profondità pari a 3m e una falda posta mediamente a 1.5 m da p.c.

L'angolo di attrito residuo di riferimento è pari a 13° ed è prossimo a quello proveniente da correlazione empirica.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	77 di 141



Terreno	F	$\phi'$
Coltre (FYN4)	0.99	13°

Tabella 7 – Sezione 68 – Parametri

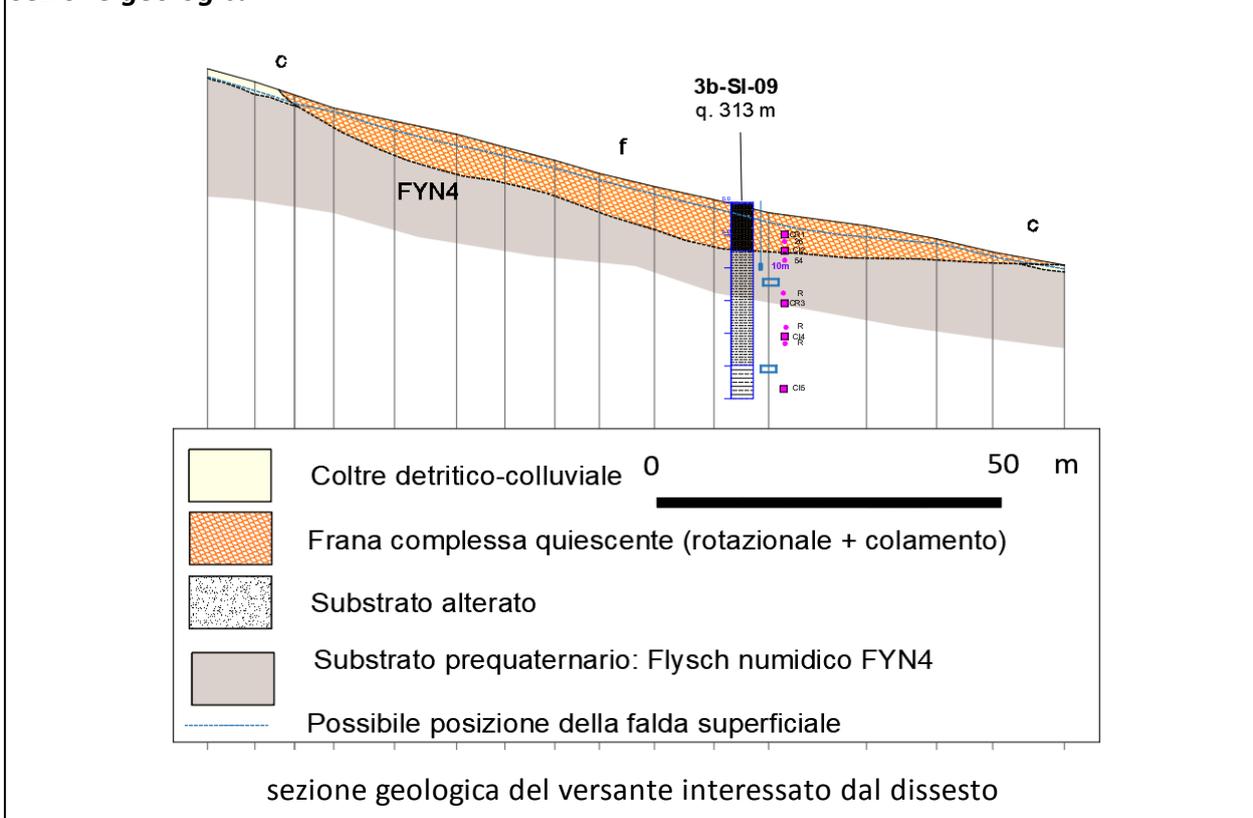
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	78 di 141

## 12.5 DISSESTO ID 70 – PK 39+500

### Scheda

<b>CODICE DISSESTO e data rilevamento</b>	L3_RI21 dissesto n.70 - 23/08/2019					
<b>opera</b>	LOTTO 3 - Rilevato RI21					
<b>tipo di dissesto</b>	Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento)					
<b>stato di attività</b>	quiescente					
<b>dati morfologici</b>	(m)					
larghezza:	80	quota coronamento:				332 m
lunghezza (dal coronamento al piede):	120	quota piede:				304 m
profondità nicchia di distacco:	3-5					
spessore massa spostata:	5-7					
dislocazione:	25					
pendenza versante:	10-15°					
uso del suolo:	aree incolte, aree coltivate					
Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato.						
<b>Note</b>	Nell'area sono stati realizzati i sondaggi 3b-SI-09, 3a-GN5-S03, 3b-S01, 3b-S02 e 3b-VI6, i cui risultati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.					

### Sezione geologica



### Ipotesi di calcolo e risultati

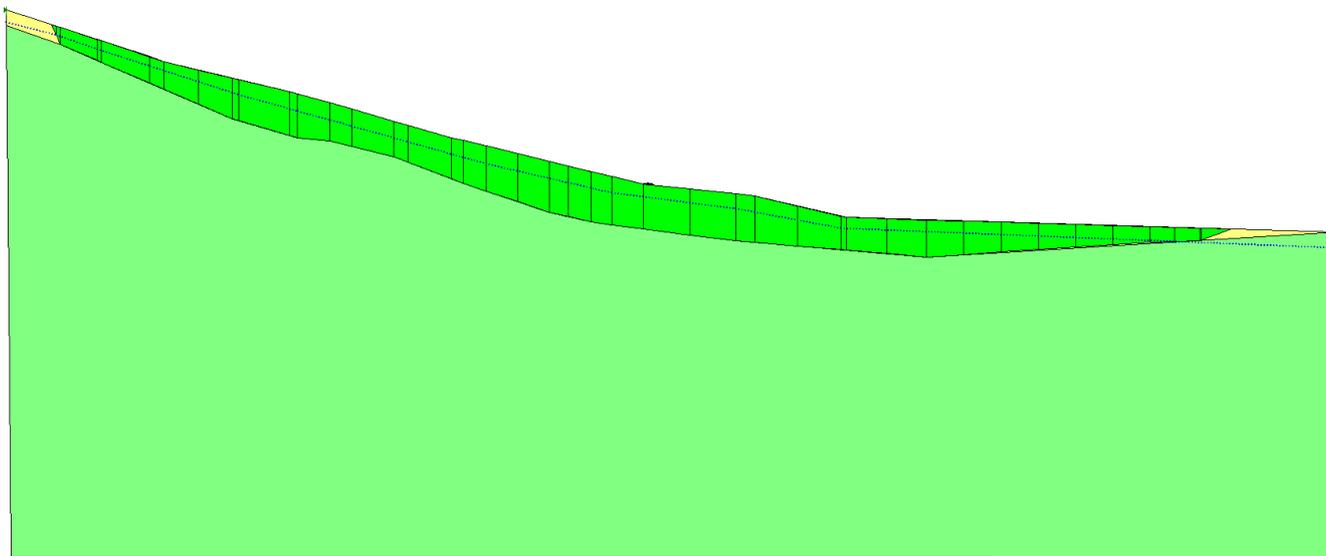
Le ipotesi del modello geotecnico rispecchiano quelle del modello geologico, quindi il corpo di frana costituito da coltre su substrato di FYN4 e una profondità del corpo di frana pari a 7.5 m e una falda posta mediamente a 2 m da p.c.

L'angolo di attrito residuo di riferimento è quello proveniente da prove a supporto ed è pari a 13°.

Per alcune prove locali (9,9°) i valori di angolo di attrito si discostano sostanzialmente dai valori medi, e non sono state considerate rappresentative ai fini delle analisi perché ritenute troppo cautelative anche in relazione al fatto che la coesione residua, risultata diversa da zero nella medesima prova, è stata poi assunta pari a zero nell'analisi.

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	80 di 141



Terreno	F	$\phi'$
Coltre (FYN4)	0.99	14°

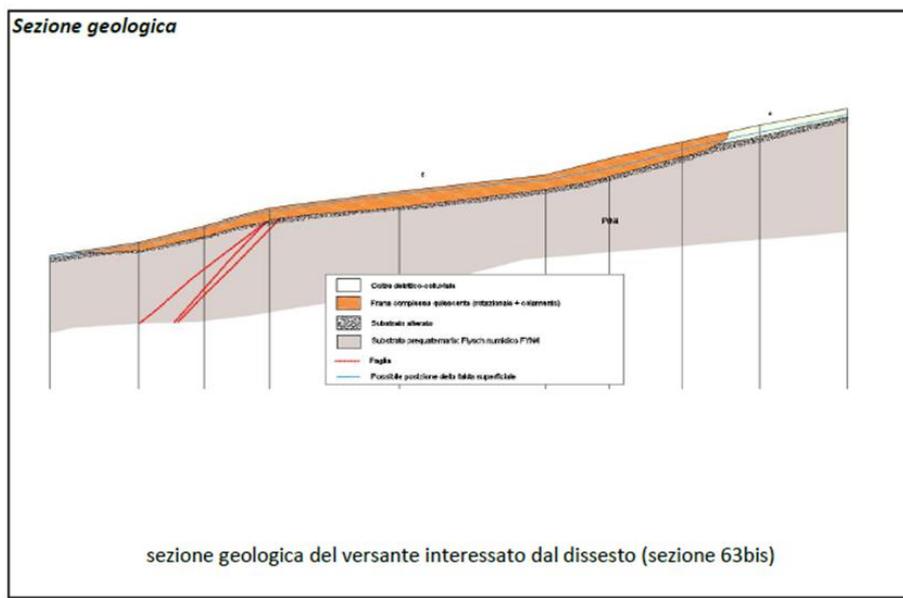
Tabella 8 – Sezione 70 – Parametri

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

## 12.6 DISSESTO ID 63bis – PK 38+600

### Scheda

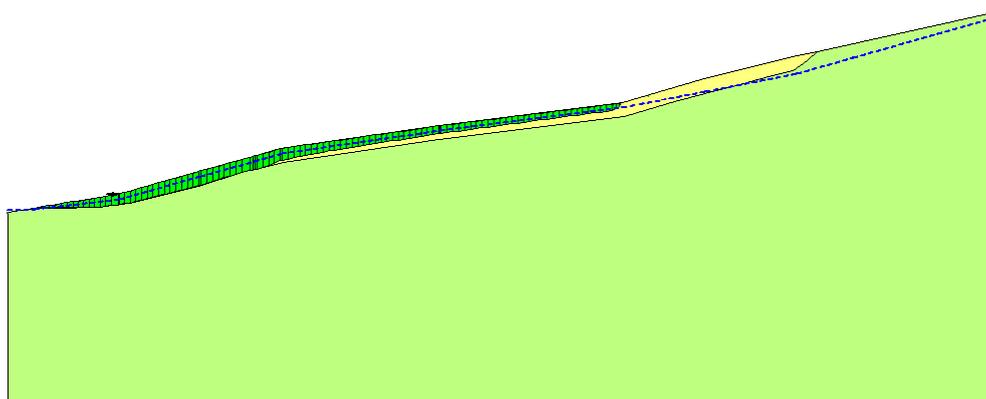
<i>CODICE DISSESTO e data rilevamento</i>	L3_GN05_N dissesto n.63 - 27/08/2019		
<i>opera</i>	LOTTO 3 - Imbocco NORD galleria GN05 e galleria artificiale GA12		
<i>tipo di dissesto</i>	Frana per movimento complesso (movimento rotazionale evoluto in colamento lento)		
<i>stato di attività</i>	quiescente		
<i>dati morfologici</i>	(m)		
larghezza:	138	quota coronamento:	376 m
lunghezza (dal coronamento al piede):	348	quota piede:	304 m
profondità nicchia di distacco:	4-5		
spessore massa spostata:	5 - 7		
dislocazione:	100		
pendenza versante:	10-15°		
uso del suolo:	aree coltivate		
Il movimento ha coinvolto la coltre detritico-colluviale e la parte alterata di substrato, per uno spessore di 4 m circa. Localmente lo spessore dell'accumulo può raggiungere i 8-10 m.			
<i>Note</i>	Nell'area è stato realizzato il sondaggio 3a-GN5-S01. I dati sono stati utilizzati per ricostruire il modello geologico sulla base del quale sono state realizzate le sezioni geologiche.		



### Ipotesi di calcolo e risultati

Le ipotesi del modello geotecnico si discostano dal modello geologico per alcuni aspetti, legati soprattutto al fatto che la geometria del modello geologico, a partire dai dati misurati di falda e dell'angolo di attrito assunto, non risulterebbe stabile con FS di gran lunga inferiore ad 1; pertanto nel modello geotecnico il corpo di frana è stato in parte ridimensionato nelle geometrie (spessori) soprattutto a monte con una profondità variabile da 3 a 6 m; la falda invece è stata posta mediamente a 2-3 m da p.c. come da misure disponibili

L'angolo di attrito residuo di 14° è mediamente quello proveniente da prove di laboratorio.



Terreno	F	$\phi'$
Coltre (FYN4)	0.99	14°

Tabella 9 – Sezione 63bis – Parametri

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C	FOGLIO 83 di 141

### **12.7 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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	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.

Per il lotto 3b è stato selezionato il caso più rappresentativo ed è stato studiato con 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 da p.c.

#### 13.2 DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI

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

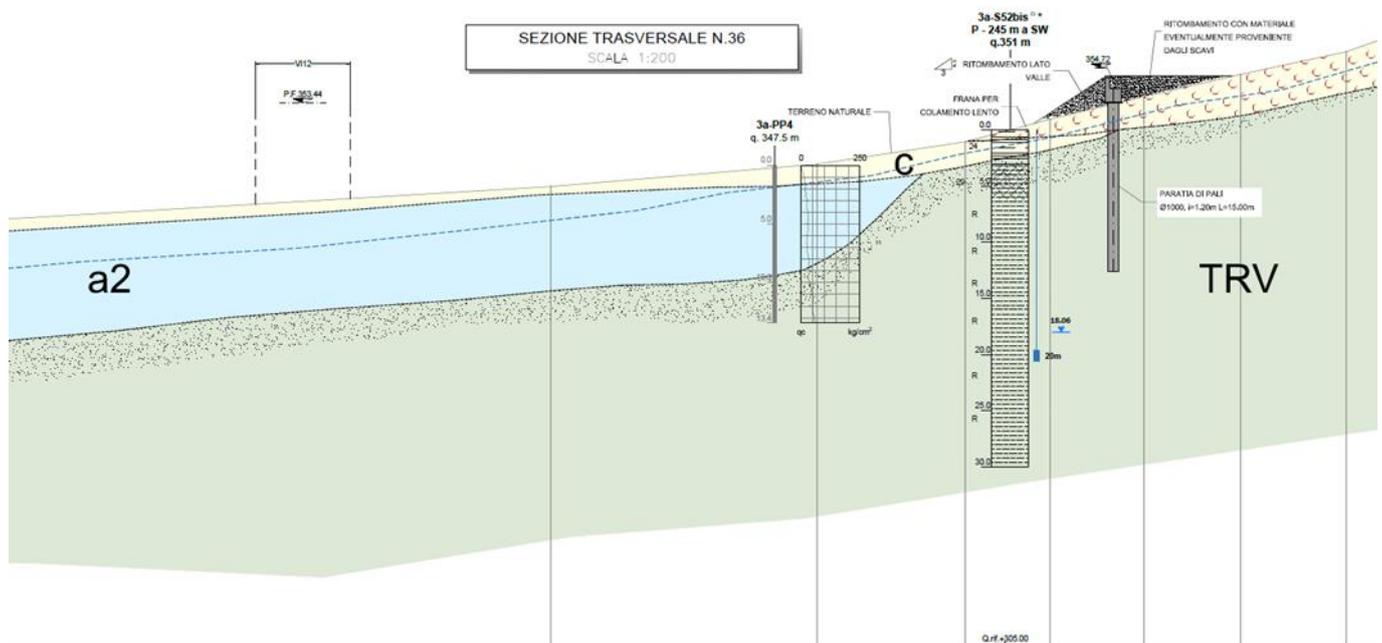


Figura 5 – Intervento sez.36

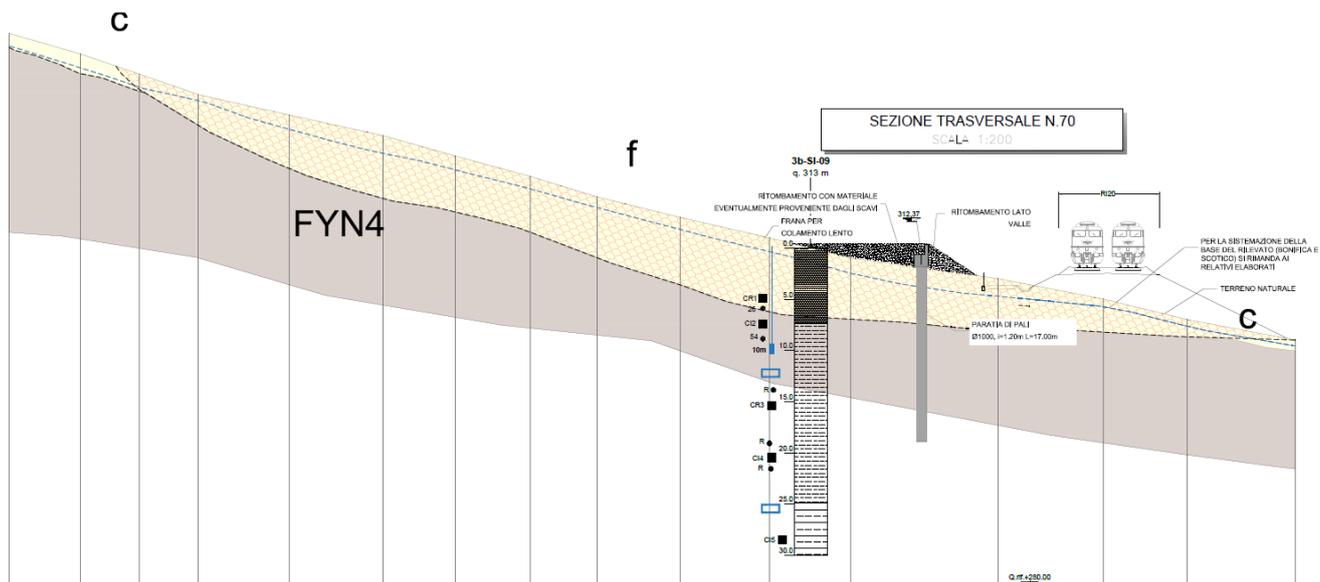


Figura 6: Intervento sez. 70

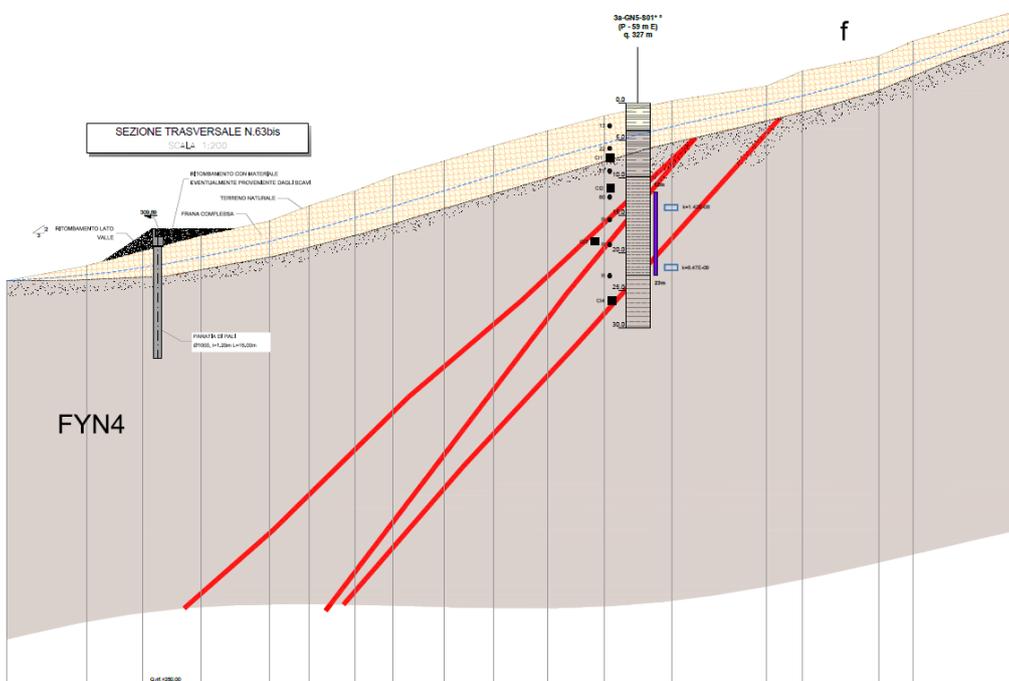


Figura 7: Intervento sez. 63bis

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C	FOGLIO 86 di 141

Esso consiste in una berlinese 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 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 sono considerate le frane più critiche n.36, 70 e 63bis (maggiori 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 riportano in seguito le immagini delle frane selezionate cui si riferiscono le opere di presidio verificate. Inoltre la 36 è rappresentativa delle frane di medio spessore (51vv,69v e 68), inoltre sono state condotte analisi specifiche per la frana 70 e la 63bis di maggiore spessore e criticità.

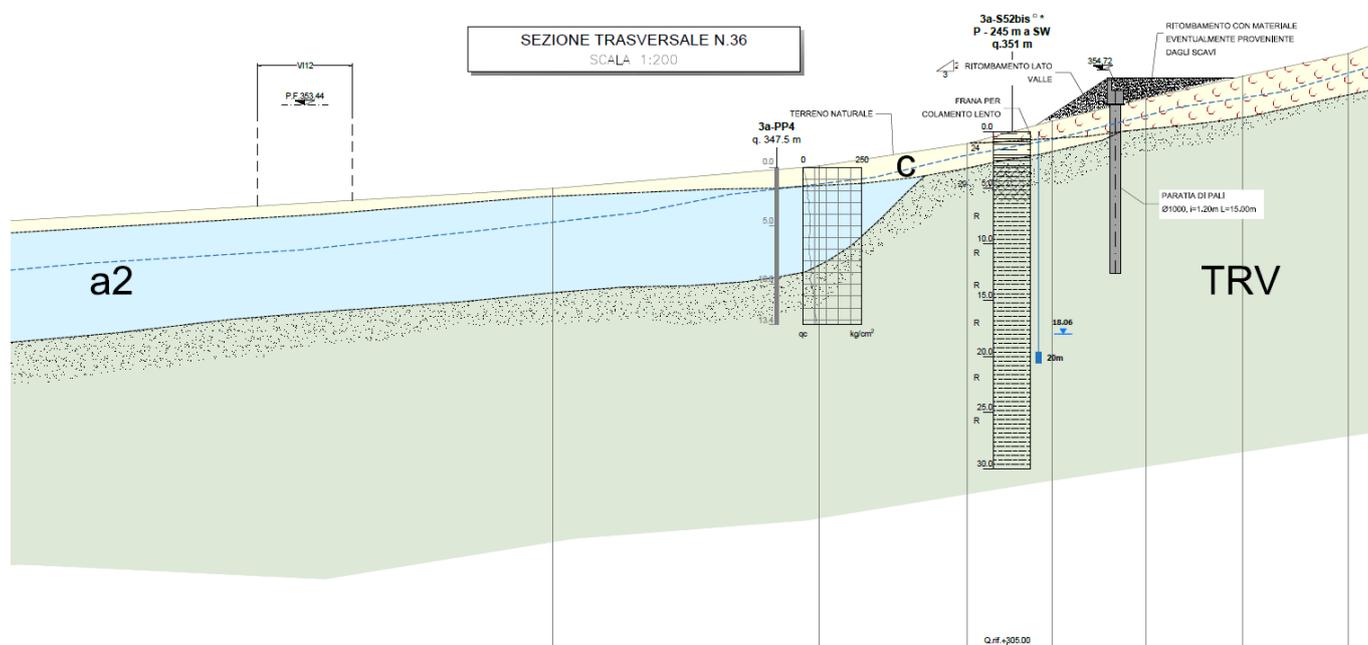


Figura 8: Frana numero 36

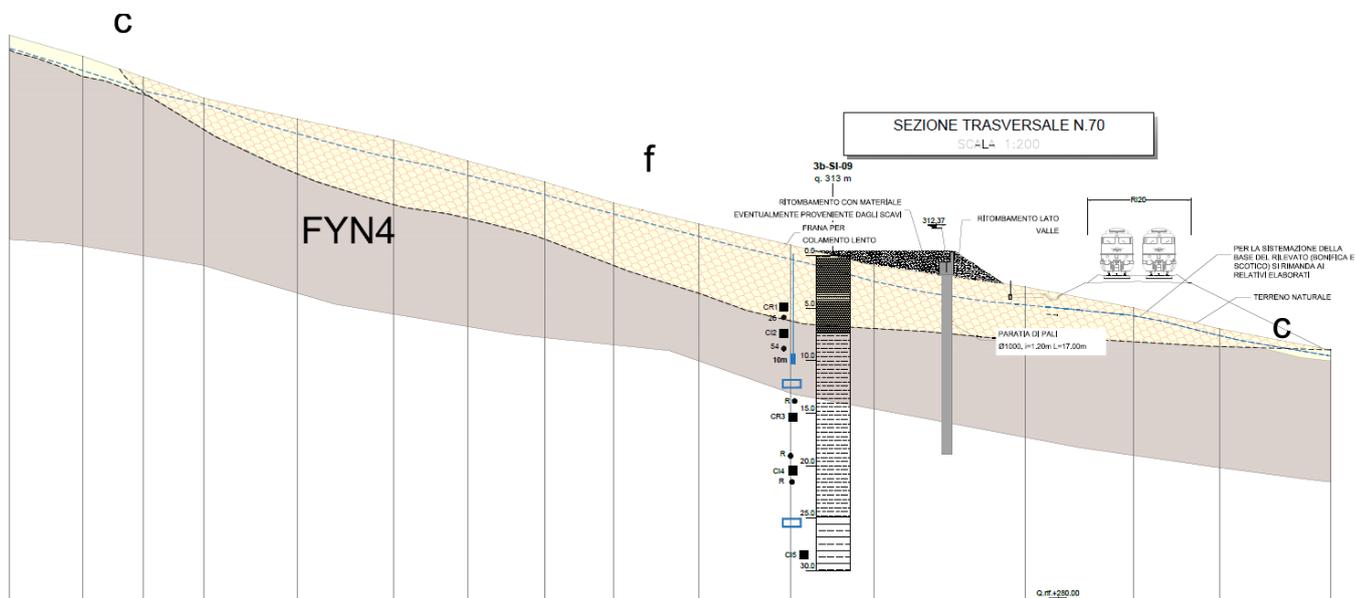


Figura 9: Frana numero 70

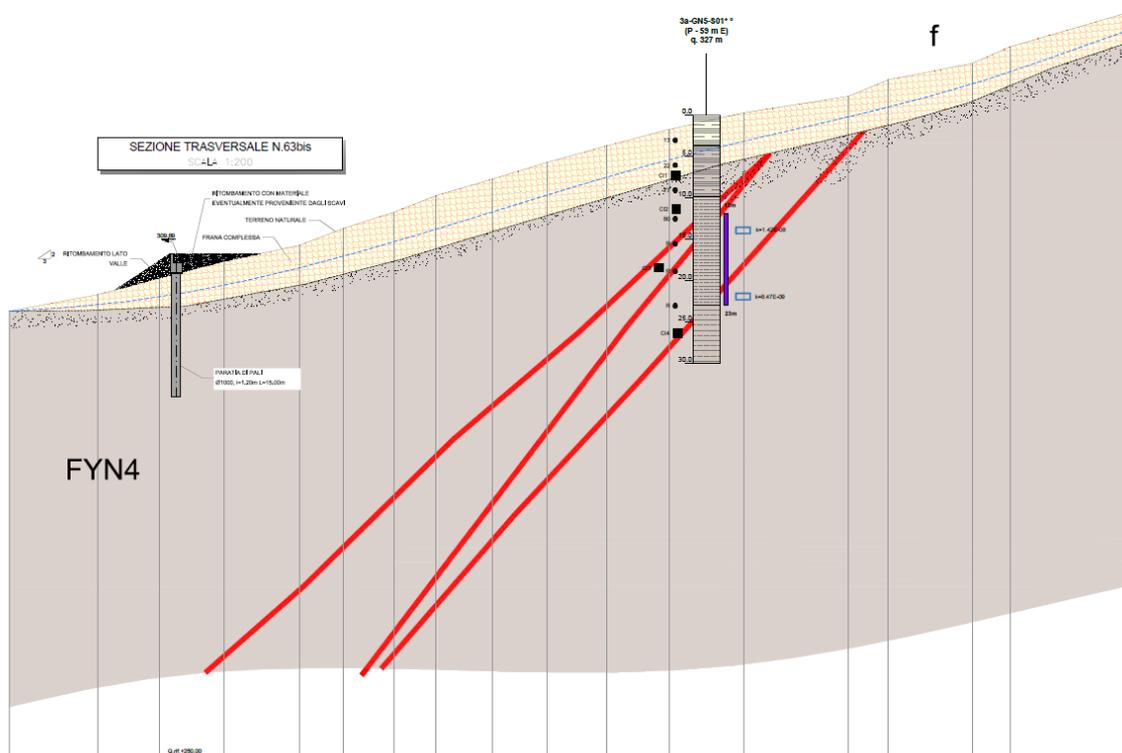


Figura 10: Frana numero 63bis

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

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 normativa) 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:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	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	F [kN] GEO
36	C	0.0990	1.5	1	0.1485	0.24	0.035	0.017	210	520	650

Tabella 10 – Parametri di calcolo analisi sismica (SLOPE) e valori di forza applicata per la stabilizzazione del dissesto - frana 36

Frana n	Cat. di suolo	ag	Ss	St	$a_{max}/g$	$B_s$	$k_h$	$k_v$	F [kN] STATICO	F [kN] SISMICO	F [kN] GEO
70	C	0.088	1.5	1	0.138	0.24	0.03	0.015	240	510	680

Tabella 19 – Parametri di calcolo analisi sismica (SLOPE) e valori di forza applicata per la stabilizzazione del dissesto – frana 70

Frana n	Cat. di suolo	ag	Ss	St	$a_{max}/g$	$B_s$	$k_h$	$k_v$	F [kN] STATICO	F [kN] SISMICO	F [kN] GEO
63 bis	C	0.0990	1.5	1	0.1485	0.24	0.035	0.017	350	950	840

Tabella 19 – Parametri di calcolo analisi sismica (SLOPE) e valori di forza applicata per la stabilizzazione del dissesto – frana 63bis

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.

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

Di seguito si riporta una tabella di confronto tra la forza imposta in SLOPE per ottenere una condizione di F.S. pari a 1.1 e le spinte attive e passive (statiche) calcolate con le formulazioni di Muller-Breslau (Ka) e Caquot-Carisel (Kp).

### 13.4 PARATIA FRANA 36

SEZIONE 36:				
H	3.5	[m]		
peso specifico	20	[kN/m <sup>3</sup> ]		
angolo di attrito frana 36 (A1-M1)	15	[°]		
<i>ka=teoria di Muller Breslau</i>				
<i>kp=teoria di Caquot Kerisel</i>				
STATICO				
ka_statico	0.933	Sa_statico	114	kN/m
kp_statico	2.502	Sp_statico	306	kN/m
		F_slope	210	kN/m
SISMICO				
ka_sismico		Sa_statico	0	kN/m
kp_sismico	2.125	Sp_sismico	260	kN/m
		F_slope	520	kN/m

STAGE	FORZA DA INSERIRE SU PARATIE
STATICO	210/3.5*2=120 KN
SISMA	520/3.5*2=297KN

Figura 11: Tabella frana numero 36 – Valori di spinta statica (Sp statica) e sismica (Sp sismica), forza derivante da analisi slope con contributo a valle

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

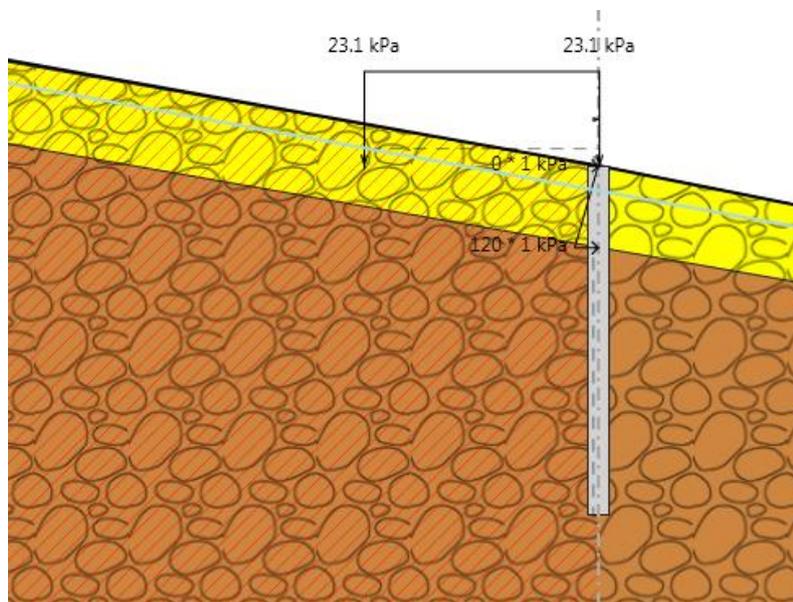


Figura 12: Frana numero 36 – Modello determinato

Risultati analisi strutturali (Parametri caratteristici)

### 13.4.1.1 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO	F.S.
36	210	1.1

Tabella 11 – Forza stabilizzante

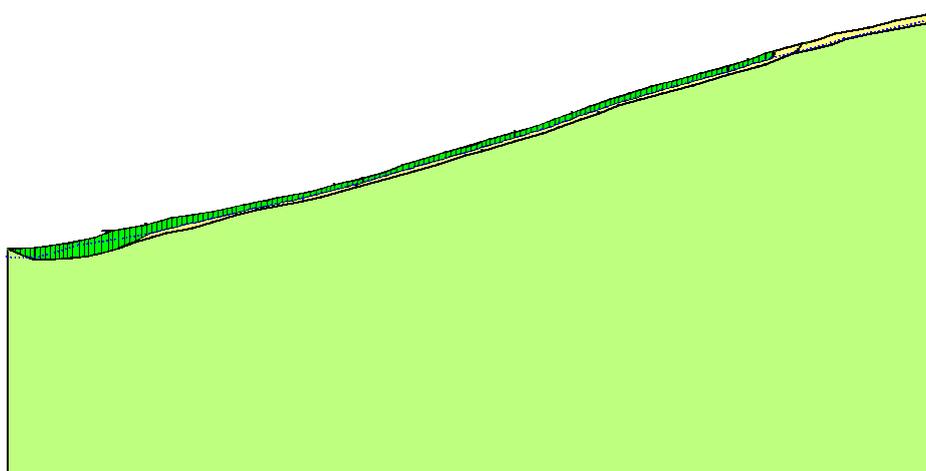


Figura 8: Frana numero 36 – Analisi Slope in A1 M1 (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.4.1.2 ANALISI Paratie

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 36 - Spessore coltre 3.5m – Falda a 0.88 m d.p.c. – inclinazione del pendio 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	15	0.741	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	23	23	0.609	0.315	1.813	100000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	23	23	0.593	0.498	4,186	85000
Substrato valle(sisma)	20	23	23	0.593	0.306	1.13	100000

**Tabella 12 – Parametri del modello**

Per quanto riguarda i valori di angolo di attrito utilizzati, questi fanno riferimento al range riportato all'interno della relazione geotecnica del lotto 3b per la formazione del TRV.

I valori di coesione e angolo di attrito della coltre lato monte sono stati imposti al fine di non influenzare l'analisi con un ulteriore effetto sollecitante dovuto al dissesto, siccome quest'ultimo è già presente nell'analisi come forza applicata alla paratia.

Si riportano in seguito i risultati ottenuti

### Frana 36 – Momento Flettente

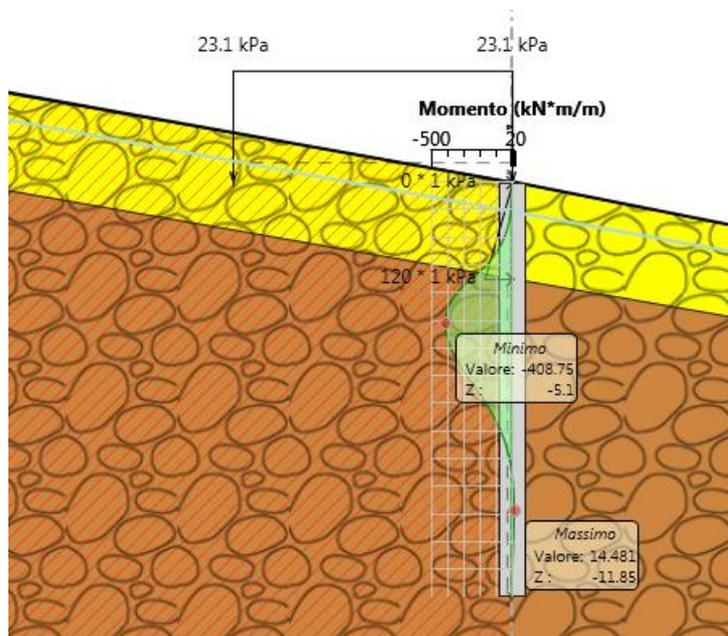


Figura 13: Frana numero 36 – Momento flettente– Valori Caratteristici

### Frana 36 – Taglio

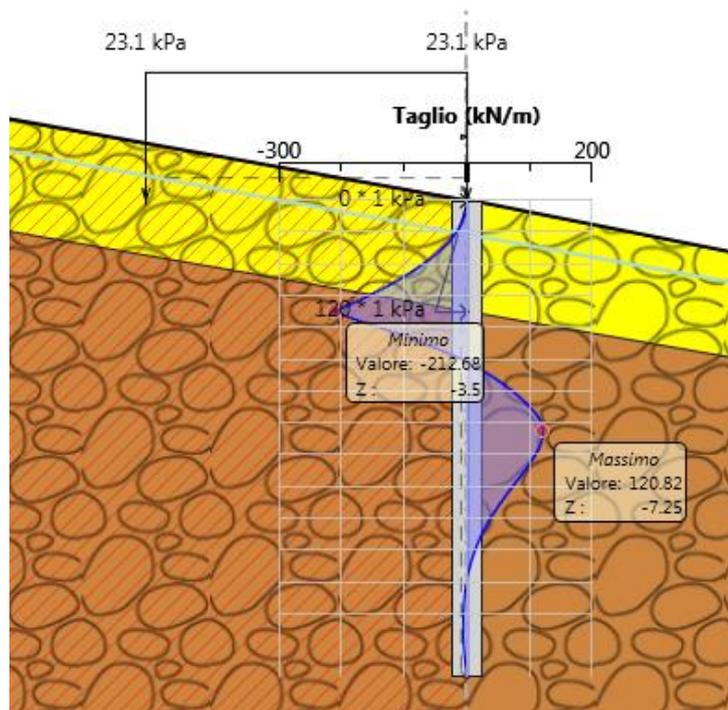


Figura 14: Frana numero 36 – Taglio – Valori caratteristici

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### Frana 36 – Spostamento

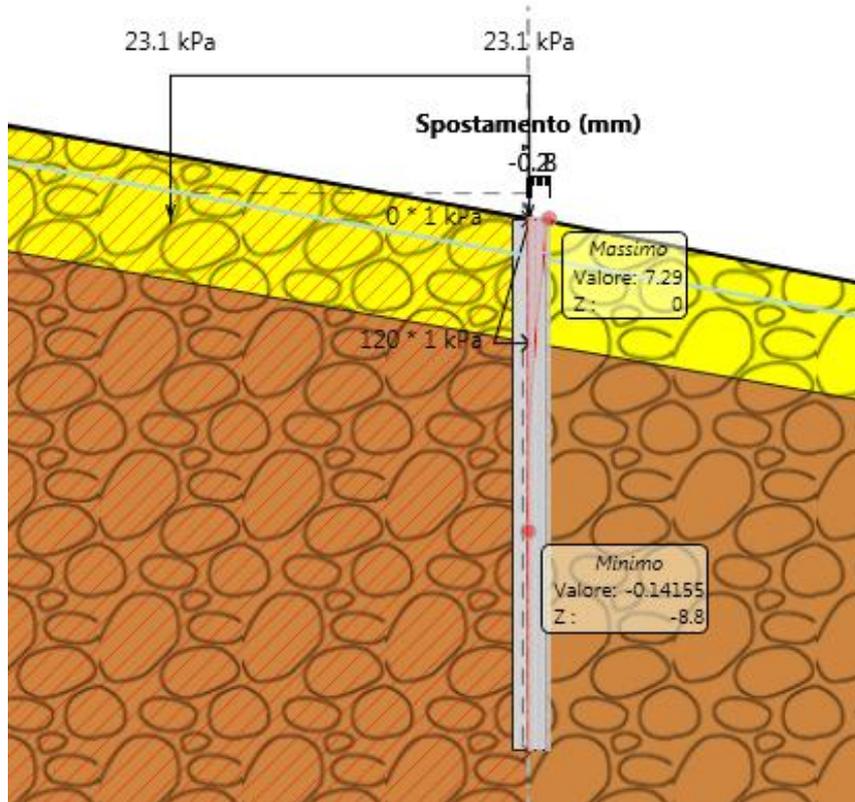


Figura 15: Frana numero 36 – Spostamento – Valori caratteristici

### Risultati analisi strutturali sismiche

L'azione sismica è stata calcolata in modo pseudo statico utilizzando la formulazione di Mononobe e Okabe per la determinazione del fattore di spinta attiva in fase sismica, all'interno del modello quindi si è distribuito uniformemente l'incremento di carico su tutta la paratia ( $\Delta S_E$ ) immersa nel TRV e non sulla porzione immersa nel corpo di frana.

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

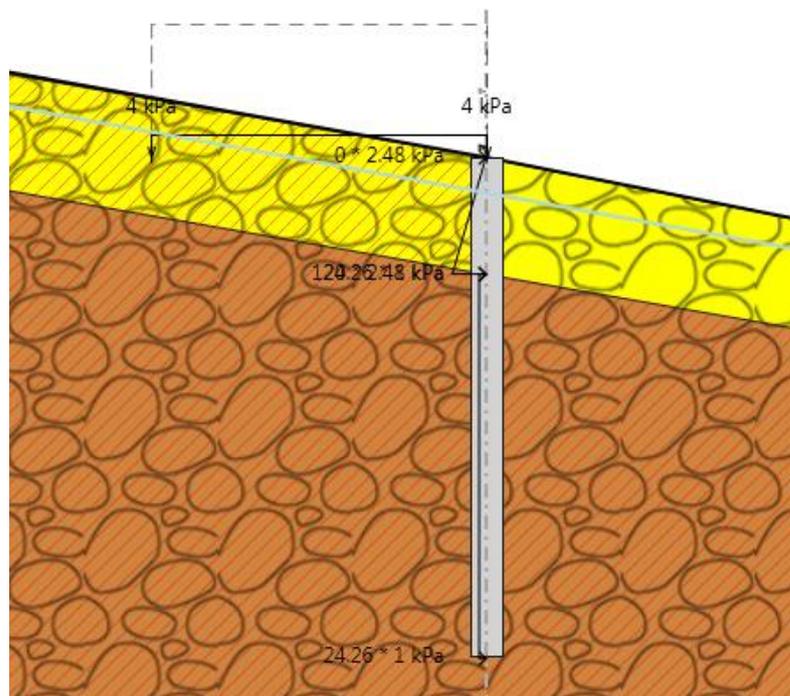


Figura 16 – Modello Paratie plus per analisi sismica

La fase sismica è stata calcolata in modo pseudo statico utilizzando la formulazione di Mononobe e Okabe distribuendo il carico ottenuto in modo uniformemente distribuito su tutta la paratia ( $\Delta SE$ )

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

PARAMETRI SISMICI												
	htotale	ag/g	Categoria di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/g	$\alpha_{attiva}$	$\alpha_{passiva}$	U <sub>s</sub>	$\beta$	kh <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>
36_monte	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
36_2 monte	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
36_valle	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
36_2 valle	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	97 di 141

PARAMETRI SISMICI													
ag/g	Categoria di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/g	H <sub>tot</sub>	α <sub>attiva</sub>	α <sub>passiva</sub>	Us	β	kh <sub>attiva</sub>	kv (±) <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>	kv (±) <sub>passiva</sub>
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 - Ka													
θ+ (M-O) [°]	β pendio [°]	ψ [°]	φ [°]	δ <sub>sisma</sub> [°]	K <sub>a,E</sub>	K <sub>a,E</sub> H	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	ΔS <sub>E</sub> [kPa]	ΔS <sub>qE</sub> [kPa]	k <sub>attiva statica</sub> H			
4,051	15	90	23,0	15,3	0,6424	0,6195	20	23,78	0,49	24,26	0,498		

TRV_4a	monte			
	φ	15	°	TRV_4a
	α	90	°	
	β	0	°	
	δ <sub>STATICO</sub>	10,00	°	
	δ <sub>SISMICO</sub>	0	°	
	ψ <sub>STATICO</sub>	0	°	
	ψ <sub>SISMICO</sub>	4,74	°	
	i	15	°	
	kh	0,08	a/g	
	2θ <sub>STATICO</sub>	2,74	rad	
	2θ <sub>SISMICO</sub>	1,10	rad	
	kP <sub>STATICO</sub> H	2,502		
kP <sub>SISMICO</sub> H	2,125			

TRV3	monte				valle			
	φ	23	°	TRV3	φ	23	°	TRV3
	α	90	°		α	90	°	
	δ <sub>STATICO</sub>	15,33333	°		δ <sub>STATICO</sub>	15,333333	°	
	δ <sub>SISMICO</sub>	0	°		δ <sub>SISMICO</sub>	0	°	
	ψ <sub>STATICO</sub>	0	°		ψ <sub>STATICO</sub>	0	°	
	i	15,00	°		i	-15,00	°	
	2θ <sub>STATICO</sub>	2,00	rad		2θ <sub>STATICO</sub>	0,03	rad	
	kP <sub>STATICO</sub> H	4,186			kP <sub>STATICO</sub> H	1,813		
	kP <sub>SISMICO</sub> H	3,09			kP <sub>SISMICO</sub> H	1,11		

Tabella 13 – Parametri sismici

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.4.1.3 ANALISI SLOPE

Il calcolo secondo la combinazione di parametri caratteristici 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	F.S.
36	C	0.0990	1.5	1	0.1485	0.24	0.035	0.017	520	1.10

Tabella 14 – Analisi della forza stabilizzante – parametri caratteristici – fase sismica – SLOPE

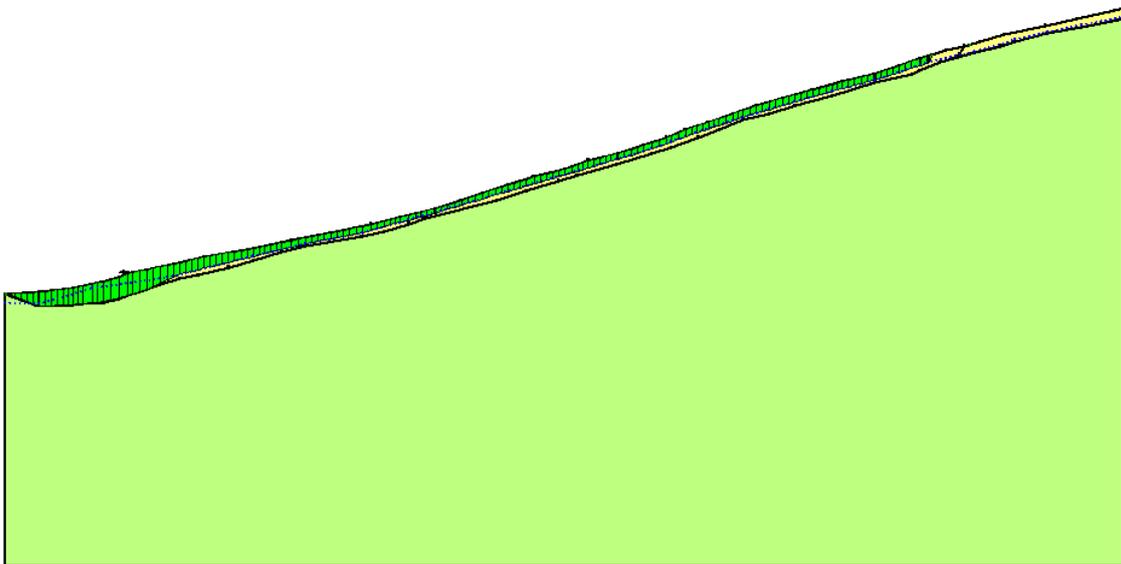


Figura 17: Frana numero 36 – Analisi Slope con parametri caratteristici (SISMA) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

#### 13.4.1.4 ANALISI PARATIE

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 36 - Spessore coltre 3.5m – Falda a 0.88 m d.p.c. – inclinazione del pendio 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	15	0.741	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	23	23	0.60	0.315	1.81	100000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	23	23	0.60	0.498	4.186	100000
Substrato valle(sisma)	20	23	23	0.60	0.315	1.15	100000

**Tabella 15 – Parametri del modello**

I valori di coesione e angolo di attrito della coltre lato monte sono stati imposti al fine di non influenzare l'analisi con un ulteriore effetto sollecitante dovuto al dissesto, siccome quest'ultimo è già presente nell'analisi come forza applicata alla paratia.

**Frana 36 – Momento Flettente**

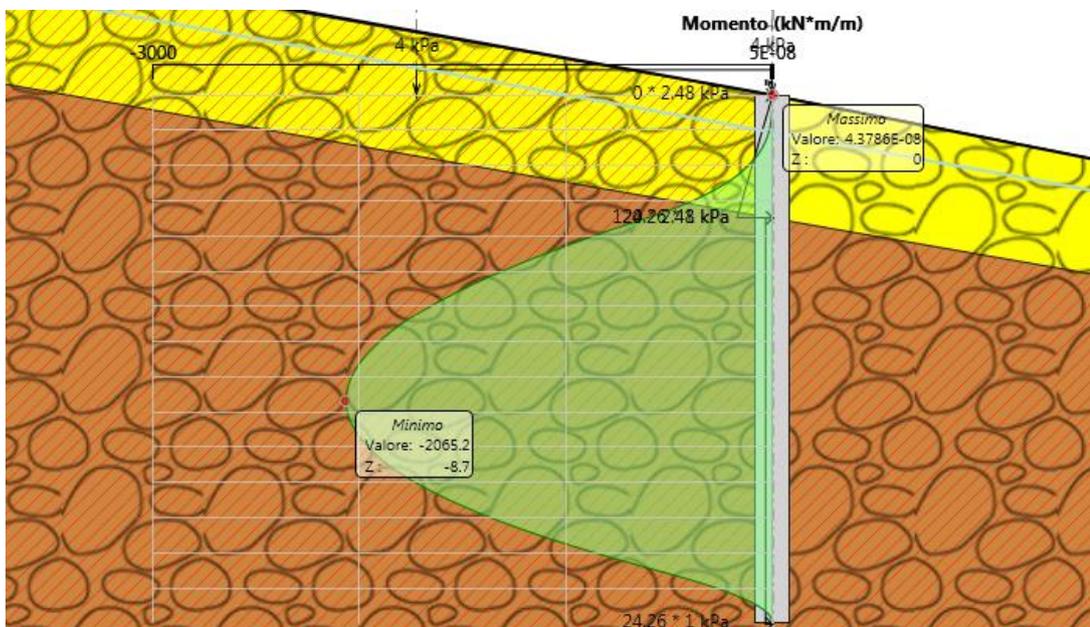


Figura 18: Frana numero 36 – Momento flettente – Valori Caratteristici (SISMA)

**Frana 36 – Taglio**

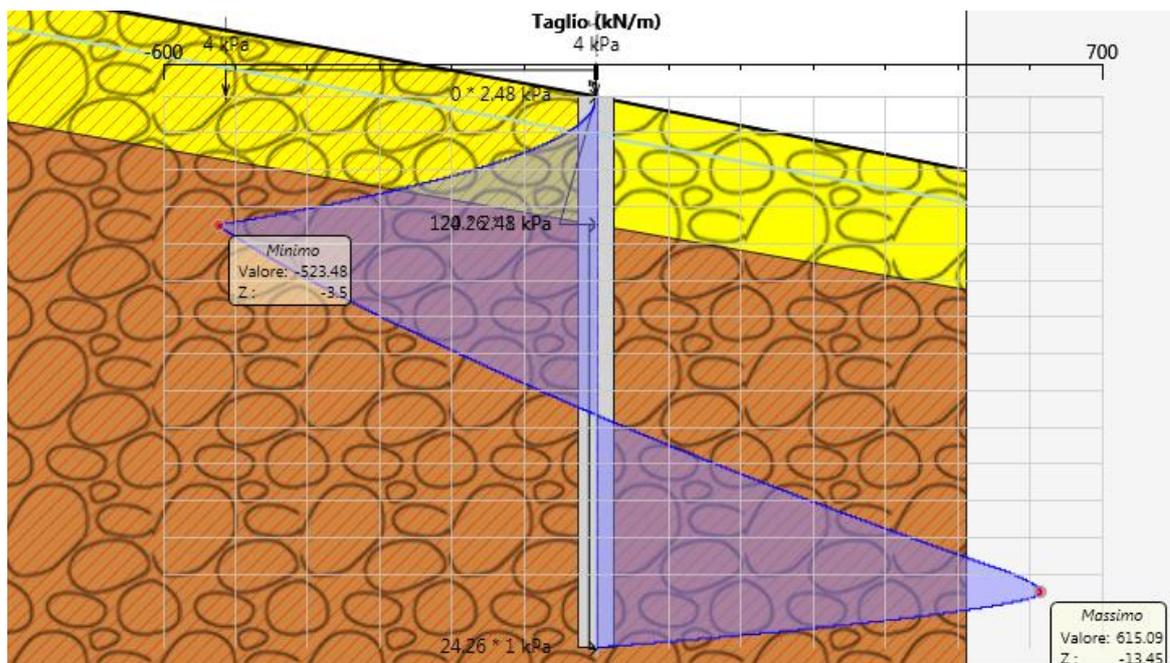


Figura 19: Frana numero 36 – Taglio – Valori Caratteristici (SISMA)

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

Risultati Analisi (GEO)

### 13.4.1.5 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO	F.S.	FORZA PARATIE (Kn)
36	650	1.1	$650/3.5*2=371$

Tabella 16 – Forza stabilizzante (GEO)

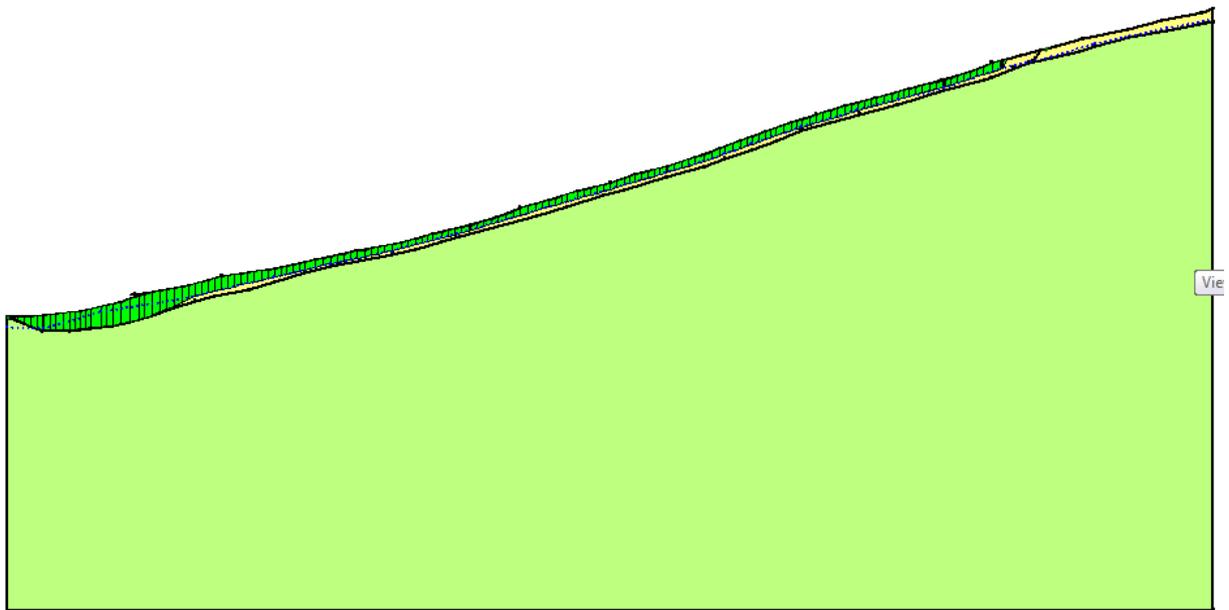


Figura 20: Frana numero 36 – Analisi Slope in A2 M2 (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.4.1.6 ANALISI PARATIE

**Frana 36 - Spessore coltre 3.5m – Falda a 0.88 m d.p.c. – inclinazione del pendio 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	12.1	0.79	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	18.4	18.4	0.678	0.384	1.642	100000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.79	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	18.4	18.4	0.678	0.571	3.051	100000

**Tabella 17 – Parametri del modello (GEO)-strato frana**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### Frana 36 – Spinta passiva mobilitata

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	LEFT	Lato	RIGHT		
Nominal Stage	Riepilogo spinte						
	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
STATICO	1678.2	966.4	2644.6	197.8	2492.1	67.34%	8.48

Figura 21: Frana numero 36 – Spinta passiva mobilitata (GEO) – Valori Caratteristici

#### 13.4.2 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

##### 13.4.2.1 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.

Tabella 18 – Materiali e sollecitazioni di calcolo – A1+M1

MATERIALI					
Calcestruzzo			Acciaio		
$R_{ck}$	30	Mpa	$f_{yk}$	450	Mpa
$f_{ck}$	25	Mpa	$E_s$	200000	Mpa
$E_{cm}$	31000	Mpa	$\gamma_c$	1.15	-
$\gamma_c$	1.5	-	$f_{yd}$	391.3	Mpa
$\alpha_{cc}$	0.85	-	$\epsilon_{uk}$	75	‰
$f_{cd}$	14.1	Mpa			
$f_{ctm}$	2.6	MPa			
$\nu$	0.5	-			
$\epsilon_{c2}$	2	‰			
$\epsilon_{cu2}$	3.5	‰			
$\alpha_e$	15.0	-			
$k_t$	0.4	-			
$k_1$	0.8	-	Valori limite		
$k_2$	0.5	-	$0,45 f_{ck}$	11.2	Mpa
$k_3$	2.14	-	$0,8 f_{yk}$	360	Mpa
$k_4$	0.425	-	$W_{k,lim}$	0.3	mm

COMBINAZIONI GABBIA 1 (a palo)			
	$M_{max}$	$T_{max}$	$N_{max}$
	kNm	kN	kN
SLU	-636.48	6.24	100.1383
SLU	-386.88	332.28	68.72234
SLV	-2478	4.8	170.82
SLV	-716.4	738	264.09
SLE	-489.6	4.8	100.1383

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 78</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 006</b>	REV. <b>C</b>

### 13.4.2.2 Frana 36 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA

	$M_{Ed}$	$N_{ed}$	$M_{Rd}$	F.S.
	<b>kNm</b>	<b>kN</b>	<b>kNm</b>	<b>-</b>
<b>SLU STATICO</b>	636	100	2770.0	<b>4.36</b>
<b>SLU SISMA</b>	2478	171	2732.0	<b>1.10</b>

Figura 22- Verifica SLU e SLV - Palo 1000 – doppio strato 20  $\phi$ 30 – condizioni statiche

La verifica a pressoflessione è soddisfatta con doppio strato 20  $\phi$ 30

### 13.4.2.3 Frana 36 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA

VERIFICA A TAGLIO - SLU					
$\alpha$	90	°	$M_{Ed}$	<b>-386.88</b>	kNm
$A_{sw}$	307.9	mm <sup>2</sup>	$N_{ed}$	<b>68.72</b>	kN
r	500.0	mm	$V_{ed}$	<b>332.28</b>	kN
$r_s$	464.0	mm	$M_{Rd}$	<b>2787</b>	kNm
$\alpha$	0.6	rad			
$A_{tot}$	785398.2	mm <sup>2</sup>	$V_{Rd}$	419.7	kN
A	669871.8	mm <sup>2</sup>	FS	1.26	-
b	842.2	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.6	mm			
d	795.4	mm	cot $\theta$	2.5	-
$\gamma_c$	1.5	-			
$\sigma_{cp}$	0.1	kPa	$V_{Rsd}$	1078.0	kN
$\rho_l$	1.6	%	FS	3.24	-
k	1.5	-	$V_{Rcd}$	1466.7	kN
$v_{min}$	0.3	-	FS	4.41	-
$\alpha_c$	1.0	-			

VERIFICA A TAGLIO - SLV					
$\alpha$	90	°	$M_{Ed}$	<b>-716.40</b>	kNm
$A_{sw}$	307.9	mm <sup>2</sup>	$N_{ed}$	<b>264.09</b>	kN
r	500.0	mm	$V_{ed}$	<b>738.00</b>	kN
$r_s$	464.0	mm	$M_{Rd}$	<b>2761</b>	kNm
$\alpha$	0.6	rad			
$A_{tot}$	785398.2	mm <sup>2</sup>	$V_{Rd}$	419.7	kN
A	669871.8	mm <sup>2</sup>	FS	0.57	-
b	842.2	mm	<i>Necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.6	mm			
d	795.4	mm	cot $\theta$	2.5	-
$\gamma_c$	1.5	-			
$\sigma_{cp}$	0.1	kPa	$V_{Rsd}$	1078.0	kN
$\rho_l$	1.6	%	FS	1.46	-
k	1.5	-	$V_{Rcd}$	1466.7	kN
$v_{min}$	0.3	-	FS	1.99	-
$\alpha_c$	1.0	-			

Tabella 19 – Verifica a Taglio - SLU – A1+M1 – condizioni statiche

La verifica a taglio è soddisfatta con una spirale  $\phi$ 14 passo 20cm.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

#### 13.4.2.4 Frana 36 – SLE

**Tabella 20 – Verifica SLE-STATICO**

ANALISI TENSIONALE - SLE		
$M_{Ek}$	<b>-489.60</b>	kNm
$N_{Ek}$	<b>100.14</b>	kN
$\sigma_{s,max}$	95	MPa
$\sigma_{c,max}$	-4.4	MPa
wk	0.05	mm

Le verifiche SLE sono soddisfatte.

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	106 di 141

### 13.5 PARATIA FRANA 70

SEZIONE70				
<b>H</b>	7,5	[m]		
<b>peso specifico</b>	20	[kN/m <sup>3</sup> ]		
<b>angolo di attrito frana70 (A1-M1)</b>	14	[°]		
<i>ka=teoria di Muller Breslau</i>				
<i>kp=teoria di Caquot Kerisel</i>				
STATICO				
ka_statico	0,941	Sa_statico	530	kN/m
kp_statico	2,333	Sp_statico	1312	kN/m
		F_slope	240	kN/m
SISMICO				
ka_sismico		Sa_statico	0	kN/m
kp_sismico	2,005	Sp_sismico	1128	kN/m
		F_slope	510	kN/m

STAGE	FORZA DA INSERIRE SU PARATIE
STATICO	240/7.5*2=64 KN
SISMA	510/7.5*2=136 KN

Figura 23: Tabella frana numero 70 – Valori di spinta statica (Sp statica) e sismica (Sp sismica), forza derivante da analisi slope con contributo a valle

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

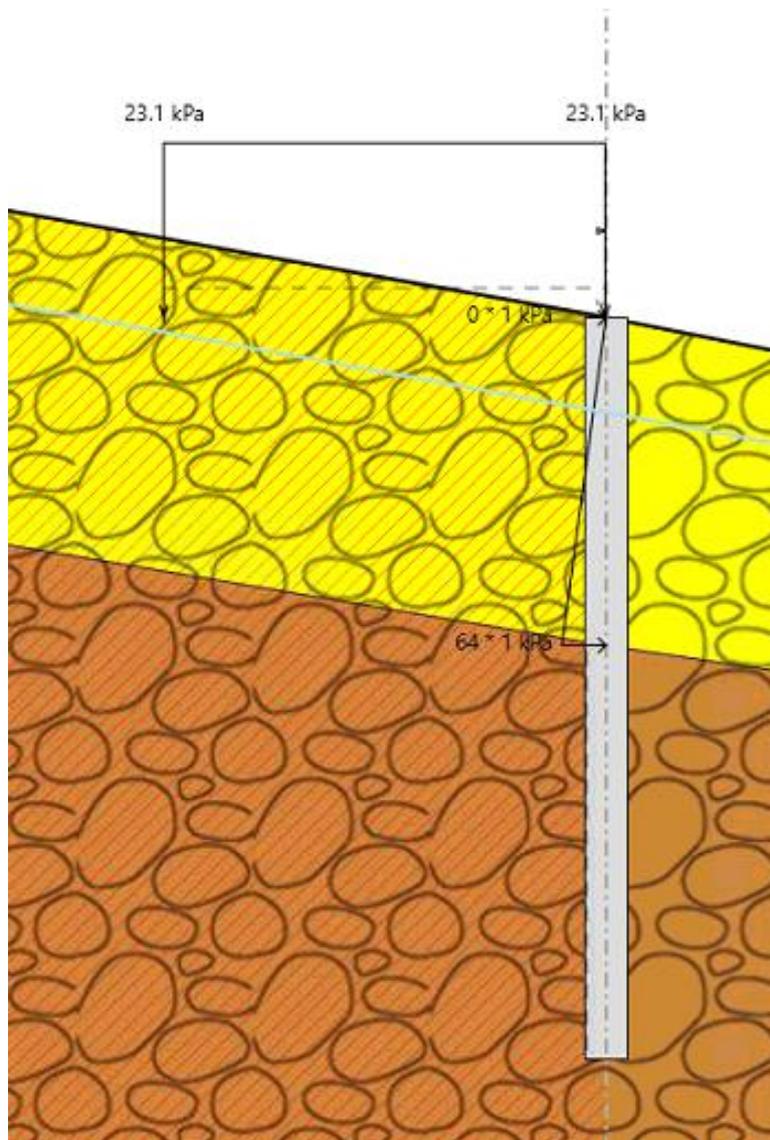


Figura 24: Frana numero 70 – Modello determinato

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

Risultati analisi strutturali (Parametri caratteristici)

### 13.5.1.1 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO	F.S.
70	240	1.1

Tabella 21 – Forza stabilizzante

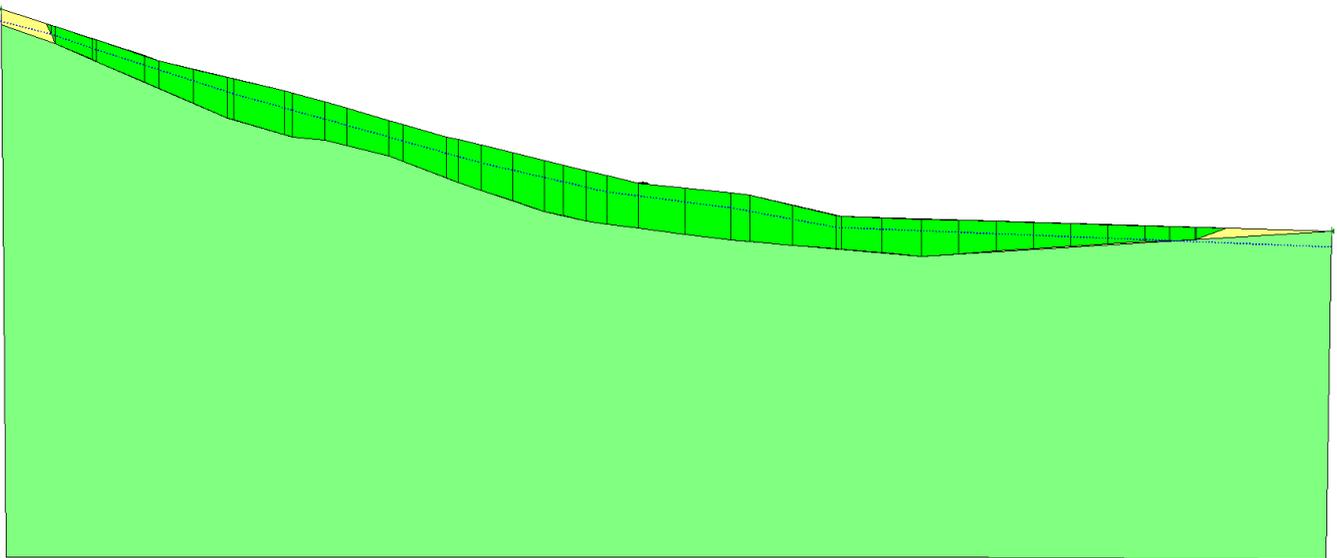


Figura 25: Frana numero 70 – Analisi Slope in A1 M1 (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.5.1.2 ANALISI Paratie

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 70 – Spessore coltre 7.5m - Falda a 2.5 m d.p.c. – inclinazione del pendio: 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [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	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [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 22 – Parametri del modello**

Per quanto riguarda i valori di angolo di attrito utilizzati, questi fanno riferimento al range riportato all'interno della relazione geotecnica del lotto 3b per la formazione del FYN4(20-35°).

I valori di coesione e angolo di attrito della coltre lato monte sono stati imposti al fine di non influenzare l'analisi con un ulteriore effetto sollecitante dovuto al dissesto, siccome quest'ultimo è già presente nell'analisi come forza applicata alla paratia.

Si riportano in seguito i risultati ottenuti

**Frana 70 – Momento Flettente**

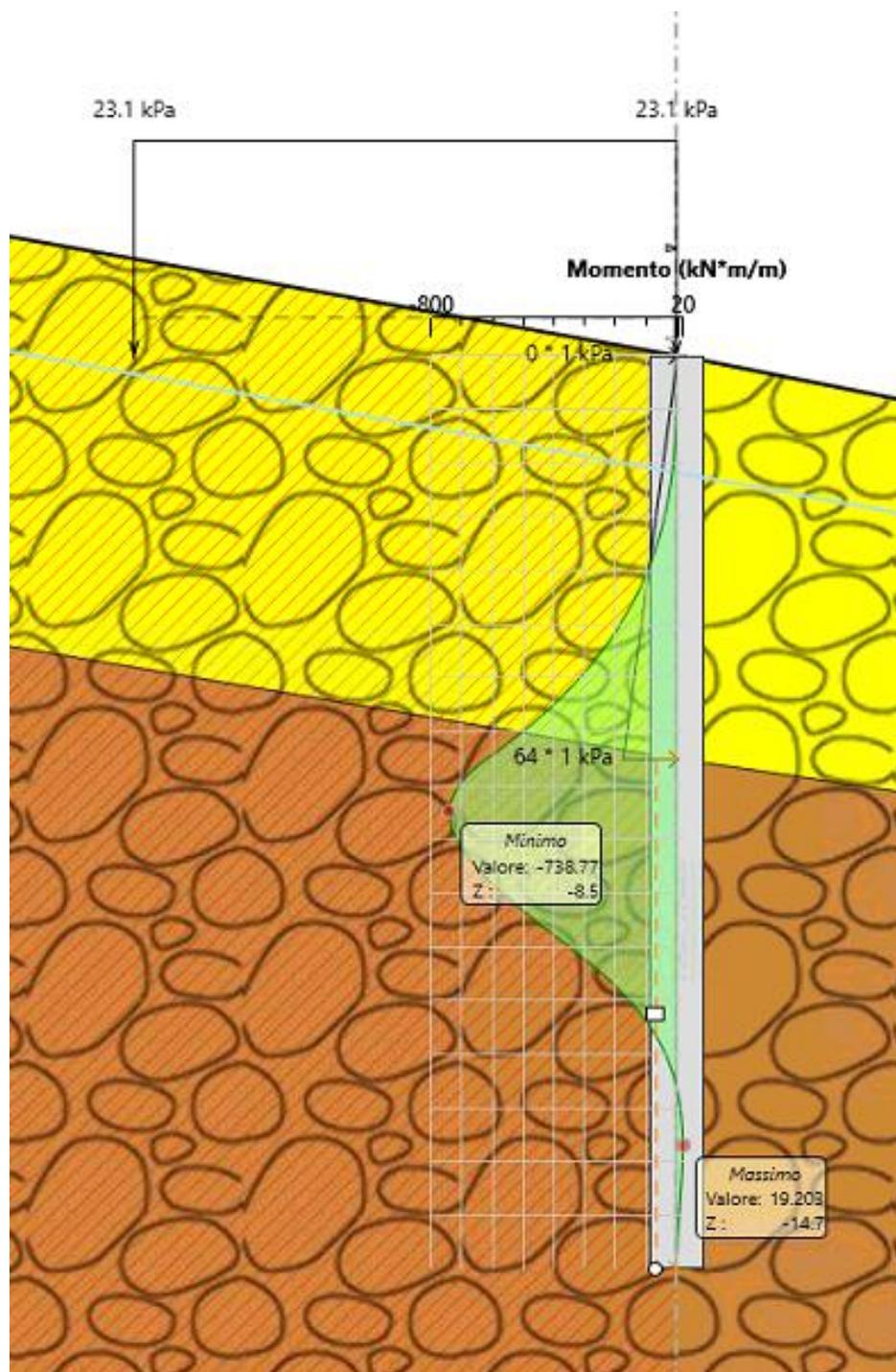


Figura 26: Frana numero 70 – Momento flettente– Valori Caratteristici

### Frana 70 – Taglio

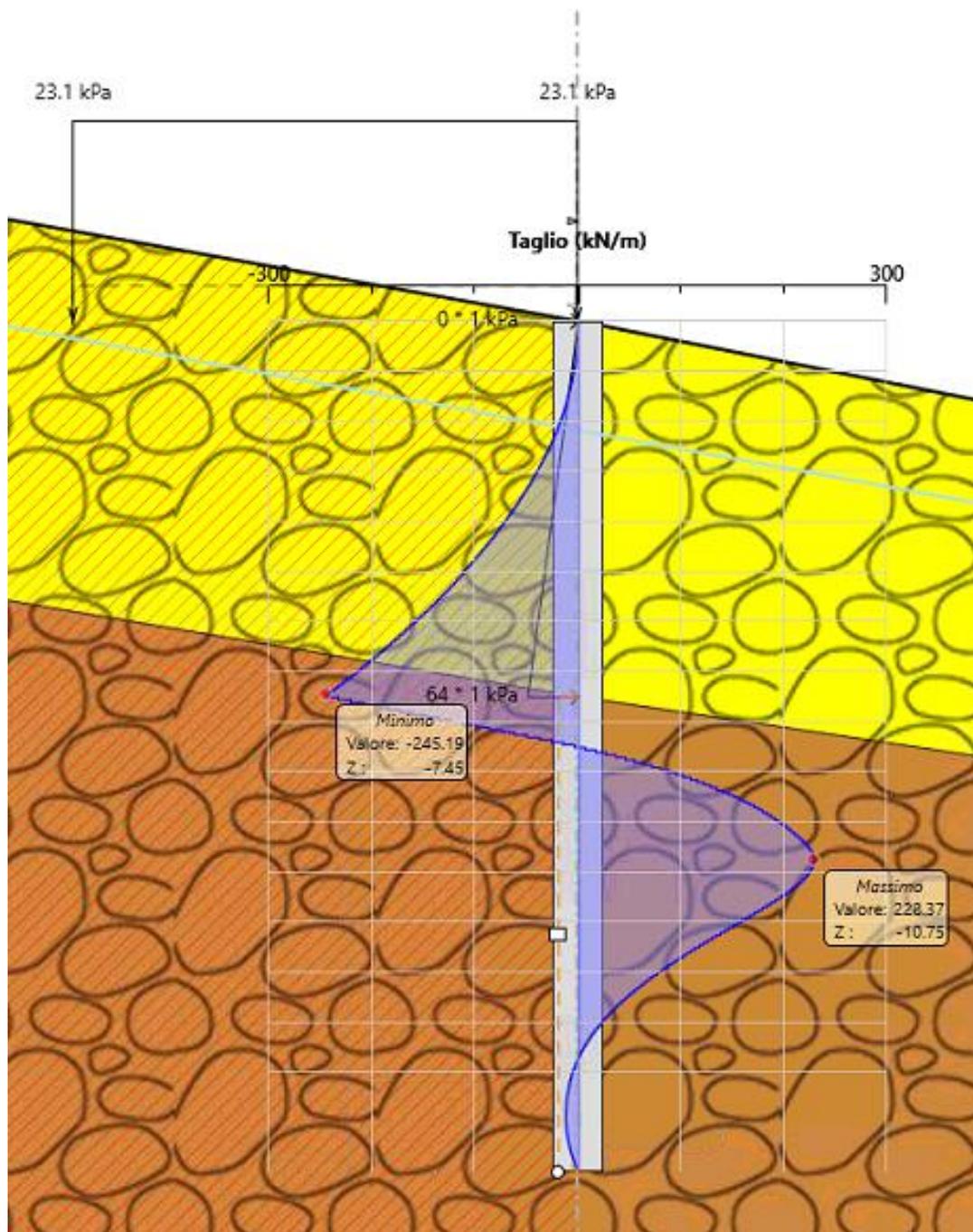


Figura 27: Frana numero 70 – Taglio – Valori caratteristici

### Frana 70 – Spostamento

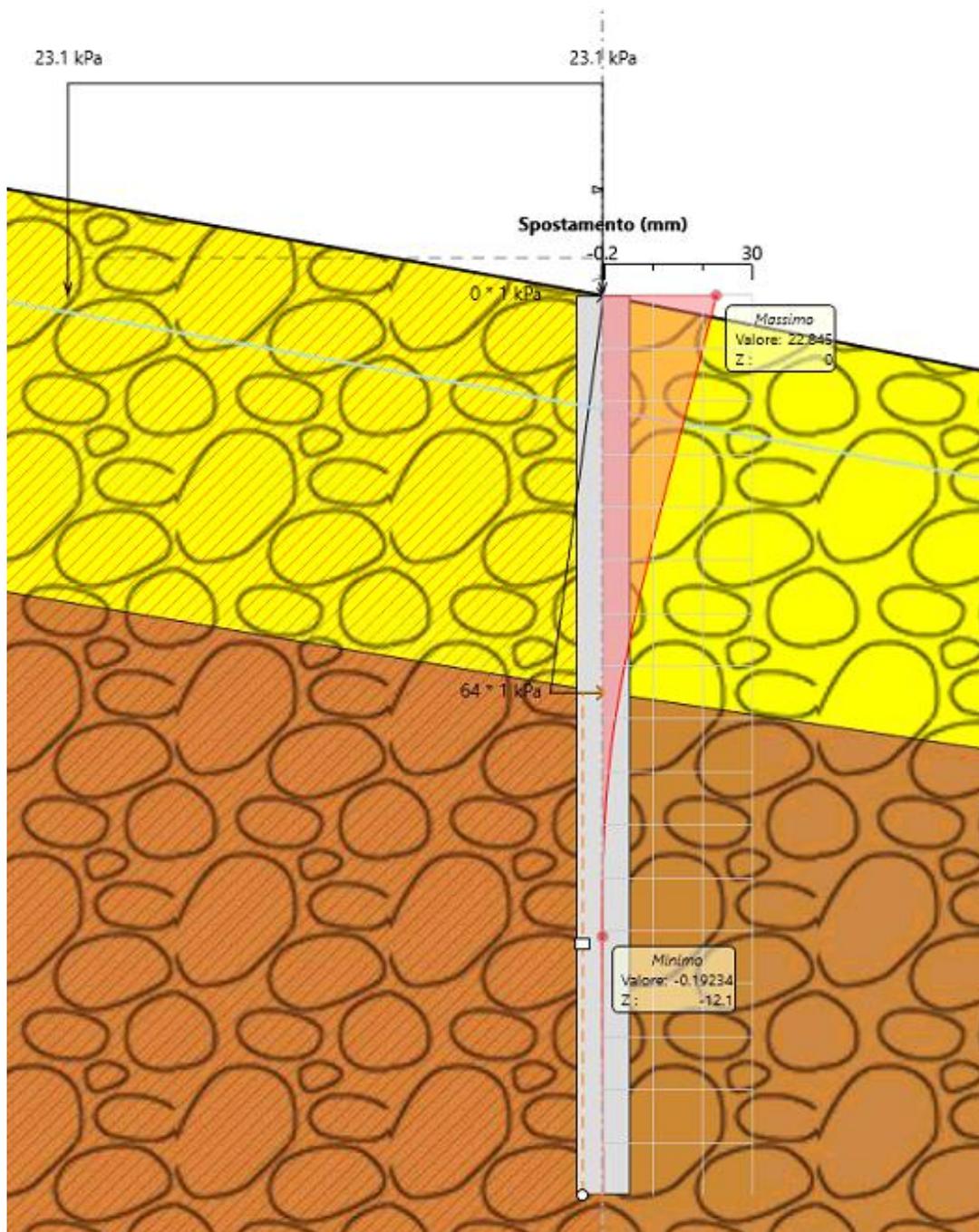


Figura 28: Frana numero 70 – Spostamento – Valori caratteristici

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### Risultati analisi strutturali sismiche

L'azione sismica è stata calcolata in modo pseudo statico utilizzando la formulazione di Mononobe e Okabe per la determinazione del fattore di spinta attiva in fase sismica, all'interno del modello quindi si è distribuito uniformemente l'incremento di carico su tutta la paratia ( $\Delta S_E$ ) immersa nel FYN4 e non sulla porzione immersa nel corpo di frana.

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

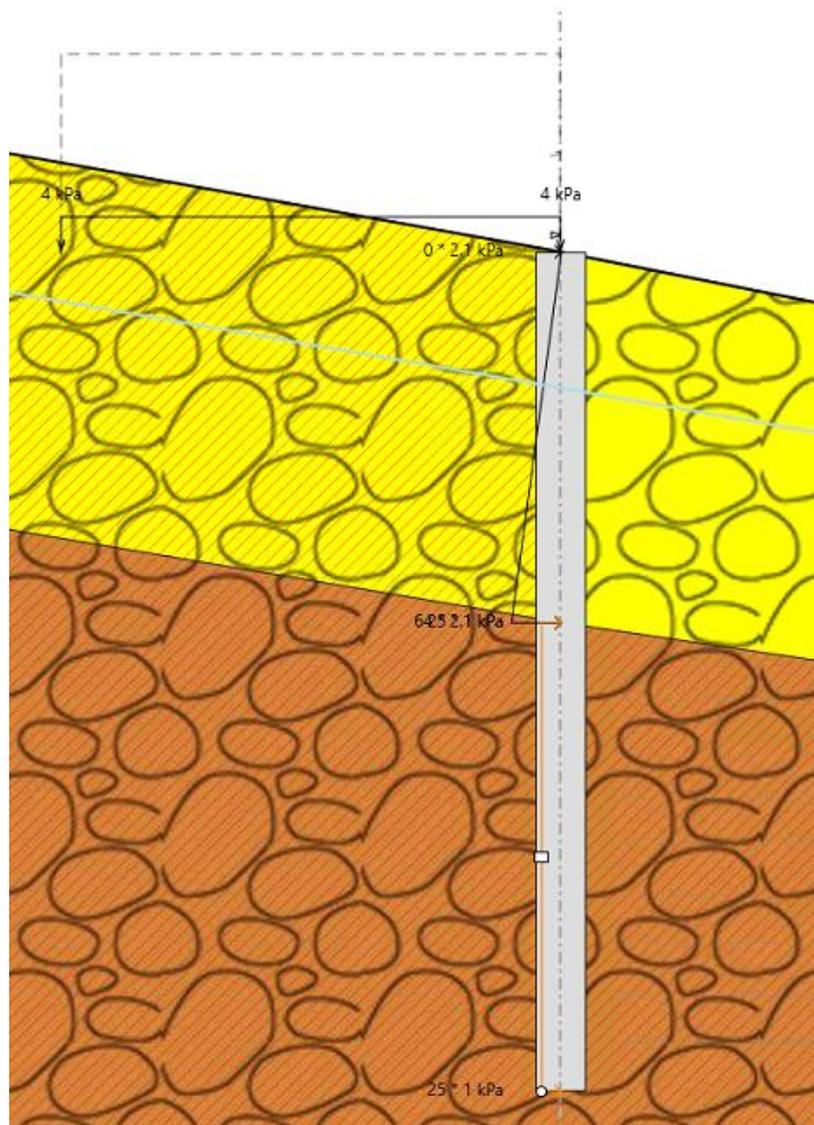


Figura 29 – Modello Paratie plus per analisi sismica

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 78</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 006</b>	REV. <b>C</b>

La fase sismica è stata calcolata in modo pseudo statico utilizzando la formulazione di Mononobe e Okabe distribuendo il carico ottenuto in modo uniformemente distribuito su tutta la paratia ( $\Delta SE$ )

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

PARAMETRI SISMICI												
	htotale	ag/g	Categoria di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/g	$\alpha_{attiva}$	$\alpha_{passiva}$	Us	$\beta$	kh <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>
<b>70_monte</b>	17	<b>0.088</b>	C	1.5	1	<b>0.132</b>	0.809	1	0.085	0.054	0,0579	0,0715
<b>70_2 monte</b>	17	<b>0.088</b>	C	1.5	1	<b>0.132</b>	0.809	1	0.085	0.054	0,0579	0,0715
<b>70_valle</b>	17	<b>0.088</b>	C	1.5	1	<b>0.132</b>	0.809	1	0.085	0.054	0,0579	0,0715
<b>70_2 valle</b>	17	<b>0.088</b>	C	1.5	1	<b>0.132</b>	0.809	1	0.085	0.054	0,0579	0,0715

PARAMETRI SISMICI													
ag/g	Categoria di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/g	H <sub>tot</sub>	$\alpha_{attiva}$	$\alpha_{passiva}$	Us	$\beta$	kh <sub>attiva</sub>	kv ( $\pm$ ) <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>	kv ( $\pm$ ) <sub>passiva</sub>
0,0880	C	1,5	1	0,1320	17,0	0,809	1	0,085	0,54	0,0579	0,0000	0,0715	0,0000
MONONOBE - OKABE Ka													
$\theta + (M-O)$ [°]	$\beta$ pendio [°]	$\psi$ [°]	$\phi$ [°]	$\delta_{sisma}$ [°]	K <sub>a,E</sub>	K <sub>a,E</sub> H	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Delta S_E$ [kPa]	$\Delta S_{qE}$ [kPa]	Carico (kPa)	k <sub>attiva statica</sub> H	sovr [kPa]	
3,314	14	90	24,0	16,0	0,5618	0,5401	20	24,14	0,32	24,46	0,460692763	4	

FRANA	monte			
	$\phi$	14	°	FYN4
	$\alpha$	90	°	
	$\beta$	0	°	
	$\delta_{STATICO}$	9,33	°	
	$\delta_{SISMICO}$	0	°	
	$\psi_{STATICO}$	0	°	
	$\psi_{SISMICO}$	4,28	°	
	i	14	°	
	kh	0,07	a/g	
	$2\theta_{STATICO}$	2,71	rad	
	$2\theta_{SISMICO}$	1,09	rad	
	kP <sub>STATICO</sub> H	2,333		
kP <sub>SISMICO</sub> H	2,007			

SUBSTRATO	monte			valle		
	$\phi$	24	°	$\phi$	24	°
	$\alpha$	90	°	$\alpha$	90	°
	$\delta_{STATICO}$	16	°	$\delta_{STATICO}$	16	°
	$\delta_{SISMICO}$	0	°	$\delta_{SISMICO}$	0	°
	$\psi_{STATICO}$	0	°	$\psi_{STATICO}$	0	°
	i	14,00	°	i	-14,00	°
	$2\theta_{STATICO}$	1,91	rad	$2\theta_{STATICO}$	0,14	rad
	kP <sub>STATICO</sub> H	4,398		kP <sub>STATICO</sub> H	2,007	
	kP <sub>SISMICO</sub> H	3,19		kP <sub>SISMICO</sub> H	1,28	

**Tabella 23 – Parametri sismici: a sn facente riferimento allo strato di frana, a dx al substrato**

 <b>ITAFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.5.1.3 ANALISI SLOPE

Il calcolo secondo la combinazione di parametri caratteristici 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	F.S.
70	C	0.088	1.5	1	0.138	0.24	0.03	0.015	510	1.10

Tabella 24 – Analisi della forza stabilizzante – parametri caratteristici – fase sismica – SLOPE

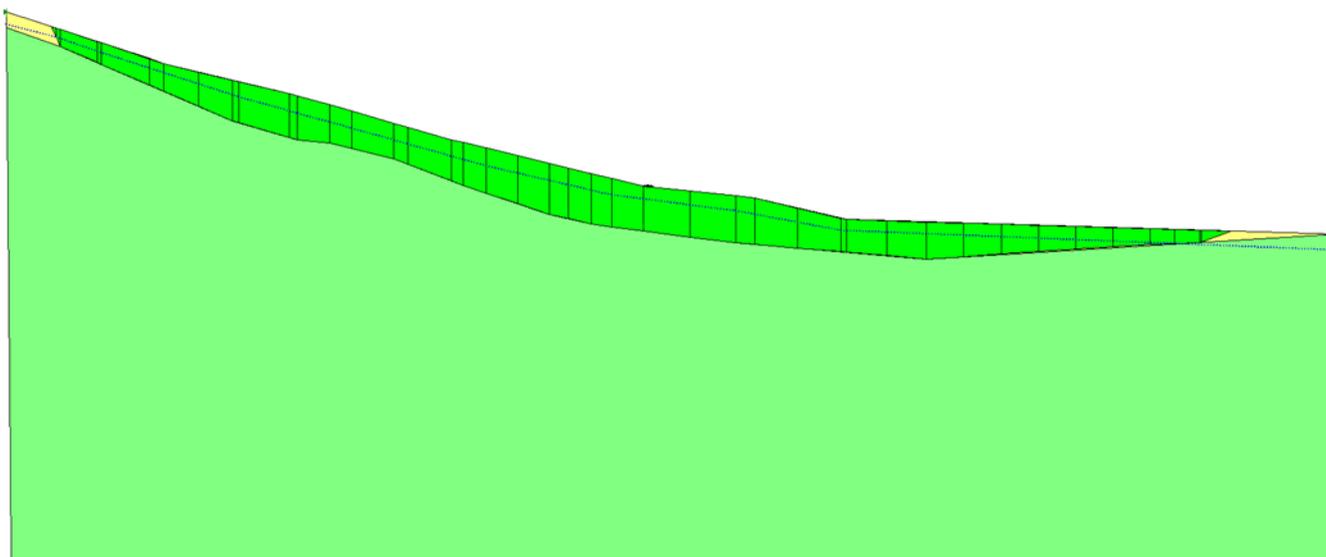


Figura 30: Frana numero 70 – Analisi Slope con parametri caratteristici (SISMA) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.5.1.4 ANALISI PARATIE

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 70 – Spessore coltre 7.5m - Falda a 2.5 m d.p.c. – inclinazione del pendio: 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [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	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [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 25 – Parametri del modello**

I valori di coesione e angolo di attrito della coltre lato monte sono stati imposti al fine di non influenzare l'analisi con un ulteriore effetto sollecitante dovuto al dissesto, siccome quest'ultimo è già presente nell'analisi come forza applicata alla paratia.

**Frana 70 – Momento Flettente**

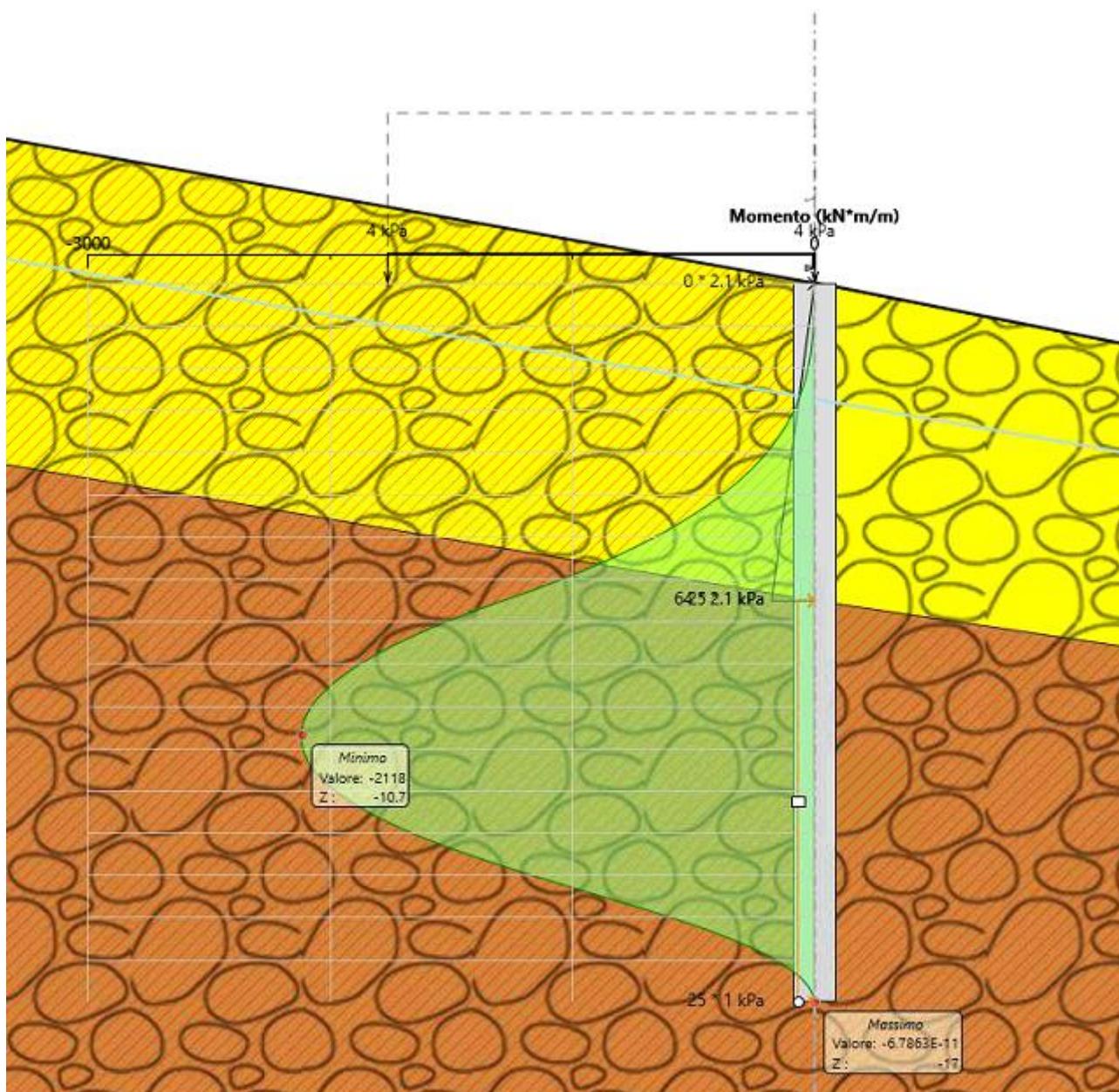


Figura 31: Frana numero 70 – Momento flettente – Valori Caratteristici (SISMA)

### Frana 70 – Taglio

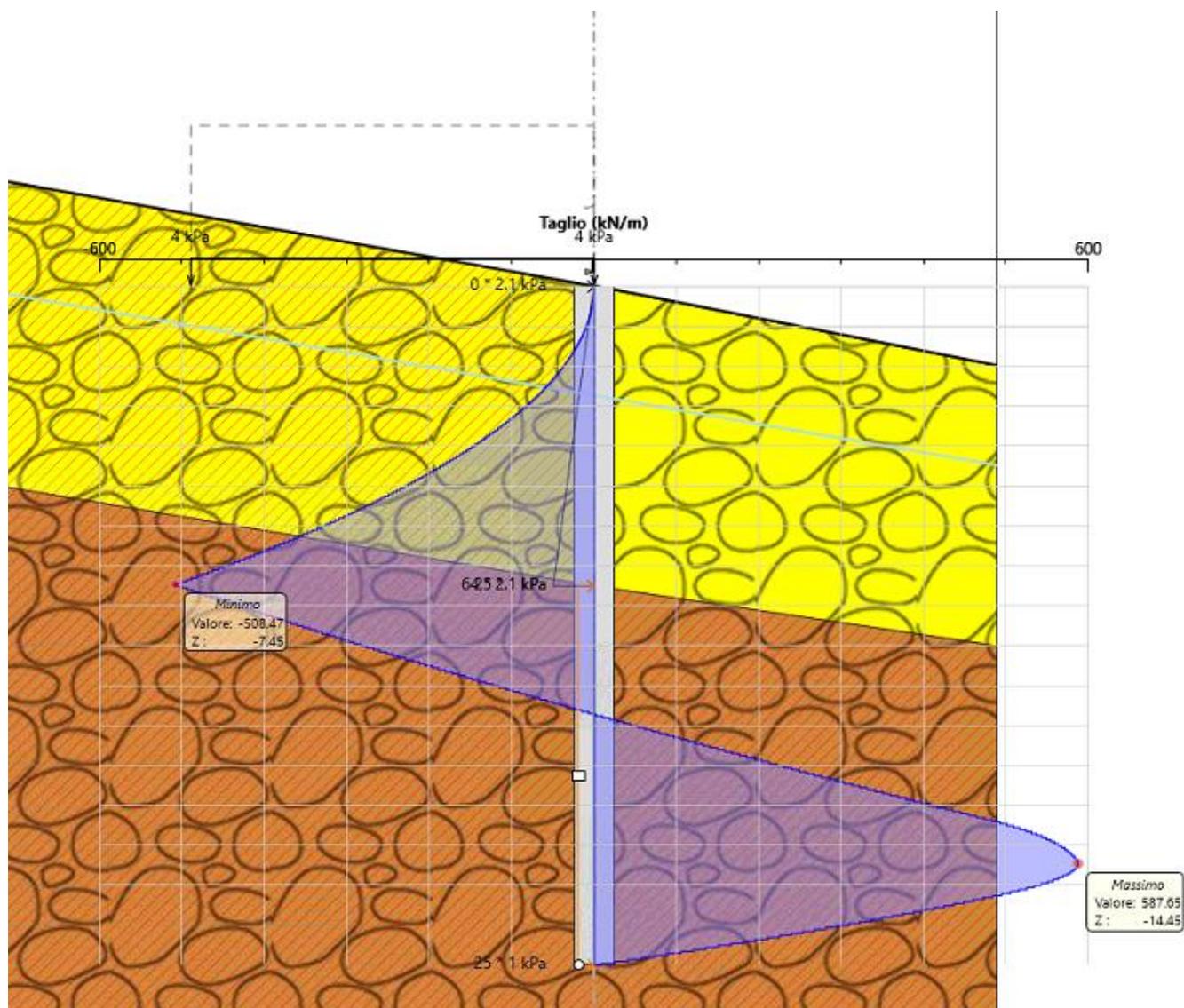


Figura 32: Frana numero 70 – Taglio – Valori Caratteristici (SISMA)

 <b>ITAFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

Risultati Analisi (GEO)

### 13.5.1.5 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO	F.S.	FORZA PARATIE (Kn)
70	680	1.1	$680/7.5*2=181.3$

Tabella 26 – Forza stabilizzante (GEO)

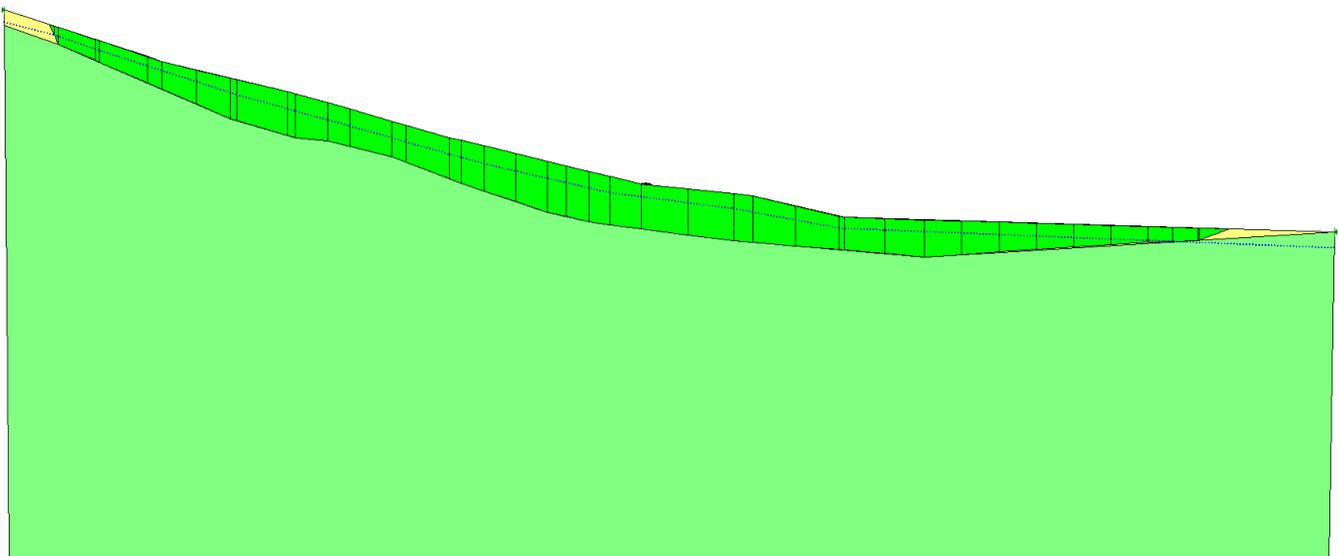


Figura 33: Frana numero 70 – Analisi Slope in A2 M2 (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.5.1.6 ANALISI PARATIE

**Frana 70 – Spessore coltre 7.5m - Falda a 2.5 m d.p.c. – inclinazione del pendio: 11°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [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	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [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 27 – Parametri del modello (GEO)-strato frana**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

## Frana 70 – Spinta passiva mobilitata

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	LEFT	Lato	RIGHT		
Nominal Stage	Riepilogo spinte					Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)		
STATICO	2050.1	1011.2	3061.2	341.3	2991.6	68.53%	6.01

Figura 34: Frana numero 70 – Spinta passiva mobilitata (GEO) – Valori Caratteristici

### 13.6 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

#### 13.6.1.1 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	$\gamma_c$	1,15	-
$\gamma_c$	1,5	-	$f_{yd}$	391,3	Mpa
$\alpha_{cc}$	0,85	-	$\epsilon_{uk}$	75	‰
$f_{ctd}$	14,1	Mpa			
$f_{ctm}$	2,6	MPa			
$\nu$	0,5	-			
$\epsilon_{c2}$	2	‰			
$\epsilon_{cu2}$	3,5	‰			
$\alpha_c$	15,0	-			
$k_t$	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 70								
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]	[m]
SLU	Statica	Momento Max	-8,6	-739		-169	1,00	1,2
	Statica	Taglio Max	-7,45		-245,00	-146	1,00	1,2
SLV	Sisma	Momento Max	-10,75	-2118		-211	1,00	1,2
	Sisma	Taglio Max	-14,45		587,65	-284	1,00	1,2

Tabella 28 – Materiali e sollecitazioni di calcolo – A1+M1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 78</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 006</b>	REV. <b>C</b>

### 13.6.1.2 Frana 70 - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA

STR				
STAGE	M da paratie (kN*m)	M (kN*m)	N (kN)	M resistente(kN*m)
STATICO	-739(-8.6)	$-739 * 1.3 * 1.2 = -1152.84$	-169	-3521.9
SISMA	-2118(-10.75)	$-2118 * 1 * 1.2 = -2541.6$	-211	-3480

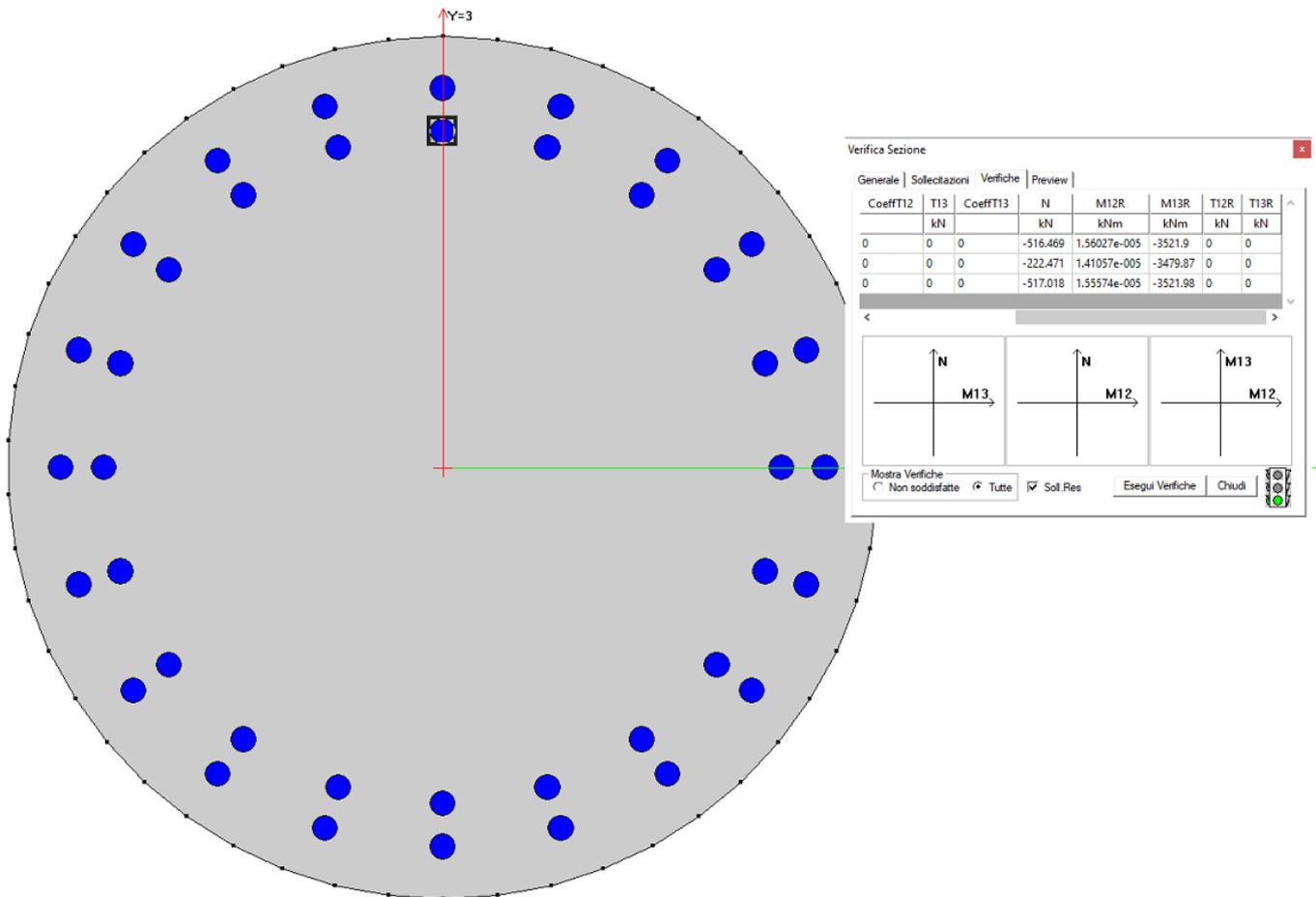


Figura 35- Verifica CMP - Palo 1000 – doppio strato 20  $\phi$ 30 – condizioni statiche

**La verifica a pressoflessione è soddisfatta con doppio strato 20  $\phi$ 30**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.6.1.3 Frana 70 - Taglio – SLU: STATICO E SISMA

STR				
STAGE	T da paratie (kN)	T (kN)	N (kN)	T resistente(kN)
STATICO	-245 (-7.5)	$-245 * 1.3 * 1.2 = -382.2$	-146.28	607.7
SISMA	587(-14.5)	$587 * 1 * 1.2 = 705.2$	-283.7	810.3

#### STATICO

quota Ver	[m]	-7,45
V	[kNm/m]	-245
V	[kNm]	-382,2
N	[kN]	-146,28
Vrd	[kNm]	607,7
Arm. Spir.	∅ [mm]	14
	passo [cm]	20
A	[mm <sup>2</sup> ]	307,88
H utile	[cm]	78,49
bw	[cm]	84,25
s cp	[MPa]	-0,22
a c	[-]	0,98
V Rcd	[kN]	1950,66
V Rsd	[kN]	608

#### SISMA

quota Ver	[m]	-14,5
V	[kNm/m]	587,7
V	[kNm]	705,2
N	[kN]	-283,7
Vrd	[kNm]	810,3
Arm. Spir.	∅ [mm]	14,0
	passo [cm]	15,0
A	[mm <sup>2</sup> ]	307,9
H utile	[cm]	78,5
bw	[cm]	84,3
s cp	[MPa]	-0,3
a c	[-]	1,0
V Rcd	[kN]	1943,1
V Rsd	[kN]	1215,4

fyk	γ <sub>s</sub>	fyd
450,0	1,2	391,3
[MPa]		[MPa]

fyk	γ <sub>s</sub>	fyd
450,0	1,2	391,3
[MPa]		[MPa]

fck	γ <sub>c</sub>	fcd
25,0	1,5	14,2
[MPa]		[MPa]

fck	γ <sub>c</sub>	fcd
25,0	1,5	14,2
[MPa]		[MPa]

α [°]	θ [°]
90,0	35,0

α [°]	θ [°]
90,0	35,0

**Tabella 29 – Verifica a Taglio - SLU – A1+M1 – condizioni statiche**

La verifica a taglio è soddisfatta con una spirale  $\phi 14$  passo 20cm nel caso statico e con una spirale  $\phi 14$  passo 15cm nel caso sismico.

### 13.6.1.4 Frana 70 – SLE

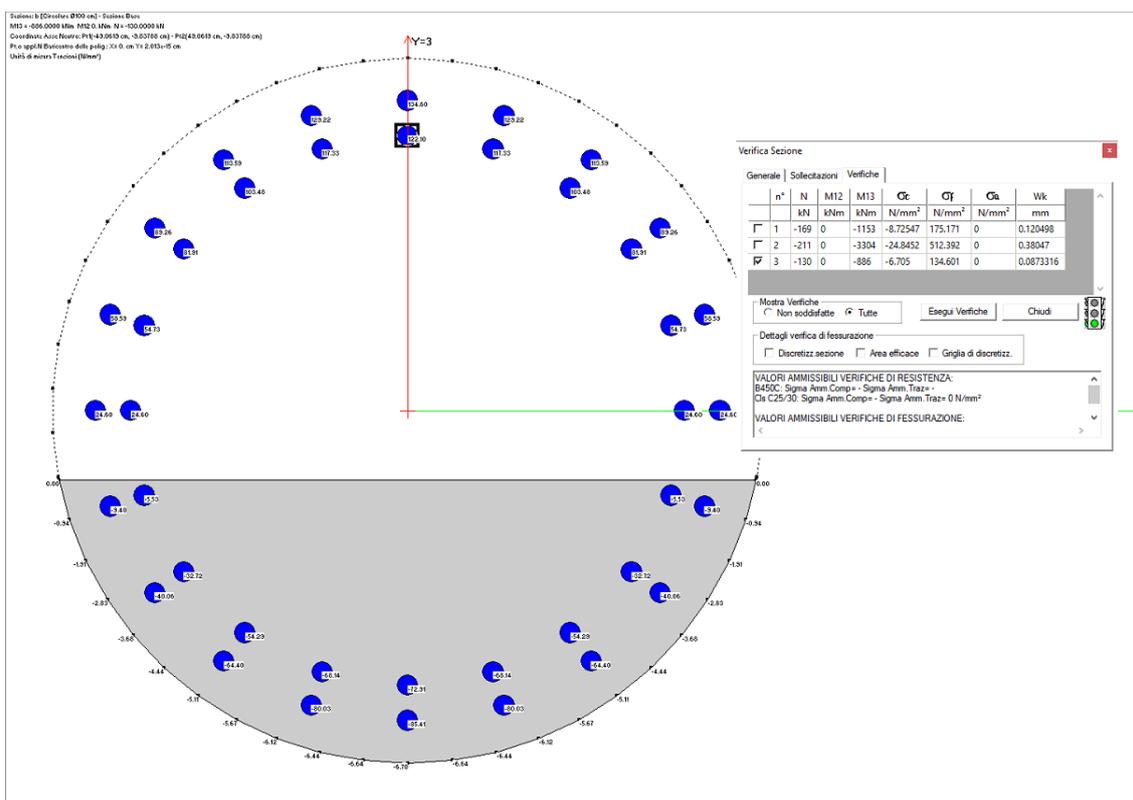


Tabella 29 – Verifica SLE-frana70

VALORI DI FESSURAZIONE : WK (mm)	
SLE	0.08

Le verifiche SLE sono soddisfatte

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.7 PARATIA FRANA 63BIS

SEZIONE 63bis				
H	6	[m]		
peso specifico	20	[kN/m <sup>3</sup> ]		
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	339	kN/m
kp_statico	2.333	Sp_statico	840	kN/m
		F_slope	350	kN/m
SISMICO				
ka_sismico		Sa_statico	0	kN/m
kp_sismico	2.004	Sp_statico	721	kN/m
		F_slope	950	kN/m

STAGE	FORZA DA INSERIRE SU PARATIE
STATICO	$350/6*2=116.7$ KN
SISMA	$950/6*2=316.7$ KN

Figura 36: Tabella frana numero 63bis – Valori di spinta statica (Sp statica) e sismica (Sp sismica), forza derivante da analisi slope con contributo a valle

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

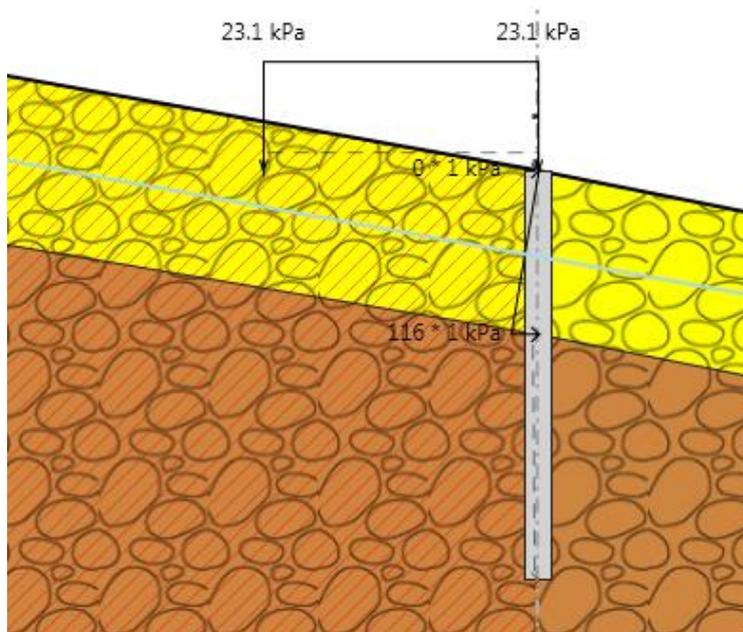


Figura 37: Frana numero 63bis – Modello determinato

Risultati analisi strutturali (Parametri caratteristici)

### 13.7.1.1 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO	F.S.
63bis	350	1.1

Tabella 30 – Forza stabilizzante

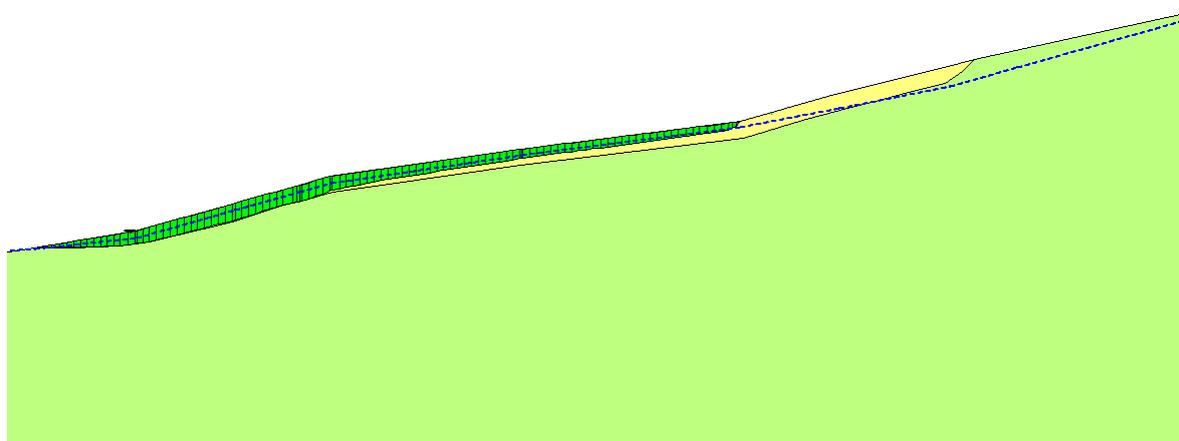


Figura 38: Frana numero 63bis – Analisi Slope in A1 M1 (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.7.1.2 ANALISI Paratie

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 63bis – Spessore coltre 6m - Falda a 3 m d.p.c. – inclinazione del pendio: 14°**

#### Finestra: “Terreni”

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	14	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	50	30	0.5	0.241	2.82	180000

#### Finestra: “Stratigrafia”

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	50	30	0.5	0.342	6.702	180000
Substrato valle(sisma)	20	50	30	0.5	0.241	1.62	180000

**Tabella 31 – Parametri del modello**

Per quanto riguarda i valori di angolo di attrito utilizzati, questi fanno riferimento al range riportato all'interno della relazione geotecnica del lotto 3b per la formazione del FYN4 della tratta 12 delle opere all'aperto.

I valori di coesione e angolo di attrito della coltre lato monte sono stati imposti al fine di non influenzare l'analisi con un ulteriore effetto sollecitante dovuto al dissesto, siccome quest'ultimo è già presente nell'analisi come forza applicata alla paratia.

Si riportano in seguito i risultati ottenuti

#### **Frana 63 BIS – Momento Flettente**

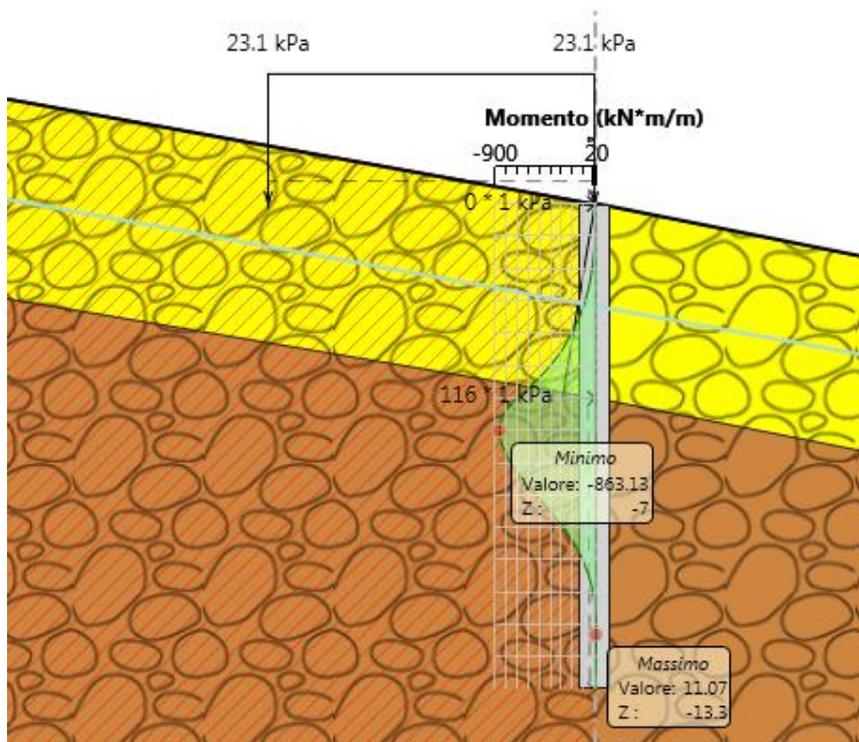


Figura 39: Frana numero 63bis– Momento flettente– Valori Caratteristici

### Frana 63BIS – Taglio

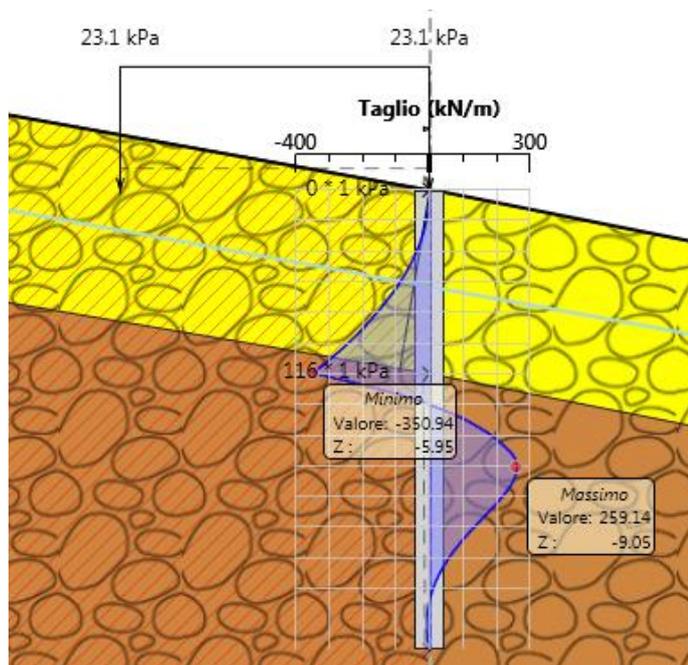


Figura 40: Frana numero 63bis – Taglio – Valori caratteristici

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### Frana 63BIS – Spostamento

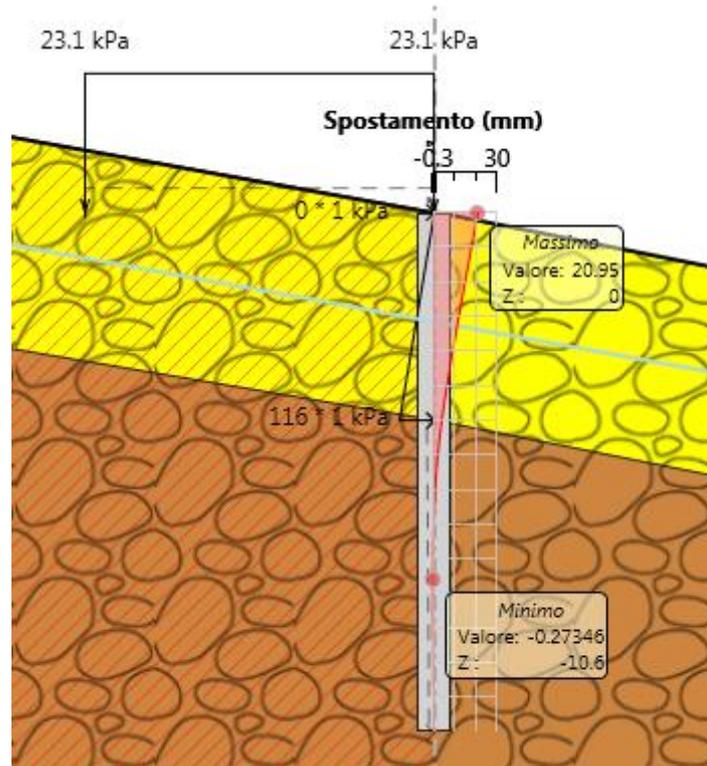


Figura 41: Frana numero 63bis – Spostamento – Valori caratteristici

#### Risultati analisi strutturali sismiche

L'azione sismica è stata calcolata in modo pseudo statico utilizzando la formulazione di Mononobe e Okabe per la determinazione del fattore di spinta attiva in fase sismica, all'interno del modello quindi si è distribuito uniformemente l'incremento di carico su tutta la paratia ( $\Delta S_E$ ) immersa nel FYN4 e non sulla porzione immersa nel corpo di frana.

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

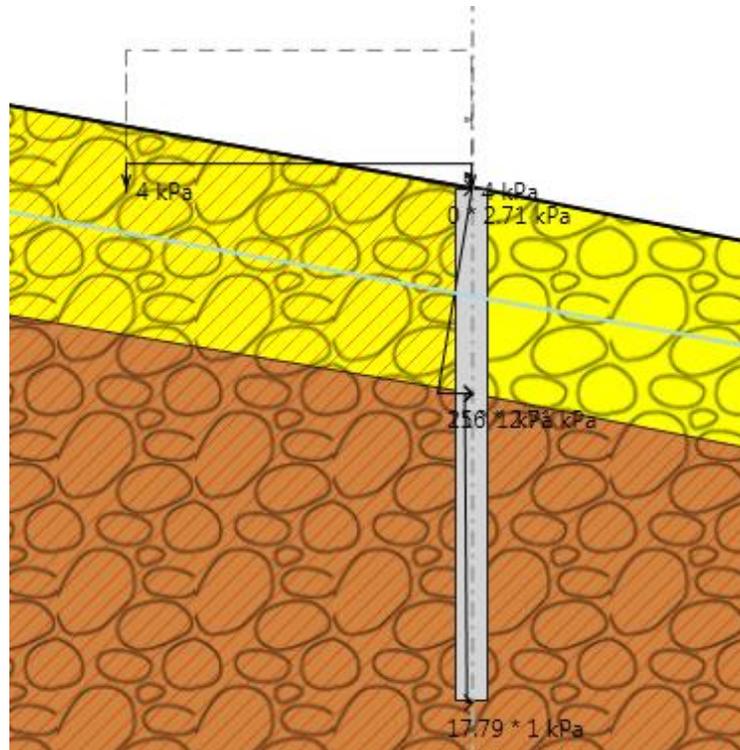


Figura 42 – Modello Paratie plus per analisi sismica

La fase sismica è stata calcolata in modo pseudo statico utilizzando la formulazione di Mononobe e Okabe distribuendo il carico ottenuto in modo uniformemente distribuito su tutta la paratia ( $\Delta SE$ )

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

		PARAMETRI SISMICI										
	htotale	ag/g	Categoria di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/g	$\alpha_{attiva}$	$\alpha_{passiva}$	U <sub>s</sub>	$\beta$	kh <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>
63bis_monte	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
63bis_2 monte	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
63bis_vallée	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829
63bis_2 valle	15	0.0990	C	1.5	1	0.1485	0.854	1	0.075	0.056	0,0708	0,0829

Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 78	RH	GE0000 006	C	131 di 141

PARAMETRI SISMICI													
ag/g	Categoria di suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	amax/g	H <sub>tot</sub>	α <sub>attiva</sub>	α <sub>passiva</sub>	U <sub>s</sub>	β	kh <sub>attiva</sub>	kv (±) <sub>attiva</sub>	kh <sub>passiva</sub>	kv (±) <sub>passiva</sub>
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 Ka													
θ+ (M-O) [°]	β pendio [°]	ψ [°]	φ [°]	δ <sub>sisma</sub> [°]	K <sub>a,E</sub>	K <sub>a,E</sub> H	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	ΔS <sub>e</sub> [kPa]	ΔSq <sub>e</sub> [kPa]	carico (kPa)	k <sub>attiva statica</sub> H	sovr [kPa]	
4,051	14	90	24,0	16,0	0,5843	0,5617	20	25,25	0,40	25,65	0,461	4,0000	

FRANA	monte			
	φ	14	°	FYN4
	α	90	°	
	β	0	°	
	δ <sub>STATICO</sub>	9,33	°	
	δ <sub>SISMICO</sub>	0	°	
	ψ <sub>STATICO</sub>	0	°	
	ψ <sub>SISMICO</sub>	4,28	°	
	i	14	°	
	kh	0,07	a/g	
	2θ <sub>STATICO</sub>	2,71	rad	
	2θ <sub>SISMICO</sub>	1,09	rad	
kP <sub>STATICO</sub> H	2,333			
kP <sub>SISMICO</sub> H	2,007			

SUBSTRATO	monte				valle			
	φ	24	°		φ	24	°	
	α	90	°		α	90	°	
	δ <sub>STATICO</sub>	16	°		δ <sub>STATICO</sub>	16	°	
	δ <sub>SISMICO</sub>	0	°		δ <sub>SISMICO</sub>	0	°	
	ψ <sub>STATICO</sub>	0	°		ψ <sub>STATICO</sub>	0	°	
	i	14,00	°		i	-14,00	°	
	2θ <sub>STATICO</sub>	1,91	rad		2θ <sub>STATICO</sub>	0,14	rad	
	kP <sub>STATICO</sub> H	4,398			kP <sub>STATICO</sub> H	2,007		
	kP <sub>SISMICO</sub> H	3,19			kP <sub>SISMICO</sub> H	1,28		

**Tabella 32 – Parametri sismici: a sn facente riferimento allo strato di frana, a dx al substrato**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.7.1.3 ANALISI SLOPE

Il calcolo secondo la combinazione di parametri caratteristici 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	F.S.
63bis	C	0.0990	1.5	1	0.1485	0.24	0.035	0.017	950	1.10

Tabella 33 – Analisi della forza stabilizzante – parametri caratteristici – fase sismica – SLOPE

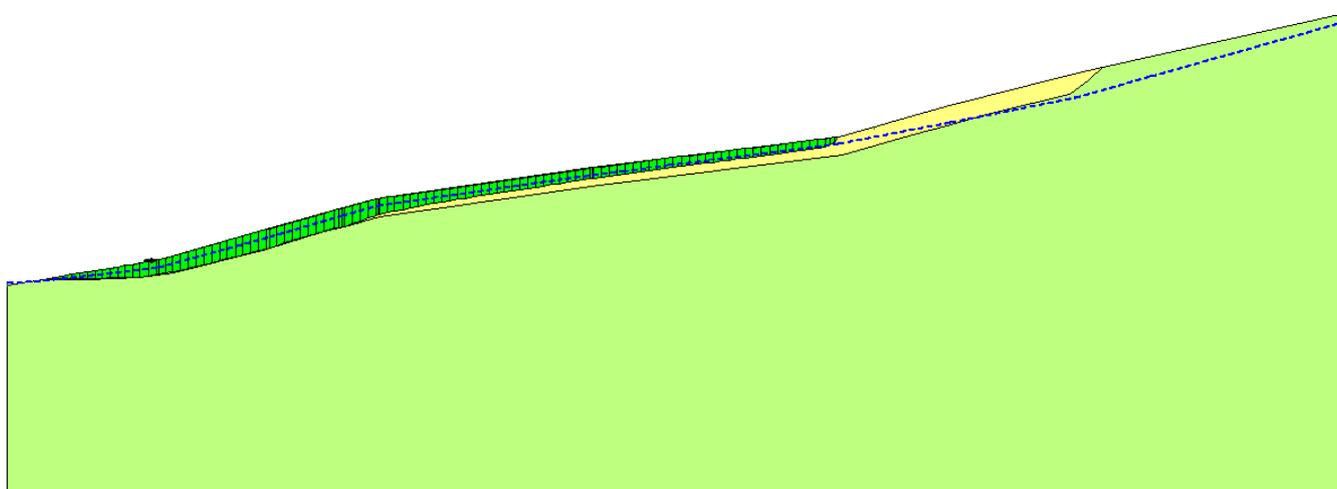


Figura 43: Frana numero 63bis – Analisi Slope con parametri caratteristici (SISMA) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

#### 13.7.1.4 ANALISI PARATIE

Si riportano i dati di input utilizzati per questa fase:

**Frana 63bis – Spessore coltre 6m - Falda a 3 m d.p.c. – inclinazione del pendio: 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	c' [kPa]	$\Phi'$ [°]	k_0	k_a	k_p	E' [kPa]
Frana	20	0.0001	14	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	50	30	0.5	0.241	2.82	180000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	c' [kPa]	$\Phi'$ [°]	k_0	k_a	k_p	E' [kPa]
Frana	20	1000	50	0.758	0.0001	0.0001	20000
Substrato monte(statico)	20	50	30	0.5	0.342	6.702	180000
Substrato valle(sisma)	20	50	30	0.5	0.241	1.62	180000

Tabella 34 – Parametri del modello

I valori di coesione e angolo di attrito della coltre lato monte sono stati imposti al fine di non influenzare l'analisi con un ulteriore effetto sollecitante dovuto al dissesto, siccome quest'ultimo è già presente nell'analisi come forza applicata alla paratia.

### Frana 63bis – Momento Flettente

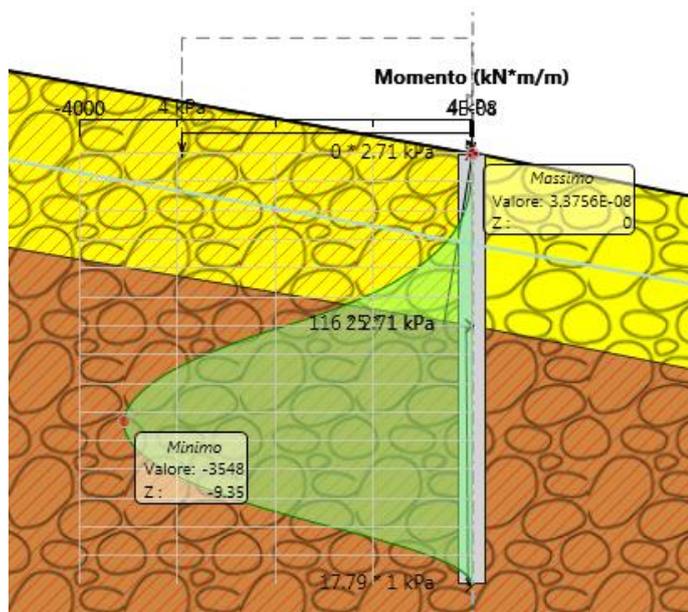


Figura 44: Frana numero 63is – Momento flettente – Valori Caratteristici (SISMA)

### Frana 63bis – Taglio

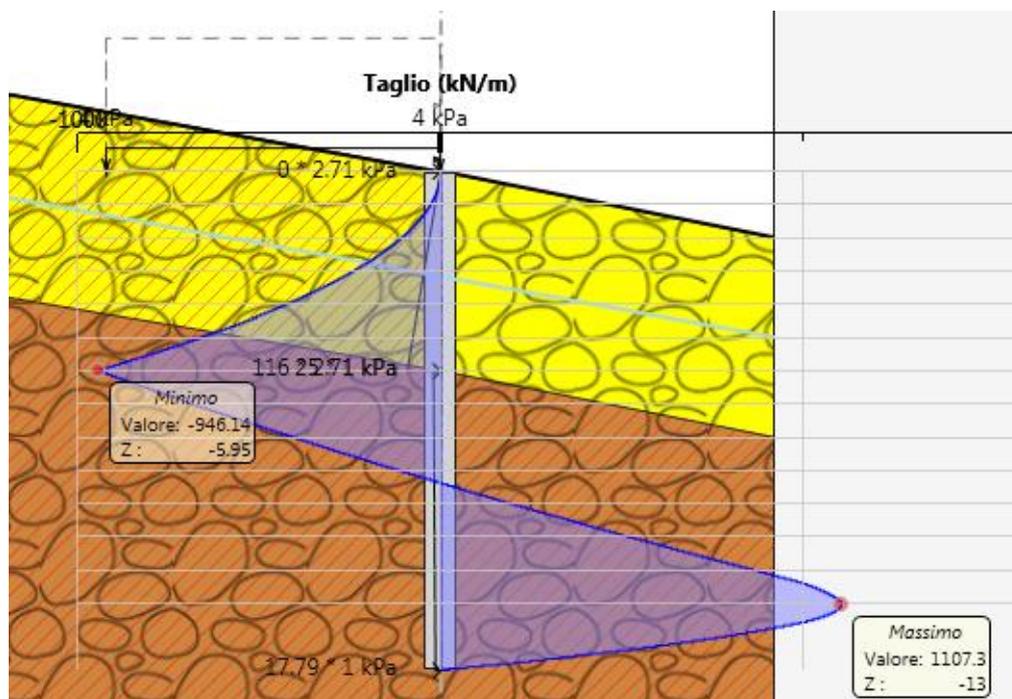


Figura 45: Frana numero 63bis – Taglio – Valori Caratteristici (SISMA)

 <b>ITALFERR</b> 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 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

Risultati Analisi (GEO)

### 13.7.1.5 ANALISI SLOPE

Frana n	F [kN] STATICO	F.S.	FORZA PARATIE (Kn)
63bis	840	1.1	$840/6 \cdot 2 = 280$

Tabella 35 – Forza stabilizzante (GEO)

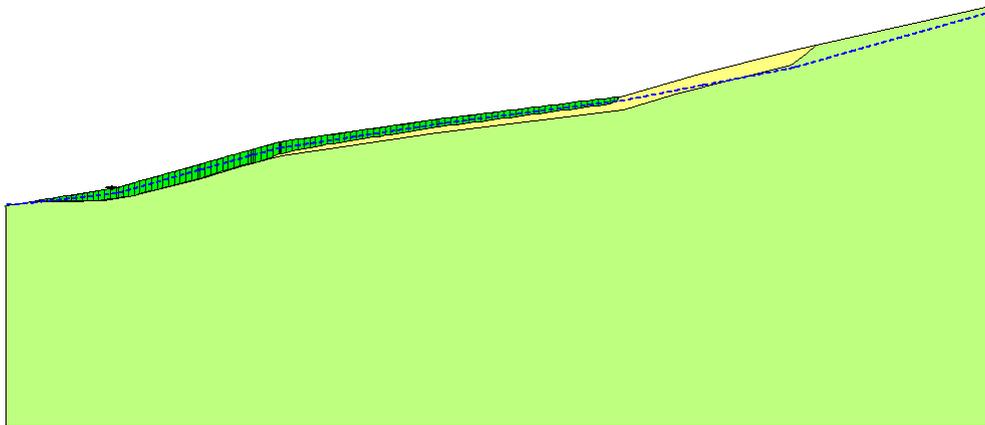


Figura 46: Frana numero 63bis – Analisi Slope in A2 M2 (STATICO) – FS = 1.1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C

### 13.7.1.6 ANALISI PARATIE

**Frana 63bis – Spessore coltre 6m - Falda a 3 m d.p.c. – inclinazione del pendio: 14°**

**Finestra: “Terreni”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	0.0001	11.3	0.804	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	40	24.8	0.581	0.306	2.37	180000

**Finestra: “Stratigrafia”**

Strato	$\gamma$	$c'$ [kPa]	$\Phi'$ [°]	$k_0$	$k_a$	$k_p$	$E'$ [kPa]
Frana	20	1000	50	0.804	0.0001	0.0001	20000
Substrato	20	40	24.8	0.581	0.415	4.378	180000

**Tabella 36 – Parametri del modello (GEO)-strato frana**

**Frana 63bis – Spinta passiva mobilitata**

Design Assumption:	Tipo Risultato:	Muro:	LEFT	Lato	RIGHT		
Nominal Stage	Riepilogo spinte					Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)		
STATICO	1683.7	696.5	2380.2	21.1	4035.6	41.72%	79.8

*Figura 47: Frana numero 63bis – Spinta passiva mobilitata (GEO) – Valori Caratteristici*

### 13.8 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*

#### 13.8.1.1 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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 78</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GE0000 006</b>	REV. <b>C</b>

**Tabella 37 – Materiali e sollecitazioni di calcolo – A1+M1**

MATERIALI					
Calcestruzzo			Acciaio		
$R_{ck}$	30	Mpa	$f_{yk}$	450	Mpa
$f_{ck}$	25	Mpa	$E_s$	200000	Mpa
$E_{cm}$	31000	Mpa	$\gamma_c$	1.15	-
$\gamma_c$	1.5	-	$f_{yd}$	391.3	Mpa
$\alpha_{cc}$	0.85	-	$\epsilon_{uk}$	75	‰
$f_{td}$	14.1	Mpa			
$f_{ctm}$	2.6	Mpa			
$\nu$	0.5	-			
$\epsilon_{c2}$	2	‰			
$\epsilon_{cu2}$	3.5	‰			
$\alpha_e$	15.0	-			
$k_1$	0.4	-			
$k_1$	0.8	-	Valori limite		
$k_2$	0.5	-	$0,45 f_{ck}$	11.2	Mpa
$k_3$	2.14	-	$0,8 f_{yk}$	360	Mpa
$k_4$	0.425	-	$W_{k,lim}$	0.3	mm

COMBINAZIONI GABBIA 1 (a palo)			
	$M_{max}$	$T_{max}$	$N_{max}$
	kNm	kN	kN
<b>SLU</b>	1346.28	10.5612	164.93
<b>SLU</b>	1077.96	546	140.19
<b>SLV</b>	4257.6	14.4	220.30
<b>SLV</b>	1690.8	1328.4	306.31
<b>SLE</b>	1035.6	8.124	164.93

### 13.8.1.2 Frana 63bis - Momento Flettente – SLU: STATICO E SISMA

	$M_{Ed}$	$N_{ed}$	$M_{Rd}$	F.S.
	kNm	kN	kNm	-
<b>SLU STATICO</b>	1346.28	164.9336143	4374.0	3.25
<b>SLU SISMA</b>	4257.6	220.30	4310.0	1.01

Figura 48- Verifica SLU e SLV - Palo 1000 – doppio strato 20  $\phi$ 30 e uno strato 10  $\phi$ 30 – condizioni statiche

**La verifica a pressoflessione è soddisfatta con doppio strato 20  $\phi$ 30 e uno strato di 10  $\phi$ 30**

### 13.8.1.3 Frana 63bis - Taglio – SLU: STATICO E SISMA

**Tabella 38 – Verifica a Taglio - SLU – A1+M1 – condizioni statiche**

VERIFICA A TAGLIO - SLU					
$\alpha$	90	°	$M_{Ed}$	1077.96	kNm
$A_{sw}$	402.1	mm <sup>2</sup>	$N_{Ed}$	140.19	kN
r	500.0	mm	$V_{Ed}$	546.00	kN
$r_s$	466.0	mm	$M_{Rd}$	4357	kNm
$\alpha$	0.6	rad			
$A_{tot}$	785398.2	mm <sup>2</sup>	$V_{Rd}$	470.4	kN
A	670897.9	mm <sup>2</sup>	FS	0.86	-
b	842.1	mm	<i>Necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.6	mm			
d	796.7	mm	cot $\theta$	2.5	-
$\gamma_c$	1.5	-			
$\sigma_{cp}$	0.2	kPa	$V_{Rsd}$	1410.3	kN
$\rho_l$	2.1	%	FS	2.58	-
k	1.5	-	$V_{Rcd}$	1468.9	kN
$v_{min}$	0.3	-	FS	2.69	-
$\alpha_c$	1.0	-			

VERIFICA A TAGLIO - SLV					
$\alpha$	90	°	$M_{Ed}$	1690.80	kNm
$A_{sw}$	402.1	mm <sup>2</sup>	$N_{Ed}$	306.31	kN
r	500.0	mm	$V_{Ed}$	1328.40	kN
$r_s$	466.0	mm	$M_{Rd}$	4387	kNm
$\alpha$	0.6	rad			
$A_{tot}$	785398.2	mm <sup>2</sup>	$V_{Rd}$	470.4	kN
A	670897.9	mm <sup>2</sup>	FS	0.35	-
b	842.1	mm	<i>Necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.6	mm			
d	796.7	mm	cot $\theta$	2.5	-
$\gamma_c$	1.5	-			
$\sigma_{cp}$	0.2	kPa	$V_{Rsd}$	1410.3	kN
$\rho_l$	2.1	%	FS	1.06	-
k	1.5	-	$V_{Rcd}$	1468.9	kN
$v_{min}$	0.3	-	FS	1.11	-
$\alpha_c$	1.0	-			

La verifica a taglio è soddisfatta con una spirale  $\phi 14$  passo 20cm in entrambi i casi.

### 13.8.1.4 Frana 63bis – SLE

**Tabella 39 – Verifica SLE-STATICO**

ANALISI TENSIONALE - SLE		
$M_{Ek}$	1035.60	kNm
$N_{Ek}$	164.93	kN
$\sigma_{s,max}$	158	MPa
$\sigma_{c,max}$	-7.8	MPa
wk	0.1	mm

Le verifiche SLE sono soddisfatte.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	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

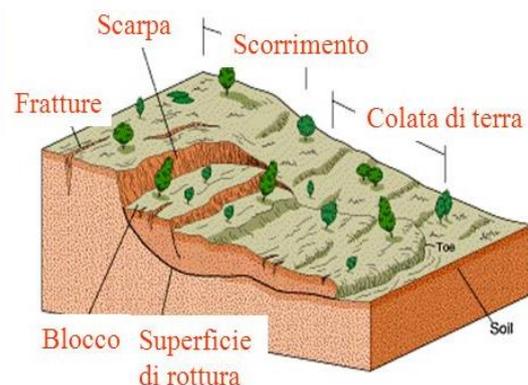


Figura 49. Schema frana complessa

##### 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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
	Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	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 40. 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.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA – XIRBI (LOTTO 3)</b>					
Relazione di calcolo versanti in frana – Lotto 3b	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 78	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000 006	REV. C	FOGLIO 141 di 141

- 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.