

# COMUNE DI MASONE

CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA

## INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DEL MOVIMENTO FRANOSO DI VERSANTE IN LOC. REGALLI INCIDENTE SULL'ASTA DEL T.STURA IMMEDIATAMENTE A MONTE DELL'ABITATO E DELLE AREE PRODUTTIVE

### PROGETTO ESECUTIVO

#### RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICA DI STABILITÀ



STUDIO DI INGEGNERIA TIZIANO DE SILVESTRI  
VIA AURELIA, 110 - 18017 SAN LORENZO AL MARE (IM)  
TEL. 0183/930010 - FAX 0183/930009  
MOBILE: 348 3109207

E-MAIL: [UFFICIO@INGSL.IT](mailto:UFFICIO@INGSL.IT) - POSTA CERTIFICATA: [TIZIANO.DESILVESTRI1@INGPEC.EU](mailto:TIZIANO.DESILVESTRI1@INGPEC.EU)  
P.IVA: 015 50 64 00 88 C.F. DSLTZN 57 C 171480 X

## Sommario

PREMESSA GENERALE DELL'INTERVENTO .....	3
ANALISI DEL VERSANTE.....	8
TABULATI DI CALCOLO.....	12
<i>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</i> .....	12
<i>DESCRIZIONE METODO DI CALCOLO</i> .....	12
<i>ANALISI DELLO STATO DI FATTO – DATI DI INPUT</i> .....	14
<i>ANALISI DELLO STATO DI FATTO – DATI DI OUTPUT</i> .....	19
<i>ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO – DATI DI INPUT</i> .....	19
<i>ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO – DATI DI OUTPUT</i> .....	26
CONFRONTO DEI RISULTATI .....	26
DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018 (PUNTO 10.2).....	27

## **PREMESSA GENERALE DELL'INTERVENTO**

RICHIAMATE LE PREMESSE DI CUI ALLA RELAZIONE ILLUSTRATIVA SI ANALIZZA CON LA PRESENTE LA FRANA, GIÀ INDIVIDUATA SULLA CARTOGRAFIA DEL P.A.I. (PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO).

QUESTA RISULTA UNA FRANA ATTIVA, CON UNA PERIMETRAZIONE RIDOTTA, E SI È RIATTIVATA A SEGUITO DELLE INTENSE ED ABBONDANTI PRECIPITAZIONI DEGLI ULTIMI MESI DEL 2014 (OTTOBRE-NOVEMBRE).

ESSA È CARATTERIZZATA DA UN MOVIMENTO DI SCIVOLAMENTO ROTAZIONALE EVOLVENTE IN COLAMENTO, CHE HA INTERESSATO LA COLTRE DETRITICA COLLUVIALE E PARTE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO ALTERATO. TALE CINEMATISMO, DI CARATTERE LENTO, STA RIVERSANDO LA MASSA FRANOSA IN MINIMA PARTE LUNGO IL RIO SENZA NOME TRIBUTARIO DI SINISTRA DEL T. STURA ED IN MASSIMA PARTE SUL T. STURA.

LE CAUSE PREDISPONENTI SONO RAPPRESENTATE PRINCIPALMENTE DALLE SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELLA COLTRE DETRITICA, A MATRICE ARGILLOSO-SABBIOSA E DEL SUBSTRATO ROCCIOSO COMPLETAMENTE ALTERATO E DALL'AZIONE EROSIVA ESERCITATA AL PIEDE DAL T. STURA E DAL RIO SENZA NOME. LA CAUSA INNESCANTE È DA INDIVIDUARE NELLA COMPLETA IMPREGNAZIONE E SATURAZIONE DELLA COLTRE DETRITICA E DEL SUBSTRATO COMPLETAMENTE ALTERATO, CON MECCANISMI CHE SONO STATI APPENA DESCRITTI IN PRECEDENZA.

COME DESCRITTO NELLA RELAZIONE ILLUSTRATIVO-IDRAULICA, A SEGUITO DI INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE SUL VERSANTE, SI RISCONTRA UN LENTO MOVIMENTO DELLA FRANA IN CORRISPONDENZA DI PERIODI DI INTENSA PIOVOSITÀ, OVVERO QUANDO SI REGISTRA LA SATURAZIONE DEGLI STRATI SUPERFICIALI. DAL MONITORAGGIO INCLINOMETRICO SI È EVIDENZIATO UNO SCIVOLAMENTO ALLA PROFONDITÀ DI 6M CA., IN CORRISPONDENZA DELLO STRATO DI TALCOSCISTI, COME DA IMMAGINI ALLEGATE.

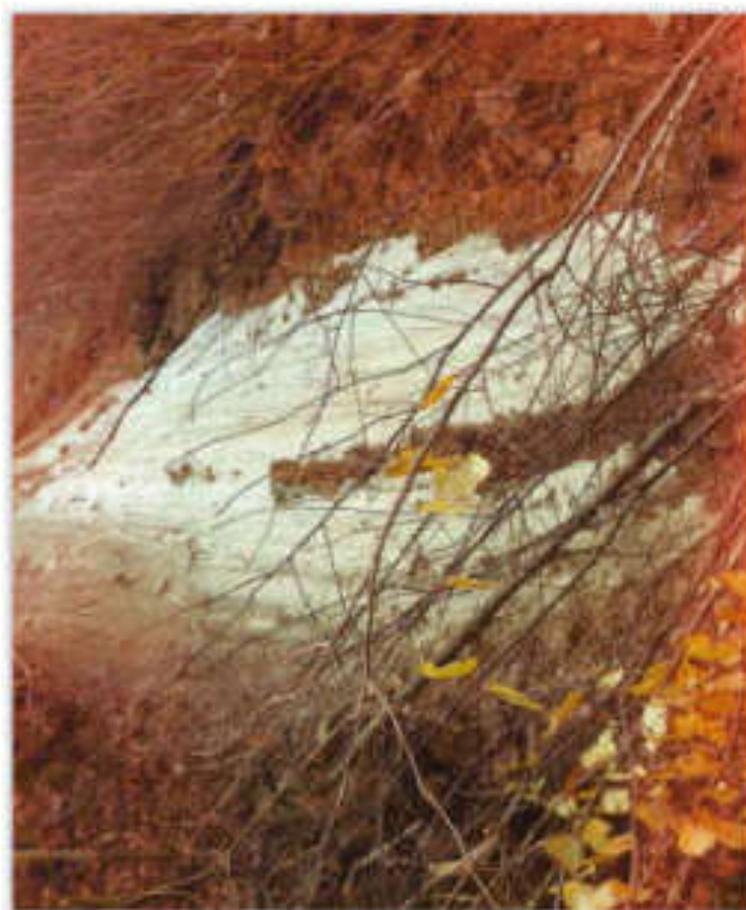


IMMAGINE RAPPRESENTATIVA DELLA CURVA DI SCIVOLAMENTO  
IN CORRISPONDENZA DELLO STRATO DEI TALCOSCISTI

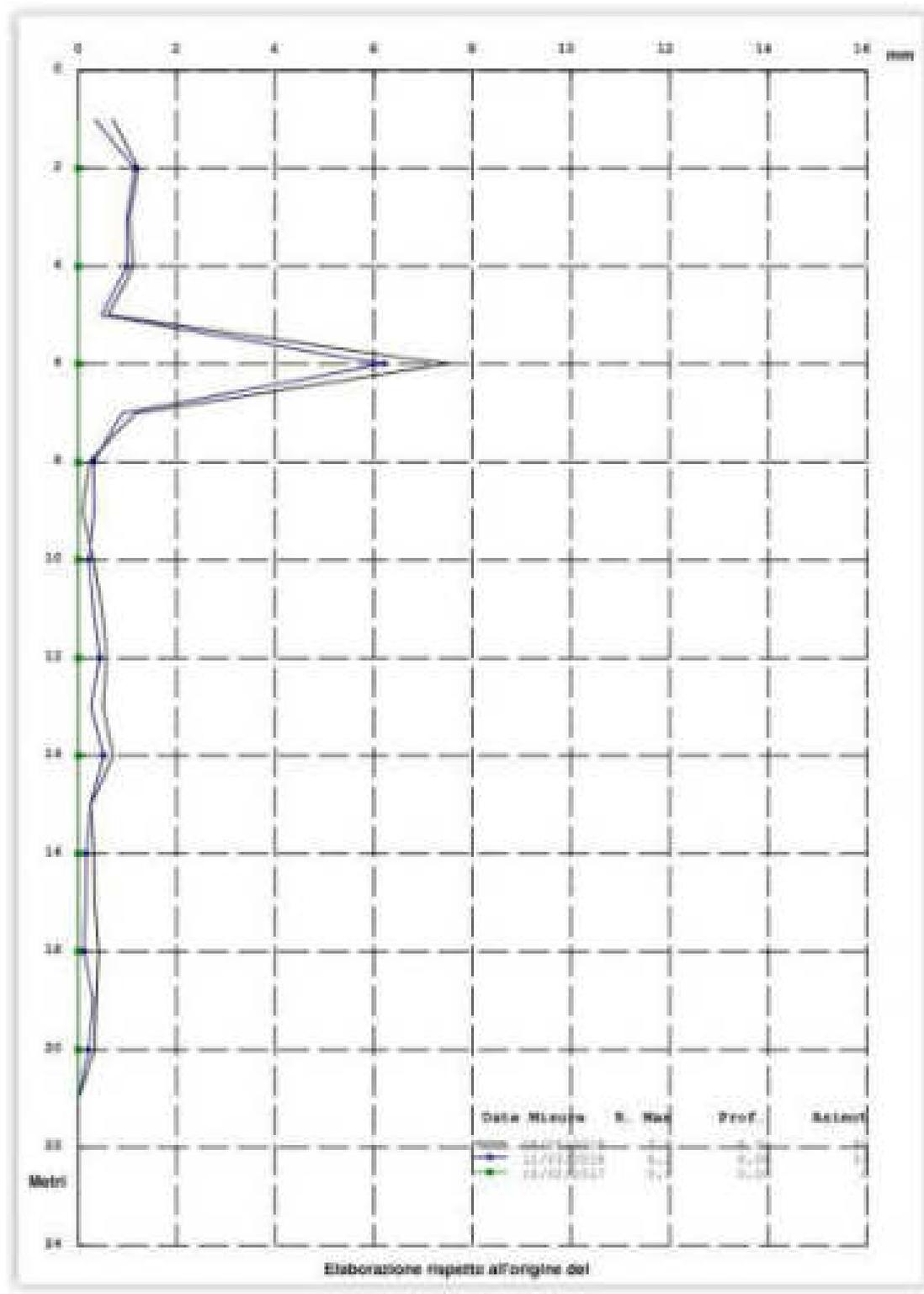


GRAFICO DELLE LETTURE INCLINOMETRICHE

GLI INTERVENTI INDIVIDUATI, COME RIPORTATO NELLA RELAZIONE ILLUSTRATIVO POSSONO ESSERE COSÌ SINTETIZZATI:

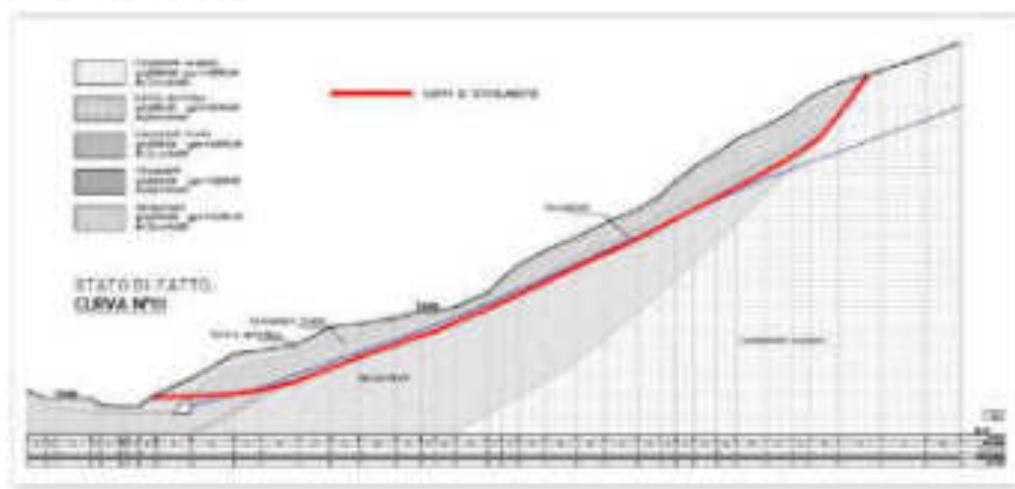
- RACCOLTA DELLE ACQUE DELLA PISTA STERRATA;
- DISCIPLINAMENTO, PER QUANTO POSSIBILE, DEI DEFLUSSI SUPERFICIALI ATTRAVERSO LA RACCOLTA E L'ADEGUATA REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE DI RUSCELLAMENTO SUPERFICIALE MEDIANTE CANALI DI SUPERFICIE;
- ABBASSAMENTO IN MODO DUREVOLE E FUNZIONALE DEL LIVELLO DELLE ACQUE NEL CORPO DI FRANA ATTRAVERSO LA REALIZZAZIONE DI TRINCEE DRENANTI CHE SCARICHERANNO NEI SUDDETTI

CANALI E LA POSA DI DRENI SUB-ORIZZONTALI PER IL DRENAGGIO DELLE ACQUE PROFONDE DA REALIZZARSI A TERGO DELLA SCOGLIERA;

- RIPRISTINO DELLA SEZIONE DI DEFLUSSO DEL T. STURA MEDIANTE MOVIMENTAZIONE DEL MATERIALE LITOIDE CON CONTESTUALE RIMESSA A GIORNO DELLA SCOGLIERA IN MASSI INVESTITA DAL MATERIALE DI FRANA, NEL TRATTO GIÀ REALIZZATO NEL 1996, CON SOPRASTANTE PALIFICATA DI CONSOLIDAMENTO DEL VERSANTE DI ALTEZZA  $H=2.00M$ , DA REALIZZARSI ANCHE IN SOMMITÀ ED A METÀ DEL CORPO DI FRANA;
- REALIZZAZIONE DI CORDOLI IN C.A. FINALIZZATI A RAGGIUNGERE IL COEFFICIENTE DI SICUREZZA IMPOSTO DALLA NORMATIVA PARI A  $F_s > 1,2$ . SI FA COMUNQUE PRESENTE CHE L'INNALZAMENTO MAGGIORE DEL COEFFICIENTE DI SICUREZZA È DOVUTO PRINCIPALMENTE ALL'ABBASSAMENTO DELLA FALDA.

L'ANALISI DEL VERSANTE IN QUESTIONE, È STATA ESEGUITA IN PRIMA FASE NELLO STATO DI FATTO SIA IN PRESENZA DI FALDA CON TERRENO SATURO E SIA IN PRESENZA DI SISMA, OPPORTUNAMENTE COMBINATE TRA LORO SECONDO LE NORME TECNICHE. SUCCESSIVAMENTE SI SONO ANALIZZATI GLI STATI IN PROGETTO CONFRONTANDOLI CON GLI STATI DI FATTO APPENA MENZIONATI, INTRODUCENDO GLI INTERVENTI SOPRA RIPORTATI. INOLTRE SI È IPOTIZZATA LA EVENTUALE POSSIBILE REALIZZAZIONE DI OPERE STRUTTURALI QUALI OPERE IN C.A. SU FONDAZIONI PROFONDE (MICROPALI IN ACCIAIO) E TIRANTI.

LE CURVE DI SCIVOLAMENTO ANALIZZATE (LE PEGGIORI RISCONTRATE) SONO DUE E SONO RIPORTATE NELL'IMMAGINE SOTTOSTANTE:

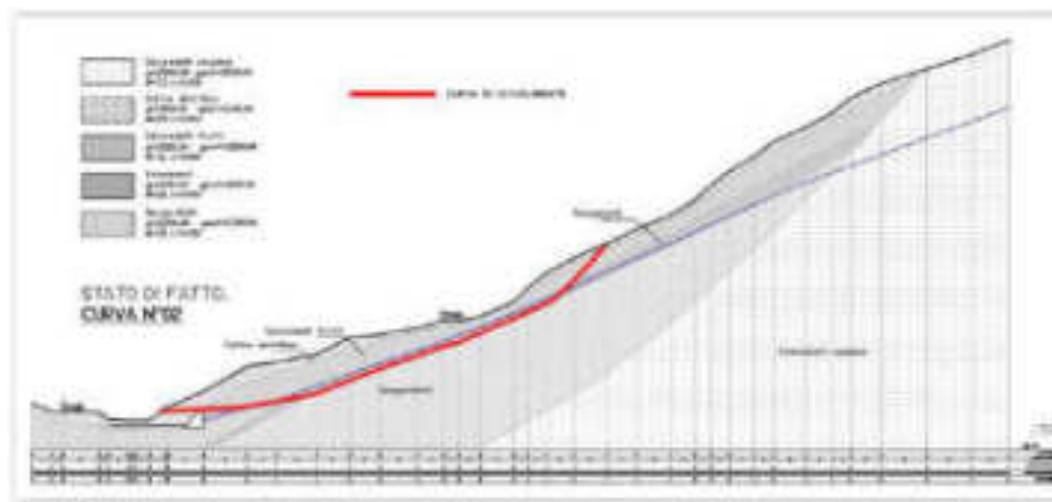


CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01 – VEDI VERIFICHE INDICATE CON LA LETTERA “A”

### CURVA N°01

Impostazioni delle superfici di rottura

SI CONSIDERANO LE SUPERFICI PASSANTI PER I PUNTI P1 (10, 24, 6, 22) E P2 (263, 08, 120, 10)



CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02 – VEDI VERIFICHE INDICATE CON LA LETTERA “B”

## CURVA N°02

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

SI CONSIDERANO DELLE SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI GENERATE TRAMITE LA SEGUENTE MAGLIA DEI CENTRI

ORIGINE MAGLIA	[M]	$X_0 = 31,40$	$Y_0 = 159,20$
RAGGIO	[M]	$R = 159,00$	

NEL DETTAGLIO, PER POTER MEGLIO ANALIZZARE IL VERSANTE E VALUTARNE ADEGUATAMENTE GLI EFFETTI SULLA STABILITÀ GLOBALE DELLO STESSO, SONO STATE ESEGUITE LE SEGUENTI ANALISI E VERIFICHE:

#### **STATO DI FATTO:**

- CASO 1A - (NO FALDA-NO SISMA): ANALISI DELLO STATO DI FATTO, CON PRESENZA DI FALDA POSTA ALTIMETRICAMENTE A CONTATTO CON LO STRATO SUPERIORE DEI TALCOSCISTI, IN ASSENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01;
- CASO 2A - (SÌ FALDA-NO SISMA): ANALISI DELLO STATO DI FATTO, CON PRESENZA DI FALDA ALTA (CONDIZIONE DI TERRENO SATURO), IN ASSENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01;
- CASO 3A - (NO FALDA-SÌ SISMA): ANALISI DELLO STATO DI FATTO, CON PRESENZA DI FALDA POSTA ALTIMETRICAMENTE A CONTATTO CON LO STRATO SUPERIORE DEI TALCOSCISTI, IN PRESENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01;
- CASO 1B - (NO FALDA-NO SISMA): ANALISI DELLO STATO DI FATTO, CON PRESENZA DI FALDA POSTA ALTIMETRICAMENTE A CONTATTO CON LO STRATO SUPERIORE DEI TALCOSCISTI, IN PRESENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02;
- CASO 2B - (SÌ FALDA-NO SISMA): ANALISI DELLO STATO DI FATTO, CON PRESENZA DI FALDA ALTA (CONDIZIONE DI TERRENO SATURO), IN ASSENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02;
- CASO 3B - (NO FALDA-SÌ SISMA): ANALISI DELLO STATO DI FATTO, CON PRESENZA DI FALDA POSTA ALTIMETRICAMENTE A CONTATTO CON LO STRATO SUPERIORE DEI TALCOSCISTI, IN PRESENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02;

#### **STATO DI PROGETTO:**

- CASO 4A - (NO FALDA-SÌ SISMA-SÌ DRENI-NO OPERE STRUTTURALI): ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO, CON PRESENZA DI OPERE ATTE ALLA REGIMAZIONE DELLE ACQUE AL FINE DI ABBASSARE LA FALDA, IN PRESENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01;
- CASO 4B - (NO FALDA-SÌ SISMA-SÌ DRENI-NO OPERE STRUTTURALI): ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO, CON PRESENZA DI OPERE ATTE ALLA REGIMAZIONE DELLE ACQUE AL FINE DI ABBASSARE LA FALDA, IN PRESENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02;
- CASO 4A\* - (NO FALDA-SÌ SISMA-SÌ UNA SOLA FILA DI DRENI-NO OPERE STRUTTURALI): ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO, CON PRESENZA DI OPERE ATTE ALLA REGIMAZIONE DELLE ACQUE AL FINE DI ABBASSARE LA FALDA, IN PRESENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01;
- CASO 4B\* - (NO FALDA-SÌ SISMA-SÌ UNA SOLA FILA DI DRENI-NO OPERE STRUTTURALI): ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO, CON PRESENZA DI OPERE ATTE ALLA REGIMAZIONE DELLE ACQUE AL FINE DI ABBASSARE LA FALDA, IN PRESENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02;
- CASO 5A - (NO FALDA-SÌ SISMA SÌ DRENI-SÌ OPERE STRUTTURALI): ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO, CON PRESENZA DI OPERE ATTE ALLA REGIMAZIONE DELLE ACQUE AL FINE DI ABBASSARE LA FALDA E OPERE STRUTTURALI, IN PRESENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01;
- CASO 5B - (NO FALDA-SÌ SISMA SÌ DRENI-SÌ OPERE STRUTTURALI): ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO, CON PRESENZA DI OPERE ATTE ALLA REGIMAZIONE DELLE ACQUE AL FINE DI ABBASSARE LA FALDA E OPERE STRUTTURALI, IN PRESENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02;

- CASO 6A - (SÌ FALDA-NO SISMA-NO DRENI-SÌ OPERE STRUTTURALI): ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO, CON PRESENZA DI OPERE STRUTTURALI, IN PRESENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01;
- CASO 6B - (SÌ FALDA-NO SISMA-NO DRENI-SÌ OPERE STRUTTURALI): ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO, CON PRESENZA DI OPERE STRUTTURALI, IN PRESENZA DI SISMA, ANALIZZANDO LA CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02;

**TABELLANDO:**

		<i>IPOTESI DI INTERVENTO</i>	<i>CONDIZIONI DI FALDA</i>	<i>PRESENZA DI SISMA</i>	<i>CURVA ANALIZZATA</i>
<i>CASO 1 A</i>	<i>STATO DI FATTO</i>	-	<i>TERRENO NON SATURO</i>	<i>NO</i>	<i>01</i>
<i>CASO 2 A</i>	<i>STATO DI FATTO</i>	-	<i>TERRENO SATURO</i>	<i>NO</i>	<i>01</i>
<i>CASO 3 A</i>	<i>STATO DI FATTO</i>	-	<i>TERRENO NON SATURO</i>	<i>SI</i>	<i>01</i>
<i>CASO 1 B</i>	<i>STATO DI FATTO</i>	-	<i>TERRENO NON SATURO</i>	<i>NO</i>	<i>02</i>
<i>CASO 2 B</i>	<i>STATO DI FATTO</i>	-	<i>TERRENO SATURO</i>	<i>NO</i>	<i>02</i>
<i>CASO 3 B</i>	<i>STATO DI FATTO</i>	-	<i>TERRENO NON SATURO</i>	<i>SI</i>	<i>02</i>
<i>CASO 4 A</i>	<i>STATO DI PROGETTO</i>	<i>MODELLAZIONE TERRENO E DRENI</i>	<i>TERRENO NON SATURO</i>	<i>SI</i>	<i>01</i>
<i>CASO 4 B</i>	<i>STATO DI PROGETTO</i>	<i>MODELLAZIONE TERRENO E DRENI</i>	<i>TERRENO NON SATURO</i>	<i>SI</i>	<i>02</i>
<i>CASO 5 A</i>	<i>STATO DI PROGETTO</i>	<i>MODELLAZIONE TERRENO, DRENI E OPERE STRUTTURALI</i>	<i>TERRENO NON SATURO</i>	<i>SI</i>	<i>01</i>
<i>CASO 5 B</i>	<i>STATO DI PROGETTO</i>	<i>MODELLAZIONE TERRENO, DRENI E OPERE STRUTTURALI</i>	<i>TERRENO NON SATURO</i>	<i>SI</i>	<i>02</i>
<i>CASO 6 A</i>	<i>STATO DI PROGETTO</i>	<i>MODELLAZIONE TERRENO E OPERE STRUTTURALI</i>	<i>TERRENO SATURO</i>	<i>SI</i>	<i>01</i>
<i>CASO 6 B</i>	<i>STATO DI PROGETTO</i>	<i>MODELLAZIONE TERRENO E OPERE STRUTTURALI</i>	<i>TERRENO SATURO</i>	<i>SI</i>	<i>02</i>
<i>CASO 4 A*</i>	<i>STATO DI PROGETTO</i>	<i>MODELLAZIONE TERRENO E DRENI (UNA SOLA FILA POSTA A VALLE)</i>	<i>TERRENO NON SATURO</i>	<i>SI</i>	<i>01</i>
<i>CASO 4 B*</i>	<i>STATO DI PROGETTO</i>	<i>MODELLAZIONE TERRENO E DRENI (UNA SOLA FILA POSTA A VALLE)</i>	<i>TERRENO NON SATURO</i>	<i>SI</i>	<i>02</i>

## ANALISI DEL VERSANTE

LE COMBINAZIONI, COME SOPRA DEFINITE, SONO ATTE AD ANALIZZARE IL VERSANTE IN VARIE CONDIZIONI SIA DI TIPO GEOMETRICO SIA DI TIPO DI AZIONI CHE GRAVANO SUL VERSANTE STESSO (VARIAZIONI DI FALDA, CARICHI, GEOMETRIA, OPERE STRUTTURALI, SISMA, ECC.).

IN PRIMIS SONO STATE CONDOTTE DELLE VERIFICHE FINALIZZATE ALL'INDIVIDUAZIONE DELLE CURVE DI SCIVOLAMENTO PIÙ GRAVOSE, INDIVIDUATE NELLE SOPRA RIPORTATE CURVE 01 E 02 DESCRITTE IN PREMessa.

SI ANALIZZERÀ DAPPRIMA LO STATO DI FATTO NELLE CONDIZIONI SOPRA RIPORTATE AL FINE DI VERIFICARNE GLI EFFETTI.

NEL DETTAGLIO SI SONO CONSIDERATI TRE CASI.

1. CASO 1: CONDIZIONE DI TERRENO NON SATURO E IN ASSENZA DI SISMA DI PROGETTO;
2. CASO 2: CONDIZIONE DI TERRENO SATURO E IN ASSENZA DI SISMA DI PROGETTO;
3. CASO 3: CONDIZIONE DI TERRENO NON SATURO E PRESENZA DI SISMA DI PROGETTO.

ENTRANDO NEL MERITO DELLE ANALISI, SI RISCONTRA CHE ALLO STATO DI FATTO, IN CONDIZIONI DI FALDA PRESENTE A QUOTA BASSA (TERRENO NON SATURO), SIA IN CONDIZIONE DI PRESENZA DI SISMA DI PROGETTO E SIA IN CONDIZIONE DI ASSENZA DI SISMA, IL VERSANTE È CARATTERIZZATO SOSTANZIALMENTE DA UN FATTORE DI SICUREZZA  $>$  DI 1, NEL CASO INVECE DI SATURAZIONE DEL TERRENO, IL FATTORE DI SICUREZZA RISCONTRATO È MINORE DELL'UNITÀ (0.797 PER LA CURVA DI SCIVOLAMENTO ANALIZZATA DENOMINATA N°01 E 0.881 PER LA CURVA DI SCIVOLAMENTO ANALIZZATA DENOMINATA N°02). SE NE DEDUCE, COME DETTO IN PRECEDENZA, CHE TALE CONDIZIONE RISULTA ESSERE LA PIÙ ONEROSA.

DA QUESTO SE NE DEDUCE CHE UN'AZIONE FONDAMENTALE DA CONTRASTARE È LA RISALITA DELLA FALDA CHE INDUCE LA SATURAZIONE DEL TERRENO.

UN ULTERIORE ASPETTO, VISTE LE CONDIZIONI DEI LUOGHI E IN CONSIDERAZIONE DEL FATTO CHE A VALLE DEL SITO SONO PRESENTI AREE ESONDABILI LOCALIZZATE A RIDOSSO DEL COMUNE DI MASONE, RISULTA ESSERE LA CRITICITÀ CONSTATATA NELLA PRESENZA DI DETRITI E RIPOSTI NEL LETTO DEL TORRENTE STURA DIRETTAMENTE A VALLE DEL VERSANTE IN QUESTIONE INDOTTI DAL MOVIMENTO FRANOSO DEL 2014. IN CONSIDERAZIONE DI CIÒ RISULTA NECESSARIO DAPPRIMA LIBERARE IL FIUME MEDIANTE IL RIPRISTINO DELLA SEZIONE DI DEFLUSSO DEL TORRENTE STURA TRAMITE LA MOVIMENTAZIONE DEL MATERIALE LITOIDE.

SUCCESSIVAMENTE A QUESTA FASE INIZIALE, SU TALE CONFORMAZIONE DEL VERSANTE, SONO STATE RICONDOTTE LE VERIFICHE SOPRA RIPORTATE DAL QUALE È EMERSA LA STESSA CRITICITÀ SOPRA ESPOSTA. OCCORRE PERTANTO CONTRASTARE LA CONDIZIONE DI TERRENO SATURO MEDIANTE:

- REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI;
- DRENAGGIO DELLA FALDA IN PROFONDITÀ.

TALI CONDIZIONI POSSONO ESSERE MESSE IN ATTO MEDIANTE:

- LA RACCOLTA DELLE ACQUE SUPERFICIALI;
- LA REALIZZAZIONE DI TRINCEE DRENANTI E DI CANALI DI SUPERFICIE;
- LA POSA DI DRENI SUB-ORIZZONTALI SIA NELLA ZONA DI VALLE SIA NELLA ZONA INTERMEDIA DEL VERSANTE COME MEGLIO ILLUSTRATO NEGLI ELABORATI GRAFICI.

PERTANTO NELLO STATO DI PROGETTO SI SONO PRESE IN CONTO LE SUDETTE AZIONI DI CONTRASTO DEL MOVIMENTO FRANOSO. TALI MODELLAZIONI SONO STATE CHIARAMENTE CONDOTTE SULLA CONFORMAZIONE GEOMETRICA POST MOVIMENTAZIONE LITOIDE, IN QUANTO A SEGUITO DEL RIPRISTINO DELLA SEZIONE DI DEFLUSSO DEL T. STURA SI INDURRÀ UNA GEOMETRIA PIÙ GRAVOSA RISPETTO A QUELLA DELLO STATO DI FATTO IN VIRTÙ DELLA RIDUZIONE DEL PIEDE DEL VERSANTE.

ESEGUENDO TALI ANALISI NELLE MEDESIME IPOTESI DI QUELLE CONSIDERATE NELLO STATO DI FATTO, SI EVINCE SOSTANZIALMENTE UN MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DEI FATTORI DI STABILITÀ.

OPERATIVAMENTE SI ANALIZZANO ALLO STATO DI PROGETTO I SEGUENTI CASI:

1. CASO 4: CONDIZIONE DI TERRENO NON SATURO IN PRESENZA DI SISMA, CON MODELLAZIONE DEL TERRENO E REGIMAZIONE DELLE ACQUE;
2. CASO 5: CONDIZIONE DI TERRENO NON SATURO IN PRESENZA DI SISMA, CON MODELLAZIONE DEL TERRENO, REGIMAZIONE DELLE ACQUE E REALIZZAZIONE DI OPERE STRUTTURALI;

INOLTRE, AL FINE DI POTER ILLUSTRARE L'EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE, SI ESEGUIRÀ:

3. CASO 6: CONDIZIONE DI TERRENO SATURO E PRESENZA DI SISMA DI PROGETTO CON MODELLAZIONE DEL TERRENO E REALIZZAZIONE DI OPERE STRUTTURALI.
4. CASO 4\*: STESSA CONDIZIONE DEL CASO 4, MA CON UNA SOLA FILA DI DRENI POSTA A VALLE DEL VERSANTE;

IL CASO 4\* VIENE ESEGUITO AL FINE DI ILLUSTRARE CHE LA CONFIGURAZIONE OVE RISULTANO PRESENTI DRENI POSTI SOLO A VALLE DEL VERSANTE NON RISULTA, NELL'ANALISI DELLA STABILITÀ,

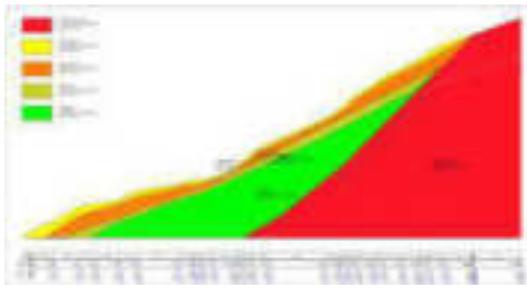
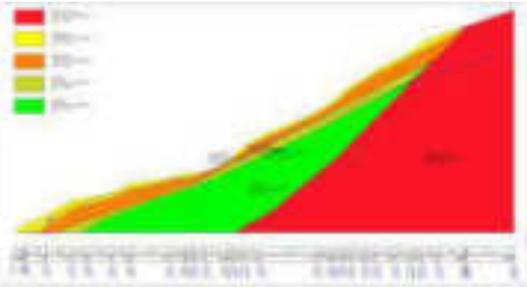
SOSTANZIALMENTE SIGNIFICATIVA, CONFRONTATA CON QUELLA RELATIVA ALLA PRESENZA DI N°02 FILE DI DRENI.

NELL'ANALISI DI PROGETTO, DI CUI SOPRA, CONSIDERANDO GLI INTERVENTI SOPRA DESCRITTI, TENENDO PRESENTE CHE LA FASE PROGETTUALE CONSIDERA LA PRESENZA DELLA SOLA CONDIZIONE DI TERRENO NON SATURO, IN VIRTÙ DELLA PRESENZA DEI DRENI, COMPARANDO LE ANALISI SVOLTE SI DENOTA UN MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ.

ANALIZZANDO LO STATO DI PROGETTO, SI RISCONTRA CHE LE CONFIGURAZIONI DENOMINATE CASO 4A E 4B, RISPETTIVAMENTE CON FS PARI A 1.123 E 1.291, CONFRONTATE CON I CASI PEGGIORI RISCONTRATI ALLO STATO DI FATTO, OVVERO 2A E 2B, MIGLIORANO LE CONDIZIONI DI STABILITÀ DEL VERSANTE, AUMENTANDONE IL VALORE DI FS. QUESTE CONFIGURAZIONI DI PROGETTO PERÒ NON PERMETTONO, PER IL CASO DELLA CURVA DI SCIVOLAMENTO DENOMINATA "1", IL RAGGIUNGIMENTO DEL FS MINIMO PARI A 1.20. INFATTI, AL FINE DEL RAGGIUNGIMENTO DI TALE VALORE MINIMO IMPOSTO DALLE NORMATIVE, PERTANTO OCCORRE INTRODURRE AD ESEMPIO DELLE OPERE STRUTTURALI CON FONDAZIONI PROFONDE QUALI FILE DI MICROPALI IN ACCIAIO E TIRANTI METALLICI (CASI 5A E 5B). QUESTE OPERE, DOVRANNO ESSERE REALIZZATE IN MODO DA OLTREPASSARE LA CURVA DI SCIVOLAMENTO RILEVATA E RAGGIUNGERE ALMENO LO STRATO DELLE SERPENTINITI IN MANIERA ADEGUATA. NEL MONITORAGGIO ESEGUITO, SI È EVIDENZIATO CHE LA CURVA DI SCIVOLAMENTO RISULTA ESSERE AD UNA PROFONDITÀ DI 6 METRI. CONSIDERANDO L'IPOTETICO POSIZIONAMENTO DELLE OPERE IN C.A. I E LA STRATIGRAFIA DEL VERSANTE, LA PROFONDITÀ NECESSARIA DA RAGGIUNGERE CON GLI ELEMENTI STRUTTURALI, PUÒ RISULTARE MAGGIORE. QUESTO ASPETTO, CONSIDERANDO ANCHE LA MORFOLOGIA DEL SITO IN ESAME, RENDONO LE OPERE STRUTTURALI NON SIGNIFICATIVE IN TERMINI DI COSTI/BENEFICI.

ULTERIORMENTE, SI È ANALIZZATO IL VERSANTE CON LA PRESENZA DI SOLO UNA FILA DI DRENI POSTI A VALLE DEL VERSANTE STESSO (CASI 4A\* E 4B\*). QUESTE PERMETTONO DI EVIDENZIARE COME SIA PIÙ EFFICACE LA PRESENZA DI N°02 FILE DI DRENI RISPETTO CHE A UNA SOLA, SPECIALMENTE PER L'ANALISI DELLA CURVA DI SCIVOLAMENTO DENOMINATA "1".

AL FINE DI POTER MEGLIO INTUIRE QUALE POSSA ESSERE L'INTERVENTO PIÙ EFFICACE, MEDIANTE L'ANALISI DEI CASI 6A E 6B, SI RISCONTRA CHE LA SOLA MODELLAZIONE DEL TERRENO E LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI NON MIGLIORA LA STABILITÀ DEL VERSANTE. A SEGUITO DI CIÒ SI RISCONTRA, COME GIÀ DETTO IN PRECEDENZA, CHE L'INTERVENTO DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE MEDIANTE ANCHE L'ABBASSAMENTO DELLA FALDA RISULTA ESSERE QUELLO PIÙ SIGNIFICATIVO IN TERMINI COSTI/BENEFICI E PERTANTO RIENTRANTE AD OGGI IN QUESTO LOTTO DI LAVORI, MENTRE LE OPERE STRUTTURALI, NECESSARIE AL SOLO FINE DI RAGGIUNGIMENTO DEL FS DEFINITO DALLE NORME, SARÀ OGGETTO UN FUTURO LOTTO DI COMPLETAMENTO.

		<i>Immagine del modello</i>	<i>ipotesi di Intervento</i>	<i>Falda</i>	<i>Sisma</i>	<i>Curva analizzata</i>	<i>FS</i>
<i>Caso 1 a</i>	<i>SF</i>		-	<i>Bassa</i>	<i>NO</i>	<i>1</i>	<i>1,060</i>
<i>Caso 2 a</i>	<i>SF</i>		-	<i>Alta</i>	<i>NO</i>	<i>1</i>	<i>0,797</i>

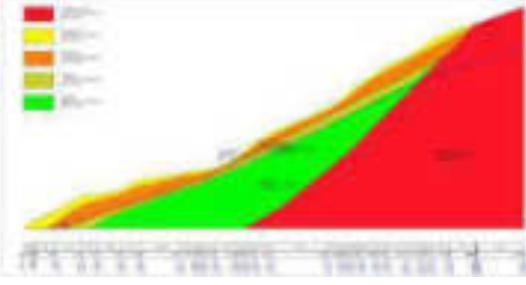
Caso 3 a	SF		-	Bassa	SI	1	1,089
----------	----	---	---	-------	----	---	-------

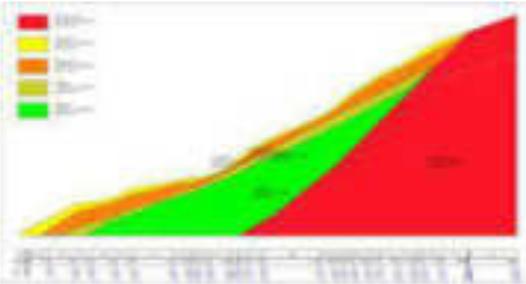
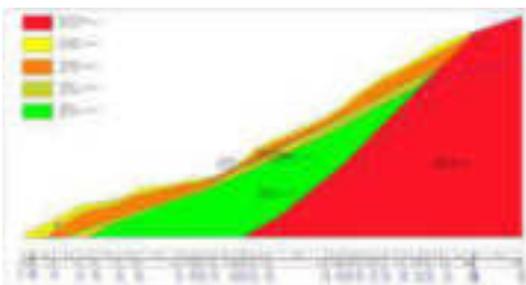
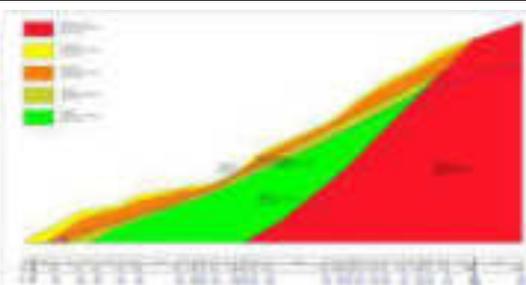
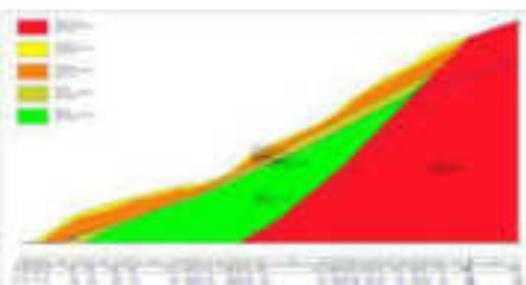
		Immagine del modello	ipotesi di Intervento	Falda	Sisma	Curva analizzata	FS
Caso 1 b	SF		-	Bassa	NO	2	1,187
Caso 2 b	SF		-	Alta	NO	2	0,881
Caso 3 b	SF		-	Bassa	SI	2	1,309

		Immagine del modello	ipotesi di Intervento	Falda	Sisma	Curva analizzata	FS
Caso 4 a	SP		MODELLAZIONE TERRENO E DRENI	Bassa	SI	1	1,123

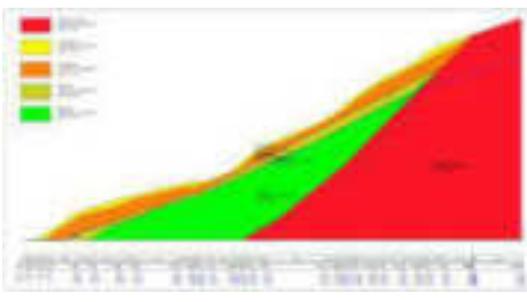
Caso 4 b	SP		MODELLAZIONE TERRENO E DRENI	Bassa	SI	2	1,291
----------	----	---	------------------------------	-------	----	---	-------

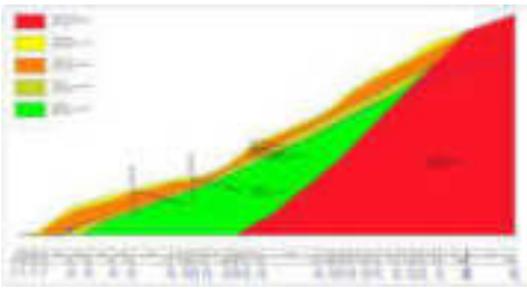
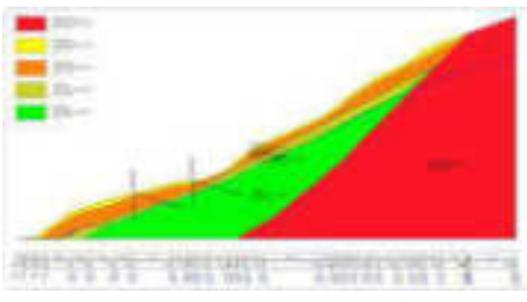
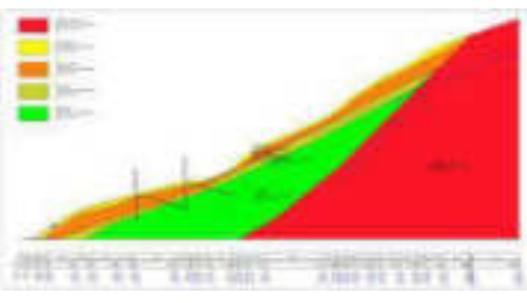
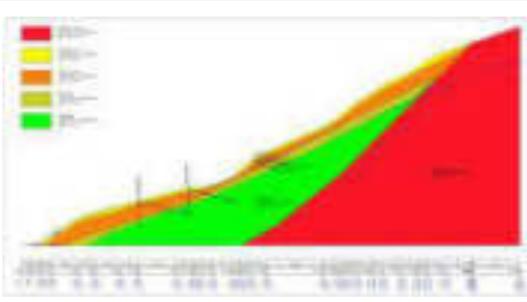
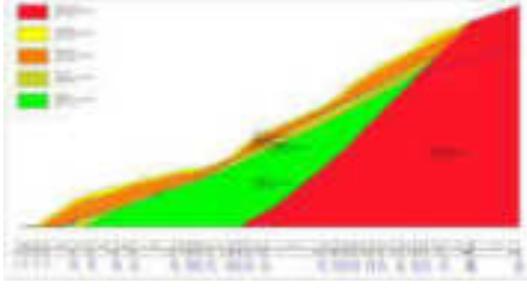
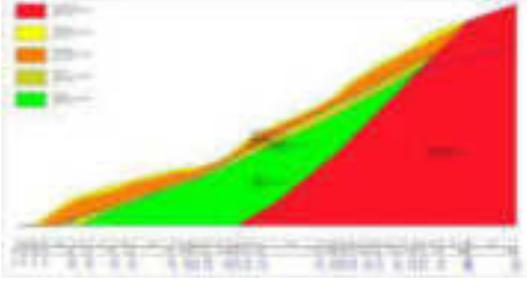
		Immagine del modello	ipotesi di Intervento	Falda	Sisma	Curva analizzata	FS
Caso 5 a	SP		MODELLAZIONE TERRENO, DRENI E OPERE STRUTTURALI	Bassa	SI	1	1,201
Caso 5 b	SP		MODELLAZIONE TERRENO, DRENI E OPERE STRUTTURALI	Bassa	SI	2	1,463

		Immagine del modello	ipotesi di Intervento	Falda	Sisma	Curva analizzata	FS
Caso 6 a	SP		MODELLAZIONE TERRENO E OPERE STRUTTURALI	Alta	SI	1	0,795
Caso 6 b	SP		MODELLAZIONE TERRENO E OPERE STRUTTURALI	Alta	SI	2	0,837

		<i>Immagine del modello</i>	<i>ipotesi di intervento</i>	<i>Falda</i>	<i>Sisma</i>	<i>Curva analizzata</i>	<i>FS</i>
Caso 4 a*	SP		MODELLAZIONE TERRENO E DRENI (una sola fila posta a valle)	Bassa	SI	1	1,019
Caso 4 b*	SP		MODELLAZIONE TERRENO E DRENI (una sola fila posta a valle)	Bassa	SI	2	1,246

## TABULATI DI CALCOLO NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- LEGGE NR. 64 DEL 02/02/1974.

PROVVEDIMENTI PER LE COSTRUZIONI CON PARTICOLARI PRESCRIZIONI PER LE ZONE SISMICHE.

- D.M. LL.PP. DEL 11/03/1988.

NORME TECNICHE RIGUARDANTI LE INDAGINI SUI TERRENI E SULLE ROCCE, LA STABILITÀ DEI PENDII NATURALI E DELLE SCARPATE, I CRITERI GENERALI E LE PRESCRIZIONI PER LA PROGETTAZIONE, L'ESECUZIONE E IL COLLAUDO DELLE OPERE DI SOSTEGNO DELLE TERRE E DELLE OPERE DI FONDAZIONE.

- D.M. 16 GENNAIO 1996

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE

- CIRCOLARE MINISTERO LL.PP. 15 OTTOBRE 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NORME TECNICHE DI CUI AL D.M. 9 GENNAIO 1996

- CIRCOLARE MINISTERO LL.PP. 10 APRILE 1997 N. 65/AA.GG.

ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE DI CUI AL D.M. 16 GENNAIO 1996

- NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 (D.M. 17 GENNAIO 2018)

## DESCRIZIONE METODO DI CALCOLO

VIENE USATA LA TECNICA DELLA SUDDIVISIONE A STRISCE DELLA SUPERFICIE DI SCORRIMENTO DA ANALIZZARE.

IN PARTICOLARE IL PROGRAMMA ESAMINA UN NUMERO DI SUPERFICI CHE DIPENDE DALLE IMPOSTAZIONI FORNITE E CHE SONO RIPORTATE NELLA CORRISPONDENTE SEZIONE. IL PROCESSO ITERATIVO PERMETTE DI DETERMINARE IL COEFFICIENTE DI SICUREZZA DI TUTTE LE SUPERFICI ANALIZZATE.

NELLA DESCRIZIONE DEI METODI DI CALCOLO SI ADOTTERÀ LA SEGUENTE SIMBOLOGIA:

<b>L</b>	LUNGHEZZA DELLA BASE DELLA STRISCIA
$\alpha$	ANGOLO DELLA BASE DELLA STRISCIA RISPETTO ALL'ORIZZONTALE
<b>B</b>	LARGHEZZA DELLA STRISCIA $B=L \times \cos(\alpha)$
$\phi$	ANGOLO DI ATTRITO LUNGO LA BASE DELLA STRISCIA
<b>C</b>	COESIONE LUNGO LA BASE DELLA STRISCIA
$\gamma$	PESO DI VOLUME DEL TERRENO
<b>U</b>	PRESSIONE NEUTRA
<b>W</b>	PESO DELLA STRISCIA
<b>N</b>	SFORZO NORMALE ALLA BASE DELLA STRISCIA
<b>T</b>	SFORZO DI TAGLIO ALLA BASE DELLA STRISCIA
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>D</sub></b>	FORZE NORMALI DI INTERSTRISCIA A SINISTRA E A DESTRA
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>D</sub></b>	FORZE TANGENZIALI DI INTERSTRISCIA A SINISTRA E A DESTRA
<b>E<sub>A</sub>, E<sub>B</sub></b>	FORZE NORMALI DI INTERSTRISCIA ALLA BASE ED ALLA SOMMITÀ DEL PENDIO
$\Delta X$	VARIAZIONE DELLE FORZE TANGENZIALI SULLA STRISCIA $\Delta X = X_D - X_s$

**Metodo di Sarma**

IL METODO DI SARMA PERMETTE DI DETERMINARE UN DETERMINATO VALORE PER UN'ACCELERAZIONE ORIZZONTALE UNIFORME CHE SARÀ LA CAUSA DEL CEDIMENTO DEL PENDIO (ACCELERAZIONE CRITICA K). PER DETERMINARE UN COEFFICIENTE DI SICUREZZA ORDINARIO, SI OPERA RIDUCENDO I PARAMETRI DI RESISTENZA DEL TERRENO FINO A QUANDO SI RICHIEDE UN FATTORE DI ACCELERAZIONE ORIZZONTALE PARI A ZERO.

LE EQUAZIONI DA PRENDERE IN CONSIDERAZIONE SONO: L'EQUAZIONE DI EQUILIBRIO ALLA TRASLAZIONE ORIZZONTALE E VERTICALE NONCHÉ L'EQUAZIONE DI EQUILIBRIO DEI MOMENTI. DI SEGUITO VENGONO RIPORTATE LE EQUAZIONI.

CONDIZIONI DI EQUILIBRIO ALLA TRASLAZIONE ORIZZONTALE E VERTICALE:

$$\begin{aligned} N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i &= W_i - \Delta X_i \\ T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i &= K W_i + \Delta E_i \end{aligned}$$

DALLA PRIMA DI QUESTA RELAZIONE INSIEME AL CRITERIO DI MOHR-COULOMB, CHE METTE IN RELAZIONE LE FORZE N E T:

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \phi_i + C_i B_i / \cos \alpha_i$$

SI OTTIENE L'ESPRESSIONE PER LA SOSTITUZIONE DI ENTRAMBE LE FORZE N E T NELLA SECONDA EQUAZIONE CIOÈ:

$$N_i = \frac{(W_i - \Delta X_i - C_i B_i \tan \alpha_i + U_i \tan \phi_i \sin \alpha_i) \cos \phi_i}{\cos \alpha_i \cos \phi_i + \sin \phi_i \sin \alpha_i}$$

LA SECONDA EQUAZIONE DIVENTA:

$$T_i = \frac{(W_i - \Delta X_i - U_i \cos \alpha_i) \sin \phi_i - C_i B_i \cos \alpha_i}{\cos \alpha_i \cos \phi_i + \sin \phi_i \sin \alpha_i}$$

LA QUALE FORNISCE UN'ESPRESSIONE PER LA MASSIMA FORZA SISMICA ORIZZONTALE CHE PUÒ ESSERE SOPPORTATA  $KW_i$  CHE È LA SEGUENTE:

$$KW_i = D_i - \Delta E_i - \Delta X_i \tan (\phi_i - \alpha_i)$$

NELLA QUALE  $D_i$  HA L'ESPRESSIONE:

$$D_i = W_i \tan (\phi_i - \alpha_i) + \frac{C_i B_i \cos \phi_i / \cos \alpha_i + U_i \sin \phi_i}{\cos \phi_i \cos \alpha_i + \sin \phi_i \sin \alpha_i}$$

TUTTE LE GRANDEZZE CONTRASSEGNADE CON IL PEDICE I SONO DA INTENDERSI RIFERITE ALLA STRISCIA I-ESIMA. A QUESTO PUNTO I VALORI OTTENUTI PER TUTTE LE STRISCE POSSONO ESSERE SOMMATI PER OTTENERE LA FORZA SISMICA ORIZZONTALE TOTALE  $K \sum W_i$ . FATTO CIÒ SI TROVA CHE LA SOMMA  $\sum \Delta E$  DEVE ESSERE NULLA. ANCHE  $\sum \Delta X$  DEVE ESSERLO, MA QUANDO I TERMINI INDIVIDUALI VENGONO MOLTIPLICATI PER UN DIVERSO COEFFICIENTE SI OTTIENE UN RISULTATO DIVERSO DA ZERO. QUINDI:

$$\sum \Delta X_i \tan (\phi_i - \alpha_i) + \sum KW_i = \sum D_i \quad (A)$$

L'ESPRESSIONE DELL'EQUILIBRIO DEL MOMENTO RISPETTO AL CENTRO DI GRAVITÀ DELLA MASSA CHE SCIVOLA È DATA DA:

$$\sum (T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i) (Y_i - Y_G) + \sum (N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i) (X_i - X_G) = 0$$

NELL'ESPRESSIONE  $X_i$  ED  $Y_i$  SONO LE COORDINATE DEL PUNTO MEDIO DELLA BASE DELLA STRISCIA.

CON LA SCELTA DEL PUNTO AL QUALE È RIFERITA L'ESPRESSIONE DEI MOMENTI, SI ANNULLANO LE SOMME DI  $W$  E  $KW$ . INOLTRE LE FORZE DI INTERSTRISCIA NON DANNO MOMENTO.

LA CONDIZIONE DEL MOMENTO, TENENDO CONTO DELL'ESPRESSIONE (A) E DELLA RELAZIONE DI MOHR-COULOMB, PUÒ ESSERE RISCRISSA COME:

$$\sum \Delta X_i [(Y_i - Y_G) \tan (\phi_i - \alpha_i) + (X_i - X_G)] = \sum W_i (X_i - X_G) + \sum D_i (Y_i - Y_G)$$

SARMA DEFINISCE OGNI  $\Delta X$  NELLA FORMA:

$$\Delta X = \lambda \psi_i$$

IN CUI  $\psi_i$  È NOTO E  $\sum \psi_i = 0$ .

A QUESTO PUNTO LE DUE EQUAZIONI CHE PERMETTONO LA SOLUZIONE DEL PROBLEMA SONO:

$$\begin{aligned} \lambda \sum \psi_i \tan (\phi_i - \alpha_i) + K \sum W_i &= \sum D_i \\ \lambda \sum \psi_i [(Y_i - Y_G) \tan (\phi_i - \alpha_i) + (X_i - X_G)] &= \sum W_i (X_i - X_G) + \sum D_i (Y_i - Y_G) \end{aligned}$$

DA QUESTE DUE EQUAZIONI SI RICAVALANO:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{\sum W_i (X_i - X_G) + \sum D_i (Y_i - Y_G)}{\sum \psi_i [(Y_i - Y_G) \tan (\phi_i - \alpha_i) + (X_i - X_G)]} \\ K &= \frac{(\sum D_i - \lambda \sum B_i \tan (\phi_i - \alpha_i))}{\sum W_i} \end{aligned}$$

LA FUNZIONE  $\psi$  VIENE DEFINITA DA SARMA IN FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO E DELLO STATO TENSIONALE LOCALE LUNGO LE INTERFACCE DELLE STRISCE.

# ANALISI DELLO STATO DI FATTO – DATI DI INPUT

## Descrizione terreno

### SIMBOLOGIA ADOTTATA

NR.	INDICE DEL TERRENO
DESCRIZIONE	DESCRIZIONE TERRENO
$\gamma$	PESO DI VOLUME DEL TERRENO ESPRESSO IN KG/MC
$\gamma_w$	PESO DI VOLUME SATURO DEL TERRENO ESPRESSO IN KG/MC
$\phi$	ANGOLO D'ATTRITO INTERNO 'EFFICACE' DEL TERRENO ESPRESSO IN GRADI
C	COESIONE 'EFFICACE' DEL TERRENO ESPRESSA IN KG/CMQ
$\phi_u$	ANGOLO D'ATTRITO INTERNO 'TOTALE' DEL TERRENO ESPRESSO GRADI
$C_u$	COESIONE 'TOTALE' DEL TERRENO ESPRESSA IN KG/CMQ

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi'$	$c'$
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[kg/cm <sup>q</sup> ]
1	Serpentiniti	2200	2300	30.00	0,150
2	Coltre detritica	1900	2100	29.00	0,000
3	Calcescisti fratt	2000	2200	31.00	0,000
4	Talcoscisti	2000	2100	28.00	0,000
5	Calcescisti massicci	2500	2500	33.00	2,000



Modello di calcolo - CASI 1 e 3



Modello di calcolo - CASI 2

## Profilo del piano campagna

### SIMBOLOGIA E CONVENZIONI DI SEGNO ADOTTATE

L'ASCISSA È INTESA POSITIVA DA SINISTRA VERSO DESTRA E L'ORDINATA POSITIVA VERSO L'ALTO.

NR.	IDENTIFICATIVO DEL PUNTO
X	ASCISSA DEL PUNTO DEL PROFILO ESPRESSA IN M
Y	ORDINATA DEL PUNTO DEL PROFILO ESPRESSA IN M

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	0,00
2	5,54	4,24
3	6,61	4,62
4	18,59	9,93

n°	X	Y
	[m]	[m]
5	33,75	18,75
6	43,50	19,88
7	57,19	22,67
8	68,48	28,47
9	91,67	31,75
10	100,75	34,42
11	105,67	34,10
12	113,01	35,75
13	124,56	40,75
14	129,69	45,75
15	135,81	50,75
16	145,00	55,75
17	178,42	70,75
18	186,60	75,75
19	191,81	80,75
20	198,27	85,75
21	206,58	90,75
22	213,33	95,75
23	224,43	100,75
24	233,50	105,75
25	239,54	110,75
26	250,02	115,75
27	265,57	120,75
28	266,00	120,75
29	293,78	130,75

## Descrizione stratigrafia

SIMBOLOGIA E CONVENZIONI DI SEGNO ADOTTATE

GLI STRATI SONO DESCRITTI MEDIANTE I PUNTI DI CONTORNO (IN SENSO ANTIORARIO) E L'INDICE DEL TERRENO DI CUI È COSTITUITO

STRATO N° 1 COSTITUITO DA TERRENO N° 5 (CALCESCISTI MASSICCI)

STRATO IMPERMEABILE

STRATO RIGIDO

COORDINATE DEI VERTICI DELLO STRATO N° 1

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	0,00
2	293,78	0,00
3	293,78	130,75
4	266,00	120,75
5	265,47	120,42
6	261,41	116,00
7	247,72	101,84
8	246,78	101,36
9	188,49	42,88
10	151,53	12,54
11	129,75	0,01

STRATO N° 2 COSTITUITO DA TERRENO N° 2 (COLTRE DETRITICA)

COORDINATE DEI VERTICI DELLO STRATO N° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	266,00	120,75
2	265,57	120,75
3	250,02	115,75
4	239,54	110,75
5	233,50	105,75
6	224,43	100,75
7	213,33	95,75
8	206,58	90,75
9	198,27	85,75
10	191,81	80,75
11	186,60	75,75
12	178,42	70,75
13	145,00	55,75
14	135,81	50,75
15	129,69	45,75
16	124,56	40,75
17	113,01	35,75
18	105,67	34,10
19	100,75	34,42
20	91,67	31,75
21	68,48	28,47
22	57,19	22,67
23	43,50	19,88
24	33,75	18,75
25	18,59	9,93
26	6,61	4,62

n°	X [m]	Y [m]
27	5,54	4,24
28	0,00	0,00
29	14,31	0,30
30	17,27	2,90
31	32,79	12,95
32	39,57	15,49
33	53,03	18,83
34	56,81	19,98
35	65,16	23,49
36	68,44	24,55
37	75,50	25,93
38	86,34	28,65
39	88,50	29,45
40	94,63	31,20
41	101,92	31,20
42	105,89	32,72
43	109,67	33,51
44	112,58	34,70
45	117,19	36,36
46	125,17	40,00
47	130,25	43,64
48	131,84	45,20
49	137,93	50,17
50	145,77	54,28
51	179,52	69,80
52	190,18	76,71
53	196,48	82,41
54	210,64	91,44
55	261,41	117,84
56	265,47	120,42

STRATO N° 3 COSTITUITO DA TERRENO N° 3 (CALCESCISTI FRATT)  
COORDINATE DEI VERTICI DELLO STRATO N° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	265,47	120,42
2	261,41	117,84
3	210,64	91,44
4	196,48	82,41
5	190,18	76,71
6	179,52	69,80
7	145,77	54,28
8	137,93	50,17
9	131,84	45,20
10	130,25	43,64
11	125,17	40,00
12	117,19	36,36
13	112,58	34,70
14	109,67	33,51
15	105,89	32,72
16	101,92	31,20
17	94,63	31,20
18	88,50	29,45
19	86,34	28,65
20	75,50	25,93
21	68,44	24,55
22	65,16	23,49
23	56,81	19,98
24	53,03	18,83
25	39,57	15,49
26	32,79	12,95
27	17,27	2,90
28	14,31	0,30
29	0,00	0,00
30	25,00	0,20
31	30,02	2,43
32	41,63	6,62
33	47,62	8,42
34	72,70	17,68
35	78,13	19,33
36	81,29	20,08
37	88,13	22,95
38	100,37	27,31
39	105,65	28,73
40	246,78	101,36
41	247,72	101,84
42	261,41	116,00

STRATO N° 4 COSTITUITO DA TERRENO N° 4 (TALCOSCISTI)  
COORDINATE DEI VERTICI DELLO STRATO N° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	246,78	101,36
2	105,65	28,73
3	100,37	27,31
4	88,13	22,95
5	81,29	20,08
6	78,13	19,33
7	72,70	17,68
8	47,62	8,42
9	41,63	6,62
10	30,02	2,43
11	25,00	0,20
12	0,00	0,00
13	38,80	0,10
14	53,32	7,82
15	82,48	18,98
16	105,30	26,59
17	128,35	36,70
18	166,29	54,66
19	170,30	56,25
20	230,68	87,76

STRATO N° 5 COSTITUITO DA TERRENO N° 1 (SERPENTINITI)  
STRATO IMPERMEABILE  
STRATO RIGIDO  
COORDINATE DEI VERTICI DELLO STRATO N° 5

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	246,78	101,36
2	230,68	87,76
3	170,30	56,25
4	166,29	54,66
5	128,35	36,70
6	105,30	26,59
7	82,48	18,98
8	53,32	7,82
9	38,80	0,10
10	0,00	0,00
11	129,75	0,01
12	151,53	12,54
13	188,49	42,88

Dati zona sismica

Identificazione del sito

LATITUDINE	44.502352
LONGITUDINE	8.717519
COMUNE	MASONE
PROVINCIA	GENOVA
REGIONE	LIGURIA
PUNTI DI INTERPOLAZIONE DEL RETICOLO	16471 - 16249 - 16248 - 16470

Tipo di opera

TIPO DI COSTRUZIONE	OPERA ORDINARIA
VITA NOMINALE	50 ANNI
CLASSE D'USO	II
VITA DI RIFERIMENTO	50 ANNI
ACCELERAZIONE AL SUOLO $A_g =$	0.619 [M/S <sup>2</sup> ]
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE PER TIPO DI SOTTOSUOLO ( $S_s$ )	1.20
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ( $S_T$ )	1.20
COEFFICIENTE RIDUZIONE ( $\beta_s$ )	0.20
RAPPORTO INTENSITÀ SISMICA VERTICALE/ORIZZONTALE	0.50
COEFFICIENTE DI INTENSITÀ SISMICA ORIZZONTALE (PERCENTO)	$K_H = (A_g/G * \beta_s * S_T * S) = 1.82$
COEFFICIENTE DI INTENSITÀ SISMICA VERTICALE (PERCENTO)	$K_V = 0.50 * K_H = 0.91$

Dati normativa

NORMATIVA :  
NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI 17/01/2018  
COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI O PER L'EFFETTO DELLE AZIONI:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_f$	1.00	1.00

COEFFICIENTE DI SICUREZZA RICHIESTO

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Descrizione falda

Livello di falda (TERRENO SATURO)

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	5,80	0,00
2	34,80	16,00
3	46,40	19,50
4	58,00	22,20
5	63,80	23,60
6	75,40	26,50
7	86,34	29,00
8	98,60	31,70
9	110,20	34,00
10	116,00	36,50
11	139,20	47,00
12	150,80	53,00
13	174,00	63,00
14	185,60	67,60
15	203,00	75,40
16	214,60	81,00
17	226,20	85,80
18	237,80	89,00
19	243,60	91,00
20	255,20	95,00
21	261,00	96,80
22	272,60	100,50
23	284,20	104,00
24	290,00	106,00
25	293,78	107,00

Livello di falda (FALDA BASSA)

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	17,40	0,00
2	29,00	5,40
3	46,40	10,60
4	58,00	14,00
5	69,60	17,50
6	87,00	23,00
7	92,80	25,00
8	104,40	28,60
9	116,00	33,80
10	133,40	41,60
11	145,00	47,00
12	156,60	52,00
13	185,60	65,00
14	197,20	70,20
15	208,80	75,40
16	220,40	80,60
17	226,20	83,20
18	237,80	89,00
19	243,60	91,00
20	255,20	95,00
21	261,00	96,80
22	272,60	100,50
23	284,20	104,00
24	290,00	106,00
25	293,78	107,00

Opzioni di calcolo

PER L'ANALISI SONO STATI UTILIZZATI I SEGUENTI METODI DI CALCOLO:

- SARMA

LE SUPERFICI SONO STATE ANALIZZATE PER I CASI:

- PARAMETRI CARATTERISTICI [PC];
- PARAMETRI DI PROGETTO [A2-M2]
- SISMA ORIZZONTALE E SISMA VERTICALE (VERSO IL BASSO E VERSO L'ALTO), OVE PRESENTE

ANALISI CONDOTTA IN TERMINI DI **TENSIONI EFFICACI**

PRESENZA DI Falda

## CURVA N°01

### Superfici di rottura circolari

SI CONSIDERANO LE SUPERFICI PASSANTI PER I PUNTI P1(10,24, 6,22) E P2(263,08, 120,10)

## CURVA N°02

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### Superfici di rottura circolari

SI CONSIDERANO DELLE SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI GENERATE TRAMITE LA SEGUENTE MAGLIA DEI CENTRI

ORIGINE MAGLIA [M]  $X_0 = 31,40$   $Y_0 = 159,20$   
RAGGIO [M]  $R = 159,00$

## ANALISI DELLO STATO DI FATTO – DATI DI OUTPUT

### Caratteristiche delle superfici analizzate

SIMBOLOGIA ADOTTATA

LE ASCISSE X SONO CONSIDERATE POSITIVE VERSO MONTE

LE ORDINATE Y SONO CONSIDERATE POSITIVE VERSO L'ALTO

N° NUMERO D'ORDINE DELLA SUPERFICIE CERCHIO

C<sub>x</sub> ASCISSA X DEL CENTRO [M]

C<sub>y</sub> ORDINATA Y DEL CENTRO [M]

R RAGGIO DEL CERCHIO ESPRESSO IN M

X<sub>v</sub> ASCISSA DEL PUNTO DI INTERSEZIONE CON IL PROFILO (VALLE) ESPRESSE IN M

X<sub>m</sub> ASCISSA DEL PUNTO DI INTERSEZIONE CON IL PROFILO (MONTE) ESPRESSE IN M

V VOLUME INTERESSATO DALLA SUPERFICIE ESPRESSO [MC]

F<sub>s</sub> COEFFICIENTE DI SICUREZZA

CASO CASO DI CALCOLO

#### CASO 1A:

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	37,00	284,44	279,50	10,22	262,94	2862,54	1.060 (S)	[A2M2]	--

#### CASO 1B:

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	31,40	159,20	159,00	3,49	156,32	1585,79	1.187 (S)	[A2M2]	--

#### CASO 2A:

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
2	C	37,23	283,91	279,00	10,22	262,94	2863,38	0.797 (S)	[A2M2]	--

#### CASO 2B:

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	31,40	159,20	159,00	3,49	156,32	1585,98	0.881 (S)	[A2M2]	--

#### CASO 3A:

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	37,00	284,44	279,50	10,22	262,94	2862,57	1.089 (S)	[A2M2]	H-V

#### CASO 3B:

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	31,40	159,20	159,00	3,49	156,32	1585,79	1.309 (S)	[A2M2]	H+V

## ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO – DATI DI INPUT

### Descrizione terreno

SIMBOLOGIA ADOTTATA

NR. INDICE DEL TERRENO

DESCRIZIONE DESCRIZIONE TERRENO

γ PESO DI VOLUME DEL TERRENO ESPRESSO IN KG/MC

γ<sub>sat</sub> PESO DI VOLUME SATURO DEL TERRENO ESPRESSO IN KG/MC

φ ANGOLO D'ATTRITO INTERNO 'EFFICACE' DEL TERRENO ESPRESSO IN GRADI

c COESIONE 'EFFICACE' DEL TERRENO ESPRESSA IN KG/CMQ

φ<sub>u</sub> ANGOLO D'ATTRITO INTERNO 'TOTALE' DEL TERRENO ESPRESSO IN GRADI

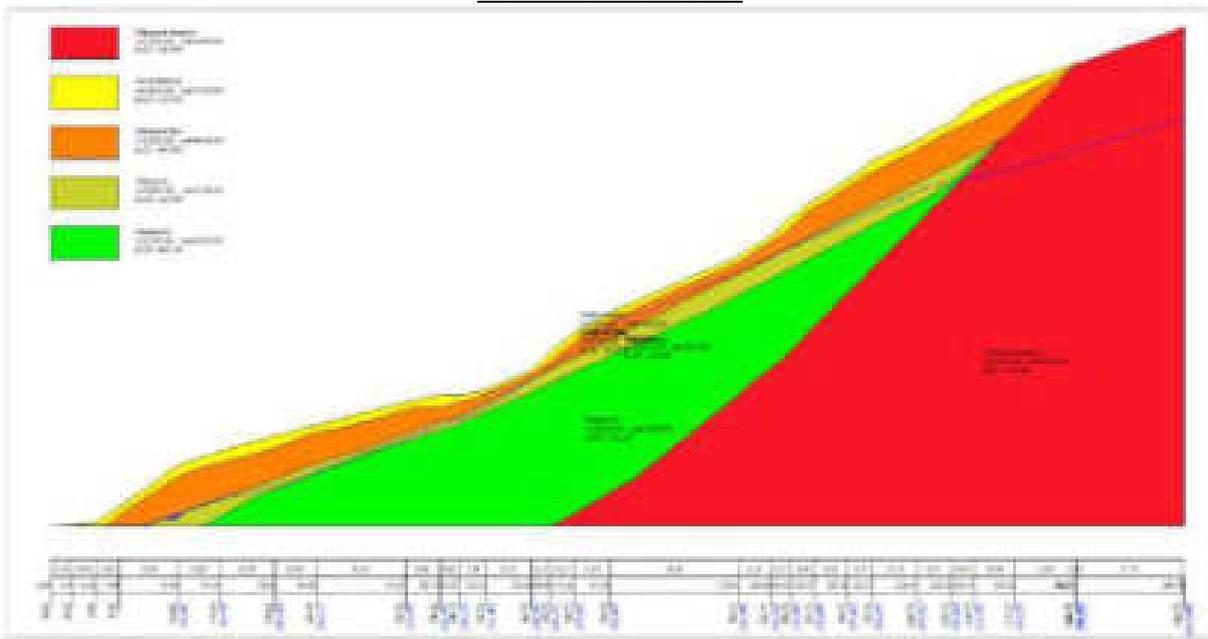
c<sub>u</sub> COESIONE 'TOTALE' DEL TERRENO ESPRESSA IN KG/CMQ

n°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ <sub>sat</sub> [kg/mc]	φ' [°]	c' [kg/cm <sup>q</sup> ]
1	Serpentiniti	2200	2300	30.00	0,150
2	Coltre detritica	1900	2100	29.00	0,000
3	Calcescisti fratt	2000	2200	31.00	0,000

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi'$	$c'$
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[kg/cmq]
4	Talcoscisti	2000	2100	28.00	0,000
5	Calcescisti massicci	2500	2500	33.00	2,000



*MODELLO DI CALCOLO*



*MODELLO DI CALCOLO CONSIDERANDO UNA SOLA FILA DI DRENI POSTI A VALLE DEL VERSANTE*

**Profilo del piano campagna**

**SIMBOLOGIA E CONVENZIONI DI SEGNO ADOTTATE**

L'ASCISSA È INTESA POSITIVA DA SINISTRA VERSO DESTRA E L'ORDINATA POSITIVA VERSO L'ALTO.

NR. IDENTIFICATIVO DEL PUNTO  
X ASCISSA DEL PUNTO DEL PROFILO ESPRESSA IN M  
Y ORDINATA DEL PUNTO DEL PROFILO ESPRESSA IN M

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	0,00
2	5,54	0,30
3	11,60	1,00
4	17,40	5,20
5	33,00	16,00
6	43,50	19,50
7	58,00	23,80
8	68,48	26,50
9	91,67	32,50
10	100,75	34,42
11	105,67	34,10
12	113,01	35,75

n°	X	Y
	[m]	[m]
13	124,56	40,75
14	129,69	45,75
15	135,81	50,75
16	145,00	55,75
17	178,42	70,75
18	186,60	75,75
19	191,81	80,75
20	198,27	85,75
21	206,58	90,75
22	213,33	95,75
23	224,43	100,75
24	233,50	105,75
25	239,54	110,75
26	250,02	115,75
27	265,57	120,75
28	266,00	120,75
29	293,78	130,75

## Descrizione stratigrafia

SIMBOLOGIA E CONVENZIONI DI SEGNO ADOTTATE

GLI STRATI SONO DESCRITTI MEDIANTE I PUNTI DI CONTERNO (IN SENSO ANTIORARIO) E L'INDICE DEL TERRENO DI CUI È COSTITUITO

**STRATO N° 1 COSTITUITO DA TERRENO N° 5 (CALCESCISTI MASSICCI)**

STRATO IMPERMEABILE

STRATO RIGIDO

COORDINATE DEI VERTICI DELLO STRATO N° 1

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	0,00
2	293,78	0,00
3	293,78	130,75
4	266,00	120,75
5	265,47	120,42
6	261,41	116,00
7	247,72	101,84
8	246,78	101,36
9	188,49	42,88
10	151,53	12,54
11	129,75	0,01

**STRATO N° 2 COSTITUITO DA TERRENO N° 2 (COLTRE DETRITICA)**

COORDINATE DEI VERTICI DELLO STRATO N° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	266,00	120,75
2	265,57	120,75
3	250,02	115,75
4	239,54	110,75
5	233,50	105,75
6	224,43	100,75
7	213,33	95,75
8	206,58	90,75
9	198,27	85,75
10	191,81	80,75
11	186,60	75,75
12	178,42	70,75
13	145,00	55,75
14	135,81	50,75
15	129,69	45,75
16	124,56	40,75
17	113,01	35,75
18	105,67	34,10
19	100,75	34,42
20	91,67	32,50
21	68,48	26,50
22	58,00	23,80
23	43,50	19,50
24	33,00	16,00
25	17,40	5,20
26	11,60	1,00
27	5,54	0,30
28	0,00	0,00
29	14,31	0,30
30	17,27	2,90
31	32,79	12,95
32	39,57	15,49
33	53,03	18,83
34	56,81	19,98

n°	X	Y
	[m]	[m]
35	65,16	23,49
36	68,44	24,55
37	75,50	25,93
38	86,34	28,65
39	88,50	29,45
40	94,63	31,20
41	101,92	31,20
42	105,89	32,72
43	109,67	33,51
44	112,58	34,70
45	117,19	36,36
46	125,17	40,00
47	130,25	43,64
48	131,84	45,20
49	137,93	50,17
50	145,77	54,28
51	179,52	69,80
52	190,18	76,71
53	196,48	82,41
54	210,64	91,44
55	261,41	117,84
56	265,47	120,42

*STRATO N° 3 COSTITUITO DA TERRENO N° 3 (CALCESCISTI FRATT)  
COORDINATE DEI VERTICI DELLO STRATO N° 3*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	265,47	120,42
2	261,41	117,84
3	210,64	91,44
4	196,48	82,41
5	190,18	76,71
6	179,52	69,80
7	145,77	54,28
8	137,93	50,17
9	131,84	45,20
10	130,25	43,64
11	125,17	40,00
12	117,19	36,36
13	112,58	34,70
14	109,67	33,51
15	105,89	32,72
16	101,92	31,20
17	94,63	31,20
18	88,50	29,45
19	86,34	28,65
20	75,50	25,93
21	68,44	24,55
22	65,16	23,49
23	56,81	19,98
24	53,03	18,83
25	39,57	15,49
26	32,79	12,95
27	17,27	2,90
28	14,31	0,30
29	0,00	0,00
30	25,00	0,20
31	30,02	2,43
32	41,63	6,62
33	47,62	8,42
34	72,70	17,68
35	78,13	19,33
36	81,29	20,08
37	88,13	22,95
38	100,37	27,31
39	105,65	28,73
40	246,78	101,36
41	247,72	101,84
42	261,41	116,00

*STRATO N° 4 COSTITUITO DA TERRENO N° 4 (TALCOSCISTI)  
COORDINATE DEI VERTICI DELLO STRATO N° 4*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	246,78	101,36
2	105,65	28,73
3	100,37	27,31

n°	X	Y
	[m]	[m]
4	88,13	22,95
5	81,29	20,08
6	78,13	19,33
7	72,70	17,68
8	47,62	8,42
9	41,63	6,62
10	30,02	2,43
11	25,00	0,20
12	0,00	0,00
13	38,80	0,10
14	53,32	7,82
15	82,48	18,98
16	105,30	26,59
17	128,35	36,70
18	166,29	54,66
19	170,30	56,25
20	230,68	87,76

STRATO N° 5 COSTITUITO DA TERRENO N° 1 (SERPENTINITI)

STRATO IMPERMEABILE

STRATO RIGIDO

COORDINATE DEI VERTICI DELLO STRATO N° 5

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	246,78	101,36
2	230,68	87,76
3	170,30	56,25
4	166,29	54,66
5	128,35	36,70
6	105,30	26,59
7	82,48	18,98
8	53,32	7,82
9	38,80	0,10
10	0,00	0,00
11	129,75	0,01
12	151,53	12,54
13	188,49	42,88

Dati zona sismica

Identificazione del sito

LATITUDINE

44.502352

LONGITUDINE

8.717519

COMUNE

MASONE

PROVINCIA

GENOVA

REGIONE

LIGURIA

PUNTI DI INTERPOLAZIONE DEL RETICOLO

16471 - 16249 - 16248 - 16470

Tipo di opera

TIPO DI COSTRUZIONE

OPERA ORDINARIA

VITA NOMINALE

50 ANNI

CLASSE D'USO

II

VITA DI RIFERIMENTO

50 ANNI

ACCELERAZIONE AL SUOLO  $A_G =$

0.619 [M/S<sup>2</sup>]

COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE PER TIPO DI SOTTOSUOLO ( $S_s$ )

1.20

COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ( $S_t$ )

1.20

COEFFICIENTE RIDUZIONE ( $\beta_s$ )

0.20

RAPPORTO INTENSITÀ SISMICA VERTICALE/ORIZZONTALE

0.50

COEFFICIENTE DI INTENSITÀ SISMICA ORIZZONTALE (PERCENTO)

$K_H = (A_G/G * \beta_s * S_t * S) = 1.82$

COEFFICIENTE DI INTENSITÀ SISMICA VERTICALE (PERCENTO)

$K_V = 0.50 * K_H = 0.91$

Dati normativa

NORMATIVA :

NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI 17/01/2018

COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI O PER L'EFFETTO DELLE AZIONI:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

COEFFICIENTE DI SICUREZZA RICHIESTO

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Descrizione falda

Livello di falda (TERRENO SATURO)

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	5,80	0,00
2	34,80	16,00
3	46,40	19,50
4	58,00	22,20
5	63,80	23,60
6	75,40	26,50
7	86,34	29,00
8	98,60	31,70
9	110,20	34,00
10	133,40	44,00
11	145,00	50,00
12	162,40	59,00
13	185,60	67,60
14	203,00	75,40
15	220,40	83,20
16	226,20	85,80
17	232,00	88,40
18	237,80	91,00
19	249,40	94,50
20	255,20	96,20
21	261,00	98,00
22	272,60	103,00
23	284,20	108,00
24	290,00	109,00
25	295,80	110,00

Livello di falda (FALDA AL DI SOTTO DELLA CURVA DI SCIVOLAMENTO)

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23,20	0,00
2	40,60	6,00
3	48,00	7,50
4	58,00	9,70
5	69,60	14,00
6	92,80	22,50
7	98,60	24,40
8	110,20	28,80
9	121,80	34,00
10	133,40	39,00
11	145,00	44,80
12	162,40	52,00
13	191,40	67,60
14	203,00	72,80
15	214,60	78,00
16	226,20	83,20
17	232,00	85,80
18	237,80	89,00
19	243,60	91,00
20	255,20	95,00
21	261,00	96,80
22	272,60	100,50
23	284,20	104,00
24	290,00	106,00
25	293,78	107,00

Livello di falda (IPOTESI DI INTERVENTO CON UNA SOLA FILE DI DRENI POSTA A VALLE DEL VERSANTE)

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	23,20	0,00
2	40,60	6,00
3	48,00	8,00
4	58,00	10,50
5	69,60	14,50
6	92,80	23,40

n°	X	Y
	[m]	[m]
7	98,60	25,50
8	110,20	29,80
9	121,80	36,40
10	133,40	44,20
11	145,00	52,00
12	162,40	59,80
13	191,40	72,80
14	203,00	78,00
15	214,60	83,20
16	220,40	85,80
17	226,20	88,40
18	237,80	91,00
19	249,40	93,60
20	255,20	95,00
21	261,00	96,80
22	272,60	100,50
23	284,20	104,00
24	290,00	106,00
25	293,78	107,00

## Opzioni di calcolo

PER L'ANALISI SONO STATI UTILIZZATI I SEGUENTI METODI DI CALCOLO:

- SARMA

LE SUPERFICI SONO STATE ANALIZZATE PER I CASI:

- PARAMETRI CARATTERISTICI [PC];

- PARAMETRI DI PROGETTO [A2-M2]

- SISMA ORIZZONTALE E SISMA VERTICALE (VERSO IL BASSO E VERSO L'ALTO), OVE PRESENTE

ANALISI CONDOTTA IN TERMINI DI **TENSIONI EFFICACI**

PRESENZA DI FALDA

## Interventi ove previsti

NUMERO INTERVENTI INSERITI 3

### Paratia di micropali con 1 file di tiranti - Paratia di pali

GRADO DI SICUREZZA DESIDERATO A MONTE	1,30	
ASCISSA SUL PROFILO (QUOTA TESTA PARATIA)	69,60	M
ALTEZZA TOTALE PARATIA	15,30	M
ALTEZZA INEFFICACE PARATIA (A PARTIRE DAL PIEDE)	0,00	M
DIAMETRO PALI	0,20	M
INTERASSE PALI	0,80	M
ALTEZZA CORDOLO	0,60	M
LARGHEZZA CORDOLO	0,60	M
RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE DEL CLS (RBK)	300	KG/CMQ
RESISTENZA A TAGLIO (PER METRO)	60000	KG
TIRANTI DELLA PARATIA		
FILA DI TIRANTI N° 1 - TIRANTI ATTIVI		
POSIZIONE RISPETTO ALLA TESTA (POSITIVA VERSO IL BASSO)	0,40	M
LUNGHEZZA TOTALE TIRANTI	30,00	M
LUNGHEZZA FONDAZIONE TIRANTI	10,00	M
INCLINAZIONE TIRANTI	15,00	
INTERASSE TIRANTI	4,00	M
DIAMETRO TIRANTI	20,00	CM
RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE DEL CLS (RBK)	300	KG/CMQ
TIRO APPLICATO (PER TIRANTE)	45000	KG

### Paratia di micropali con 1 file di tiranti - Paratia di pali

GRADO DI SICUREZZA DESIDERATO A MONTE	1,30	
ASCISSA SUL PROFILO (QUOTA TESTA PARATIA)	104,40	M
ALTEZZA TOTALE PARATIA	15,30	M
ALTEZZA INEFFICACE PARATIA (A PARTIRE DAL PIEDE)	0,00	M
DIAMETRO PALI	0,20	M
INTERASSE PALI	0,80	M
ALTEZZA CORDOLO	0,60	M
LARGHEZZA CORDOLO	0,60	M
RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE DEL CLS (RBK)	300	KG/CMQ
RESISTENZA A TAGLIO (PER METRO)	60000	KG
TIRANTI DELLA PARATIA		
FILA DI TIRANTI N° 1 - TIRANTI ATTIVI		
POSIZIONE RISPETTO ALLA TESTA (POSITIVA VERSO IL BASSO)	0,40	M
LUNGHEZZA TOTALE TIRANTI	30,00	M
LUNGHEZZA FONDAZIONE TIRANTI	10,00	M
INCLINAZIONE TIRANTI	15,00	
INTERASSE TIRANTI	4,00	M
DIAMETRO TIRANTI	20,00	CM
RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE DEL CLS (RBK)	300	KG/CMQ

**CURVA N°01**

**Impostazioni delle superfici di rottura**

SI CONSIDERANO LE SUPERFICI PASSANTI PER I PUNTI P1(10,24, 6,22) E P2(263,08, 120,10)

**CURVA N°02**

**Impostazioni delle superfici di rottura**

**Superfici di rottura circolari**

SI CONSIDERANO DELLE SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI GENERATE TRAMITE LA SEGUENTE MAGLIA DEI CENTRI

ORIGINE MAGLIA [M]  $X_0 = 31,40$   $Y_0 = 159,20$   
 RAGGIO [M]  $R = 159,00$

**ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO – DATI DI OUTPUT**

**Caratteristiche delle superfici analizzate**

**SIMBOLOGIA ADOTTATA**

LE ASCISSE X SONO CONSIDERATE POSITIVE VERSO MONTE

LE ORDINATE Y SONO CONSIDERATE POSITIVE VERSO L'ALTO

N° NUMERO D'ORDINE DELLA SUPERFICIE CERCHIO

C<sub>x</sub> ASCISSA X DEL CENTRO [M]

C<sub>y</sub> ORDINATA Y DEL CENTRO [M]

R RAGGIO DEL CERCHIO ESPRESSO IN M

X<sub>v</sub> ASCISSA DEL PUNTO DI INTERSEZIONE CON IL PROFILO (VALLE) ESPRESSE IN M

X<sub>m</sub> ASCISSA DEL PUNTO DI INTERSEZIONE CON IL PROFILO (MONTE) ESPRESSE IN M

V VOLUME INTERESSATO DALLA SUPERFICIE ESPRESSO [MC]

F<sub>s</sub> COEFFICIENTE DI SICUREZZA

CASO CASO DI CALCOLO

**CASO 4A:**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	37,00	284,44	279,50	17,96	262,94	2770,32	1.123 (S)	[A2M2]	H-V

**CASO 4B:**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	31,40	159,20	159,00	12,12	156,32	1454,15	1.291 (S)	[A2M2]	H+V

**CASO 5A:**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	37,00	284,44	279,50	17,96	262,94	2770,32	1.201 (S)	[A2M2]	H-V

**CASO 5B:**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	31,40	159,20	159,00	12,12	156,32	1454,15	1.463 (S)	[A2M2]	H+V

**CASO 6A:**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	37,23	283,91	279,00	17,95	262,94	2771,14	0.795 (S)	[A2M2]	--

**CASO 6B:**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	31,40	159,20	159,00	12,12	156,32	1454,26	0.837 (S)	[A2M2]	--

**CASO 4A\*:**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	37,00	284,44	279,50	17,96	262,94	2770,32	1.019 (S)	[A2M2]	H-V

**CASO 4B\*:**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
1	C	31,40	159,20	159,00	12,12	156,32	1454,15	1.246 (S)	[A2M2]	H+V

**CONFRONTO DEI RISULTATI**

**CASO 1A: STATO DI FATTO CON FALDA BASSA E IN ASSENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01)**

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	40	1.060	1.297

**CASO 2A: STATO DI FATTO CON TERRENO SATURO E ASSENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01)**

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	120	0.797	0.971

**CASO 3A: STATO DI FATTO CON FALDA BASSA E IN PRESENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01)**

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	2	1.089	1.184

CASO 1B: STATO DI FATTO CON FALDA BASSA E IN ASSENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02)

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	40	1.187	1.441

CASO 2B: STATO DI FATTO CON TERRENO SATURO E ASSENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02)

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	120	0.881	1.070

CASO 3B: STATO DI FATTO CON FALDA BASSA E IN PRESENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02)

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	2	1.309	1.441

CASO 4A: STATO DI PROGETTO CON FALDA BASSA E IN PRESENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01)

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	40	1.123	1.216

CASO 4B: STATO DI PROGETTO CON FALDA BASSA E IN PRESENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02)

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	120	1.291	1.412

CASO 5A: STATO DI PROGETTO CON FALDA BASSA, INTERVENTI STRUTTURALI E IN PRESENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01)

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	40	1.201	1.306

CASO 5B: STATO DI PROGETTO CON FALDA BASSA, INTERVENTI STRUTTURALI E IN PRESENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02)

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	40	1.463	1.619

CASO 6A: STATO DI PROGETTO CON TERRENO SATURO, INTERVENTI STRUTTURALI E IN ASSENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01)

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	40	0.795	0.967

CASO 6A: STATO DI PROGETTO CON TERRENO SATURO, INTERVENTI STRUTTURALI E IN ASSENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02)

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	40	0.837	1.017

CASO 4A\*: STATO DI PROGETTO CON FALDA BASSA, UNA SOLA FILA DI DRENI E IN PRESENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°01)

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	40	1.019	1.103

CASO 4B\*: STATO DI PROGETTO CON FALDA BASSA, UNA SOLA FILA DI DRENI E IN PRESENZA DI SISMA (CURVA DI SCIVOLAMENTO N°02)

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>
SARMA	120	1.246	1.361

SI CONCLUDE CHE, AL FINE DI UN MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DEL VERSANTE, LA MODELLAZIONE DEL TERRENO ACCOMPAGNATA DAL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI DEFLUSSO DEL TORRENTE MEDIANTE RIMOZIONE DEI MATERIALI LITOIDI E DALLA REGIMAZIONE DELLE ACQUE CON CONTESTUALE ABBASSAMENTO DELLA FALDA TRAMITE L'UTILIZZO DI N°02 FILE DI DRENI SUB-ORIZZONTALI RISULTA ESSERE LA PIÙ EFFICACE, CON FS > 1.1 (CASI 4A E 4B). PER IL RAGGIUNGIMENTO DEL LIVELLO DI SICUREZZA DEL VERSANTE PARI A 1.2, COME DEFINITO DALLE NORME, OCCORRE INTRODURRE ULTERIORMENTE ALMENO N°02 OPERE STRUTTURALI IN GRADO DI ESPlicitARE UNA RESISTENZA SUL CORPO DI FRANA, CADAUNO, PARI AD ALMENO 60'000 KG (CASI 5A E 5B). SI EVIDENZIA ANCHE CHE MEDIANTE IL CONFRONTO TRA I CASI 4 E I CASI 4\*, SI RISCONTRA UNA PIÙ EFFICACE RISPOSTA DEL VERSANTE, RELATIVAMENTE ALLA STABILITÀ, CON LA PRESENZA DI N°02 FILE DI DRENI.

## **DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018 (PUNTO 10.2)**

### **SOFTWARE STAP**

### **ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO**

IL SOTTOSCRITTO, IN QUALITÀ DI CALCOLATORE DELLE OPERE IN PROGETTO, DICHIARA QUANTO SEGUE.

## **TIPO DI ANALISI SVOLTA**

L'ANALISI E LE VERIFICHE DI STABILITÀ SONO CONDOTTE CON L'AUSILIO DI UN CODICE DI CALCOLO AUTOMATICO.

I METODI DI CALCOLO IMPLEMENTATI SONO I CLASSICI METODI DELLE STRISCE, BASATI SUL CONCETTO DELL'EQUILIBRIO LIMITE GLOBALE. LA SUPERFICIE DI ROTTURA È SUDDIVISA IN UN DETERMINATO NUMERO DI STRISCE CHE CONSENTONO DI CALCOLARE LE GRANDEZZE CHE ENTRANO IN GIOCO NELLE EQUAZIONI RISOLUTIVE.

NEL MODULO TERRENI SI ADOTTA IL CRITERIO DI ROTTURA DI MOHR-COULOMB. NEL MODULO ROCCE SI PUÒ ADOTTARE IL CRITERIO DI ROTTURA DI HOEK-BROWN O DI BARTON.

IL PROGRAMMA CONSENTE DI INSERIRE DEGLI INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE, CHE POSSONO INTERVENIRE SECONDO SUE MODALITÀ DIVERSE: VARIAZIONE DELLE FORZE DI INTERSTRISCE O RESISTENZA A TAGLIO EQUIVALENTE.

L'ANALISI SOTTO LE AZIONI SISMICHE È CONDOTTA CON IL METODO DELL'ANALISI STATICA EQUIVALENTE SECONDO LE DISPOSIZIONI DEL CAPITOLO 7 DEL DM 17/01/2018.

## **ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO**

TITOLO	STAP - STABILITÀ PENDII TERRENI E ROCCE
VERSIONE	14.0
PRODUTTORE	AZTEC INFORMATICA SRL, CASALI DEL MANCO - LOC. CASOLE BRUZIO (CS)
UTENTE	STUDIO ASSOCIATO DI INGEGNERIA SL
LICENZA	AIU32427U

## **AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO**

UN ATTENTO ESAME PRELIMINARE DELLA DOCUMENTAZIONE A CORREDO DEL SOFTWARE HA CONSENTITO DI VALUTARNE L'AFFIDABILITÀ. LA DOCUMENTAZIONE FORNITA DAL PRODUTTORE DEL SOFTWARE CONTIENE UN'ESAURIENTE DESCRIZIONE DELLE BASI TEORICHE, DEGLI ALGORITMI IMPIEGATI E L'INDIVIDUAZIONE DEI CAMPI D'IMPIEGO. LA SOCIETÀ PRODUTTRICE AZTEC INFORMATICA SRL HA VERIFICATO L'AFFIDABILITÀ E LA ROBUSTEZZA DEL CODICE DI CALCOLO ATTRAVERSO UN NUMERO SIGNIFICATIVO DI CASI PROVA IN CUI I RISULTATI DELL'ANALISI NUMERICA SONO STATI CONFRONTATI CON SOLUZIONI TEORICHE.

## **MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI**

LA RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE PRESENTA I DATI DI CALCOLO TALE DA GARANTIRNE LA LEGGIBILITÀ, LA CORRETTA INTERPRETAZIONE E LA RIPRODUCIBILITÀ. LA RELAZIONE DI CALCOLO ILLUSTRATA IN MODO ESAUSTIVO I DATI IN INGRESSO ED I RISULTATI DELLE ANALISI IN FORMA TABELLARE.

## **INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE**

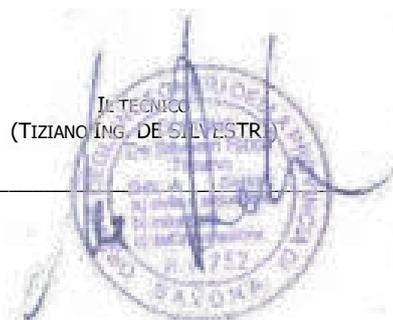
IL SOFTWARE PREVEDE UNA SERIE DI CONTROLLI AUTOMATICI CHE CONSENTONO L'INDIVIDUAZIONE DI ERRORI DI MODELLAZIONE, DI NON RISPETTO DI LIMITAZIONI GEOMETRICHE E DI ARMATURA E DI PRESENZA DI ELEMENTI NON VERIFICATI. IL CODICE DI CALCOLO CONSENTE DI VISUALIZZARE E CONTROLLARE, SIA IN FORMA GRAFICA CHE TABELLARE, I DATI DEL MODELLO STRUTTURALE, IN MODO DA AVERE UNA VISIONE CONSAPEVOLE DEL COMPORTAMENTO CORRETTO DEL MODELLO STRUTTURALE.

## **GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI**

I RISULTATI DELLE ELABORAZIONI SONO STATI SOTTOPOSTI A CONTROLLI DAL SOTTOSCRITTO UTENTE DEL SOFTWARE. TALE VALUTAZIONE HA COMPRESO IL CONFRONTO CON I RISULTATI DI SEMPLICI CALCOLI, ESEGUITI CON METODI TRADIZIONALI. INOLTRE SULLA BASE DI CONSIDERAZIONI RIGUARDANTI GLI STATI TENSIONALI E DEFORMATIVI DETERMINATI, SI È VALUTATA LA VALIDITÀ DELLE SCELTE OPERATE IN SEDE DI SCHEMATIZZAZIONE E DI MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DELLE AZIONI.

IN BASE A QUANTO SOPRA, IO SOTTOSCRITTO ASSERISCO CHE L'ELABORAZIONE È CORRETTA ED IDONEA AL CASO SPECIFICO, PERTANTO I RISULTATI DI CALCOLO SONO DA RITENERSI VALIDI ED ACCETTABILI.

IL TECNICO  
(TIZIANO ING. DE SILVESTR)



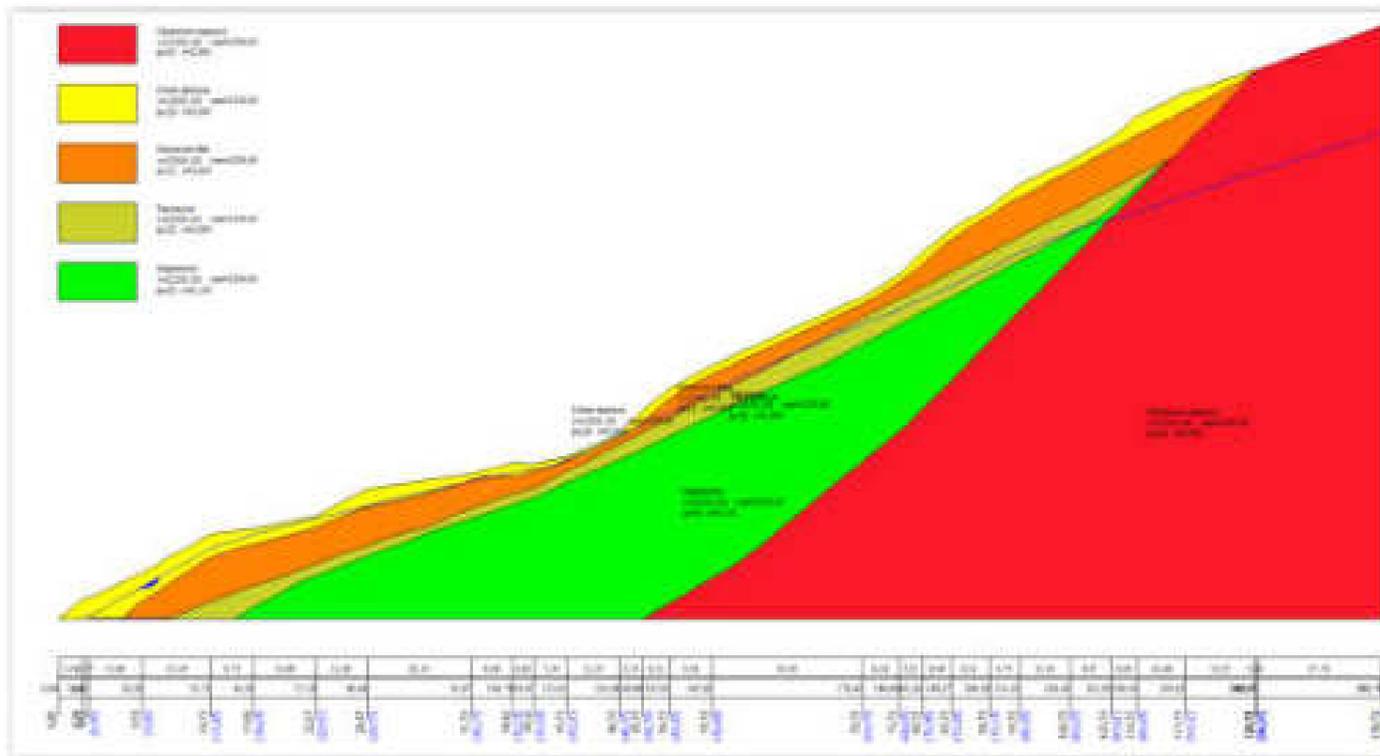
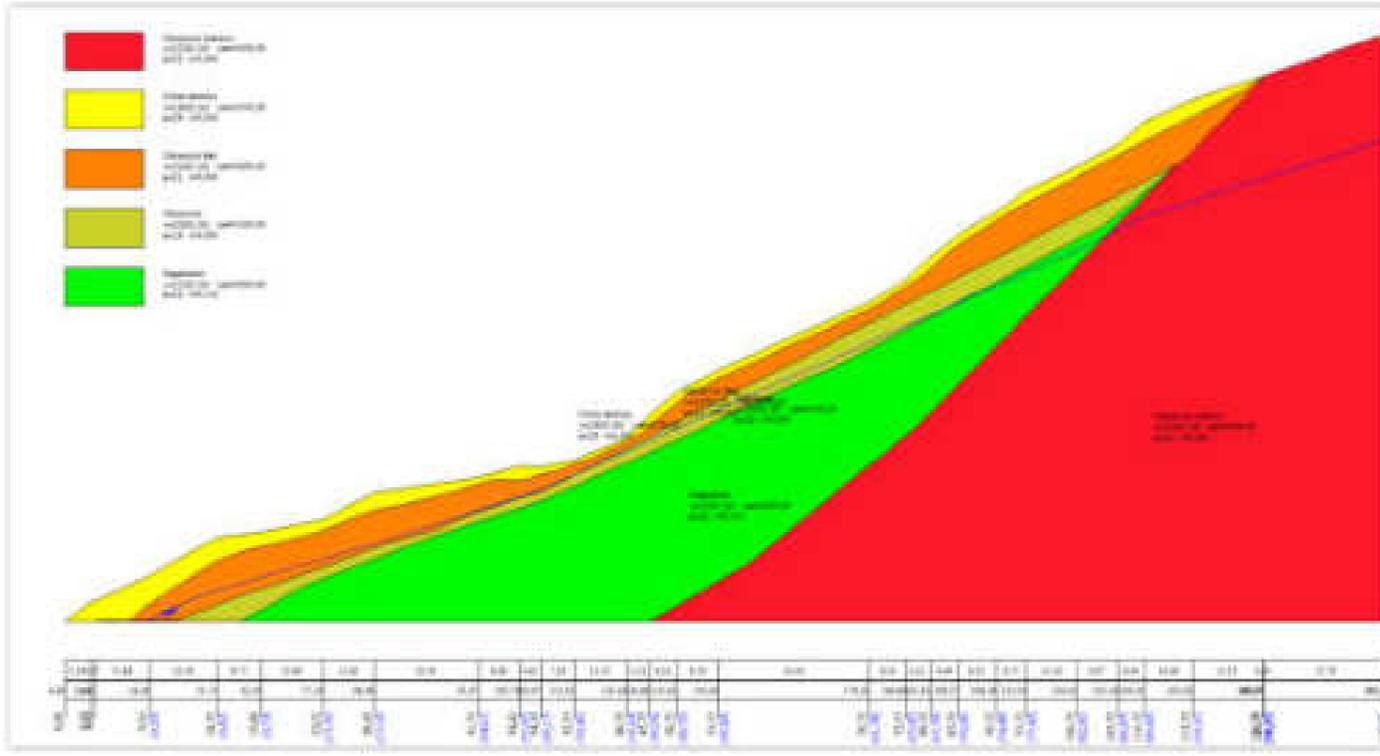


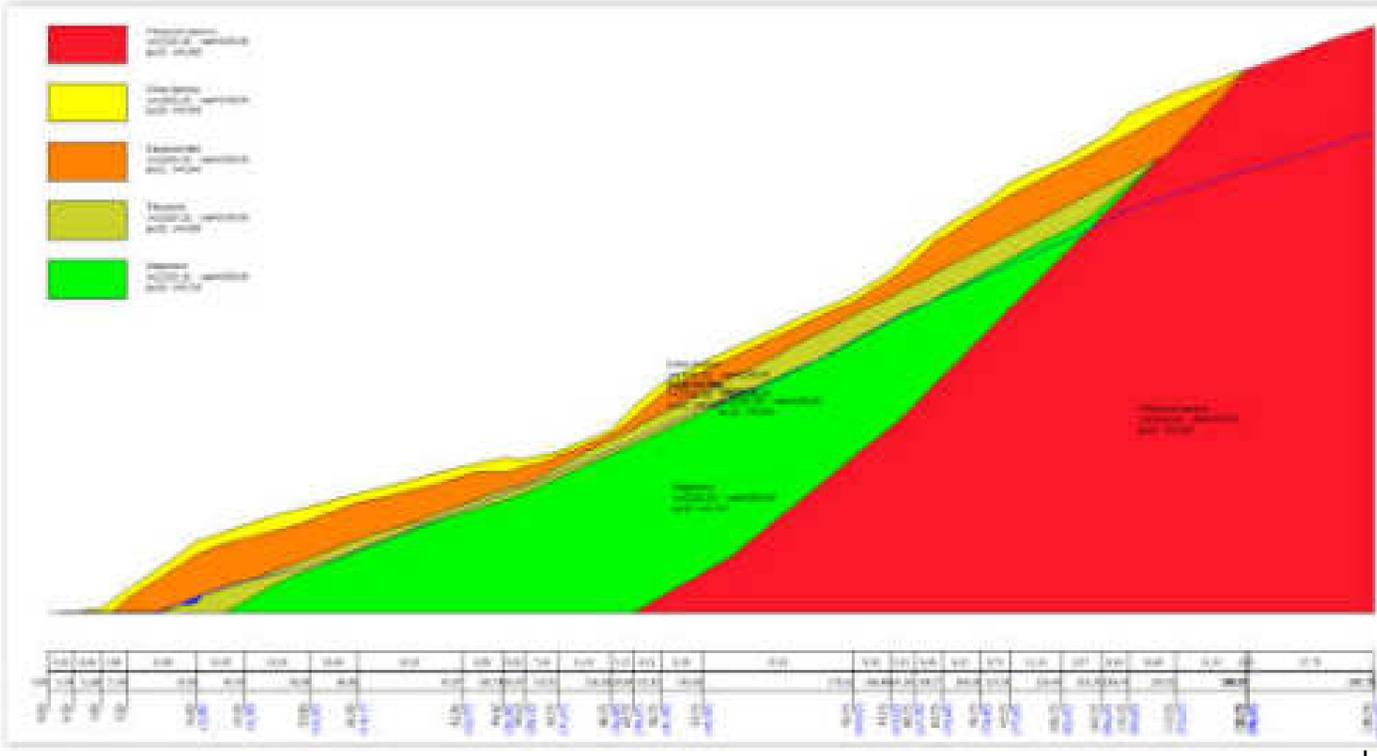
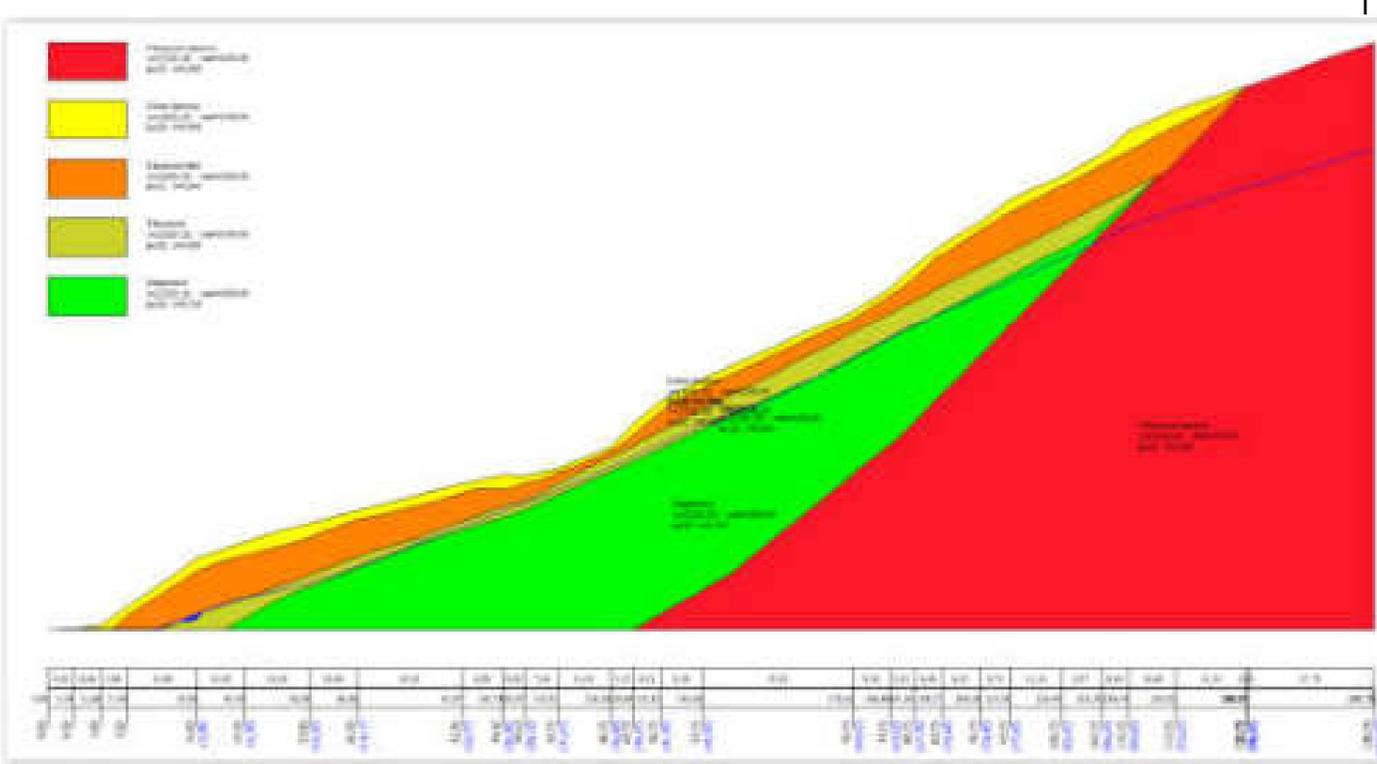
**TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE ANALISI ESEGUITE:**

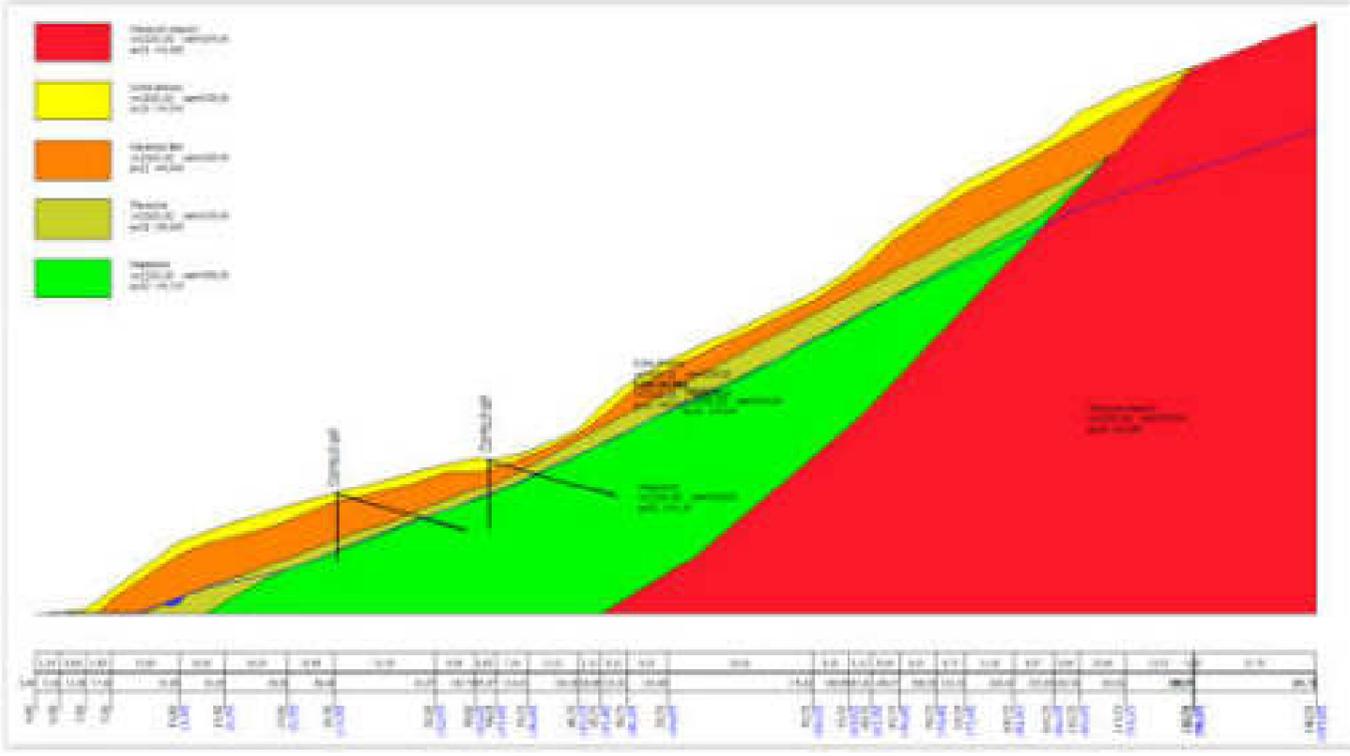
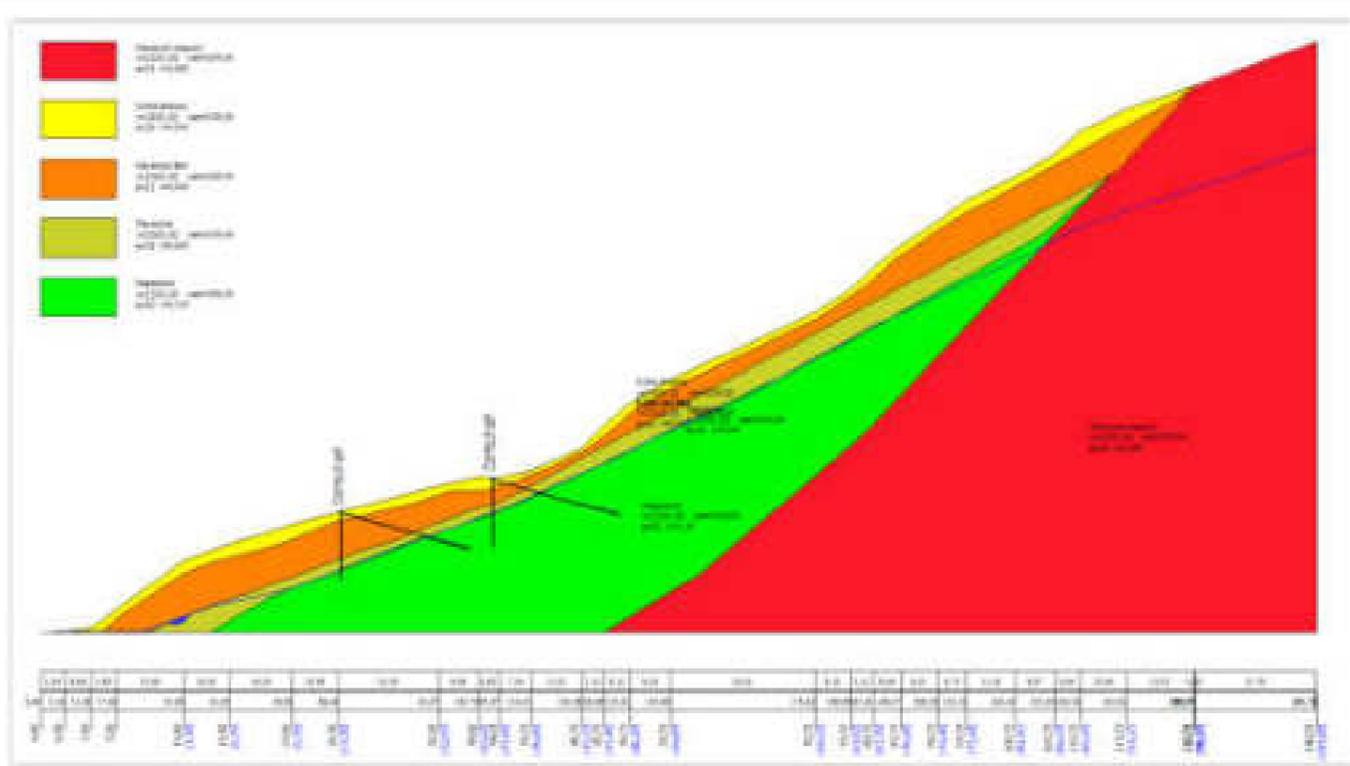
		<i>IMMAGINE DEL MODELLO</i>	<i>IPOTESI DI INTERVENTO</i>	<i>FALDA</i>	<i>SISMA</i>	<i>CURVA ANALIZZATA</i>	<i>FS</i>
<i>CASO 1 A</i>	<i>SF</i>		:	<i>BASSA</i>	<i>NO</i>	<i>1</i>	<i>1,060</i>
<i>CASO 2 A</i>	<i>SF</i>		:	<i>ALTA</i>	<i>NO</i>	<i>1</i>	<i>0,797</i>

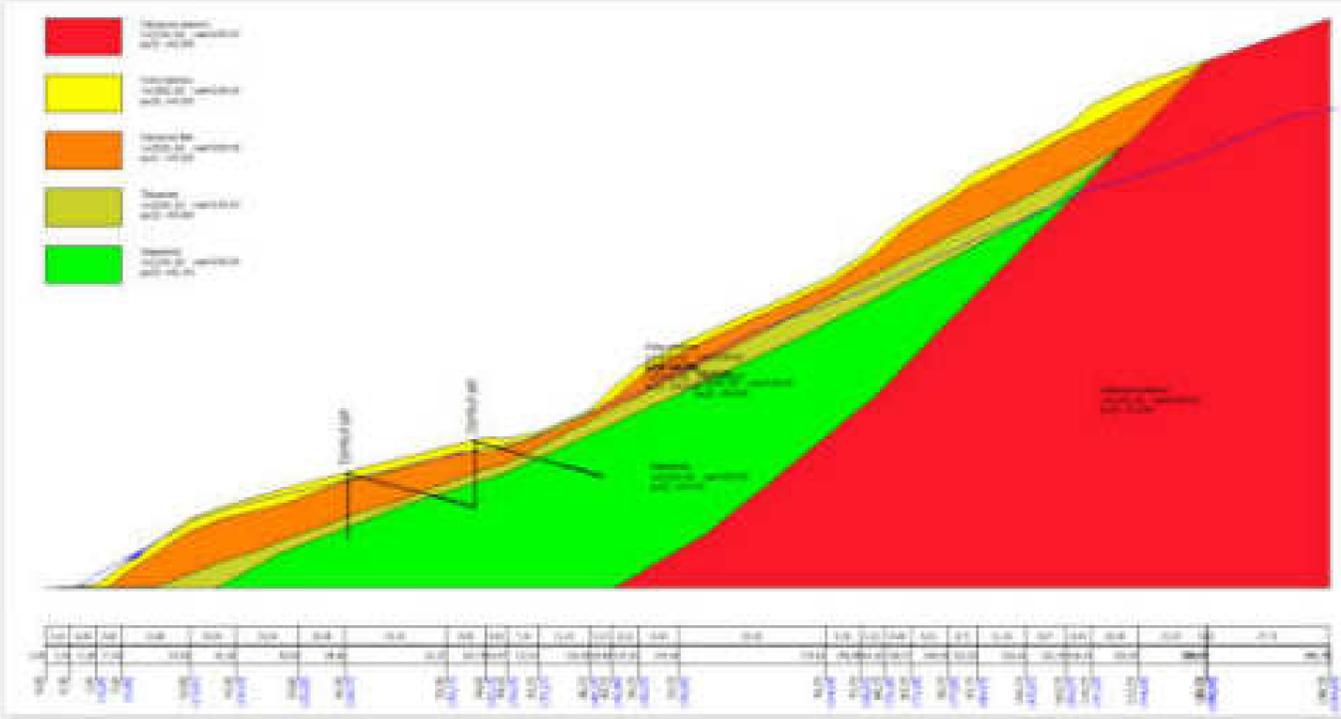
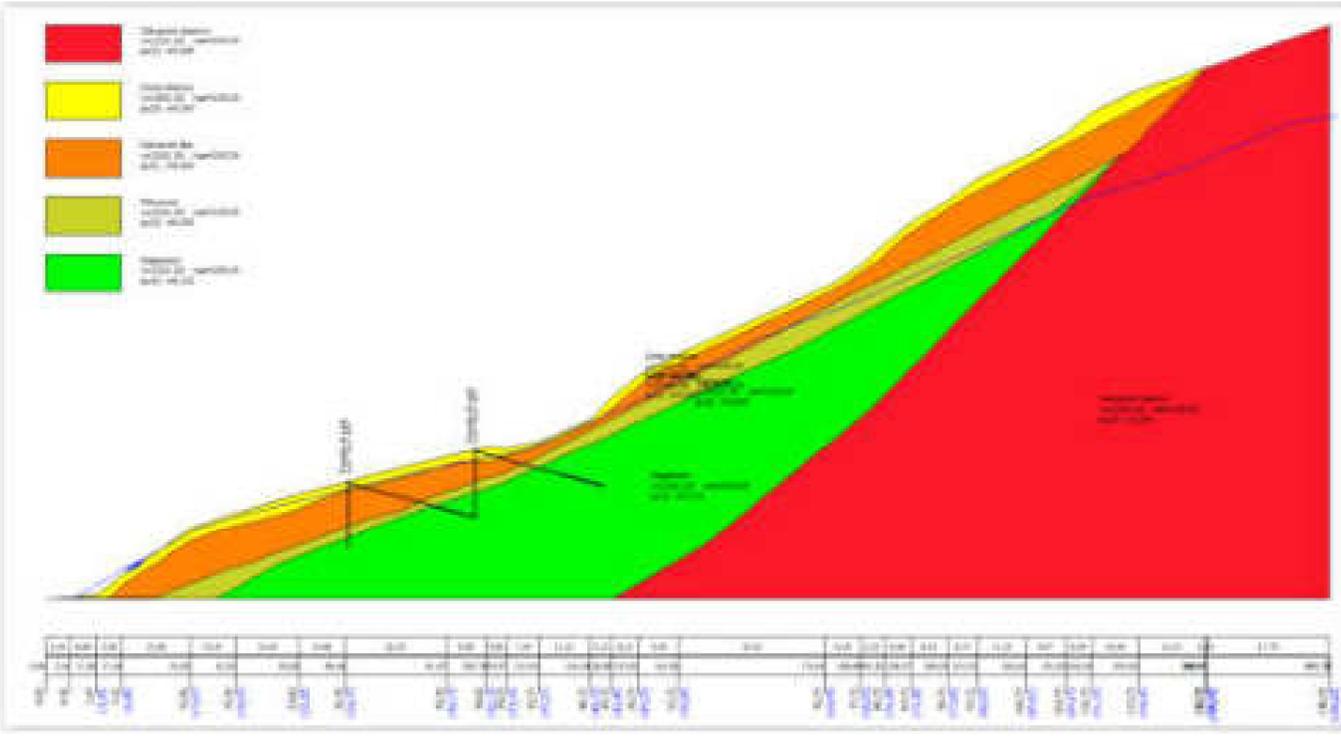
CASO 3 A	SF		:	BASSA	SI	1	1,089

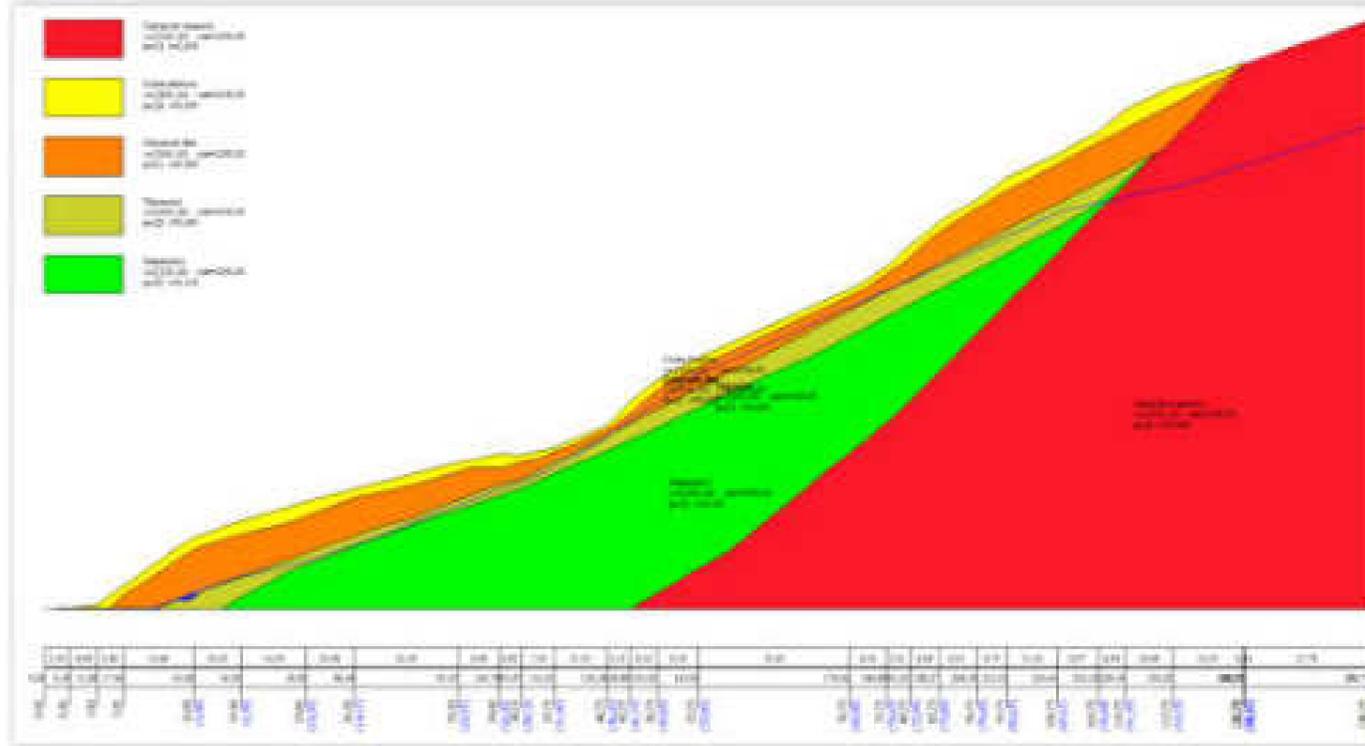
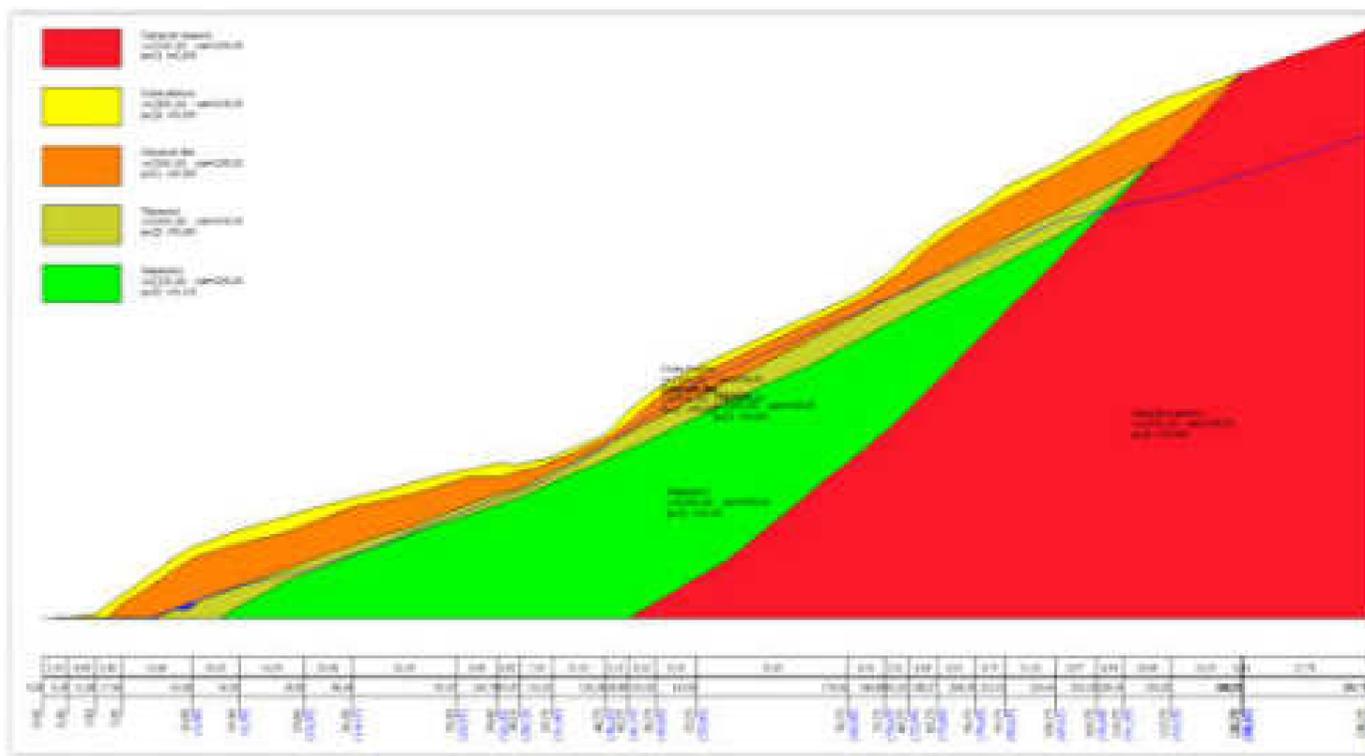
		IMMAGINE DEL MODELLO	IPOTESI DI INTERVENTO	FALDA	SISMA	CURVA ANALIZZATA	FS
CASO 1 B	SF		:	BASSA	NO	2	1,187

CASO 2 B	SF		:	<u>ALTA</u>	<u>NO</u>	<u>2</u>	<u>0,881</u>
CASO 3 B	SF		:	<u>BASSA</u>	<u>SI</u>	<u>2</u>	<u>1,309</u>
<u>IMMAGINE DEL MODELLO</u>			<u>IPOTESI DI INTERVENTO</u>	<u>FALDA</u>	<u>SISMA</u>	<u>CURVA ANALIZZATA</u>	<u>FS</u>

CASO 4 A	SP		<u>IPOTESI DI INTERVENTO</u> <u>TERRENO E DRENI</u>	BASSA	SI	1	<u>1,123</u>
CASO 4 B	SP		<u>IPOTESI DI INTERVENTO</u> <u>TERRENO E DRENI</u>	BASSA	SI	2	<u>1,291</u>
<u>IMMAGINE DEL MODELLO</u>			<u>IPOTESI DI INTERVENTO</u>	<u>FALDA</u>	<u>SISMA</u>	<u>CURVA ANALIZZATA</u>	<u>FS</u>

CASO 5 A	SP		<p><u>MODELLAZIONE TERRENO, DRENI E OPERE STRUTTURALI</u></p>	BASSA	SI	1	<u>1,201</u>
CASO 5 B	SP		<p><u>MODELLAZIONE TERRENO, DRENI E OPERE STRUTTURALI</u></p>	BASSA	SI	2	<u>1,463</u>
<p><u>IMMAGINE DEL MODELLO</u></p>		<p><u>IPOTESI DI INTERVENTO</u></p>	FALDA	SISMA	<p><u>CURVA ANALIZZATA</u></p>	FS	

CASO 6 A	SP		<p><u>MODELLAZIONE</u> <u>TERRENO E</u> <u>OPERE</u> <u>STRUTTURALI</u></p>	ALTA	SI	1	<u>0,795</u>
CASO 6 B	SP		<p><u>MODELLAZIONE</u> <u>TERRENO E</u> <u>OPERE</u> <u>STRUTTURALI</u></p>	ALTA	SI	2	<u>0,837</u>
<p><u>IMMAGINE DEL MODELLO</u></p>		<p><u>IPOTESI DI</u> <u>INTERVENTO</u></p>	FALDA	SISMA	<p><u>CURVA</u> <u>ANALIZZATA</u></p>	FS	

<p>CASO 4 A*</p>	<p>SP</p>		<p>MODELLAZIONE TERRENO E P'ENI (UNA SOLA FILA POSTA A VALLE)</p>	<p>BASSA</p>	<p>SI</p>	<p>1</p>	<p><b>1,019</b></p>
<p>CASO 4 B*</p>	<p>SP</p>		<p>MODELLAZIONE TERRENO E P'ENI (UNA SOLA FILA POSTA A VALLE)</p>	<p>BASSA</p>	<p>SI</p>	<p>2</p>	<p><b>1,246</b></p>