

STUDIO di GEOLOGIA TECNICA
DOTT. FIORENZO DUMAS
VIA CODENA, 2
54033 CARRARA (MS)
TEL. 0585 776919
FAX 0585 841969
E-MAIL
fiorenzodumas@virgilio.it

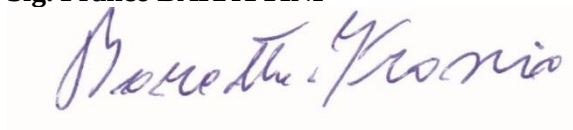
ING. GIACOMO DEL NERO
INGEGNERE CIVILE-GEOTECNICO, CSP, CSE
VIA VENEZIA, 1
54033 MARINA DI CARRARA (MS)
TEL: 327 3750954
E-MAIL: giacomo.delnero@gmail.com
giacomo.delnero@ingpec.eu

PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA N. 46 “POLVACCIO”, REDATTO AI SENSI DELL’ART. 17 L.R. 35/15, AUTORIZZATA CON DETERMINA N. 4117 DEL 24.08.2023 E PROROGATA CON DETERMINA N. 5449 DEL 22.10.2025, SITA NEL BACINO INDUSTRIALE N.° 2 TORANO – SCHEDA PIT/PPR N. 15 – PABE COMUNE DI CARRARA

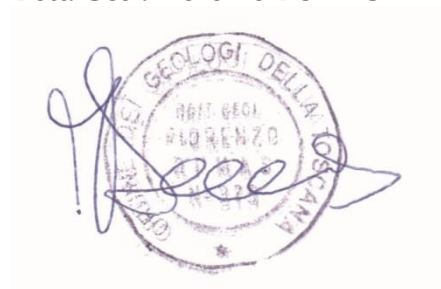
5.0 PIANO DI GESTIONE DEI DETRITI ANALISI DI STABILITA’ DEI RAVANETI ARTT. 31, 32 NTA PABE SCHEDA N.15: BACINI DI CARRARA

Committente: **ESCAVAZIONE POLVACCIO SRL**

**Il Legale Rappresentate
Escavazione Polvaccio srl
Sig. Franco BARATTINI**



**I Tecnici
Dott. Geol. Fiorenzo DUMAS**



Dott. Ing. Giacomo DEL NERO



Luglio 2026

SOMMARIO

SOMMARIO	2
1. PREMESSA	4
2. BASE CARTOGRAFICHE E TOLLERANZE	4
3. FORMAZIONE DEI RAVANETI.....	4
4. STIMA DEI VOLUMI DI MATERIALE DETRITICO INTERNI AL SITO ESTRATTIVO CAVA 46 POLVACCIO.....	7
4.1. RAVANETO O CONOIDE INTERNO ALLA VECCHIA CAVA	7
4.2. RAVANETO O CONOIDE INTERNO ALLA CAVA N. 50 BATTAGLINO	7
4.3. RAVANETO PREESISTENTE COMPRENSIVO DELL'AREA DI STOCCAGGIO E CARICO DELL'ATTUALE DETRITO DEL CANTIERE FOSSE MORETTO.	7
5. CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN DISPONIBILITÀ DELLA CAVA 46 POLVACCIO ESTRATTA DAL PABE.....	8
5.1. CLASSIFICAZIONE AI SENSI DEL PABE SCHEDA 15	10
5.2. INTERVENTI PREVISTI NEL PERIODO DI COLTIVAZIONE.....	10
6. STUDIO DI STABILITÀ	11
6.1. METODOLOGIA.....	11
6.2. CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE	11
6.2.1. <i>aree di stoccaggio temporanee</i>	11
6.2.2. <i>caratteristiche geometriche e geotecniche</i>	15
6.2.2.1. granulometria	15
6.2.3. <i>stratigrafia e ricostruzione geotecnica</i>	15
6.3. PARAMETRI GEOTECNICI DEI LITOTIPI	16
6.3.1.1. ASSETTO IDROGEOLOGICO	17
6.4. CRITERI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA	18
6.4.1. <i>azioni</i>	18
6.4.1.1. caratterizzazione delle azioni	18
6.4.1.2. combinazione delle azioni.....	18
6.4.2. <i>verifiche agli stati limite ultimi (SLU)</i>	19
6.4.2.1. azioni.....	19
6.4.3. <i>parametri geotecnici e resistenze</i>	20
6.4.3.1. versante in materiale detritico (ravaneto)	20
6.4.4. <i>azioni dovute al sisma</i>	20
6.4.4.1. vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento dell'opera	20
6.4.4.2. tempo di ritorno del sisma	20
6.4.4.3. categoria di sottosuolo.....	21
6.4.4.3.1. ammasso roccioso.....	21
6.4.4.3.2. versante in materiale detritico (ravaneto)	21
6.4.4.4. condizioni topografiche.....	21
6.4.4.5. valutazione dell'azione sismica	22
6.4.5. <i>valori di calcolo</i>	23
6.5. ANALISI DI STABILITÀ DEL RAVANETO.....	24
6.6. DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA E DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO	26
6.7. VERIFICA STABILITÀ GLOBALE.....	26
6.7.1. <i>quadro riepilogativo</i>	27
ALLEGATI	28
ALLEGATO 1: VERIFICHE DI STABILITÀ (SLIDE® ROCSCIENZE).....	28
<i>sezione D-D'-D''</i>	28
<i>stato attuale</i>	28
<i>verifiche circolari statiche</i>	28
<i>verifiche circolari sismiche</i>	30
<i>verifiche planari statiche</i>	32
<i>verifiche circolari sismiche</i>	34
<i>prima fase</i>	36
<i>verifiche circolari statiche</i>	36
<i>verifiche circolari sismiche</i>	38
<i>verifiche planari statiche</i>	40
<i>verifiche planari sismiche</i>	42
<i>fase finale</i>	44
<i>verifiche circolari statiche</i>	44

verifiche circolari SISMICHE.....46

verifiche PLANARI statiche 48

verifiche planari sismiche 50

APPENDICE A: PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA 52

1. PREMESSA

Per incarico della Escavazione Polvaccio S.r.l., con sede legale in via Roma 17 Carrara (MS), è stato redatto il Piano di Gestione Ravaneti e Analisi di Stabilità, in ottemperanza a quanto richiedono gli Artt.31, 32 delle NTA di PABE Scheda 15: Bacini di Carrara) per la Cava n. 46 Polvaccio sita nel Bacino Marmifero Industriale di Torano.

2. BASE CARTOGRAFICHE E TOLLERANZE

Si premette che fino all'anno scorso la società effettuava rilievi celerimetrici dotati di stazione puntuale di misura e riferiti a diverso sistema di riferimento rispetto all'EPGS3003 (Gauss Boaga fuso ovest) e basati principalmente sui punti quotati e noti della CTR2000 o CTR10'000. Oltre ai classici errori sistematici ed accidentali, che si commettono nella realizzazione di un rilievo topografico, si deve ricordare che le cartografie tecniche regionali sono dotate di tolleranze; le cui specifiche.

Le specifiche regionali CARTOGRAFIA FOTOGRAMMETRICA NUMERICA IN SCALA 1:2.000 PRESCRIZIONI TECNICHE (approvato dalla Giunta regionale con deliberazione n. 7008 del 18.07.1994) al Capitolo 1, Art.2, Punto 2.2, Tolleranze in altimetria- Dai dati di collaudo definiscono le tolleranze della CTR2000.

3. FORMAZIONE DEI RAVANETI

Va premesso che, il sito Polvaccio rimane costituito da n. 4 differenti cantieri:

1. il Cantiere Vecchia Cava, non attiva dal momento del rilascio dell'autorizzazione;
2. il Cantiere Fossa del Moretto, attivo nei primi anni e poi fermato a seguito dell'apertura del cantiere Polvaccio Alto;
3. il Cantiere Battaglino, attivo nei primi anni e poi fermato a seguito dell'apertura del cantiere Polvaccio Alto;
4. il Cantiere Polvaccio Alto/Superiore recentemente attivo a seguito della ripresa dall'alto del sito.



Figura 1: indicato vecchio conoide detritico e F. Moretto

La vicinanza della vecchia cava Polvaccio alla viabilità comunale è stata la condizione principe per cui nell'intorno del sito si è sempre svolta l'attività di prelievo detrito. Nonostante ciò il Fosso del Moretto è sempre stato sede

di un conoide detritico alimentato dalle soprastanti cave, rimaste attive fino alla fine degli anni settanta.

In tempi recenti, 2000-2009, il Fosso del Moretto era interessato da frane naturali che si distaccavano dalla base del vasto conoide detritico che ricopriva il soprastante versante, questo era formato dall'accumulo degli scarti prodotti negli anni di attività dalle cave non più attive, Figura 1.

Durante l'operazione di rimozione del detrito costituente il conoide, avvenuta nell'ambito della messa in sicurezza del versante autorizzato con Determinazione n. 8 del 27.01.2010, il materiale costituente il deposito incoerente è stato soggetto a continui franamenti che hanno determinato il riempimento del sottostante cantiere Vecchia Cava; mentre il detrito giacente all'interno del vecchio sito della cava n. 50 Battaglino A proviene da franamenti che hanno interessato il soprastante ravaneto durante l'evento alluvionale del 2012; oltre che, in minima percentuale, da cadute accidentali di porzioni rocciose costituenti le bancate dei piazzali perimetrali del Polvaccio Alto, (Figura 2)

Tali franamenti sono dovuti alle arbitrarie asportazioni che il gerente della cava n. 50 Battaglino S.r.l. ha perpetrato nell'anno 2005, così da creare all'interno del ravaneto le condizioni di instabilità che hanno determinato il suo parziale franamento con l'alluvione del 2012.

L'accumulo detritico localizzato sia nel Cantiere Vecchia Cava sia all'interno della cava n. 50 Battaglino A dipende dalla impossibilità di rimuoverlo, in quanto:

- una prescrizione autorizzativa contenuta nella Determinazione n. 8 del 27.01.2010 vieta l'accesso all'interno del cantiere Vecchia Cava finché non sarà raggiunta la q. 547.00m s.l.m. nel cantiere unificato Polvaccio Alto/Superiore;
- l'asportazione abusiva di detrito da parte della Battaglino Marmi S.r.l. ha comportato la distruzione della viabilità ivi esistente, impendendo di fatto il raggiungimento dei piazzali medio-sommitali della cava n. 50, dove si è accumulato il detrito franato con l'alluvione.

La Società ha provveduto, in data 13.05.2021, a presentare un progetto di svuotamento del Cantiere Vecchia Cava e con il progetto autorizzato del 2023 contestualmente alla coltivazione dei ripiani del cantiere Polvaccio Alto/Superiore ha previsto lo svuotamento della cava n. 50 ad iniziare dai piazzali superiori. Recentemente è stata presentata una Variante non sostanziale (SCIA 23.02.2026) per poter proseguire nella rimozione del materiale incoerente.

Lo svuotamento di quest'ultimo sito, iniziando dai piazzali superiore limitrofi alla cava n. 46 e passando all'interno di questa, oltre che rappresentare una modalità di lavoro in sicurezza, si rende necessario perché è l'unico modo per accedere all'interno del ravaneto, data la impraticabilità del tratto centrale della viabilità interna al Fosso Battaglino.

In applicazione all'art. 31 comma 1 delle NTA non si prevede la formazione di nuove discariche, i derivati da taglio sono trattati all'interno dell'area di temporaneo stoccaggio del cantiere Fossa Moretto, dal quale sono giornalmente asportati nelle sue frazioni grossolane e fini, come da certificato allegato del Comune di Carrara.

4. STIMA DEI VOLUMI DI MATERIALE DETRITICO INTERNI AL SITO ESTRATTIVO CAVA 46 POLVACCIO

Va premesso che, la stima dei volumi dei depositi incoerenti giacenti nei differenti cantieri del sito è un'operazione piuttosto difficoltosa e soggetta anche a errori di valutazione; in quanto spesso risulta difficilmente determinabile la posizione del substrato marmoreo su cui è adagiato il deposito detritico, quindi la definizione dello spessore del deposito stesso.

Gli spessori dei vari depositi sono pertanto stati stimati in relazione alle informazioni possedute circa la collocazione del substrato.

4.1. RAVANETO O CONOIDE INTERNO ALLA VECCHIA CAVA

Come già detto, il deposito si è messo in posto a seguito dei franamenti che si sono verificati all'interno del ravaneto da bonificare e che ricopriva il soprastante versante. Si ricorda che il ravaneto era interessato da eventi franosi già primo dell'inizio delle operazioni di bonifica, Foto 1.

La possibilità di disporre di un rilievo topografico del cantiere Vecchia Cava, rilevato all'incirca a Marzo/Aprile del 2009 al fine di redigere il progetto poi autorizzato, ha consentito di stimare con una buona approssimazione il volume detritico residuo, che ammonta a circa 31'902mc.

4.2. RAVANETO O CONOIDE INTERNO ALLA CAVA N. 50 BATTAGLINO

Anche in questo caso è stato possibile disporre della morfologia dell'unità estrattiva che fu rilevata nel 2009 per la redazione del progetto autorizzato. Si ricorda che l'accumulo detrito deriva dalla frana avvenuta all'interno del corpo detritico della Fossa Battaglino come conseguenza dell'alluvione del 2012 ed in parte dagli apporti di porzione rocciose accidentalmente cadute dalle bancate perimetrali dei piazzali del Polvaccio Alto durante le fasi di bonifica/lavorazione. La possibilità di disporre di questa cartografia, interpolata col rilievo attuale, ha consentito di stimare un volume di circa 200'000mc.

4.3. RAVANETO PREESISTENTE COMPRENSIVO DELL'AREA DI STOCCAGGIO E CARICO DELL'ATTUALE DETRITO DEL CANTIERE FOSSO MORETTO.

Questo comprende l'area di temporaneo stoccaggio e carico dei detriti attualmente prodotti. Il volume stimato ammonta a circa 150'000mc.

5. CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN DISPONIBILITÀ DELLA CAVA 46 POLVACCIO ESTRATTA DAL PABE

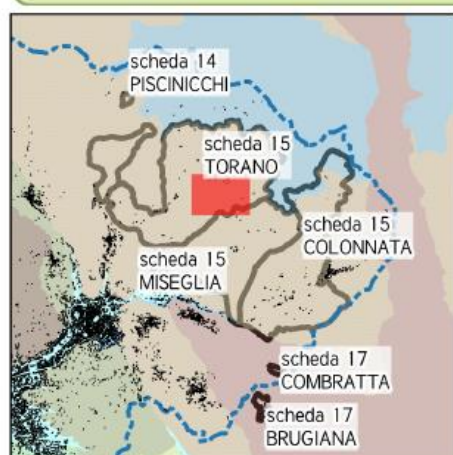
Dalla consultazione della cartografia riportata all'interno dei PABE ed in particolare dall'allegato H cava n. 46 Polvaccio, di seguito allegata, si ricava che sotto il profilo della Pericolosità Geomorfologica l'area in disponibilità rimane classificata nelle classi:

- **G3a-Pericolosità geomorfologica medio-elevata: interessa:**
 - o gli affioramenti di ammasso roccioso che possono potenzialmente manifestare instabilità connesse alle condizioni geostrutturali locali;
 - o il deposito detritico all'interno della Vecchia Cava;
 - o l'area di temporaneo stoccaggio e carico attuale detrito, oltre che il ravaneto preesistente, ambedue interni al cantiere Fossa Moretto;
- **G3b-Pericolosità geomorfologica elevata: interessa:**
 - o il conide detritico che occupa la cava n. 50 Battaglino A;
 - o la parte del cantiere Polvaccio Battaglino sottostante alla precedente unità estrattiva;
- **G4- PFE pericolosità molto elevata: interessa:**
 - o gli affioramenti di ammasso roccioso che possono potenzialmente manifestare instabilità connesse alle condizioni geostrutturali locali;
 - o lo scarico attivo autorizzato interno alla Fossa Moretto, utilizzato per far affluire alla zona di temporaneo stoccaggio e carico i derivati da taglio prodotti;
 - o la parte basale della Fossa Verdichiara e la zona di intersezione tra questa e la Fossa di Conca.

PIT/PPR: INVARIANTE I

I caratteri geomorfologici dei bacini idrografici e dei sistemi morfogenetici -
Pericolosità Geomorfologica, emergenze geologiche e crinali

Cava
46



Legenda

Sistemi morfogenetici

Montagna calcarea

--- Crinali - Linee spartiacque

□ Limite bacini estrattivo

□ Area in disponibilità

● Grotte

● emergenze geologiche

pericolosità geologica
geomorfologica (Del. C.C. n. 37/2019)

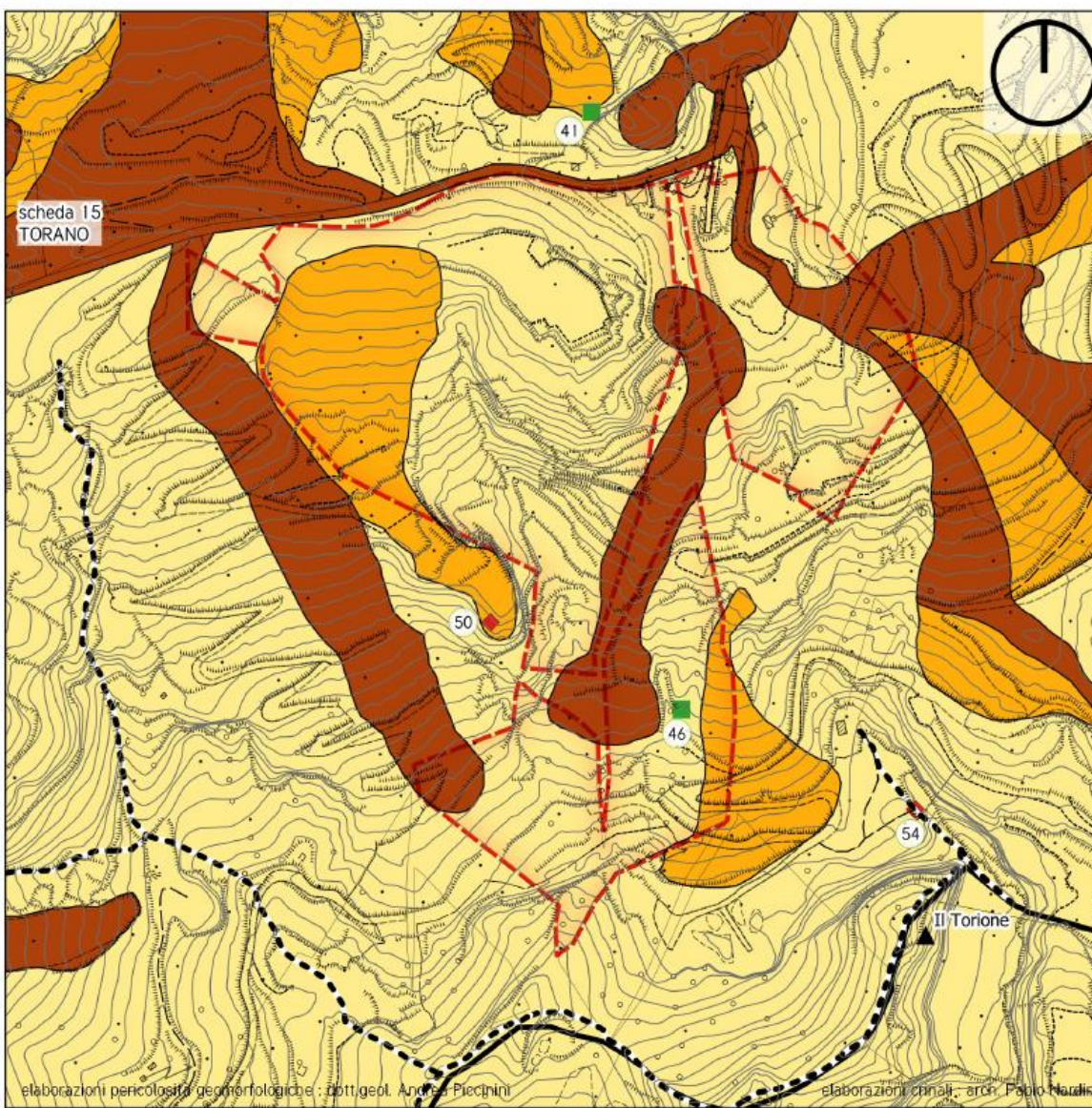
G.3a

G.3b

G.4

Geositi Piano del Parco Apuane (2016)

— Finestra tettonica



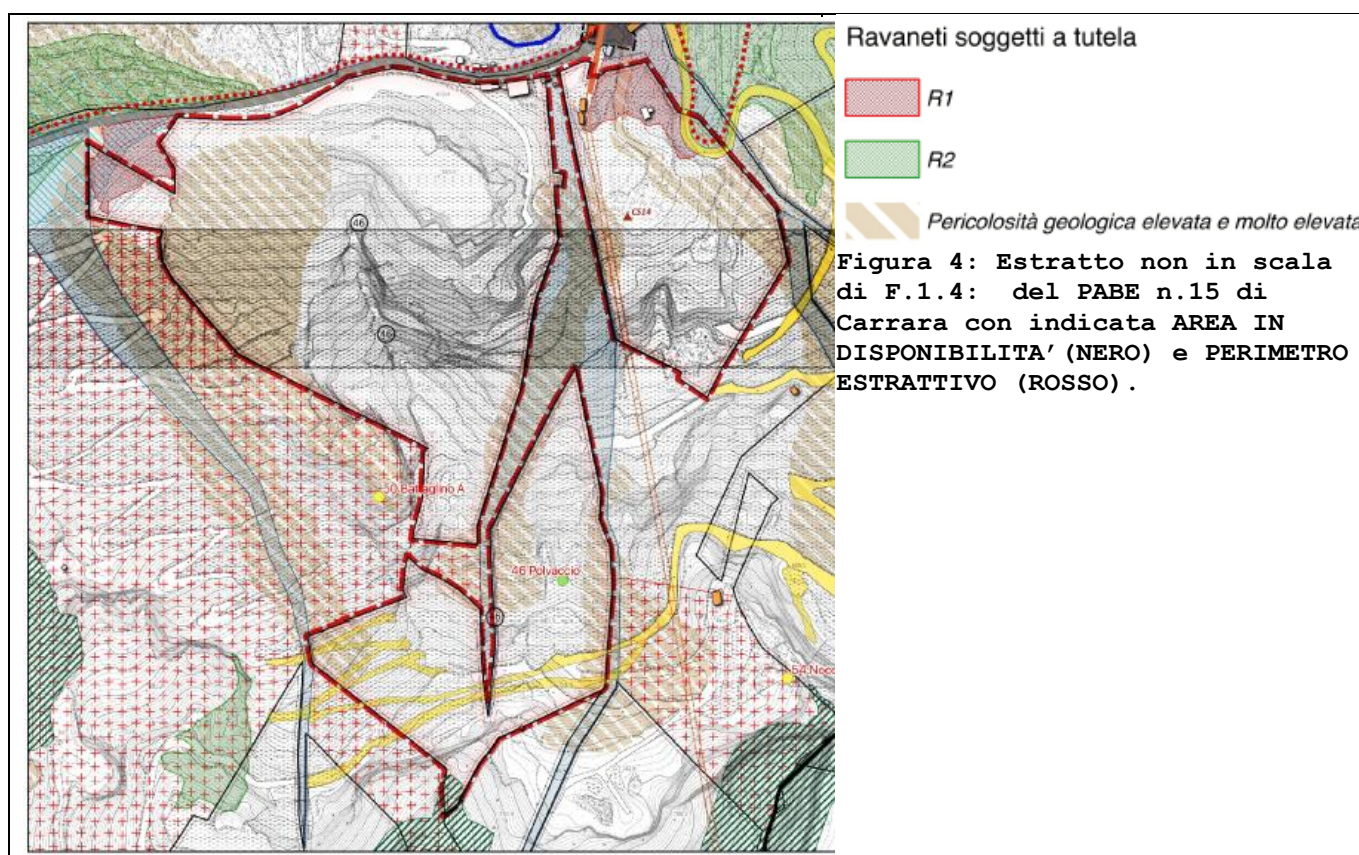
46 - Polvaccio

Figura 3: Stralcio non in scala della Tav.gm Carta della Pericolosità Geologica: Aggiornamento del quadro conoscitivo geologico del Piano Strutturale ai sensi del DPGR 53/R del 25.10.2011

5.1. CLASSIFICAZIONE AI SENSI DEL PABE SCHEDA 15

Dallo stralcio di Tavola F1.2, Tav. 3 carta Vincoli Pabe": Disciplina dei suoli delle attività estrattive e degli insediamenti del PABE scheda n.15 Bacini di Carrara si evince che i depositi detritici, come illustrato al precedente sotto-capitolo, sono ascritti alla pericolosità geologica elevata e molto elevata, di cui:

- il ravaneto che occupa il Fosso del Moretto che separa i cantieri orientali da quelli occidentali, privo di tutele;
- il ravaneto che occupa il Fosso del Battaglino nel limite occidentale dell'area in disponibilità a ricoprimento della ex cava 50 ed ove è collocata una vecchia viabilità di arroccamento, privo di tutele ad eccezione del tratto basale R2 ricompreso tra la viabilità di comparto e la piazzola di q.421.6m s.l.m.;
- il deposito che occupa il Fosso della Verdichiara, nel settore orientale dell'area in disponibilità per cui non sussistono tutele, ad eccezione del tratto basale ricompreso tra l'accesso alla galleria ex-marmifera di q.453.01m s.l.m. e la viabilità di arroccamento verso il tornante di q.489.7m s.l.m..



5.2. INTERVENTI PREVISTI NEL PERIODO DI COLTIVAZIONE

Le attività di asportazione previste nel progetto di coltivazione vengono di seguito quantificate:

- **31.902mc** di detrito residuo interno al Cantiere vecchia Cava, operazione condotta in virtù della Scia 23.02.2026;
- **55.488mc** di detrito giacente all'interno della vecchia cava Battaglino;
- **13.966mc** di detrito giacente nel ravaneto fosso Moretto;

Tutte le attività vengono svolte per ragioni logistiche/sicurezza dei luoghi di lavoro, al fine di adeguare la viabilità di arroccamento all'avanzamento delle attività di coltivazione. I

CAVA N.46 POLVACCIO		MATERIALE INCOERENTE DA AREE A PERICOLOSA GEOMORFOLOGICA, MESSA IN SICUREZZA, ADEGUAMENTO VIABILITA' ETC									
FASE	durata	CANTIERE	tipologia	progetto		annuale		mensile		giornaliero	
	mesi			mc	ton	mc	ton	mc	ton	mc	ton
PRIMA FASE	48	CAVA BATTAGLINO	MESSA IN SICUREZZA	28' 800	66' 241	7' 200	16' 560	600	1' 380	27	63
		VECCHIA CAVA	SCI A 23. 02. 2026	31' 902	73' 375	7' 976	18' 344	665	1' 529	30	69
		FOSSA DEL MORETTO	ADEGUAMENTO VIABILITA'	4' 778	10' 990	1' 195	2' 748	100	229	5	10
		PRIMA FASE	DETRITO	65' 481	150' 605	16' 370	37' 651	1' 364	3' 138	62	143
SECONDA FASE FINALE	108	CAVA BATTAGLINO	MESSA IN SICUREZZA	26' 688	61' 382	2' 965	6' 820	247	568	11	26
		FOSSA DEL MORETTO	ADEGUAMENTO VIABILITA'	8' 023	18' 454	891	2' 050	74	171	3	8
		FASE FINALE	DETRITO	34' 711	79' 836	3' 857	8' 871	723	1' 663	33	76
PROGETTO	156	TOTALE	MEDIA	100' 192	230' 441	11' 132	25' 605	642	1' 477	29	67

Tabella 1: stima previsionale del detrito asportato dai ravaneti all'interno del progetto, annualmente, mensilmente e giornalmente per la Cava n.46 Polvaccio.

6. STUDIO DI STABILITÀ

Allo scopo di redigere il presente studio di stabilità dei Ravaneti Fosso del Moretto e Fosso del Battaglino, entrambi a pericolosità geomorfologica all'interno dell'area in disponibilità della Cava n.46 Polvaccio si premette che un'analisi dei conoidi detritici è già stata effettuata all'interno dei precedenti piani di bonifica e messa in sicurezza allegati ai progetti di coltivazione.

6.1. METODOLOGIA

Lo studio è stato affrontato e sviluppato secondo le seguenti metodologie:

- osservazione preliminare della zona di ravaneto oggetto d'intervento;
- ricostruzione, sulla base dei dati storici e delle indagini geofisiche degli spessori del ravaneto e dell'andamento del sottostante substrato roccioso;
- definizione del criterio di progettazione, della categoria di sottosuolo e delle caratteristiche sismiche al fine di definire i parametri geotecnici di calcolo ai sensi del D.M. 14.01.2018;
- ricostruzione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo e definizione dei parametri geotecnici;
- verifica analitica della sezione D-D'-D'' rappresentativa del ravaneto del Fosso del Battaglino, ottemperando alle disposizioni previste nel NTC D.M. 14.01.2018, applicazione dell'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2), mediante l'applicazione del metodo di Spencer, ricercando le superfici di scivolamento di forma circolare e poligonale e sviluppando i calcoli in ambiente statico (SLU) sismico (SLV) e di falda freatica alta 1 m;
- stesura della relazione, comprensiva dei risultati ottenuti con le verifiche analitiche.

6.2. CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE

6.2.1. AREE DI STOCCAGGIO TEMPORANEE

I "depositi di stoccaggio temporaneo di materiale detritico" sono costituiti in larga parte da elementi litoidi di varia pezzatura derivanti dalla coltivazione delle unità estrattive, e se ne deduce che la costituzione mineralogica degli stessi è quindi in larga parte assimilabile a quella del materiale ornamentale di prima produzione. Ne consegue, anche in virtù di una forte e sempre maggior sensibilizzazione sui temi ambientali, che i depositi detritici non costituiscono degli accumuli di "scarti" o "rifiuti" da avviare a discarica, ma bensì prodotti secondari della lavorazione del marmo che possono essere sfruttati, attraverso ulteriori trasformazioni, in svariate campi d'impiego.

A tal proposito si ricorda che i detti "depositi di stoccaggio" prodotti durante l'esecuzione del progetto saranno mantenuti sui piazzali di cava, dove saranno lavorati e caricati per essere trasportati giornalmente agli impianti di prima lavorazione in cava, comprensivi di tutte le granulometrie, prodotte.

Non si esclude, nel corso delle lavorazioni, eventuali utilizzi per il ripristino della viabilità e/o la costruzione di nuove all'interno dell'area in coltivazione.

I ravaneti sono originati dall'accumulo di materiali di scarto derivanti dall'attività estrattiva, ed anche nel Comparto Polvaccio-Battaglino, come nel resto del comprensorio Apuano, si può riconoscere una stratificazione granulometrica dovuta all'avvicinarsi di tecniche e mezzi di lavorazione differenti nel corso del tempo.

In generale i ravaneti "antichi" e gli strati più profondi di quelli "moderni" sono costituiti da blocchi grossolani con scarsa matrice prodotti con le "varate da esplosivo", per lo più sabbiosa, seguiti da livelli a pezzatura uniforme (detti "testa d'uomo") tipici del periodo a cavallo tra l'800 ed il '900. Gli strati superficiali dei depositi "moderni" risultano invece costituiti da blocchi di dimensioni da centimetriche a metriche e da una grande quantità di materiale fine (limi), dovuto agli scarti derivanti dall'utilizzo dei nuovi mezzi meccanici a partire dagli anni '70 (filo diamantato).

A parziale conferma di quanto precedentemente indicato si riporta lo studio del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa (Prof. Geol. Baroni, 2019) su stralcio della Carta Tecnica Regionale 1:10'000 rappresentante la copertura vegetale sui ravaneti in Figura 5 e la tessitura/ossidazione delle superfici in Figura 6.

Osservando le forme di accumulo riportate si evince che:

- Il Ravaneto "Fossa del Moretto" occupa la fascia orientale dell'area in disponibilità e si presenta per lo più privo di vegetazione con tessitura medio-grossolana ed assenza di ossidazione, mentre, nella parte settentrionale, corrispondente al versante interessato dalla viabilità di comparto verso il Tecchione e Conca, è interessato da copertura arbustiva e si presenta ossidato.
- Il Ravaneto "Fosso del Battaglino" occupa la parte occidentale dell'area in disponibilità, si presenta con copertura erbacea o assenza di vegetazione e tessitura da fine a media in relazione all'avvicinarsi delle epoche di scarico, ossidato nella parte basale e non ossidato nella parte superiore, oggetto di recenti dissesti;
- Il Ravaneto "della Vecchia Cava" è collocato all'interno dei vuoti lasciati nell'omonimo cantiere e si presenta anch'esso senza vegetazione con tessitura da fine a media e diffusa ossidazione a riprova dell'abbandono delle attività di scarico nel conoide.

Le condizioni di ossidazione/alterazione superficiale e la presenza di copertura vegetale possono rappresentare un segno inequivocabile delle condizioni di equilibrio dei depositi detritici.

Le aree stabili che presentano superfici alterate infatti, hanno assunto l'attuale conformazione da anni e pertanto è inteso che non abbiano superato l'equilibrio limite da quando sono stati messi in loco.

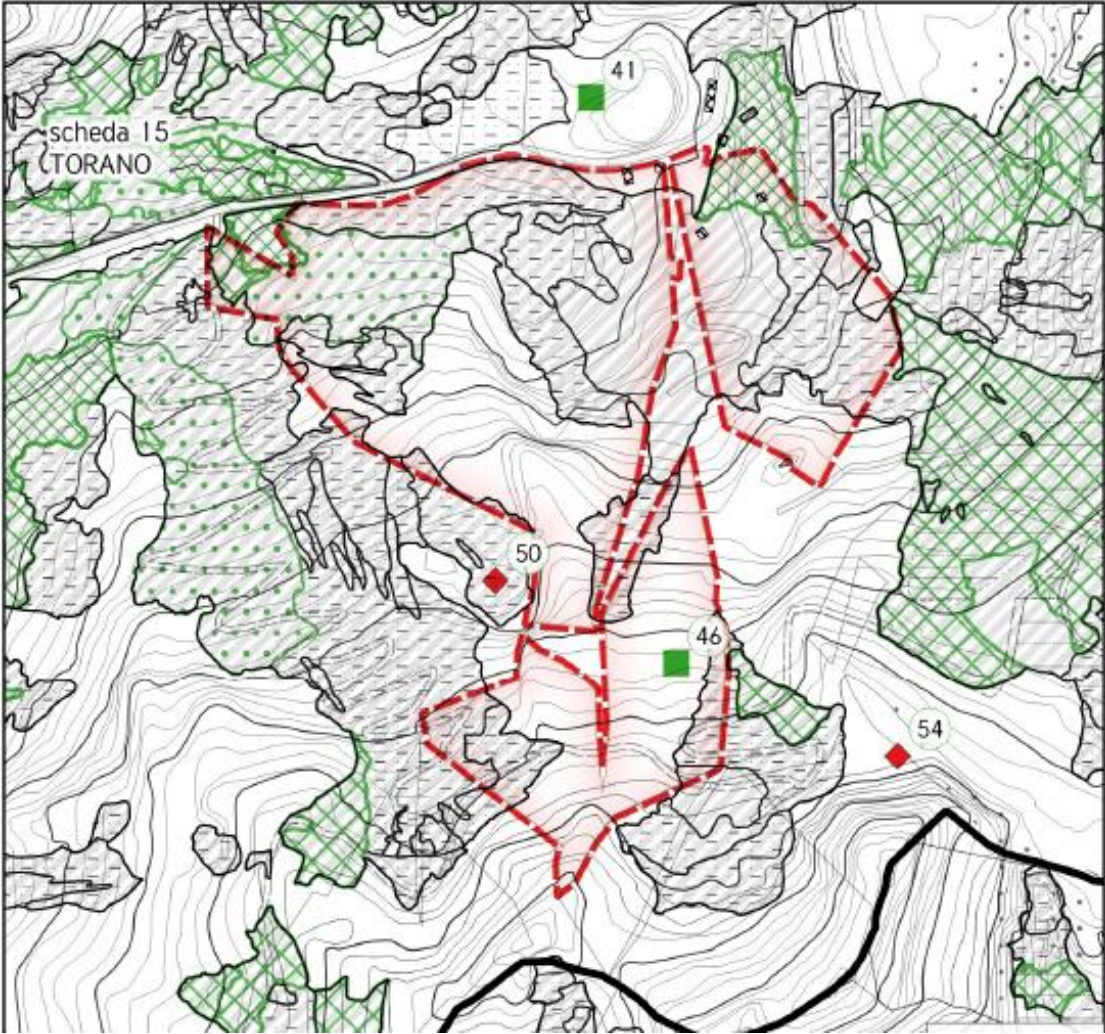
Le aree ove è attecchita vegetazione, ancora di più, sono un segnale della staticità del deposito ed il livello di stabilità aumenta con l'aumentare delle dimensioni della copertura vegetale presente (erbacea o arbustiva).

Le superfici prevalentemente ossidate e la presenza di coperture vegetali costituite per lo più da specie pioniere autoctone stanno ad indicare un'intrinseca stabilità dei conoidi che si è protratta nel tempo.

La presenza di una tessitura medio/grossolana indica invece una buona capacità di infiltrazione all'interno del corpo detritico altamente permeabile grazie alla presenza di vuoti tra gli elementi litoidi irregolari che lo costituiscono.

Ai fini di una corretta progettazione pianificatoria, ma soprattutto della sicurezza dei luoghi di lavoro, è imprescindibile garantire la stabilità di detti conoidi che sono tra l'altro la sede della viabilità di arroccamento di altre unità estrattive. E' pertanto necessario effettuare analisi di stabilità di sezioni rappresentative dei ravaneti della Fossa del Moretto e del

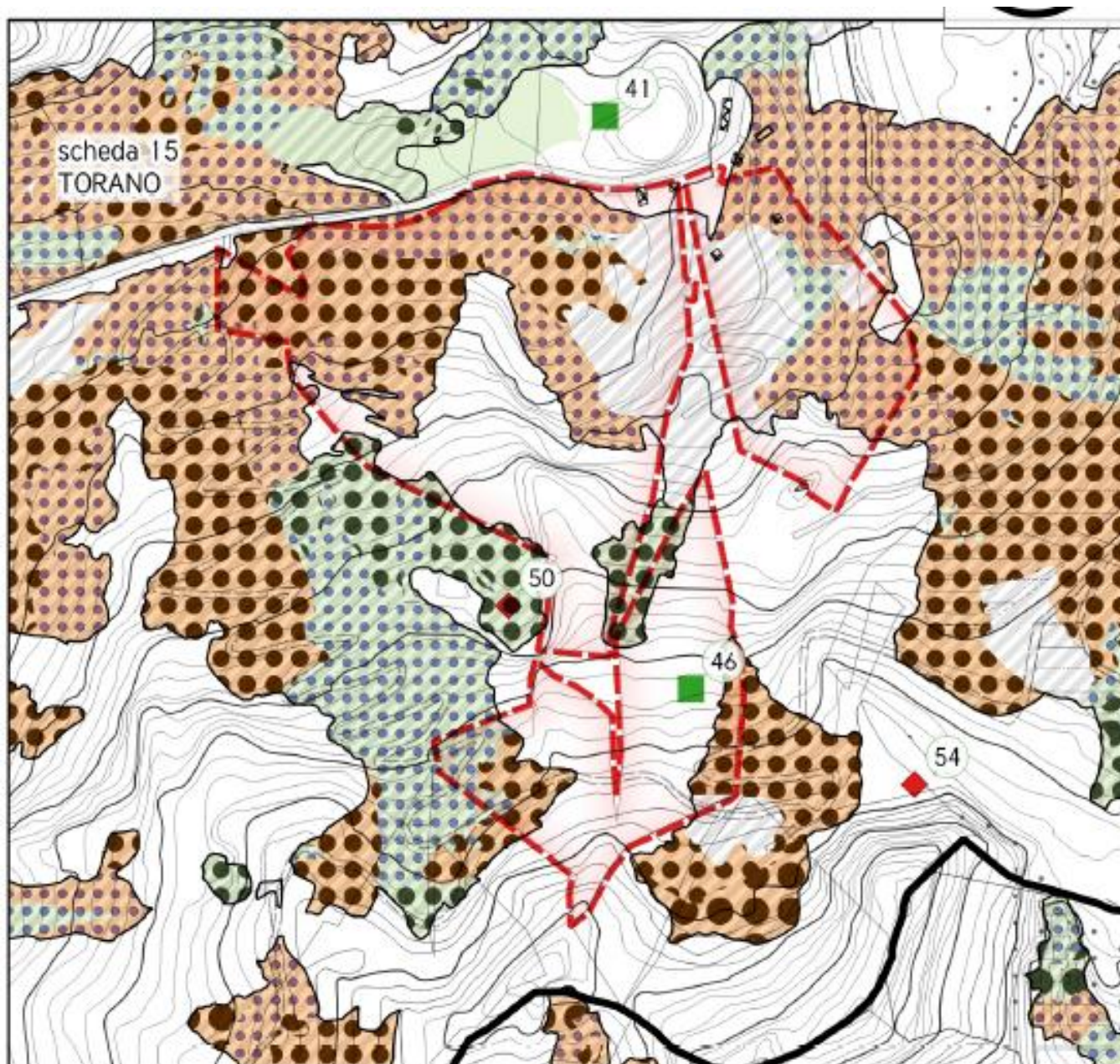
Battagliano al fine di conoscere la rispondenza di detto conoide alle normative tecniche vigenti, ovvero alle NTC18.



Legenda

-  ravaneto
- Ravaneti senza forme evidenti di dissesto
- copertura vegetazionale
 -  Copertura arborea
 -  Copertura arbustiva
 -  Copertura erbacea
 -  Assenza di vegetazione

Figura 5: Stralcio CTR 1:10'000, ravaneti senza forme evidenti di dissesto copertura vegetazionale
Caratterizzazione dei ravaneti: scheda 4.4 allegato H cava 46 POLVACCIO PABE: SCHEDA N.15 BACINI DI CARRARA



Legenda



ravaneto

Tessitura e Ossidazione della superficie



Fine



Media



Grossolana



superficie non ossidata

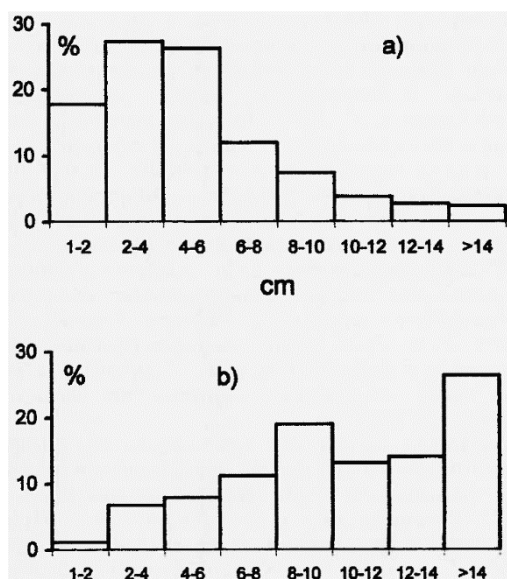


superficie ossidata

Figura 6: Stralcio CTR 1:10'000, tessitura e ossidazione della superficie
Caratterizzazione dei ravaneti scheda 4.4
allegato H cava 46 POLVACCIO PABE: SCHEDA
N.15 BACINI DI CARRARA.

6.2.2. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E GEOTECNICHE

6.2.2.1. GRANULOMETRIA



Ricerche a riguardo (Baroni et al. 2000), hanno permesso di evidenziare come nella tessitura superficiale ($d > 1$ cm) dei ravaneti antichi prevalgono classi granulometriche maggiori ($d > 8-10$ cm) rispetto a quanto osservato nei ravaneti moderni ($2 \text{ cm} < d < 6 \text{ cm}$) come riportato in Figura 7. Ulteriori studi hanno evidenziato come la matrice dei depositi ($d < 1$ cm) sia relativamente abbondante nei ravaneti moderni (40-50%) composta da sabbia e limi in proporzioni identiche; mentre i ravaneti antichi hanno invece un minor contenuto in matrice (inferiore al 30%) costituito prevalentemente da sabbia (68%).

Figura 7: Granulometria della porzione avente $d > 1$ cm per ravaneti "moderni" (a) ed "antichi" (b) (Baroni et al. 2000).

In relazione all'osservazione dei ravaneti e dalla consultazione dei dati di bibliografia riguardanti antichi ravaneti risulta una prevalenza delle classi granulometriche "ciottoli" e "sabbia" su quelle più fini di "limo" e "argilla", per cui è stata scelta una curva granulometrica mediata riparametrizzata alle dimensioni della tessitura principale (massi e ciottoli).

CORPI DETRITICI POLVACCIO	Nome	% Ciottoli	% Ghiaia e Ciottoli	% Sabbia	% Limi	% Argilla
RAVANETO	MEDIA	30	25	20	15	10

Tabella 2: Percentuali granulometriche medie per il ravaneto "moderno" di oggetto di intervento (Nicolai, 2009).

6.2.3. STRATIGRAFIA E RICOSTRUZIONE GEOTECNICA

La variabilità degli spessori del ravaneto e l'andamento del substrato roccioso sono stati ricostruiti considerando i risultati delle indagini geofisiche, eseguite in passato e le condizioni note delle bancate e dei piazzali di cava sepolti durante le passate coltivazioni. Ciò ha permesso di definire sotto il profilo topografico e geotecnico gli strati lungo la sezione rappresentativa del ravaneto D-D'-D''.

Le indagini, ubicate all'incirca in punti di passaggio di queste sezioni successivamente analizzate, hanno rintracciato il bed-rock ad una profondità ridotta e compresa tra 5.0-25.0m sotto il conoide che è caratterizzato da spessori crescenti nella parte inferiore.

I litotipi sono stati suddivisi in due Unità Geotecniche:

Unità Geotecnica 1: è rappresentata dallo strato di detrito proveniente dall'attività antropica, dove gli elementi hanno ampia variabilità granulometria; si passa da elementi litoidi con volume $V > 1 \text{ mc}$ ad altri di dimensione centimetrica, il tutto contenuto in una frazione sabbioso-limoso. Dall'osservazione emerge che:

- la distribuzione degli elementi litoidi di maggiore dimensione è casuale, anche se il deposito possiede una leggera "stratificazione" di conoide marcata dagli elementi di minor dimensioni e connessa con l'attività di scarico;
- la gran massa del detrito litoide è costituita da scaglie di dimensione da decimetrica a centimetrica, in quanto il ravaneto è un deposito antico risalente al tempo in cui i ritagli di scarto venivano spaccati manualmente per essere trasportati in discarica con i vagoncini. Sotto il profilo

geotecnico il ravaneto potrebbe essere assimilato ad un deposito di falda od ad un deposito alluvionale scarsamente rimaneggiato e poco classato, costituito da una ghiaia poco classata immersa in una matrice sabbioso-limosa.

Unità Geotecnica 2: è rappresentata dal substrato roccioso costituito dalla Formazione dei Marmi s.s..

6.3. PARAMETRI GEOTECNICI DEI LITOTIPI

Ravaneto od Unità geotecnica 1

Premesso che i ravaneti sono originati dall'accumulo di materiali di scarto derivanti dall'attività estrattiva, nel comprensorio apuano, e specificatamente in quello carrarese, si possono riconoscere prevalentemente due differenti tipologie di discariche, in base alla dimensione dei frammenti litoidi e alla loro età di realizzazione.

In particolare è possibile riconoscere:

- le "vecchie discariche", costituite prima dell'avvento dei mezzi di movimentazione in cava, dove la maggior parte dei frammenti litoidi sono costituiti da scaglie con dimensioni da decimetriche a centimetriche, immerse in una matrice sabbioso-limosa, anche se possono trovarsi ritagli marmorei con volumi >1mc. Le scaglie erano il risultato della frammentazione manuale dei ritagli di maggiori dimensioni, operazione necessaria al fine di caricare i vagoncini utilizzati nel trasporto dello scarto alla discarica. Generalmente detti conoidi presentano una "stratificazione" corrispondente alla direzione di avvenuto scarico, Foto 1;
- le "nuove discariche", costituite dopo l'avvento dei mezzi di movimentazione, dove le dimensioni del materiale sono molto variabili, passando dalle centimetriche a volumi di qualche metro cubo, (1÷4 mc). La possibilità di trasporto dello scarto mediante questi mezzi meccanici ha determinato una maggiore presenza di questi grandi volumi rispetto alle "vecchie discariche".

Caratteristico degli accumuli di frammenti litoidi disordinati, in quanto scaricati in maniera casuale, è il fenomeno dell'interlocking, dove a causa delle grandi dimensioni (da centimetriche/decimetriche a metriche) degli elementi costitutivi diventa sicuramente fondamentale, ai fini della resistenza al taglio, il contributo dovuto al mutuo incastro tra i frammenti litoidi, ovviamente permanendo l'effetto di resistenza all'attrito dovuta all'angolo di natural declivio del materiale.

In considerazione della natura e origine in detti depositi la loro caratterizzazione geotecnica non può avvenire seguendo le normali procedure geotecniche utilizzate per i terreni, in quanto:

- le indagini in situ mediante l'esecuzione di prove penetrometriche è impedita dalla dimensione dei frammenti, l'infissione delle aste potrebbe al massimo penetrare per qualche centimetro, senza fornire di fatto dati utilizzabili;
- il prelievo di campioni indisturbati risulta impossibilitato, perché la natura stessa del materiale fa sì che durante l'operazione si determini la perdita del fattore coesivo all'interno del materiale campionato
- le condizioni morfologiche, generalmente, non consentono l'esecuzione di indagini sismiche.

Al fine di procedere alla caratterizzazione geotecnica (essenzialmente la determinazione dell'angolo di attrito ϕ) dei ravaneti si può procedere mediante metodi indiretti, quali:

- analisi della cartografia dei depositi detritici mediante la ricostruzione degli angoli di naturale declivio, generalmente compresi tra 35°-65°;
- ricerca dati bibliografici, come la stima di Lambe e Withman (Soil Mechanics, 1969) che per sabbie e ghiaie aventi particelle a spigoli vivi

ed elevata densità relativa attribuiscono all'angolo di attrito il valore di 48° .

Da quanto emerso si presuppone che il ravaneto di studio possa avere un peso specifico secco mediato di 2.0 ton/mc e saturo di circa 2.25 ton/mc, nonché un angolo di attrito caratteristico di 45° e valore della coesione = 0.

Substrato roccioso od Unità geotecnica 2

Al fine di caratterizzare il substrato roccioso sono stati utilizzati i parametri determinati con gli studi geologico-strutturali facente parte integrante al progetto di coltivazione e specificatamente:

- peso specifico dell'ammasso roccioso $\gamma = 2.7 \text{ ton/mc}$;
- coesione generale $c = 5.7 \text{ MPa}$;
- angolo di attrito $\phi = 32.5^\circ$

6.3.1.1. ASSETTO IDROGEOLOGICO

Sotto il profilo idrogeologico si riconoscono due domini caratterizzati da differente tipo di permeabilità:

- 1) il dominio permeabile per porosità o primaria, costituito dal deposito detritico, assimilabile ad un deposito torrentizio scarsamente rimaneggiato e poco classato, può essere ascritto alla classe di permeabilità primaria di alto grado, $K > 10^{-2}$, nei tratti ghiaiosi, dove predominano le scaglie, e medio-alto grado, $10^{-3} < K < 10^{-2}$, dove la matrice sabbiosa aumenta fino al ripartirsi equamente con le scaglie, (valori di bibliografia ricavati da "Prospezioni idrogeologiche" Volume I del Prof. Pietro Celico);
- 2) il dominio permeabile per fratturazione e carsismo, costituito dal substrato marmoreo, può essere ascritto alla classe di permeabilità secondaria con "grado alto", dove l'infiltrazione all'interno della roccia è dovuta alla fratturazione e carsismo, anche se localmente predomina la prima. Il carsismo è un fenomeno naturale che si sviluppa all'interno delle rocce calcaree e dolomitiche; è più attivo nei calcari che nelle dolomie, perché la dolomite è caratterizzata da una velocità di dissoluzione molto inferiore a quella del carbonato di calcio. Il carsismo si manifesta maggiormente tanto è più pura e diffusa la componente calcitica.

Con riferimento alla classe ed al grado di permeabilità posseduto dai litotipi costituenti i due domini sopra definiti, si può distinguere nelle 2 sezioni:

- una circolazione sotterranea le cui acque si infiltrano direttamente negli affioramenti marmorei seguendo le vie preferenziali di fratturazione e/o carsismo;
- una circolazione sotterranea più superficiale che si infiltra all'interno del materiale detritico e che successivamente percola direttamente del substrato più permeabile andando ad alimentare una falda acquifera molto profonda.

In una successione idrogeologica come quella descritta, in cui il grado di permeabilità del litotipo varia tra "grado alto per fratturazione e carsismo" (Substrato) e "grado alto e/o medio-alto per porosità" (Ravaneto), si può asserire che non esistono le condizioni idrogeologiche e geometriche affinché si possano creare superfici impermeabili coincidenti con il limite ravaneto/substrato o interne al deposito detritico, generando la formazione di falde freatiche nel primo caso o di falde sospese nel secondo.

Sotto il profilo idrogeologico, in teoria, potrebbe esistere la possibilità che si generi una falda freatica all'interno del ravaneto, a causa della differenza del grado di permeabilità, connessa con la locale concentrazione della frazione sabbioso-limosa rispetto al litotipo ghiaioso/scaglioso. Però tale evento richiederebbe la continuità areale del

livello sabbioso-limoso, a minor permeabilità, nel ravaneto od almeno in una parte estesa di esso, cosa non plausibile a causa della caoticità di versamento che caratterizza questo tipo di discariche e specificatamente questo ravaneto dove la messa a dimora delle scaglie, prodotte principalmente per spacco manuale, avveniva scaricando i piccoli vagoni allora in uso nelle cave di Carrara.

Sotto il profilo geometrico l'assenza di una falda freatica al contatto ravaneto/substrato è confermata dalla mancanza di scaturigini sia all'interno dei Ravaneti del Battaglino e del Moretto, che dei corsi d'acqua del Moretto, Nocciola e Verdichiara.

6.4. CRITERI DI PROGETTAZIONE E VERIFICA

Le verifiche di sicurezza riportate di seguito saranno effettuate agli Stati Limite Ultimo (SLU) per le condizioni statiche ed allo Stato di Salvaguardia della Vita (SLV) per le condizioni sismiche ai sensi dei Capitoli 2.6, 6.2.4 e 7.11.1 delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18) di cui al DM 17-01-2018.

6.4.1. AZIONI

Nella definizione delle azioni si distinguono i carichi permanenti (G) quali pesi propri strutturali (G1) e non strutturali (G2), i carichi variabili Q (sovraccarichi, neve, vento e temperatura), i carichi eccezionali A (incendio, urti, esplosioni) ed i carichi sismici (E). Data l'entità dei carichi (G), le sollecitazioni dovute ai carichi accidentali, alla neve e al ghiaccio risultano trascurabili e nelle successive analisi non verranno tenuti in considerazione.

6.4.1.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE AZIONI

Per le azioni variabili si tiene conto dei coefficienti di combinazione di Tab.2.5.I NTC18, di seguito riportati.

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

6.4.1.2. COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Per ogni stato limite affrontato si prevede una specifica combinazione di azioni:

COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

COMBINAZIONE SISMICA (SLU-SLE + E)

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

COMBINAZIONE ECCEZIONALE (SLU-SLE + A)

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

COMBINAZIONE RARA (SLE irrev.)

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

COMBINAZIONE FREQUENTE (SLE rev.)

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{12} \cdot Q_{k2} + \Psi_{13} \cdot Q_{k3} + \dots$$

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE (SLE l.t.)

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Dove:

G_1 = azioni permanenti strutturali;

G_{k2} = azioni permanenti non strutturali

P = forza di precompressione;

Q_{k1} = azione variabile di base;

Q_{ki} = azioni variabili tra loro indipendenti;

γ_{G1} = coefficiente parziale dei carichi permanenti;

γ_{G2} = coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali;

γ_P = coefficiente di sicurezza dei carichi concentrati;

γ_{Qi} = coefficiente di sicurezza dei carichi variabili;

ψ_{ij} = coefficiente di combinazione delle azioni variabili.

6.4.2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Per gli stati limite ultimo deve essere soddisfatta la relazione: $R_d \geq E_d$

Dove: R_d il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

E_d è il valore di progetto dell'effetto dell'azione.

Nelle verifiche agli stati limite ultimo si distinguono:

- lo stato limite per perdita di equilibrio (EQU);
- lo stato limite per raggiungimento della resistenza strutturale (STR);
- lo stato limite per raggiungimento della resistenza del terreno (GEO).

La verifica della condizione di stato limite ultimo deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (EQU, A1, A2), per i parametri geotecnici (M1, M2) e per le resistenze (R1, R2, R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci distinti ed alternativi:

APPROCCIO 1: COMBINAZIONE 1 (A1+M1+R1) per la verifica STRUTTURALE

COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) per la verifica GEOTECNICA

APPROCCIO 2: COMBINAZIONE UNICA (A1+M2+R3 (GEO) o R1 (STR)).

6.4.2.1. AZIONI

Per le azioni si utilizzano i coefficienti riduttivi riportati in Tab.6.2.I NTC18.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_f (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

6.4.3. PARAMETRI GEOTECNICI E RESISTENZE

I parametri geotecnici saranno ridotti attraverso il coefficiente parziale sicurezza γ_M , indicati in Tabella 6.2.II NTC18) e tenendo conto, ove necessario, degli ulteriori coefficienti γ_R specificati dalla stessa normativa per i diversi tipi di opera.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Per gli ammassi rocciosi al valore caratteristico di resistenza a taglio τ_R si applica un coefficiente parziale $\gamma_{\tau R}=1.0$ (M1) e $\gamma_{\tau R}=1.25$ (M2), mentre al valore caratteristico della resistenza uni-assiale q_u , anche se le NTC18 non si esprimono, è stato utilizzato il coefficiente parziale dell'EC7 $\gamma_{qu}=1.0$ (M1) e $\gamma_{qu}=1.4$ (M2).

6.4.3.1. VERSANTE IN MATERIALE DETRITICO (RAVANETO)

Considerando il deposito detritico equiparabile ad "opere di materiali sciolti" del Cap.6.8 NTC18 la condizione di verifica deve essere soddisfatta secondo:

- la COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) con il coefficiente parziale delle resistenze definito dalla Tab.6.8.I NTC18 per gli stati limite ultimi (SLU);
- Considerando per l'analisi sismica i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici unitari (§7.11.1 e §7.11.4 NTC18) ed il coefficiente parziale sulle resistenze pari a $\gamma_R=1.2$;

6.4.4. AZIONI DOVUTE AL SISMA

6.4.4.1. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'OPERA

Le strutture da verificare rientrano, ai sensi del Cap. 2.4.1 NTC18 nella categoria 2 delle "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari" per le quali la vita nominale di progetto, dalla Tabella 2.4.I NTC18 è: **$V_N \geq 50$ anni**. Tale scelta rappresenta di fatto un aumento delle condizioni di sicurezza dal momento che l'intero piano di coltivazione avrebbe ai sensi della normativa vigente una durata di CINQUE anni e pertanto l'opera rientrerebbe nella Categoria 1.

Anche la destinazione d'uso della struttura viene cautelativamente classificata in Classe d'Uso II (Cap. 2.4.2. NTC18): "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti,...[omissis]..." dove il coefficiente dedicato risulta da Tab.2.4.II $C_u = 1.0$.

Il periodo di riferimento (V_R) per le azioni sismiche è dato da:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 50 \cdot 1.0 = 50 \text{ anni}$$

6.4.4.2. TEMPO DI RITORNO DEL SISMA

Dal momento che si intende eseguire le verifiche agli stati limite di salvaguardia della vita (SLV) dalla Tab.3.2.I NTC18 viene definita una probabilità di superamento nel periodo di riferimento

$$P_{VR \text{ SLV}} = 10\%. \quad P_{VR \text{ SLD}} = 63\%.$$

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

In relazione al periodo di riferimento dell'opera ed alla probabilità di superamento si ottiene un tempo di ritorno per SLV di 475 anni, che confrontati ai tempi di realizzazione dell'intervento risultano **estremamente cautelativi**.

6.4.4.3. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Le Norme Tecniche sulle Costruzioni, D.M. 14/01/18, al paragrafo 3.2.II. definiscono 5 categorie di profilo stratigrafico del suolo.

6.4.4.3.1. AMMASSO ROCCIOSO

L'ammasso roccioso appartiene alla **Categoria di sottosuolo A**: "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m." Tabella 3.2.II NTC18.

6.4.4.3.2. VERSANTE IN MATERIALE DETRITICO (RAVANETO)

Anche se il ravaneto in esame presenta spessori prevalentemente superiori a 30.0m a scopo cautelativo è stato ascritto alla Categoria E: "Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m" della Tabella 3.2.II NTC18. L'amplificazione sismica generata dalla categoria scelta è infatti la peggiorativa tra quelle presenti.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

6.4.4.4. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Il sito appartiene alla Categoria T4: "Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ " Tab.3.2.III NTC18.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

6.4.4.5. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le analisi in presenza di sisma sono effettuate con il metodo pseudo-statico.

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

L'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente costante e proporzionale alle forze gravitative potenzialmente instabili costituita di una componente orizzontale e di una componente verticale espresse mediante un coefficiente sismico orizzontale (k_h) ed un coefficiente sismico verticale (k_v), valutati mediante le seguenti relazioni del §7.11.3.5.2 NTC18:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad \text{Dove:}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad \begin{aligned} &a_{\max} = \text{accelerazione orizzontale massima attesa al sito;} \\ &g = \text{Accelerazione di gravità;} \\ &\beta_s = \text{coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima} \\ &\quad \text{attesa al sito pari a 0.27 per le verifiche SLV o 0.20 per le} \\ &\quad \text{verifiche SLD da Tabella 7.11.I NTC18.} \end{aligned}$$

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito è valutata con la seguente espressione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;
 S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) Tab.3.2.IV NTC18 e topografica (S_T) Tab.3.2.V NTC18.

I parametri di pericolosità sismica sono stati definiti attraverso il programma Edilus-MS della ACCA Software®, ove è sufficiente indicare un punto di riferimento medio che per il caso in esame presenta coordinate WGS84.

N 44.10333741, E 10.13318772.

L'accelerazione sismica risulta essere 0.163 g per SLV.

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.051	2.449	0.240
Danno	50	0.065	2.463	0.253
Salvaguardia Vita	475	0.163	2.394	0.287
Prevenzione Collasso	975	0.209	2.385	0.296

Tabella 3: Parametri di pericolosità sismica per il punto di riferimento della Cava n.46 POLVACCIO (Edilus-MS ACCA Software®).

Per il sito in esame si ha (cfr. Appendice A):

$S_s = 1.50$ (E) rispettivamente coefficienti di amplificazione stratigrafica (S_s) per suolo di tipo E (Tabella 3.2.II NTC18);

$S_T = 1.40$ coefficiente di amplificazione topografica (S_T) per "pendii con inclinazione $i \geq 30^\circ$ - in corrispondenza della sommità del pendio" (A) (Tabella 3.2.III NTC18);

$$\text{da cui: } a_{\max(E)} = S \cdot a_g \text{ SLV} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 0.163g \cdot 1.50 \cdot 1.40 = 0.3584 g$$

$$k_{hE} = 0.08$$

$$k_{vE} = 0.04$$

La possibilità di variare il segno dei coefficienti sismici (+ o -) permette di avere quattro condizioni di analisi, tuttavia nelle successive trattazioni verranno valutate, se possibile, le sole condizioni peggiorative per la stabilità.

6.4.5. VALORI DI CALCOLO

Per le successive verifiche è stata ipotizzata l'**assenza di coesione**, in modo da affrontare il problema con un maggior grado di sicurezza; studi di sensitività a riguardo hanno infatti evidenziato che il contributo della componente coesiva incide maggiormente sulla stabilità dei versanti rispetto alla componente attritiva.

Tale scelta è inoltre avvalorata dal fatto che appare poco verosimile un comportamento di tipo plastico tipico di blocchi rigidi affogati in una matrice fortemente coesiva, mentre si ritiene più veritiera la condizione di blocchi a contatto con presenza di matrice fine nei vuoti interstiziali.

In questo contesto, la stabilità dei versanti viene affidata principalmente alla componente attritiva ed ai fenomeni di mutuo incastro (inter-locking) che si instaurano tra gli elementi costituenti la porzione grossolana del corpo detritico; l'impossibilità di determinare quest'ultimi tuttavia ne impone di trascurarne gli effetti positivi e se da un lato

trasferisce tutte le responsabilità sull'angolo di attrito del materiale dall'altro lato permette di aumentare ulteriormente le condizioni cautelative. Tutte le condizioni utilizzate nelle verifiche vengono di seguito riportate:

- **valutazione in funzione di ravaneto "moderno";**
- **coesione trascurabile;**
- **fenomeni di inter-locking trascurabili;**
- **angolo di attrito di 45°;**
- **presenza di falda freatica di altezza costante 1.00 m dal contatto ravaneto/roccia.**

I parametri geotecnici ottenuti per l'ammasso roccioso e il deposito detritico, secondo i diversi comportamenti ipotizzati, sono stati opportunamente ridotti secondo i fattori correttivi previsti dalle NTC18 e dall'EC7.

Rimandando ai precedenti capitoli per i valori di calcolo dell'ammasso roccioso, di seguito si riportano quelli relativi al materiale detritico costituente il ravaneto.

VALORI DI CALCOLO RAVANETI CAVA N.46 POLVACCIO		RAVANETO	
		M1	M2
Resistenza Globale (MPa)		-	-
Resistenza a Compressione Ammasso Roccioso (Mpa)		-	-
Resistenza a Trazione Ammasso Roccioso (MPa)		-	-
Modulo di Elasticità (Gpa)		200	
Indici ammasso roccioso (Mohr-Coulomb)	ϕ picco (°)	45.00	38.66
	c picco (MPa)	0.00	0.00

Tabella 4: Valori di calcolo dei parametri meccanici del materiale detritico.

6.5. ANALISI DI STABILITÀ DEL RAVANETO

Sulla base di quanto sopra esposto si può asserire che all'interno del deposito non si forma una falda freatica e che l'acqua che s'infiltra percola, seguendo la verticale, fino ad alimentare la falda profonda interna al substrato marmoreo e collocata a notevole profondità.

Nonostante ciò, a titolo cautelativo, nelle analisi di stabilità condotte è stata ipotizzata la presenza di una falda freatica alta 1 m localizzata al contatto substrato marmoreo (Sb) materiale di detritico (Rv), all'interno delle sezioni D-D'-D'' del Ravaneto del "Battaglino" ammettendo che il substrato si comporti da impermeabile.

In ottemperanza alle NTC 18 le verifiche eseguite sono state condotte agli stati limite, in condizioni statiche e sismiche secondo la metodologia pseudo-statica, avvalendosi dei coefficienti sismici orizzontale e verticale precedentemente ricavati per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV). Tra le quattro orientazioni possibili della forza sismica (up-left, down-left, up-right, down-right) sono state scelte le sole condizioni concordi alla direzione di massima pendenza del pendio che possono maggiormente aggravarne la stabilità. Infatti, se da un lato la condizione "down" aumenta i carichi verticali del terreno, dall'altro la condizione "up" li diminuisce e non è possibile a priori conoscere quale sia la situazione peggiorativa, dal momento che gli stessi carichi influenzano anche le resistenze attrittive.

Con tale verifica si determina il grado di sicurezza del corpo detritico, nei confronti di possibili scorrimenti.

La verifica consiste nel ricercare, tra le possibili superfici di rottura, quella che presenta il minor coefficiente di sicurezza e nel confrontare, quindi, le resistenze con le azioni agenti lungo la superficie analizzata; per fare ciò è stato impiegato il programma di calcolo all'equilibrio limite *Slide* della Rocscience®.

La procedura di analisi utilizzata secondo l'Approccio 1: Combinazione 2: A2+M2+R2 delle NTC 18 (R2=1.1), ha visto l'impiego del metodo di Spencer che permettono di avere sia l'equilibrio dei momenti che delle forze in gioco tra i singoli conci. Nella metodologia impiegata, comunemente ad altre metodologie (Bishop, Sarma, Morgenstern-Price, Carter, etc.) la massa da analizzare al di sopra di una superficie, ritenuta quella di taglio, viene suddivisa in una serie "n" di conci, ognuno caratterizzato da proprie caratteristiche di resistenza al taglio.

Nel caso delle superfici di forma curvilinee in genere, si assume che la base di ogni concio è una corda della superficie prescelta; a questo punto si ricercano le equazioni che equilibrino contemporaneamente forze e momenti in gioco come segue:

$$F_s = \frac{\sum [c_i l_i + (W_i \cos \alpha_i - u_i l_i) \tan \phi_i]}{\sum W_i \sin \alpha_i}$$

Dove: c_i è la coesione del materiale costituente il concio i-esimo;

l_i è la lunghezza del concio i-esimo;

W_i è il peso del concio i-esimo comprensivo di eventuali sovraccarichi;

α_i è l'angolo formato dalla secante del cerchio considerato, in corrispondenza del concio i-esimo, rispetto all'orizzontale;

u_i è la pressione idrostatica alla base del concio i-esimo;

ϕ_i è l'angolo di resistenza al taglio del materiale del concio i-esimo a contatto con la di scivolamento.

Per i casi in esame il generico procedimento ha previsto:

- La costruzione delle geometrie attraverso:
 - oLa definizione dei limiti del problema di una sezione bidimensionale rappresentativa del versante da analizzare (*external boundary*);
 - oLa definizione dei profili stratigrafici di contatto dei diversi materiali (*material boundary*);
 - oLa definizione del profilo della falda freatica, se presente (*piezometric line o water level*);

- Assegnazione dei valori medi ai parametri caratteristici i materiali in sito (*define materials*);
- Definizione dell'intervallo di esistenza dei parametri per un'analisi statistica/parametrica;
- Definizione delle caratteristiche di analisi (*project settings*) e delle caratteristiche delle superfici da analizzare (*surface options*);
- Analisi mediante il programma *Compute* della Rocscience® dell'intero modello bidimensionale;
- Verifica numerica e grafica dei risultati attraverso il programma *Interpret* della Rocscience®.

Le analisi hanno riguardato il ravaneto del Battaglino che ha ricoperto una morfologia gradonata propria delle geometrie estrattive.

Al fine di ricercare le superfici di rottura sono state pertanto scelte sia verifiche per forme planari e composte (non-circular) con almeno un punto di contatto con il sub-strato roccioso, unica potenziale condizione di rischio per la stabilità globale del ravaneto, che verifiche per condizioni di scivolamento circolari. Altre forme di dissesto, più simili a quelle circolari, sono legate infatti a ridotti smottamenti superficiali nei tratti di versante inclinato compresi tra due rettifili successivi. Durante gli eventi meteorici più significativi infatti la viabilità di arroccamento, trasversale alla linea di massima pendenza, assume la funzione di rompi-tratta contenendo i dissesti dovuti al deflusso superficiale.

Tutte le verifiche allo stato attuale e di progetto sono state condotte in condizioni sismiche ed in presenza di falda alta 1 m rispetto alla quota di potenziale emergenza.

Pertanto per le sezioni sono state approntate le seguenti verifiche:

- STATO INIZIALE
 - o SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO CIRCOLARI e PLANARI con FALDA 1 m:
 - Condizioni statiche SLU;
 - Condizioni sismiche SLV+.
- STATO PRIMA FASE
 - o SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO CIRCOLARI e PLANARI con FALDA 1 m:
 - Condizioni statiche SLU;
 - Condizioni sismiche SLV+.
- STATO FINALE SECONDA FASE
 - o SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO CIRCOLARI e PLANARI con FALDA 1 m:
 - Condizioni statiche SLU;
 - Condizioni sismiche SLV+.

I parametri geotecnici di calcolo utilizzati nelle verifiche sono quelli di progetto definiti in precedenza per le due unità geotecniche riconosciute.

6.6. DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA E DELLE CONDIZIONI AL CONTERNO

Mediante il rilievo fornito dalla società è stato possibile ricostruire le sezioni del RAVANETO DEL BATTAGLINO D-D'-D'' riportata in Figura 8.

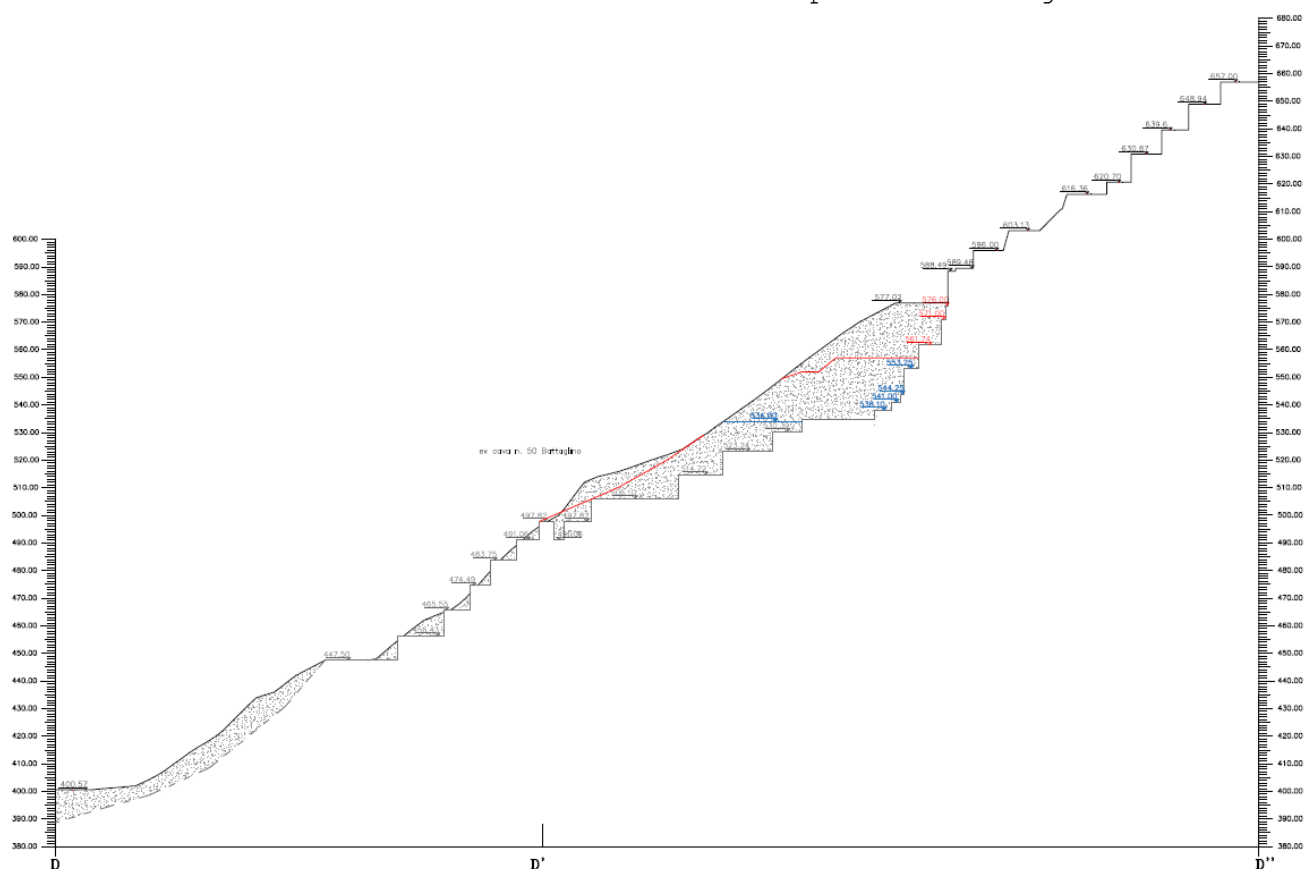


Figura 8: Sezione D-D'-D'' con individuato il substrato roccioso (in grigio), il conoide detritico allo stato attuale (in nero) ed alla prima fase (in rosso) ed alla seconda fase (in blu).

6.7. VERIFICA STABILITÀ GLOBALE

La verifica della stabilità globale del versante è stata effettuata attraverso il programma *Slide®*.

La geometria della sezione, la stratigrafia, il livello idrico prescelto e le caratteristiche meccaniche dei due livelli, quest'ultimi opportunamente ridotti attraverso i coefficienti previsti per l'**Approccio 1: Combinazione 2: A2+M2+R2** (), sono stati inseriti all'interno del programma di calcolo.

A titolo cautelativo la coesione non è stata presa in considerazione, dal momento che è stata precedentemente definita ASSENTE.

I materiali sono stati considerati isotropi con parametri di resistenza ricavati secondo il Criterio di Mohr-Coulomb.

Per considerare la stabilità globale si è provveduto ad imporre un intervallo di partenza delle superfici di scivolamento compreso tra la sommità ed il piede del conoide di interesse.

Per quanto riguarda il livello piezometrico, viste le considerazioni effettuate in precedenza, è stata imposta una falda freatica di altezza 1.0 m sub-parallela al bed-rock.

Per ciascuna verifica si riportano gli allegati inerenti il file di input del programma, le caratteristiche e le proprietà del modello, la rappresentazione grafica del modello contenente la superficie con FS minimo.

6.7.1. QUADRO RIEPILOGATIVO

Nella successiva 5 si riportano tutte le combinazioni di verifica effettuate per la sezione rappresentativa D-D'-D'' RAVANETO DEL BATTAGLINO

VERIFICHE DI SCIVOLAMENTO RAVANETI CAVA POLVACCIO	SEZIONE D-D'-D'' BATTAGLINO			
	SUPERIFICI CIRCOLARI		SUPERIFICI PLANARI	
	SLU	SLV++	SLU	SLV++
STATO ATTUALE	1.241	1.13	1.245	1.173
PRIMA FASE	1.404	1.228	1.511	1.316
FASE FINALE	1.456	1.266	1.559	1.312

Tabella 5: Quadro riepilogativo delle verifiche agli SLU statici e SLV sismici (pseudo-statici) per la sezione D-D'-D'' del ravaneto nel progetto della Cava n.46

Dalle analisi le superfici di potenziale scivolamento, mantengono coefficienti di sicurezza minimi (F_s min) sempre ampiamente superiori all'unità, e pertanto le condizioni globali del conoidi non possono che migliorare per la riduzione volumetrica del materiale incoerente prevista.

Da quanto analizzato si ritiene che il conoide detritico sia verificato ai sensi delle NTC18 ricordando le ipotesi ampiamente cautelative adottate:

- Assenza di coesione;
- Assenza di contributo offerto dalla rinaturalizzazione prospettata per la risistemazione ambientale.

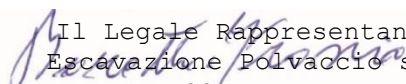
Dagli elaborati grafici redatti si evince che la porzione di ravaneto di cui si prevede l'asportazione ricade in:

- aree definite a pericolosità geomorfologica molto elevata o elevata nelle Tavole del Quadro Progettuale del PABE Scheda n.15: Bacini di Carrara ovvero ricadenti in interventi di messa in sicurezza geomorfologica e per cui escluse dalla percentuale di resa ed al raggiungimento degli obiettivi di produzione sostenibile (Art.25 Comma 5 Disciplina di PRC e Art.39 Comma 7 delle NTA del PABE);
- aree a pericolosità geologica medio-elevata limitrofa a quelle a pericolosità molto elevata; la mancata rimozione del materiale dalla zona a pericolosità medio-elevata potrebbe comportare l'instaurarsi di fenomeni gravitati instabili, risolvibili preventivamente con la contemporanea messa in sicurezza all'interno delle parte di conoide interno alle due zonazioni. L'intervento pertanto ricade tra le attività di messa in sicurezza ai sensi dell'Art.31 Commi 7, 8 e 9 delle NTA del PABE e dell'Art.25 Comma 5 della Disciplina del PRC;
- in nessun caso nelle aree ascritte alla classe R1 o R2 nelle tavole del quadro progettuale del PABE n.15: Bacini di Carrara e pertanto non è soggetto all'art.32 comma 1;

L'intervento permette pertanto di andare a ridurre le volumetrie di materiale incoerente a pericolosità geologica da media a molto elevata mantenendolo comunque globalmente stabile.

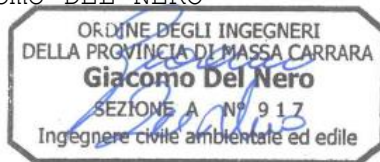
In relazione alle analisi condotte si ritiene che tutte le attività previste nel ravaneto rientrano nei casi previsti all'Art.25 Comma 4 della Disciplina di PRC, ovvero riqualificazione morfologica e messa in sicurezza del territorio. Pertanto ai sensi dell'Art.25 Comma 5 della Disciplina di PRC e dell'Art.39 Comma 7 delle NTA del PABE il materiale movimentato sopra quantificato non concorre alla quantificazione della quantità sostenibile, al raggiungimento degli obiettivi di produzione ed alla percentuale di resa.

Carrara 01.07.2026


Il Legale Rappresentante
Escavazione Polvaccio srl
FRANCO BARATTINI


I Tecnici
Dott. Geol. Fiorenzo DUMAS

Dott. Ing. Giacomo DEL NERO



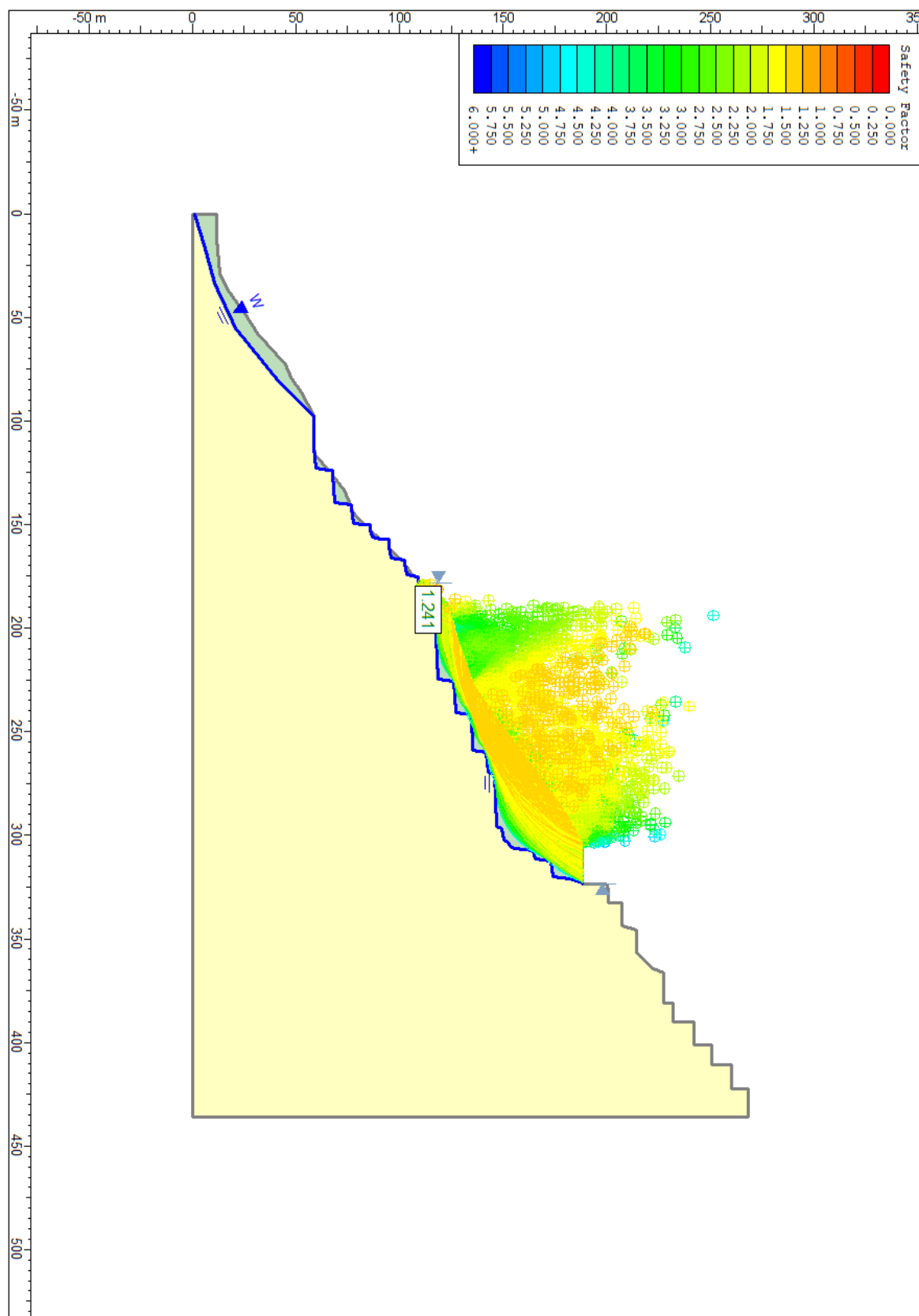
ALLEGATI

ALLEGATO 1: VERIFICHE DI STABILITÀ (SLIDE® ROCSCIENCE)

SEZIONE D-D'-D''

STATO ATTUALE

VERIFICHE CIRCOLARI STATICHE



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_attuale_circ_stat.sli

Project Settings

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

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Surface Options

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

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: spencer
FS: 1.240850
Center: 181.386, 118.045
Radius: 8.110
Left Slip Surface Endpoint: 180.059, 110.044
Right Slip Surface Endpoint: 189.496, 118.045
Left Slope Intercept: 180.059 110.044
Right Slope Intercept: 189.496 120.572
Resisting Moment=3818.34 kN-m
Driving Moment=3077.19 kN-m
Resisting Horizontal Force=369.552 kN
Driving Horizontal Force=297.821 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 3505
Number of Invalid Surfaces: 6495
Error Codes:
Error Code -106 reported for 130 surfaces
Error Code -108 reported for 809 surfaces
Error Code -111 reported for 3865 surfaces
Error Code -112 reported for 1658 surfaces
Error Code -113 reported for 33 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

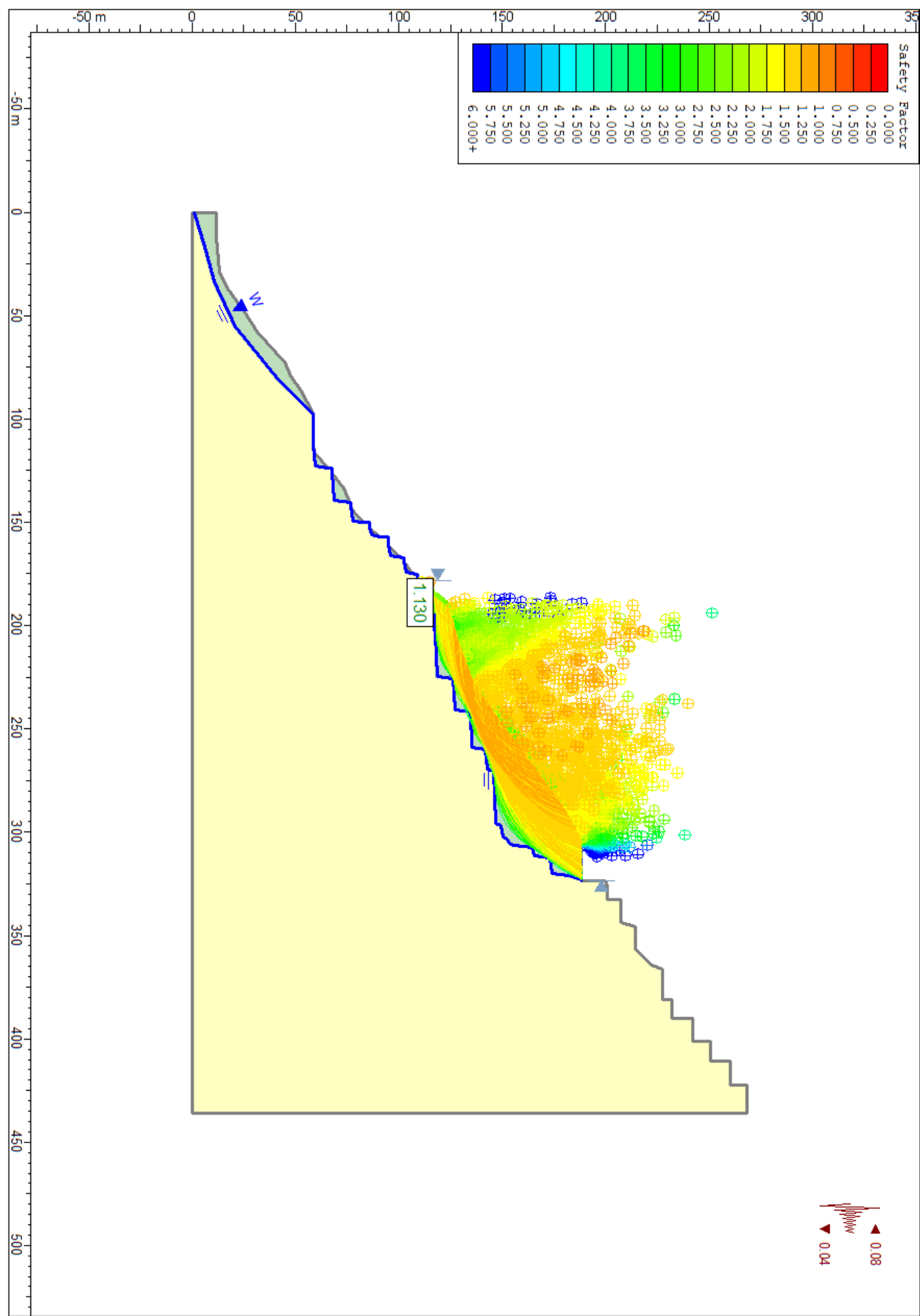
-106 = Average slice width is less than
0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region).
This limitation is imposed to avoid numerical errors
which may result from too many slices, or too
small a slip region.

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

-111 = safety factor equation did not converge

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

-113 = Surface intersects outside slope limits.



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_attuale_circ_sism.sli

Project Settings

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

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Surface Options

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

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.08
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.04

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³

Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: spencer
FS: 1.130170
Center: 179.254, 114.592
Radius: 5.194
Left Slip Surface Endpoint: 178.949, 109.407
Right Slip Surface Endpoint: 184.430, 114.151
Resisting Moment=378.024 kN-m
Driving Moment=334.485 kN-m
Resisting Horizontal Force=58.746 kN
Driving Horizontal Force=51.9799 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 3072
Number of Invalid Surfaces: 6928
Error Codes:
Error Code -106 reported for 130 surfaces
Error Code -108 reported for 956 surfaces
Error Code -111 reported for 4324 surfaces
Error Code -112 reported for 1485 surfaces
Error Code -113 reported for 33 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

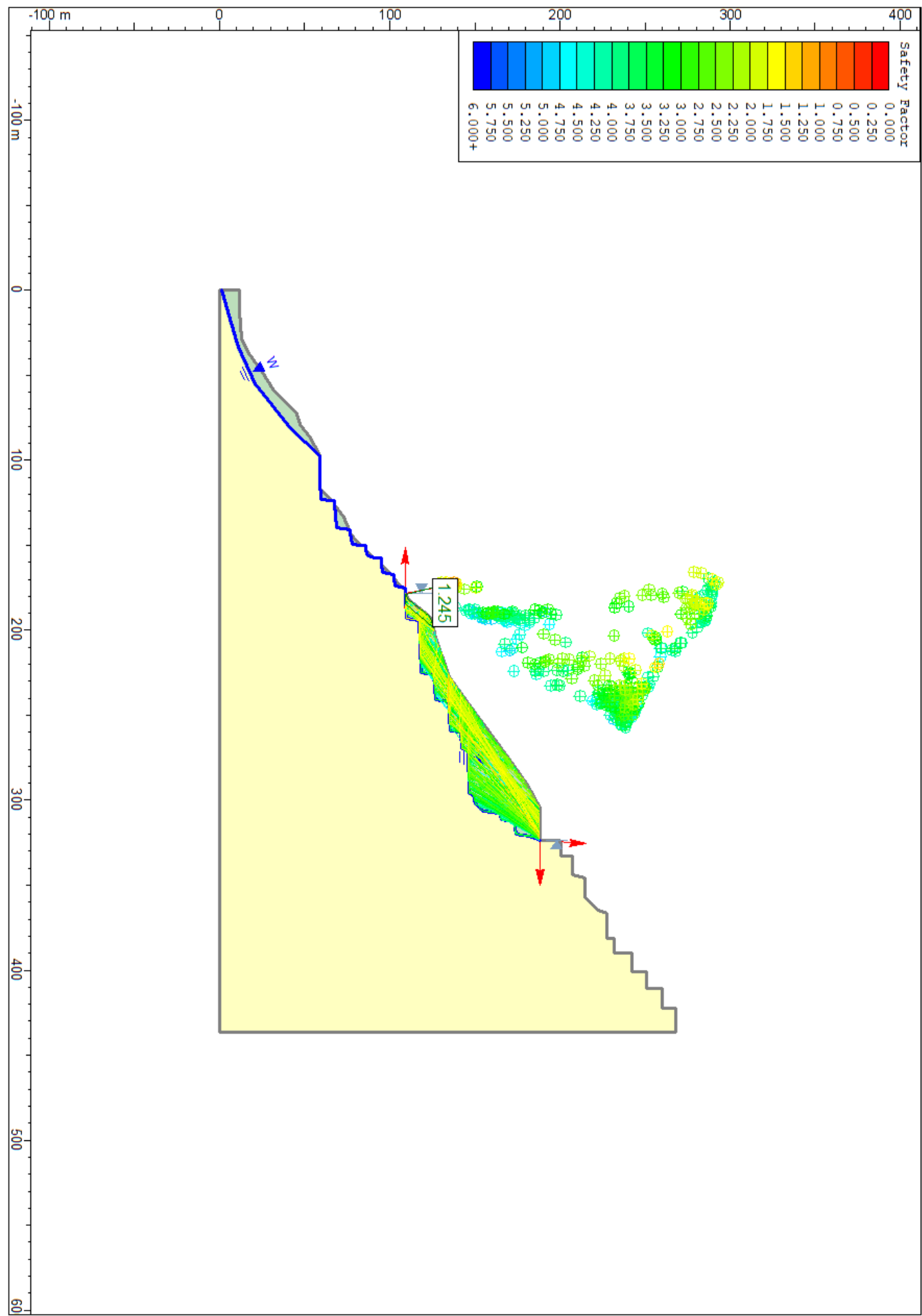
-106 = Average slice width is less than
 $0.0001 \times (\text{maximum horizontal extent of soil region})$.
This limitation is imposed to avoid numerical errors
which may result from too many slices, or too
small a slip region.

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

-111 = safety factor equation did not converge

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

-113 = Surface intersects outside slope limits.



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_attuale_plan_stat.sli

Project Settings

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

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 20000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 100
Left Projection Angle (End Angle): 180
Right Projection Angle (Start Angle): 85
Right Projection Angle (End Angle): 0

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees

Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: spencer
FS: 1.245070
Axis Location: 172.076, 137.614
Left Slip Surface Endpoint: 178.610, 109.212
Right Slip Surface Endpoint: 198.718, 125.801
Resisting Moment=30795.9 kN-m
Driving Moment=24734.3 kN-m
Resisting Horizontal Force=849.055 kN
Driving Horizontal Force=681.935 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 440
Number of Invalid Surfaces: 19560
Error Codes:
Error Code -106 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 22 surfaces
Error Code -108 reported for 7831 surfaces
Error Code -111 reported for 8494 surfaces
Error Code -112 reported for 3172 surfaces
Error Code -116 reported for 40 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

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

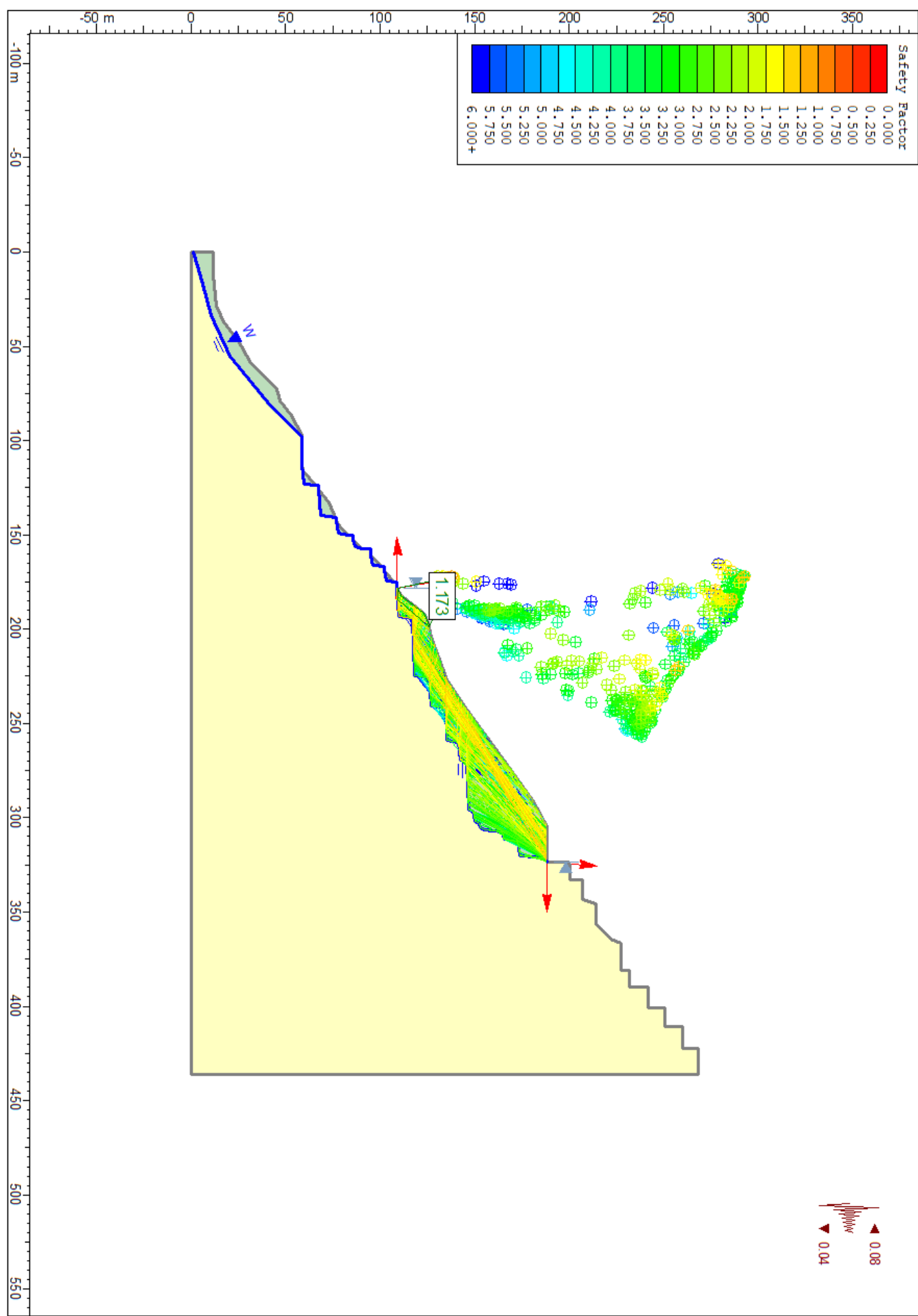
-107 = Total driving moment or
total driving force is negative. This will occur
if the wrong failure direction is specified,
or if high external or anchor loads are applied
against the failure direction.

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

-111 = safety factor equation did not converge

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

-116 = Not enough slices to analyze the surface
Increase the number of slices in the job control in the modeler.



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_attuale_plan_sism.sli

Project Settings

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

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 20000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 100
Left Projection Angle (End Angle): 180
Right Projection Angle (Start Angle): 85
Right Projection Angle (End Angle): 0

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.08
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.04

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: spencer
FS: 1.173040
Axis Location: 172.076, 137.614
Left Slip Surface Endpoint: 178.610, 109.212
Right Slip Surface Endpoint: 198.718, 125.801
Resisting Moment=31810.5 kN-m
Driving Moment=27118 kN-m
Resisting Horizontal Force=895.709 kN
Driving Horizontal Force=763.579 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 468
Number of Invalid Surfaces: 19532
Error Codes:
Error Code -106 reported for 1 surface
Error Code -108 reported for 7538 surfaces
Error Code -111 reported for 8522 surfaces
Error Code -112 reported for 3431 surfaces
Error Code -116 reported for 40 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

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

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

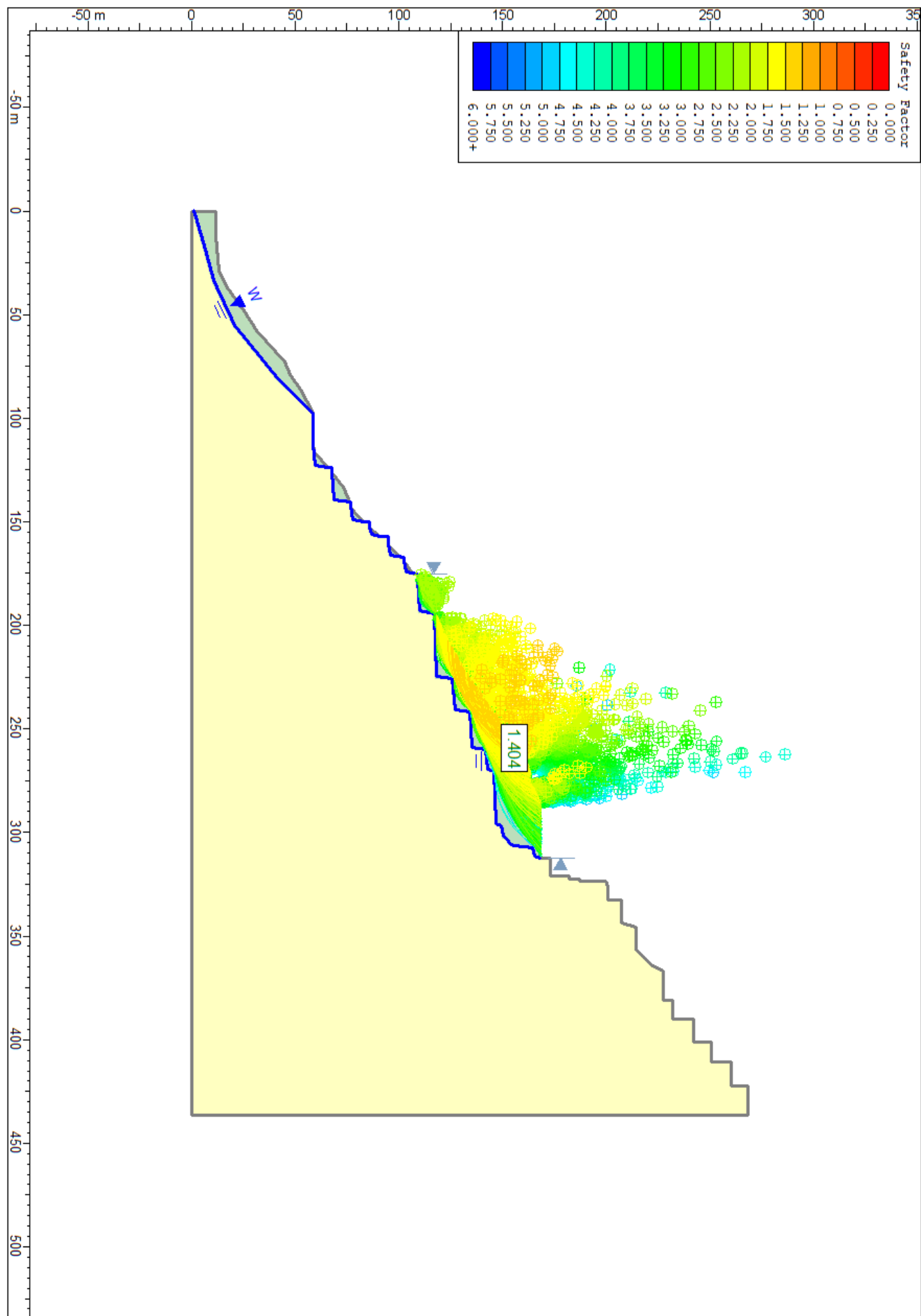
-111 = safety factor equation did not converge

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

-116 = Not enough slices to analyze the surface

\ Increase the number of slices in the job control in the modeler.

PRIMA FASE
VERIFICHE CIRCOLARI STATICHE



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_fase1_circ_stat.sli

Project Settings

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

Method: spencer
FS: 1.404290
Center: 249.716, 159.906
Radius: 9.169
Left Slip Surface Endpoint: 249.513, 150.740
Right Slip Surface Endpoint: 258.512, 157.317
Resisting Moment=2000.81 kN-m
Driving Moment=1424.79 kN-m
Resisting Horizontal Force=182.085 kN
Driving Horizontal Force=129.664 kN

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Surface Options

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

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 3394
Number of Invalid Surfaces: 6606
Error Codes:
Error Code -106 reported for 130 surfaces
Error Code -108 reported for 565 surfaces
Error Code -111 reported for 3426 surfaces
Error Code -112 reported for 2485 surfaces

Error Codes

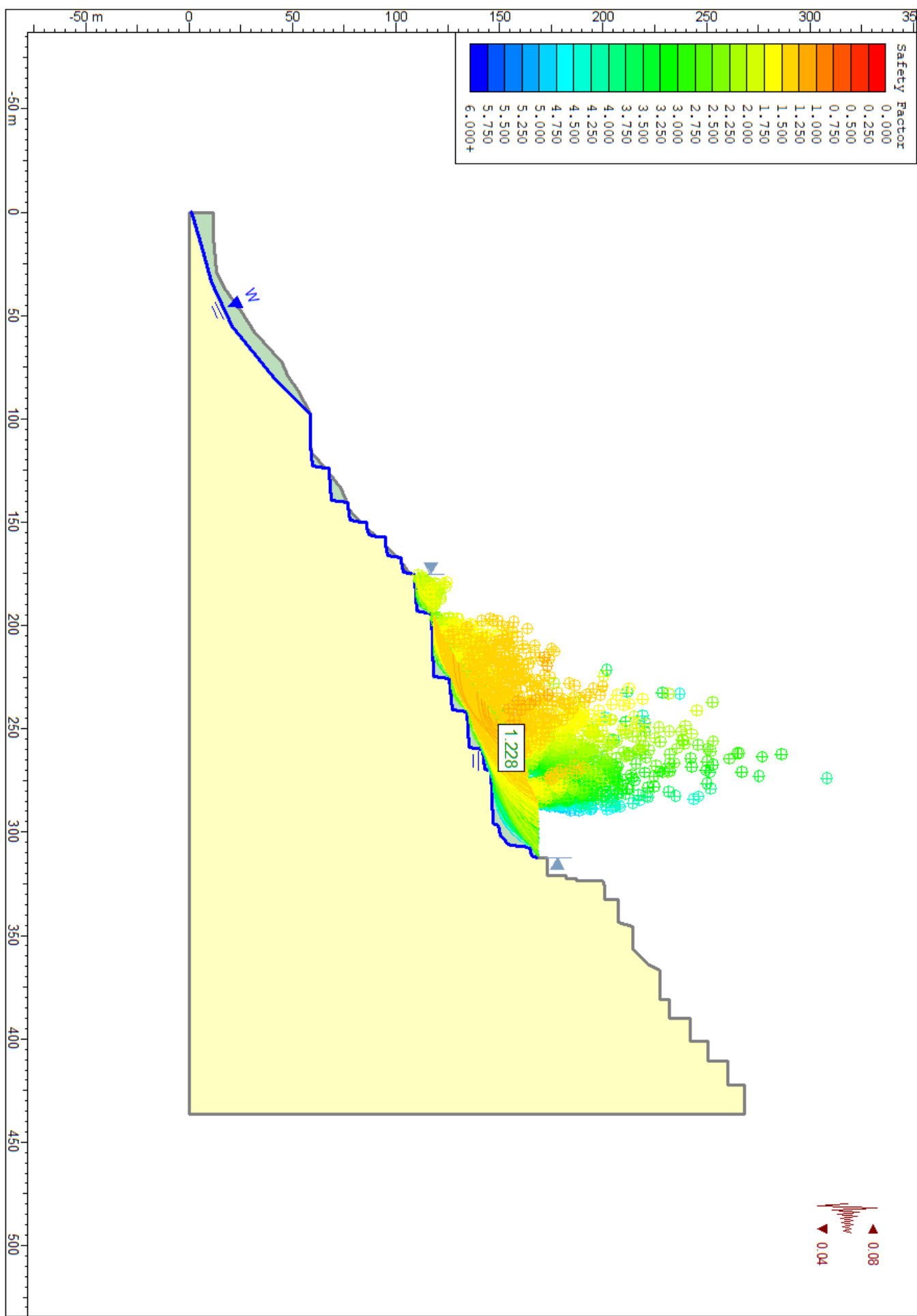
The following errors were encountered during the computation:

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

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

-111 = safety factor equation did not converge

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



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_fase1_circ_sism.sli

Project Settings

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

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Surface Options

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

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.08
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.04

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³

Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: spencer
FS: 1.227840
Center: 249.716, 159.906
Radius: 9.169
Left Slip Surface Endpoint: 249.513, 150.740
Right Slip Surface Endpoint: 258.512, 157.317
Resisting Moment=2011.17 kN-m
Driving Moment=1637.97 kN-m
Resisting Horizontal Force=184.879 kN
Driving Horizontal Force=150.572 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 2856
Number of Invalid Surfaces: 7144
Error Codes:
Error Code -106 reported for 130 surfaces
Error Code -108 reported for 638 surfaces
Error Code -111 reported for 4003 surfaces
Error Code -112 reported for 2373 surfaces

Error Codes

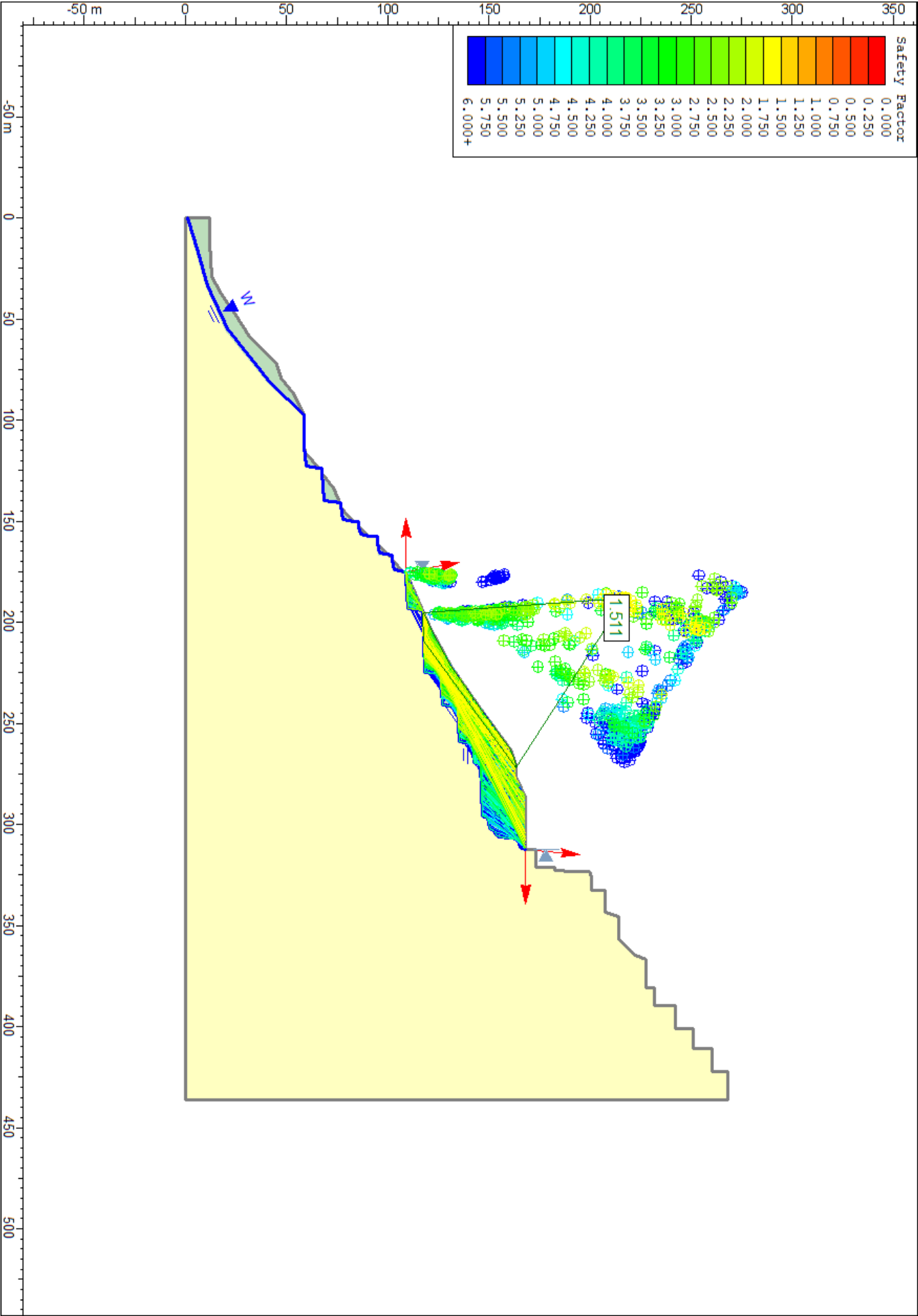
The following errors were encountered during the computation:

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

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

-111 = safety factor equation did not converge

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



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_fase1_plan_stat.sli

Project Settings

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

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 20000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 100
Left Projection Angle (End Angle): 180
Right Projection Angle (Start Angle): 85
Right Projection Angle (End Angle): 0

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees

Water Surface: None

Global Minimums

Method: spencer
FS: 1.511420
Axis Location: 188.115, 217.351
Left Slip Surface Endpoint: 195.186, 117.737
Right Slip Surface Endpoint: 272.049, 163.240
Resisting Moment=434571 kN-m
Driving Moment=287524 kN-m
Resisting Horizontal Force=3926.33 kN
Driving Horizontal Force=2597.77 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 750
Number of Invalid Surfaces: 19250
Error Codes:
Error Code -106 reported for 4 surfaces
Error Code -107 reported for 80 surfaces
Error Code -108 reported for 7611 surfaces
Error Code -111 reported for 7907 surfaces
Error Code -112 reported for 3425 surfaces
Error Code -116 reported for 223 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

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

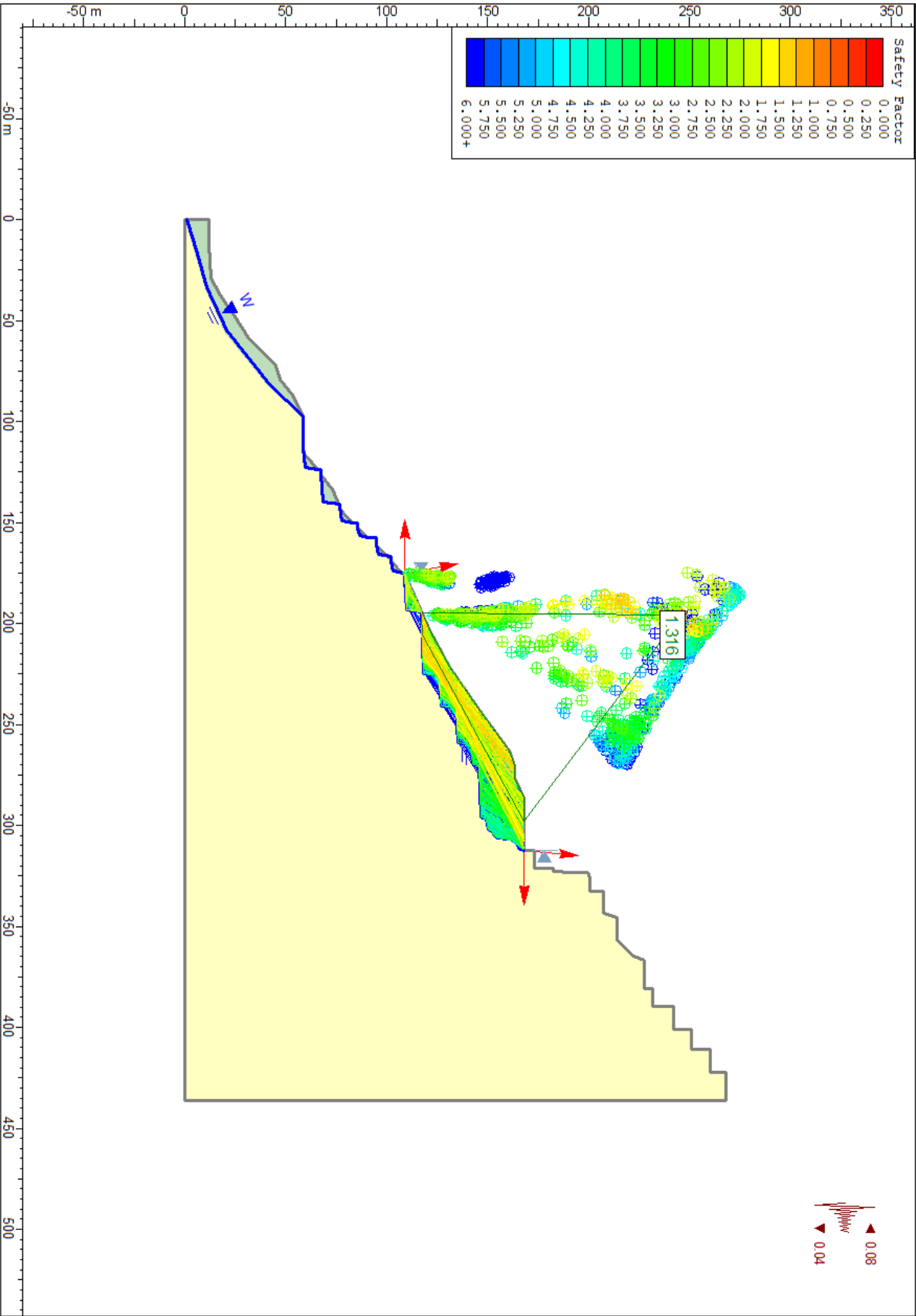
-107 = Total driving moment or
total driving force is negative. This will occur
if the wrong failure direction is specified,
or if high external or anchor loads are applied
against the failure direction.

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

-111 = safety factor equation did not converge

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

-116 = Not enough slices to analyze the surface
Increase the number of slices in the job control in the modeler.



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_fase1_plan_sism.sli

Project Settings

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

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 20000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 100
Left Projection Angle (End Angle): 180
Right Projection Angle (Start Angle): 85
Right Projection Angle (End Angle): 0

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.08
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.04

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: spencer
FS: 1.315600
Axis Location: 195.746, 246.012
Left Slip Surface Endpoint: 194.843, 117.596
Right Slip Surface Endpoint: 297.937, 168.239
Resisting Moment=1.18208e+006 kN-m
Driving Moment=898510 kN-m
Resisting Horizontal Force=8873.82 kN
Driving Horizontal Force=6745.06 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 752
Number of Invalid Surfaces: 19248
Error Codes:
Error Code -106 reported for 4 surfaces
Error Code -107 reported for 2 surfaces
Error Code -108 reported for 8269 surfaces
Error Code -111 reported for 7313 surfaces
Error Code -112 reported for 3437 surfaces
Error Code -116 reported for 223 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

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

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

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

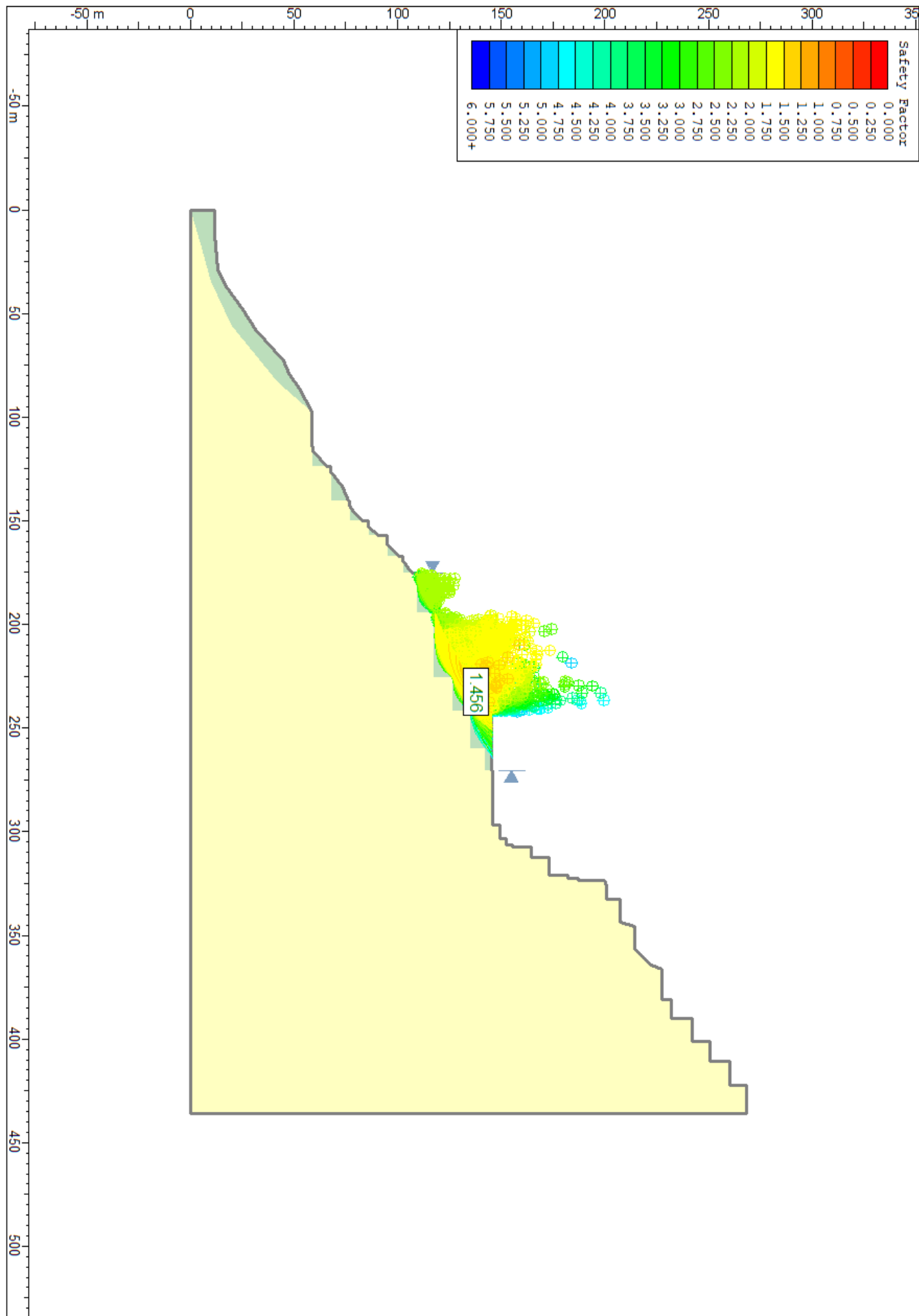
-111 = safety factor equation did not converge

-112 = The coefficient $M\text{-}\alpha = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi)/F)$

< 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out
some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in
particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle
slices in the passive zone.

-116 = Not enough slices to analyze the surface
Increase the number of slices in the job control in the modeler.

FASE FINALE
VERIFICHE CIRCOLARI STATICHE



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_fase2_circ_stat.sli

Project Settings

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

Global Minimums

Method: spencer
FS: 1.455920
Center: 223.007, 142.055
Radius: 9.994
Left Slip Surface Endpoint: 222.745, 132.064
Right Slip Surface Endpoint: 232.416, 138.686
Resisting Moment=2309.95 kN-m
Driving Moment=1586.59 kN-m
Resisting Horizontal Force=195.482 kN
Driving Horizontal Force=134.267 kN

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 3556
Number of Invalid Surfaces: 6444
Error Codes:
Error Code -106 reported for 219 surfaces
Error Code -108 reported for 1101 surfaces
Error Code -111 reported for 2855 surfaces
Error Code -112 reported for 2269 surfaces

Surface Options

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

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

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

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

-111 = safety factor equation did not converge

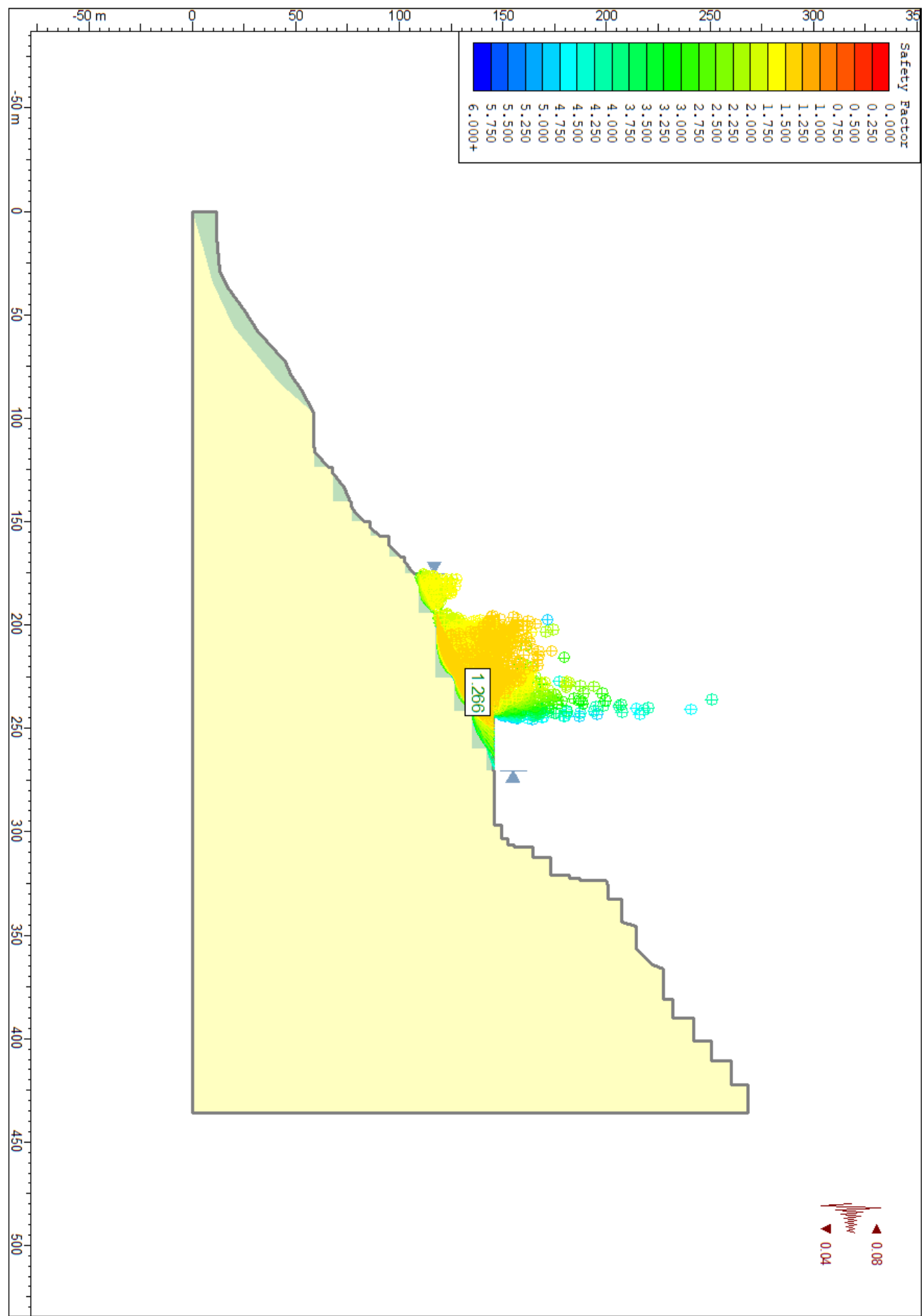
-112 = The coefficient $M\text{-}\alpha = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi)/F)$
< 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out
some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in
particular, deep seated slip surfaces with many high negative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

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

VERIFICHE CIRCOLARI SISMICHE



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_fase2_circ_sism.sli

Project Settings

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

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Surface Options

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

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.08
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.04

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³

Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: spencer
FS: 1.265570
Center: 223.007, 142.055
Radius: 9.994
Left Slip Surface Endpoint: 222.745, 132.064
Right Slip Surface Endpoint: 232.416, 138.686
Resisting Moment=2323.16 kN-m
Driving Moment=1835.67 kN-m
Resisting Horizontal Force=198.313 kN
Driving Horizontal Force=156.699 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 3368
Number of Invalid Surfaces: 6632
Error Codes:
Error Code -106 reported for 219 surfaces
Error Code -108 reported for 616 surfaces
Error Code -111 reported for 3602 surfaces
Error Code -112 reported for 2195 surfaces

Error Codes

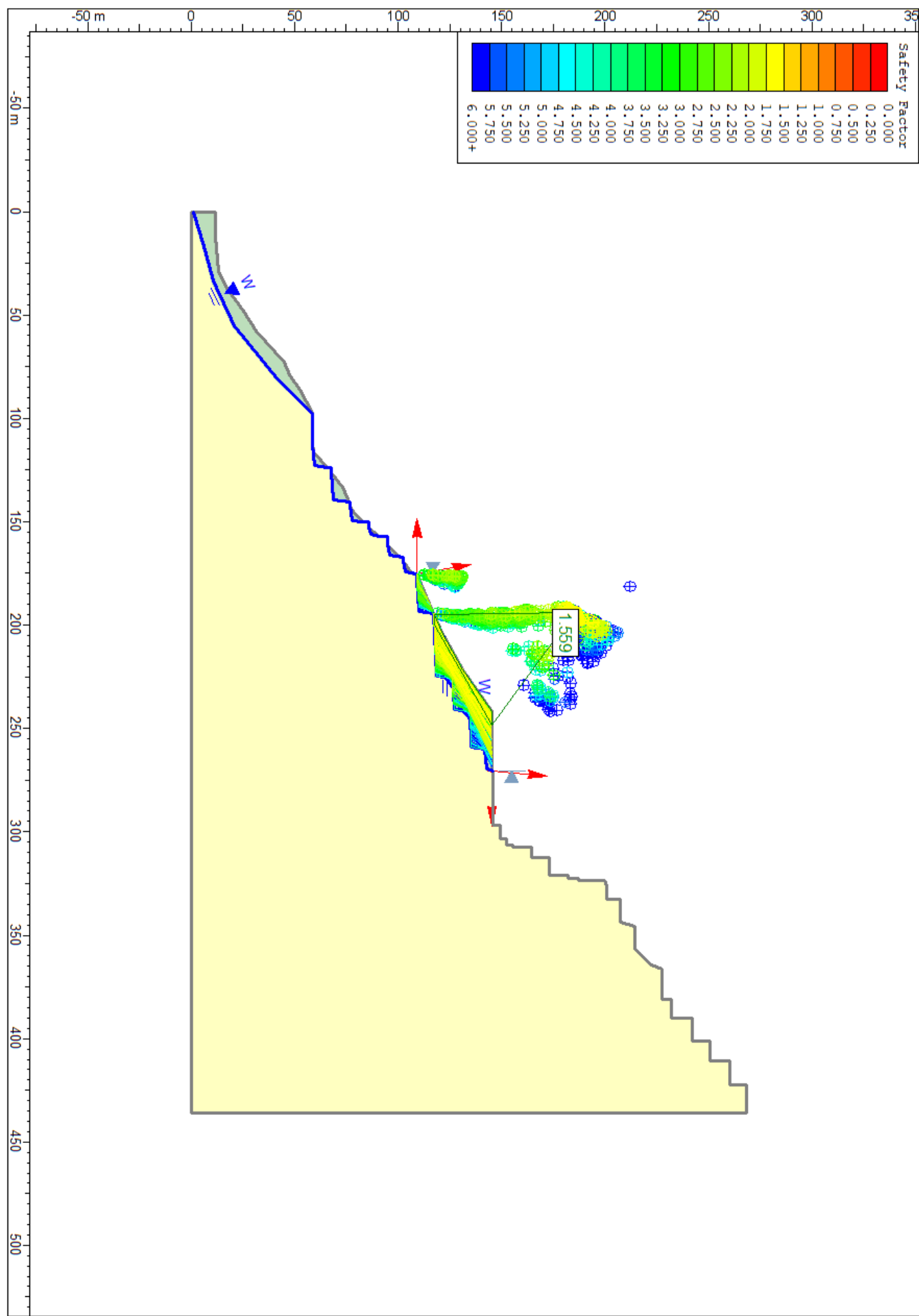
The following errors were encountered during the computation:

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

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

-111 = safety factor equation did not converge

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



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_fase2_plan_stat.sli

Project Settings

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

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 20000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 100
Left Projection Angle (End Angle): 180
Right Projection Angle (Start Angle): 85
Right Projection Angle (End Angle): 0

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees

Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: spencer
FS: 1.559200
Axis Location: 194.060, 185.174
Left Slip Surface Endpoint: 194.826, 117.589
Right Slip Surface Endpoint: 248.587, 145.236
Resisting Moment=96508 kN-m
Driving Moment=61896 kN-m
Resisting Horizontal Force=1366.47 kN
Driving Horizontal Force=876.395 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 741
Number of Invalid Surfaces: 19259
Error Codes:
Error Code -105 reported for 6734 surfaces
Error Code -106 reported for 13 surfaces
Error Code -107 reported for 435 surfaces
Error Code -108 reported for 5558 surfaces
Error Code -111 reported for 3494 surfaces
Error Code -112 reported for 3024 surfaces
Error Code -1000 reported for 1 surface

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.

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

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

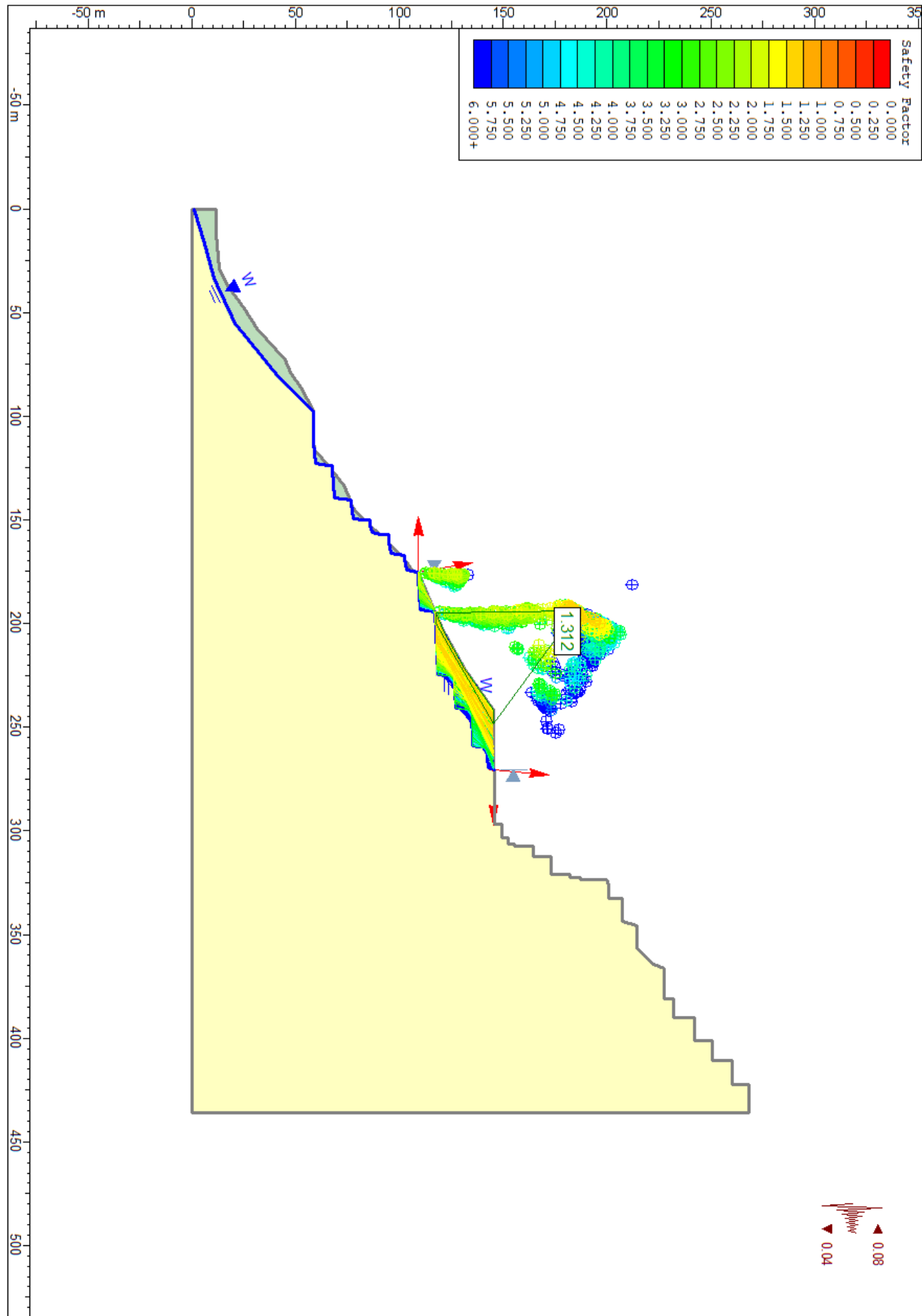
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

-112 = The coefficient $M\text{-}\alpha = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi)/F)$

< 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

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



Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sez_d_fase2_plan_sism.sli

Project Settings

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

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Spencer

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

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 20000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 100
Left Projection Angle (End Angle): 180
Right Projection Angle (Start Angle): 85
Right Projection Angle (End Angle): 0

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.08
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.04

Material Properties

Material: ammasso roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26.5 kN/m³
Cohesion: 5000 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Material: ravaneto

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight: 21 kN/m³
Saturated Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 38.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: spencer
FS: 1.311930
Axis Location: 194.060, 185.174
Left Slip Surface Endpoint: 194.826, 117.589
Right Slip Surface Endpoint: 248.587, 145.236
Resisting Moment=96448.9 kN-m
Driving Moment=73516.8 kN-m
Resisting Horizontal Force=1369.24 kN
Driving Horizontal Force=1043.69 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 898
Number of Invalid Surfaces: 19102
Error Codes:
Error Code -105 reported for 6734 surfaces
Error Code -106 reported for 13 surfaces
Error Code -107 reported for 58 surfaces
Error Code -108 reported for 5419 surfaces
Error Code -111 reported for 4152 surfaces
Error Code -112 reported for 2725 surfaces
Error Code -1000 reported for 1 surface

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.

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

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

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

(0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

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

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

APPENDICE A: PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

05/09/22, 20:05

EdiLus-MS - Servizio Rilevazione Pericolosità Sismica - ACCA software

EdiLus-MS
Mappe Sismiche

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica c località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericol ad es. "Contrada Rosole, 13 BAGNOLI IRPINO"
CAVA POLVACCIO



44.10691078, 10.15900216

Latitudine (WGS84) 44.09965124 Longitudine (WGS84) 10.13010022

Latitudine (ED50) 44.101416 Longitudine (ED50) 10.131181

Altitudine (mt) 546

Classe dell'edificio
II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti

Vita Nominale Struttura 50

Periodo di Riferimento per l'azione sismica 50

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	30	0.051	2.449	0.240
Danno	50	0.065	2.464	0.252
Salvaguardia Vita	475	0.162	2.394	0.288
Prevenzione Collasso	975	0.208	2.384	0.296

[Termini e Condizioni di utilizzo di EdilLus-MS](#)

<https://www.acca.it/edilus-ms/>


ACCA SOFTWARE
Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/60.12.35
P.IVA 01883740647 - E-mail: info@acca.it