Regione LIGURIA	Provincia di GENOVA	Comune di NE

REVISIONE INTEGRALE DELLA VARIANTE AL PROGRAMMA DI COLTIVAZIONE PER AMPLIAMENTO E SISTEMAZIONE FINALE DELLA CAVA DI CALCARE "COSTA DEI SERGI" E CONTESTUALE STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

REGIONE LIGURIA	PROVINCIA DI GENOVA	COMUNE DI NE	LOC: COSTA DEI SERGI

OGGETTO DELL'ELABORATO

INTEGRAZIONI

VERIFICHE DI STABILITA'-STATO FINALE DI ABBANCAMENTO

ALLEGATO 4 AL PUNTO 19

versione	data	Oggetto
0	25/05/12	1^ emissione variante
1	25/01/13	2^ emissione variante
2	15/06/13	3^ emissione revisione integrale variante
3	16/01/14	Integrazioni alla revisione integrale

COORDINATORE V.I.A.
Dott. Geol. Giacomo CANEPA

RILIEVI TOPOGRAFICI E RESTITUZIONE GRAFICA
Geom. Ugo MUSANTE

PROGETTAZIONE OPERE IDRAULICHE
VERIFICHE DI STABILITA'
STUDIOELB ING. ASSOCIATI
Dott. Ing. Andrea Deprati
Dott. Ing. Riccardo Giammarini

TIMBRO - FIRMA

COLLABORAZIONI:

ASPETTI AGRONOMICI E PAESAGGISTICI
Dott. Agr. **LAURA RAGOZZA**

ACUSTICA E POLVERI
Dott. **ALBERTO LENZI**

GEOLOGIA:
Dott. Geol. **ANDREA ROBBIANO**

ASPETTI NATURALISTICI:
Dott.ssa **CLAUDIA VACCAREZZA**

TIMBRO - FIRMA

TIMBRO - FIRMA

DITTA COMMITTENTE : CAVE DI FRISOLINO S.R.L. VIA FRISOLINO 130 NE
LEGALE RAPPRESENTANTE: ALLORO GIULIO

TIMBRO – FIRMA

SOMMARIO

1. PREMESSA 2

2. APPROCCIO DI CALCOLO 2

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 4

4. EFFETTI SISMICI 7

5. VERIFICHE DI STABILITÀ 8

ALLEGATI

- Rappresentazione dei 10 piani di scivolamento con coefficiente di sicurezza minore delle sezioni 2-2, 5-5, 6-6, 7-7, 9-9

1. PREMESSA

Il presente documento fa parte delle integrazioni alla revisione integrale del progetto e costituisce allegato alle integrazioni di cui al punto 19.

In esso sono riportate ulteriori verifiche di stabilità ad integrazione ed aggiornamento dei documenti a firma del Dott. Geol. Giacomo Canepa; in particolare, nella presente relazione sono riportate le verifiche di stabilità nella configurazione finale (configurazione di fine abbancamento) sul rilevato previsto nell'ambito della sistemazione finale della cava Costa dei Sergi sita nel comune di Ne (GE).

2. APPROCCIO DI CALCOLO

Le verifiche di stabilità sono state condotte in conformità con il paragrafo 6.8 delle NTC 2008, all'interno del quale (paragrafo 6.8.2) è richiesta l'applicazione dell'Approccio 1 (A2+M2+R2).

Le verifiche sono state condotte mediante il programma di calcolo "*SSAP versione 4.3.1–2013*", implementato dal Dott. Geol. Lorenzo Borselli, che permette di calcolare il coefficiente di sicurezza alla stabilità dei pendii generando numerosi piani di scorrimento (circolari o di qualsiasi geometria) ed effettuando analisi con i principali metodi analitici conosciuti (Janbu rigoroso (1973), Morgestern Price (1965), Spencer (1973), ecc.).

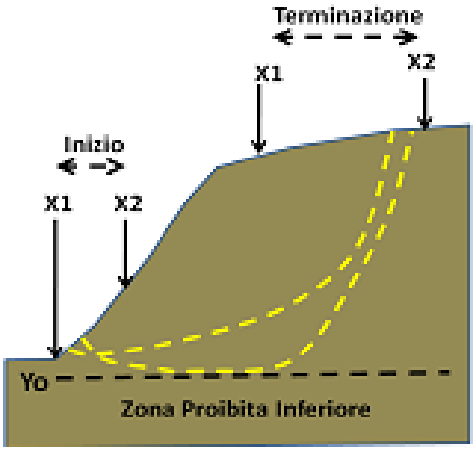
Nella simulazione del modello vengono definiti:

- il profilo del terreno e dei piani di discontinuità stratigrafica;
- le opere d'arte esistenti e di progetto (fabbricati, muri, ecc);
- le caratteristiche geomeccaniche di ogni materiale costituente il modello;
- le caratteristiche di eventuali falde o moti di filtrazione;
- il tipo di analisi che si vuole condurre;
- i limiti e le imposizioni geometriche per la generazione dei piani di scorrimento;
- eventuali carichi (sovraccarichi stradali, ecc);
- tirantature e chiodature;
- inserimento di geogriglie;
- effetti sismici.

Dopo aver modellato il profilo vengono inseriti i parametri geomeccanici e la successiva assegnazione di questi a ciascun strato costituente la stratigrafia della sezione.

Per procedere alle analisi vengono altresì imposti dall'analizzatore altri parametri, tra cui:

- il coefficiente sismico k_h (per quanto riguarda la verifica sismica);
- il fattore di sicurezza F_s (posto uguale a 1,1);
- il metodo di calcolo (Janbu, Morgentern Price, ecc.);
- l'ascissa x_1e x_2 della zona di inizio;
- l'ascissa x_1 e x_2 della zona di terminazione;
- l'ordinata della zona proibita inferiore;
- il numero massimo di superfici da generare.



I risultati delle analisi vengono restituiti in forma analitica e grafica. Inoltre il programma evidenzia i 10 piani di scorrimento caratterizzati dal minor coefficiente di sicurezza alla stabilità.

La ricerca del coefficiente di sicurezza del pendio è subordinata ad una ponderata valutazione dell'effettiva stratificazione del terreno nonché alla corretta caratterizzazione geotecnica dello stesso.

Per quanto riguarda le terre armate esse sono definite come un volume di terreno di caratteristiche migliori in virtù delle geogriglie che "armano" il terreno e ne attribuiscono maggiori proprietà coesive e meccaniche in genere.

Le verifiche sono state eseguite su 5 sezioni, ritenute particolarmente significative: sez.2-2, sez.5-5, sez.6-6, sez.7-7, sez.9-9.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Come descritto nella Relazione geologica a firma del Dott. Geol. Giacomo Canepa, nella configurazione di fine abbancamento, la situazione stratigrafica può essere così identificata:

- strato di base costituito da ammasso roccioso;
- coltre superficiale (in alcune aree che non saranno interessate dagli scavi) di natura detritico-colluviale;
- riempimento della cava costituito da materiali classificabili come terre e rocce da scavo, il cui fuso granulometrico prevalente rientra all'interno del campo delle sabbie e delle ghiaie;
- terra armata a sostegno dei terrazzamenti.

Per quanto riguarda l'ammasso roccioso e la coltre di copertura, si ripropongono i parametri caratteristici presenti all'interno della sopra menzionata Relazione geologica:

AMMASSO ROCCIOSO

Angolo d'attrito interno:	41,69°
Coesione:	290,15 kPa
Peso di volume:	26,98 kN/m^3

COLTRE DI COPERTURA

Angolo d'attrito interno:	29,16°
Coesione:	0,00 kPa
Peso di volume:	20,63 kN/m^3

Per quanto riguarda invece la parametrizzazione del materiale di riempimento, i valori caratteristici dei parametri geomeccanici di tale materiale riportati nella Relazione geologica sono i seguenti:

- Angolo d'attrito interno: 30,77°
- Coesione: 0,00 kPa
- Peso di volume: 20,11 kN/m^3

Tuttavia tali parametri sono molto cautelativi infatti, come osservato dal sottoscritto in diverse esperienze, le modalità di abbancamento e l'eterogeneità dei materiali bancati è tale da conseguire caratteristiche geomeccaniche del riempimento finito ben maggiori. In particolare l'abbancamento viene normalmente eseguito per strati di limitato spessore e debitamente compattati con rulli vibranti pesanti.

Dovendo descrivere le caratteristiche geomeccaniche del terreno di abbancamento, si ritiene opportuno fissare dei valori di progetto che debbono essere raggiunti in corso d'opera e verificati mediante indagini appropriate.

Sulla base delle considerazioni di cui sopra si assegnano così i seguenti parametri geomeccanici richiesti, da considerarsi ai fini dei calcoli, come parametri caratteristici, ai sensi delle NTC 2008:

MATERIALE DI RIEMPIMENTO

Angolo d'attrito interno:	32,00°
Coesione:	10,00 kPa
Peso di volume:	20,11 kN/m^3

Per garantire le caratteristiche geomeccaniche del terreno maggiori o uguali a quelle considerate in fase di progetto, dovranno essere previste le seguenti modalità di abbancamento: il costipamento dei materiali dovrà avvenire per strati di massimo 30 cm di spessore, compattando ogni strato con 20÷40 passate di rullo vibrante pesante. Il risultato finale sarà quello di ottenere un terreno eterogeneo con un elevatissimo grado di addensamento, tale da elevare notevolmente le caratteristiche geomeccaniche.

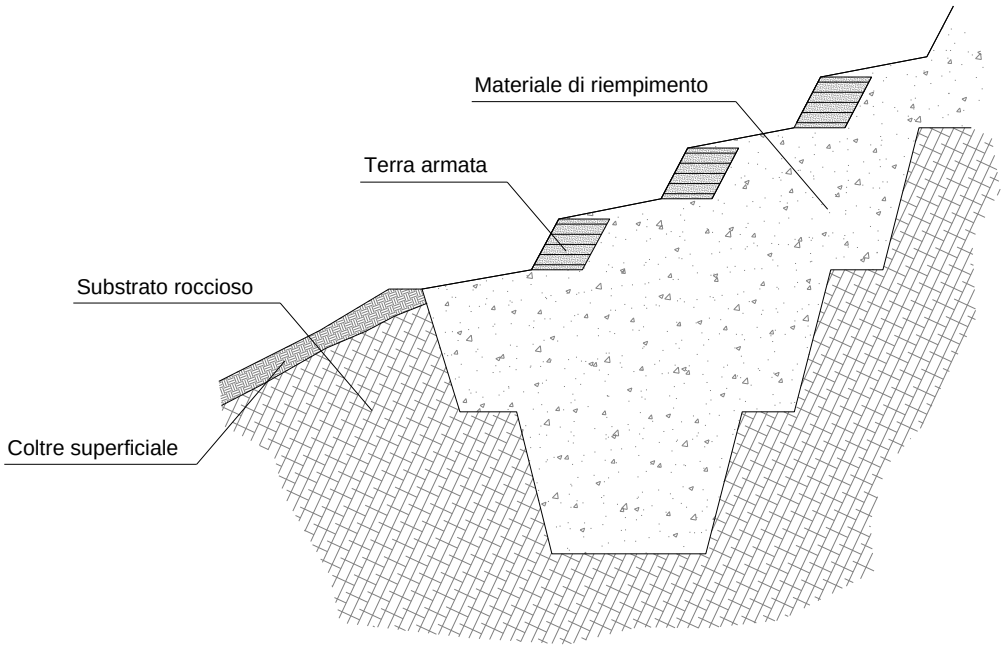
I valori geomeccanici considerati dovranno essere verificati mediante opportune indagini durante la fase di realizzazione del rilevato e, una volta completati i lavori, dovranno essere eseguite le analisi di stabilità globale dei versanti as built.

Per quanto riguarda i terrazzamenti in terra armata, nei calcoli si è tenuto conto di parametri geomeccanici ancora maggiori, derivanti dal rinforzo del terreno offerto dalle geogriglie di armatura. Si assumono per le terre armate i seguenti parametri, da considerarsi caratteristici:

TERRA ARMATA

Angolo d'attrito interno:	33,00°
Coesione:	20,00 kPa
Peso di volume:	20,00 kN/m^3

Nella figura seguente si riporta schema stratigrafico generico utilizzato nella modellazione:



Schema tipo stratigrafia versanti

Nella tabella seguente, applicando l'approccio 1 – condizione A2+M2+R2 delle NTC 2008, vengono riportati, partendo dai valori caratteristici precedentemente elencati, i valori di progetto dei parametri geomeccanici di ogni strato considerato:

Materiali	**Valori**	**Ang.attrito (°)**	**Coesione (kPa)**	**Peso di vol. (kN/m^3)**
Riempimento	caratteristici	32,00	10	20,11
	progetto	26,56	8	20,11
Coltre superficiale	caratteristici	29,16	0	20,63
	progetto	24,06	0	20,63
Terra armata	caratteristici	33,00	20,00	20,00
	progetto	27,50	16,00	20,63
Substrato roccioso	caratteristici	41,69	290,15	26,98
	progetto	35,47	232,12	26,98

4. EFFETTI SISMICI

Le verifiche sotto l'effetto delle azioni sismiche vengono eseguite nei confronti dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV) e quindi, con riferimento alla "Relazione geologica", vengono considerati i seguenti parametri:

- Vita nominale 50 anni
- Classe d'uso I
- Coefficiente d'uso 0,7
- Periodo di riferimento 35 anni
- Tempo di ritorno T_r = 332 anni
- Accel. orizzontale max attesa sul sito di riferimento rigido a_g/g = 0,110
- Valore max del fattore di amplificazione dello spettro acc. orizz. F_0 = 2,42
- Categoria del suolo A
- Categoria topografica T4
- Coefficiente di amplificazione topografico S_T = 1,40
- Coefficiente di amplificazione stratigrafico S_S = 1,00
- Coefficiente $S = S_T \times S_S$ S = 1,40
- Accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max} = 1,511 m/s^2
- Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_s = 0,27
- Coefficiente sismico orizzontale k_h = 0,042
- Coefficiente sismico verticale k_v = 0,021

5. VERIFICHE DI STABILITÀ

Le verifiche di stabilità sono state effettuate su molteplici piani di scivolamento che interessano diversi intervalli spaziali investigati di volta in volta dall'analizzatore, fino ad individuare le gli intervalli più gravosi. Per ogni analisi vengono generate migliaia di curve, fino ad ottenere quelle a minor coefficiente di sicurezza.

I coefficienti di sicurezza sono calcolati utilizzando il metodo di Janbu rigoroso.

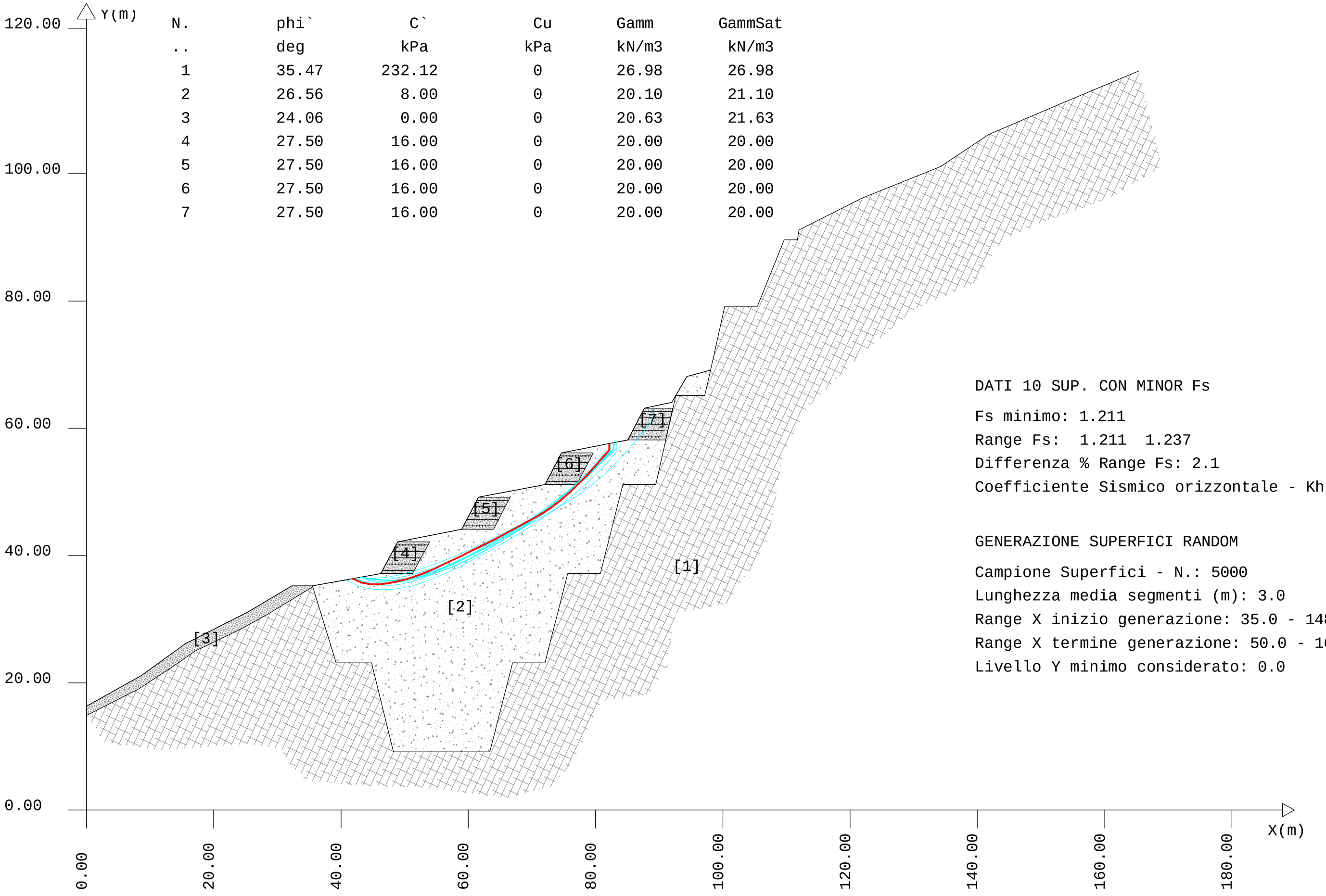
Alla presente relazione vengono allegati i grafici, per ciascuna sezione, relativi alle 10 superfici di scivolamento con coefficiente di sicurezza minimo, nelle condizioni statiche e sismiche.

Nella tabella seguente vengono riassunti, per ciascuna sezione, i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale in condizioni di carico statica e dinamica.

Sezione n.	**FS C.C.: statica**	**FS C.C.: sismica**
2-2	1,211	1,105
5-5	1,247	1,143
6-6	1,257	1,133
7-7	1,251	1,123
9-9	1,269	1,143

Tutte le analisi effettuate hanno fornito un coefficiente di sicurezza FS maggiore di 1,1 (in accordo con quanto richiesto al paragrafo 6.8.2 delle NTC 2008), pertanto la stabilità globale nella configurazione finale (configurazione di fine abbancamento) è verificata.

N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3
1	35.47	232.12	0	26.98	26.98
2	26.56	8.00	0	20.10	21.10
3	24.06	0.00	0	20.63	21.63
4	27.50	16.00	0	20.00	20.00
5	27.50	16.00	0	20.00	20.00
6	27.50	16.00	0	20.00	20.00
7	27.50	16.00	0	20.00	20.00



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo: 1.211

Range Fs: 1.211 1.237

Differenza % Range Fs: 2.1

Coefficiente Sismico orizzontale - Kh:0.000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000

Lunghezza media segmenti (m): 3.0

Range X inizio generazione: 35.0 - 148.8

Range X termine generazione: 50.0 - 162.1

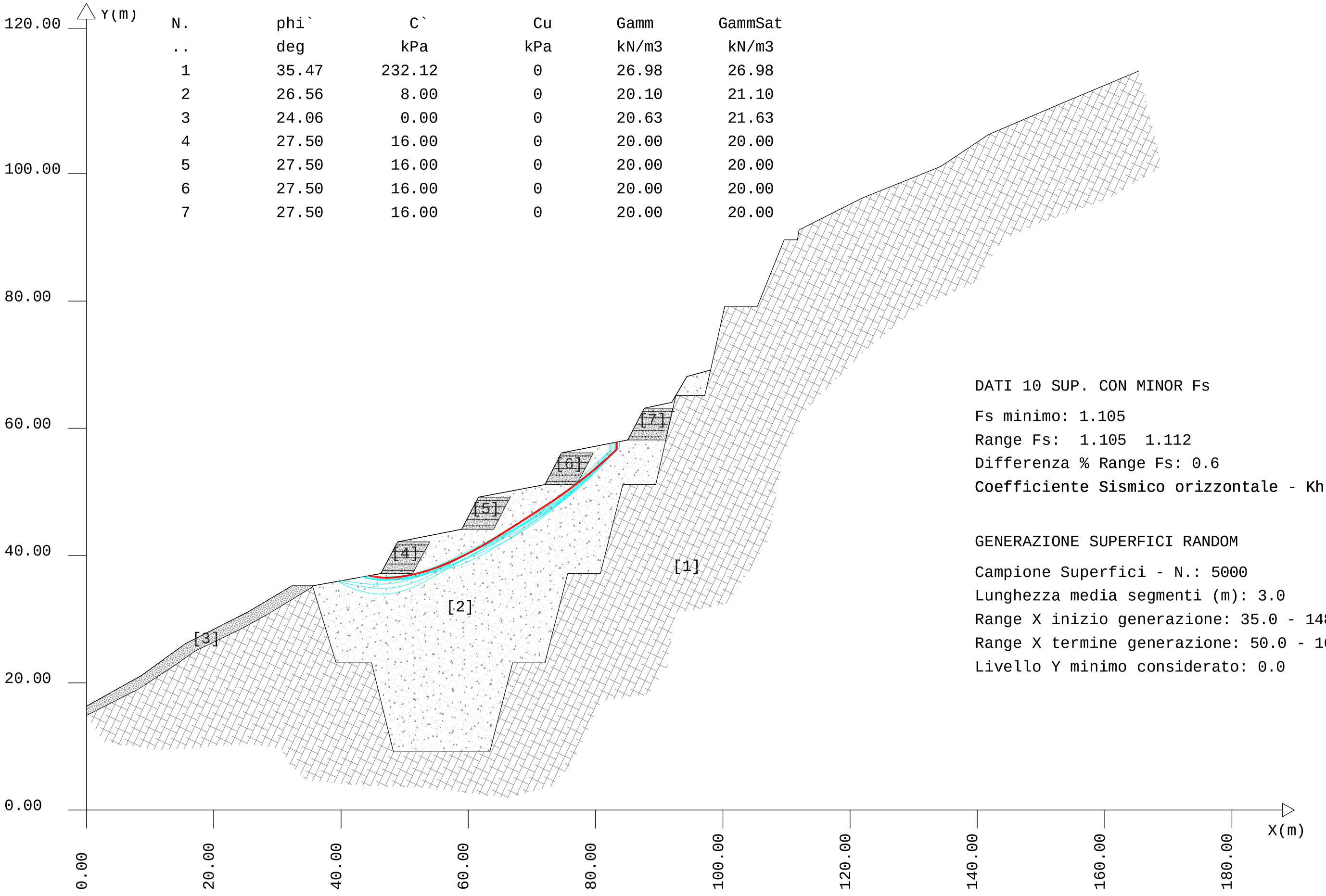
Livello Y minimo considerato: 0.0

Verifiche di stabilità - Cava Costa dei Sergi

Sezione: 2-2

C.C.: Statica

N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3
1	35.47	232.12	0	26.98	26.98
2	26.56	8.00	0	20.10	21.10
3	24.06	0.00	0	20.63	21.63
4	27.50	16.00	0	20.00	20.00
5	27.50	16.00	0	20.00	20.00
6	27.50	16.00	0	20.00	20.00
7	27.50	16.00	0	20.00	20.00



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo: 1.105

Range Fs: 1.105 1.112

Differenza % Range Fs: 0.6

Coefficiente Sismico orizzontale - Kh:0.042

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000

Lunghezza media segmenti (m): 3.0

Range X inizio generazione: 35.0 - 148.8

Range X termine generazione: 50.0 - 162.1

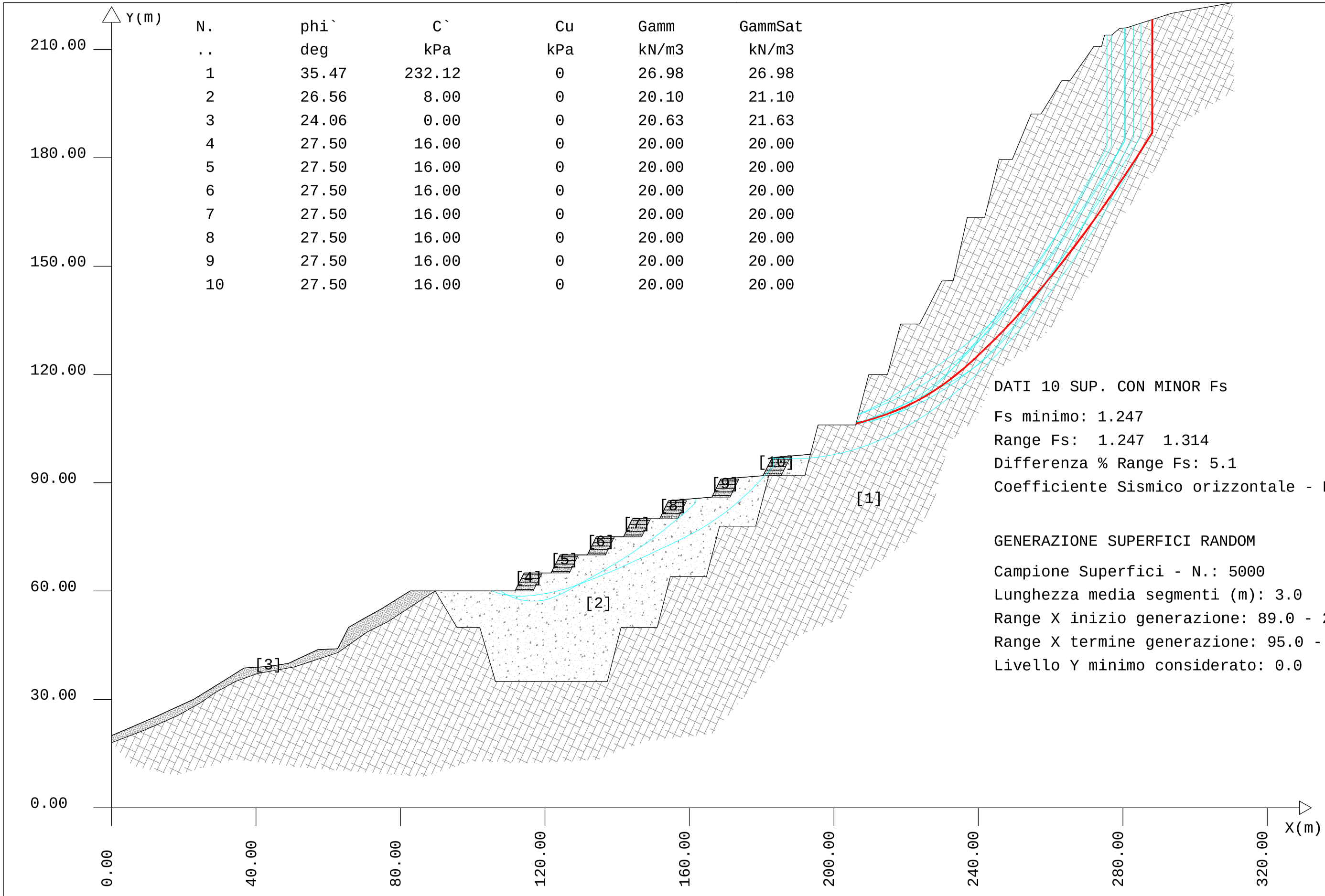
Livello Y minimo considerato: 0.0

Verifiche di stabilità - Cava Costa dei Sergi

Sezione: 2-2

C.C.: Sismica

N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3
1	35.47	232.12	0	26.98	26.98
2	26.56	8.00	0	20.10	21.10
3	24.06	0.00	0	20.63	21.63
4	27.50	16.00	0	20.00	20.00
5	27.50	16.00	0	20.00	20.00
6	27.50	16.00	0	20.00	20.00
7	27.50	16.00	0	20.00	20.00
8	27.50	16.00	0	20.00	20.00
9	27.50	16.00	0	20.00	20.00
10	27.50	16.00	0	20.00	20.00



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo: 1.247
Range Fs: 1.247 1.314
Differenza % Range Fs: 5.1
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh:0.000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

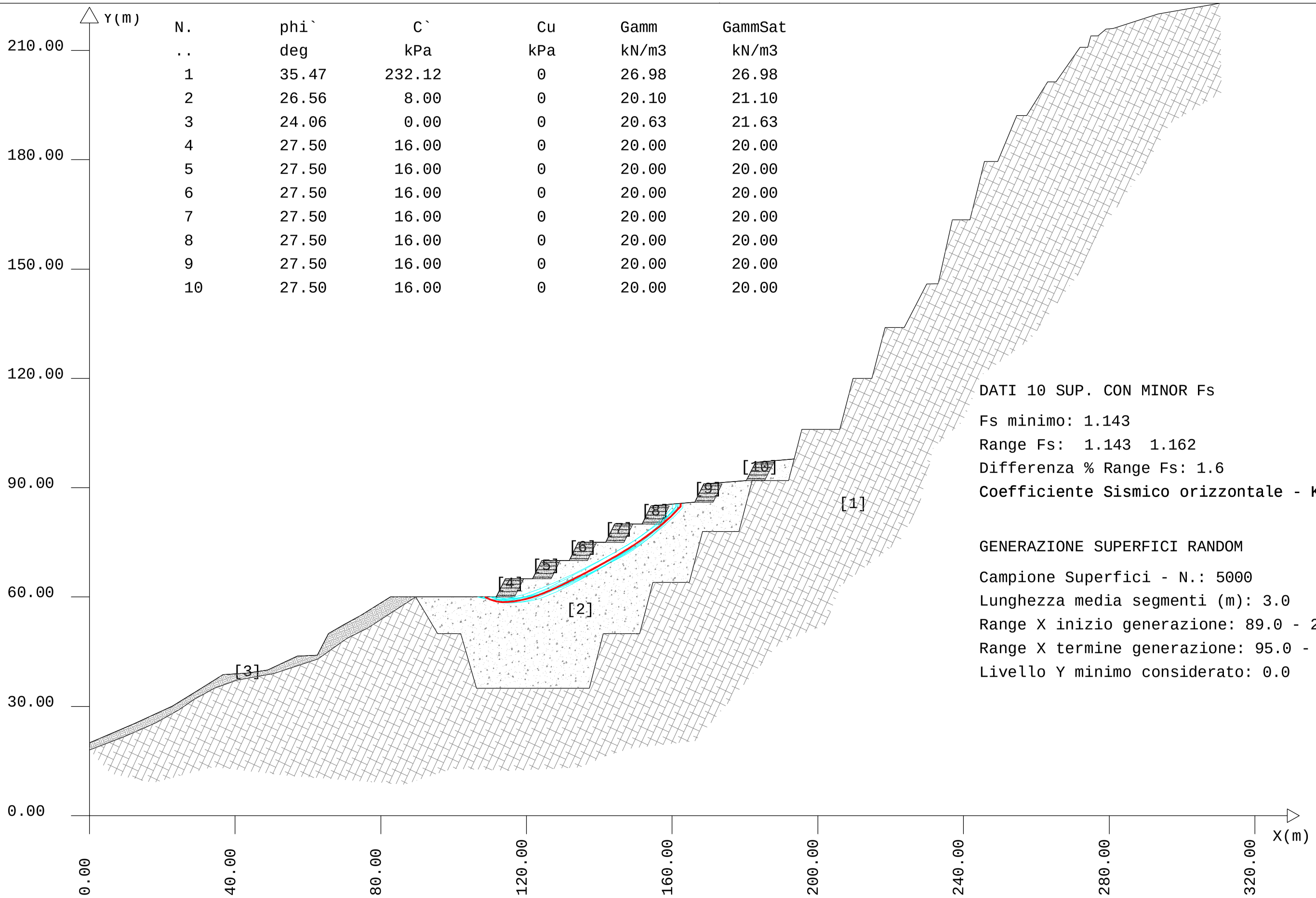
Campione Superfici - N.: 5000
Lunghezza media segmenti (m): 3.0
Range X inizio generazione: 89.0 - 279.4
Range X termine generazione: 95.0 - 304.2
Livello Y minimo considerato: 0.0

Verifiche di stabilità - Cava Costa dei Sergi

Sezione: 5-5

C.C.: Statica

N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3
1	35.47	232.12	0	26.98	26.98
2	26.56	8.00	0	20.10	21.10
3	24.06	0.00	0	20.63	21.63
4	27.50	16.00	0	20.00	20.00
5	27.50	16.00	0	20.00	20.00
6	27.50	16.00	0	20.00	20.00
7	27.50	16.00	0	20.00	20.00
8	27.50	16.00	0	20.00	20.00
9	27.50	16.00	0	20.00	20.00
10	27.50	16.00	0	20.00	20.00



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo: 1.143

Range Fs: 1.143 1.162

Differenza % Range Fs: 1.6

Coefficiente Sismico orizzontale - Kh:0.042

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000

Lunghezza media segmenti (m): 3.0

Range X inizio generazione: 89.0 - 279.4

Range X termine generazione: 95.0 - 304.2

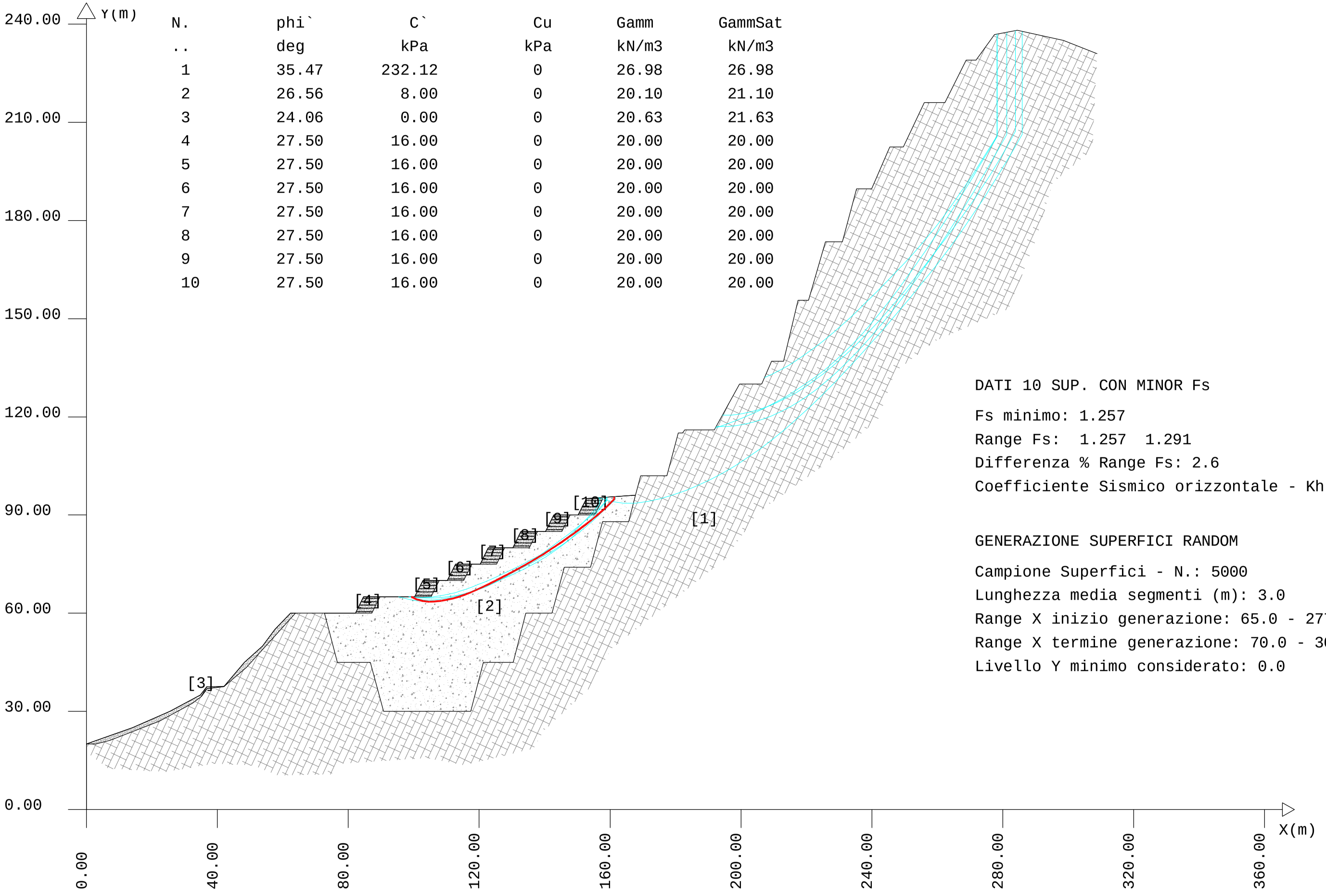
Livello Y minimo considerato: 0.0

Verifiche di stabilità - Cava Costa dei Sergi

Sezione: 5-5

C.C.: Sismica

N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3
1	35.47	232.12	0	26.98	26.98
2	26.56	8.00	0	20.10	21.10
3	24.06	0.00	0	20.63	21.63
4	27.50	16.00	0	20.00	20.00
5	27.50	16.00	0	20.00	20.00
6	27.50	16.00	0	20.00	20.00
7	27.50	16.00	0	20.00	20.00
8	27.50	16.00	0	20.00	20.00
9	27.50	16.00	0	20.00	20.00
10	27.50	16.00	0	20.00	20.00



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo: 1.257

Range Fs: 1.257 1.291

Differenza % Range Fs: 2.6

Coefficiente Sismico orizzontale - Kh:0.000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000

Lunghezza media segmenti (m): 3.0

Range X inizio generazione: 65.0 - 277.9

Range X termine generazione: 70.0 - 302.6

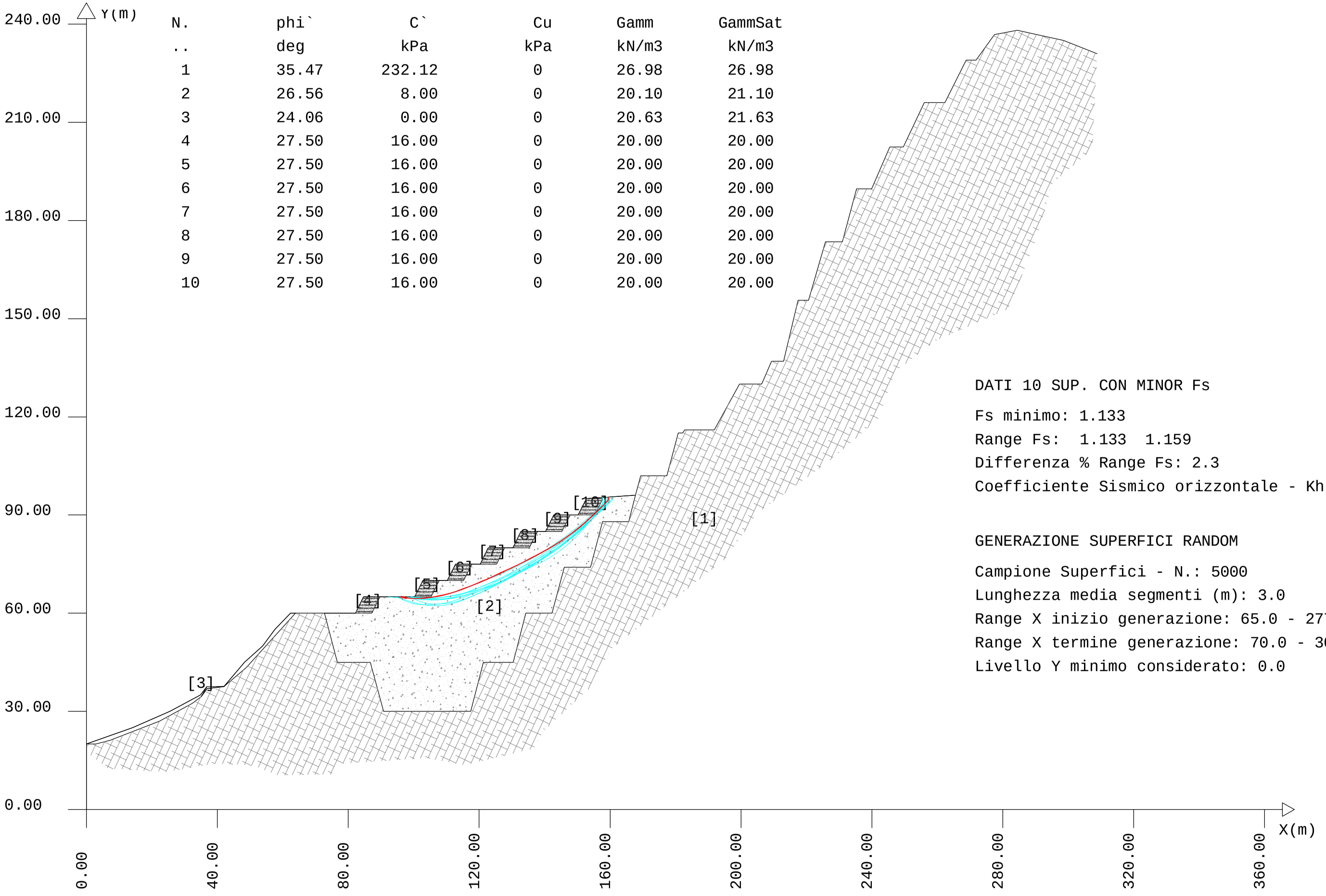
Livello Y minimo considerato: 0.0

Verifiche di stabilità - Cava Costa dei Sergi

Sezione: 6-6

C.C.: Statica

N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3
1	35.47	232.12	0	26.98	26.98
2	26.56	8.00	0	20.10	21.10
3	24.06	0.00	0	20.63	21.63
4	27.50	16.00	0	20.00	20.00
5	27.50	16.00	0	20.00	20.00
6	27.50	16.00	0	20.00	20.00
7	27.50	16.00	0	20.00	20.00
8	27.50	16.00	0	20.00	20.00
9	27.50	16.00	0	20.00	20.00
10	27.50	16.00	0	20.00	20.00



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo: 1.133
Range Fs: 1.133 1.159
Differenza % Range Fs: 2.3
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh:0.042

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

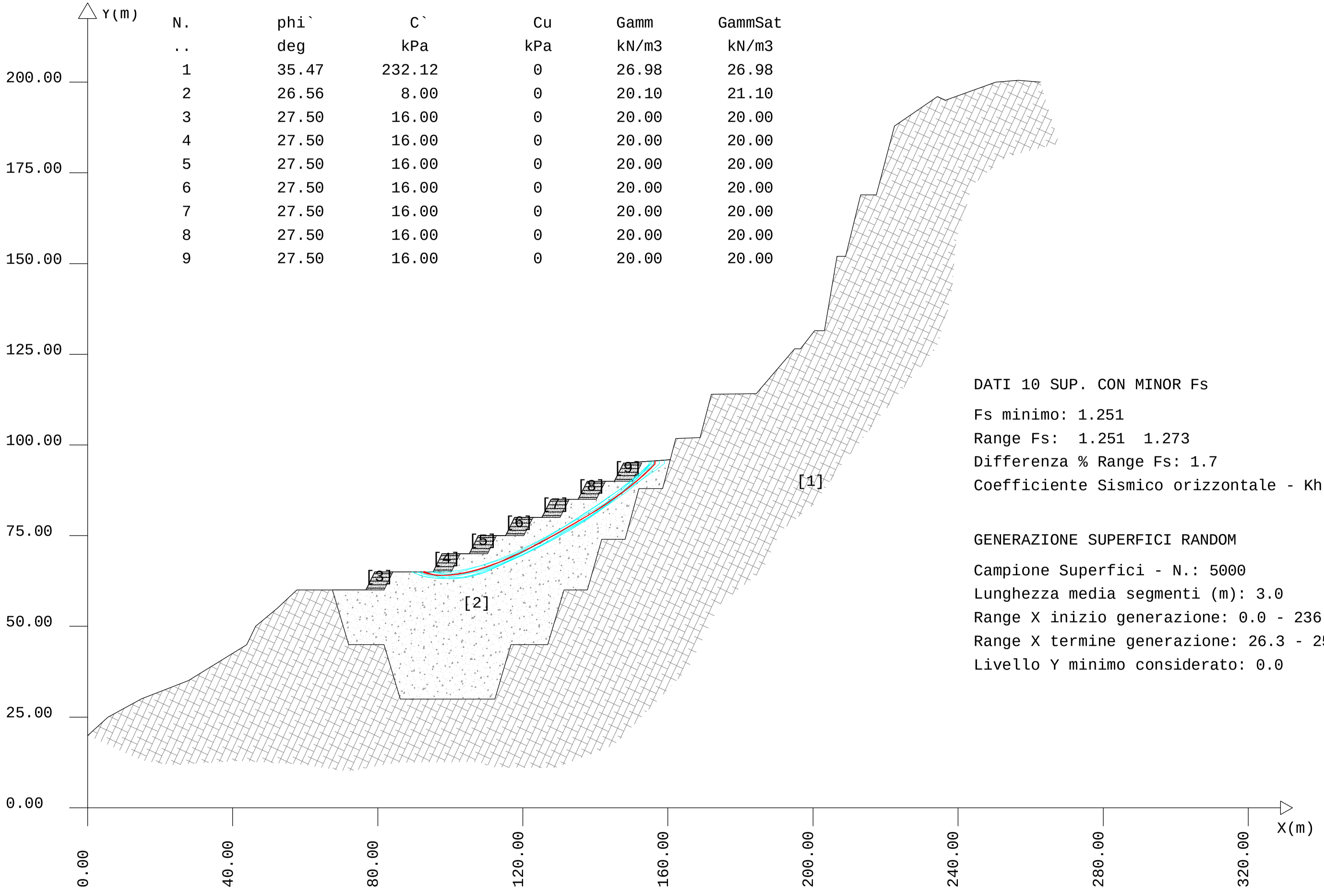
Campione Superfici - N.: 5000
Lunghezza media segmenti (m): 3.0
Range X inizio generazione: 65.0 - 277.9
Range X termine generazione: 70.0 - 302.6
Livello Y minimo considerato: 0.0

Verifiche di stabilità - Cava Costa dei Sergi

Sezione: 6-6

C.C.: Sismica

N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3
1	35.47	232.12	0	26.98	26.98
2	26.56	8.00	0	20.10	21.10
3	27.50	16.00	0	20.00	20.00
4	27.50	16.00	0	20.00	20.00
5	27.50	16.00	0	20.00	20.00
6	27.50	16.00	0	20.00	20.00
7	27.50	16.00	0	20.00	20.00
8	27.50	16.00	0	20.00	20.00
9	27.50	16.00	0	20.00	20.00



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo: 1.251
Range Fs: 1.251 1.273
Differenza % Range Fs: 1.7
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh:0.000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

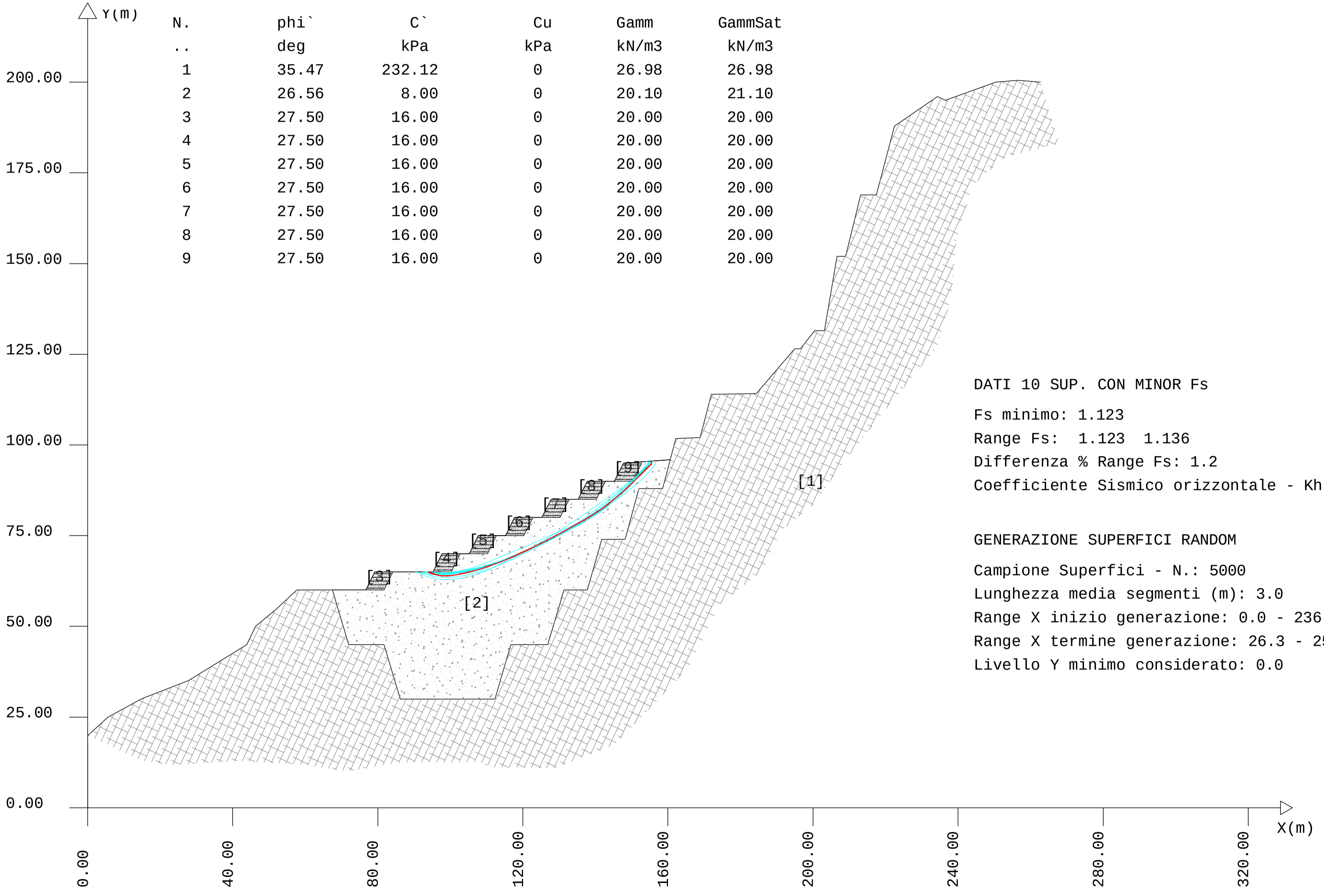
Campione Superfici - N.: 5000
Lunghezza media segmenti (m): 3.0
Range X inizio generazione: 0.0 - 236.4
Range X termine generazione: 26.3 - 257.4
Livello Y minimo considerato: 0.0

Verifiche di stabilità - Cava Costa dei Sergi

Sezione: 7-7

C.C.: Statica

N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3
1	35.47	232.12	0	26.98	26.98
2	26.56	8.00	0	20.10	21.10
3	27.50	16.00	0	20.00	20.00
4	27.50	16.00	0	20.00	20.00
5	27.50	16.00	0	20.00	20.00
6	27.50	16.00	0	20.00	20.00
7	27.50	16.00	0	20.00	20.00
8	27.50	16.00	0	20.00	20.00
9	27.50	16.00	0	20.00	20.00



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo: 1.123
Range Fs: 1.123 1.136
Differenza % Range Fs: 1.2
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh:0.042

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000
Lunghezza media segmenti (m): 3.0
Range X inizio generazione: 0.0 - 236.4
Range X termine generazione: 26.3 - 257.4
Livello Y minimo considerato: 0.0

Verifiche di stabilità - Cava Costa dei Sergi

Sezione: 7-7

C.C.: Sismica

N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3
1	35.47	232.12	0	26.98	26.98
2	26.56	8.00	0	20.10	21.10
3	27.50	16.00	0	20.00	20.00
4	27.50	16.00	0	20.00	20.00
5	27.50	16.00	0	20.00	20.00
6	27.50	16.00	0	20.00	20.00
7	27.50	16.00	0	20.00	20.00
8	27.50	16.00	0	20.00	20.00
9	27.50	16.00	0	20.00	20.00
10	27.50	16.00	0	20.00	20.00

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo: 1.269

Range Fs: 1.269 1.321

Differenza % Range Fs: 3.9

Coefficiente Sismico orizzontale - Kh:0.000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

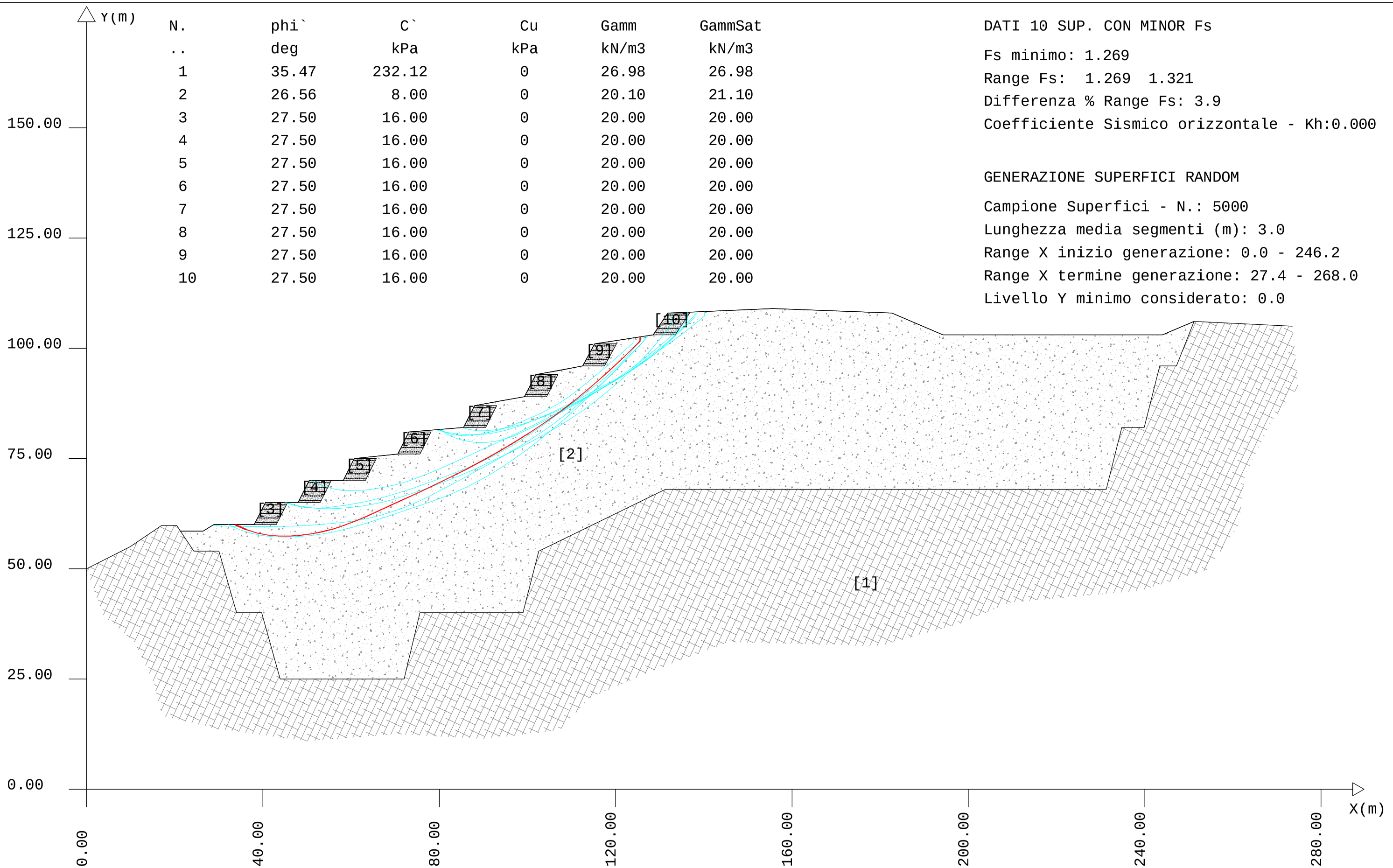
Campione Superfici - N.: 5000

Lunghezza media segmenti (m): 3.0

Range X inizio generazione: 0.0 - 246.2

Range X termine generazione: 27.4 - 268.0

Livello Y minimo considerato: 0.0



Verifiche di stabilità - Cava Costa dei Sergi

Sezione: 9-9

C.C.: Statica

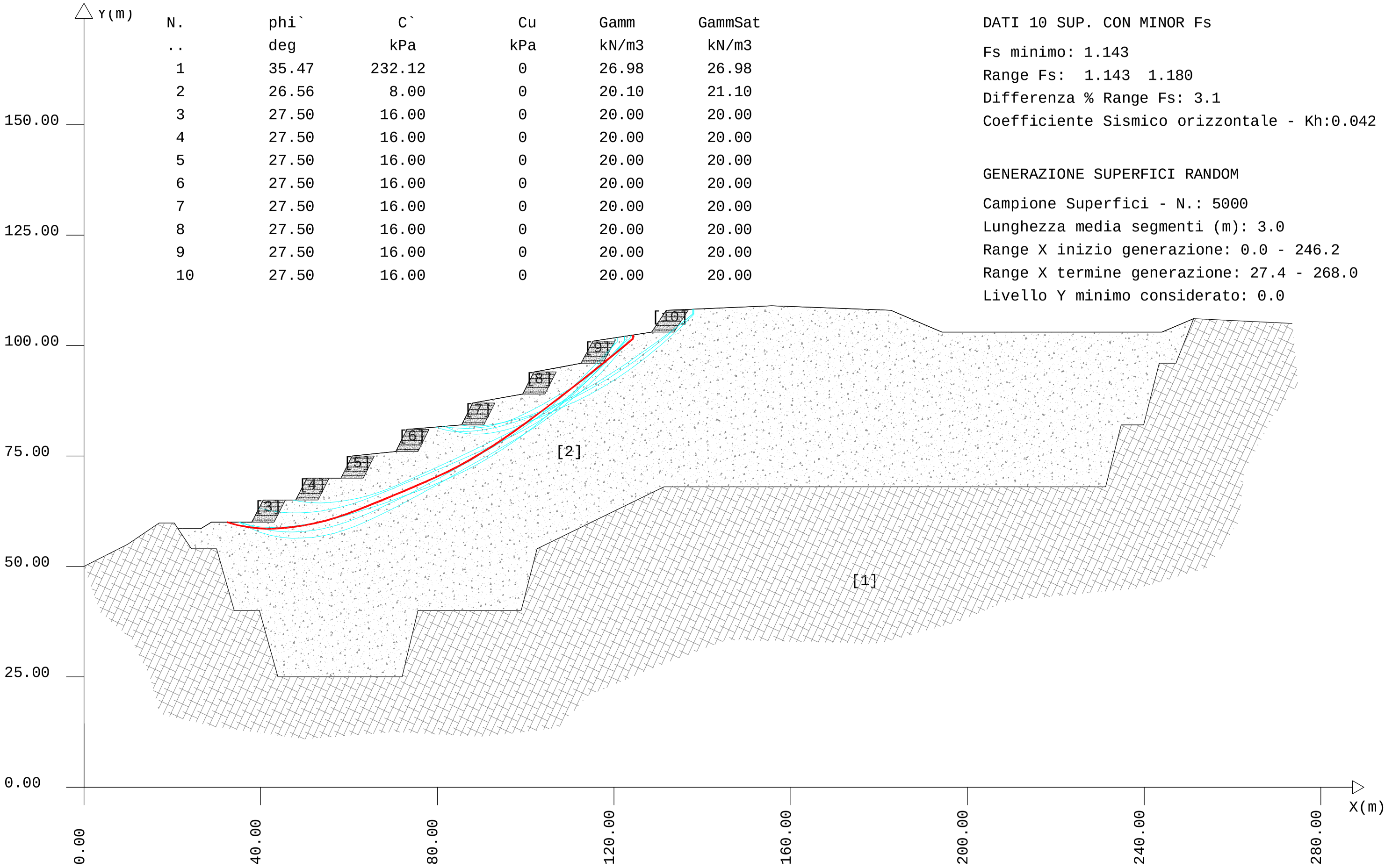
N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3
1	35.47	232.12	0	26.98	26.98
2	26.56	8.00	0	20.10	21.10
3	27.50	16.00	0	20.00	20.00
4	27.50	16.00	0	20.00	20.00
5	27.50	16.00	0	20.00	20.00
6	27.50	16.00	0	20.00	20.00
7	27.50	16.00	0	20.00	20.00
8	27.50	16.00	0	20.00	20.00
9	27.50	16.00	0	20.00	20.00
10	27.50	16.00	0	20.00	20.00

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo: 1.143
Range Fs: 1.143 1.180
Differenza % Range Fs: 3.1
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh:0.042

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000
Lunghezza media segmenti (m): 3.0
Range X inizio generazione: 0.0 - 246.2
Range X termine generazione: 27.4 - 268.0
Livello Y minimo considerato: 0.0



Verifiche di stabilità - Cava Costa dei Sergi

Sezione: 9-9

C.C.: Sismica