Studio Associato di Geologia tecnica e ambientale - 16043 Chiavari (GE)

Committente: **Spett. le Cava San Pietro S.r.l.**
Via San Pietro 129
16035 Rapallo (GENOVA)

Progetto:

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE inerente alla zona A del complesso estrattivo della Cava di Calcare San Pietro di Novella nel Comune di Rapallo

Oggetto elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA



Rif.: CD.12-97_2024_vas
Preparato da: G. Canepa

Data: 06.06.2024
Revisione: 0

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA Tecnica e Ambientale
Via Nino Bixio 22D/4 - 16043 Chiavari (GE)
tel./fax 0185/313910 - e-mail: geotecam@libero.it
ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE - P.IVA n. 01046100994

SOMMARIO

pag.

0. PREMESSE **3**
1. RIFERIMENTI NORMATIVI **4**
2. ANALISI DELLO STATO DI FATTO **6**
2.1 QUADRO DI RIFERIMENTO AUTORIZZATIVO 6
2.2 QUADRO DI RIFERIMENTO MORFOLOGICO **7**
3. PROFILO GEOLOGICO **9**
4. CARATTERISTICHE DEL MATERIALE LAPIDEO **10**
5. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI **11**
6. SCHEMA IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO **12**
7. ELEMENTI DI GEOMECCANICA **14**
7.1 INDICE R.M.R. DI BIENIAWSKI 15
7.2 INDICE G.S.I. DI MARINOS & HOEK 16
8. INDAGINI A MONTE DEL FRONTE DI CAVA **16**
8.1 CAMPAGNA GEOFISICA 17
8.2 ANALISI DI LABORATORIO SULLA COPERTURA SCIOLTA 18
9. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI MEDI DELL'AMMASSO ROCCIOSO **19**
10. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI **20**
11. AZIONE SISMICA **22**
12. VERIFICHE DI STABILITA' DEL PENDIO **24**
13. ANALISI DI STABILITA' DEL RILEVATO **25**
14. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO **28**
14.1 ZONIZZAZIONE 28
14.2 CARATTERIZZAZIONE ZONA A 28
16. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE **29**

ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1- FIGURE E TABELLE

Figura n°	Oggetto
1A	Corografia dell'area
1B	Planimetria stato attuale
2A - 2C	Estratti cartografici dal P.d.B.S. (Ambito 15)
2D	Estratti cartografici PUC geologico
3	Carta geologico-geomorfologica in scala 1:2500
4	Carta geologico-tecnica in scala 1:1000
5A-5B	Sezioni stratigrafiche
6A-6B	Planimetrie del piazzale stato di fatto e di progetto
Tabella n°	**Oggetto**
1	Classificazione geomeccanica di Z.T. Bieniawski
2	Valori GSI indicati per Formazioni tipo Flysch
3	Determinazione dei parametri caratteristici e di progetto copertura sciolta
4	Determinazione dei parametri caratteristici e di progetto a.r. alterato
5	Determinazione dei parametri caratteristici e di progetto a.r.
6	Definizione dei parametri sismici (stabilità generale e fronte di scavo)

ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE

ALLEGATO 3 - ANALISI DI STABILITA' VERSANTE

Figura n°	Oggetto
1-3	Verifiche di stabilità generale

ALLEGATO 4 – ANALISI DI STABILITÀ DEL RILEVATO

Figura n°	Oggetto
1	Planimetria di progetto
2	Sezioni stratigrafiche
3-6	Verifiche di stabilità
Tabella n°	**Oggetto**
1A-1B	Definizione dei parametri sismici

0. PREMESSE

Su incarico della ditta Cava San Pietro S.r.l. con sede a Rapallo (GE), via S. Pietro 129, sono state condotte le indagini geologiche indirizzate a definire le caratteristiche morfologiche del piazzale inferiore dell'area della ex cava, appartenente al complesso estrattivo di calcare denominato San Pietro di Novella, nel Comune di Rapallo.

L'area di cava è attualmente interessata dal progetto di riutilizzo dell'intero complesso estrattivo approvato con determina n. 287 del 26.03.2018 dell'U.T.C. Pip 7 – Gestione del Territorio (*determina di conclusione del procedimento di Conferenza dei Servizi relativa al "progetto di riutilizzo sito di cava – ai sensi dell'art. 17 ter della L.R. 5 aprile 2012 n. 12 – relativa alla "Cava San Pietro di Novella" in via San Pietro 129"*).

L'intervento è individuabile nella C.T.R. Elemento n. 231033 S. Maria del Campo il cui stralcio è allegato alla presente (ALL.1-FIGURA 1).

Come si evince dalla cartografia allegata l'area, nello stato di fatto riferibile al 2017, è stata suddivisa in alcune sottounità differenziate in termini di dimensioni, ubicazione e fruibilità (ALL.1-FIGURA 1B). Relativamente alle zone in cui si intende attuare gli interventi specifici, sono state distinti due comparti:

Nella zona A è stata individuata un'area di dimensioni ridotte, ubicata all'estremità di valle del piazzale di cava in cui sono già presenti strutture non strettamente connesse all'attività estrattiva, che è volontà della Ditta di mantenere in esercizio. In quest'area è previsto sia lo stoccaggio temporaneo del fresato sia l'accumulo di rifiuti inerti, da sottoporre a caratterizzazione analitica. Tale comparto è quello interessato direttamente dal processo in corso.

Nella zona B sono stati ricompresi la restante porzione di piazzale e l'intero fronte di cava che sono destinati all'abbancamento di inerti ai fini di una ricomposizione ambientale e successivo impianto di idonee specie vegetali, con interessamento di una significativa porzione delle pareti rocciose non ancora inerbite. Tale ambito è escluso dalla VAS.

Il presente studio è motivato pertanto dalla necessità di avviare il procedimento di Verifica di Assoggettabilità a V.I.A. (di seguito VAS) per il riutilizzo del piazzale inferiore, attualmente destinato ad impianto di bitumazione.

L'attività risulta già in essere ed è autorizzata con AUA 1912/2018 rilasciata da Città Metropolitana di Genova: per quanto riguarda quindi le operazioni svolte sui rifiuti, si fa riferimento al DM 05/02/1998, mentre al fine della qualifica di rifiuto relativamente al fresato di asfalto occorre riferirsi al DM 28 marzo 2018, n. 69.

Le attività condotte sono quindi su rifiuti non pericolosi avviati a recupero – R13, R10, R5 – per quantitativi superiori alle 10 ton/giorno: le prime due, R13 ed R10, non sono soggette a verifica di assoggettabilità a VIA, mentre lo è la terza, R5, in quanto ricade tra le attività di cui all'allegato IV, punto 7, lett. z.b).

Come ricordato in precedenza l'attività di ricomposizione ambientale di tutto il settore sovrastante, in fase di ricomposizione ambientale, non ricade nella verifica di assoggettabilità a VIA, come da nota di Regione Liguria del 10/08/2018.

Si precisa che, rispetto alla situazione attuale, sono previste modifiche sostanziali per quanto riguarda i quantitativi di rifiuti recuperati giornalmente e annualmente (escluse le attività di R10 che restano invariate).

I rifiuti recuperati (tipologie e CER) saranno sempre gli stessi.

In considerazione dell'incidenza dell'intervento sui terreni e delle condizioni generali della zona, le metodologie d'indagine adottate hanno previsto:

- ricognizione preliminare necessaria per prendere visione dello stato dei luoghi e la loro evoluzione nel tempo e raccogliere tutta la documentazione occorrente;
- valutazione dei contenuti del progetto di riutilizzo approvato con Determina n. 287 del 236.03.2018;
- esame di dettaglio del terreno al fine di accertare lo stato di fatto ed eventuali variazioni nelle condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche rispetto a quanto constatato nel tempo;
- verifica dei dati di carattere geologico-strutturale precedentemente raccolti sull'ammasso roccioso, in particolare dei parametri indicati nella classificazione geomeccanica, e dei dati di carattere geofisico e geotecnico raccolti nelle varie fasi di studio;
- rielaborazione di quanto emerso dalle indagini e redazione della relazione riassuntiva delle indagini svolte con espressione del giudizio di fattibilità in merito alla procedura di VAS.

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Le presenti indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle normative vigenti a livello nazionale e regionale ed in particolare:

A. attività di cava

In considerazione della tipologia progettuale, si è provveduto a verificare il rispetto delle disposizioni contenute nell'articolato normativo relativo alla presentazione di progetti di recupero ambientale e in particolare:

- L.R. n.12 del 05.04.2012 e s. m.i. "*Testo unico sulla disciplina dell'attività estrattiva"*

- D.G.R. n. 141 del 05.02.2010 e s.m.i. *"Modifiche alle linee guida per la progettazione, gestione e risanamento ambientale delle attività estrattive a cielo aperto e in sotterraneo e opere connesse di cui alla D.G.R. n. 141/2008"*
- *"Linee guida per la progettazione, gestione e risanamento ambientale delle attività estrattive a cielo aperto e in sotterraneo e opere connesse":* Testo coordinato degli allegati alle D.G.R.141/2008, 141/210, 431/2015.

B. norme tecniche

Le presenti indagini sono redatte in conformità alle normative vigenti, e in particolare al D.M. Infrastrutture 17.01.2018 "*Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*" e relativa circolare applicativa n. 7 del 21.01.2019 *"Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018"*.

C. norme di pianificazione del territorio

Per quanto concerne il Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico (Ambito 15 – *T. Boate*) approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 67 del 12/12/2002, ultima modifica D.G.P. n. 124 del 22/09/2014 si evidenziano i seguenti contenuti:

- la carta della rete idrografica segnala nella zona d'interesse corsi d'acqua di rilevanza idraulica ed in particolare il T. Foggia che scorre al piede del complesso estrattivo ed il Rio dell'Acqua Fredda che si sviluppa a NW del fronte dell'ex cava (ALL.1-FIGURA 2A); la configurazione è totalmente coincidente con quella del reticolo Idrografico Regionale;
- la carta della franosità reale (ALL.1-FIGURA 2B) indica per la zona di versante sovrastante l'area della ex cava la presenza di una frana attiva per scorrimento o scivolamento; in tutta l'area dell'ex complesso estrattivo sono indicati fenomeni di ruscellamento diffuso: occorre tenere in considerazione tuttavia che nel settore sommitale del fronte è già stato realizzato un diffuso sistema di intercettazione e smaltimento delle acque superficiali e che il progetto di ricomposizione ambientale in atto, oltre a determinare una stabilizzazione del vecchio fronte, prevede un efficace sistema di regimazione delle acque in corrispondenza del rilevato e del piazzale residuo sottostante
- per l'area di stretto intervento la carta della suscettività al dissesto (ALL.1-FIGURA 2C) classifica il territorio all'interno delle classi speciali di tipo B1 (cave inattive e miniere abbandonate);
- analoga classificazione riporta la carta pericolosità da dissesti di natura geomorfologica del P.A.I. (Piano vigente dal 08.04.2024): l'ex complesso estrattivo presenta il soprassegno delle aree speciali di Tipo B1, confermando i contenuti del P.d.B.; il piazzale, relativamente

alle classi di pericolosità in cui è sottozonata l'area speciale, rientra in parte in P2b (media propensione al dissesto) e, in parte, in classe P1 (moderata propensione al dissesto);

- la carta del rischio geologico classifica il territorio all'interno dell'ex complesso estrattivo nella classe a rischio lieve o trascurabile (R0) mentre il contesto boschivo a monte è classificato a rischio moderato (R1);
- il sito di interesse ricade nelle aree soggette al regime del vincolo idrogeologico, ai sensi del R.D. 30.12.1923 n. 3267 e della L.R. n. 4 del 22.01.1999, così come confermato dalla variante sostanziale del Piano di bacino approvata con D.C.P. n.55 del 09.11.2011.

Come indicato nelle norme del Piano, art. 16bis comma 3, nelle aree definite come classi speciali di tipo B1" *qualora siano comprese aree classificate ad elevata e/o molto elevata suscettività al dissesto (Pg4, Pg3a, Pg3b), la realizzazione di qualsiasi intervento, ancorché ubicato al di fuori delle zone ad elevata e/o molto elevata suscettività, è subordinata all'attuazione di opere finalizzate alla messa in sicurezza dell'area sede del nuovo intervento".* Nello specifico il piano di riutilizzo in corso di realizzazione è finalizzato alla messa in sicurezza dell'ex fronte di cava e quindi determina situazioni favorevoli per la prosecuzione delle attività in essere sul piazzale residuo sottostante la zona di abbancamento.

Per quanto concerne il Piano Urbanistico Comunale (PUC) (ALL.1-FIGURA 2D) la *carta della suscettività d'uso geologica* classifica l'intera area di studio nelle Classi speciali di tipo B1, Cave inattive e miniere abbandonate come da P.d.B (Art. 16 bis c.2)

Per quanto concerne il P.T.C.P. il sito è inquadrabile come segue:

Assetto Insediativo: porzione inferiore del fronte e piazzale ID-MO-A insediamento diffuso modificabilità di tipo A, porzione superiore del fronte ANI-MA area non insediata mantenimento.

2. ANALISI DELLO STATO DI FATTO

2.1. QUADRO DI RIFERIMENTO AUTORIZZATIVO

Nel Piano territoriale regionale per le Attività di Cava (P.T.R.A.C.) preparato ai sensi della L.R. 30 dicembre 1993 n. 63, il polo estrattivo era classificato con la scheda n. 96 (Sigla: GE 32) con regime normativo di tipo C.

La tipologia del materiale è "calcare utilizzato per la produzione di inerti per usi edili e stradali, sabbia, ghiaia e pietrisco" e il sistema di coltivazione "a cielo aperto".

L'iter autorizzativo della cava facente capo alla precedente concessionaria Ditta Daneri & Garibotti S.n.c. si è sviluppato attraverso le seguenti delibere:

- D.P.G.R. n° 7225 del 29.12.1987 Piano di Coltivazione della Cava di calcare S. Pietro di Novella.
- D.P.G.R. n° 985 del 02.09.1999 Variante al Programma di Coltivazione della Cava di calcare S. Pietro di Novella.

I contenuti del progetto di bonifica autorizzato con D.P.G.R. n° 985 del 02.09.1999 non si sono concretizzati in opere di sistemazione definitiva e successivamente la cava è stata stralciata dal P.T.R.A.C. con D.G.R. n.7 del 27.02.2008.

- Determina di conclusione del procedimento di Conferenza dei Servizi relativa al "*progetto di riutilizzo sito di cava – ai sensi dell'art. 17 ter della L.R. 5 aprile 2012 n. 12 – relativa alla "Cava San Pietro di Novella" in via San Pietro 129*"

La ditta titolare, Cava San Pietro S.r.l. ha la piena disponibilità di tutti i mappali interni al complesso estrattivo (n° 617, 50, 202, 258, 259, 268, 201, 52, 257 e 51 del Foglio 19 del N.C.T. del Comune di Rapallo), come da comunicazione inviata dalla Ditta stessa alla R.L. Servizio Attività Estrattive in data 26/03/2009.

2.2. QUADRO DI RIFERIMENTO MORFOLOGICO

Il complesso estrattivo è costituito da un piazzale a quota media 60 m s.l.m. e da un fronte di cava che si sviluppa fra le quote 60 e 150 m s.l.m.

Il piazzale impostato originariamente su diversi livelli per la presenza di materiale detritico a granulometria eterogenea, derivato dal pregresso abbattimento dei fronti rocciosi, attualmente è in fase di sistemazione attraverso l'innalzamento progressivi del rilevato, contenuto al piede da una bastionatura in massi.

Nel settore nord-occidentale, a circa 20 m dal piede del fronte di cava, è ancora parzialmente presente, prima di essere completamente inglobato nel processo di abbancamento, un terrapieno artificiale realizzato a suo tempo con lo scopo di presidiare il piazzale da eventuali crolli di masse rocciose provenienti dalle porzioni di fronte sovrastanti.

Fra il terrapieno e il piede del versante il terreno era stato ribassato per realizzare un vallo di sicurezza in cui possano essere intercettati e raccolti eventuali materiali provenienti dal fronte.

Il fronte roccioso ha un andamento irregolare, parzialmente gradonato: i piani di lavoro sono collegati da rampe (ALL.1-FIGURA 4). Le scarpate di raccordo sono molto acclivi e interessate da

roccia denudata, mentre alcune sacche di detrito, interposte ai piani stessi, sono state interessate dalla crescita di vegetazione spontanea di tipo arbustivo.

La parte basale del fronte è subverticale e presenta altezze variabili da 40 m fino a 60 m nell'estremo settore SE. A monte del ciglio superiore, oltre la quota media 150 m s.l.m., è attecchita una vegetazione molto folta, sia arborea sia arbustiva che, di fatto, ha permesso un significativo consolidamento dei terreni sciolti presenti a monte del ciglio, dove si sviluppa la porzione terminale della rampa di accesso.

Sotto il profilo vegetazionale si può affermare che a distanza di anni dall'interruzione dell'attività, siano presenti segni inequivocabili di colonizzazione spontanea con vegetazione autoctona, che testimoniano un recupero ambientale in atto in tutta l'area con rilevante riduzione dell'impatto visivo del sito.

La presenza sporadica di acqua, l'accumulo di materiali terrosi e una limitata insolazione (la cava, pur essendo esposta a sudest, è localizzata in una valle piuttosto incassata e risulta schermata, a sud, da un tratto di versante a forte pendenza) hanno determinato condizioni favorevoli allo sviluppo di vegetazione arbustiva ed arborea igrofila (ampie macchie di ontano), composta da specie pioniere ad accrescimento piuttosto rapido (ontani, salici, frassini, ecc.).

L'intero perimetro esterno al fronte di cava è stato colonizzato da vegetazione arborea ed arbustiva, che ha interessato anche alcuni accumuli terrosi presenti al piede della parete in roccia e sui piazzali inferiori, e infine su estesi settori del fronte di cava (in corrispondenza di vecchie piste, porzioni di gradoni, ecc.).

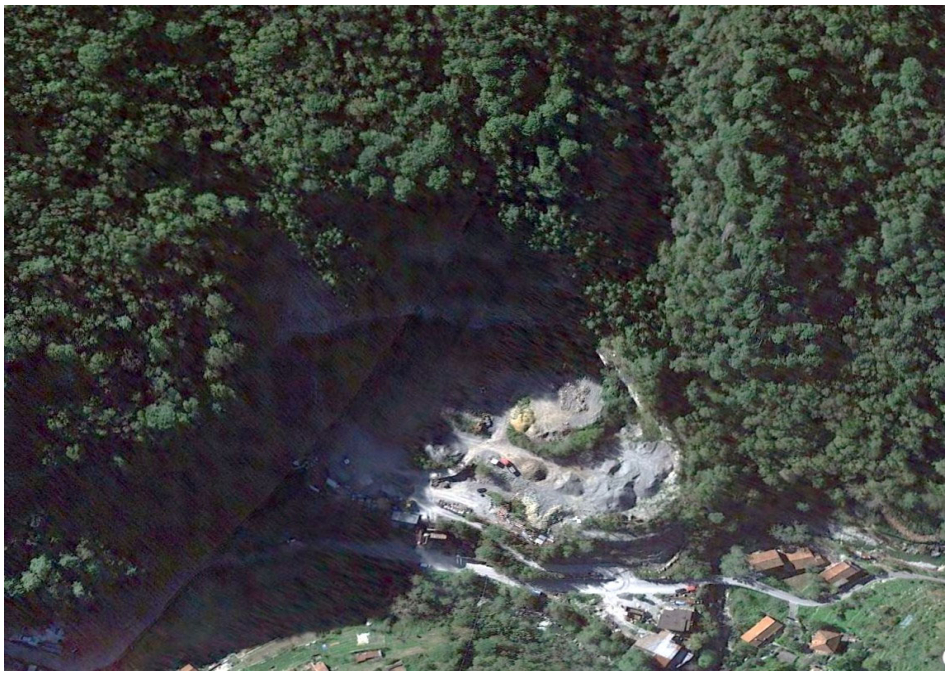


Foto 1: panoramica del complesso estrattivo ante interventi di ricomposizione

La Zona A presenta una morfologia pianeggiante ed è presidiata sul lato monte da una bastionatura in massi che costituisce altresì il piede del rilevato in fase di realizzazione.

Le modalità di abbancamento controllato, associato a processi di compattazione, il controllo delle acque nel settore di monte e all'interno del rilevato, nonché la struttura di contenimento al piede determinano condizioni ottimali per la fruibilità della porzione residua del piazzale.



Foto 2: settore di passaggio dal piazzale Zona A al rilevato Zona B

3. PROFILO GEOLOGICO

Il substrato roccioso che interessa l'area in oggetto appartiene alla Formazione dei Calcari di M. Antola, caratterizzati da sequenze ritmiche di calcari marnosi e marne calcaree, con intercalazioni di arenarie fini e di argilliti, di colore grigio scuro (ALL.1-FIGURA 3).

Tale successione costituisce un ammasso roccioso "complesso", classificabile nell'ambito delle cosiddette "rocce deboli", poiché nella sequenza stratigrafica sono rappresentati materiali a comportamento geomeccanico (e di suscettività all'alterazione o degradazione) molto differente.

In particolare, le argilliti, tenere e facilmente sfaldabili in scaglie e degradabili in terreno sciolto di natura argillosa, intercalate ai livelli di calcare marnoso, tenaci e compatti, costituiscono un orizzonte fragile. L'esame del fronte esposto mette tuttavia in chiara evidenza il fatto che tali orizzonti sono percentualmente poco significativi o irrilevanti nell'ambito del complesso roccioso.

L’assetto strutturale presenta, nella parte basale del versante, un’immersione complessiva verso SSW, ed inclinazione oscillante tra 35° e 45°: il giunto di stratificazione risulta a reggipoggio nel settore adiacente al rio Acque Fredde e a traverpoggio con tendenza a reggipoggio nella porzione preponderante del fronte.

Oltre all'assetto strutturale generale, complessivamente “favorevole”, emerge la presenza di almeno due sistemi di discontinuità principale che, uniti al giunto di strato, comportano localmente una fratturazione dell’ammasso roccioso in prismi lapidei di volumetria variabile ma generalmente inferiore a 0,5 m^3.

Il colore della formazione lapidea, da grigio chiaro a grigio scuro in condizioni normali, mostra invece localmente tonalità da marrone a giallo ocra, correlabili a una decalcificazione dei litotipi carbonatici in presenza di una circolazione idrica ipogea localizzata.

Al fine di consentire l'immediata comprensione dell’assetto strutturale del pendio sono state elaborate, già nel corso degli studi precedenti, tre sezioni in scala 1: 2000 nel tratto di versante compreso fra la displuviale a quota media 300 m s.l.m. presente a SW del fronte di cava e l'asse del T. Foggia la cui traccia è riportata in cartografia (ALL.1-FIGURA 1).

Le tre sezioni (ALL.1-FIGURA 5A) sono state utilizzate come base geologica per operare tre verifiche di stabilità globale del versante (ALL.3-FIGURE 1-3; sez. 1-1, 2-2, 3-3).

Parimenti sono state preparate tre sezioni geologiche interpretative in scala 1:1500 relativamente al fronte di cava, utilizzando le tracce delle sezioni AA-BB-CC rappresentative dello stato precedente la fase di ricomposizione (ALL.1-FIGURA 5B) la cui traccia è riportata sulla Carta geologico tecnica (ALL.1-FIGURA 4).

4. CARATTERISTICHE DEL MATERIALE LAPIDEO

L'area ove è ubicato il complesso estrattivo è inserita nel vasto affioramento della formazione dei Calcari di Monte Antola che occupa una estesa porzione di territorio compreso fra il settore occidentale del Comune di Chiavari e il settore orientale del comune di Genova ed in particolare dall'asse del T. Rupinaro all'asse del T. Bisagno ed oltre fino alla zona della ”Lanterna”.

I materiali soggetti in passato a sfruttamento sono sequenze di calcari con contenuto variabile nella percentuale di argilla e carbonato di calcio, che determinano una variazione di litotipi oscillante fra i calcari marnosi e le marne calcaree, accoppiati in sequenza ripetuta con calcari arenacei. Come interstrati si incontrano localmente livelli di argilliti emipelagiche nere di spessore da millimetrico a plurimillimetrico.

Le caratteristiche fisico-meccaniche e petrografico-applicative dei litotipi più ricorrenti sono state ricostruite sulla base di riferimenti bibliografici ed in particolare sulla scorta di analisi e prove di laboratorio su campioni di calcari, prelevati in alcuni sondaggi eseguiti nel corso di lavori di ingegneria civile, in aree ove l'ammasso roccioso precedentemente descritto è particolarmente

rappresentativo; in particolare i dati bibliografici si riferiscono a prove di laboratorio realizzate su 21 campioni di roccia, finalizzate alla determinazione sperimentale della resistenza a compressione monoassiale del substrato roccioso.

Le prove di laboratorio sono consistite nella determinazione dell'indice di point load eseguito su spezzoni di roccia di varia forma mediante due piastre sagomate a cono e terminanti con una punta sferica.

Il valore degli indici desunti dalle prove indica una limitata anisotropia della matrice roccia: in particolare, l'indice di carico puntuale mostra un campo valori compreso tra 4.44 MPa e 7.97 MPa per i campioni sottoposti a test assiale e tra 2.52 MPa e 6.45 MPa per i test diametrali.

Il valore della resistenza alla compressione monoassiale è stato determinato sulla base delle correlazioni sperimentali esistenti con l'indice di resistenza puntuale ottenuto dalle prove PLT eseguite in laboratorio.

Il valore medio della **resistenza alla compressione monoassiale (σ_c) risulta, pertanto, compreso tra 45 MPa (prova diametrale) e 55 MPa (prova assiale),** ed è stato utilizzato per dedurre il punteggio parziale nella classificazione di Bieniawski.

5. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista morfologico il versante che declina dalla Croce di Spotà fino al ponte sul T. Foggia presenta lunghezza sul piano orizzontale di circa 600 m, altezza del rilievo di poco superiore a 400 m ed acclività elevata, sempre superiore al 50%, fatta ovviamente eccezione per le pareti di cava, che presentano un profilo di taglio subverticale in parte attenuato dalla sistemazione a gradoni, e per i fronti rocciosi aggettanti lungo la comunale per S. Andrea di Foggia.

L'azione erosiva da parte dell'acqua comporta una marcata incisione alla base del versante, in orografica destra del T. Foggia in località Viola.

Dal punto di vista antropico, il territorio ha subito la prima modificazione con la creazione della strada comunale, che dalla frazione di San Pietro di Novella conduce al nucleo di S. Andrea di Foggia.

Questa, fino all'immediato dopoguerra, seguiva interamente il corso del T. Foggia, fino ad incrociare lo stesso, all'altezza della località Viola, sfruttando l'assetto naturale costituito dai depositi pianeggianti di natura fluviale.

La necessità intervenuta successivamente di allargare la suddetta via, ha comportato la parziale rettifica della strada comunale anche nel tratto antistante il complesso estrattivo.

I movimenti di terreno conseguenti si sono articolati con un primo taglio della base del pendio, secondo un profilo sub-verticale, la cui stabilità era garantita dalla tenacità e compattezza dei banchi rocciosi costituenti l'ossatura litologica del versante.

La successiva evoluzione morfologica si è resa necessaria al fine di garantire l'accesso al piazzale di lavorazione agli automezzi pesanti, realizzando una pista di risalita. L'inserimento di questa strada nella topografia del pendio ha comportato un profilo di taglio del versante, parzialmente sovrapposto a quello realizzato in precedenza, sempre coinvolgendo per intero il substrato roccioso.

Anche nell'ambito del complesso estrattivo la necessità di raggiungere quote più elevate per la coltivazione e l'estrazione dei materiali lapidei ha determinato l'apertura di vie d'accesso ai mezzi meccanici.

L'inserimento delle piste di arroccamento nel profilo del pendio ha reso necessario uno sbancamento con limitati fronti di scavo sul lato monte e la limitata posa di riporti sul margine di valle, in pochi settori ben localizzati.

Lungo il fronte si succedono pareti rocciose sub-verticali, in cui il substrato roccioso assume diversi gradi di alterazione, interrotte nella loro continuità da gradoni residui di lavorazione e da piste di collegamento fra i vari piani.

6. SCHEMA IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

Lo schema dei deflussi superficiali nell'area d'intervento fa riferimento a due colatori tributari in orografica destra del T. Foggia, denominati Rio dell'Acqua Fredda e Rio di Costa Raino, che costituiscono grossolanamente i confini dell'area estrattiva.

L'andamento dei suddetti corrivi, in funzione della presenza delle lineazioni tettoniche che interessano il comparto di riferimento, si presenta pressoché rettilineo.

In regime di normale piovosità nei colatori si notano portate assai ridotte, in funzione della limitata superficie del bacino sotteso.

In conseguenza dello stato di fratturazione del basamento roccioso, che deriva sia da cause naturali (deformazioni tettoniche) sia da eventi antropici (attività estrattiva), estremamente variabile da settore a settore, è possibile che, durante periodi piovosi particolarmente prolungati, l'area sia oggetto di locale circolazione idrica subsuperficiale: si può ipotizzare, infatti, che l'acqua si concentri nelle zone più sollecitate dal punto di vista tettonico, circolando in funzione della geometria dei giunti caratteristici del basamento lapideo.

Lo schema di disciplinamento delle acque proposto negli elaborati del progetto di riutilizzo è stato messo in opera in modo tale da raccogliere i deflussi a partire dal settore sommitale della cava e, conseguentemente, regolamentare il flusso delle stesse lungo le piste e lungo i gradoni fino allo smaltimento nelle vie di deflusso naturale.





Foto 3 e 4: canalette di convogliamento delle acque verso il Rio dell'Acqua Fredda lato NW





Foto 5 e 6: canalette di convogliamento delle acque verso il Rio lato SE

Il sistema di smaltimento delle acque è stato avviato anche nel piazzale inferiore, oggetto della presente disamina, attraverso la posa in opera di un canale in semitubi di tipo finsider che corre parallelo alla bastionatura basale in massi.



Foto 7: Canaletta di raccolta al piede della bastionatura

7. ELEMENTI DI GEOMECCANICA

Al fine di fornire una classificazione in termini di qualità delle litologie precedentemente descritte sono stati eseguiti alcuni rilevamenti strutturali lungo il fronte di cava.

Nel dettaglio sono state eseguite n. 4 stazioni geomeccaniche dove sono state misurate le giaciture dei piani di discontinuità principali: in particolare in tutti i rilevamenti eseguiti, oltre alla superficie di stratificazione (St) sono stati individuati due principali set di discontinuità (K_1 - K_2); tutte le famiglie di discontinuità sono caratterizzate da una dispersione contenuta entro i 20-30°.

L'assetto giaciturale medio di ciascuna famiglia è riportato nella tabella sottostante:

STAZIONE	**IMM/INCL**		
	St	**K1**	**K2**
1	355°/10°	100°/85°	70°/80°
2	355°/10°	120°/85	30/80°
3	330°/10°	150°/80°	60°/80°
4	355°/15°	100°/80°	30°/80°

Le elaborazioni successive, integrate con quanto osservato in fase di rilevamento, hanno permesso di definire l'orientazione dei principali sistemi di discontinuità e le relative condizioni caratteristiche, riassunte nella seguente tabella:

FORMAZIONE DEI CALCARI						
SISTEMA	**IMM/INCL**	**C**	**A**	**R**	**M**	**S**
Stratificazione St	355°/10°	>20 m	<0.1 mm; 0.1-1 mm	4-7	Assente; calcite	0.5 - 0.6 m
Giunto K1	120°/80°	>20 m	<1 mm; 1-5 mm	4-7	calcite;molle < 5 mm	0.4 - 0.6 m
Giunto K2	50°/80°	>20 m	<1 mm; 1-5 mm	4-7	calcite;molle < 5 mm	0.4 - 0.6 m

LEGENDA: C = continuità o persistenza; A = apertura della discontinuità; R = rugosità del giunto; M = riempimento del giunto; S = spaziatura media del giunto.

Sulla base dell'analisi strutturale e dei dati raccolti, sono fornite due classificazioni geomeccaniche relative all'ammasso roccioso al fine di evidenziare un indice di qualità medio con criteri di analisi diversificati. Le metodologie adottate sono l'Indice R.M.R. (Bieniawski Z.T., 1989) e l' Indice GSI (Marinos & Hoek, 2000).

7.1. INDICE RMR – BIENIAWSKI (1989)

Sulla base dell'analisi strutturale supportata dai dati derivati dalla bibliografia esistente (Falcioni C. et al., 1995) e dalle prove di laboratorio eseguite sulle stesse Formazioni, è fornita una classificazione dell'ammasso roccioso adottando la procedura tecnica R.M.R. (Rock Mass Rating) (Bieniawski Z.T., 1989).

Tale metodologia si basa sul rilievo di sei parametri caratteristici, la cui somma permette di suddividere gli ammassi rocciosi in cinque classi di qualità (ALL.1-TABELLA 1).

Poiché a seguito delle osservazioni condotte con le metodologie sopraesposte si evidenziano, per alcuni parametri della classificazione R.M.R., condizioni piuttosto disperse, si attribuisce a questi un doppio valore di punteggio valevole, rispettivamente per le condizioni medie rappresentative e per quelle peggiori dell'ammasso.

	Parametro	**Formazione dei calcari**	**Punteggio**
1.	Resistenza roccia intatta	25-50; MPa	4
2.	R.Q.D.	50%-75%	13
3.	Spaziatura dei giunti	6-20 cm; 20-60 cm	8-10
4.	Condizioni dei giunti	Sup. legg. rugose apertura tra 0.1-1mm – mediamente alterate – riempimento calcite, argilla < 5 mm	9-12
5.	Condizioni idrauliche	asciutto-umido	15
6.	Orientazione dei giunti	favorevole	-5

Assegnati i valori a ciascun parametro, si ottiene l'indice di classificazione RMR con la seguente relazione:

RMR corretto = RMR base +R6 = R1 +R2 +R3 +R4 +R5 +R6 = 44 – 49

che pone la formazione dei calcari nelle classi IV (scadente) e III (mediocre).

7.2. INDICE GSI – MARINOS & HOEK (2000)

In questo caso l'indice di qualità della roccia è stato valutato secondo la metodologia proposta da Hoek E. e Marinos P. (2000) che prevede l'utilizzo dell'indice G.S.I. (Geological Strenght Index).

Il valore del G.S.I. è ricavato dagli indici parziali dei primi quattro parametri della classificazione R.M.R., introducendo un predeterminato punteggio relativo alle condizioni idrauliche (R5 = 15) ed all'orientazione dei giunti (R6 = 0) secondo la seguente formulazione.

G.S.I. = R.M.R.base (1989) – 5 = (R1 + R2 + R3 + R4 + 15) - 5

Si ottiene in questo modo un campo valore del G.S.I. compreso tra 44 e 49, che evidenziano una qualità dell'ammasso roccioso nel suo complesso da discreto a buono, con localizzati fenomeni d'instabilità ricorrenti in funzione del grado di fratturazione ed in relazione all'orientazione delle discontinuità principali rispetto al pendio.

Riassumendo, con le classificazioni geomeccaniche utilizzate, si ottengono per l'ammasso roccioso meno alterato i seguenti indici di qualità (ALL.1-TABELLA 2):

Classificazione	**Valori**
Indice R.M.R.	44 - 49
Indice G.S.I.	44- 49

8. INDAGINI A MONTE DEL FRONTE DI CAVA

Al fine di poter procedere alle analisi di stabilità globale del versante nel tratto compreso fra la displuviale, a quota media 300 m s.l.m., presente a SW del fronte di cava e l'asse del T. Foggia sono state effettuate nel tempo alcune indagini geofisiche e geotecniche compatibili con l'estrema difficoltà di accesso al settore sovrastante il ciglio di cava.

In particolare, nella zona boschiva interposta fra il ciglio stesso e la linea dei crinali, sono state eseguite alcune stese sismiche, mentre in corrispondenza del ciglio stesso sono stati raccolti

campioni semidisturbati, mediante fustella in acciaio, per procedere alle analisi di laboratorio necessarie per stabilire i parametri geotecnici della coltre di materiali sciolti presenti, con spessori variabili, lungo il versante di riferimento.

L'insieme delle indagini svolte a suo tempo ha permesso una caratterizzazione completa dei terreni di copertura e la ricostruzione stratigrafica del settore di versante a monte della ex cava.

8.1 CAMPAGNA GEOFISICA

La campagna geofisica è consistita in n.4 stese sismiche a rifrazione di lunghezza utile pari a 51.5 m (SS1) e 42 m (SS2, SS3, SS4) la cui ubicazione, posta in corrispondenza dei terrazzamenti e dei sentieri presenti a monte dell'orlo superiore di cava, è riportata nell' ALL.1-FIGURA 3.

Il segnale è risultato di buona qualità, con tempi di arrivo delle onde sismiche ben definiti; in sintesi si è ricavata la seguente situazione sismo-stratigrafica:

Stesa SS1 – SS2 – SS3

Le tre stese presentano valori piuttosto omogenei riassumibili come segue:

- in superficie è presente un primo orizzonte di spessore variabile da 4.1 m a 6.0 m, con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 300 m/s e 600 m/s, ascrivibile alla copertura sciolta, costituita da terreno grossolano con abbondanti clasti e blocchi lapidei in ispessimento verso est;
- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 1700 m/s e 1900 m/s, fino a profondità superiori a quelle di indagine; l'orizzonte è assimilabile al substrato roccioso seppure le velocità registrate suggeriscano la presenza di un livello maggiormente alterato e fratturato.

Stesa SS4

E' stata eseguita lungo un sentiero presente nella porzione più orientale del versante posto a monte della zona estrattiva, a quota media 177 m s.l.m.

L'interpretazione dei dati relativi ai tempi di arrivo ha permesso di derivare la seguente situazione sismostratigrafica:

- in superficie è presente un primo orizzonte di spessore compreso tra 1.9 m e 2.9 m, con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 300 m/s e 400 m/s, ascrivibile alla copertura sciolta, costituita da terreno grossolano con abbondanti clasti;

- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 1000 m/s e 1200 m/s, di spessore variabile tra 4.0 m e 5.0 m; tale orizzonte sulla base dei soli dati sismici non può essere attribuito in maniera univoca a un particolare tipo di materiale. Le velocità misurate sono compatibili sia con un terreno addensato con abbondanti trovanti e blocchi lapidei sia con il livello maggiormente alterato e fratturato del sottostante livello rigido, con porzioni disarticolate e/o ridotte in breccia;
- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 2000 m/s e 2100 m/s, fino a profondità superiori a quelle d'indagine; l'orizzonte è assimilabile al substrato roccioso mediamente fratturato.

L'indagine sismica ha permesso inoltre di acquisire alcune informazioni utili per definire il contenuto d'acqua nel terreno; le basse velocità sismiche registrate nei livelli superficiali (Vp<600m/s), inferiori alla velocità delle stesse in un mezzo saturo, consentono di valutare i terreni asciutti, in condizioni di naturale umidità.

I dati identificativi ed i parametri di acquisizione, oltre ai risultati in forma grafica della prospezione geofisica eseguita, sono raccolti nell'ALLEGATO 2.

8.2 ANALISI DI LABORATORIO SULLA COPERTURA SCIOLTA

Nel corso delle indagini di approfondimento svolte nel settore immediatamente sovrastante l'orlo superiore di cava sono stati prelevati due campioni semindisturbati mediante fustelle tipo Shelby infisse nel terreno e successivamente estratte mediante l'ausilio di escavatore meccanico.

Relativamente agli esiti delle prove sul campione selezionato dopo il primo esame visivo in laboratorio, si rimanda alle certificazioni allegate (ALLEGATO 2).

In sintesi, si possono descrivere i seguenti aspetti:

- i terreni presenti nel primo metro della copertura sciolta di pendio presentano un fuso granulometrico ben gradato, con netta prevalenza della frazione fine: il passante al vaglio A.S.T.M. #200 è pari al 74.73%, ascrivibile per lo più a limo e solo in subordine ad argilla;
- la restante frazione a grana grossa è essenzialmente riconducibile a sabbia, presente con valore attorno a 16%, mentre la ghiaia è contenuta, con percentuali poco significative;
- le proprietà indice mostrano valori medi del limite liquido (48) ed un indice plastico medio, (20);
- per quanto attiene la classificazione, adottando la metodologia del Sistema Unificato, i terreni appartengono alla tipologia ML; secondo la nomenclatura A.G.I. (1977) il terreno si può descrivere mediamente come "limo di bassa plasticità con sabbia";
- il peso di volume è pari a 19.35 kN/m^3;

- il contenuto in acqua è pari al 23.75%: si deve ritenere che i terreni presentino un elevato grado di saturazione;
- la prova triassiale tipo CD ha permesso di stabilire i parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate; i parametri di resistenza al taglio ricavati prevedono un angolo d'attrito efficace compreso fra 29° e 30° ed una coesione efficace compresa fra 6 kPa e 7 kPa legata alla significativa presenza di carbonati nella matrice fine.

9. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI MEDI DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Il range di qualità riportato nel paragrafo precedente è stato ritenuto valido per gran parte dei fronti di cava ed è stato utilizzato per derivare i parametri di resistenza medi; tuttavia, in base a quanto rilevato sul terreno si è constatata anche la presenza di un settore caratterizzato da condizioni di roccia più fratturata ed alterata con condizioni delle discontinuità da mediocri a scadenti, a cui è stato associato un intervallo di valore G.S.I. tra 39 e 44 (ALL.1-TABELLA 2).

Per quanto concerne l'ammasso roccioso sano la resistenza alla compressione monoassiale è stata valutata qualitativamente sulla base dello Standard ISRM (BRUSCHI, 2005) e dei dati bibliografici reperiti sulla Formazione dei Calcari del Monte Antola, che indicano valori tra 45 MPa e 55 MPa, mentre per quanto riguarda il settore contraddistinto da roccia in mediocri condizioni di conservazione è stato scelto di adottare cautelativamente un valore compreso tra 25 MPa e 30 MPa.

In ragione del grado di fratturazione dell' a.r. si è scelto di adottare il modello *continuo-equivalente,* considerando le discontinuità secondo una direzione di carico verticale mutuamente vincolate: i parametri di resistenza al taglio sono stati desunti con l'inviluppo a rottura stabilito con il criterio empirico di Hoek-Brown (HOEK ET AL., 2002), adottando un valore della costante m_i pari a 7 ± 2 (chalk), un fattore di disturbo (D) pari a 1 e imponendo il peso di volume della roccia di 26.0 kN/m^3. In ragione del differente stato di conservazione dell'ammasso si è scelto di effettuare le analisi secondo un approccio statistico, combinando differenti indici del G.S.I. e di resistenza alla compressione monoassiale e derivando le coppie di valori di coesione ed angolo di attrito validi rispettivamente per l'ammasso roccioso in discrete condizioni di conservazione e per i settori caratterizzati da roccia fortemente alterata e fratturata.

La sintesi di quanto ottenuto è riportata nella tabella sottostante:

A) Ammasso roccioso fortemente alterato e fratturato (ALL.1-TABELLA 4)

G.S.I.	Resi. Compr. monoassiale	Coesione	Angolo di attrito	Modulo elastico
39	25	52	33	956
39	30	57	34	1148
42	25	60	35	1093
42	30	67	36	1311
44	25	66	36	1204
44	30	74	37	1445
Valore medio		**62,67**	**35,17**	**1192,83**

B) Ammasso roccioso in discrete condizioni di conservazione (ALL.1-TABELLA 5)

G.S.I.	Resi. Compr. monoassiale	Coesione	Angolo di attrito	Modulo elastico
44	45	95	40	2168
44	50	102	41	2409
44	55	109	41	2650
47	45	114	42	2536
47	50	123	42	2818
47	55	132	43	3100
49	45	130	43	2835
49	50	140	43	3150
49	55	151	44	3465
Valore medio		**121,78**	**42,11**	**2792,33**

10. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI

Le verifiche di stabilità non possono prescindere dalla definizione dei parametri caratteristici dei materiali e dall'assetto stratigrafico e idrogeologico del sottosuolo.

In ragione delle caratteristiche dei fronti di cava sono stati individuate tre unità a diverso comportamento meccanico, variamente distribuite presso l'area d'intervento:

a) copertura detritica stabilizzata, presente diffusamente nel settore a monte della zona estrattiva s.s. a partire dall'alzata dell'ultimo gradone sommitale o dalla pista di arroccamento;
b) substrato roccioso talora fortemente alterato e fratturato, localizzato prncipalmente lungo il settore settentrionale della scarpata di raccordo tra il primo ed il secondo gradone;

c) substrato roccioso in discrete condizioni di conservazione, che interessa gran parte del settore centrale e settentrionale del fronte coltivato.

Il valore caratteristico di un parametro si ottiene tramite una caratterizzazione dell'intera distribuzione statistica dei dati di interesse mediante una stima puntuale a carattere cautelativo (modello semi-probabilistico). Tale stima è generalmente individuata da un basso percentile, calcolato sulla distribuzione del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite.

Definire il valore caratteristico significa, pertanto, scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza.

In particolare, è stato scelto di adottare un metodo in cui la derivazione del valore caratteristico è definita sulla probabilità calcolata del 5% che ci sia un valore inferiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite.

Nel caso in esame la definizione dei parametri caratteristici è stata ottenuta ricorrendo alla seguente formulazione, valida nel caso di stime statistiche in presenza di dati d'ingresso numericamente ridotti:

$$Nk = Nm \pm 1{,}645*COV/\sqrt{n})$$

dove:

- Nm = valore medio del parametro;
- COV= coefficiente di variazione corrispondente al rapporto tra la deviazione standard della popolazione e la media della popolazione;
- n= numerosità del campione

La stima statistica dei parametri della copertura sciolta è stata ottenuta da specifiche determinazioni di laboratorio che hanno consentito di ricavare sperimentalmente il peso di volume e i parametri di resistenza meccanica (coesione e angolo di attrito) di tale orizzonte (ALL.1-TABELLA 3), mentre per **la stima statistica delle proprietà meccaniche dell'ammasso roccioso** è stato utilizzato il programma di calcolo Rock-Lab, simulando il diverso stato di fratturazione del substrato, variando i valori del G.S.I. e della resistenza alla compressione monoassiale entro i range ottenuti per le differenti classi dell'ammasso (a.r. fortemente alterato e fratturato; a.r. in discrete condizioni di conservazione). La sintesi di quanto ottenuto è riportata nel prospetto sottostante:

Materiale	Coesione	Angolo di attrito	Peso di vol	Res compr	Modulo elast
Cop.detritica	2,22 kPa	24,48°	20,94 kN/m^3	-	
A.R. (G.S.I. 39-44)	45,83 kPa	32,80°	27,23 kN/m^3	14,70 MPa	872,41 MPa
A.R (G.S.I. 44-49)	95,07 kPa	39,80°	27,23 kN/m^3	31.01 MPa	2179,88 MPa

In riferimento al **materiale utilizzato per la realizzazione del rilevato di progetto** dal punto di vista geotecnico è riconducibile a un mezzo ghiaioso con sabbia subordinata e frazione fine di natura limosa poco rappresentativa; utilizzando le indicazioni bibliografiche (Panei et al., 2000) la classificazione secondo il sistema U.S.C.S. lo pone nelle classi GC e GM, in subordine nella classe GW.

La caratterizzazione geotecnica del materiale è stata derivata da dati bibliografici di comprovata affidabilità, basati essenzialmente sul fuso granulometrico caratteristico.

Tenuto conto della geometria del rilevato, della densità relativa, della granulometria e della forma dei granuli (Sherard et al., 1963) si ritiene condivisibile assegnare un valore di angolo di attrito compreso tra 36° e 38°, mentre la coesione drenata è posta cautelativamente nulla o trascurabile. Il peso di volume unitario è valutato di 20-22 kN/m^3, mentre la densità secca è stimata in 19-20 kN/m^3.

In questo caso, in mancanza di dati diretti sul materiale non si è ritenuto possibile applicare la trattazione statistica, ponendo per l'angolo di attrito quale valore caratteristico il limite inferiore del range proposto, mentre per il peso di volume il limite superiore, da cui si ottiene:

- angolo di resistenza al taglio (fi_k) = 36°;
- peso di volume naturale (γ_k) = 22 kN/m^3.
- coesione drenata (c_k) = 0 kPa;

11. AZIONE SISMICA

Secondo quanto contenuto nelle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, a livello progettuale è necessario controllare la stabilità del fronte in rapporto ai terremoti che si possono verificare nel sito e valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, attraverso la definizione dell'entità e delle caratteristiche dell'azione sismica.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base espressa a sua volta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g (in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S_e (T) con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini della presente normativa, le forme spettrali sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Alla luce delle suddette norme tecniche, gli spettri sismici dipendono non più dalla zona sismica come nelle precedenti normative, ma dalle coordinate geografiche del sito. Al fine di ricavare i valori dei suddetti parametri a partire dai nodi del reticolo di riferimento per un assegnato periodo di ritorno, sono di seguito riportate le coordinate geografiche dell'area d'intervento (GEOSTRU, 2009):

- latitudine: 44.3720 N
- longitudine: 9.2050 E

Occorre, tuttavia, considerare che il moto generato da un sisma in un sito dipende anche dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi, nonchè dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Tali fattori tendono a modificare le caratteristiche del segnale sismico rispetto a quello di un sito di riferimento rigido come definito precedentemente.

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata, in prima approssimazione, ricavando la velocità equivalente delle onde S nei primi 30 m dal piano di posa fondazionale (Vs_{30}) e riconducendo l'assetto stratigrafico del sito ad una specifica categoria di sottosuolo.

Per quanto riguarda **le verifiche di stabilità del pendio** si può ritenere valida una categoria di sottosuolo di tipo A che comprende *"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".*

In merito agli effetti topografici, ovvero la modifica all'azione sismica indotta dalla geometria superficiale del terreno, alla morfologia del sito d'intervento è stata associata un coefficiente amplificativo di 1.4.

I parametri necessari per le verifiche agli stati limite in condizioni sismiche sono stati derivati con apposito programma di calcolo e riassunti nell' ALL.1-TABELLA 6 imponendo una vita nominale dell'opera di 100 anni e una classe I.

Relativamente al **rilevato**, invece, le verifiche di stabilità sono state condotte secondo due approcci differenti: in primo luogo le analisi sono state effettuate **associando l'opera a un pendio naturale**; in questo caso tenuto conto dello sviluppo verticale del rilevato, si ritiene valida adottare una categoria di sottosuolo di tipo E che comprende *"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".*

Nel secondo approccio di calcolo, **il rilevato è stato assimilato a un manufatto in materiali sciolti**, prendendo come piano fondazionale l'attuale piazzale di cava e associandovi una categoria

di sottosuolo di tipo 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"*.

Per quanto riguarda gli effetti topografici, ovvero la modifica dell'azione sismica indotta dalla geometria superficiale del terreno, il rilevato a progetto è riconducibile alla categoria T2 (pendii con inclinazione media > 15°) della Tabella 3.2.IV delle Nuove Norme Tecniche.

I parametri necessari per le verifiche agli stati limite in condizioni sismiche sono stati derivati con apposito programma di calcolo e riassunti nell'ALL. 4 - TABELLE 1A e 1B, imponendo una vita nominale dell'opera di 100 anni e una classe II (costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti di persone).

12. VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENDIO

Al fine di poter escludere possibili interferenze del settore superiore, in pendio, classificato come Zona B con il piazzale sottostante, Zona A, sono state effettuate nl 2017 alcune analisi di stabilità.

Nel presente documento sono stati riportati gli esiti delle verifiche di stabilità effettuate lungo il pendio utilizzando la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito ricostruita nel corso dei vari studi effettuati in precedenza.

Per quanto riguarda l'intero pendio le analisi di stabilità sono state condotte con una maglia sufficientemente estesa per verificare tutti i possibili cerchi di scorrimento posti all'interno del versante, **simulando sia una superficie di rottura di tipo circolare sia ipotizzando una superficie di rottura lineare,** con direzione d'immersione parallela al versante (condizioni di giunto sfavorevole al pendio).

Le verifiche sono state eseguite applicando sia il metodo di Bishop semplificato (BISHOP, 1955) sia il metodo di Janbu corretto (JANBU, 1968) e simulando una superficie di falda permanente ricavata dalle evidenze di superficie lungo il fronte di cava e dalla strumentazione di monitoraggio idrogeologica installata a suo tempo nel settore a monte.

Le verifiche sono state condotte sia in condizioni statiche sia in condizioni dinamiche (S.L.V.) ricavando le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica dalle seguenti relazioni:

$$F_H = kh \times W; \qquad F_V = kv \times W$$

dove:

Kh = 0,038 Kv = 0,019

Tali modalità di calcolo sono state adottate per verificare sia le condizioni di stabilità globale del pendio (ALL.3-FIGURE 1-3) lungo tre sezioni ritenute rappresentative, tracciate a partire dal crinale spartiacque ubicato a monte dell'area di cava.

I risultati ottenuti sono riassunti nel prospetto sottostante, mentre le analisi di stabilità in forma grafica sono riportate nell' ALLEGATO 3:

Figura	Tipo di analisi	Condizioni di verifica	Bishop semplificato	Janbu corretto
1A-sezione 1-1	Stabilità globale versante	Statica- sup circolare	1,260	1,267
1B-sezione 1-1	Stabilità globale versante	Dinamica- sup circolare	1,163	1,166
1C-sezione 1-1	Stabilità globale versante	Statica- sup lineare	1,267	1,276
1D-sezione 1-1	Stabilità globale versante	Dinamica- sup lineare	1,192	1,192
2A-sezione 2-2	Stabilità globale versante	Statica- sup circolare	1,412	1,404
2B-sezione 2-2	Stabilità globale versante	Dinamica- sup circolare	1,303	1,291
2C-sezione 2-2	Stabilità globale versante	Statica- sup lineare	1,446	1,453
2D-sezione 2-2	Stabilità globale versante	Dinamica- sup lineare	1,354	1,355
3A-sezione 3-3	Stabilità globale versante	Statica- sup circolare	1,310	1,331
3B-sezione 3-3	Stabilità globale versante	Dinamica- sup circolare	1,224	1,240
3C-sezione 3-3	Stabilità globale versante	Statica- sup lineare	1,265	1,280
3D-sezione 3-3	Stabilità globale versante	Dinamica- sup lineare	1,187	1,195

Tutte le verifiche condotte evidenziano che le condizioni di stabilità del pendio a livello sia globale sia locale, mostrano coefficienti di sicurezza, intesi come rapporto tra forze resistenti e forze agenti, sempre superiori all'unità.

13. ANALISI DI STABILITÀ DEL RILEVATO

Nel presente documento sono riportate anche le analisi di stabilità del rilevato in corso di esecuzione effettuate a suo tempo utilizzando la modellazione geologica dello stato finale, elaborata lungo le sezioni FF' e HH', giudicate le più critiche in ragione del profilo di progetto (ALL.4 - FIGURE 1-2).

Una prima serie di analisi è stata effettuata **assimilando il rilevato a un pendio naturale** e introducendo nel software di calcolo i valori caratteristici dei materiali, ricavati secondo la metodologia riportata al Capitolo 10.

I valori ottenuti sono riportati per pronto riferimento nella tabella sottostante:

Materiali	Angolo di attrito (°)	Coesione (kPa)	Peso di volume (kN/m^3)
Riporto	36°	0	22
Substrato roccioso alterato	32.80	45.83	27.23
Substrato roccioso sano	39.80	95.07	27.23

Le verifiche sono state eseguite con un programma di calcolo all'equilibrio limite (SLIDE v. 5.044, 2010) utilizzando i metodi di Jambu simplified e di Morgenstern-Price, validi per qualunque superficie di tipo circolare e in grado di soddisfare sia l'equilibrio delle forze in direzione verticale e orizzontale sia l'equilibrio dei momenti.

Le analisi sono state condotte scegliendo una maglia sufficientemente estesa per verificare tutti i possibili cerchi di scorrimento posti all'interno del rilevato e nel versante retrostante, schematizzando l'assetto stratigrafico esposto in precedenza.

Nel modello di calcolo è stata inserita anche una superficie di falda permanente in analogia a quanto inserito nelle verifiche di stabilità globale e del fronte di cava.

Le simulazioni di calcolo sono state effettuate in condizioni statiche e successivamente introducendo l'azione sismica attraverso l'inserimento dei coefficienti Kh e Kv relativi allo S.L.V. (ALL.4-TABELLA 1A).

La scogliera alla base e le terre rinforzate a sostegno delle singole scarpate sono state simulate secondo il modello a "infinite strenght" con peso di volume pari a 25 kN/m^2, in modo da vincolare le superfici di scivolamento esclusivamente all'interno del materiale accumulato.

I risultati ottenuti dalle verifiche effettuate nello stato finale di abbancamento hanno consentito di accertare il raggiungimento di condizioni di stabilità soddisfacenti sia in condizioni statiche sia sotto l'effetto di una sollecitazione sismica.

La sintesi di quanto ottenuto dalle verifiche di stabilità è riportata nel prospetto seguente, mentre per gli elaborati grafici si rimanda all'ALL.4-FIGURE 3-4.

Sezione	*Analisi*	*Janbu simplified*	*Morgenstern/Price*
FF'	statica	1.508	1.527
FF'	S.L.V.	1.345	1.368
HH'	statica	1.836	1.873
HH'	S.L.V.	1.602	1.631

Successivamente si è provveduto a condurre delle verifiche di stabilità **assumendo il rilevato come un'opera in materiali sciolti** adottando l'Approccio 1- Combinazione 2 (A2 + M2 + R2) dove:

- A2 = 1.0 (carico permanente sfavorevole di tipo strutturale), assumendo che il terreno contribuisca al comportamento dell'opera con le sue caratteristiche di peso, resistenza e rigidità (Tabella 6.2.I);
- M2 = 1.25 (tangente angolo di resistenza al taglio); 1.25 (coesione efficace); 1.0 (peso di volume); 1.6 (resistenza alla compressione monoassiale) -Tabella 6.2.II;
- R2 = 1.1 (Tabella 6.8.1).

I parametri di progetto dei materiali utilizzati nelle verifiche sono stati derivati riducendo i valori geotecnici caratteristici con il rispettivo coefficiente M2, secondo il seguente schema.

Materiali	**Angolo di attrito (°)**	**Coesione (kPa)**	**Peso di volume (kN/m^3)**
Riporto	30	0	22
Substrato roccioso alterato	27.28	36.67	27.23
Substrato roccioso sano	33.69	76.05	27.23

Le verifiche sono state effettuate adottando il modello di sottosuolo, le condizioni al contorno e le metodologie analitiche utilizzate in precedenza e inserendo, in condizioni dinamiche, i coefficienti Kh e Kv relativi allo S.L.V. (ALL.4-TABELLA 1B).

La sintesi di quanto ottenuto dalle verifiche di stabilità è riportata nel prospetto seguente, mentre per gli elaborati grafici si rimanda alle FIGURE 5-6.

Sezione	***Analisi***	***Janbu simplified***	***Morgenstern/Price***
FF’	statica	1.209	1.228
FF’	S.L.V.	1.128	1.149
HH’	statica	1.459	1.488
HH’	S.L.V.	1.325	1.350

Tutte le verifiche condotte dimostrano che le condizioni di stabilità del rilevato a livello sia globale sia locale, evidenziano coefficienti di sicurezza, intesi come rapporto tra forze resistenti e forze agenti, sempre superiori ai valori minimi imposti dalle normative vigenti.

14. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

14.1. ZONIZZAZIONE

Come si evince dalla cartografia allegata desunta dal rilievo dello stato attuale il complesso estrattivo, nell'ottica di un riutilizzo, è stato suddiviso in diverse unità differenziate in termini di dimensioni ubicazione e fruibilità.

Nella zona A è stata individuata un'area di dimensioni ridotte che dovrebbe costituire una zona di stoccaggio temporaneo del fresato e dei materiali di abbancamento privi di caratterizzazione analitica.

Nella zona B sono ricompresi l'intero fronte e la restante porzione di piazzale, che sarà oggetto di abbancamento di inerti ed impianto di idonee specie vegetali, finalizzato alla sistemazione ambientale e alla rinaturalizzazione, con interessamento di una significativa porzione del fronte stesso.

E' stata inoltre identificata, ai margini del fronte della ex cava, una zona naturalmente rivegetata che si spinge fino ai margini del complesso estrattivo, che è stata distinta in due sottounità: la prima è riferita ad aree rinaturalizzate in cui sono state svolte in passato attività estrattive, seppure marginali; la seconda comprende tutte le zone che non sono mai state oggetto di lavori di coltivazione.

Nella porzione basale, in fregio alla strada provinciale, è stata identificata un'area, descritta in precedenza, oggetto di una serie di opere di consolidamento e sistemazione definitiva con reti paramassi, eseguite, completate e collaudate già da molto tempo.

Infine, a livello della strada provinciale e nel ripiano sovrastante, è stata individuata un'area destinata all'accesso ed alle manovre degli automezzi, che comprende anche la zona uffici.

Poiché le attività in progetto sono concentrate nella zona A, nei paragrafi che seguono sono descritte più dettagliatamente le caratteristiche delle due aree.

14.2. CARATTERIZZAZIONE DELLA ZONA A

L'impianto in essere occupa l'estremo settore di valle, lato SE, dell'ex piazzale di cava e, rispetto al piede del fronte roccioso, è posto ad una distanza mediamente superiore a 50 m.

Fra il fronte e l'impianto è attualmente interposto un sistema di intercettazione di eventuali masse detritiche provenienti dal versante.

Con l'inizio delle operazioni di abbancamento il vallo e il rilevato di presidio verranno inglobati nelle opere di sistemazione.

Il settore sinistro del fronte di cava, che è allineato con la zona di ubicazione dell'impianto, dopo gli interventi di sistemazione effettuati a suo tempo, non ha dato origine a fenomeni di instabilità di alcun genere.

Per il riutilizzo di tale area si può riassumere quanto segue:

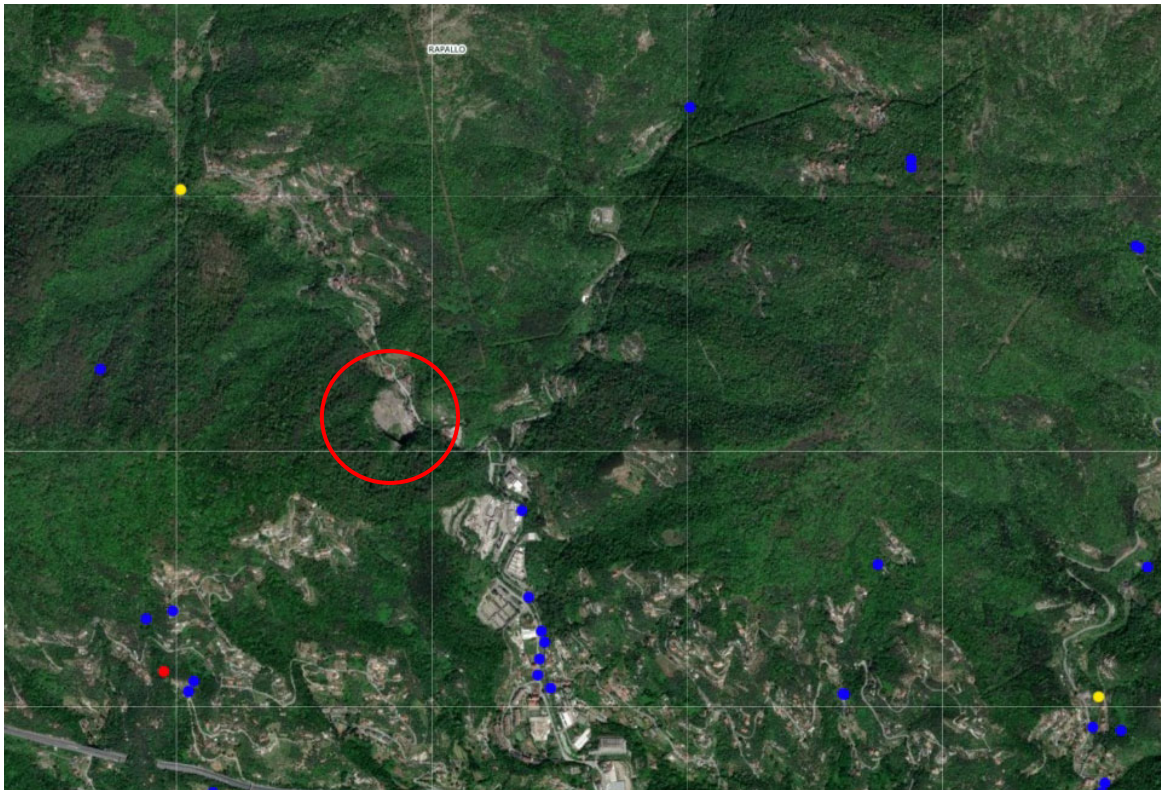
- le lavorazioni che nel tempo sono state effettuate nel settore di piazzale adibito ad impianto di fresatura possono essere svolte in condizioni di totale sicurezza;
- l'area è ubicata in una zona marginale, in una posizione che non interferisce con le operazioni di abbancamento proposte;
- la zona definita dimensionalmente nelle planimetrie allegate (planimetrie di progetto) è destinata a svolgere anche una importante funzione di area di manovra, indubbiamente necessaria in relazione ai lavori di abbancamento previsti per il riutilizzo del settore di monte (Zona B).

15. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La porzione del piazzale della ex cava di calcare denominata San Pietro di Novella, oggetto specifico della procedura di VAS, è parte integrante della richiesta di riutilizzo dell'intera area della ex cava formulata ai sensi dell'art.17 ter della L.R. n.12 del 2012.

In base al quadro geologico e geotecnico emerso dal complesso di indagini effettuate ed ai fini di una valutazione complessiva delle condizioni di stabilità dell’area e della porzione di versante ubicata a monte della stessa si può affermare quanto segue:

- il vecchio fronte di cava non mostra palesi sintomi di instabilità in atto ma sarà comunque oggetto di consistenti interventi di sistemazione mediante abbancamento di inerti e bonifica idrogeologica;
- il settore a monte del fronte di cava, seppur localmente sollecitato durante la fase estrattiva pregressa, appare oggi stabilizzato e interessato per tutto il suo sviluppo da folta vegetazione;
- le verifiche di stabilità effettuate adottando metodologie estremamente severe indicano condizioni di equilibrio in atto per tutti i settori analizzati;
- l'insieme dei risultati ottenuti permette di escludere possibili interferenze dei versanti a monte con il settore di interesse (piazzale inferiore dell’area della ex cava);
- l’analisi della cartografia ufficiale permette di escludere la presenza all’interno del complesso estrattivo di prelievi concessioni e/o derivazioni idriche ad uso umano.



CARTA DERIVAZIONI IDRICHE

Occorre tenere conto, inoltre, che una vasta porzione del fronte e tutto il settore a monte dello stesso sono rinverditi, talora con notevole densità vegetazionale, concentrata in particolare a monte del ciglio di cava nella zona boscata.

Alla luce di quanto sopra espresso si può sostenere che, dal punto di vista geomorfologico e di equilibrio del pendio, la fruizione di una porzione significativa del piazzale della ex cava San Pietro di Novella, così come rappresentato negli elaborati grafici, sia compatibile con le condizioni geologiche generali del sito che non manifesta, da tempo, anche a seguito degli interventi eseguiti, fenomeni di instabilità in atto.

Il completamento del progetto di riutilizzo della restante porzione del piazzale contribuirà alla stabilizzazione ulteriore del fronte e alla decisa mitigazione delle condizioni di rischio idrogeologico.

Attraverso la realizzazione del progetto di abbancamento controllato di materiali inerti è previsto infatti il raggiungimento di condizioni soddisfacenti sia dal punto di vista della messa in sicurezza sia in termini di recupero ambientale.

Tale fattispecie comporta condizioni di ulteriore sicurezza per le aree ubicate a valle del rilevato.

Non si ravvedono pertanto condizioni ostative per la fruizione del piazzale destinato ad impianti nell'ottica di una verifica di assoggettabilità a VIA.



RILEVATO IN COSTRUZIONE A MONTE DEL PIAZZALE

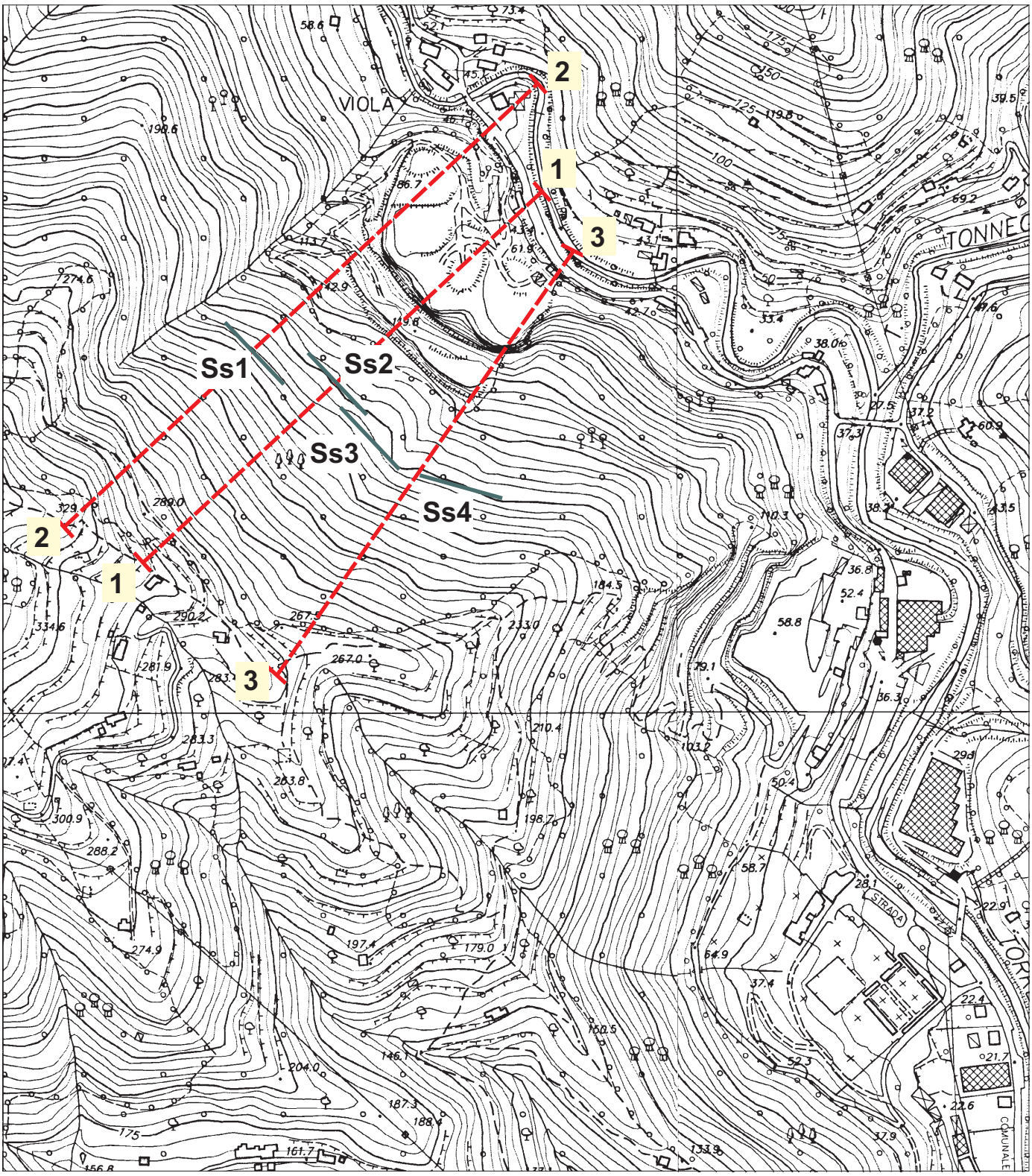
Rapallo, 06 giugno 2024

Dott. Geol. Giacomo Canepa

ALLEGATO 1- FIGURE E TABELLE

Figura n°	Oggetto
1A	Corografia dell'area
1B	Planimetria stato attuale
2A-2C	Estratti cartografici dal P.d.B.S. (Ambito 15)
3	Carta geologico-geomorfologica in scala 1:2500
4	Carta geologico-tecnica in scala 1:1000
5A-5B	Sezioni stratigrafiche
6A-6B	Planimetrie del piazzale stato di fatto e di progetto

Tabella n°	Oggetto
1	Classificazione geomeccanica di Z.T. Bieniawski
2	Valori GSI indicati per Formazioni tipo Flysch
3	Determinazione dei parametri caratteristici e di progetto copertura sciolta
4	Determinazione dei parametri caratteristici e di progetto a.r. alterato
5	Determinazione dei parametri caratteristici e di progetto a.r.
6	Definizione dei parametri sismici (stabilità generale e fronte di scavo)



LEGENDA

1 — Traccia di sezione utilizzata per la verifica di stabilità globale del versante

Ss1 — Stesa sismica a rifrazione

FIGURA:		SCALA:
1A	**COROGRAFIA DELL'AREA** *Elementi n. 231032 e n.231033*	1:5000

Planimetria area di cava con evidenziata la destinazione delle aree come previsto nel progetto di riutilizzo

Zona di riutilizzo naturalmente rivegetata non interessata dall'attività estrattiva

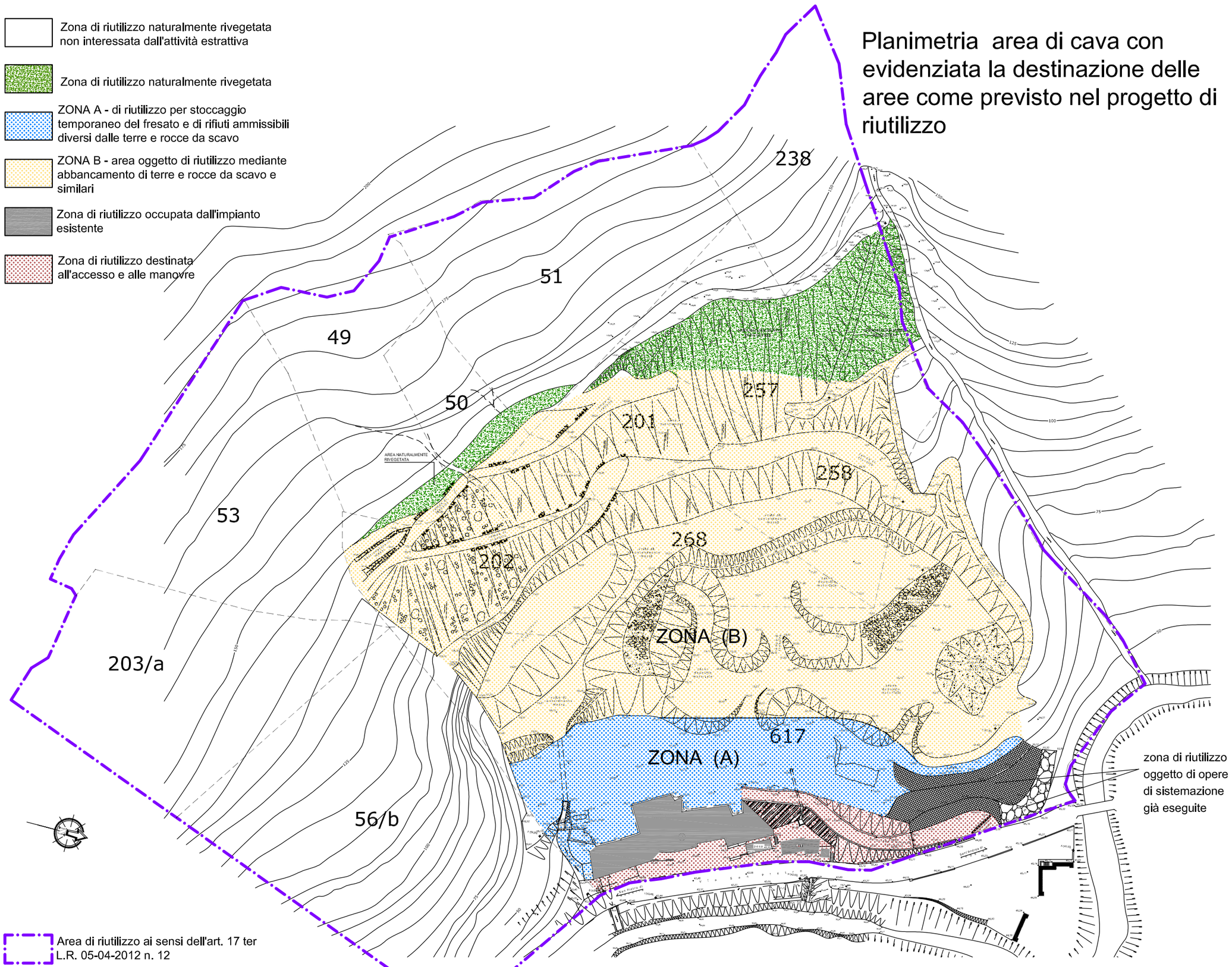
Zona di riutilizzo naturalmente rivegetata

ZONA A - di riutilizzo per stoccaggio temporaneo del fresato e di rifiuti ammissibili diversi dalle terre e rocce da scavo

ZONA B - area oggetto di riutilizzo mediante abbancamento di terre e rocce da scavo e similari

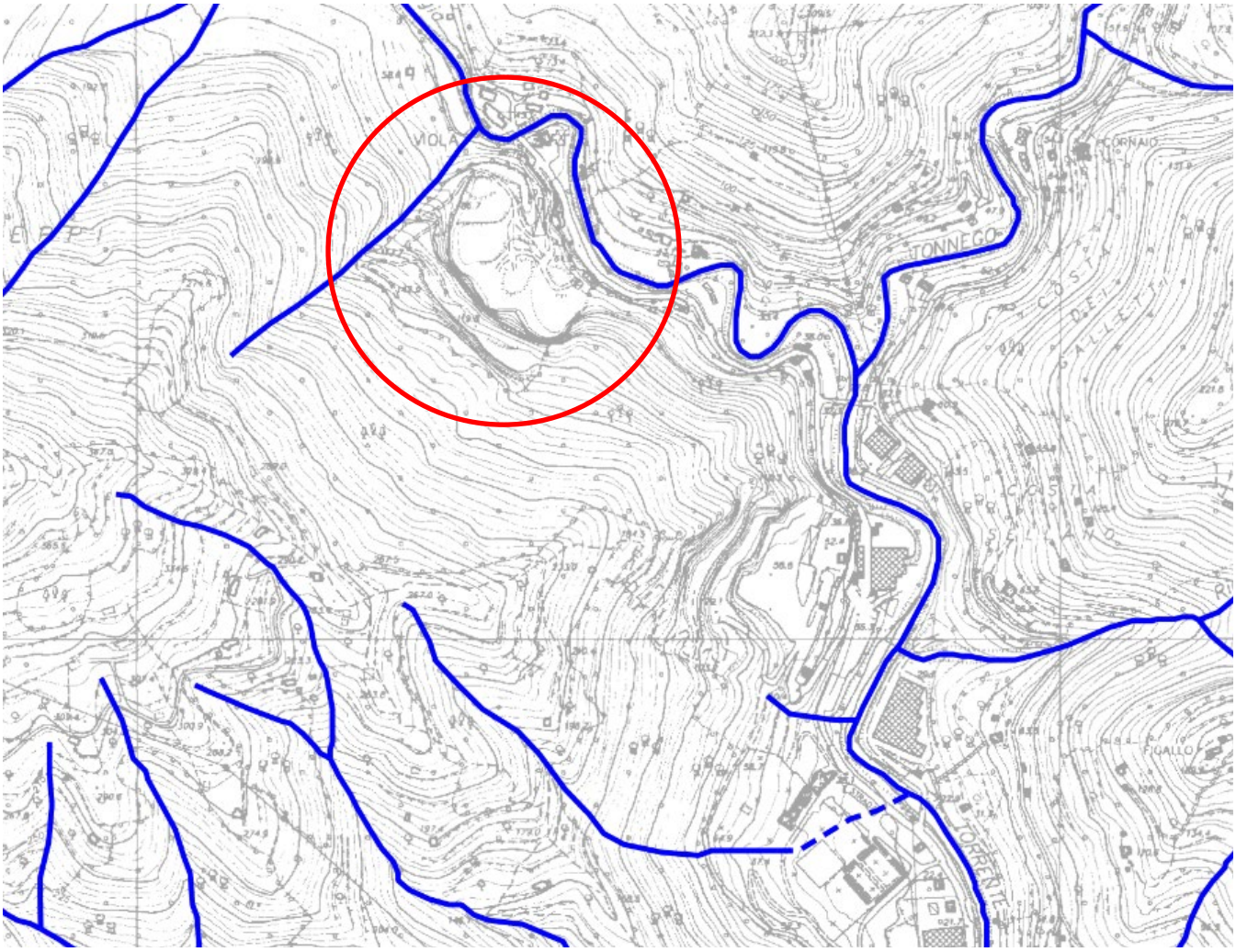
Zona di riutilizzo occupata dall'impianto esistente

Zona di riutilizzo destinata all'accesso e alle manovre



Area di riutilizzo ai sensi dell'art. 17 ter L.R. 05-04-2012 n. 12

figura 1B

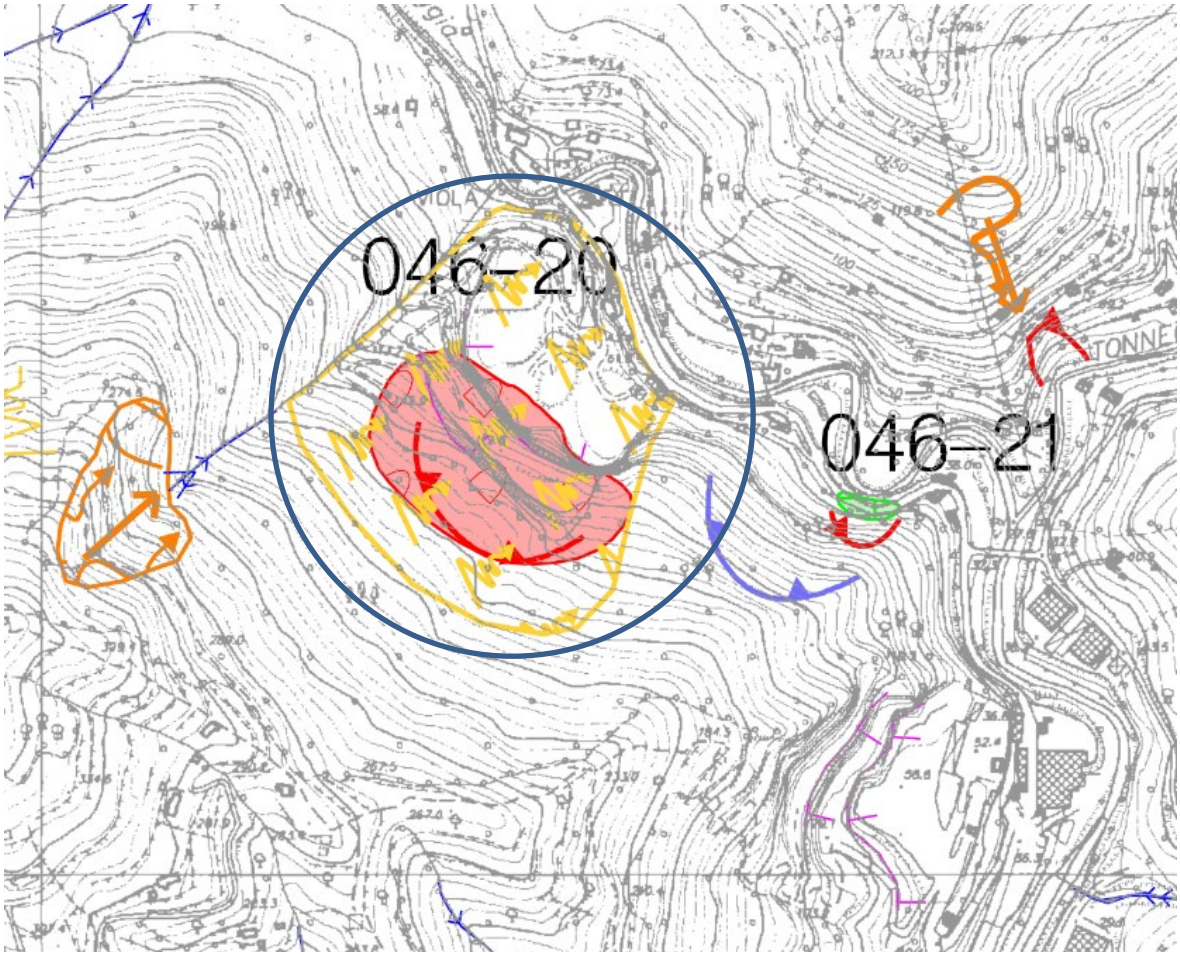


LEGENDA

Limite del Piano di Bacino

Reticolo idrografico

FIGURA:	
2A	**ESTRATTI CARTOGRAFICI P.d.B.S. (Ambito 15)** Carta del reticolo idrografico



LEGENDA

TIPOLOGIA DI FRANA

Attiva | Quiescente | Relitta o stabilizzata o paleofrana

(SS) Frana superficiale – Soil slip

(DF) Frana per colamento – Debris flow

(SC) Frana per scorrimento o scivolamento

(SCr) Frana per scorrimento o scivolamento rotazionale

(SCp) Frana per scorrimento o scivolamento planare

(CL) Frana per crollo o ribaltamento

(FC) Frana complessa

(FD) Area a franosita' diffusa

(FP) Deformazione gravitativa profonda di versante

(CR) Area interessata da movimenti gravitativi lenti superficiali – soliflusso, reptazione, creep

Frana non cartografabile

ELEMENTI LINEARI

CIGLI DI FRANA

Attiva | Quiescente

DIREZIONE DI MOBILIZZAZIONE MATERIALI SCIOLTI

CONOIDI DETRITICHE ED ALLUVIONALI ATTIVE

CONOIDI DETRITICHE ED ALLUVIONALI QUIESCENTI

ROTTURE DI PENDIO

Scarpata fino a 5 m di H | Scarpata fino a 10 m di H | Scarpata oltre 10 m di H

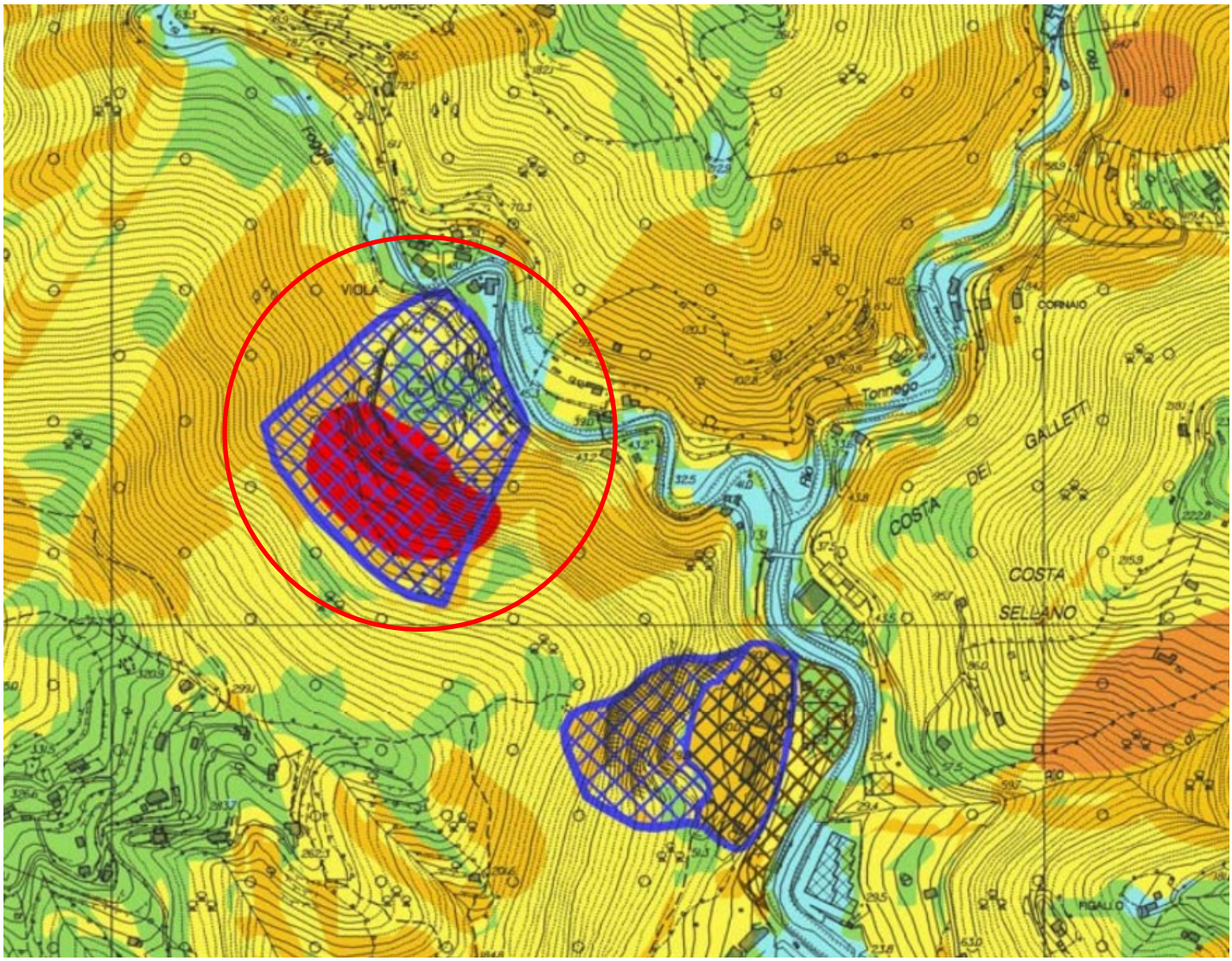
FORME DI EROSIONE

EROSIONE CONCENTRATA DI FONDO | EROSIONE SPONDALE | RUSCELLAMENTO DIFFUSO

Nota alla carta

AREE DI COSTA ALTA/FALESIA ATTIVA PER LE QUALI SI RINVIA AL PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO
Approvato con DCR n. 18 del 29-09-2015

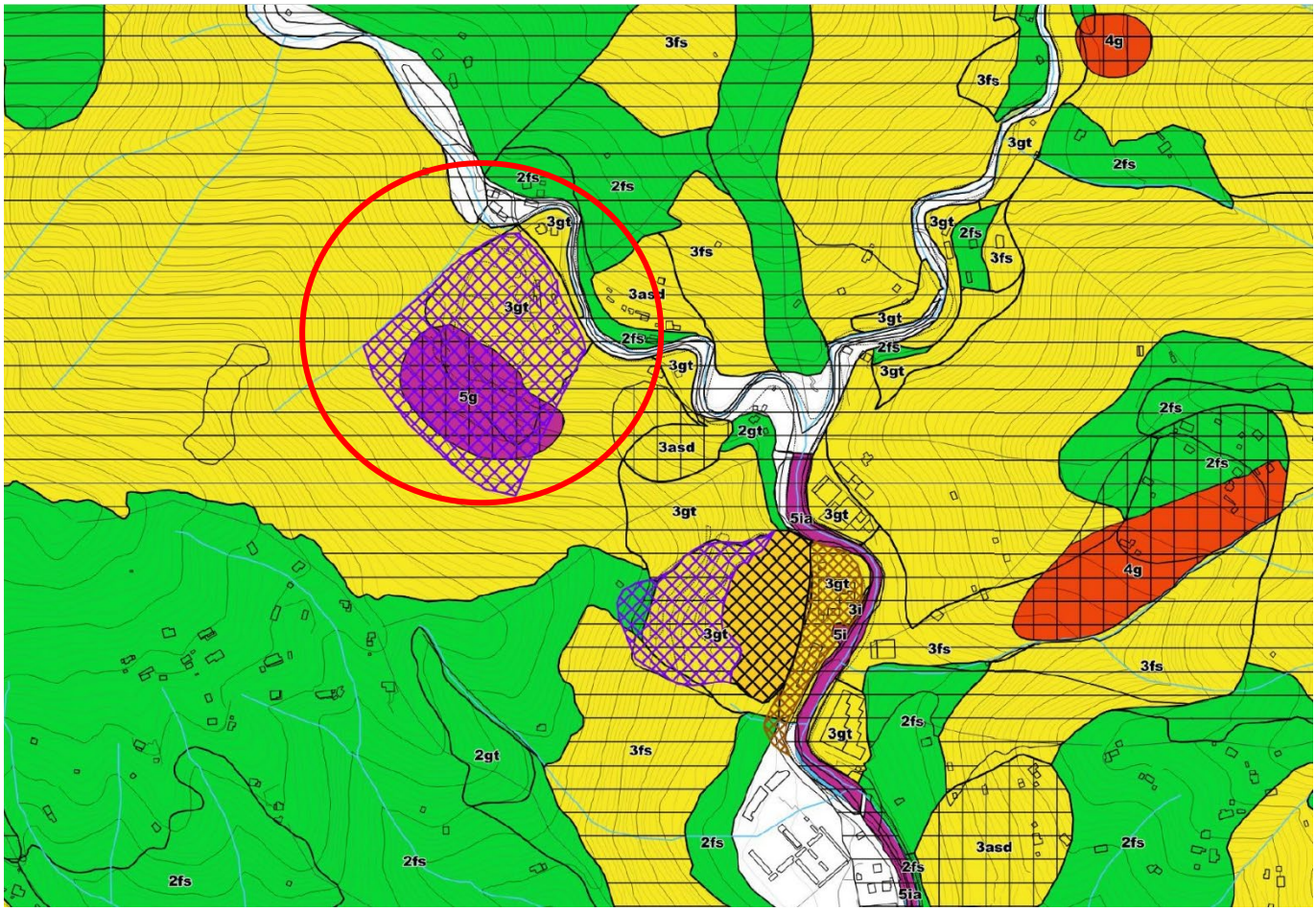
FIGURA:	
2B	**ESTRATTI CARTOGRAFICI P.d.B.S. (Ambito 15)** Carta della franosità reale



LEGENDA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO		NORME DI ATTUAZIONE
MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2
ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3
ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter
MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4
BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4
MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4
CLASSI SPECIALI		
TIPO A - Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio		Art. 16bis, c. 2
TIPO B1 - Cave inattive e miniere abbandonate		Art. 16bis, c. 3
TIPO B1 - Cave inattive e miniere abbandonate classificate in Pg3b a seguito di indagini di dettaglio		Art. 16bis, c. 3
TIPO B2 - Discariche dismesse e riporti antropici		Art. 16bis, c. 5
Aree di costa alta/falesia attiva per le quali si rinvia al Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero Approvato con DCR n. 18 del 25/09/2012		

FIGURA:	
2C	**ESTRATTI CARTOGRAFICI P.d.B.S. (Ambito 15)** Carta della suscettività al dissesto



Zonizzazione geologica

Classe 1 - suscettività d'uso non condizionata

Aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo e/o alla modifica della destinazione d'uso essendo prive di particolari problematiche geologiche, geomorfologiche, idrauliche o idrogeologiche.

Classe 2 - suscettività d'uso moderatamente condizionata

Aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo e/o alla modifica della destinazione d'uso essendo prive di particolari problematiche geologiche, geomorfologiche, idrauliche o idrogeologiche.
Il tipo di problematica rilevata determina la suddivisione nelle seguenti sottoclassi:
- 2 fs: franosità superficiale;
- 2gt: geotecnica

Classe 3 - suscettività d'uso condizionata

Aree che presentano problematiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrauliche o geotecniche che ne condizionano l'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso a causa delle condizioni di pericolosità o vulnerabilità rilevate.
Per queste aree le norme geologiche individuano adeguati approfondimenti di indagine.
Il tipo di problematica rilevata determina inoltre la suddivisione nelle seguenti sottoclassi:
- **3fs**: franosità superficiale;
- **3gt**: geotecnica;
- **3asd**: alta suscettività al dissesto;
- **3i**: aree esondabili con tempo di ritorno cinquecentennale (da P.d.B.);

Classe 4 - suscettività d'uso parzialmente limitata

Aree che presentano significative problematiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrauliche o geotecniche che limitano l'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Per tali aree vigono specifiche disposizioni di legge o norme di Piano di Bacino.
Esse sono distinte in sottoclassi sulla base delle criticità che le caratterizzano:
- **4i**: aree esondabili con tempo di ritorno duecentennale desunte dal Piano di Bacino;
- **4g**: frane quiescenti (pg3a del Piano di Bacino);
- **4mca**: falesia costa alta;
- **4mcb**: moto ondoso costa bassa;
- **4ri**: area di rispetto risorsa idrica;

Classe 5 - suscettività d'uso limitata

Aree che presentano rilevanti problematiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrauliche o geotecniche che comportano forti limitazioni l'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.
Per tali aree vigono specifiche disposizioni di legge o norme di Piano di Bacino.
Esse sono distinte in sottoclassi sulla base delle criticità che le caratterizzano:
- **5i**: aree esondabili con tempo di ritorno cinquantennale desunte dal P. di Bacino;
- **5i***: aree esondabili A* desunte dal Piano di Bacino;
- **5ia**: alveo;
- **5g**: frane attive (pg4 del Piano di Bacino);
- **5mcb**: moto ondoso costa bassa;
- **5ri**: area di tutela assoluta risorsa idrica;

Microzone omogenee in prospettiva sismica

Zone B - Suscettibili di amplificazione sismica

Aree soggette a possibili fenomeni di amplificazione sismica, per topografia o litostratigrafia.

Zone C – Suscettibili di instabilità per fenomeni cosismici

Aree ove si sono rilevate condizioni idrogeologiche predisponenti all'innesco di fenomeni cosismici quali riattivazione fenomeni franosi, liquefazione dei terreni. Le norme geologiche per tali aree individuano specifici approfondimenti di indagine.

Classi speciali (Piano di Bacino)

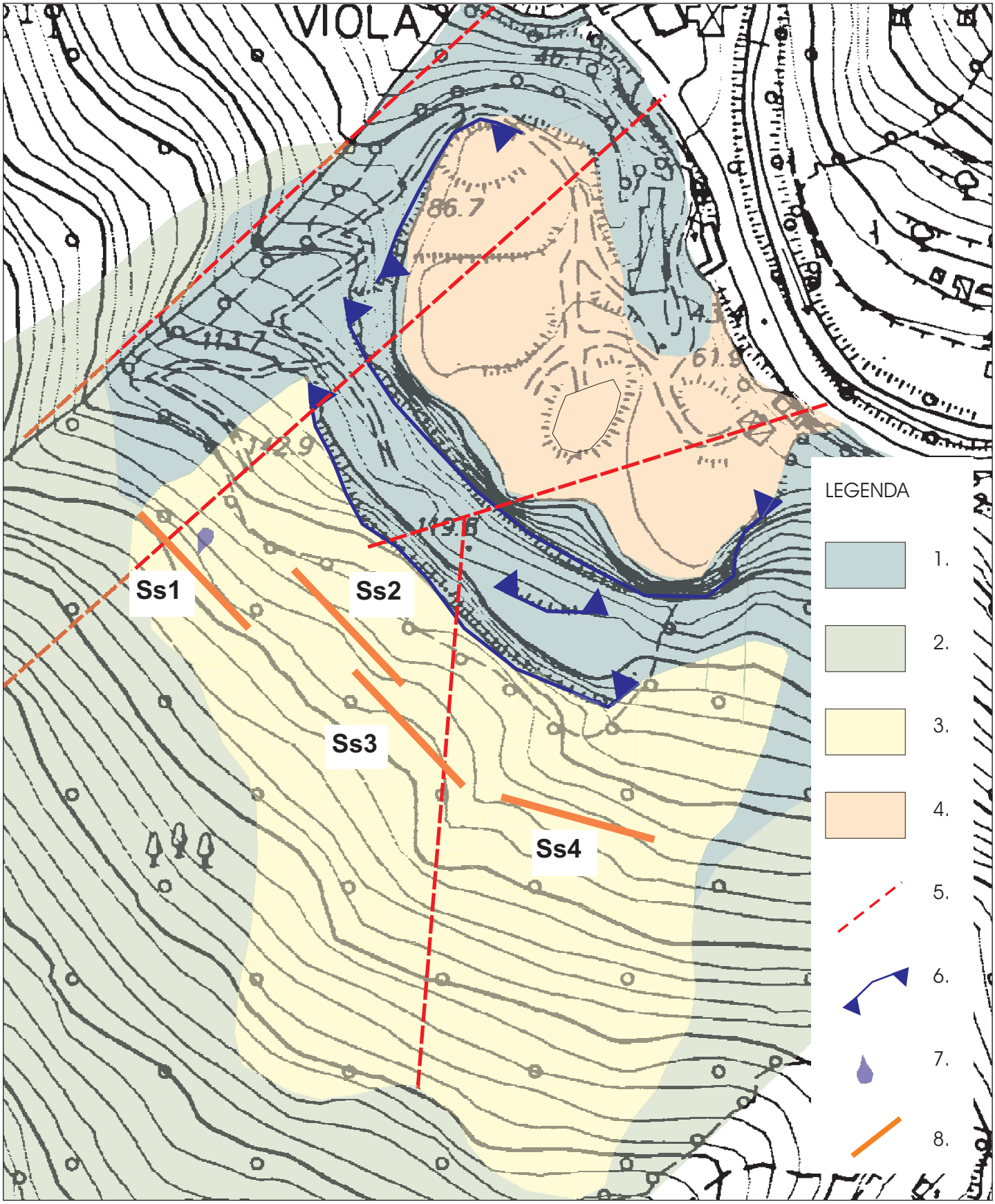
TIPO A - Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio (Art. 16 bis.c.2)

TIPO B1 - Cave inattive e miniere abbandonate (Art. 16 bis.c.3)

TIPO B1 - Cave inattive e miniere abbandonate classificate in Pg3b a seguito di indagini di dettaglio (Art. 16 bis.c.3)

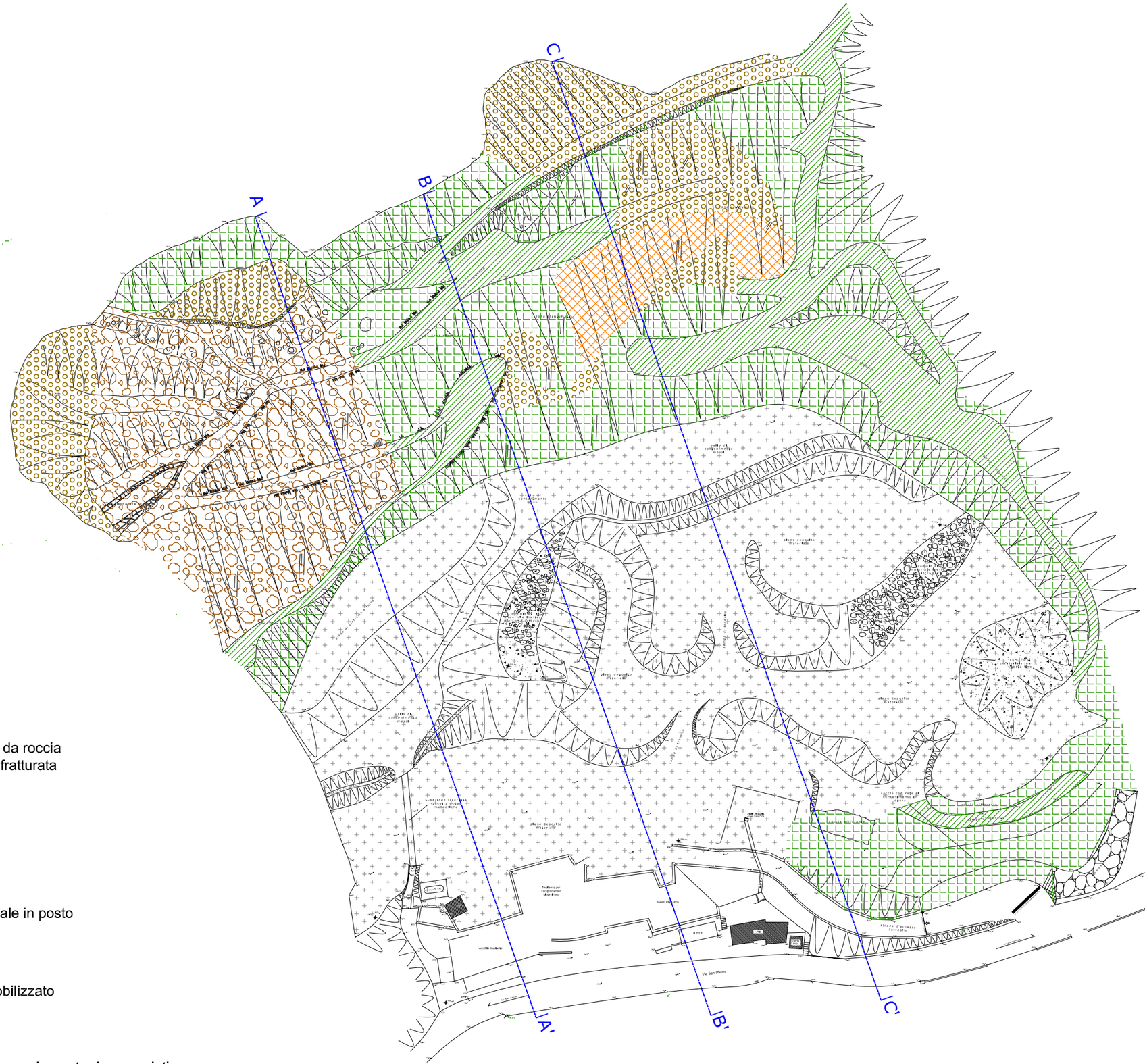
TIPO B2 - Discariche dismesse e riporti antropici (Art. 16 bis.c.5)

FIGURA:	
2D	**ESTRATTI CARTOGRAFICI P.U.C. Rapallo** Carta della suscettività d'uso geologica



LEGENDA 1.Substrato roccioso calcareo-marnoso affiorante e/o subaffiorante in condizioni di conservazione da discrete a scadenti 2. Copertura eluvio-colluviale di spessore inferiore a 3 m 3. Coltre detritico-colluviale di spessore superiore a 3 m 4. Area intensamente rimaneggiata 5. Lineazione tettonica principale 6. Scarpata in roccia da attivita' di cava 7. Sorgente temporanea 8. Stesa sismica a rifrazione

FIGURA:		SCALA:
3	**CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA**	1:2500



LEGENDA

Scarpate in roccia

Settore caratterizzato da roccia fortemente alterata e fratturata

Roccia su gradoni

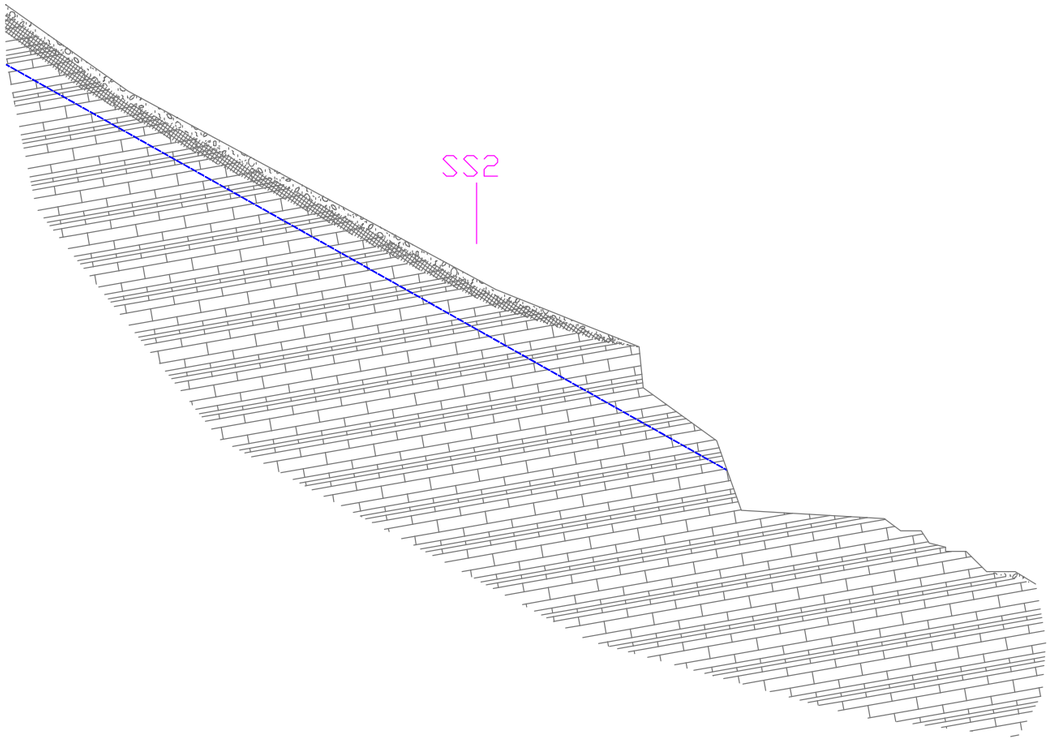
Coltre detritico-colluviale in posto

Detrito grossolano mobilizzato

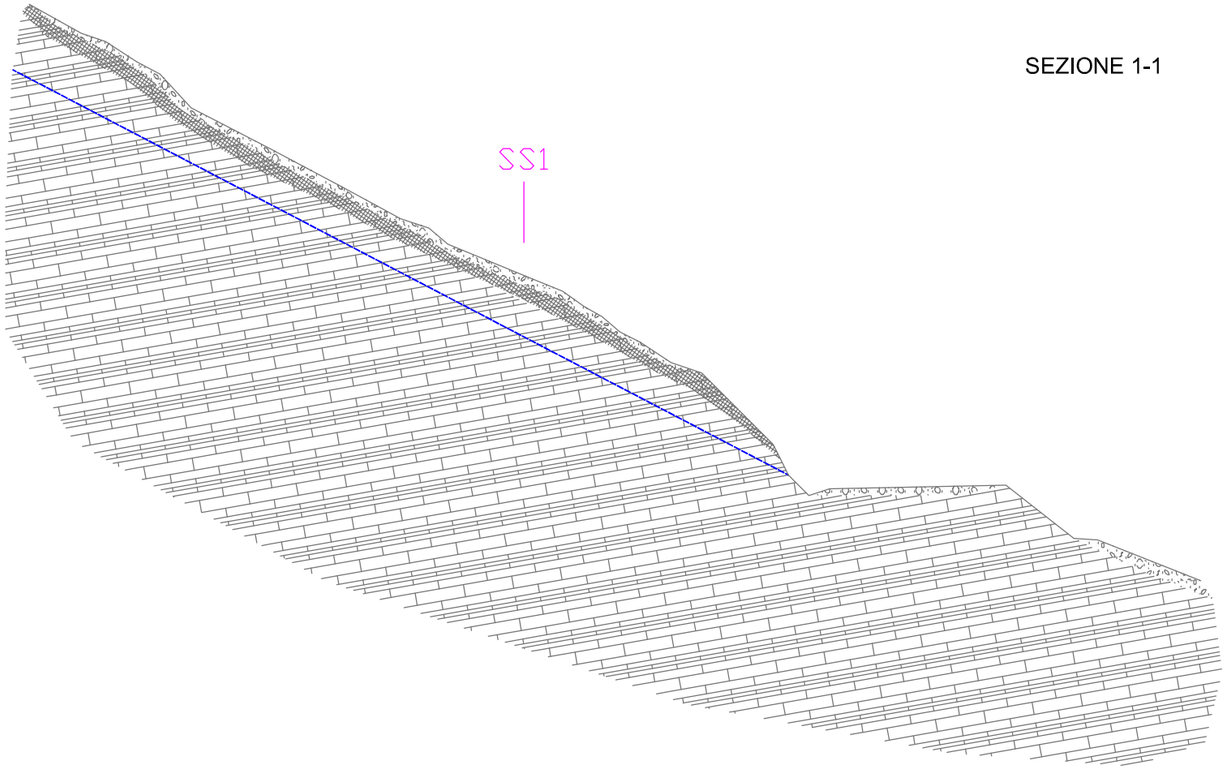
Residui di coltivazione ampiamente rimaneggiati

A — Traccia di sezione stratigrafica

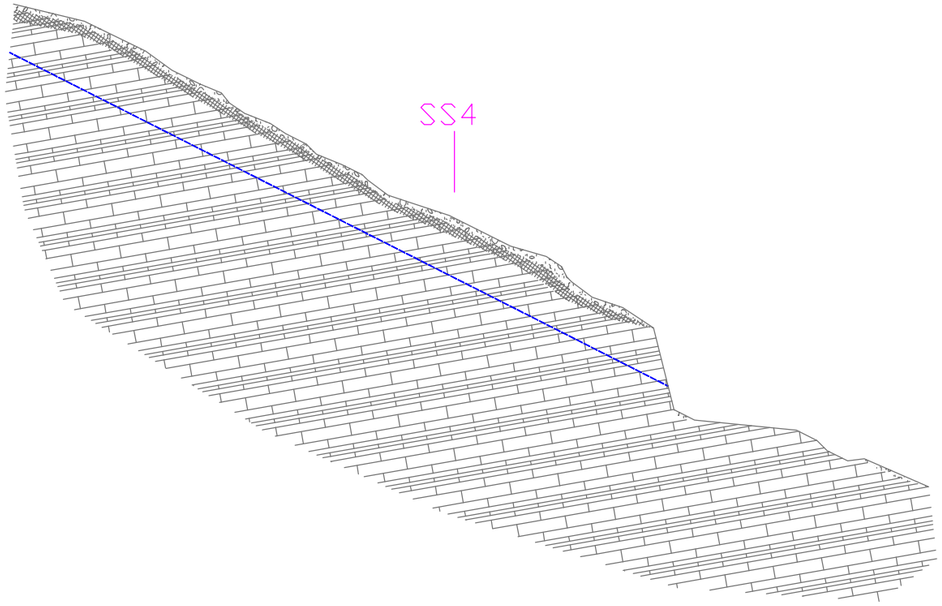
FIGURA:		SCALA:
4	CARTA GEOLOGICO-TECNICA	1:1000



SEZIONE 1-1



SEZIONE 2-2

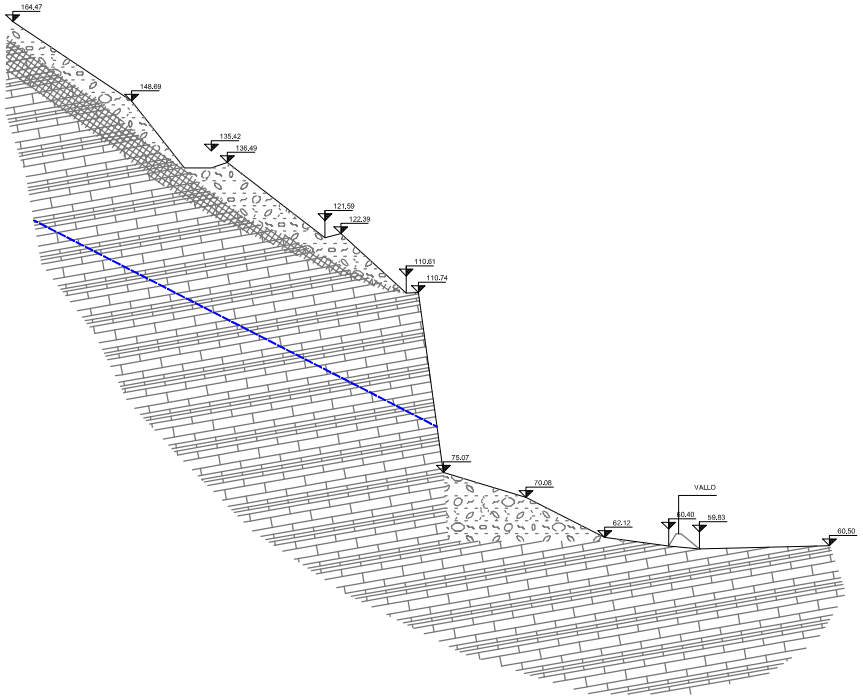


SEZIONE 3-3

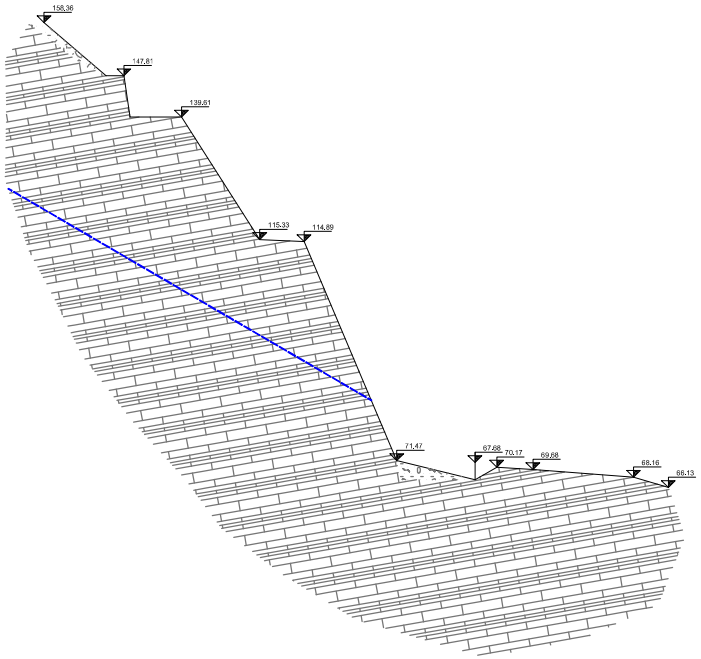
LEGENDA

- Coltre detritica
- Substrato roccioso molto alterato e fratturato
- Substrato roccioso in discrete condizioni di conservazione
- Superficie di falda ipotizzata
- SS1 — Stesa sismica a rifrazione

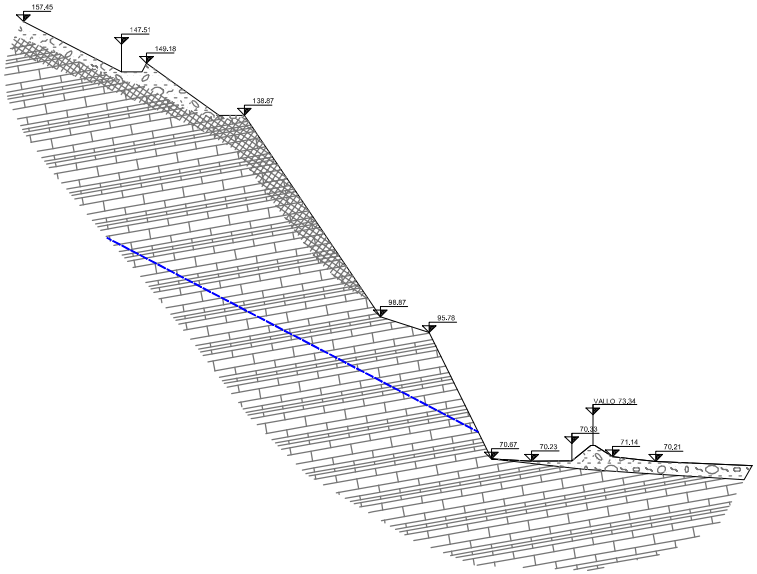
FIGURA:		SCALA:
5A	SEZIONI STRATIGRAFICHE VERSANTE	1:3000



SEZIONE AA'



SEZIONE BB'



SEZIONE CC'

LEGENDA

- Coltre detritica
- Substrato roccioso molto alterato e fratturato
- Substrato roccioso in discrete condizioni di conservazione
- Superficie di falda ipotizzata

FIGURA:		SCALA:
5B	SEZIONI STRATIGRAFICHE FRONTE DI CAVA	1:1500

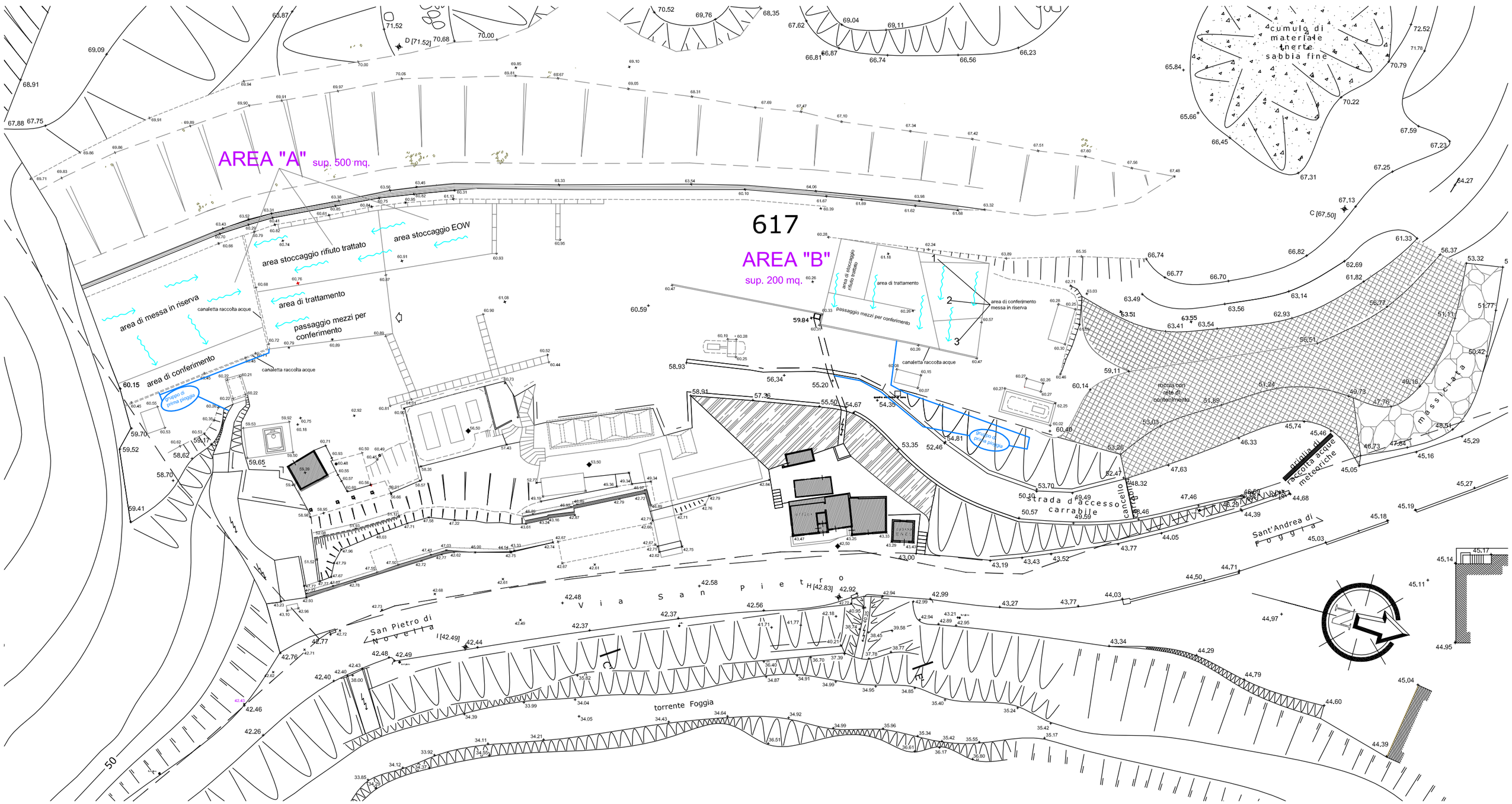


FIGURA 6A: PLANIMETRIA QUOTATA SITUAZIONE ATTUALE

scala 1:500

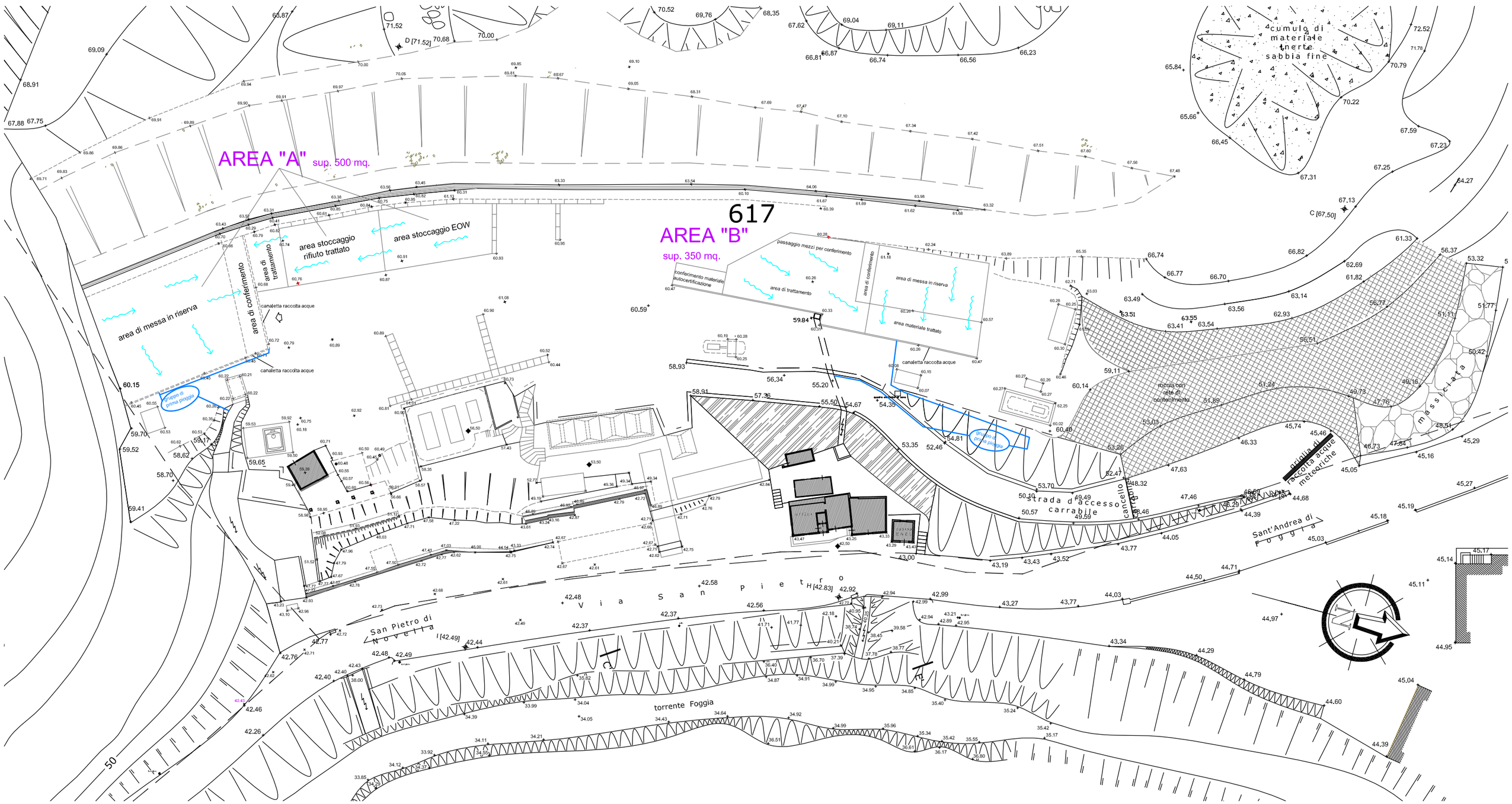


FIGURA 6B: PLANIMETRIA QUOTATA A PROGETTO

scala 1:500

PARAMETRI	INTERVALLI VALORI				
Resist. Compress.	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa
R1: valori parametro	15	12	7	4	2
R.Q.D. (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	<25
R2: valori parametro	20	17	13	8	3
Spaziatura discontinuità	> 2 m	0,6-2,0 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	< 0,06 m
R3: valori parametro	20	15	10	8	5
persistenza/continuità	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
R4: valori parametro	6	4	2	1	0
apertura delle discontinuità	nessuna	<0,1 mm	0,1-1,0 mm	1-5 mm	> 5 mm
R4: valori parametro	6	5	4	1	0
rugosità del giunto	molto rugoso	rugoso	leggerm. rugoso	liscio	levigato
R4: valori parametro	6	5	3	1	0
tipo di riempimento	nessuno	duro < 5 mm	duro > 5 mm	mollo < 5 mm	mollo > 5 mm
R4: valori parametro	6	4	2	2	0
alterazione del giunto	non alterato	leggerm. alterato	moderat. alterato	molto alterato	degradato
R4: valori parametro	6	5	3	1	0
Condizioni idrauliche	asciutto	umido	bagnato	stillicidio	venute d'acqua
R5: valori parametro	15	10	7	4	0
Compensazione (+ R6)	molto fav.	favorevole	mediocre	sfavorevole	molto sfav.
Valori Parametro	0	-5	-25	-50	-60

Classi di ammassi rocciosi (Bieniawski, 1989)

INDICE R.M.R.	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Classe dell'ammasso	I	II	III	IV	V
Descrizioni dell'A.R.	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Pessimo
Coesione dell'A.R. (kPa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
Angolo di attrito dell'A.R. (°)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

TABELLA 1

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DI Z.T.BIENIAWSKI (1989)

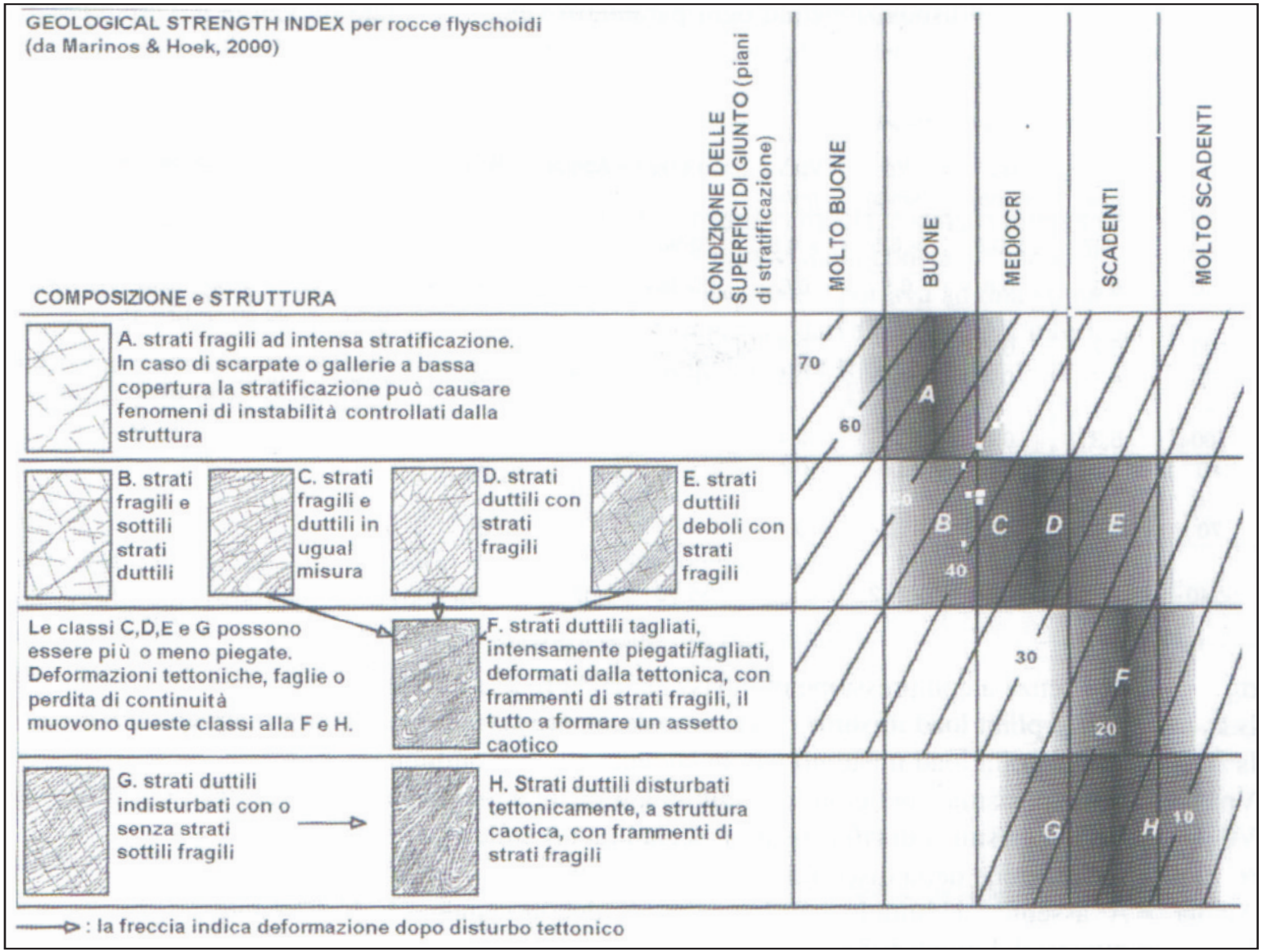


TABELLA 2
VALORI GSI INDICATI PER FORMAZIONI TIPO FLYSCH

ANALISI STATISTICA A VARIANZA NOTA

$Xk=Xm(1 \pm 1.645*COV/\sqrt{n})$

Xk=valore caratteristico del parametro
Xm=valore medio del parametro
COV= coefficiente di variazione =dev.st. della popolazione/media della popolazione
n= numerosità del campione

1) DEFINIZIONE DEI VALORI MEDI

Parametri	Dati di imput					Media	n
Φ (°)	29,3					**29,30**	**1**
c (kPa)	6,5					**6,50**	**1**
cu (kPa)	-					**-**	**-**
γ (MPa)	19,35					**19,35**	**1**
E (MPa)	-					**-**	**-**

2) DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI

Parametro	Val. medio	COV (%)	√n	Val caratt
Φ	29,30	10	1,00	24,48
c	6,50	40	1,00	2,22
cu	-	40	0,00	-
γ_{upper}	19,35	5	1,00	20,94
γ_{lower}	19,35	5	1,00	17,76
E	-	40	0,00	-

3) DEFINIZIONE DEI VALORI DI PROGETTO

Parametro	Val. caratteristico	DA1	DA2	Val.Prog		Val.Prog
				DA1	DA2	Scelto
Φ	24,48	1,25	1,00	20,01	24,48	
c	2,22	1,25	1,00	1,78	2,22	
cu	-	1,40	1,00	0,00	0,00	
γ_{upper}	20,94	1,00	1,00	20,94	20,94	
γ_{lower}	17,76	1,00	1,00	17,76	17,76	
E	-					

TABELLA 3
DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO TERRENI SCIOLTI

ANALISI STATISTICA A VARIANZA NOTA

$Xk=Xm(1 \pm 1.645*COV/\sqrt{n})$

Xk=valore caratteristico del parametro
Xm=valore medio del parametro
COV= coefficiente di variazione =dev.st. della popolazione/media della popolazione
n= numerosità del campione

1) DEFINIZIONE DEI VALORI MEDI

Parametri						Media	n
Φ (°)	33	34	35	36	36	**35,17**	**6**
	37						
c (kPa)	52	57	60	67	66	**62,67**	**6**
	74						
σc (MPa)	25	30				**27,50**	**2**
γ (MPa)	25,5	26,5	26			**26,00**	**3**
E (MPa)	956	1148	1093	1311	1204	**1192,83**	**6**
	1445						

2) DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI

Parametro	Val. medio	COV (%)	√n	Val caratt
Φ	35,17	10	2,45	32,80
c	62,67	40	2,45	45,83
σc	27,50	40	1,41	14,70
γ_{upper}	26,00	5	1,73	27,23
γ_{lower}	26,00	5	2,45	25,13
E	1192,83	40	2,45	872,41

3) DEFINIZIONE DEI VALORI DI PROGETTO

Parametro	Val. caratteristico	DA1	DA2	Val.Prog		Val.Prog
				DA1	DA2	Scelto
Φ	32,80	1,25	1,00	27,28	32,80	
c	45,83	1,25	1,00	36,67	45,83	
σc	14,70	1,60	1,60	9,19	9,19	
γ_{upper}	27,23	1,00	1,00	27,23	27,23	
γ_{lower}	25,13	1,00	1,00	25,13	25,13	
E	872,41					

TABELLA 4
DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO AMMASSO ROCCIOSO ALTERATO

ANALISI STATISTICA A VARIANZA NOTA

$Xk=Xm(1 \pm 1.645*COV/\sqrt{n})$

Xk=valore caratteristico del parametro
Xm=valore medio del parametro
COV= coefficiente di variazione =dev.st. della popolazione/media della popolazione
n= numerosità del campione

1) DEFINIZIONE DEI VALORI MEDI

Parametri						Media	n
Φ (°)	40	41	41	42	42	**42,11**	**9**
	43	43	43	44			
c (kPa)	95	102	109	114	123	**121,78**	**9**
	132	130	140	151			
σc (MPa)	45	50	55			**50,00**	**3**
γ (MPa)	25,5	26	26,5			**26,00**	**3**
E (MPa)	2168	2409	2650	2536	2818	**2792,33**	**9**
	3100	2835	3150	3465			

2) DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI

Parametro	Val. medio	COV (%)	√n	Val caratt
Φ	42,11	10	3,00	39,80
c	121,78	40	3,00	95,07
σc	50,00	40	1,73	31,01
γ_{upper}	26,00	5	1,73	27,23
γ_{lower}	26,00	5	3,00	25,29
E	2792,33	40	3,00	2179,88

3) DEFINIZIONE DEI VALORI DI PROGETTO

Parametro	Val. caratteristico	DA1	DA2	Val.Prog		Val.Prog
				DA1	DA2	Scelto
Φ	39,80	1,25	1,00	33,69	39,80	
c	95,07	1,25	1,00	76,05	95,07	
σc	31,01	1,60	1,60	19,38	19,38	
γ_{upper}	27,23	1,00	1,00	27,23	27,23	
γ_{lower}	25,29	1,00	1,00	25,29	25,29	
E	2179,88					

TABELLA 5
DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO AMMASSO ROCCIOSO

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.
latitudine: 44,3688
longitudine: 9,20735
Classe: 1
Vita nominale: 100

Siti di riferimento
Sito 1 ID: 16921 Lat: 44,4056 Lon: 9,1516 Distanza: 6026,482
Sito 2 ID: 16922 Lat: 44,4081 Lon: 9,2215 Distanza: 4513,132
Sito 3 ID: 17143 Lat: 44,3557 Lon: 9,1552 Distanza: 4395,325
Sito 4 ID: 17144 Lat: 44,3582 Lon: 9,2251 Distanza: 1838,748

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: A
Categoria topografica: T4
Periodo di riferimento: 70anni
Coefficiente cu: 0,7

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Prob. di superamento:	81 %	63 %	10 %	5 %
Tr:	42 [anni]	70 [anni]	664 [anni]	1365 [anni]
ag:	0,035 g	0,043 g	0,100 g	0,131 g
Fo:	2,54	2,54	2,52	2,49
Tc*:	0,211 [s]	0,239 [s]	0,288 [s]	0,294 [s]

Coefficienti Sismici

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,000	1,000	1,000	1,000
Cc	1,000	1,000	1,000	1,000
St	1,400	1,400	1,400	1,400
Kh	0,010	0,012	0,038	0,049
Kv	0,005	0,006	0,019	0,025
Amax	0,478	0,586	1,377	1,794
Beta	0,200	0,200	0,270	0,270

TABELLA 6-DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI (ANALISI DI STABILITA')

ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE

Report 13 aprile 2012

N. 2 certificati G.E.T.

INDAGINE GEOFISICA CON METODO SISMICO A RIFRAZIONE

COMUNE DI RAPALLO (GE)
Cava Daneri Garibotti

13 aprile 2011

COMMENTO AI RISULTATI

Su incarico della Committenza, su indicazioni del responsabile alle indagini geologiche a corredo del progetto di sistemazione della Cava Daneri Garibotti in località San Pietro nel Comune di Rapallo, è stata eseguita una campagna di indagini sismiche a rifrazione con l'obiettivo di determinare la sismostratigrafia delle sezioni indagate ed individuare la profondità del substrato rigido.
In dettaglio sono stati svolti n.4 stendimenti sismici di lunghezza utile pari a 51.5 m (ss1) e 42 m (ss2, ss3 e ss4), ubicati in corrispondenza dei ripiani a monte dell'orlo superiore della cava.
Gli stendimenti sismici sono stati svolti con n.12 geofoni ed interdistanza di 2.5 m (ss1) e 2.0 m (ss2, ss3 e ss4); il terreno è stato energizzato mediante l'utilizzo di una mazza battente di 8 Kg su piastra metallica, posizionata in punti precisi rispetto alla geometria dei ricevitori:

- n.2 scoppi simmetrici (off-shots) esterni allo stendimento ad una distanza di 10 m e 12 m;
- n.2 scoppi simmetrici (end-shots) esterni allo stendimento ad una distanza di 2 m e 2.5 m;
- n.1 scoppio (mid-shots) al centro della stesa.

La geometria della stesa ed i parametri di acquisizione sono stati scelti tenendo conto dei seguenti fattori:

- buon dettaglio nella definizione degli orizzonti superficiali;
- adeguata lunghezza per indagare a sufficiente profondità;
- spazio realmente a disposizione.

Per l'acquisizione del segnale è stato utilizzato uno strumento PASI LCM 12 CANALI; sono stati disposti sul terreno n.12 geofoni ed eseguite 5 energizzazioni (shot) con le quali è stato possibile evidenziare le variazioni della morfologia dei rifrattori (ALLEGATO 1).
L'elaborazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante software dedicato (SeisImager 2D, 2004) che consente la rappresentazione dei tempi di arrivo relativi ad ogni shot (dromocrone) e l'individuazione delle variazioni verticali di velocità dei diversi sismostrati.
I tempi di arrivo sono stati elaborati con il metodo dei Delay Times che utilizza i tempi di intercetta ed i tempi di ritardo per la definizione della profondità dei rifrattori al di sotto di ciascun geofono.
E' importante sottolineare che il passaggio da un'unità sismica all'altra ha un significato strettamente sismico, essendo il passaggio stesso una superficie di rifrazione separante verticalmente zone caratterizzate da diverse velocità di propagazione dell'impulso sismico.
Il segnale è risultato di buona qualità, con tempi di arrivo delle onde sismiche ben definiti; in sintesi si è ricavata la seguente situazione sismo-stratigrafica:

Stesa SS1

- in superficie è presente un primo orizzonte di spessore compreso tra 4.7 e 6.0 m, con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 500 m/s e 600 m/s, ascrivibile alla copertura sciolta, costituita da terreno grossolano con abbondanti clasti e blocchi lapidei in ispessimento verso est;
- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 1700 m/s e 1900 m/s, fino a profondità superiori a quelle d'indagine; l'orizzonte è assimilabile al substrato roccioso seppure le basse velocità registrate suggeriscano la presenza di un livello maggiormente alterato e fratturato, con porzioni disarticolate e/o ridotte in breccia.

Stesa SS2

- in superficie è presente un primo orizzonte di spessore compreso tra 4.1 e 4.5 m, con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 400 m/s e 500 m/s, ascrivibile alla copertura sciolta, costituita da terreno grossolano con abbondanti clasti e blocchi lapidei;
- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 1800 m/s e 1900 m/s, fino a profondità superiori a quelle

d'indagine; l'orizzonte è assimilabile al substrato roccioso, anche in questo caso tuttavia le basse velocità registrate indicano probabilmente la presenza di un livello maggiormente alterato e fratturato, con porzioni disarticolate e/o ridotte in breccia.

Stesa SS3

- in superficie è presente un primo orizzonte di spessore tra 4.3 – 4.4 m, con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 400 m/s e 500 m/s, ascrivibile alla copertura sciolta, costituita da terreno grossolano con abbondanti clasti e blocchi lapidei;
- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 1700 m/s e 1800 m/s, fino a profondità superiori a quelle d'indagine; l'orizzonte è assimilabile al substrato roccioso preceduto, come per la stesa ss1 e ss2, da un livello maggiormente alterato e fratturato.

Stesa SS4

- in superficie è presente un primo orizzonte di spessore compreso tra 1.9 e 2.9 m, con velocità delle onde sismiche oscillanti tra 300 m/s e 400 m/s, ascrivibile alla copertura sciolta, costituita da terreno grossolano con abbondanti clasti;
- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 1000 m/s e 1200 m/s, ascrivibile ad un terreno addensato con abbondanti trovanti e blocchi lapidei; lo spessore è variabile tra 4.0 e 5.0 m;
- al di sotto si rileva un livello caratterizzato da velocità più elevate delle onde sismiche, comprese tra 2000 m/s e 2100 m/s, fino a profondità superiori a quelle d'indagine; l'orizzonte è assimilabile al substrato roccioso mediamente fratturato.

L'indagine sismica ha permesso inoltre di acquisire alcune informazioni utili per definire il contenuto d'acqua nel terreno; le basse velocità sismiche registrate nei livelli superficiali (V_p<600m/s), inferiori alla velocità delle stesse in un mezzo saturo, consentono di valutare i terreni asciutti, in condizioni di naturale umidità.
I dati identificativi ed i parametri di acquisizione, oltre ai risultati in forma grafica delle prospezioni geofisiche eseguite, sono raccolti nell'ALLEGATO 1.

Genova, 13 aprile 2011

Geol. Andrea Benedettini



SISMICA A RIFRAZIONE: STESA N.01

DATI GENERALI DELLA STESA

Data:	13-apr-11
Richiedente:	Daneri & Garibotti
Località:	Cava San Pietro
Comune:	Rapallo (GE)

Lunghezza della stesa:	27,5
Lunghezza complessiva:	51,5
Numero geofoni:	12
Distanza intergeofonica:	2,5
Numero energizzazioni:	5

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Strumentazione:	PASI LCM 12C
Passo di campionamento:	0,1 ms
Durata di una traccia:	100 ms
Delay time:	0 ms
Sorgente:	mazza 8 kg

ELEMENTI DELLA STESA

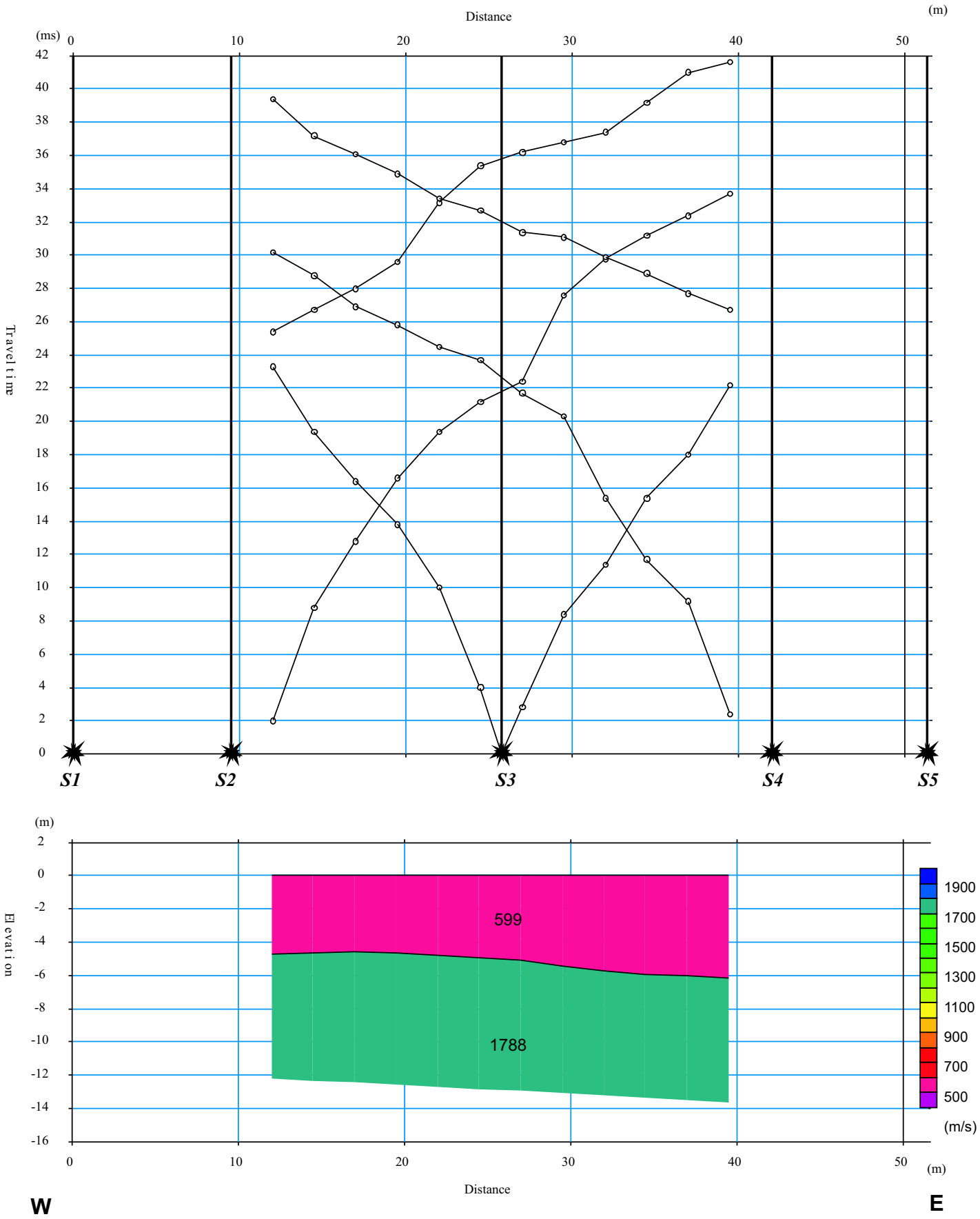
SHOT= posizione in m

nome	***y***	***x***
shot 01	0,0	0,0
shot 02	0,0	9,5
shot 03	0,0	25,8
shot 04	0,0	42,0
shot 05	0,0	51,5

GEOFONI=posizione in m - tempi di arrivo in ms

nome	***y***	***x***	***shot 01***	***shot 02***	***shot 03***	***shot 04***	***shot 05***
G1	0,0	12,0	25,4	2,0	23,3	30,2	39,4
G2	0,0	14,5	26,7	8,8	19,4	28,8	37,2
G3	0,0	17,0	28,0	12,8	16,4	26,9	36,1
G4	0,0	19,5	29,6	16,6	13,8	25,8	34,9
G5	0,0	22,0	33,2	19,4	10,0	24,5	33,4
G6	0,0	24,5	35,4	21,2	4,0	23,7	32,7
G7	0,0	27,0	36,2	22,4	2,8	21,7	31,4
G8	0,0	29,5	36,8	27,6	8,4	20,3	31,1
G9	0,0	32,0	37,4	29,8	11,4	15,4	29,9
G10	0,0	34,5	39,2	31,2	15,4	11,7	28,9
G11	0,0	37,0	41,0	32,4	18,0	9,2	27,7
G12	0,0	39,5	41,6	33,7	22,2	2,4	26,7

Stesa n.1


Distance
(m)
(ms)
0
10
20
30
40
50
42
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Travel time
S1
S2
S3
S4
S5
(m)
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
-16
Elevation
599
1788
1900
1700
1500
1300
1100
900
700
500
(m/s)
Distance
W
E

SISMICA A RIFRAZIONE: STESA N.02

DATI GENERALI DELLA STESA

Data:	13-apr-11
Richiedente:	Daneri & Garibotti
Località:	Cava San Pietro
Comune:	Rapallo (GE)

Lunghezza della stesa:	22,0
Lunghezza complessiva:	42,0
Numero geofoni:	12
Distanza intergeofonica:	2,0
Numero energizzazioni:	5

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Strumentazione:	PASI LCM 12C
Passo di campionamento:	0,1 ms
Durata di una traccia:	100 ms
Delay time:	0 ms
Sorgente:	mazza 8 kg

ELEMENTI DELLA STESA

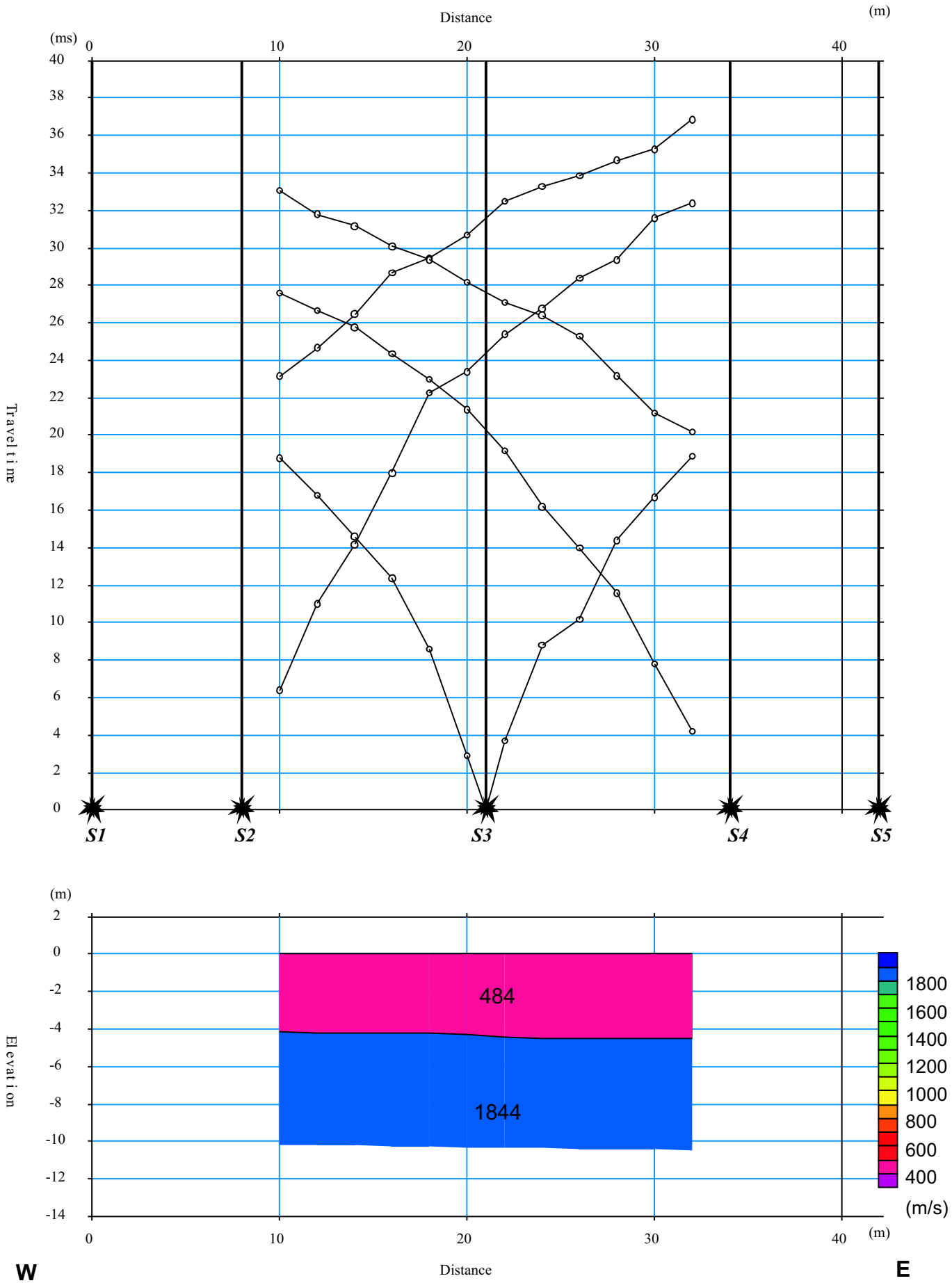
SHOT= posizione in m

nome	***y***	***x***
shot 01	0,0	0,0
shot 02	0,0	8,0
shot 03	0,0	21,0
shot 04	0,0	34,0
shot 05	0,0	42,0

GEOFONI=posizione in m - tempi di arrivo in ms

nome	***y***	***x***	***shot 01***	***shot 02***	***shot 03***	***shot 04***	***shot 05***
G1	0,0	10,0	23,2	6,4	18,8	27,6	33,1
G2	0,0	12,0	24,7	11,0	16,8	26,7	31,8
G3	0,0	14,0	26,5	14,2	14,6	25,8	31,2
G4	0,0	16,0	28,7	18,0	12,4	24,4	30,1
G5	0,0	18,0	29,5	22,3	8,6	23,0	29,4
G6	0,0	20,0	30,7	23,4	2,9	21,4	28,2
G7	0,0	22,0	32,5	25,4	3,7	19,2	27,1
G8	0,0	24,0	33,3	26,8	8,8	16,2	26,4
G9	0,0	26,0	33,9	28,4	10,2	14,0	25,3
G10	0,0	28,0	34,7	29,4	14,4	11,6	23,2
G11	0,0	30,0	35,3	31,6	16,7	7,8	21,2
G12	0,0	32,0	36,9	32,4	18,9	4,2	20,2

Stesa n.2


Distance
(m)
(ms)
0
10
20
30
40
Travel time
S1
S2
S3
S4
S5
(m)
Elevation
484
1844
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
(m/s)
W
E
Distance

SISMICA A RIFRAZIONE: STESA N.03

DATI GENERALI DELLA STESA

Data:	13-apr-11
Richiedente:	Daneri & Garibotti
Località:	Cava San Pietro
Comune:	Rapallo (GE)

Lunghezza della stesa:	22,0
Lunghezza complessiva:	42,0
Numero geofoni:	12
Distanza intergeofonica:	2,0
Numero energizzazioni:	5

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Strumentazione:	PASI LCM 12C
Passo di campionamento:	0,1 ms
Durata di una traccia:	100 ms
Delay time:	0 ms
Sorgente:	mazza 8 kg

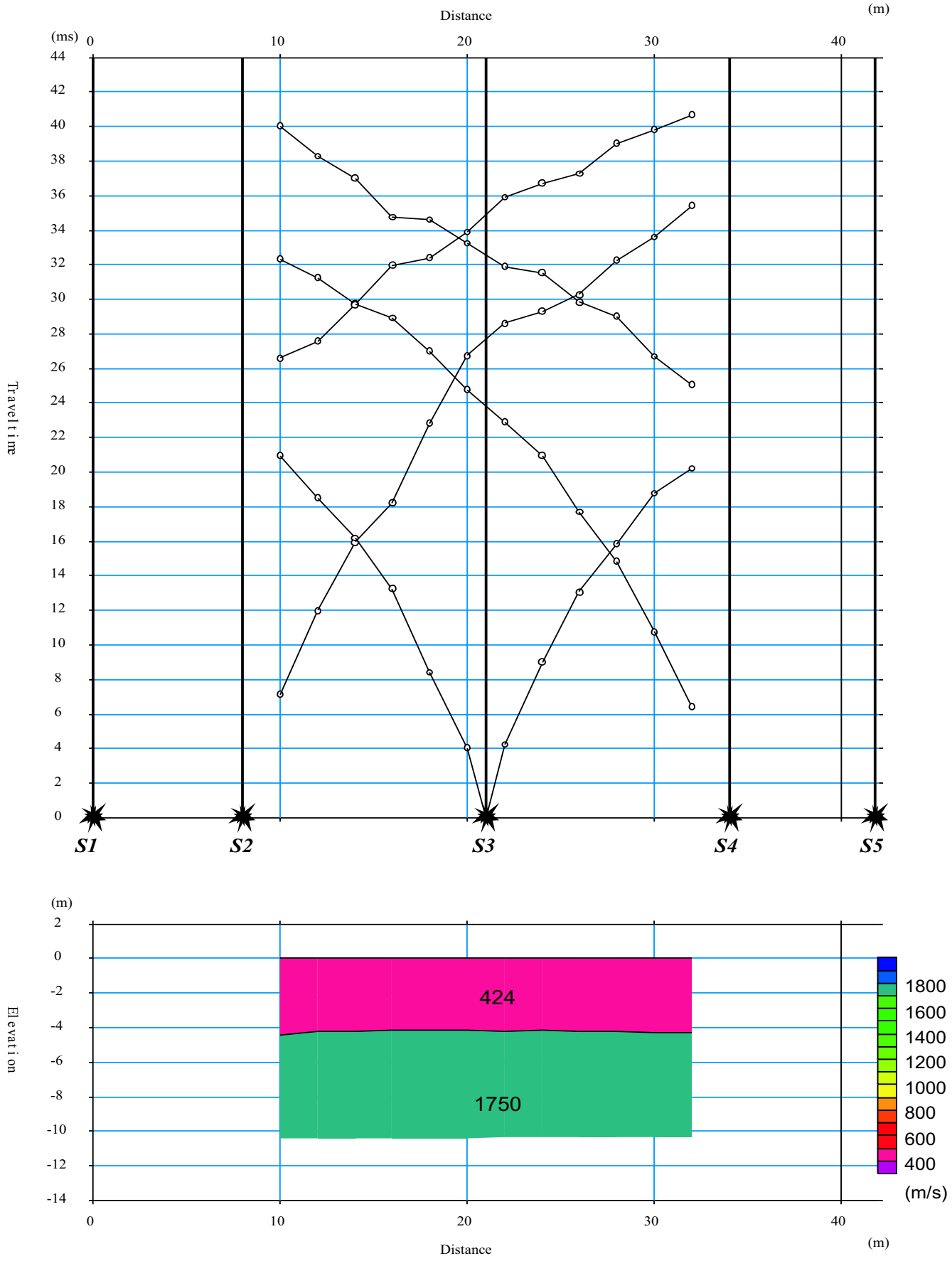
ELEMENTI DELLA STESA

SHOT= posizione in m

nome	***y***	***x***
shot 01	0,0	0,0
shot 02	0,0	8,0
shot 03	0,0	21,0
shot 04	0,0	34,0
shot 05	0,0	42,0

GEOFONI=posizione in m - tempi di arrivo in ms

nome	***y***	***x***	***shot 01***	***shot 02***	***shot 03***	***shot 04***	***shot 05***
G1	0,0	10,0	26,6	7,2	21,0	32,4	40,0
G2	0,0	12,0	27,6	12,0	18,5	31,3	38,3
G3	0,0	14,0	29,8	16,0	16,2	29,7	37,0
G4	0,0	16,0	32,0	18,2	13,3	29,0	34,8
G5	0,0	18,0	32,4	22,9	8,5	27,0	34,7
G6	0,0	20,0	33,9	26,8	4,1	24,8	33,3
G7	0,0	22,0	35,9	28,6	4,3	22,9	31,9
G8	0,0	24,0	36,7	29,4	9,0	21,0	31,6
G9	0,0	26,0	37,3	30,3	13,1	17,7	29,8
G10	0,0	28,0	39,0	32,3	15,9	14,9	29,0
G11	0,0	30,0	39,8	33,6	18,8	10,8	26,7
G12	0,0	32,0	40,7	35,5	20,2	6,4	25,1


Distance
(m)
(ms)
0
10
20
30
40
44
42
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Traveltime
S1
S2
S3
S4
S5
(m)
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
Elevation
424
1750
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
(m/s)
Distance
(m)

SISMICA A RIFRAZIONE: STESA N.04

DATI GENERALI DELLA STESA

Data:	13-apr-11
Richiedente:	Daneri & Garibotti
Località:	Cava San Pietro
Comune:	Rapallo (GE)

Lunghezza della stesa:	22,0
Lunghezza complessiva:	42,0
Numero geofoni:	12
Distanza intergeofonica:	2,0
Numero energizzazioni:	5

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Strumentazione:	PASI LCM 12C
Passo di campionamento:	0,1 ms
Durata di una traccia:	100 ms
Delay time:	0 ms
Sorgente:	mazza 8 kg

ELEMENTI DELLA STESA

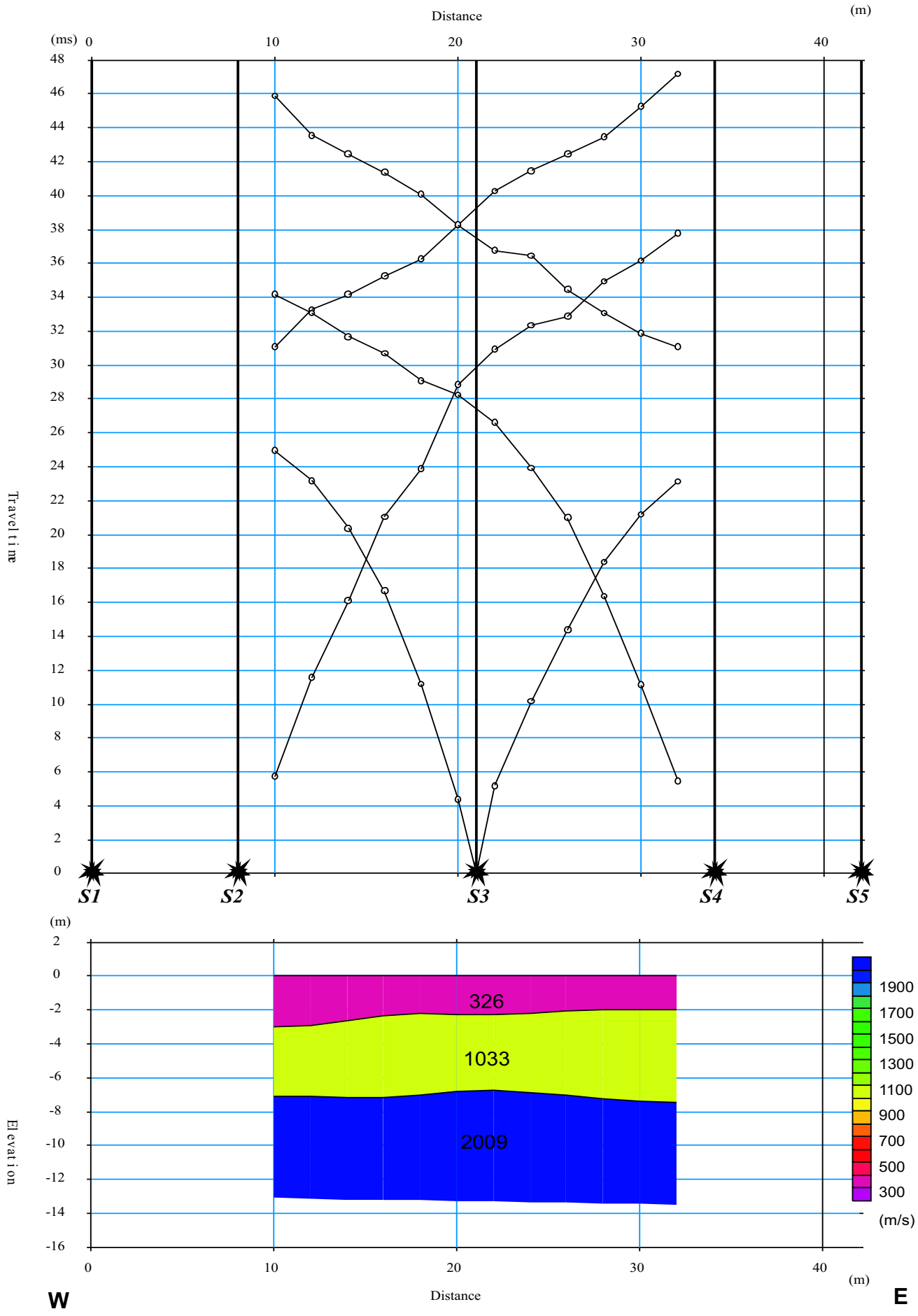
SHOT= posizione in m

nome	***y***	***x***
shot 01	0,0	0,0
shot 02	0,0	8,0
shot 03	0,0	21,0
shot 04	0,0	34,0
shot 05	0,0	42,0

GEOFONI=posizione in m - tempi di arrivo in ms

nome	***y***	***x***	***shot 01***	***shot 02***	***shot 03***	***shot 04***	***shot 05***
G1	0,0	10,0	31,1	5,7	25,0	34,2	45,9
G2	0,0	12,0	33,3	11,6	23,2	33,1	43,6
G3	0,0	14,0	34,2	16,1	20,4	31,7	42,5
G4	0,0	16,0	35,3	21,1	16,7	30,7	41,4
G5	0,0	18,0	36,3	23,9	11,2	29,1	40,1
G6	0,0	20,0	38,3	28,9	4,4	28,3	38,3
G7	0,0	22,0	40,3	30,9	5,2	26,6	36,8
G8	0,0	24,0	41,5	32,4	10,2	24,0	36,5
G9	0,0	26,0	42,5	32,9	14,4	21,0	34,5
G10	0,0	28,0	43,5	35,0	18,4	16,4	33,1
G11	0,0	30,0	45,3	36,2	21,2	11,1	31,9
G12	0,0	32,0	47,2	37,8	23,2	5,5	31,1

Stesa n.4


Distance
(m)
(ms)
0
10
20
30
40
48
46
44
42
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Traveltime
S1
S2
S3
S4
S5
(m)
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
-16
326
1033
2009
1900
1700
1500
1300
1100
900
700
500
300
(m/s)
Elevation
W
E
Distance
(m)

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

Cert. N°. 10-038-01

Data 09/05/2011

Cliente :	Società Cava S.Pietro di Garibotti Lilitto, Lorena
Località :	Rapallo
Identificazione Campione :	P1 - Ci1
Profondità (m) :	0.00 - 0.50
Tipo del Campione :	Indisturbato
Descrizione del Materiale :	Limo di bassa plasticità con sabbia
Colore :	Bruno
Classificazione U.S.C.S. :	ML

Data Ricevimento :	14 aprile 2011
Data Esecuzione Prova :	5 maggio 2011

Denominazione Prova :	Riferimenti Normativi :	Allegato
ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO	A.S.T.M. D 422-63	**X**
FRAZIONE PASSANTE AL SET ASTM N. 200	A.S.T.M. D 1140-00	
CONTENUTO NATURALE IN ACQUA	A.S.T.M. D 2216-05	**X**
LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG	A.S.T.M. D 4318-05	**X**
PESO DI VOLUME	B.S. 1377-2:1990	**X**
PESO SPECIFICO ASSOLUTO	A.S.T.M. D 854-06	
DETERMINAZIONE CARATTERISTICHE FISICHE	-	

Note :

I risultati relativi al presente certificato sono riferiti esclusivamente al campione in oggetto

Direttore : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

Cert. N°. 10-038-01
Data 09/05/2011

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D422-63

Cliente : Società Cava S.Pietro di Garibotti Lilitto, Lorena
Località : Rapallo
Id. campione : P1 - Ci1
Profondità (m) : 0.00 - 0.50

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	9.17
Sabbia (%)	16.10
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
P_{200} (%)	74.73
Diam. max (mm)	15.0

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare
Durezza : dura e resistente

ALTRI PARAMETRI

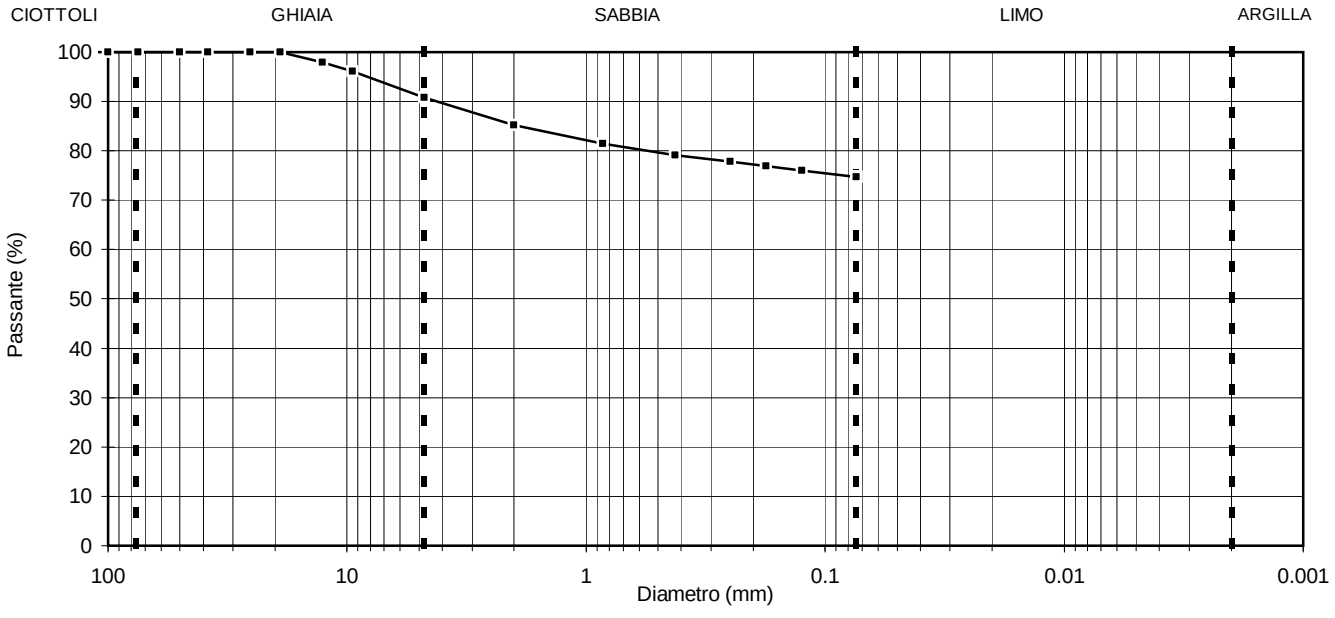
D_{60} (mm)	N.D.
D_{30} (mm)	N.D.
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
100.00	100.00
75.00	100.00
50.00	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	97.91
9.50	96.17
4.75	90.83
2.00	85.15
0.85	81.49
0.425	79.16
0.250	77.78
0.177	76.88
0.125	76.02
0.075	74.73

AEROMETRIA

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-



Direttore : PBY

Operatore : GO

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

Cert. N°. 10-038-01
Data 09/05/2011

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO NATURALE IN ACQUA - ASTM D2216-05

Cliente :	Società Cava S.Pietro di Garibotti Lilitto, Lorena
Località :	Rapallo
Identificazione campione :	P1 - Ci1
Profondità (m) :	0.00 - 0.50

Peso lordo umido	(g)	993.50
Peso lordo secco	(g)	857.90
Peso tara	(g)	287.04
Peso netto secco	(g)	570.86
Peso acqua	(g)	135.60
Contenuto in acqua	(%)	**23.75**

Direttore : PBY

Operatore : GO

Note :

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

Cert. N°. 10-038-01
Data 09/05/2011

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DI PLASTICITA' - ASTM D4318-05

Cliente : Società Cava S.Pietro di Garibotti Lilitto, Lorena
Località : Rapallo
Id. campione : P1 - Ci1
Profondità (m) : 0.00 - 0.50

LIMITE LIQUIDO (METODO A - MULTIPOINT)

Numero colpi (N)	31	26	18
Peso lordo umido (g)	116.15	104.26	108.25
Peso lordo secco (g)	102.25	92.34	95.87
Tara (g)	71.64	67.52	71.45
Peso netto secco (g)	30.61	24.82	24.42
Peso acqua (g)	13.90	11.92	12.38
Contenuto acqua (%)	45.4	48.0	50.7

DATI REGRESSIONE LINEARE

Pendenza	-0.40
Intercetta	58.04
Coeff. Correl.	-0.99

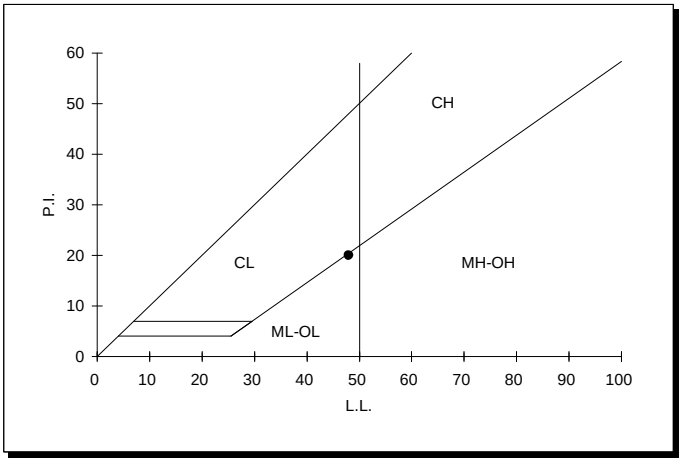
w % (per N=25) 48.0

LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido (g)	79.15	83.11
Peso lordo secco (g)	76.54	79.60
Tara (g)	67.38	67.04
Peso netto secco (g)	9.16	12.56
Peso acqua (g)	2.61	3.51
Contenuto acqua (%)	28.5	27.9

w % medio 28.2

CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



LIMITE DI LIQUIDITA' 48

LIMITE DI PLASTICITA' 28

INDICE PLASTICITA' 20

Direttore : PBY Operatore : GO
Note :

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

Cert. N°. 10-038-01
Data 09/05/2011

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME - BS 1377-2:1990

Cliente :	Società Cava S.Pietro di Garibotti Lilitto, Lorena
Località :	Rapallo
Identificazione campione :	P1 - Ci1
Profondità (m) :	0.00 - 0.50

Geometria della sezione del provino : circolare

Diametro	(cm)	9.50
Altezza	(cm)	11.98
Peso lordo	(g)	1675.00
Peso tara	(g)	0.00
Peso netto	(g)	1675.00
Volume	(cm^3)	849.17
Peso di volume	(kN/m^3)	**19.35**

Direttore : PBY

Operatore : GO

Note :

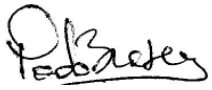
G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

Cert. N°. 11-038-02
Data 12/05/2011

Cliente :	Società Cava S.Pietro di Garibotti Lilitto, Lorena
Località :	Rapallo
Id. Campione :	P1 - Ci1
Profondità (m) :	0.00 - 0.50
Tipo del Campione :	Indisturbato
Descrizione del Materiale :	Limo di bassa plasticità con sabbia

Data Ricevimento :	14 aprile 2011
Data Esecuzione Prova :	5 maggio 2011
Denominazione Prova :	**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**
Riferimenti Normativi :	**A.S.T.M. D 3080-04**

Note :

Direttore Tecnico :  Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore :  Dott. Geol. Cristiano Pastore

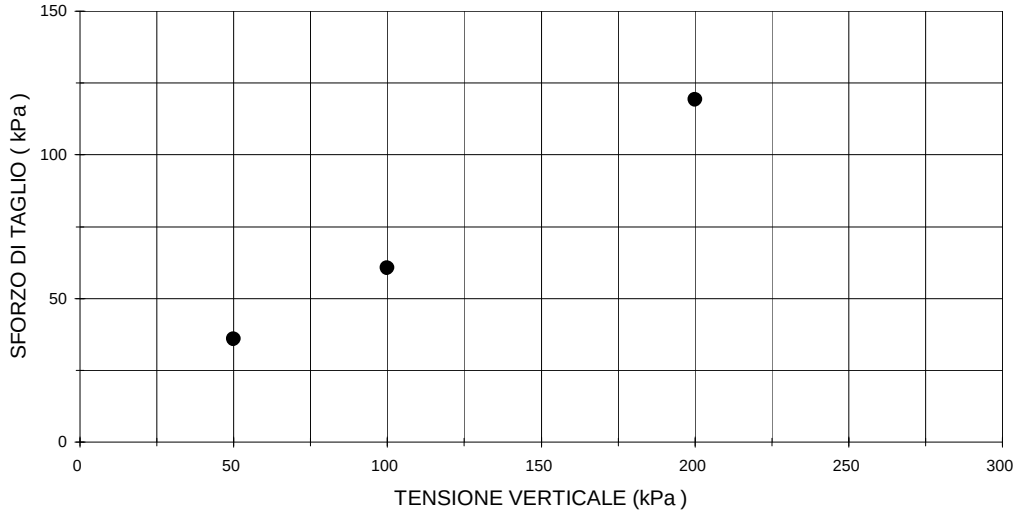
PROVA DI TAGLIO DIRETTO - A.S.T.M. D 3080-04

Cliente : Società Cava S.Pietro di Garibotti Lilitto, Lorena
Località : Rapallo
Id. Campione : P1 - Ci1
Profondità (m) : 0.00 - 0.50
Tipo di prova : CD
Dimensioni provino (cm) Altezza : 3.06 Lato : 6.00
Prova eseguita in scatola di Casagrande a sezione quadrata

CARATTERISTICHE INIZIALI	Provino 1	Provino 2	Provino 3
peso di volume inizale (kN/m^3)	19.19	19.15	19.13
umidità iniziale (%)	23.75	23.91	23.83
densità secca iniziale (kN/m^3)	15.51	15.46	15.45

CONDIZIONI A ROTTURA	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
tensione di consolidazione (kPa)	50	100	200
def. verticale dopo consolidazione (mm)	-0.26	-0.90	-1.46
def. verticale a rottura (mm)	-0.17	-0.29	-0.59
def. orizzontale a rottura (mm)	6.85	5.35	7.69
tensione di taglio di picco (kPa)	35.8	60.6	119.2
peso di volume finale (kN/m^3)	19.65	19.84	20.16
umidità finale (%)	24.35	23.17	21.27
densità secca finale (kN/m^3)	15.80	16.11	16.63

ROTTURA



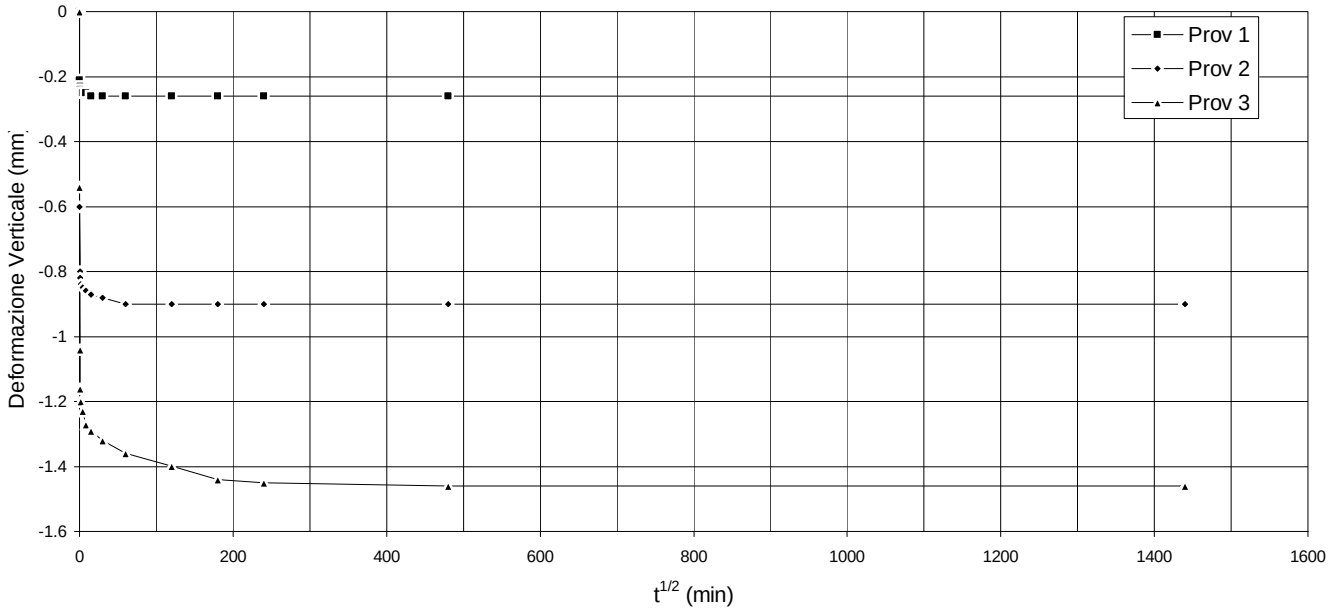
Note :
Prova eseguita sulla frazione del terreno passante al setaccio ASTM 4 (4.76 mm)

Direttore Tecnico : PBY Operatore : CRP

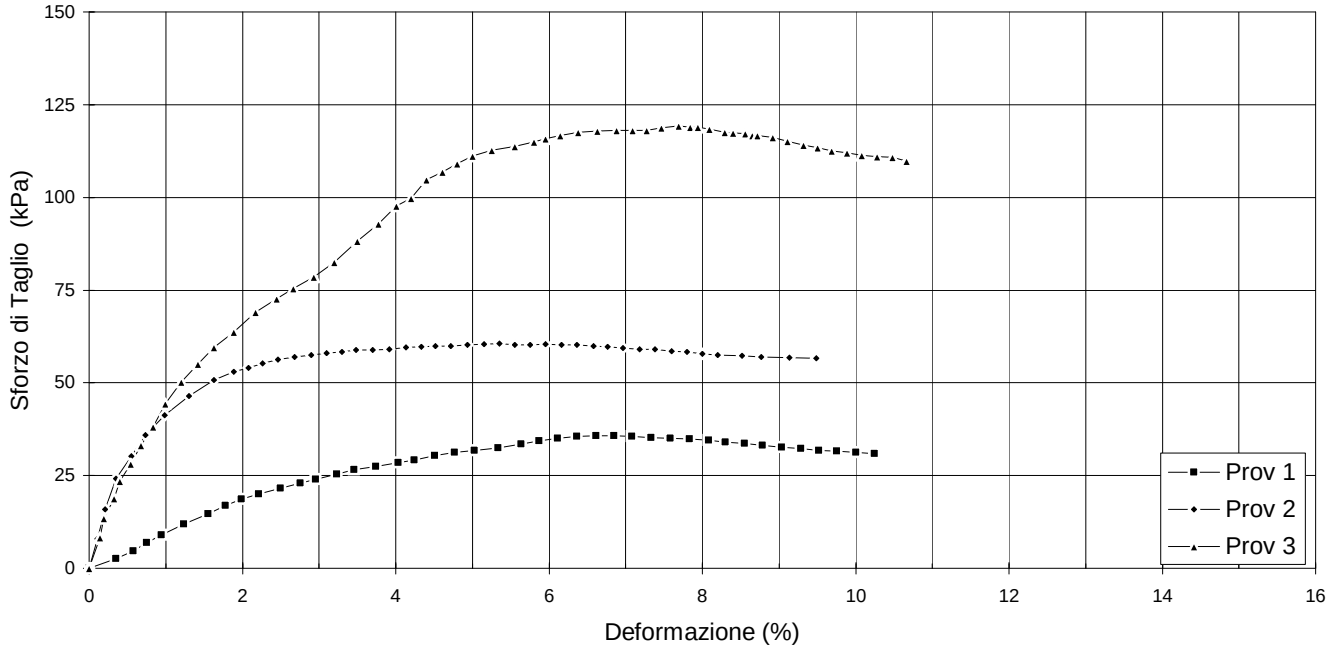
PROVA DI TAGLIO DIRETTO - A.S.T.M. D 3080-04

Cliente : Società Cava S.Pietro di Garibotti Lilitto, Lorena
Località : Rapallo
Id. Campione : P1 - Ci1
Profondità (m) : 0.00 - 0.50

CONSOLIDAZIONE
DEFORMAZIONE VERTICALE / RADICE QUADRATA DEL TEMPO



ROTTURA
SFORZO DI TAGLIO / DEFORMAZIONE



Direttore Tecnico : PBY Operatore : CRP

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - A.S.T.M. D 3080-04

Cliente : Società Cava S.Pietro di Garibotti Lilitto, Lorena
Località : Rapallo
Id. Campione : P1 - Ci1
Profondità (m) : 0.00 - 0.50

PROVINO 1		
H Def.	V Def.	τ
%	mm	Kpa
0.00	0.00	0.00
0.35	0.00	2.56
0.58	-0.01	4.61
0.76	-0.01	6.89
0.95	-0.01	9.06
1.23	-0.02	11.83
1.55	-0.02	14.72
1.78	-0.02	16.89
1.99	-0.03	18.67
2.21	-0.03	19.94
2.50	-0.04	21.61
2.76	-0.04	22.89
2.96	-0.05	24.06
3.23	-0.06	25.39
3.46	-0.06	26.50
3.74	-0.07	27.47
4.03	-0.08	28.53
4.24	-0.09	29.17
4.51	-0.09	30.33
4.77	-0.10	31.22
5.03	-0.11	31.83
5.34	-0.12	32.47
5.63	-0.13	33.42
5.87	-0.14	34.31
6.12	-0.15	35.11
6.37	-0.16	35.47
6.62	-0.17	35.72
6.85	-0.17	35.78
7.08	-0.18	35.63
7.33	-0.19	35.21
7.58	-0.21	35.00
7.83	-0.22	34.79
8.08	-0.24	34.53
8.30	-0.25	34.06
8.55	-0.26	33.69
8.78	-0.27	33.16
9.03	-0.28	32.63
9.28	-0.29	32.27
9.52	-0.30	31.84
9.75	-0.31	31.58
10.00	-0.31	31.22
10.25	-0.31	30.85

PROVINO 2		
H Def.	V Def.	τ
%	mm	Kpa
0.00	0.00	0.00
0.11	-0.03	7.92
0.21	-0.06	15.83
0.35	-0.08	24.11
0.55	-0.10	30.25
0.74	-0.13	35.86
0.99	-0.14	41.22
1.30	-0.15	46.44
1.63	-0.17	50.83
1.88	-0.19	52.97
2.08	-0.20	54.11
2.27	-0.21	55.28
2.47	-0.22	56.25
2.68	-0.22	57.00
2.90	-0.23	57.53
3.10	-0.23	57.97
3.30	-0.24	58.33
3.48	-0.24	58.81
3.70	-0.24	58.92
3.92	-0.25	59.03
4.13	-0.26	59.56
4.33	-0.26	59.78
4.52	-0.27	59.86
4.72	-0.27	59.97
4.93	-0.28	60.31
5.15	-0.29	60.42
5.35	-0.29	60.56
5.55	-0.29	60.19
5.75	-0.30	60.31
5.95	-0.30	60.50
6.17	-0.31	60.31
6.37	-0.31	60.31
6.58	-0.32	59.97
6.77	-0.32	59.67
6.97	-0.33	59.44
7.18	-0.33	59.03
7.38	-0.34	59.03
7.60	-0.34	58.58
7.80	-0.34	58.28
8.00	-0.34	57.75
8.20	-0.34	57.42
8.52	-0.34	57.22
8.77	-0.34	56.94
9.13	-0.34	56.81
9.48	-0.34	56.67

PROVINO 3		
H Def.	V Def.	τ
%	mm	Kpa
0.00	0.00	0.00
0.14	-0.04	8.29
0.19	-0.11	13.46
0.33	-0.13	18.77
0.40	-0.16	23.54
0.54	-0.19	28.05
0.68	-0.22	33.22
0.84	-0.24	38.13
1.00	-0.26	44.29
1.21	-0.28	50.20
1.42	-0.29	55.15
1.63	-0.31	59.51
1.88	-0.33	63.65
2.17	-0.34	68.97
2.44	-0.36	72.75
2.67	-0.37	75.50
2.93	-0.39	78.47
3.20	-0.40	82.43
3.50	-0.41	88.15
3.78	-0.42	92.91
4.01	-0.43	97.64
4.20	-0.44	99.81
4.40	-0.46	104.76
4.61	-0.47	106.92
4.80	-0.48	109.12
5.00	-0.49	111.10
5.26	-0.50	112.68
5.55	-0.51	113.67
5.81	-0.52	115.02
5.96	-0.53	115.83
6.15	-0.54	116.64
6.38	-0.55	117.63
6.63	-0.55	117.81
6.89	-0.56	117.99
7.09	-0.57	117.99
7.28	-0.57	117.99
7.47	-0.58	118.80
7.69	-0.59	119.20
7.84	-0.59	118.98
7.94	-0.60	118.98
8.09	-0.61	118.40
8.29	-0.61	117.63
8.40	-0.62	117.33
8.56	-0.62	117.22
8.65	-0.63	116.64
8.72	-0.64	116.75
8.92	-0.65	116.23
9.11	-0.66	115.21
9.32	-0.67	114.14
9.50	-0.68	113.45
9.68	-0.68	112.60
9.88	-0.69	112.09
10.08	-0.69	111.39
10.28	-0.70	111.03
10.48	-0.71	110.88
10.67	-0.71	109.82

ALLEGATO 3 - ANALISI DI STABILITA' VERSANTE

Figura n°	Oggetto
1-3	Verifiche di stabilità generale

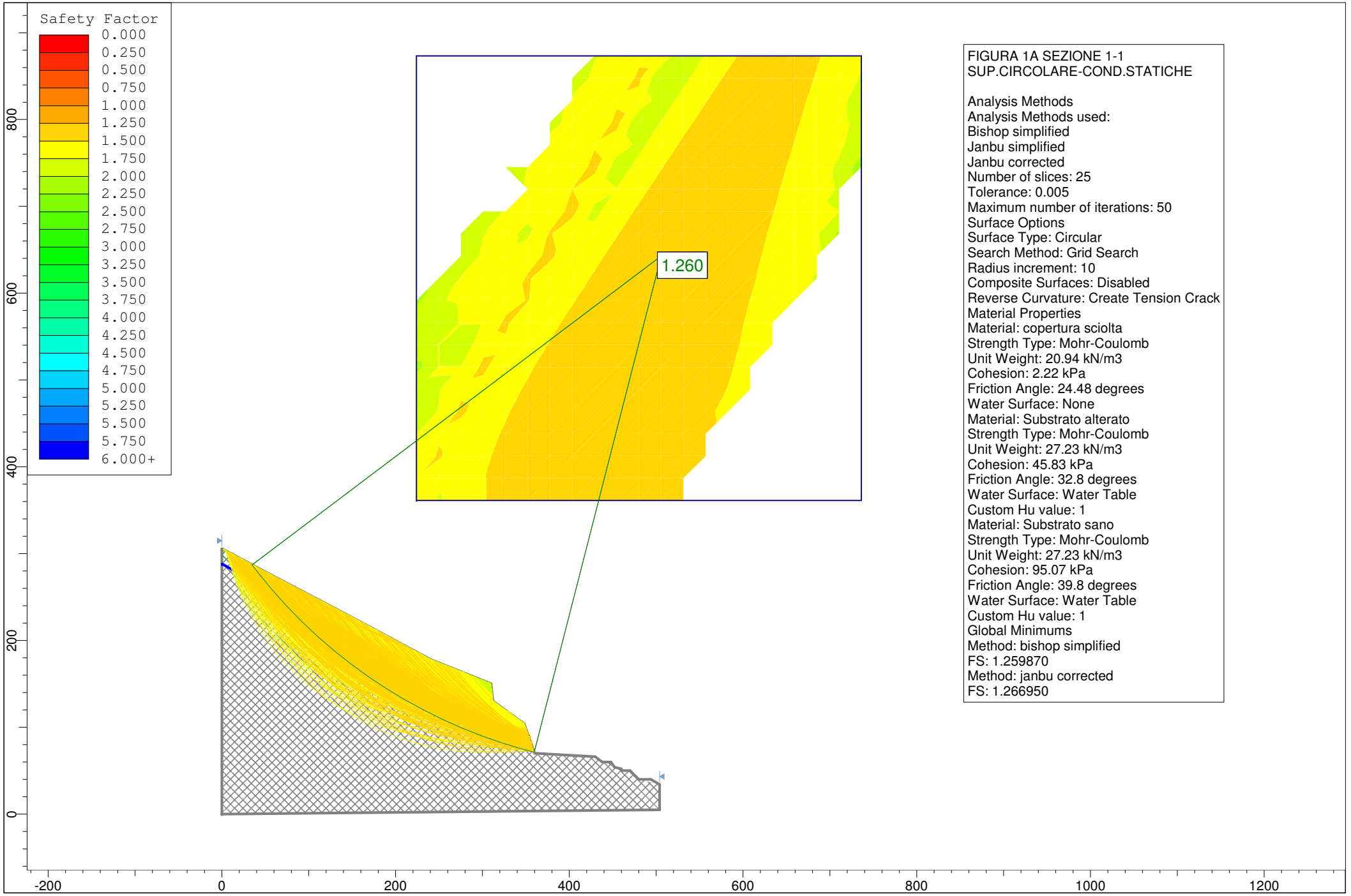


FIGURA 1A SEZIONE 1-1
SUP.CIRCOLARE-COND.STATICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.259870
Method: janbu corrected
FS: 1.266950

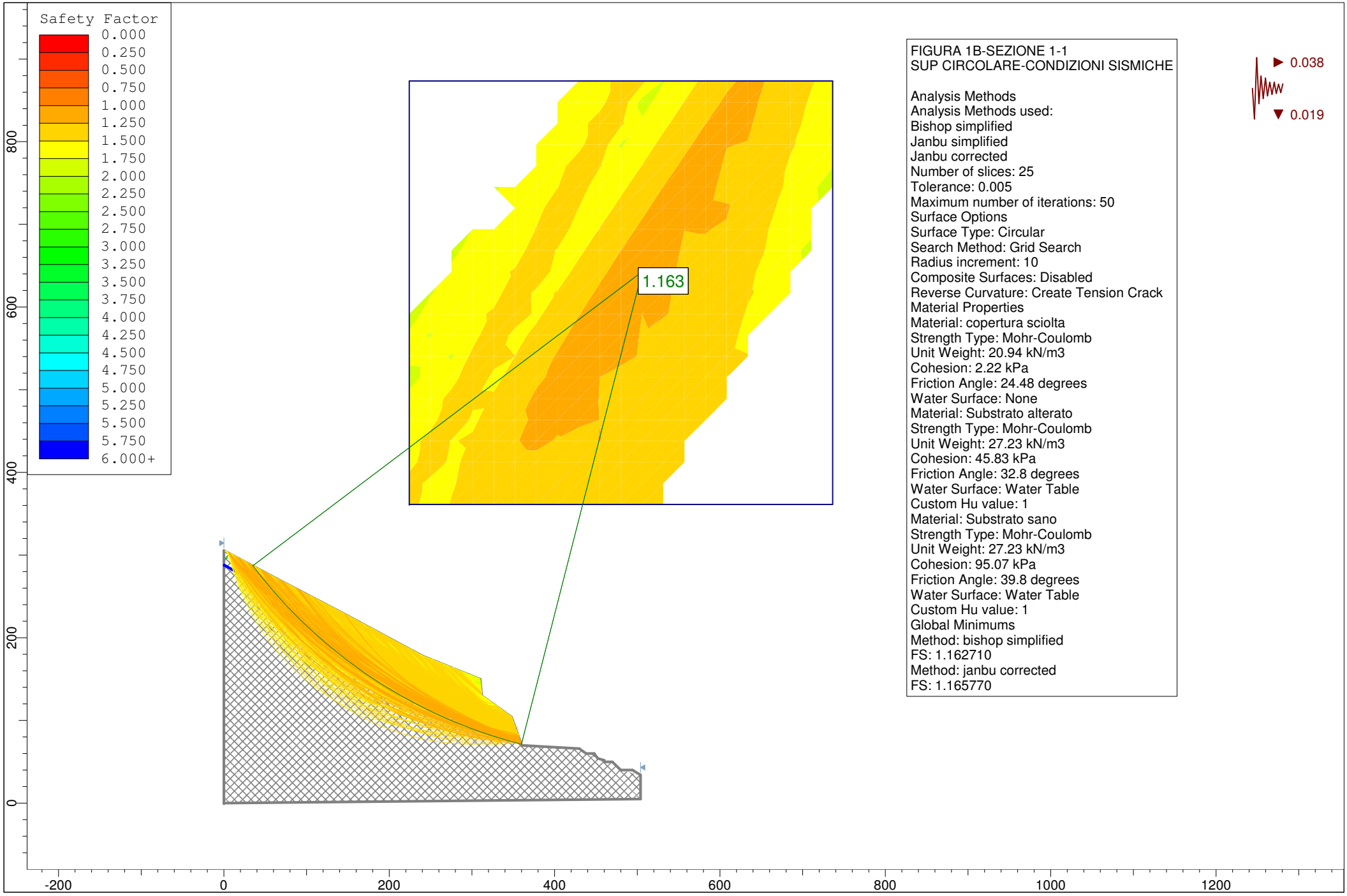


FIGURA 1B-SEZIONE 1-1
SUP CIRCOLARE-CONDIZIONI SISMICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.162710
Method: janbu corrected
FS: 1.165770

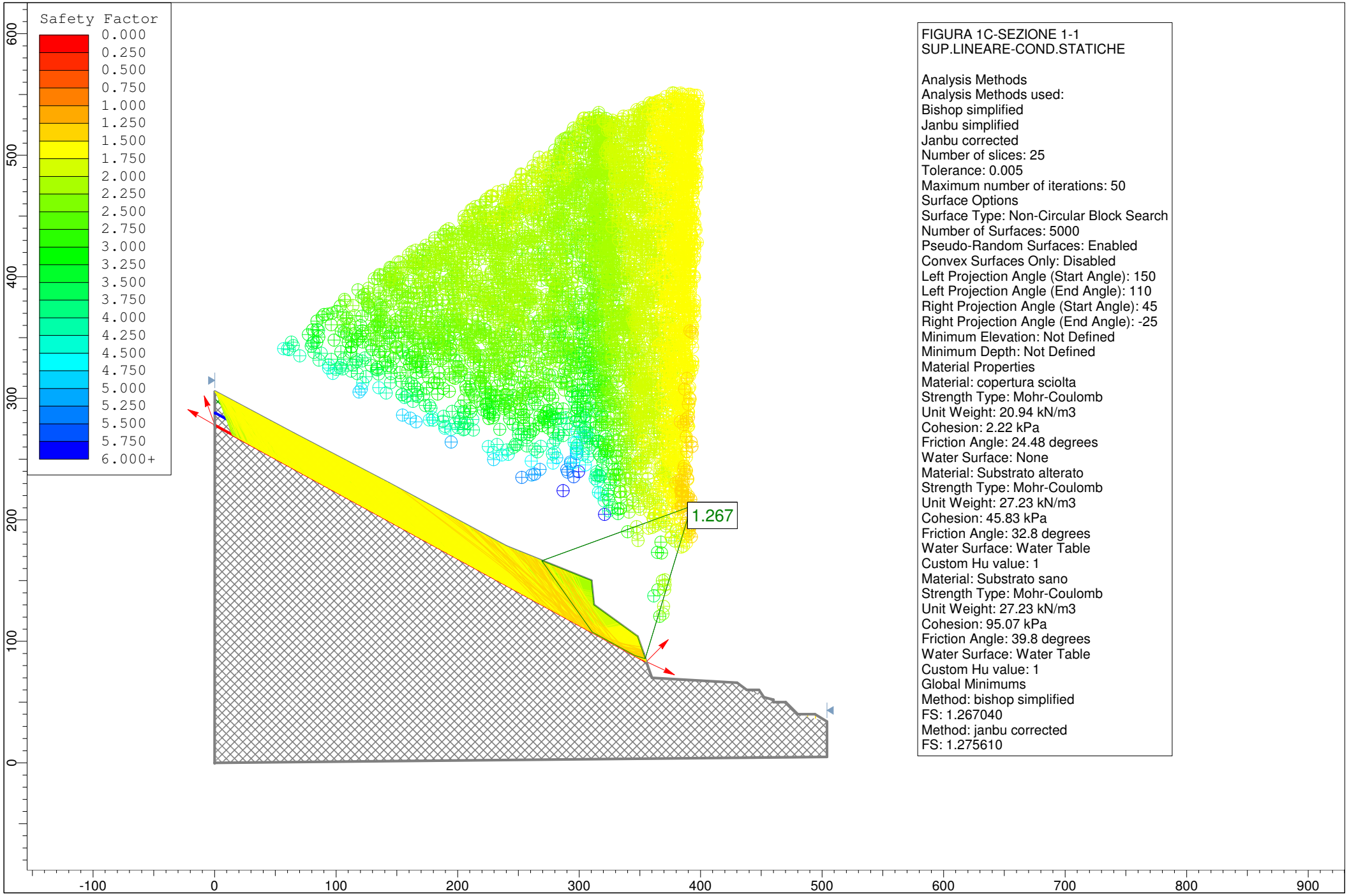


FIGURA 1C-SEZIONE 1-1
SUP.LINEARE-COND.STATICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 150
Left Projection Angle (End Angle): 110
Right Projection Angle (Start Angle): 45
Right Projection Angle (End Angle): -25
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.267040
Method: janbu corrected
FS: 1.275610

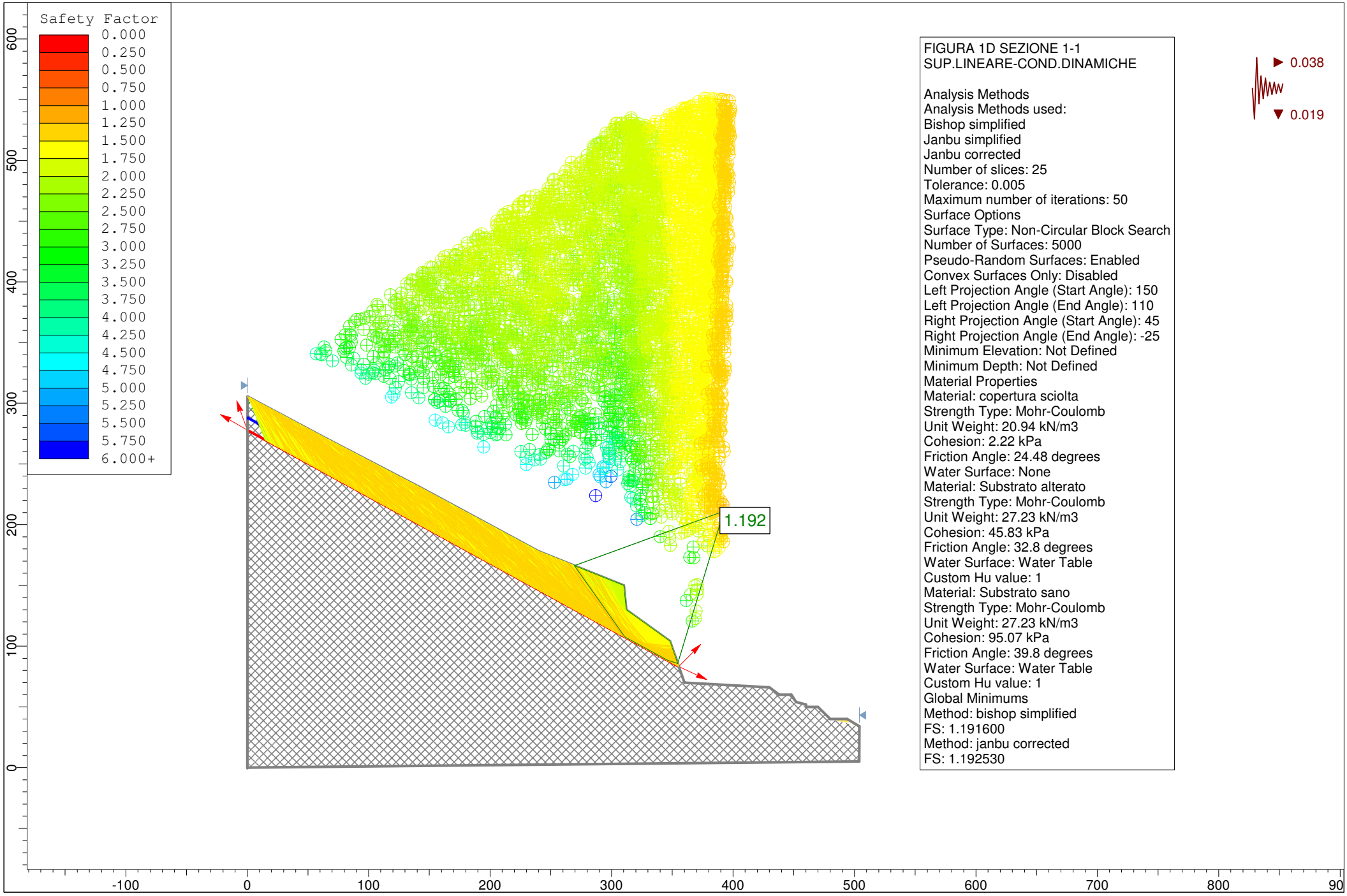


FIGURA 1D SEZIONE 1-1
SUP.LINEARE-COND.DINAMICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 150
Left Projection Angle (End Angle): 110
Right Projection Angle (Start Angle): 45
Right Projection Angle (End Angle): -25
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.191600
Method: janbu corrected
FS: 1.192530

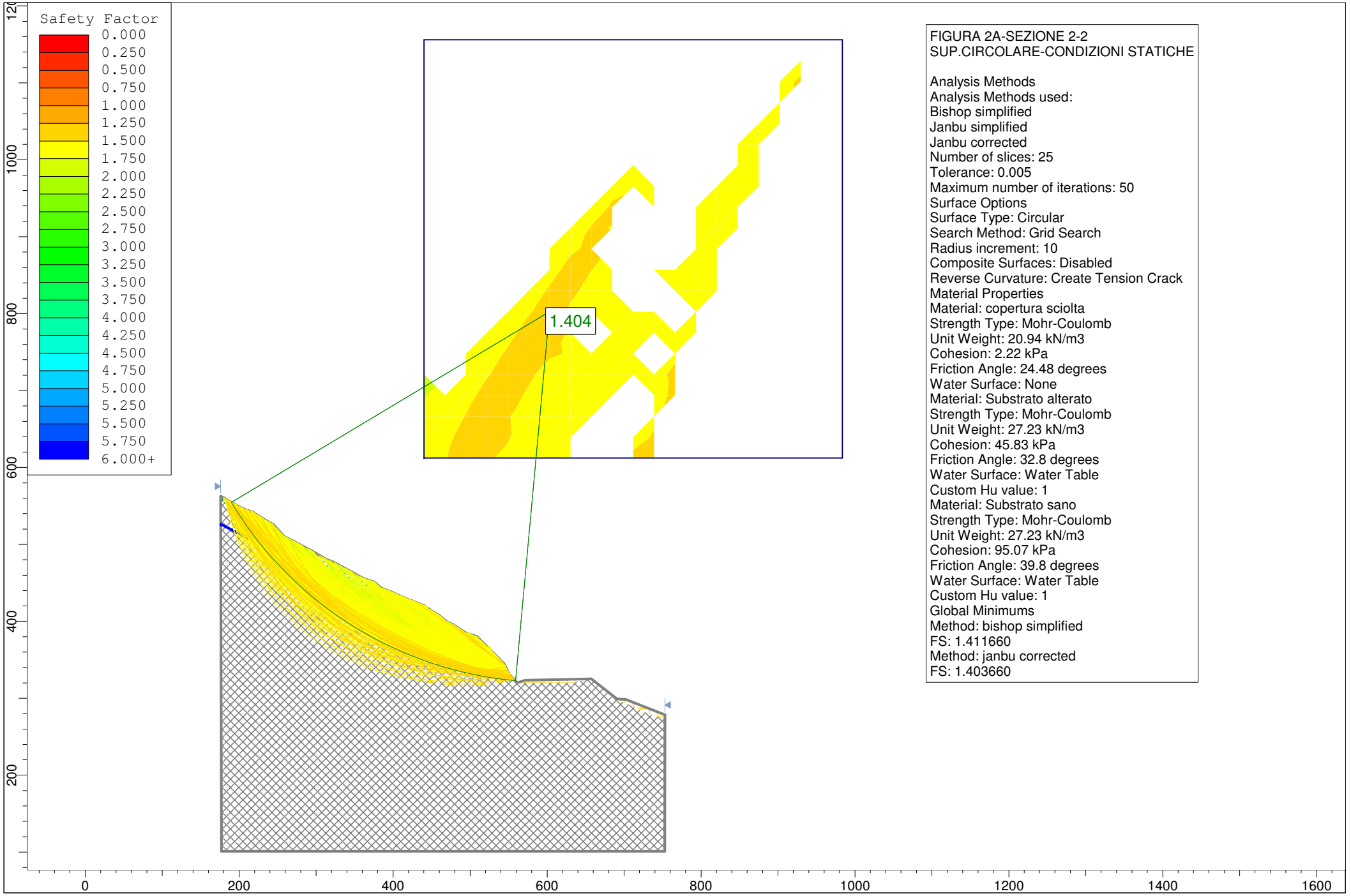


FIGURA 2A-SEZIONE 2-2
SUP.CIRCOLARE-CONDIZIONI STATICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.411660
Method: janbu corrected
FS: 1.403660

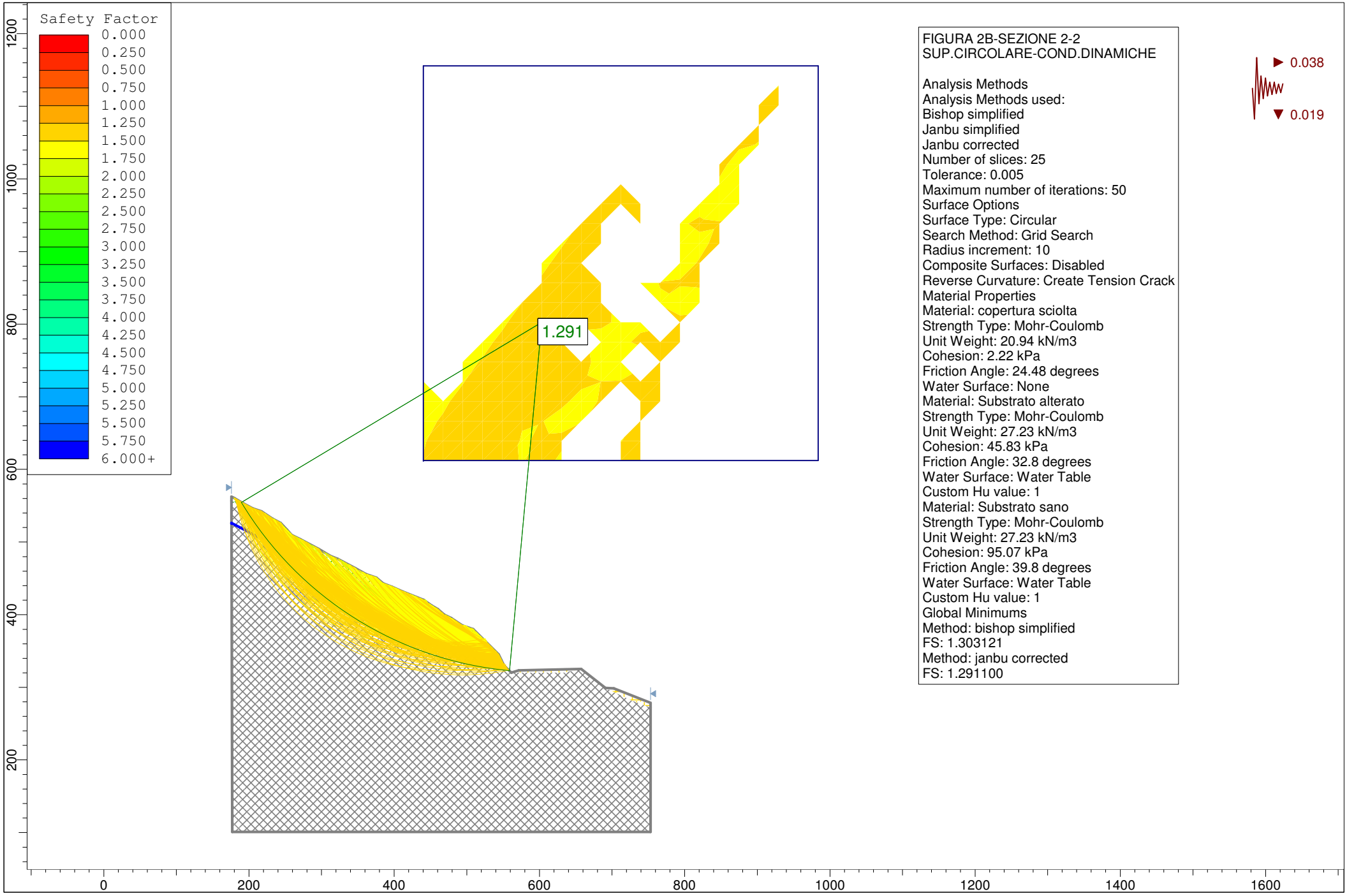


FIGURA 2B-SEZIONE 2-2
SUP.CIRCOLARE-COND.DINAMICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.303121
Method: janbu corrected
FS: 1.291100

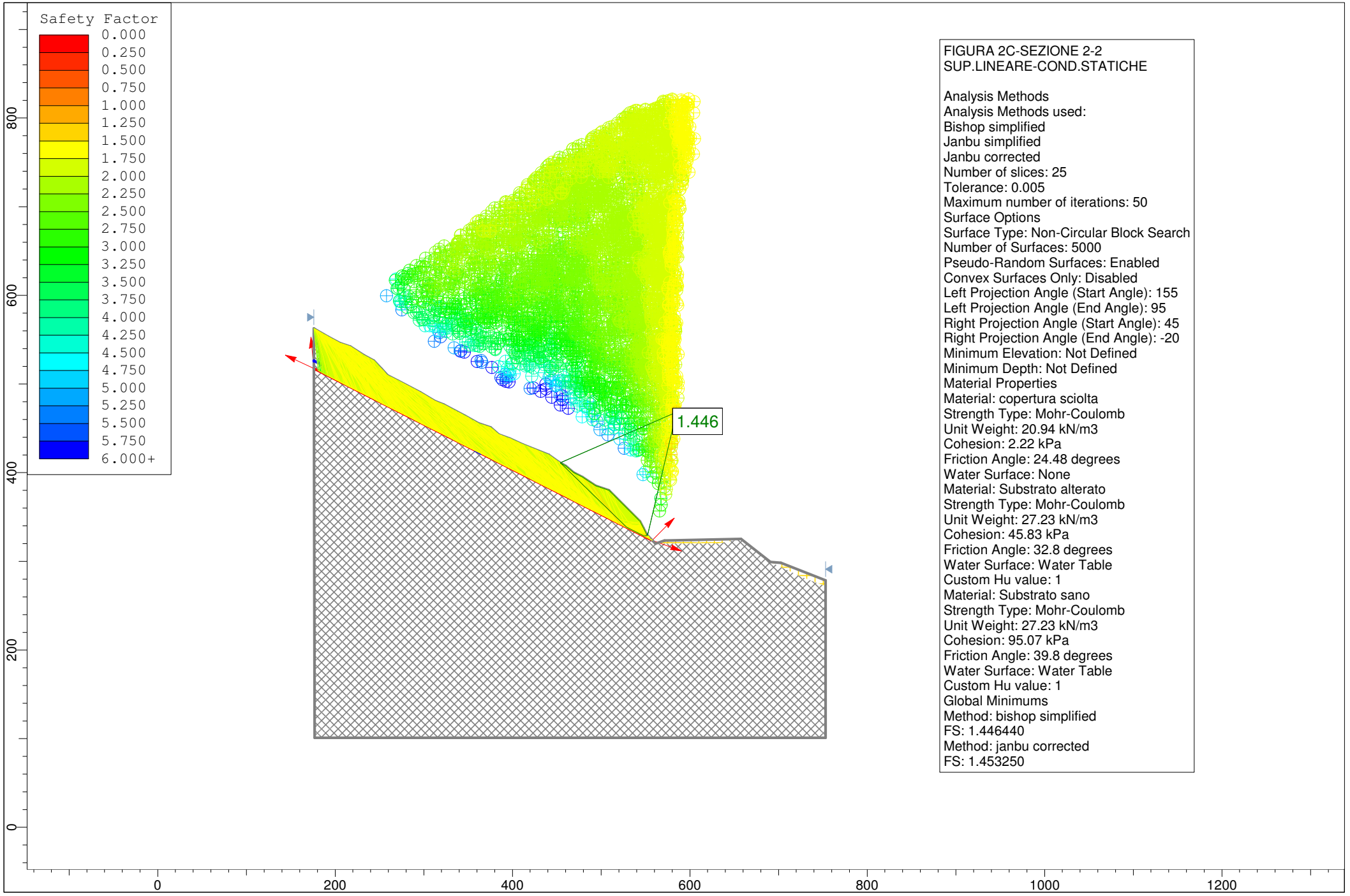


FIGURA 2C-SEZIONE 2-2
SUP.LINEARE-COND.STATICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 155
Left Projection Angle (End Angle): 95
Right Projection Angle (Start Angle): 45
Right Projection Angle (End Angle): -20
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.446440
Method: janbu corrected
FS: 1.453250

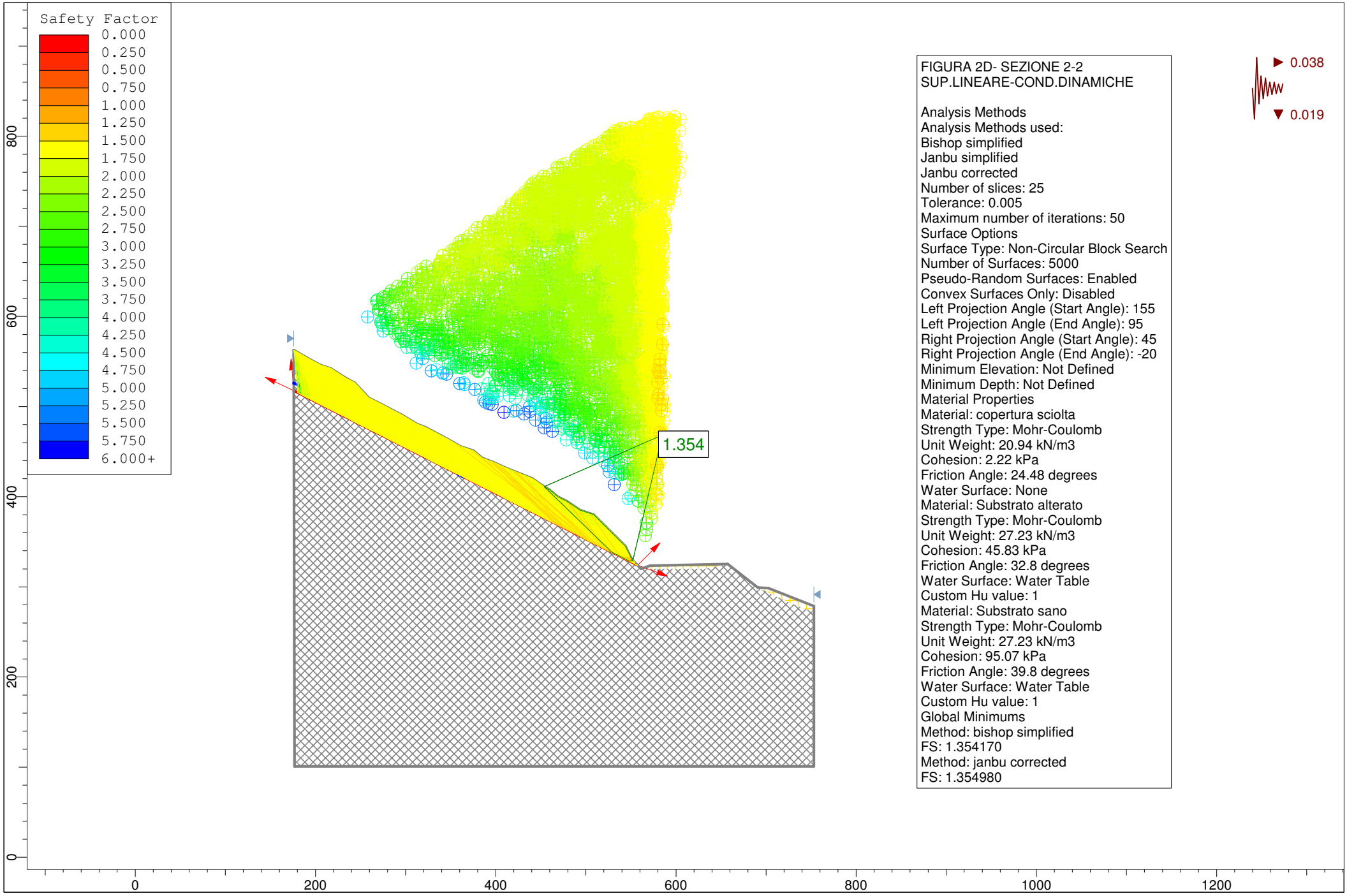


FIGURA 2D- SEZIONE 2-2
SUP.LINEARE-COND.DINAMICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 155
Left Projection Angle (End Angle): 95
Right Projection Angle (Start Angle): 45
Right Projection Angle (End Angle): -20
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.354170
Method: janbu corrected
FS: 1.354980

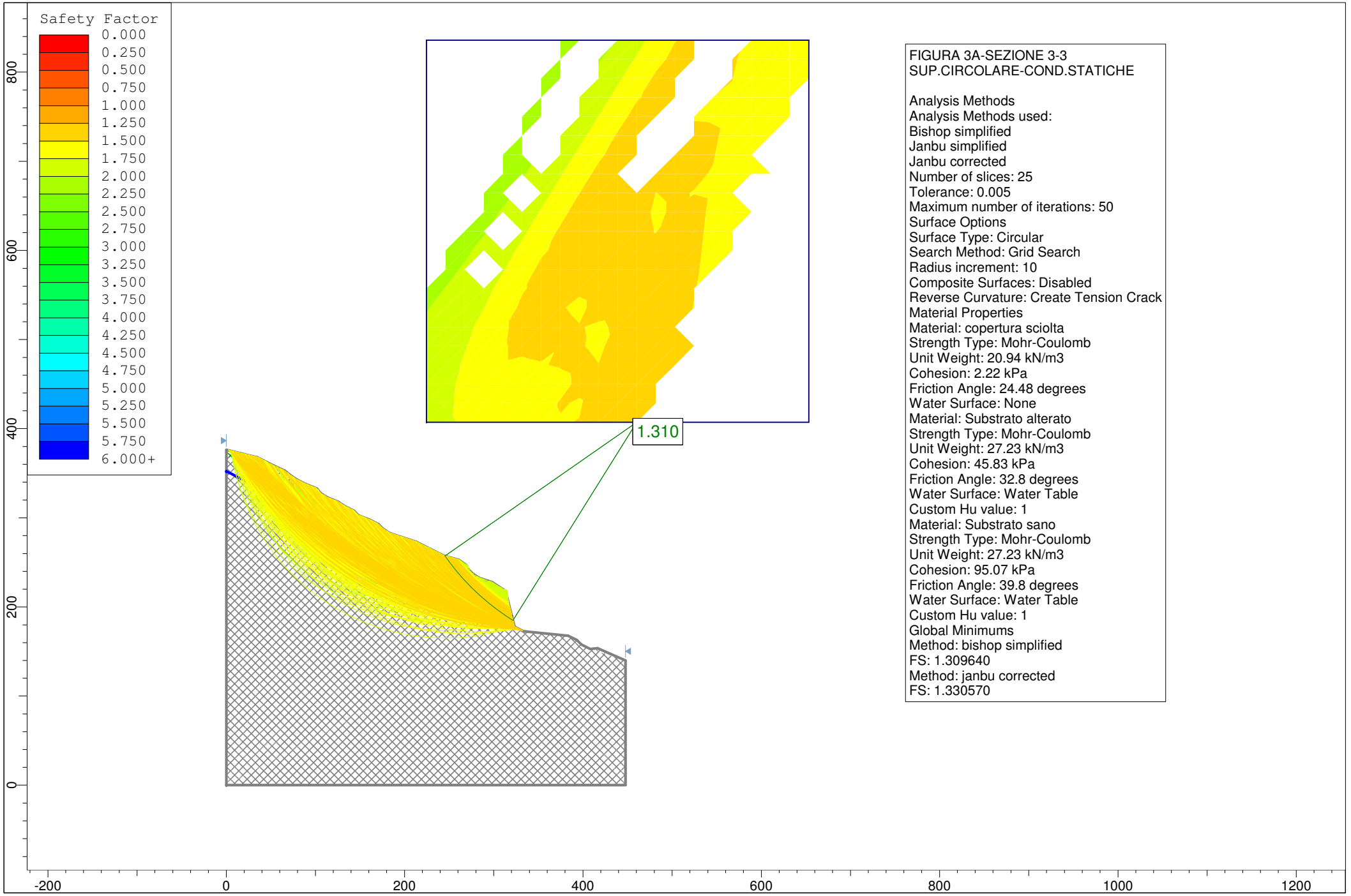


FIGURA 3A-SEZIONE 3-3
SUP.CIRCOLARE-COND.STATICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.309640
Method: janbu corrected
FS: 1.330570

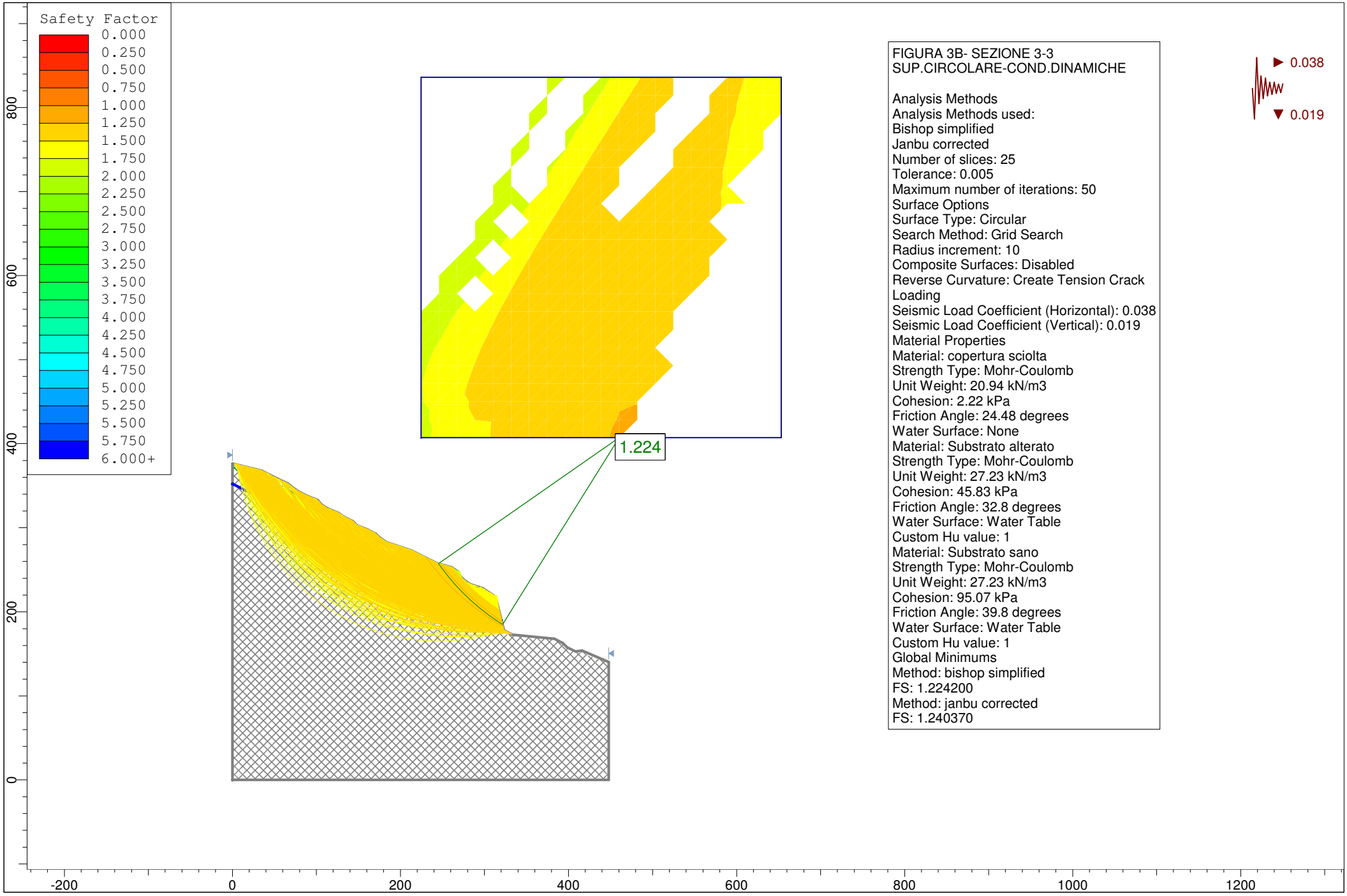


FIGURA 3B- SEZIONE 3-3
SUP.CIRCOLARE-COND.DINAMICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Loading
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.038
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.019
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.224200
Method: janbu corrected
FS: 1.240370

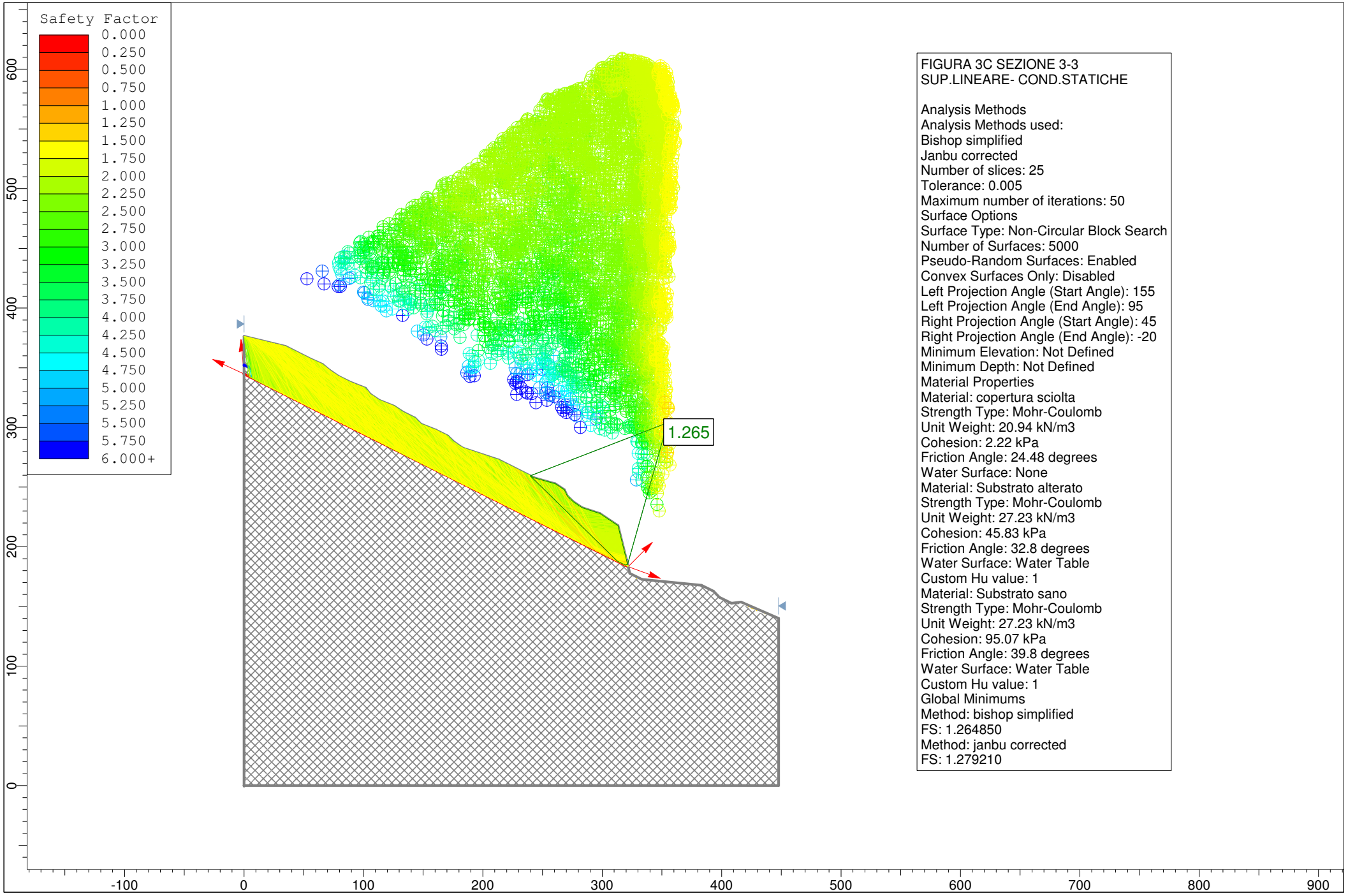
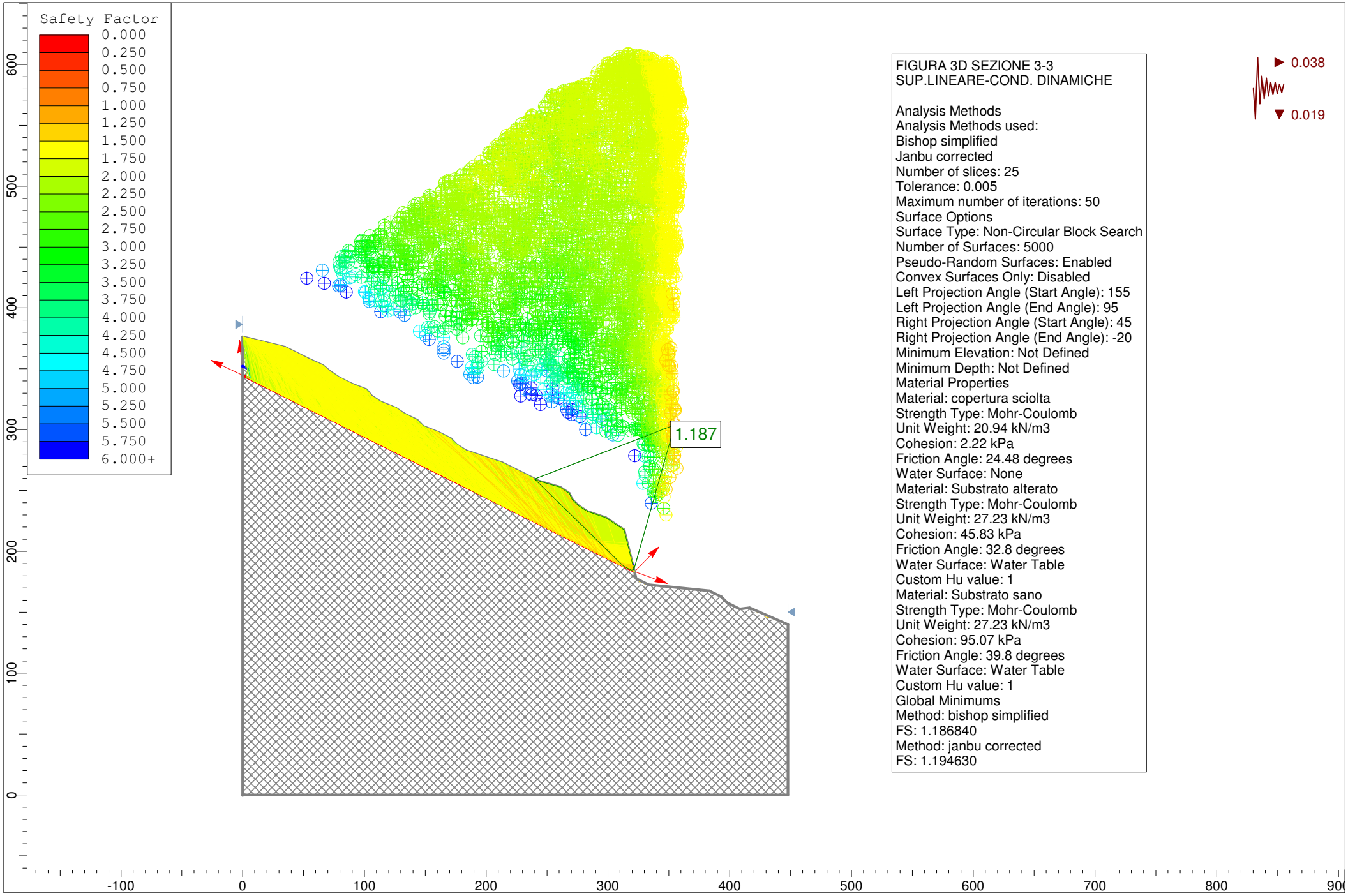


FIGURA 3C SEZIONE 3-3
SUP.LINEARE- COND.STATICHE

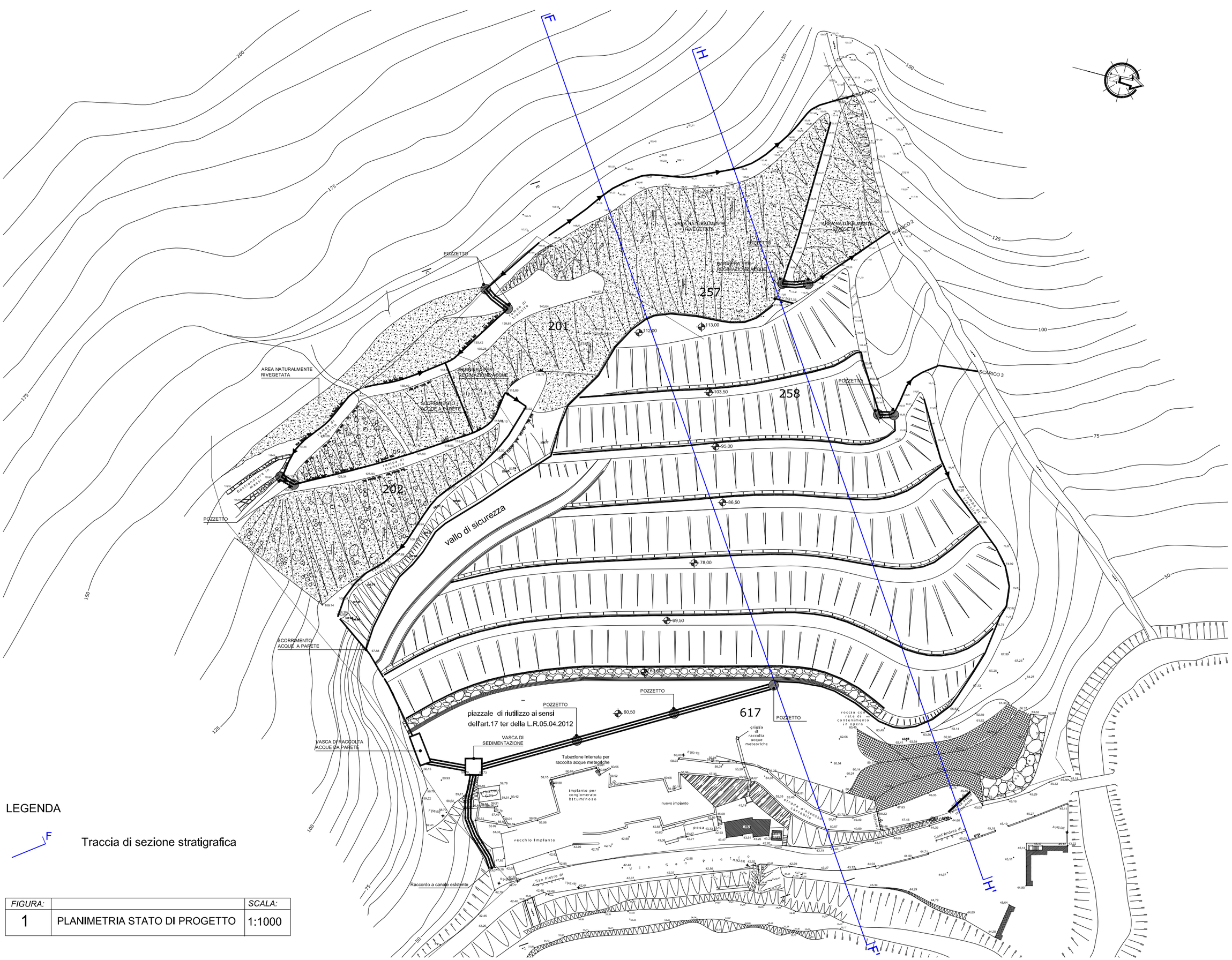
Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 155
Left Projection Angle (End Angle): 95
Right Projection Angle (Start Angle): 45
Right Projection Angle (End Angle): -20
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.264850
Method: janbu corrected
FS: 1.279210


Safety Factor
0.000
0.250
0.500
0.750
1.000
1.250
1.500
1.750
2.000
2.250
2.500
2.750
3.000
3.250
3.500
3.750
4.000
4.250
4.500
4.750
5.000
5.250
5.500
5.750
6.000+
1.187
FIGURA 3D SEZIONE 3-3
SUP.LINEARE-COND. DINAMICHE
Analysis Methods
Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu corrected
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Non-Circular Block Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Left Projection Angle (Start Angle): 155
Left Projection Angle (End Angle): 95
Right Projection Angle (Start Angle): 45
Right Projection Angle (End Angle): -20
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Material Properties
Material: copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.94 kN/m3
Cohesion: 2.22 kPa
Friction Angle: 24.48 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato alterato
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Substrato sano
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Global Minimums
Method: bishop simplified
FS: 1.186840
Method: janbu corrected
FS: 1.194630
0.038
0.019
600
500
400
300
200
100
0
-100
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

ALLEGATO 4 – ANALISI DI STABILITÀ DEL RILEVATO

Figura n°	Oggetto
1	Planimetria di progetto
2	Sezioni stratigrafiche
3-6	Verifiche di stabilità

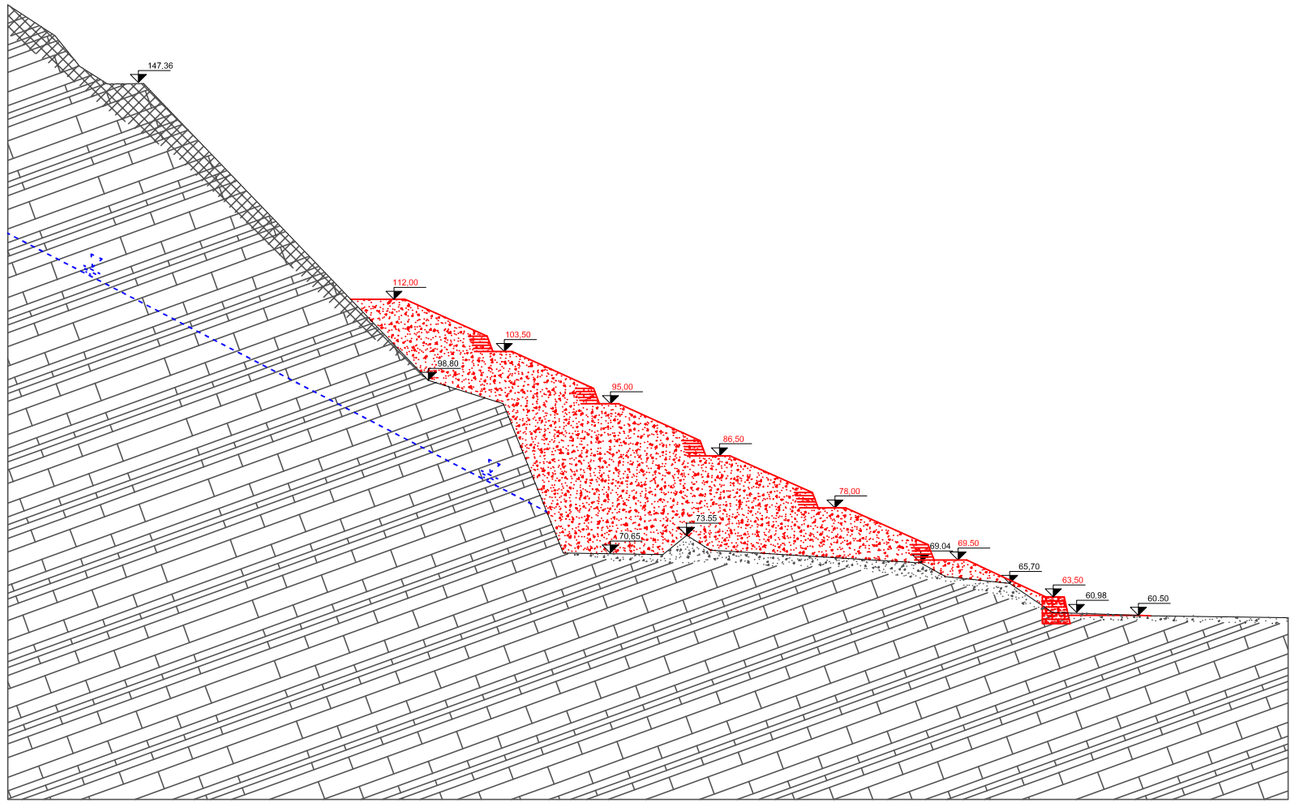
Tabella n°	Oggetto
1A-1B	Definizione dei parametri sismici



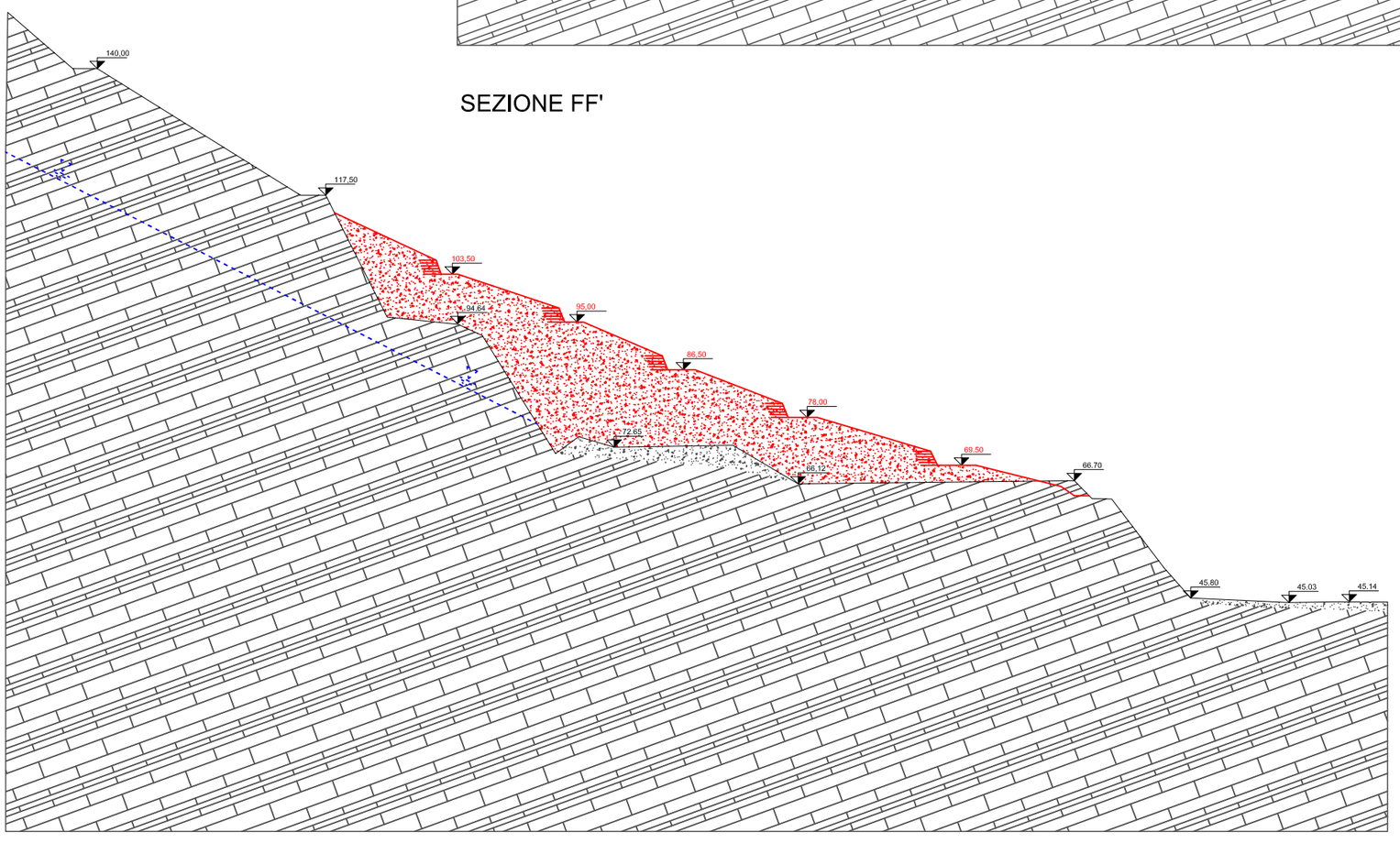
LEGENDA

F — Traccia di sezione stratigrafica

FIGURA:		SCALA:
1	PLANIMETRIA STATO DI PROGETTO	1:1000



SEZIONE FF'



SEZIONE HH'

LEGENDA

- Riporto
- Substrato roccioso molto alterato e fratturato
- Substrato roccioso in discrete condizioni di conservazione
- Superficie di falda ipotizzata
- Opere a progetto

FIGURA:		*SCALA:*
2	SEZIONI STRATIGRAFICHE	1:1000

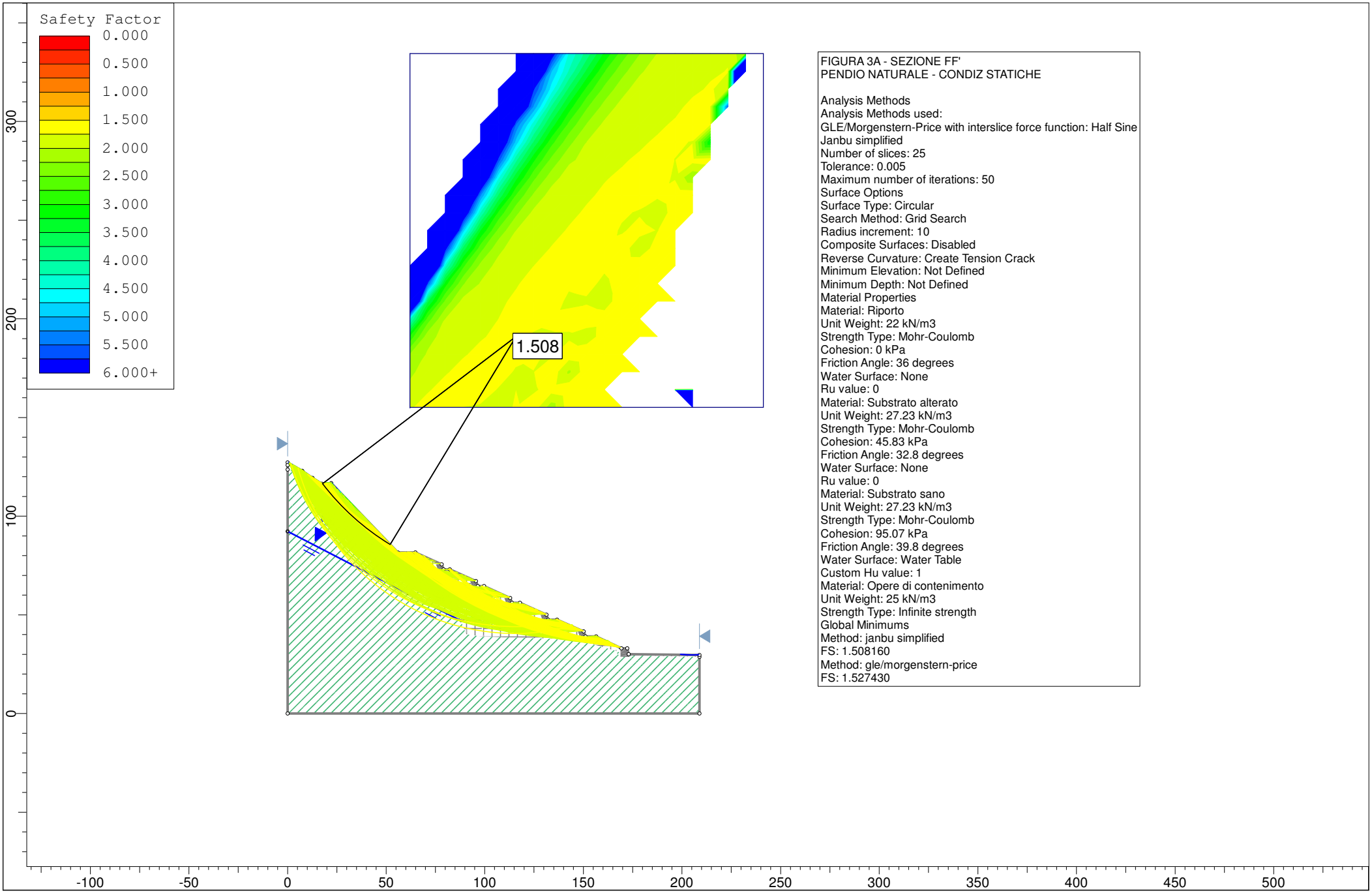


FIGURA 3A - SEZIONE FF'
PENDIO NATURALE - CONDIZ STATICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Material Properties
Material: Riporto
Unit Weight: 22 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 36 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato alterato
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato sano
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Opere di contenimento
Unit Weight: 25 kN/m3
Strength Type: Infinite strength
Global Minimums
Method: janbu simplified
FS: 1.508160
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.527430

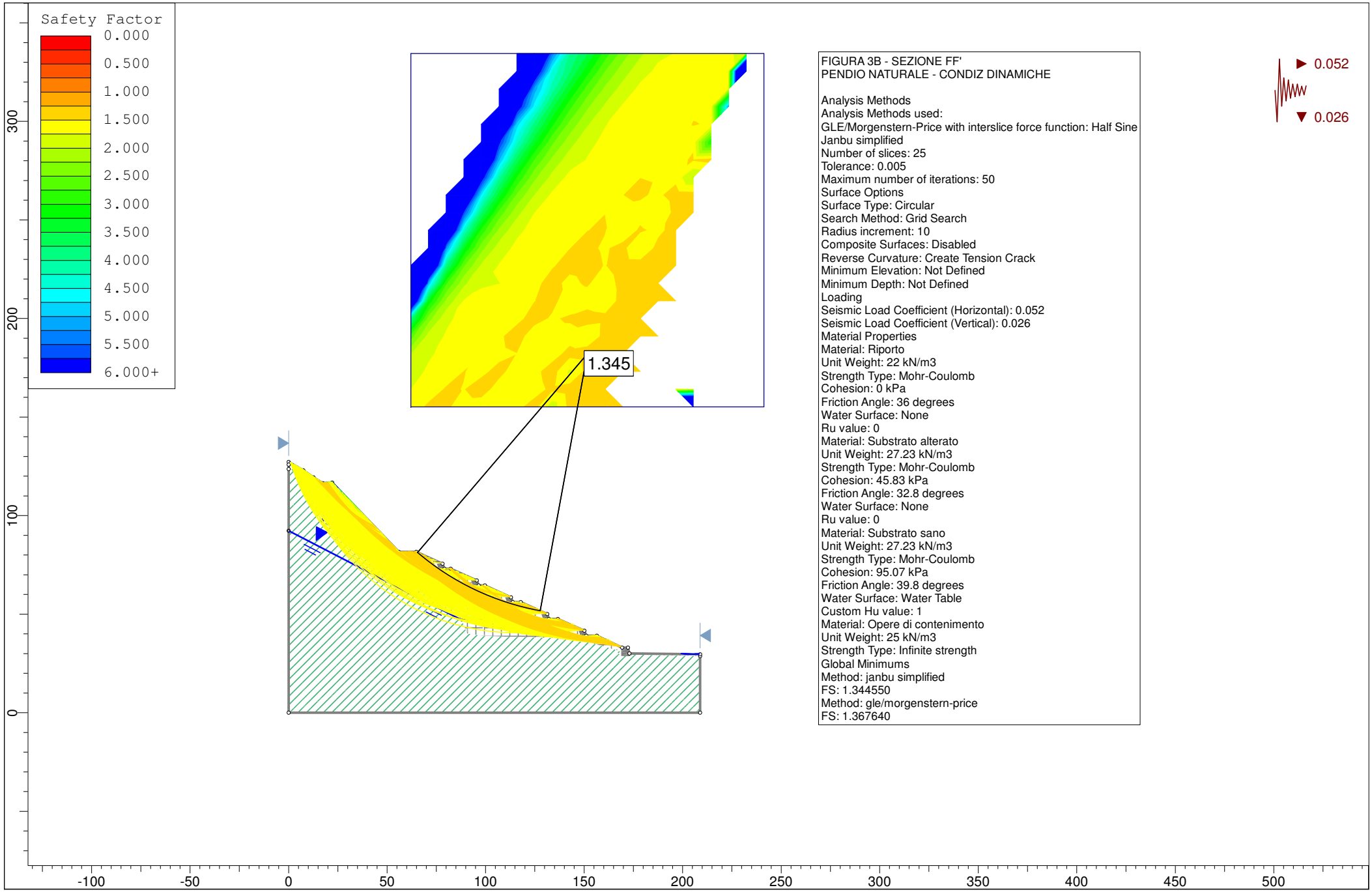


FIGURA 3B - SEZIONE FF'
PENDIO NATURALE - CONDIZ DINAMICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Loading
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.052
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.026
Material Properties
Material: Riporto
Unit Weight: 22 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 36 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato alterato
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 45.83 kPa
Friction Angle: 32.8 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato sano
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Opere di contenimento
Unit Weight: 25 kN/m3
Strength Type: Infinite strength
Global Minimums
Method: janbu simplified
FS: 1.344550
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.367640

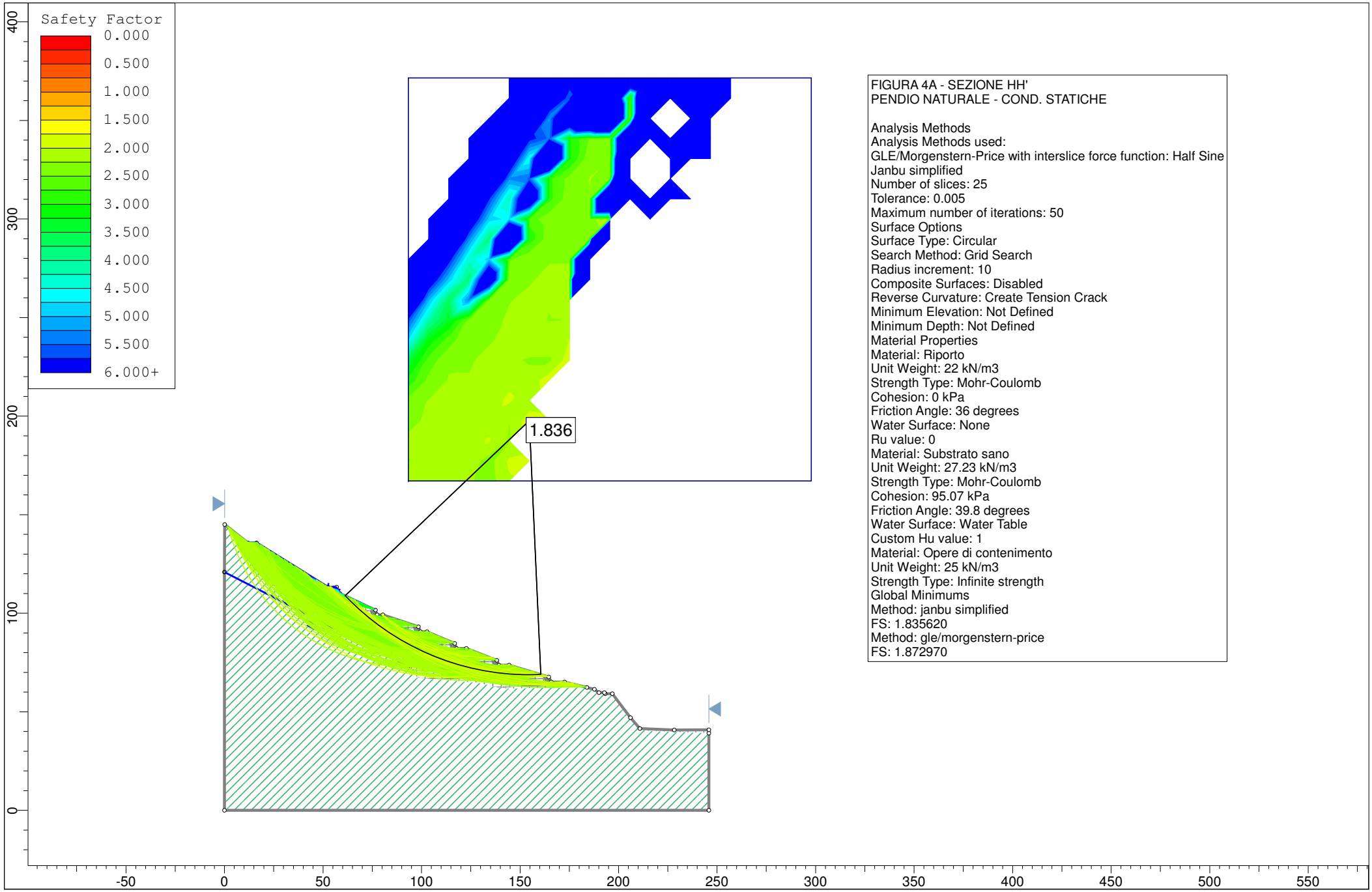


FIGURA 4A - SEZIONE HH'
PENDIO NATURALE - COND. STATICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Material Properties
Material: Riporto
Unit Weight: 22 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 36 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato sano
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Opere di contenimento
Unit Weight: 25 kN/m3
Strength Type: Infinite strength
Global Minimums
Method: janbu simplified
FS: 1.835620
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.872970

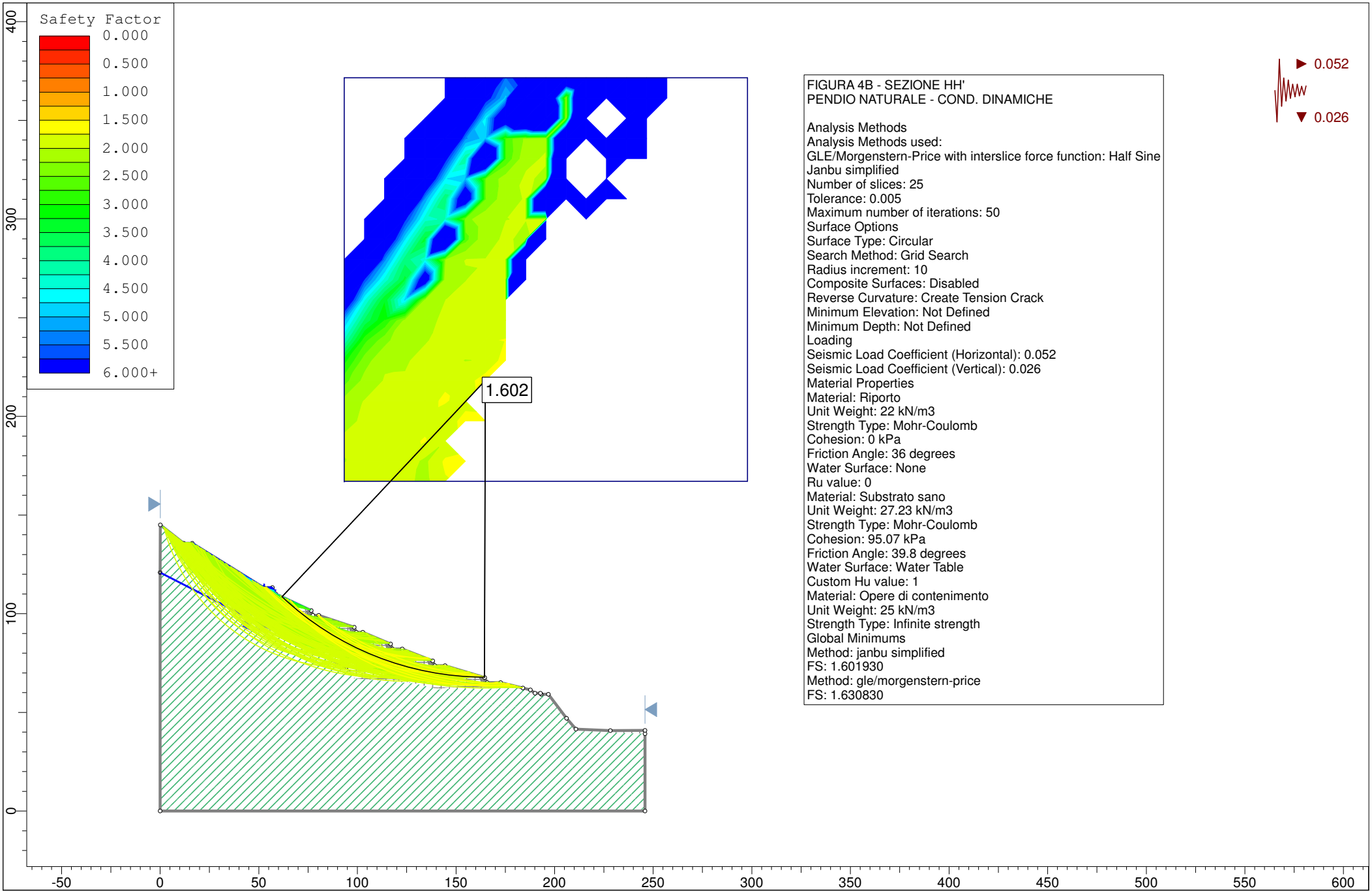


FIGURA 4B - SEZIONE HH'
PENDIO NATURALE - COND. DINAMICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Loading
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.052
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.026
Material Properties
Material: Riporto
Unit Weight: 22 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 36 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato sano
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 95.07 kPa
Friction Angle: 39.8 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Opere di contenimento
Unit Weight: 25 kN/m3
Strength Type: Infinite strength
Global Minimums
Method: janbu simplified
FS: 1.601930
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.630830

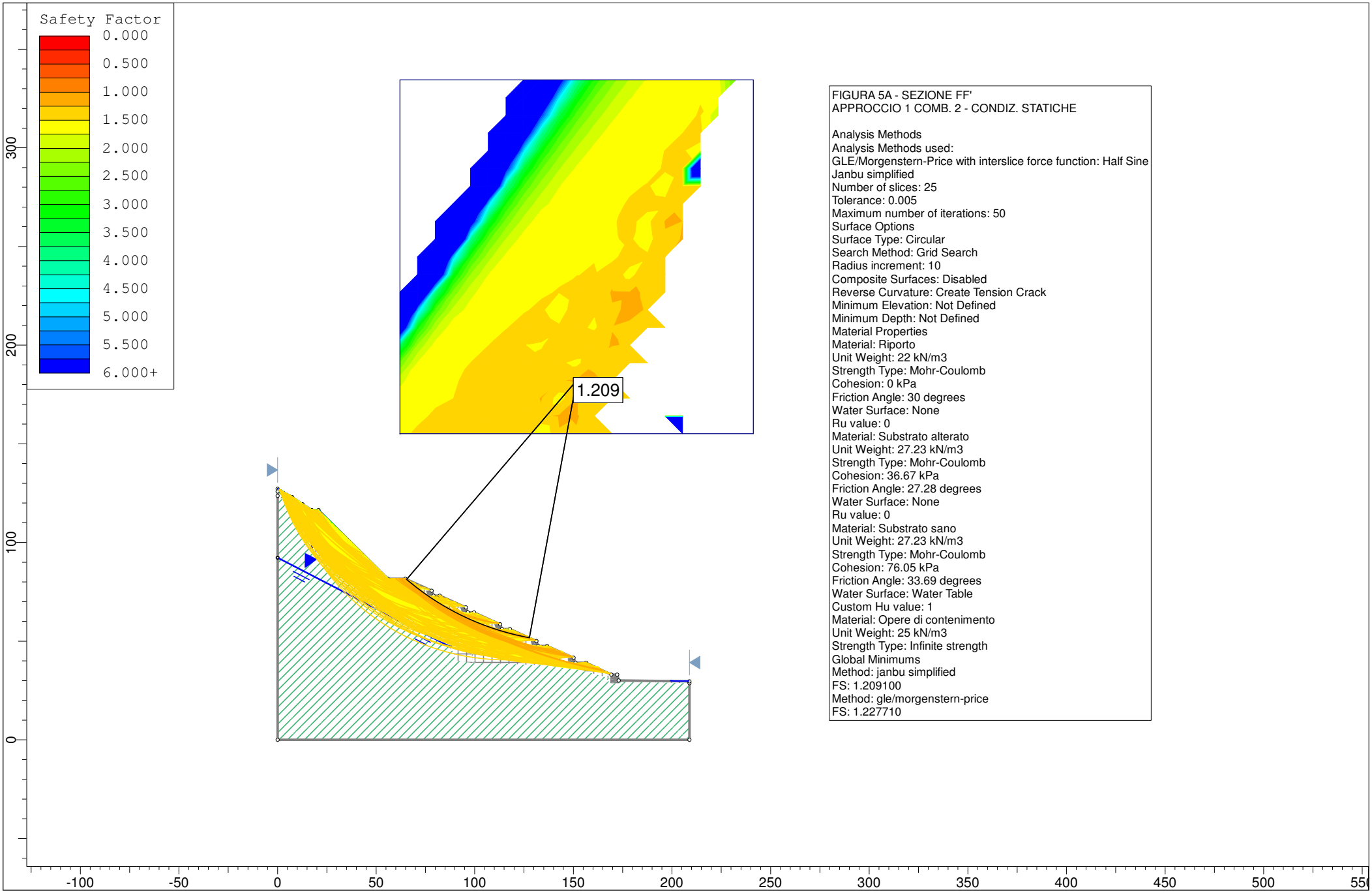


FIGURA 5A - SEZIONE FF'
APPROCCIO 1 COMB. 2 - CONDIZ. STATICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Material Properties
Material: Riporto
Unit Weight: 22 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 30 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato alterato
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 36.67 kPa
Friction Angle: 27.28 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato sano
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 76.05 kPa
Friction Angle: 33.69 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Opere di contenimento
Unit Weight: 25 kN/m3
Strength Type: Infinite strength
Global Minimums
Method: janbu simplified
FS: 1.209100
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.227710

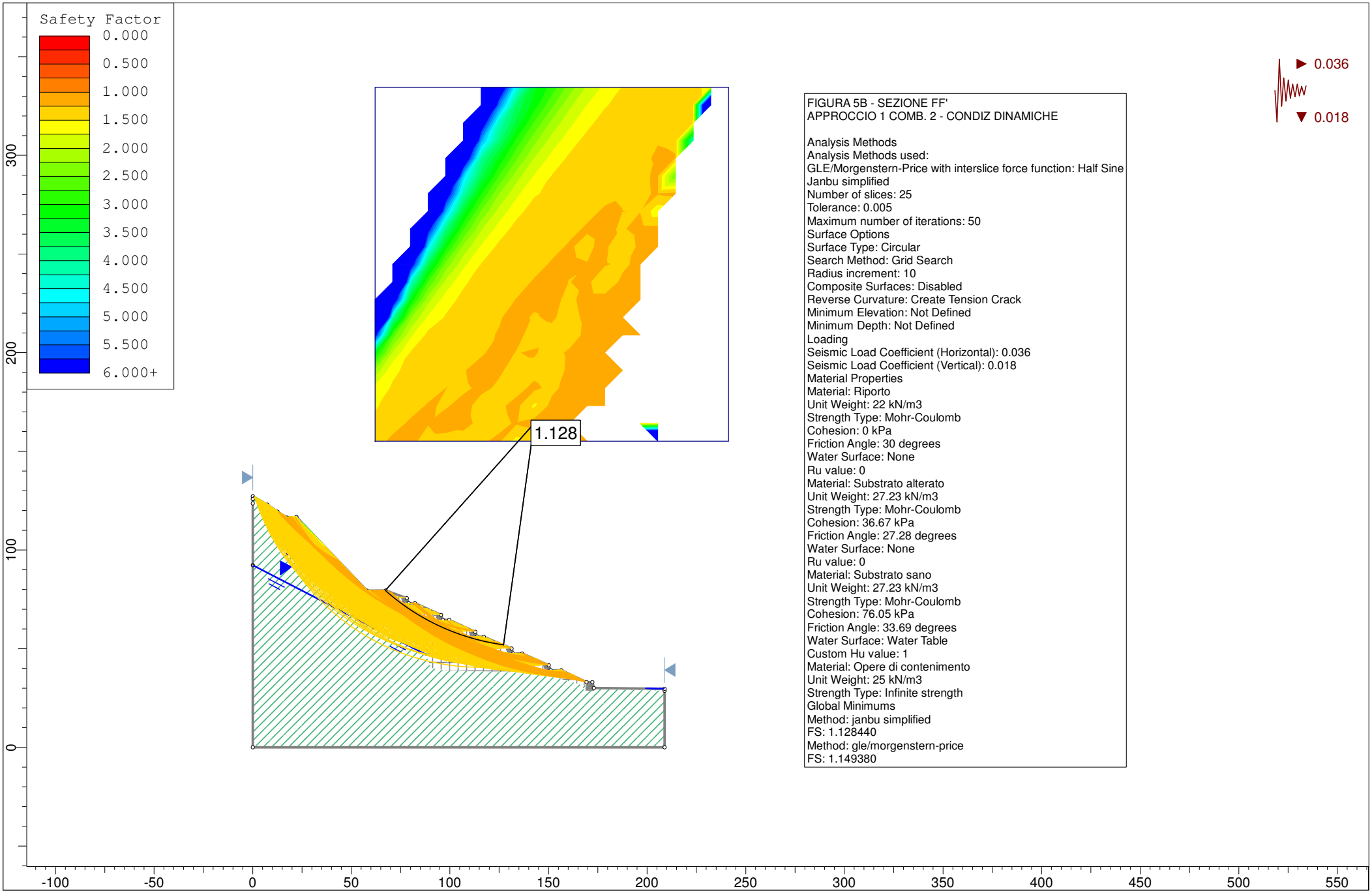


FIGURA 5B - SEZIONE FF'
APPROCCIO 1 COMB. 2 - CONDIZ DINAMICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Loading
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.036
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.018
Material Properties
Material: Riporto
Unit Weight: 22 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 30 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato alterato
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 36.67 kPa
Friction Angle: 27.28 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato sano
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 76.05 kPa
Friction Angle: 33.69 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Opere di contenimento
Unit Weight: 25 kN/m3
Strength Type: Infinite strength
Global Minimums
Method: janbu simplified
FS: 1.128440
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.149380

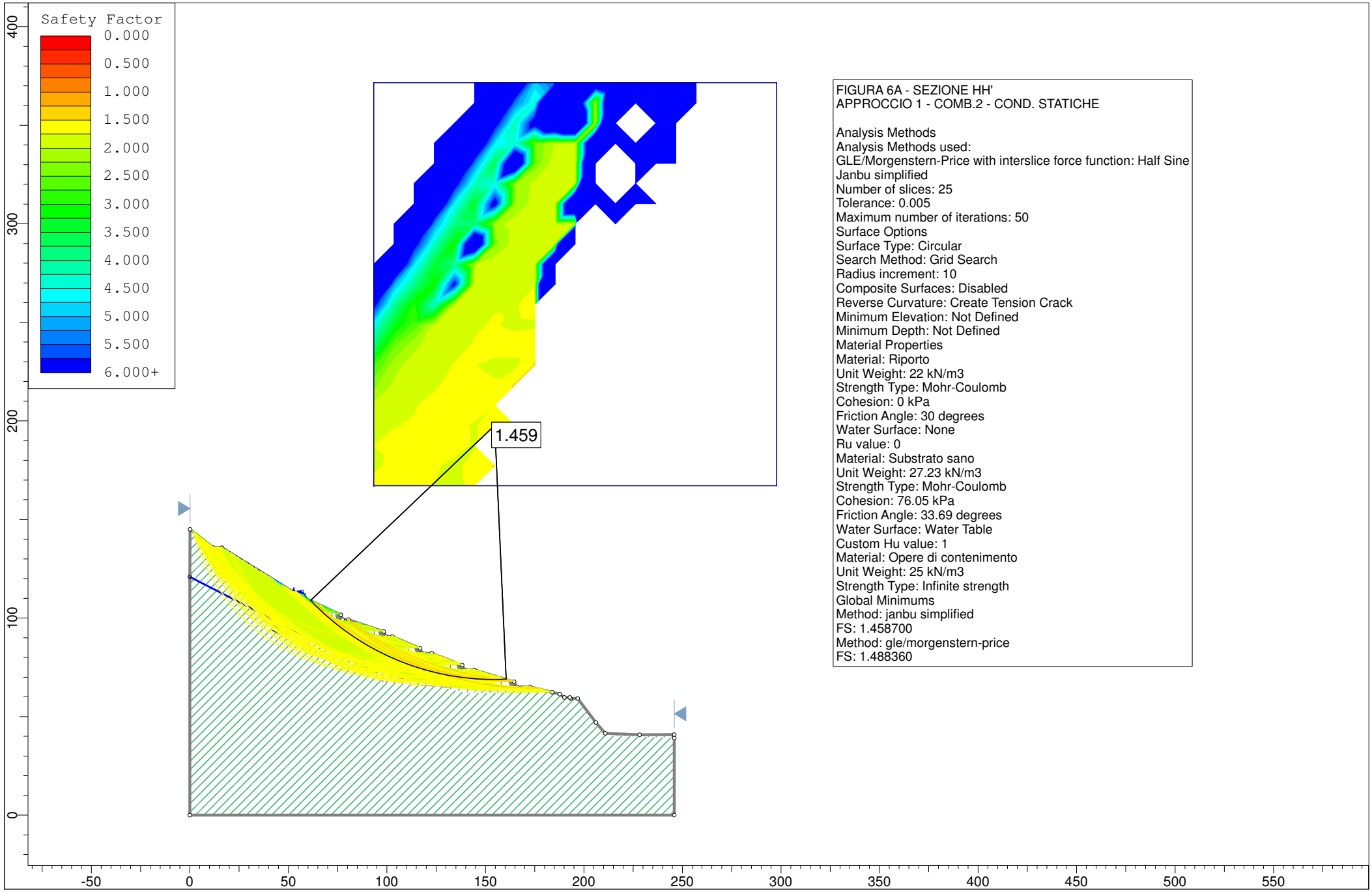


FIGURA 6A - SEZIONE HH'
APPROCCIO 1 - COMB.2 - COND. STATICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Material Properties
Material: Riporto
Unit Weight: 22 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 30 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato sano
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 76.05 kPa
Friction Angle: 33.69 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Opere di contenimento
Unit Weight: 25 kN/m3
Strength Type: Infinite strength
Global Minimums
Method: janbu simplified
FS: 1.458700
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.488360

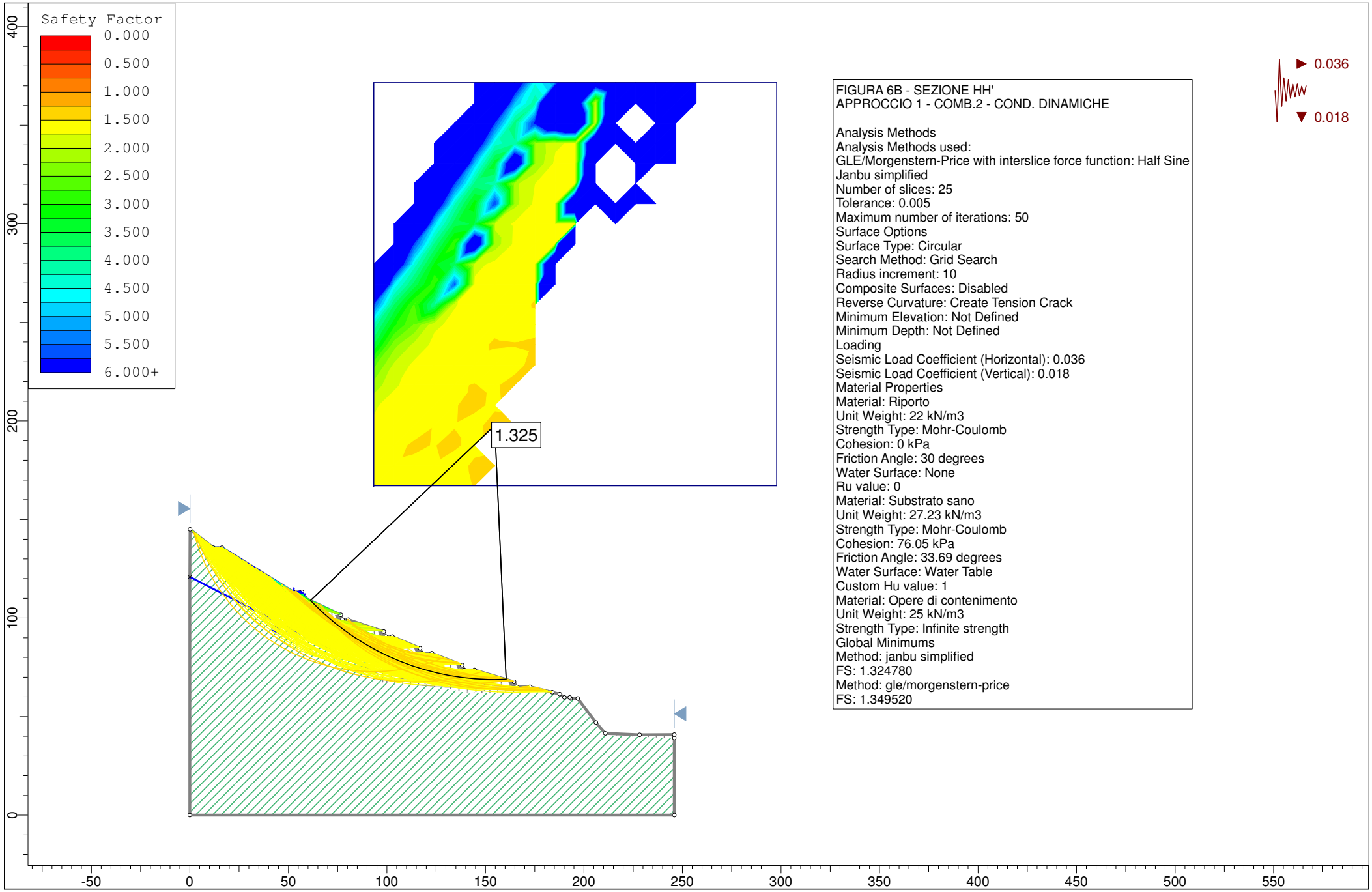


FIGURA 6B - SEZIONE HH'
APPROCCIO 1 - COMB.2 - COND. DINAMICHE

Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Surface Options
Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Loading
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.036
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.018
Material Properties
Material: Riporto
Unit Weight: 22 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 30 degrees
Water Surface: None
Ru value: 0
Material: Substrato sano
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Strength Type: Mohr-Coulomb
Cohesion: 76.05 kPa
Friction Angle: 33.69 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1
Material: Opere di contenimento
Unit Weight: 25 kN/m3
Strength Type: Infinite strength
Global Minimums
Method: janbu simplified
FS: 1.324780
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.349520

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,3688 N
longitudine: 9,20735 E
Classe: 2
Vita nominale: 100

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 16921	Lat: 44,4056	Lon: 9,1516	Distanza: 6026,482
Sito 2 ID: 16922	Lat: 44,4081	Lon: 9,2215	Distanza: 4513,132
Sito 3 ID: 17143	Lat: 44,3557	Lon: 9,1552	Distanza: 4395,325
Sito 4 ID: 17144	Lat: 44,3582	Lon: 9,2251	Distanza: 1838,748

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: E
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 100 anni
Coefficiente cu: 1

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Prob. di superamento:	81 %	63 %	10 %	5 %
Tr:	60 [anni]	101 [anni]	979 [anni]	1950 [anni]
ag:	0,039 g	0,049 g	0,112 g	0,146 g
Fo:	2,546	2,529	2,512	2,467
Tc*:	0,2229 [s]	0,253 [s]	0,291 [s]	0,296 [s]

Coefficienti Sismici

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,600	1,600	1,600	1,600
Cc	2,080	1,990	1,880	1,870
St	1,200	1,200	1,200	1,200
Kh	0,015	0,019	0,052	0,067
Kv	0,008	0,009	0,026	0,034
Amax	0,742	0,919	2,115	2,744
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

TABELLA 1A-DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI (ANALISI DI STABILITA')

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,3688 N
longitudine: 9,20735 E
Classe: 2
Vita nominale: 100

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 16921	Lat: 44,4056	Lon: 9,1516	Distanza: 6026,482
Sito 2 ID: 16922	Lat: 44,4081	Lon: 9,2215	Distanza: 4513,132
Sito 3 ID: 17143	Lat: 44,3557	Lon: 9,1552	Distanza: 4395,325
Sito 4 ID: 17144	Lat: 44,3582	Lon: 9,2251	Distanza: 1838,748

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento: 100 anni
Coefficiente cu: 1

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Prob. di superamento:	81 %	63 %	10 %	5 %
Tr:	60 [anni]	101 [anni]	979 [anni]	1950 [anni]
ag:	0,039 g	0,049 g	0,112 g	0,146 g
Fo:	2,546	2,529	2,512	2,467
Tc*:	0,229 [s]	0,253 [s]	0,291 [s]	0,296 [s]

Coefficienti Sismici

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,000	1,000	1,000	1,000
Cc	1,000	1,000	1,000	1,000
St	1,200	1,200	1,200	1,200
Kh	0,009	0,012	0,036	0,047
Kv	0,005	0,006	0,018	0,024
Amax	0,464	0,574	1,322	1,715
Beta	0,200	0,200	0,270	0,270

TABELLA 1B-DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI (ANALISI DI STABILITA')