REMNA Srl
Sviluppo impianti di produzione energia da fonti rinnovabili
Via De Amicis 26, 20123 Milano (MI)
Partita IVA e Cod. Fiscale 07405480968
Tel-3496535114-3402570771-3288175300
Tel-Fax-0287085967
Pec – remna@legalmail.it

Regione Liguria	*Comuni di Montalto Ligure e Molini di Triora*

IMPIANTO IDROELETTRICO DEL TORRENTE ARGENTINA A MONTALTO LIGURE

AUTORIZZAZIONE UNICA
ai sensi del D.L. 29 dicembre 2003, n. 387
CONCESSIONE DI DERIVAZIONE ACQUE AD USO IDROELETTRICO
ai sensi del R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775
VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE
Ai Sensi del dlgs 152/2006

R5 – RELAZIONE GEOLOGICA

Gruppo di lavoro

Progettazione - Coordinamento dello SIA:
REMNA SRL
Dott. Ing. Camilla Castoldi

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT. ING. CASTOLDI CAMILLA
Sez. A Settore: a) civile e ambientale
n° A 30466

Comparto Ambientale:
FLUME SRL
Dott. Ing. Paolo Vezza
Dr. Michele Spairani
Dr. Nicola Polisciano
Dr. Alessandro Balestrieri
Dott. Ing, Andrea Zanin

FLUME s.r.l.
FLUvial Management and Ecology
Località Alpe Rone n° 1
11010 GIGNOD (Ao)
C.F. e P.IVA: 01180000075

Comparto Geologia:
GEOTECAM
Dott.Geol. Andrea Robbiano
Dott.Geol. Giacomo Canepa

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
A.P. n. 292
ANDREA ROBBIANO
GEOLOGO
data iscr. 12-01-1995

Dott. Geol. Andrea Robbiano

	Febbraio 2016	Revisione:	01

REMNA s.r.l.

Via de Amicis, 26 – 20123 Milano

PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI IMPIANTO IDROELETTRICO DEL T. ARGENTINA NEI COMUNI DI MONTALTO LIGURE E MOLINI DI TRIORA (IMPERIA)

RELAZIONE GEOLOGICA

Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 14.01.2008

Circ. Appl. Ministero Infrastrutture e Trasporti 02.02.2009 n.617

R.D. 30.12.1923 n. 3267 - L.R. 22.01.1999 n. 4

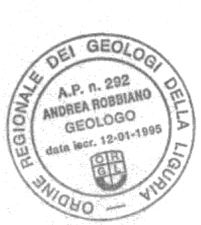
Revisione: 0

Descrizione: prima emissione

Data: 20 novembre 2015

Identificazione: EA.08-15

Timbro e firma



Dott. Geol. Andrea Robbiano

Studio Associato di Geologia tecnica e ambientale

c.so Garibaldi 58/5 - 16043 Chiavari (GE)

tel/fax 0185313910 - e_mail: geotecam@libero.it

ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE - P.IVA n. 01046100994

SOMMARIO

PREMESSE pag. 2
1. TIPOLOGIA INTERVENTUALE pag. 3
1.1 OPERA DI PRESA E CANALE DISSABBIATORE pag. 3
1.2 CONDOTTA FORZATA pag. 3
1.3 EDIFICIO CENTRALE pag. 4
2. RIFERIMENTI NORMATIVI pag. 4
3. MODELLO GEOLOGICO DELL'AMBITO DI INTERVENTO pag. 5
3.1 ASSETTO GEOLOGICO-TETTONICO pag. 5
3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE pag. 6
4. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI MEDI pag. 8
4.1 TERRENI SCIOLTI NATURALI E RIPORTI pag. 9
4.2 SUBSTRATO ROCCIOSO pag. 9
5. PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA pag. 10
6. GESTIONE MATERIALI DA SCAVO pag. 11
7. INDICAZIONI OPERATIVE pag. 12
7.1 OPERA DI PRESA pag. 12
7.2 CONDOTTA FORZATA pag. 12
7.3 EDIFICIO CENTRALE pag. 16
8. GIUDIZIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E CONCLUSIONI pag. 16
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI pag. 18

ALLEGATI

Figura n°	Oggetto
1	Corografia dell’area
2	Carta suscettività al dissesto e rischio geomorfologico Piano di Bacino T. Argentina
3	Carta geologica regionale (C.A.R.G.)
4	Carta geologico-geomorfologica originale
5	Carta delle stazioni geomeccaniche
6	Density plot delle superfici di discontinuità in roccia
7a-g	Markland test delle stazioni di misura
8A-8B	Planimetria e sezione geologica ipotizzata della zona dell'opera di presa
9A-9B	Planimetria e sezione geologica ipotizzata della zona dell'edificio centrale
10a-e	Documentazione fotografica dei siti di intervento di consolidamento

Tabella n°	Oggetto
1	Valori indicativi di G.S.I. per Formazioni tipo Flysch

PREMESSE

Su incarico conferito dalla Remna s.r.l., sono state condotte le presenti indagini geologiche a supporto della domanda di concessione di derivazione di acque pubbliche ad uso idroelettrico (ex-R.D. 1775/1933) lungo il T. Argentina, in un tratto del corso d'acqua che interessa i territori comunali di Montalto Ligure e Molini di Triora (Provincia di Imperia).

L'ambito di intervento rientra nella C.T.R. Elementi n. 258074 *Montalto Ligure* e n. 258061 *Aurighi* (Fig. 1).

In particolare, l'impianto si sviluppa prevalentemente lungo la strada provinciale S.P. 21bis, che costituiva l'originaria arteria di collegamento di fondovalle. Considerato che con la costruzione della Diga di Glori, poco a monte rispetto all'opera di presa a progetto, questa strada sarebbe stata sommersa dall'invaso, negli anni '60 era stato realizzato il tracciato alternativo a quote superiori che oggi costituisce la S.S. 548 della Valle Argentina. In località Agaggio queste due strade si ricongiungono e pertanto allo stato attuale la S.P. 21bis costituisce via di collegamento alternativa per le sole frazioni di Agaggio e Glori; inoltre, la S.P. 21bis risulta attualmente chiusa da lungo tempo a causa di una frana verificatasi nel tratto a monte dell’area di realizzazione dell’impianto.

In considerazione dell'incidenza delle opere in oggetto sul territorio e delle condizioni generali della zona, le metodologie d'indagine hanno previsto, nell'ordine:

- ricognizione preliminare, necessaria a prendere visione dello stato dei luoghi e a raccogliere tutta la documentazione progettuale;
- inquadramento geologico-geomorfologico dell'area di interesse e di un suo congruo intorno, derivante sia da pubblicazioni scientifiche sia dalla cartografia geologica ufficiale (Provincia di Imperia, 2003; Regione Liguria, 2006);
- esame di dettaglio dell'ambito di intervento al fine di accertarne le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche in rapporto al grado di antropizzazione;
- valutazione critica di tutti i dati prodotti in questa fase e interpretazione integrata dei risultati ottenuti per la definizione del modello geologico del sito, con particolare riferimento alle pericolosità geologiche s.l. che possono interagire con gli interventi di interesse progettuale;
- considerazioni interventuali sui criteri operativi per la mitigazione dei rischi connessi;
- redazione della presente *Relazione geologica progettuale*, corredata da elaborati grafici, con l'obiettivo di fornire utili riferimenti geologico-tecnici per la corretta realizzazione delle opere.

1. TIPOLOGIA INTERVENTUALE

L'intervento a progetto consiste in un impianto idroelettrico lungo il T. Argentina, costituito da un'opera di presa per la derivazione dell'acqua realizzata su briglia esistente posta a quota 264 m s.l.m., da una condotta in pressione avente uno sviluppo di circa 2350 m.l. e da un edificio centrale per la trasformazione dell'energia elettrica e la restituzione delle acque ubicato a quota 207 m s.l.m.

Sono di seguito descritti i principali elementi dell'impianto in previsione.

1.1 OPERA DI PRESA E CANALE DISSABBIATORE

Il sito individuato per il posizionamento dell'opera di presa è costituito da una briglia esistente, poggiante sul substrato lapideo, attualmente a servizio dell'acquedotto irriguo di Montalto Ligure. Il progetto prevede il mantenimento della priorità della derivazione originale, senza preclusione alle quantità di acqua attualmente concesse.

L'attuale derivazione è posta in sinistra idrografica, mentre l'impianto a progetto è previsto in destra idrografica.

La struttura in oggetto è costituita da un canale di presa comandato da una paratoia con dimensioni di 2 m*2.30 m posta in corrispondenza della traversa, da cui diparte il canale dissabbiatore di lunghezza 24 m e larghezza 2 m, con altezza interna tra 2.3 m e 4.2 m.

Al termine della struttura è prevista l'installazione di uno sgrigliatore automatico oleodinamico al fine di garantire la pulizia dell'imbocco dal materiale di trasporto del torrente.

Inoltre, è prevista la messa in opera di una scala di risalita per ittiofauna in modo da ripristinare la morfologia del torrente.

1.2 CONDOTTA FORZATA

La condotta forzata è costituita da una tubazione in acciaio o vetroresina DN 1300 con lunghezza complessiva di circa 2350 m.l..

Il percorso scelto prevede il passaggio della tubazione lungo la sponda idrografica destra del T. Argentina.

La prima parte del tracciato della condotta si sviluppa nel settore mediano della porzione di versante compresa fra la S.P. 21bis e l'alveo. Una volta raggiunto l'innesto con la suddetta viabilità carrabile, la tubazione sarà interrata tramite scavo di circa 3 m e 1 m di profondità rispettivamente per i primi 30 m.l. e per il rimanente sviluppo e sarà eseguito nel settore centrale della sede stradale.

Lungo la SP 21bis sono previsti attraversamenti di 3 corsi d'acqua minori, che saranno effettuati mediante passaggio nell'ombra dell'impalcato sul lato valle o mediante sifone interrato al di sotto della luce.

Dopo 1880 m di percorso, è previsto l'attraversamento del T. Argentina tramite passaggio aereo, in modo da raggiungere la sinistra orografica. Il punto prescelto è situato 30 m a valle rispetto al ponte carrabile presente in località Desteglio. La condotta aerea, con funzione portante, sarà utilizzata come soletta per una passerella pedonale.

Superato l'attraversamento, si procede per circa 200 m sulla S.P. 21bis e per ulteriori 250 m sulla S.P. 548 della Valle Argentina, fino a raggiungere il sito dove sarà allestito l'edificio centrale.

Al termine dello scavo sarà ripristinato il manto stradale con nuova posa di asfalto.

1.3. EDIFICIO CENTRALE

L'edificio centrale sarà situato in sinistra orografica del T. Argentina, in corrispondenza di un settore caratterizzato da terrazzamenti coltivati.

Il fabbricato presenta dimensioni in pianta di 15 m * 10 m, con altezza fuori terra di 5 m. Il muro di monte dell'edificio risulta posto in adiacenza a quello di contenimento della strada provinciale, con soletta prevista all'altezza del manto stradale in modo da evitare ingombri nelle vicinanze della carreggiata.

All'interno del locale saranno sistemate due turbine, il generatore ed i quadri BT.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente *Relazione geologica* è stata redatta al fine di verificare il grado di pericolosità geomorfologica dell'area di studio e consentire la modellazione geologica del sito d'intervento, in conformità alle normative vigenti e in particolare al Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 14.01.2008 *"Norme Tecniche per le Costruzioni"* e relativa Circolare 02.02.2009 n. 617 C.S.LL.PP. *"Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008"*.

Relativamente al Piano di Bacino del T. Argentina (Ambito 4), approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 18 del 27.02.2003, è stata consultata la carta della suscettività al dissesto e del rischio geomorfologico (Fig. 2) da cui si evince che l'ambito coinvolto dalla realizzazione dell'impianto idroelettrico è inserito prevalentemente in aree a bassa e media suscettività al dissesto (Pg1, Pg2), ad esclusione di una limitata porzione della zona settentrionale del settore in esame, classificata ad alta suscettività al dissesto (Pg3a-Pg3b).

A tal proposito, la classificazione Pg3a del settore di versante ubicato a monte della S.P. 21bis nel tratto più settentrionale dell'ambito di interesse progettuale è conseguente allo stato di intensa fratturazione e disarticolazione del substrato, che ha reso necessario attuare in passato una serie di interventi di messa in sicurezza e consolidamento tramite la posa di reti paramassi e reti metalliche in parete.

L’impianto ricade interamente in area sottoposta a vincolo idrogeologico (L.R. 4/1999).

Per quanto riguarda, infine, il deflusso minimo vitale e i rapporti tra l’impianto a progetto e il T. Argentina, con particolare riferimento alle fasce di inedificabilità e di rispetto, si rimanda integralmente alla documentazione progettuale.

3. MODELLO GEOLOGICO DELL'AMBITO DI INTERVENTO

L’ambito oggetto di studio si estende nel territorio comunale di Montalto Ligure e in quello di Molini di Triora, principalmente lungo parte della sponda idrografica destra del T. Argentina, a valle degli scavi adibiti alla sede della Diga di Glori, mai realizzata.

In termini insediativi e vegetazionali, le caratteristiche peculiari del comparto in esame sono contraddistinte da ampie zone boscate, che talvolta mantengono ancora la configurazione naturale spontanea, e dalla presenza di nuclei abitativi isolati (località Desteglio) disposti principalmente in corrispondenza dei terrazzi fluviali a margine del corso d'acqua principale, che si sviluppa parallelamente alle strade provinciali S.P. 21bis e S.P. 548 della Valle Argentina.

3.1 ASSETTO GEOLOGICO-TETTONICO

L’area di interesse è inserita all’interno del *Dominio delle Coperture Delfinesi-Provenzali,* costituito da una serie di Formazioni geologiche le cui successioni comprendono le relative coperture sedimentarie o complessi flyschoidi.

In particolare, sulla base della bibliografia consultata (Regione Liguria, 2006 – Fig. 3), si osserva che il tratto del T. Argentina lungo cui si sviluppa l'impianto idroelettrico a progetto è impostato prevalentemente nella Formazione del *Flysch di San Remo (FSM)* e in quella delle *Arenarie di Bordighera (ABG).* Solo la parte terminale della condotta forzata e l'edificio centrale ricadono all'interno della *Formazione di S. Bartolomeo (SBA).*

La Formazione del *Flysch di San Remo* è contraddistinta da strati arenaceo-argillitici con intercalazioni di calcilutiti, la *Formazione delle Arenarie di Bordighera* è rappresentata da arenarie torbiditiche spesso grossolane sino a conglomerati con locali intercalazioni di livelli calcoarenitici e marnosi, mentre la *Formazione di S. Bartolomeo* è costituita da sottili strati

calcarei alternati a livelli argillosi.

L’assetto strutturale di queste Formazioni appare generalmente monoclinale (in media 110/40 NE) a causa di eventi deformativi duttili caratterizzati da pieghe isoclinali a grande scala sviluppatesi durante gli eventi orogenetici. Di conseguenza, in funzione della direzione di scorrimento del torrente e di sviluppo della viabilità provinciale, si riscontrano situazioni giaciturali della superficie di strato con assetto variabile da reggipoggio fino a franapoggio.

Dal punto di vista tettonico, sono individuabili almeno due famiglie principali di faglie, disposte NW-SE (parallela allo sviluppo del torrente) e NE-SW, che hanno condizionato anche l’andamento dei corsi d’acqua secondari e l’assetto morfologico del comparto.

3.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Nell'ambito della porzione di bacino idrografico del T. Argentina interessata dall'intervento a progetto sono presenti forme, processi e depositi ascrivibili all'azione tettonica, della gravità, delle acque correnti e in subordine dell'attività antropica (Fig. 4).

Dal punto di vista geomorfologico, il tratto di corso d'acqua interessato dalla realizzazione dell'impianto a progetto è contraddistinto da pendenze dell'ordine del 4-5% e si sviluppa con andamento meandriforme prevalentemente in ambiti dove la roccia è affiorante e in misura minore subaffiorante, a testimonianza di un processo attuale di ringiovanimento del T. Argentina.

Nei settori di versante le scarpate rocciose sono caratterizzate da un grado di fratturazione piuttosto variabile, che comporta localmente situazioni di precario equilibrio in funzione dell'assetto giaciturale delle discontinuità rispetto all'andamento del pendio.

In particolare, si sottolinea che in una ristretta area collinare a monte della S.P. 21bis, nel tratto più settentrionale dell'ambito di interesse progettuale, le condizioni di intensa fessurazione e disarticolazione del substrato hanno reso necessario attuare in passato una serie di interventi di messa in sicurezza e consolidamento tramite la posa di reti paramassi e reti metalliche in parete.

La presenza di coperture sciolte di varia origine e forma e di spessore generalmente modesto è comunque diffusa.

Una coltre potente di natura detritico-colluviale, che si sviluppa lungo un ambito di versante in orografica destra del corso d'acqua e interessa il tratto centrale della condotta, non appare caratterizzata da significativi sintomi di instabilità geomorfologica.

Un dissesto particolarmente rilevante si osserva lungo il tratto di viabilità poco a monte del crinale secondario denominato Riva Rocca, nell'ambito di un settore collinare in cui il substrato roccioso è rappresentato dalle Arenarie di Bordighera; in questo caso gli interventi

di messa in sicurezza del fronte franoso (barriera paramassi poggiata su muro in c.a.) appaiono al momento sufficienti a garantire condizioni di sicurezza almeno per le maestranze che opereranno in cantiere.

Infine, un esteso corpo di frana si individua in orografica destra del T. Argentina, sul versante opposto rispetto a quello su cui è insediato il centro abitato di Montalto Ligure. Anche se l'accumulo è considerato complessivamente quiescente, nella porzione basale si riscontrano alcuni fenomeni di riattivazione superficiale, dei quali uno particolarmente significativo è situato a valle di un sentiero pedonale, nel Piano di Bacino (Ambito 4) queste aree sono caratterizzate da una suscettività al dissesto molto elevata (Pg4). Si sottolinea comunque che tali problematiche gravitative non interessano direttamente i settori di territorio coinvolti dal progetto, in quanto situati sul versante opposto rispetto a quello di realizzazione dell'edificio centrale.

Tra le forme di erosione legate all’azione delle acque correnti è importante sottolineare la presenza, lungo alcuni tratti del corso d’acqua principale e dei suoi tributari, di orli di scarpata e alcuni fenomeni di approfondimento dell'alveo: si tratta di forme in stato di attività che non riguardano il settore direttamente interessato dall'impianto idroelettrico e che sono legate ai processi erosivi che si sviluppano lungo il reticolo idrografico minore nell’intero comparto, in funzione delle caratteristiche morfologiche, litologiche e del regime pluviometrico della zona.

L'impatto antropico appare decisamente contenuto alla realizzazione, oltre che di fabbricato sparsi e nuclei isolati di edifici abitativi, della strada di fondovalle sul versante destro e di quella di mezzacosta sul versante sinistro, che hanno comportato a suo tempo scavi sul lato monte e riporti sul lato valle. A tal proposito, si sottolinea che alcuni fronti artificiali sono caratterizzati da precarie condizioni di equilibrio in rapporto alla presenza di sistemi di fessurazione che interessano le pareti rocciose sovrastanti la viabilità.

3.2.1 Valutazioni sulla stabilità delle pareti rocciose

In corrispondenza di fronti rocciosi ritenuti significativi esistenti lungo il tratto di SP 21bis dove si sviluppa la condotta a progetto sono stati effettuati specifici approfondimenti geologico-strutturali e geomeccanici finalizzati ad individuare potenziali criticità connesse ad eventuali cinematismi a carico di blocchi lapidei disarticolati.

In particolare, sono state scelte n. 7 stazioni di misura (STOP), la cui ubicazione è riportata in Fig. 5, e per ogni stazione sono state messe in relazione le giaciture rilevate sia delle discontinuità (colore verde) sia della superficie di strato (colore marrone) rispetto all'orientazione del versante (colore nero), tenendo conto dell'angolo di attrito di base

presunto del giunto (colore rosso) valutato intorno a valori fra 30° e 33° (*Markland test):*

- STOP 1: in relazione all'esposizione del versante in questo settore, l'intersezione delle discontinuità indica potenziali cinematismi per scivolamento a cuneo e quindi significative condizioni di instabilità del fronte;
- STOP 2: analogamente allo stop 1, si riscontra l'intersezione delle superfici di discontinuità che possono dar luogo a fenomeni di crollo per scivolamento a cuneo;
- STOP 3: anche in corrispondenza di questa stazione di misura sono confermate significative condizioni di instabilità, che peraltro hanno reso necessario in passato interventi di messa in sicurezza quali reti paramassi e pannelli in fune d'acciaio;
- STOP 4: per questa stazione di misura non si rilevano situazioni di instabilità; l'intersezione fra una discontinuità e la superficie di strato è caratterizzata da pendenze inferiori all'angolo di attrito di base assunto;
- STOP 5: per questa stazione di misura non si riscontrano intersezioni fra superfici di discontinuità e quella di strato in grado di determinare potenziali cinematismi;
- STOP 6: per questa stazione di misura le intersezioni fra superfici di discontinuità e quella di strato potrebbero potenzialmente verificarsi, considerata la subverticalità del fronte e quindi non si possono escludere cinematismi;
- STOP 7: i rapporti geometrici fra la superficie di strato e una discontinuità determinano una potenziale situazione di instabilità, individuata da una intersezione con pendenza minore rispetto al versante e maggiore rispetto all'angolo di attrito di base del giunto.

Tenendo conto di tutti i dati giaciturali raccolti, è stato elaborato un *density plot* (Fig. 6) da cui si rileva un massimo assoluto di concentrazione ascrivibile alla superficie di strato (valore più ricorrente 110/40/NE) che risulta, come già asserito, piuttosto monoclinale; gli altri massimi relativi di concentrazione dei poli proiettati sono invece riferibili ai 3 sistemi di discontinuità (K1, K2 e K3).

4. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

La ricostruzione dell’assetto stratigrafico del settore d’intervento è stata effettuata sulla base di un approfondito rilevamento di superficie, esteso anche all’intorno d’interesse progettuale. Nelle successive fasi di indagine potranno essere condotti approfondimenti geognostici o geofisici in grado di confermare le ipotesi proposte in questa sede, soprattutto in corrispondenza del sito di installazione dell'edificio centrale appartenente ad un terrazzo

fluviale del T. Argentina.

L'area interessata dalla realizzazione dell’opera di presa (Fig. 8A-8B) ed estesi tratti della scarpata di monte della strada provinciale lungo la quale è in previsione la condotta forzata sono caratterizzati roccia in condizioni di affioramento o sub-affioramento, anche se è prevedibile che in particolare sulla sede stradale siano presenti anche terreni sciolti rimaneggiati e riporti, soprattutto sul lato valle, connessi all'inserimento dell'opera nel profilo del versante che ha reso necessari in passato sbancamenti a monte e riporti a valle. L'edificio centrale si colloca invece su terreni sciolti a prevalente componente grossolana (Fig. 9A-9B).

Sono di seguito attribuiti ai livelli individuati parametri geotecnici e geomeccanici indicativi, da intendersi come valori medi; si precisa che tali valori potranno pertanto essere modificati a seguito dei suddetti approfondimenti a supporto della progettazione geotecnico-strutturale esecutiva e dovranno essere convertiti in valori caratteristici e di progetto per le relative verifiche di stabilità agli stati limite.

4.1 MATERIALI SCIOLTI NATURALI E RIPORTI

I materiali sciolti, naturali o riportati, sono presenti lungo la strada provinciale e in corrispondenza del terrazzo fluviale dove sarà impostato l'edificio centrale.

In ogni caso, tali terreni sono caratterizzati da una notevole eterogeneità, con una prevalente frazione sabbioso-ghiaiosa, scaglie e frammenti lapidei di volumetria variabile e subordinata matrice fine, con grado di addensamento da medio-basso a medio-elevato.

Il modello geotecnico di riferimento per terreni sciolti con fuso granulometrico così ampio non è facilmente definibile: nonostante la presenza di frazione fine, si preferisce assimilare il terreno in oggetto a un mezzo a grana grossa.

In termini medi, la densità secca è stimata in 17-18 kN/m^3, mentre in condizioni naturali, prossime alla saturazione, il peso di volume si attesta su valori tra 19 e 20 kN/m^3. Per quanto attiene ai parametri di resistenza al taglio, si può stimare un valore di angolo di attrito efficace compreso tra 32°÷34° e coesione drenata nulla.

4.2 SUBSTRATO ROCCIOSO

Lungo gli affioramenti lapidei individuati in corrispondenza dell’area destinata alla realizzazione dell’opera di presa e lungo la strada provinciale interessata dalla posa della condotta forzata sono state eseguite specifiche osservazioni geomeccanico-strutturali che hanno consentito di definire la qualità dell'ammasso roccioso adottando la metodologia proposta da Marinos e Hoek (2000) che utilizza il Geological Strenght Index (G.S.I.).

Si è constatato che il substrato lapideo presenta una struttura fratturata (ammasso non disturbato, con tre sistemi di giunti che isolano blocchi a forma prevalentemente cubica) e condizioni dei giunti mediocri (giunti lisci e superfici moderatamente alterate).

In considerazione delle caratteristiche delle successioni descritte, in questa fase si è ritenuto di applicare cautelativamente la classificazione dei Flysch, ottenendo un intervallo di valori del G.S.I. tra 25 e 35 che appare coerente con quanto riportato dagli Autori per le formazioni flyschoidi di tipo D *"strati duttili con strati fragili"* ed E *"strati duttili deboli con strati fragili"* (Tab. 1).

5. PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA

Secondo quanto contenuto nelle N.T.C. 2008, a livello progettuale è necessario controllare il grado di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che si possono verificare nel sito in oggetto 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 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 normativa, le forme spettrali sono definite dai 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 N.T.C. 2008, gli spettri sismici dipendono dalle coordinate geografiche del sito. Al fine di ricavare i valori dei suddetti parametri dai nodi del reticolo di riferimento per un assegnato periodo di ritorno (Tabella 1 - N.T.C. 2008), sono di seguito riportate le coordinate ED50, riferite all'edificio centrale (Geostru, 2009): latitudine: 43,930020 N - longitudine: 7,842025 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, nonché 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 a una specifica categoria di sottosuolo: con riferimento al profilo stratigrafico proposto nel presente documento e alla tipologia interventuale, si può ritenere plausibile per tutte le opere a progetto una categoria di sottosuolo di tipo A che comprende *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di* Vs_{30} *superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

Per quanto riguarda gli effetti topografici, ovvero la modifica all'azione sismica indotta dalla geometria superficiale del terreno, la morfologia del sito può essere associata alla categoria T2 (pendii con inclinazione media > 15°) della Tabella 3.2.IV delle N.T.C. 2008.

Per la definizione della vita nominale (V_n), classe d’uso (C_u), periodo di riferimento (V_r), fattore di struttura (q e q_0) e smorzamento (ε) delle opere a progetto, si rimanda a quanto indicato dal Progettista strutturale.

6. GESTIONE MATERIALI DA SCAVO

Relativamente alla gestione dei materiali provenienti dagli scavi, si evince che la realizzazione dell’intervento interessa prevalentemente roccia di natura arenaceo-argillitica o terreni sciolti composti da frazione sabbioso-ghiaiosa con scaglie e frammenti lapidei e subordinata matrice fine.

In riferimento alle normative vigenti in materia a livello nazionale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.) e regionale (D.G.R. 1423/2013), sulla base di quanto verificato in sito, supportato dalla cartografia tematica disponibile, si precisa che il materiale prodotto riguarda:

- siti mai interessati da attività o eventi potenzialmente contaminanti;
- siti dove l’attività commerciale-industriale non è mai stata svolta;
- aree non ricomprese nella fascia limitrofa a strade di grande comunicazione;
- aree non ricomprese nelle zone della carta delle “pietre verdi” (D.G.R. 859/2008).

Relativamente agli scavi previsti lungo la strada provinciale, sulla base dello stato attuale delle conoscenze del materiale costituente il sottofondo stradale, si prescrive l’esecuzione di specifici accertamenti analitici sulla matrice suolo per verificare la sussistenza delle condizioni di cui all’art. 185, comma 1 e che consentano di escludere ogni fenomeno di contaminazione antropica e la possibilità di riutilizzare il materiale prodotto in sito.

Il materiale in eccedenza sarà trattato come rifiuto e sarà conferito in idoneo sito di

recupero e/o smaltimento, individuato all’atto di esecuzione dell’opera.

7. INDICAZIONI OPERATIVE

In funzione della tipologia delle opere a progetto in rapporto alle caratteristiche geomorfologiche e stratigrafiche della zona di intervento, oltre che del grado di antropizzazione, le attività di cantiere comportano l'adempimento di alcune prescrizioni costruttive.

7.1. OPERA DI PRESA

Durante l’esecuzione dei lavori connessi alla realizzazione dell'opera di presa dovrà essere minimizzata l’interferenza del regime idraulico in caso sia di morbide sia di piene del corso d’acqua. Nel caso in cui si verificasse una sopraelevazione temporanea del livello d’acqua, dovrà essere previsto l’allestimento di attrezzature per il pompaggio e lo smaltimento del deflusso idrico in modo da operare con un cantiere asciutto. In alternativa, si dovrà provvedere a isolare il tratto d’intervento, realizzando un argine provvisorio, garantendo il regolare deflusso idrico nella parte di sezione d’alveo non interessata dai lavori.

L’opera di presa, la vasca di carico e il dissabbiatore dovranno essere opportunamente ancorati alle sponde e immorsati nel substrato roccioso al fine di prevenire fenomeni erosivi spondali, soprattutto in condizioni di piena, prevedendo eventualmente specifici interventi di rinforzo e protezione spondale adeguatamente estesi a monte e a valle dell’opera stessa.

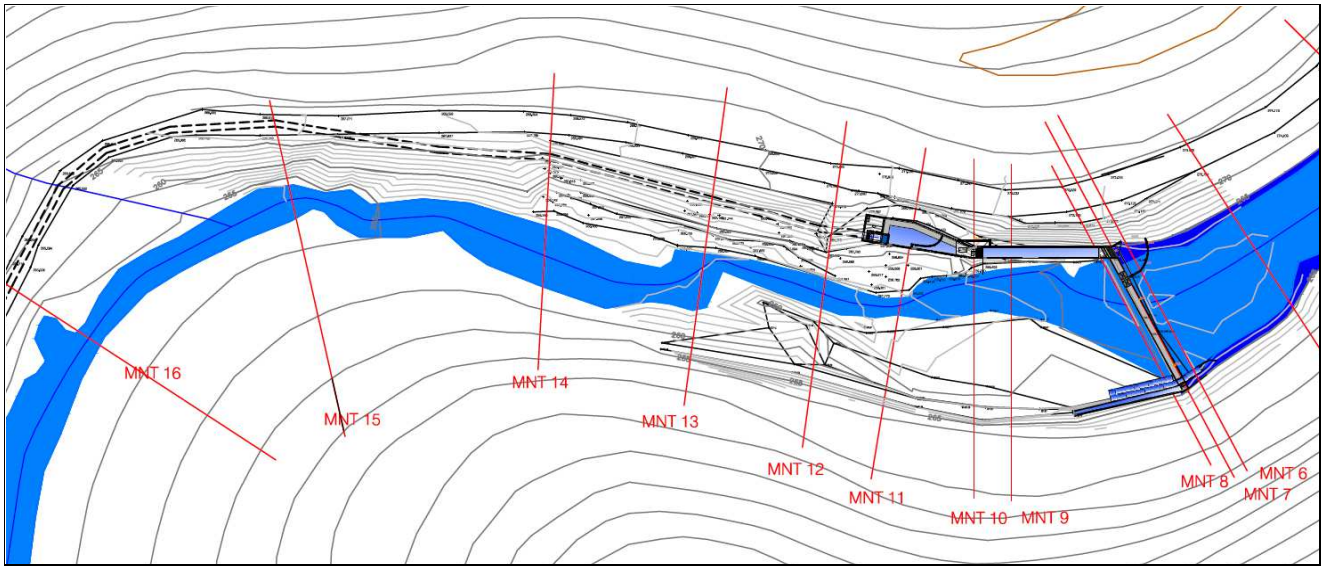
Particolare attenzione dovrà essere posta nell'ambito delle eventuali fasi di scavo in roccia connesse alla predisposizione dell'opera di presa, prevedendo eventuali ancoraggi, chiodature o consolidamenti tramite reti metalliche qualora si manifestasse il rischio di crolli di blocchi o distacchi di placche di roccia, a causa del grado di fratturazione o di quanto altro possa costituire un fattore d'insicurezza per le maestranze.

7.2. CONDOTTA FORZATA

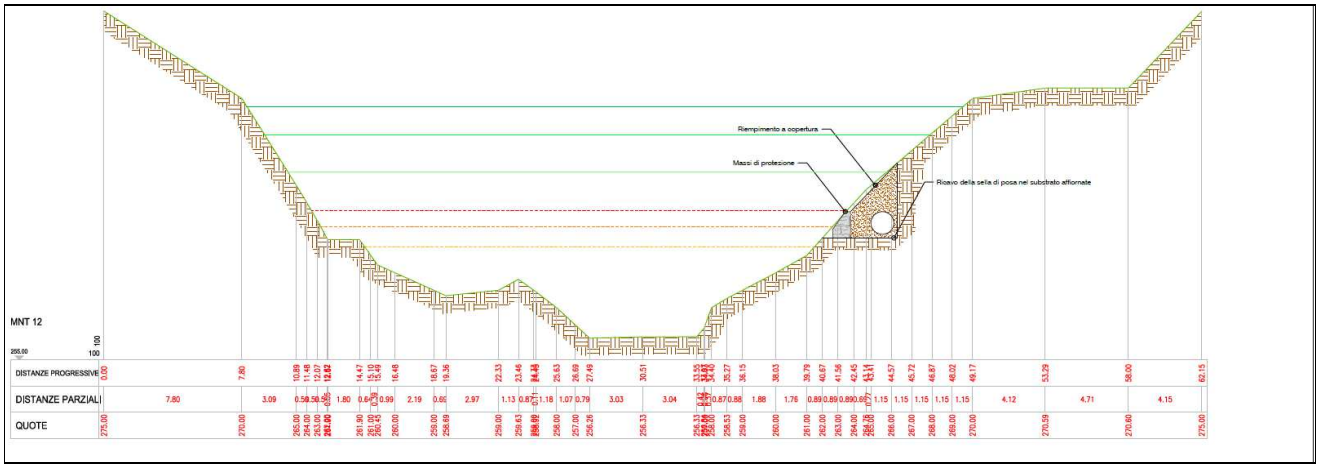
Per la realizzazione del tratto superiore della condotta forzata, che dalla vasca di carico si sviluppa in sponda idrografica destra del T. Argentina, è prevista la realizzazione di una scogliera in massi a tergo della quale appoggiare il manufatto, considerato che in questo ambito la scarpata esistente è caratterizzata da un'elevata acclività e da un assetto stratigrafico presunto non favorevole all'inserimento della condotta nel profilo del pendio senza adeguate opere di sostegno.

In questo tratto quindi dovranno essere accertate le caratteristiche stratigrafiche della porzione di versante coinvolta, dove sono stati abbancati materiali provenienti dalle attività di scavo connesse alla realizzazione della strada provinciale, quelle geotecniche dei terreni sciolti e quelle geomeccaniche dell'ammasso roccioso a cui fare riferimento per il piano di appoggio della suddetta scogliera in massi.

In considerazione della morfologia molto pendente della scarpata e della presenza della sede stradale a monte, si ritiene che per condurre eventuali sbancamenti in condizioni di sicurezza siano necessarie specifiche opere di sostegno provvisionali (i.e. puntelli).

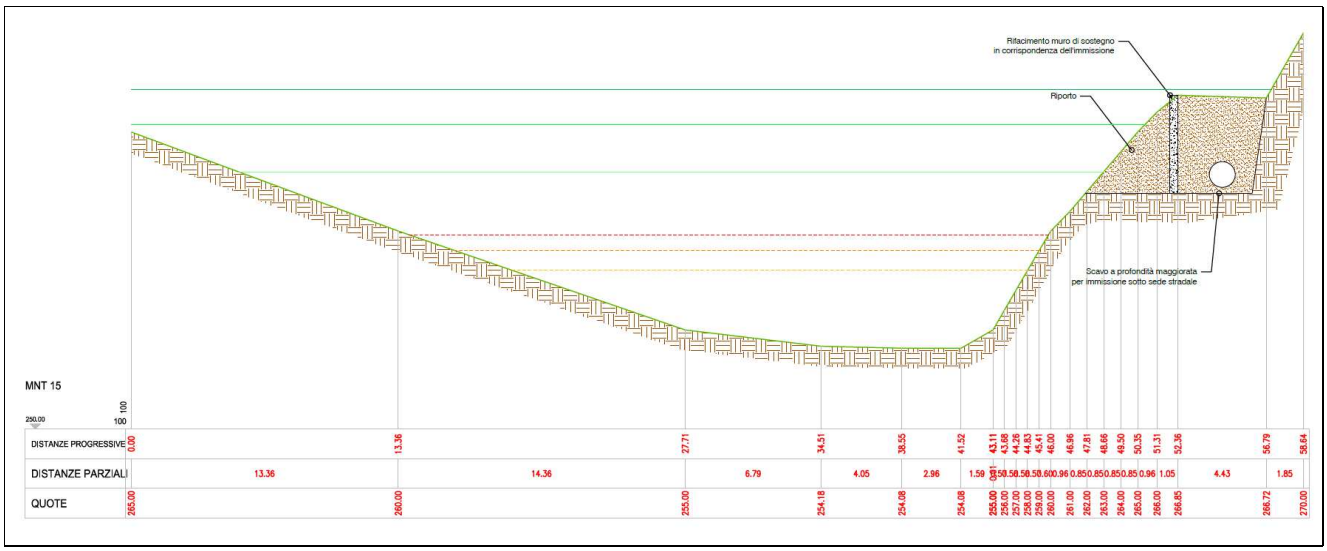


Indicazione planimetrica estratto Tavola 2.2



Sezione MNT 12 – Utilizzo di puntelli come opere di sostegno provvisionali - Estratto Tavola 2.10 - Totale 20 m

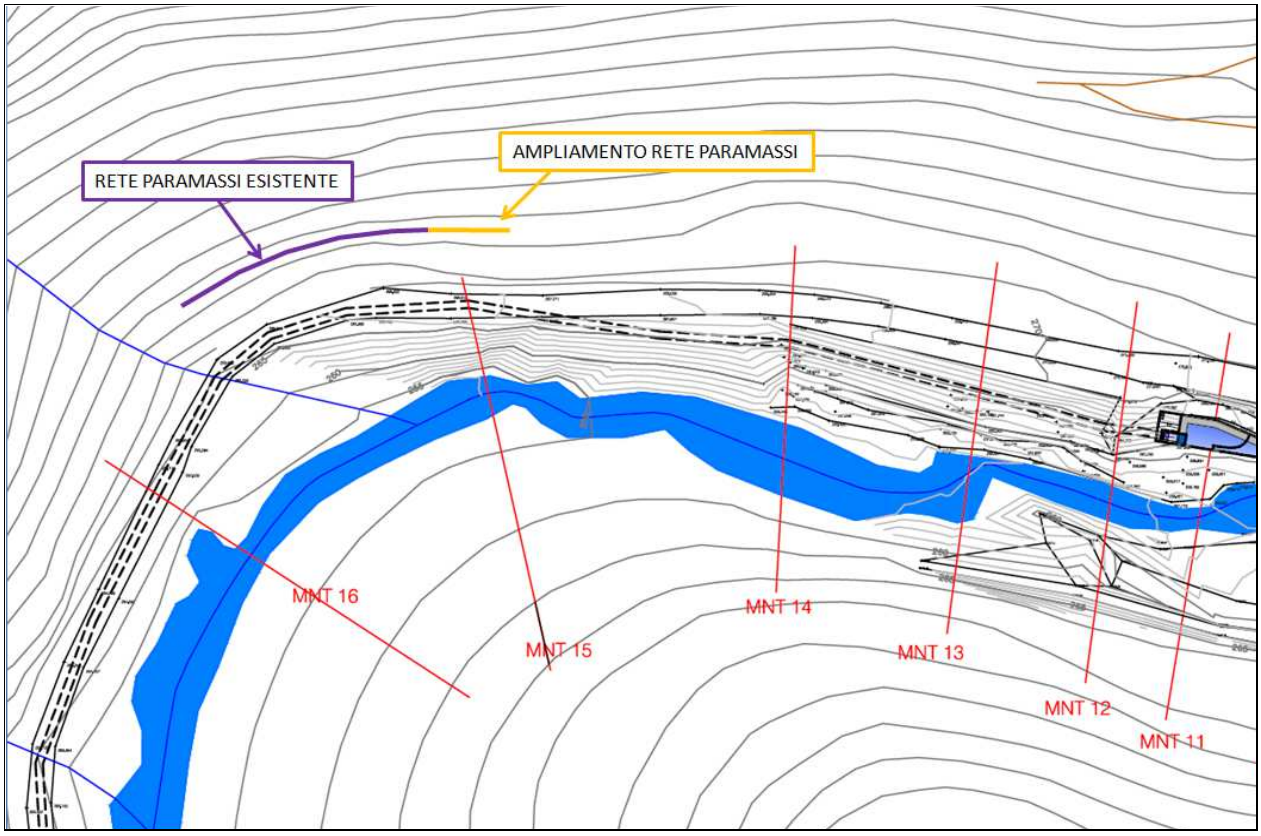
Nel punto di innesto della condotta sulla strada provinciale, l'opera di sostegno dovrà essere ricostituita, garantendo un appoggio fondazionale direttamente sul substrato roccioso.



Sezione MNT 15 – Ancoraggio in roccia del muro di sostegno - Estratto Tavola 2.10
Totale 30 m

Specifici interventi dovranno invece riguardare la messa in sicurezza del percorso lungo la strada provinciale, fermo restando che alcune opere sono già state attuate ed altre sono previste nella Carta degli interventi del Piano di Bacino del T. Argentina in corrispondenza del tratto inferiore di fondovalle dove si sviluppa la condotta a progetto.

In primo luogo si ritiene opportuna un'adeguata estensione verso E dello sviluppo della barriera paramassi esistente lungo la porzione di versante a monte del tratto più settentrionale della condotta a progetto. E' opportuno altresì che l'intervento di consolidamento diretto in parete tramite rete metallica sia integrato con pannelli in funi d'acciaio in modo da garantire una più efficace azione di contrasto nei confronti dei blocchi rocciosi disarticolati che caratterizzano questo ambito di territorio.



Indicazione rete paramassi esistente e ampliamento a progetto verso E – Totale 20 m

Inoltre, in corrispondenza del tributario più settentrionale in destra idrografica del T. Argentina, che è contraddistinto da fenomeni di erosione lungo il suo corso, testimoniati dalla presenza di materiale lapideo sul manto stradale, si suggerisce la realizzazione di un muro di protezione in pietra e malta, di altezza pari a 2 m, lungo il margine di monte della strada.

Procedendo verso meridione lungo lo sviluppo della strada provinciale interessata dalla posa della condotta sono presenti ulteriori settori dove le condizioni di fratturazione dell'ammasso roccioso comportano un precario equilibrio geomorfologico dei fronti lapidei a monte della viabilità su cui è necessario intervenire per consentire la mitigazione del rischio connesso alle lavorazioni in progetto. In particolare, si tratta di alcune pareti rocciose subverticali in corrispondenza delle quali si ritiene opportuno, previo leggero disgaggio, la posa in opera in generale di reti metalliche di protezione e nei casi più critici di pannelli in fune d'acciaio. Nella fase di cantiere sarà comunque predisposto un protocollo operativo finalizzato ad un'adeguata verifica, tramite rocciatori, sulle condizioni di equilibrio delle pareti rocciose, e sui muri in pietra sovrastanti, aggettanti sulla viabilità interessata dalla posa in opera della condotta a progetto, in modo da predisporre eventuali ulteriori interventi di messa in sicurezza.

Nelle successive fasi progettuali, quando saranno definiti nel dettaglio le caratteristiche plano-altimetriche di tutti i punti oggetto di intervento, saranno approfonditi gli aspetti geologico-strutturali e geomeccanici relativi ai fronti rocciosi interessati dalle opere in modo da consentire la corretta progettazione dei consolidamenti necessari.

In termini generali la posa della condotta lungo la strada provinciale prevede l'apertura di scavi in terra e roccia di altezza in genere di 2.5 m e solo localmente fino a 4 m, che dovranno essere di estensione ristretta e opportunamente sagomati, compatibilmente con gli spazi disponibili, al fine di rispettare gli idonei requisiti di sicurezza, assicurando le adeguate condizioni di stabilità del fronte; a tal proposito, si potrà valutare l'opportunità di utilizzare specifiche opere di sostegno provvisionali (i.e. puntelli) da rimuovere solo successivamente all'ultimazione dei lavori.

7.2 EDIFICIO CENTRALE

La realizzazione dell'edificio centrale e del canale di raccolta delle acque turbinate verso il T. Argentina prevede scavi di una certa consistenza, per i quali si dovrà valutare se ricorrere ad opere di contenimento preventivo dello scavo.

Nelle successive fasi progettuali o in fase di cantiere dovrà essere accertato quindi l'assetto stratigrafico del sottosuolo e le caratteristiche geotecniche dei terreni sciolti e geomeccaniche del substrato roccioso su cui è opportuno fare riferimento per le opere di fondazione del manufatto.

In ogni caso, si ritiene che la migliore soluzione d'appoggio possa essere rappresentata da fondazioni dirette, possibilmente continue, in modo tale da garantire una buona rigidità alla flessione e quindi minimizzare eventuali cedimenti differenziali dovuti eventualmente ad una non omogenea distribuzione dei carichi.

In accordo alle normative vigenti, si rimanda alla *Relazione geotecnica esecutiva* per tutte le analisi relative al dimensionamento della struttura edilizia, comprensive delle verifiche agli stati limite tra la resistenza del terreno e la combinazione delle azioni, sia in condizioni statiche sia in campo dinamico.

8. GIUDIZIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA E CONCLUSIONI

Valutata la tipologia dell'intervento a progetto in rapporto agli strumenti di pianificazione del territorio vigenti, si evidenzia che le opere previste non interferiscono direttamente con forme e processi geomorfologici che possano limitare la piena fruibilità della porzione di territorio destinato all'impianto idroelettrico.

E' tuttavia necessario porre in opera una serie di interventi di protezione e consolidamento, soprattutto in corrispondenza di alcuni fronti rocciosi sovrastanti la sede carrabile della S.P. 21bis, in grado di mitigare il rischio geomorfologico connesso all'evoluzione dei fenomeni in atto nel corso delle attività di cantiere.

Particolare attenzione in tal senso dovrà essere posta soprattutto nel settore più settentrionale del comparto, dove sussiste una classificazione Pg3a-Pg3b nel Piano di Bacino del T. Argentina e dove sono già stati realizzati in passato interventi di parziale messa in sicurezza del versante, tramite posa di reti paramassi e reti metalliche in parete, che devono essere implementati per garantire adeguate condizioni di sicurezza durante le lavorazioni; nella fase di cantiere sarà anche possibile condurre una serie di controlli osservazionali sull'eventuale evoluzione gravitativa del dissesto, già oggetto di intervento, esistente poco a monte del crinale secondario denominato Riva Rocca di cui si è esposto in precedenza.

In conclusione, tenendo conto della pericolosità geologica del territorio e dei diversi interventi di bonifica sopra citati, può essere espresso un giudizio positivo in merito alla compatibilità dell'intervento a progetto con l’assetto idrogeologico del comparto di studio.

A tal proposito, per gli aspetti progettuali, contestualmente alle verifiche strutturali, si ricorda che dovrà essere redatta una *Relazione geotecnica esecutiva*, contenente i risultati degli accertamenti geognostici integrativi, la definizione dei parametri geotecnici caratteristici e di progetto, e le verifiche agli stati limite per il dimensionamento geotecnico delle opere a progetto, con riferimento e seguito ai parametri geotecnici medi e sismici contenuti nella presente *Relazione geologica*.

Sulla base delle normative citate nelle PREMESSE, nel corso della realizzazione delle opere a progetto dovranno essere disposte e fatte osservare prescrizioni confacenti con le effettive condizioni geologiche accertate nello sviluppo dei lavori, per la loro possibile influenza sul comportamento dell’opera in progetto nel tempo.

Pertanto, è necessario affiancare alla DD.LL. la figura professionale di un Geologo, in modo tale che alla fine dei lavori sia redatto una *Relazione geologica di fine lavori*, corredata da una documentazione fotografica sulle più significative fasi d'intervento, in cui sia certificato l’adempimento delle prescrizioni impartite e l’idoneità dei lavori eseguiti in rapporto alla tutela dell’assetto geologico della zona.

Chiavari, 20 novembre 2015



Dott. Geol. Andrea Robbiano

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- GEOSTRU (2009) - Geostru PS Parametri Sismici *"Software di calcolo per la definizione della pericolosità sismica"*
- MARINOS P. & HOEK E. (2000) - *GSI: a geologically friendly tool for rock mass strenght estimation.* GeoEng 2000, Melbourne
- PROVINCIA DI IMPERIA (2003) – *Piano di Bacino del T. Argentina*
- REGIONE LIGURIA (2006) – Ambiente e Territorio - "*Tavoletta 1:50000 Sanremo*".

ALLEGATI

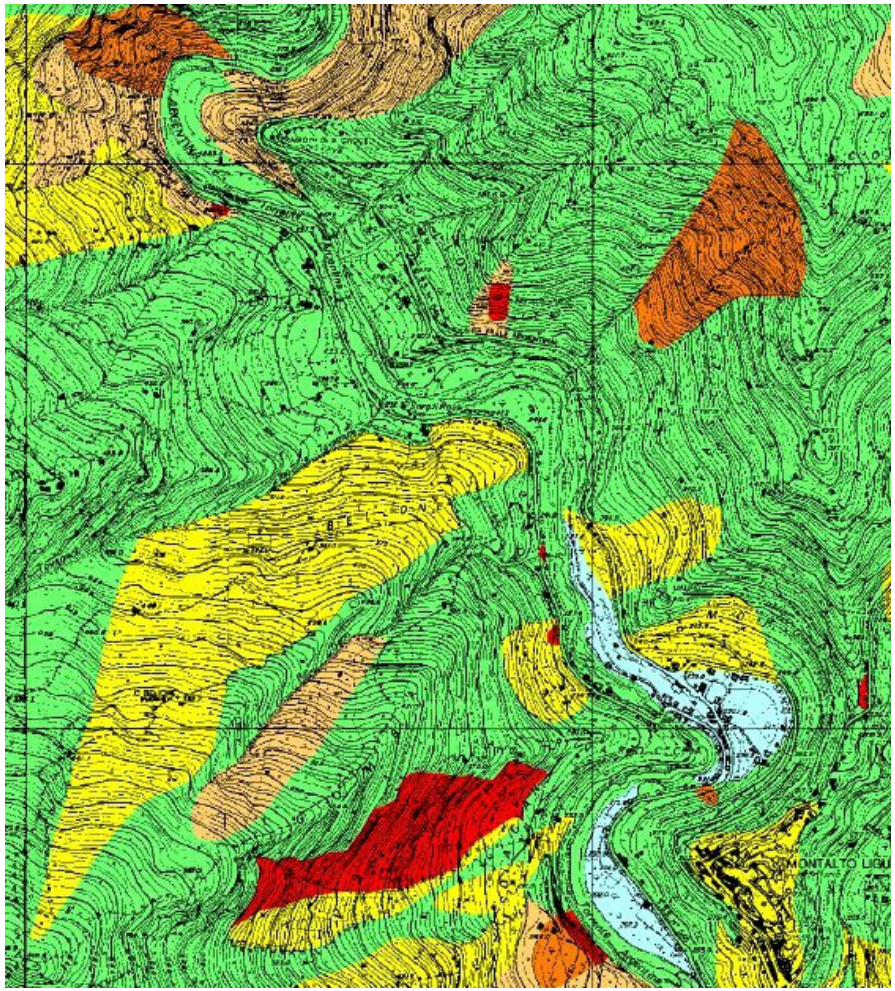
Figura	Oggetto
1	Corografia dell’area
2	Carta suscettività al dissesto e rischio geomorfologico Piano di Bacino T. Argentina
3	Carta geologica regionale (C.A.R.G.)
4	Carta geologico-geomorfologica originale
5	Carta delle stazioni geomeccaniche
6	Density plot delle superfici di discontinuità in roccia
7a-g	Markland test delle stazioni di misura
8A-8B	Planimetria e sezione geologica ipotizzata della zona dell'opera di presa
9A-9B	Planimetria e sezione geologica ipotizzata della zona dell'edificio centrale
10a-e	Documentazione fotografica dei siti di intervento di consolidamento

Tabella	Oggetto
1	Valori indicativi di G.S.I. per Formazioni tipo Flysch

Fig. 1
corografia dell'area
C.T.R. Elementi n° 258061-258074
scala 1:5000



Carta della suscettività al dissesto

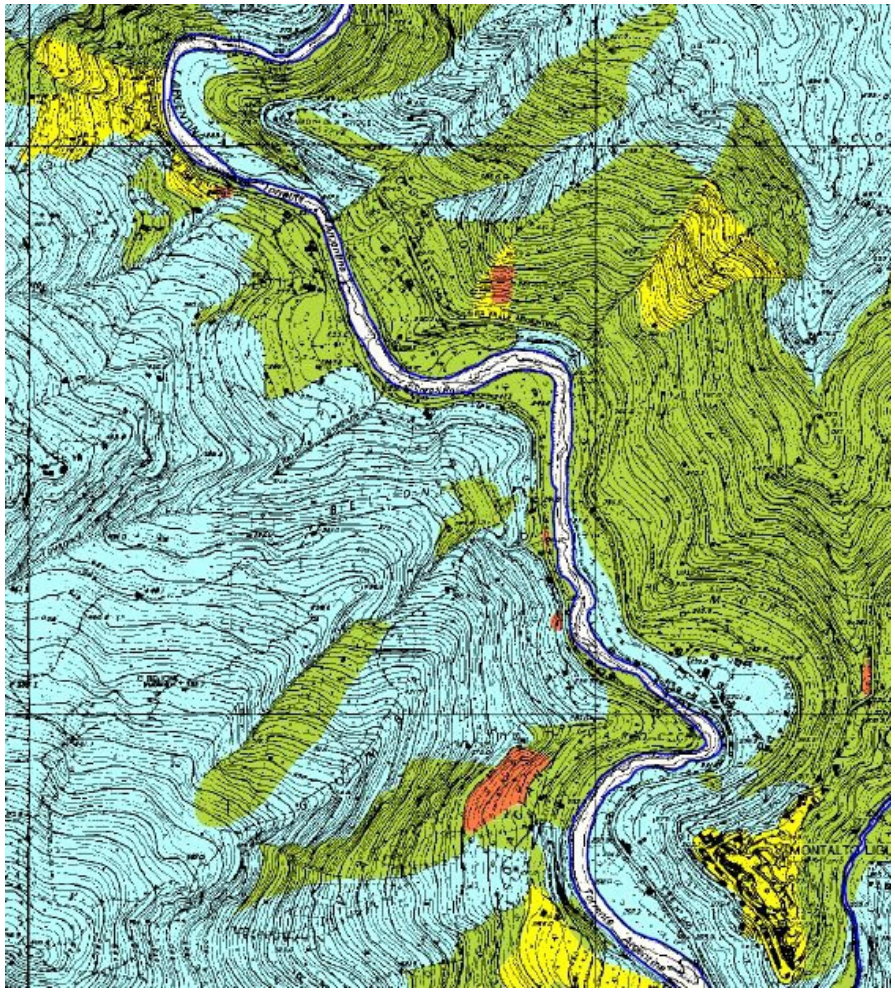


LEGENDA

- aree a pericolosità e suscettività molto bassa (Pg0)
- aree a pericolosità e suscettività bassa (Pg1)
- aree a pericolosità e suscettività media (Pg2)
- aree a pericolosità e suscettività alta (Pg3a-Pg3b) (A / B)
- aree a pericolosità e suscettività molto alta (Pg4)

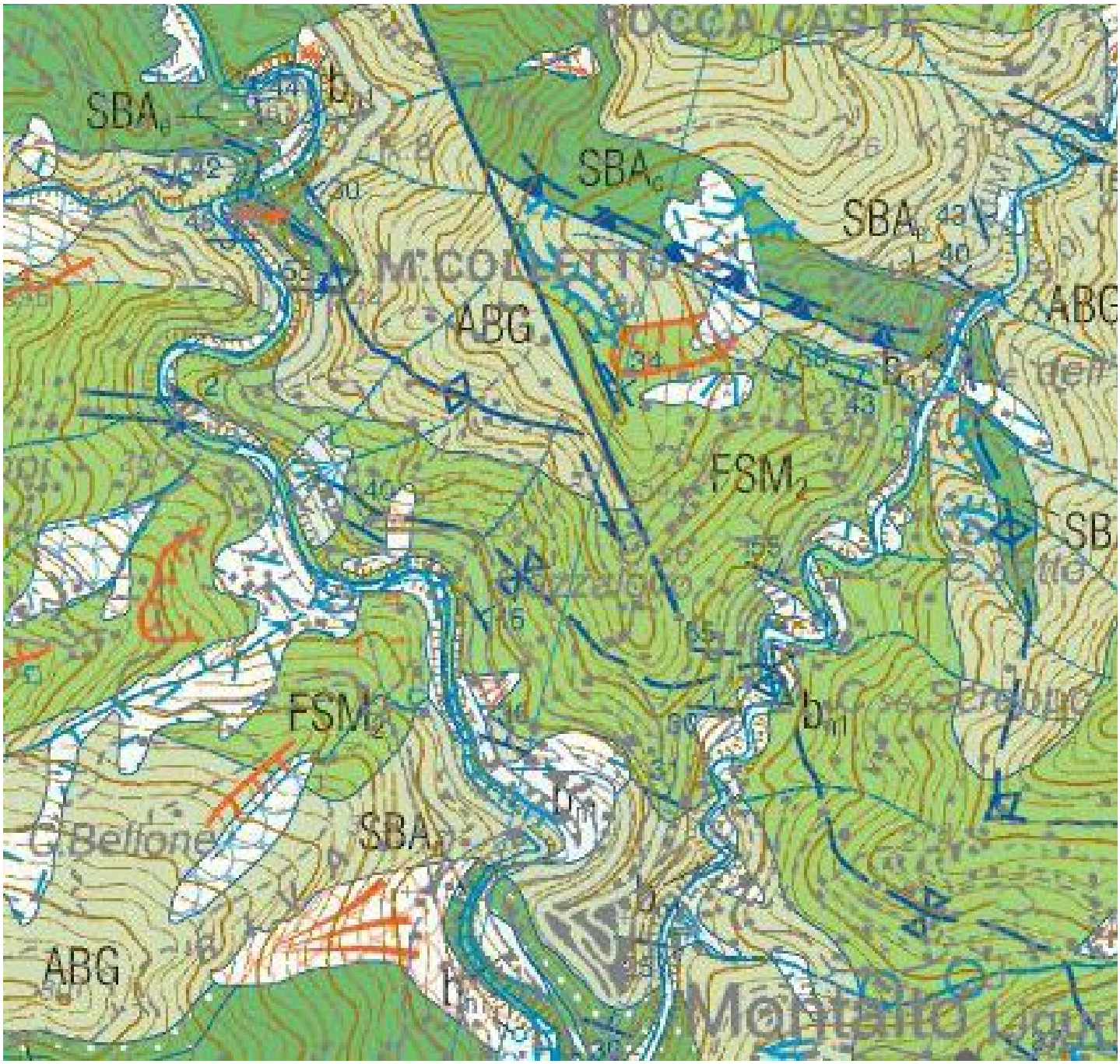
Fig. 2
estratti Piano di Bacino
T. Argentina

Carta del rischio geomorfologico



LEGENDA

- aree a rischio lieve o trascurabile
- aree a rischio moderato
- aree a rischio medio
- aree a rischio elevato
- aree a rischio molto elevato



LEGENDA

- Flysch di Sanremo (FSM)
- Arenarie di Bordighera (ABG)
- Formazione di S. Bartolomeo (SBA)
  a) livelli arenacei grigio chiari
  b) livelli di arenarie arcosiche
- Faglia
- Traccia superficie assiale di antiforme
- Traccia superficie assiale di sinforme
- Contatto tettonico per sovrascorrimento
- Coltre eluvio-colluviale
- Coperture alluvionali
- Orlo di terrazzo fluviale
- Depositi di frana recente
- Depositi di frana antica
- Cono detritico di versante
- Orlo di scarpata di frana

Fig. 3
carta geologica
(estratto CA.R.G. Foglio Sanremo)
scala 1:12'500

Fig. 4
carta geologico-geomorfologica originale
scala 1:5000

LEGENDA

Substrato roccioso costituito da Flysch di Sanremo

Roccia affiorante in condizioni mediocri di conservazione

Roccia affiorante in condizioni mediocri di conservazione con presenza di interventi di consolidamento

Substrato roccioso costituito dalle Arenarie di Bordighera

Roccia affiorante in condizioni mediocri di conservazione

Roccia affiorante in condizioni mediocri di conservazione con presenza di interventi di consolidamento

Substrato roccioso costituito dalla Formazione di S. Bartolomeo

35 Giacitura di strato

Contatto tettonico per sovrascorrimento

Faglia

Coltre detritico-colluviale

Corpo di frana non attiva

Corpo di frana quiescente

Corpo di frana attiva

Orlo di frana non attiva

Orlo di frana attiva

Orlo di scarpata in roccia

Coltre eluvio-colluviale

Coperture alluvionali

Orlo di terrazzo fluviale

Radice di terrazzo fluviale

Alveo in approfondimento

Asta fluviale principale

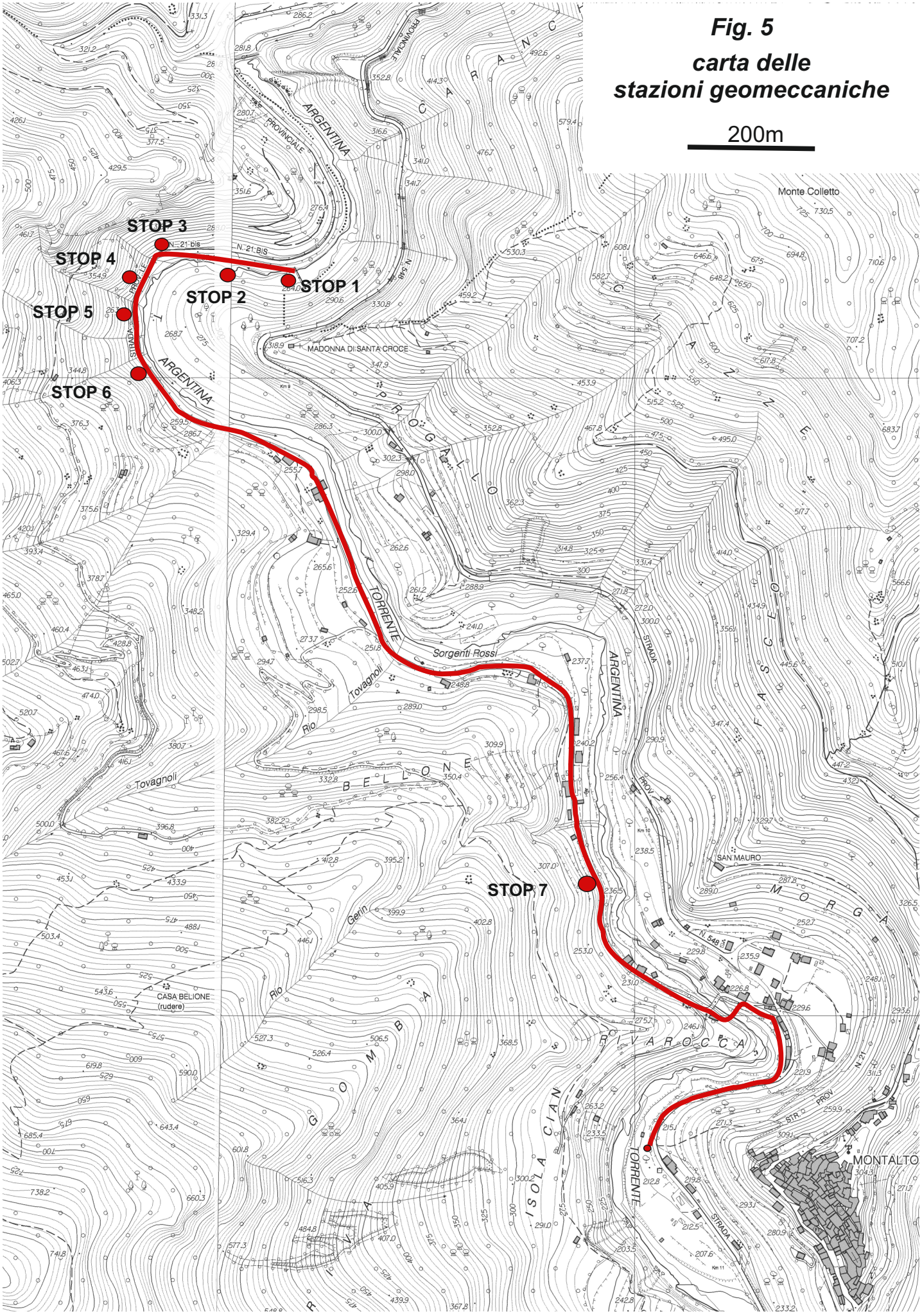


Fig. 5

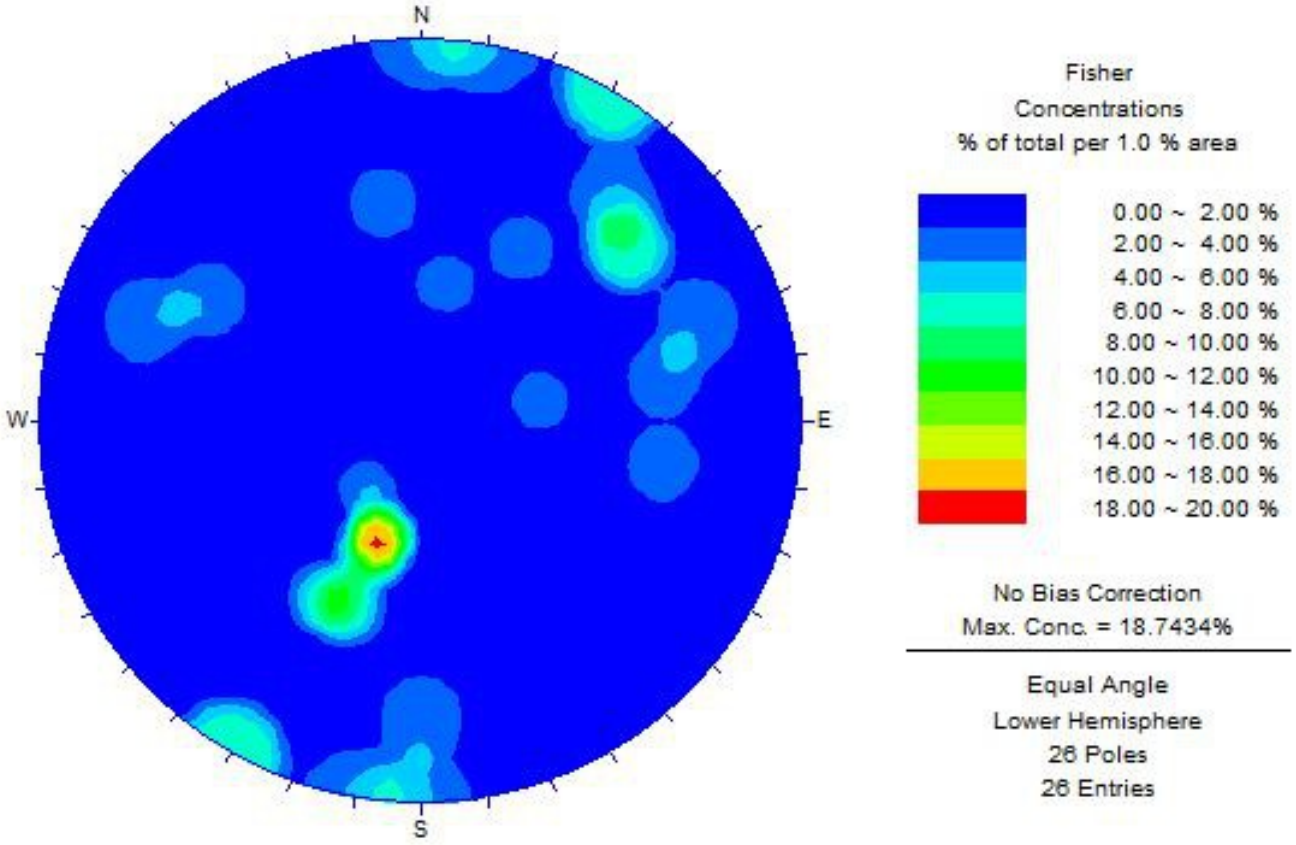
carta delle stazioni geomeccaniche

200m

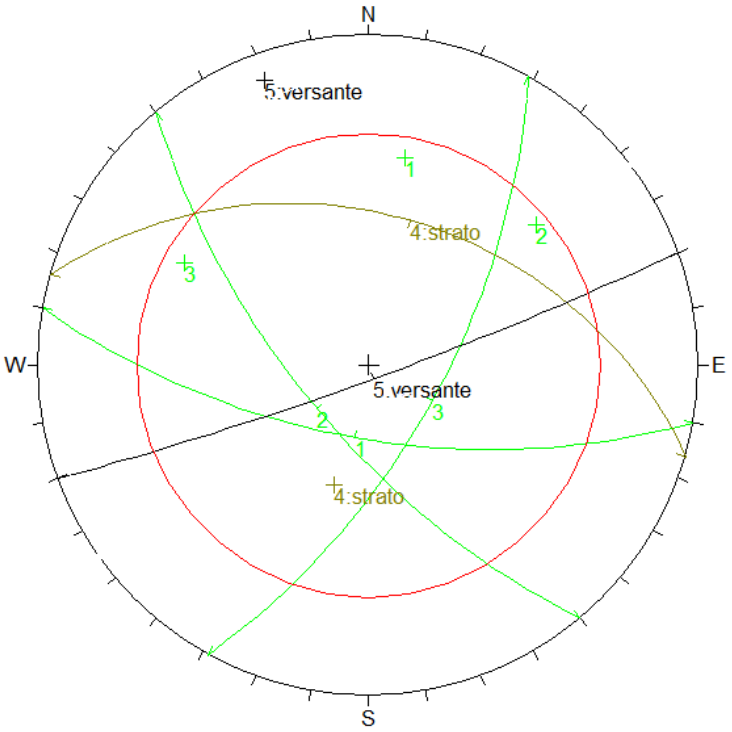
ANALISI DI STABILITA'

Markland test

Density plot



Stop 1



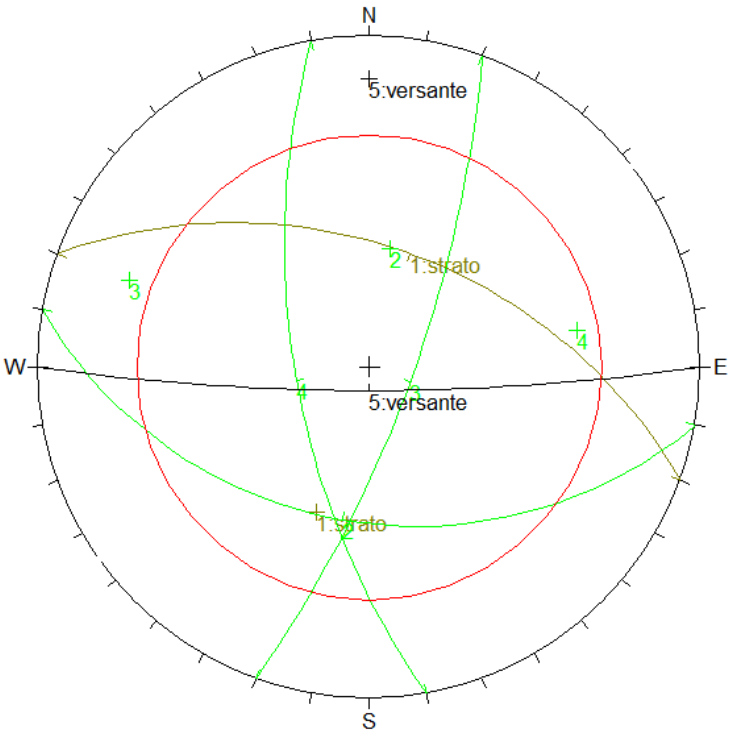
Orientations

ID		Dip / Direction
1		65 / 190
2		67 / 230
3		65 / 119
4		41 / 016
5		85 / 160
1	m	09 / 324

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries



Stop 2



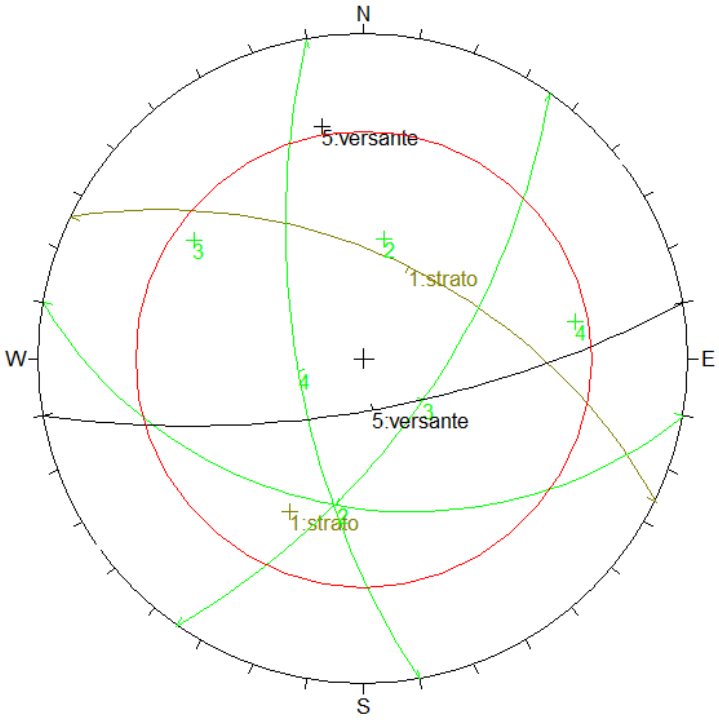
Orientations

ID	Dip / Direction
1	50 / 020
2	40 / 190
3	75 / 110
4	65 / 260
5	82 / 180
1 m	09 / 324

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries



Stop 3



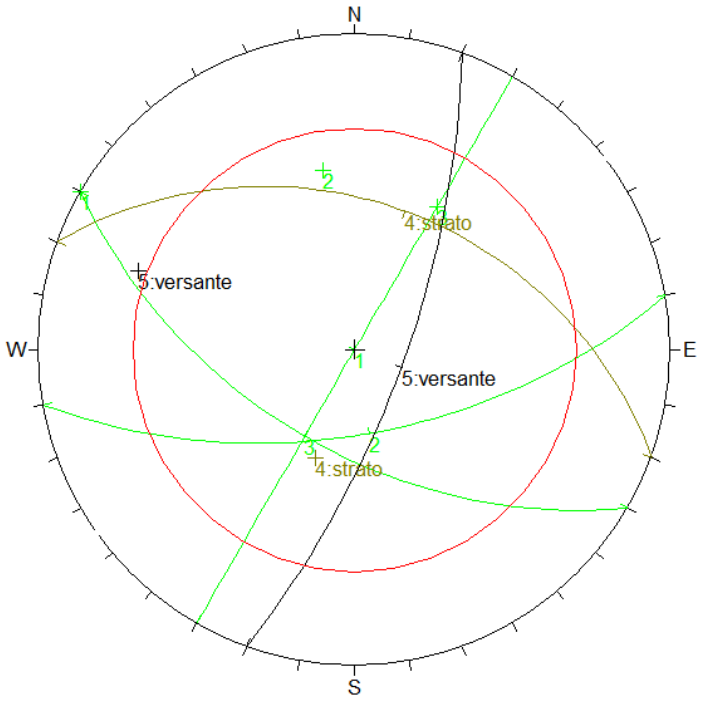
Orientations

ID		Dip / Direction
1		55 / 026
2		41 / 190
3		65 / 125
4		67 / 260
5		72 / 170
1	m	09 / 324

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries



Stop 4



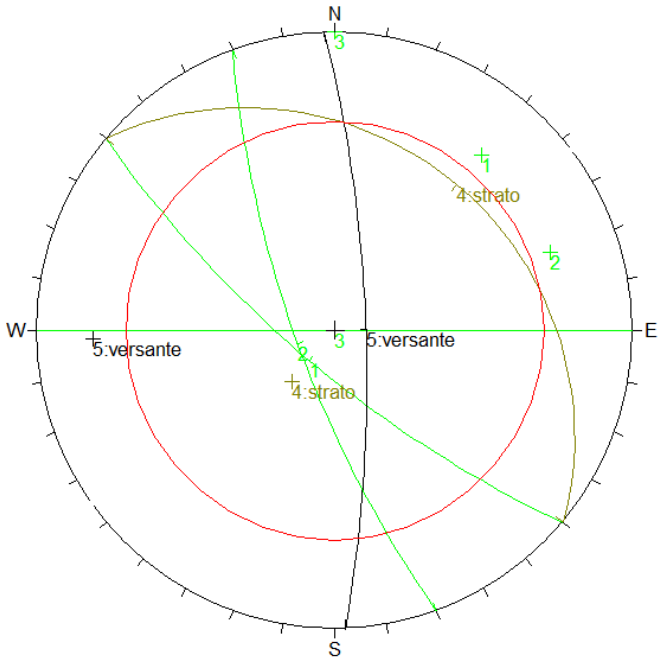
Orientations

ID		Dip / Direction
1		90 / 120
2		60 / 170
3		55 / 210
4		40 / 020
5		72 / 110
1	m	09 / 324

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries



Stop 5



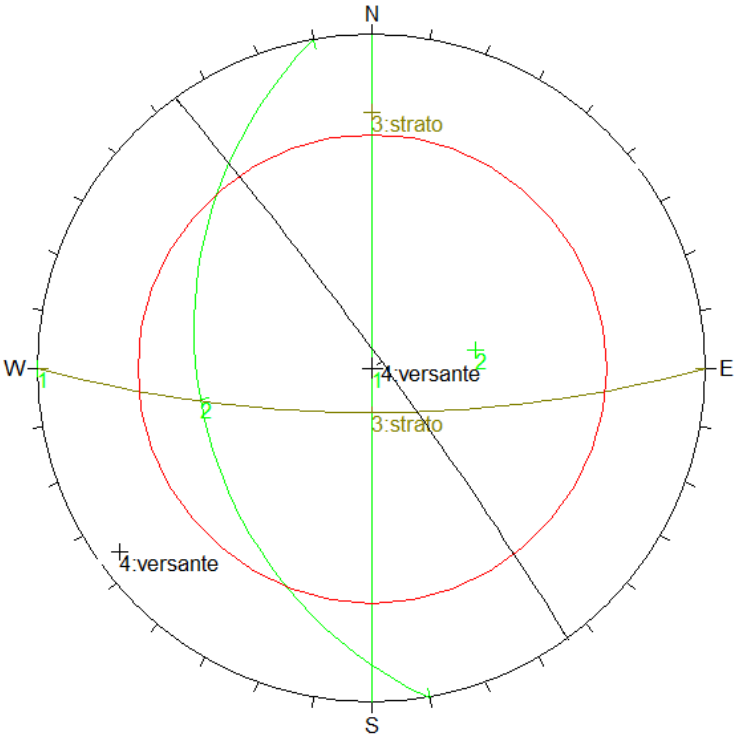
Orientations

ID		Dip / Direction
1		75 / 220
2		75 / 250
3		90 / 180
4		25 / 040
5		78 / 088
1	m	09 / 324

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries



Stop 6



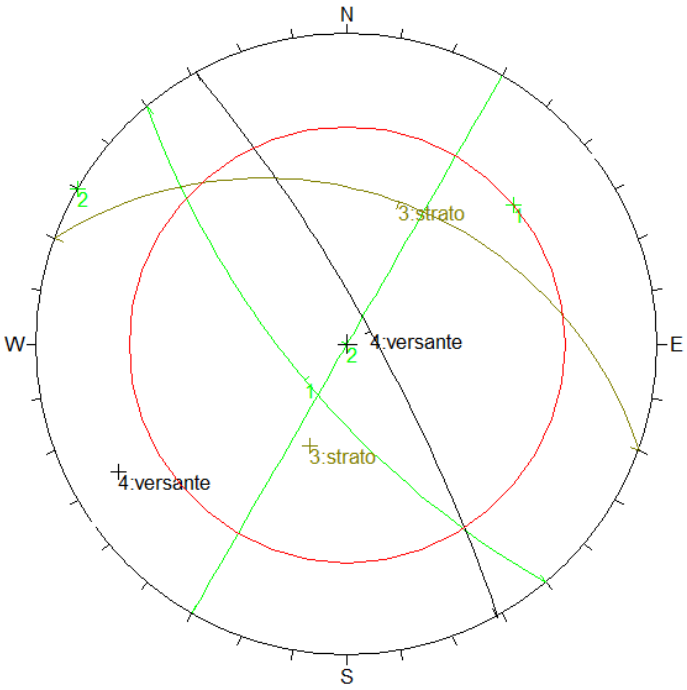
Orientations

ID		Dip / Direction
1		90 / 090
2		35 / 260
3		75 / 180
4		86 / 054
1	m	09 / 324

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries



Stop 7

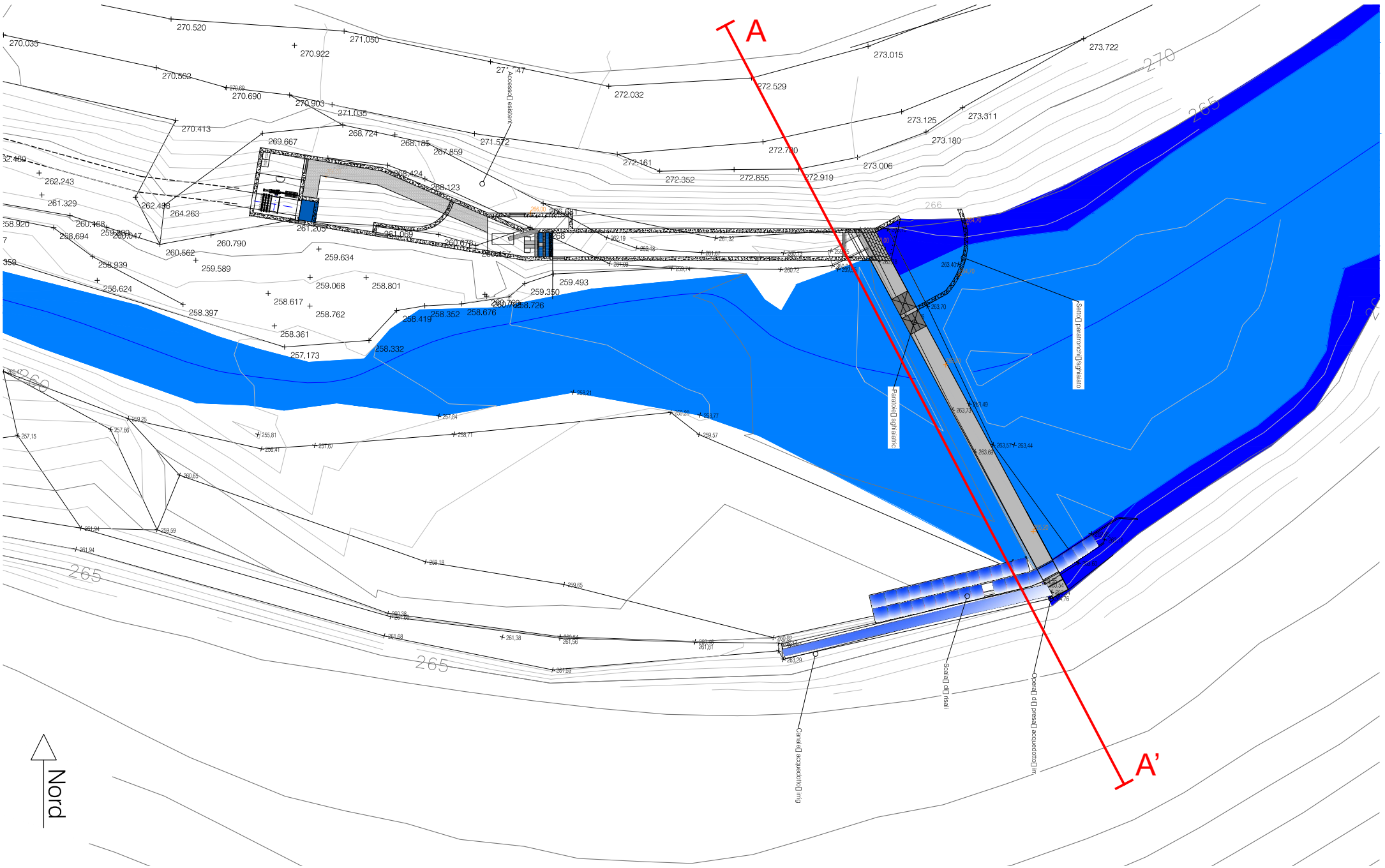


Orientations

ID		Dip / Direction
1		70 / 230
2		90 / 120
3		38 / 020
4		80 / 061
1	m	09 / 324

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries



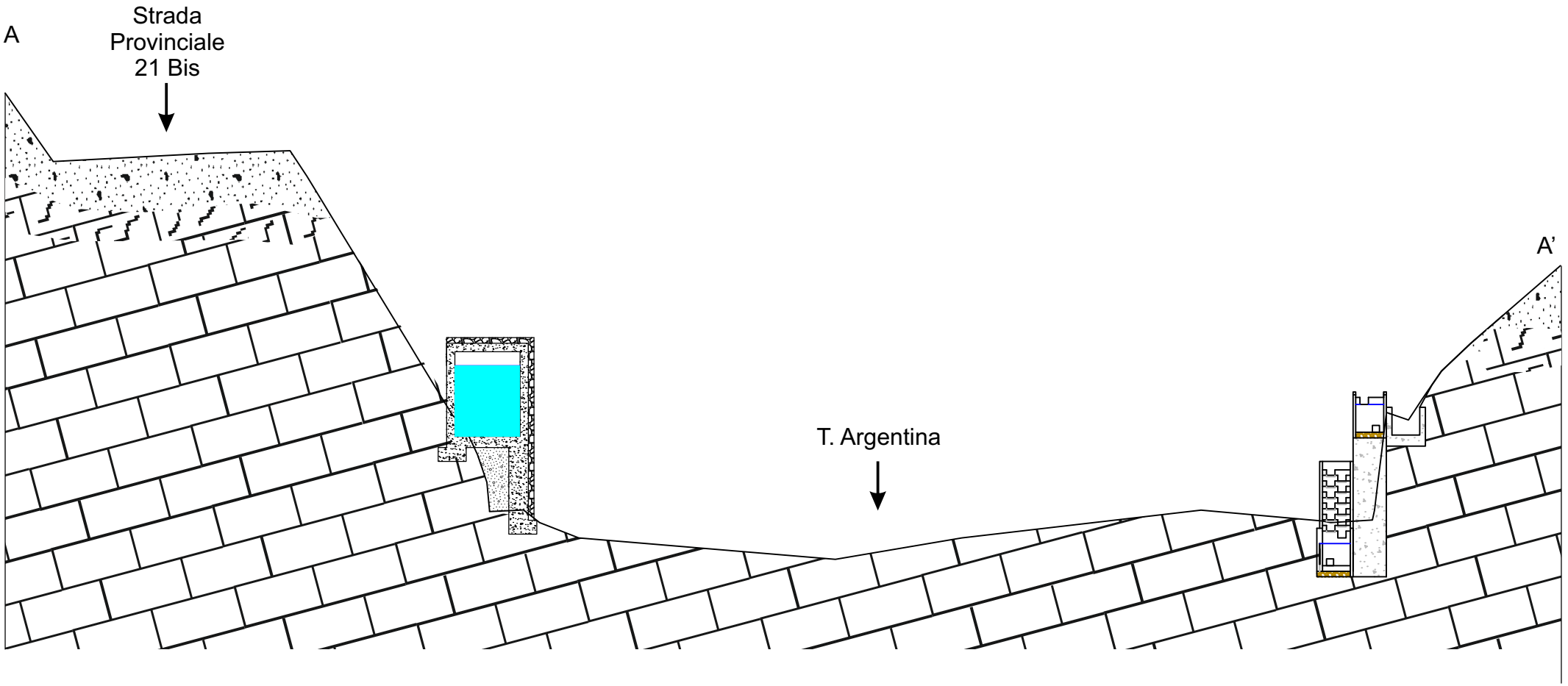


A A' Traccia della sezione geologica

Fig. 8a

PLANIMETRIA DELL'OPERA DI PRESA

scala 1:400



LEGENDA

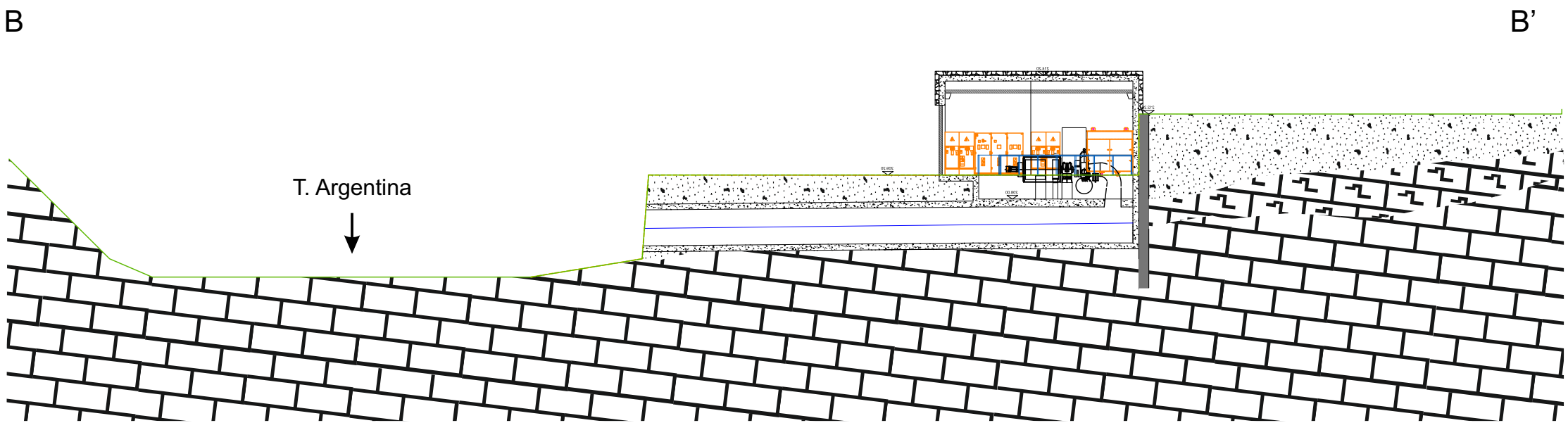
- Depositi di commistione tra alluvio e colluvio, rimaneggiati
- Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso
- Substrato roccioso di natura arenacea (Flysch di Sanremo)

Fig. 8b
SEZIONE GEOLOGICA IPOTIZZATA AA'
scala 1:200



B B' Traccia della sezione geologica

Fig. 9a
PLANIMETRIA DELL'EDIFICIO CENTRALE A PROGETTO
scala 1:750

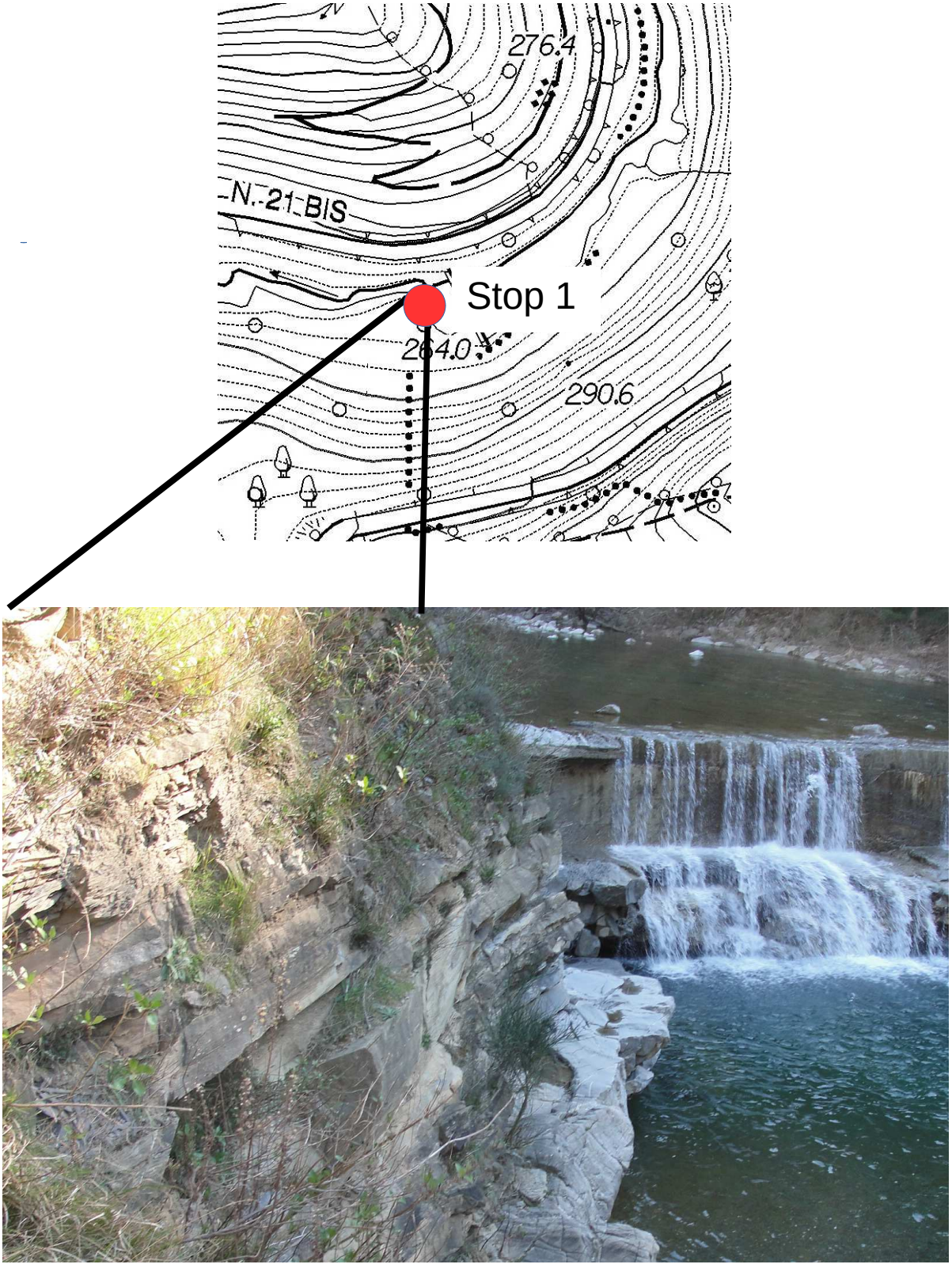


LEGENDA

- Depositi di commistione tra alluvi e colluvi, rimaneggiati
- Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso
- Substrato roccioso di natura calcarea (Formazione di S. Bartolomeo)

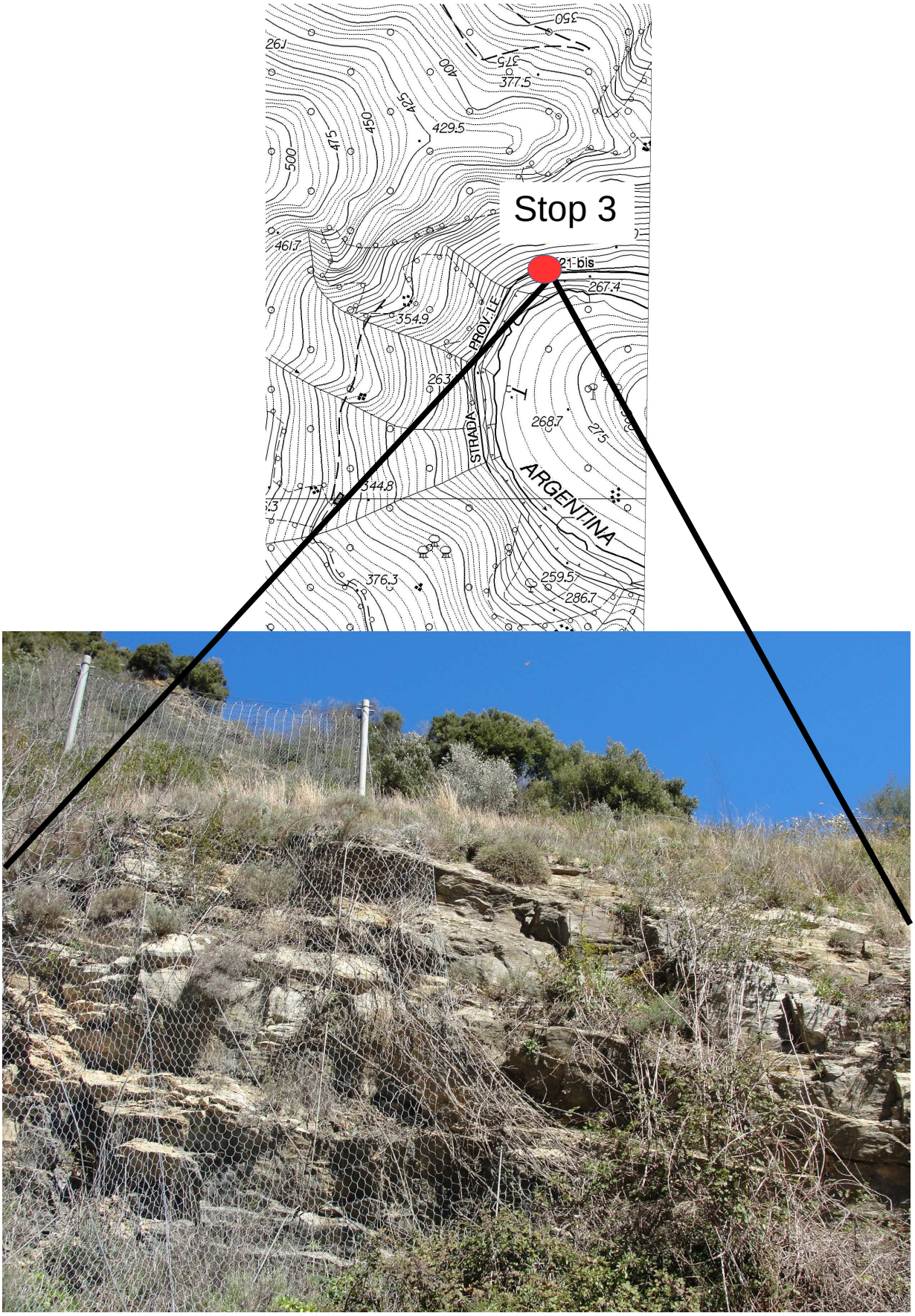
Fig. 9b
SEZIONE GEOLOGICA IPOTIZZATA BB’
scala 1:300

AMBITI LUNGO IL TRACCIATO DELL'IMPIANTO DOVE E' PREVISTA LA MESSA IN SICUREZZA



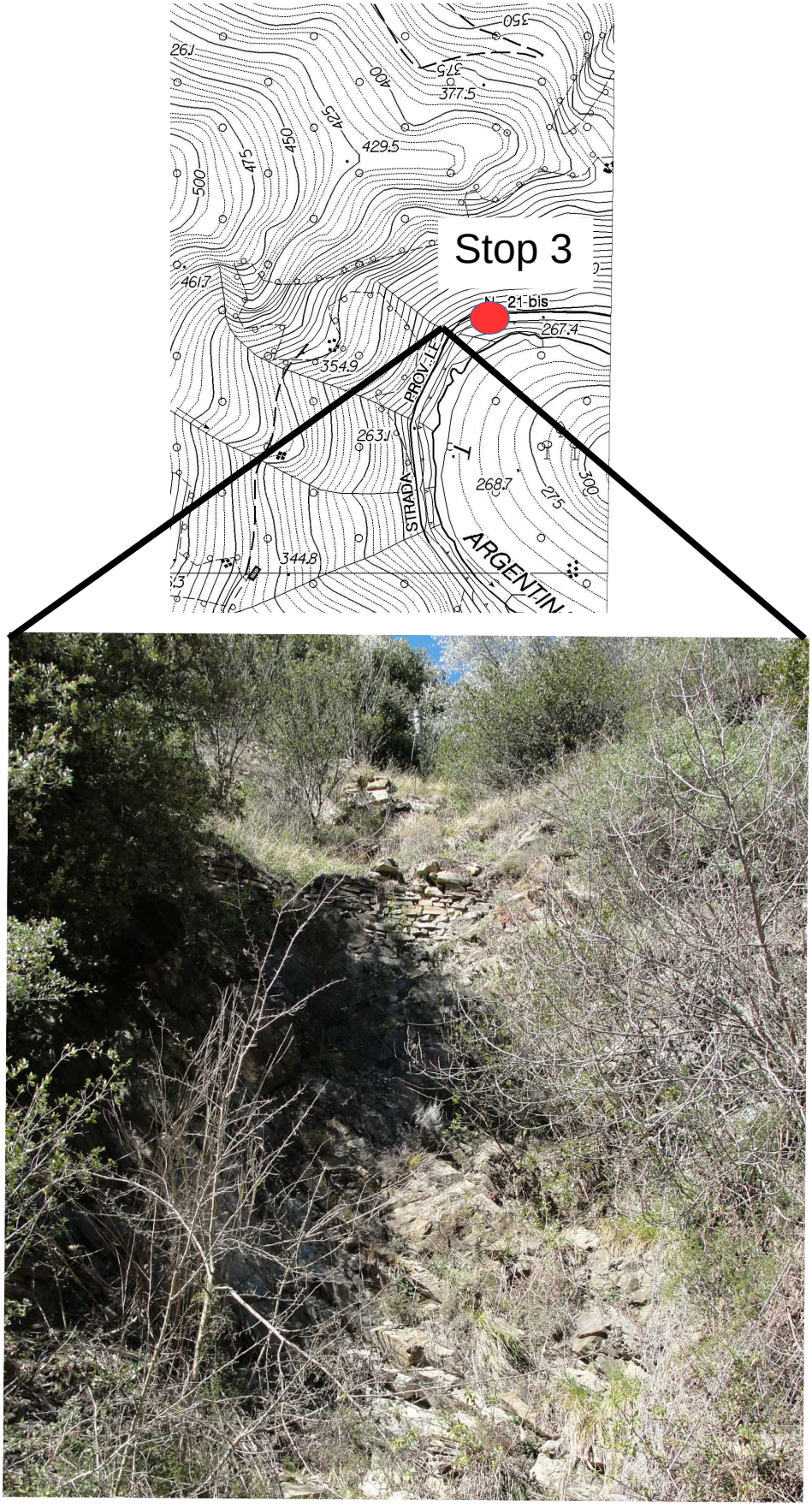
Fronte roccioso in corrispondenza dello STOP 1 dove sarà realizzata l'opera di presa dell'impianto a progetto (264 m s.l.m.), in cui sono previsti interventi di messa in sicurezza tramite reti metalliche di protezione

AMBITI LUNGO IL TRACCIATO DELL'IMPIANTO DOVE E' PREVISTA LA MESSA IN SICUREZZA



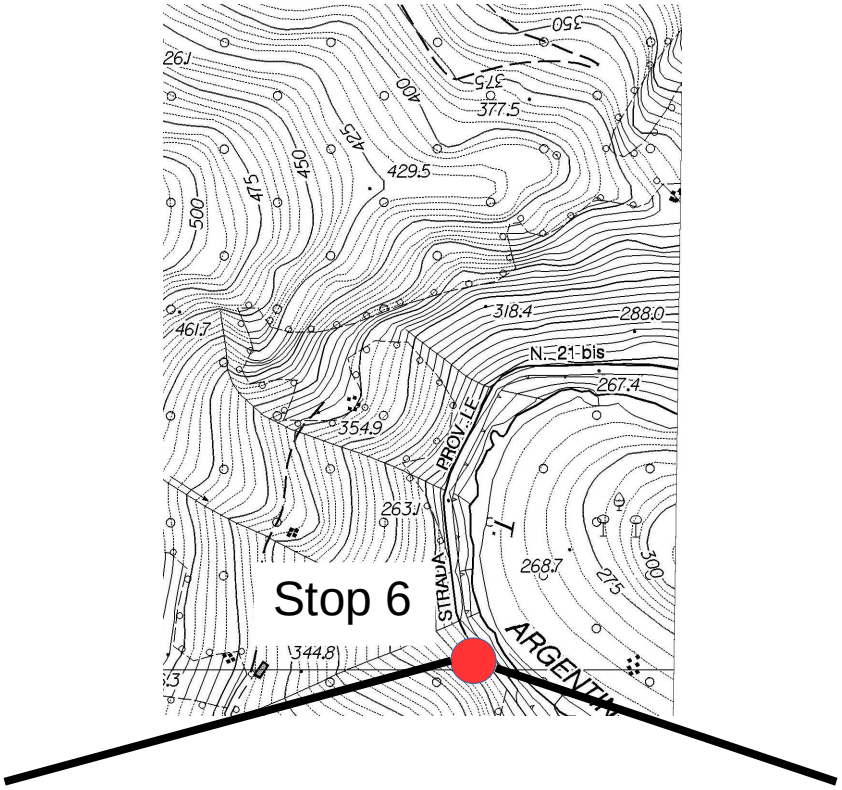
Parete rocciosa in prossimità dello STOP 3, caratterizzata da condizioni di equilibrio precarie, su cui è previsto un intervento di completamento della messa in sicurezza consistente nell'estensione della rete paramassi esistente.

AMBITI LUNGO IL TRACCIATO DELL'IMPIANTO DOVE E' PREVISTA LA MESSA IN SICUREZZA



Impluvio secondario caratterizzato da trasporto solido che può interessare la sede stradale; in corrispondenza dell'attraversamento della carreggiata è necessaria la realizzazione di un muro a protezione della viabilità

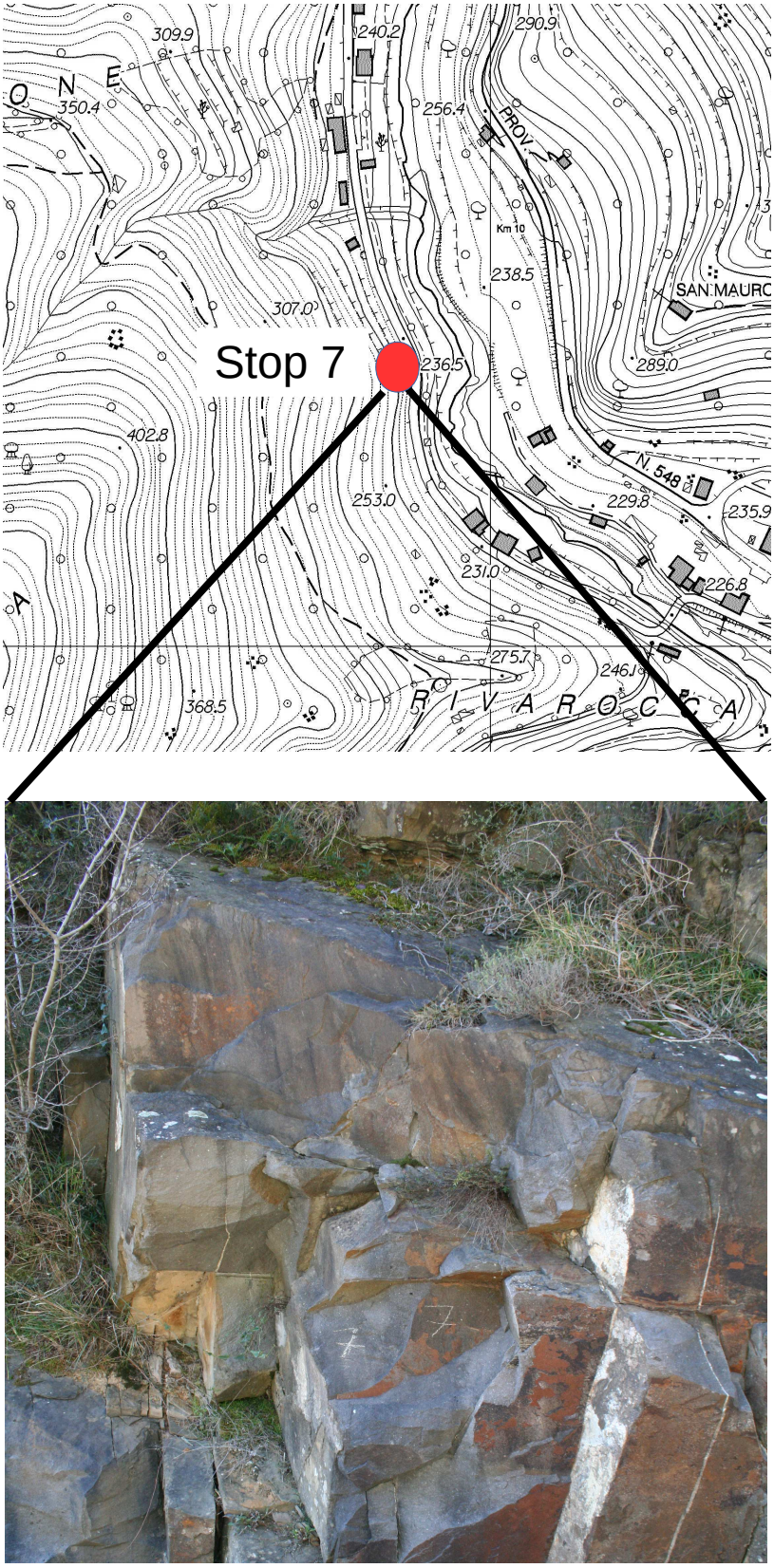
AMBITI LUNGO IL TRACCIATO DELL'IMPIANTO DOVE E' PREVISTA LA MESSA IN SICUREZZA





Parete rocciosa in prossimità dello STOP 6, in condizioni di equilibrio critiche, dove è prevista la messa in opera di rete metallica di protezione, previa attività di leggero disgaggio (260 m s.l.m.)

AMBITI LUNGO IL TRACCIATO DELL'IMPIANTO DOVE E' PREVISTA LA MESSA IN SICUREZZA



Parete rocciosa in corrispondenza dello STOP 7, in condizioni di equilibrio critiche, dove è prevista la messa in opera di rete metallica di protezione, previa attività di leggero disgaggio (236,5 m s.l.m.)

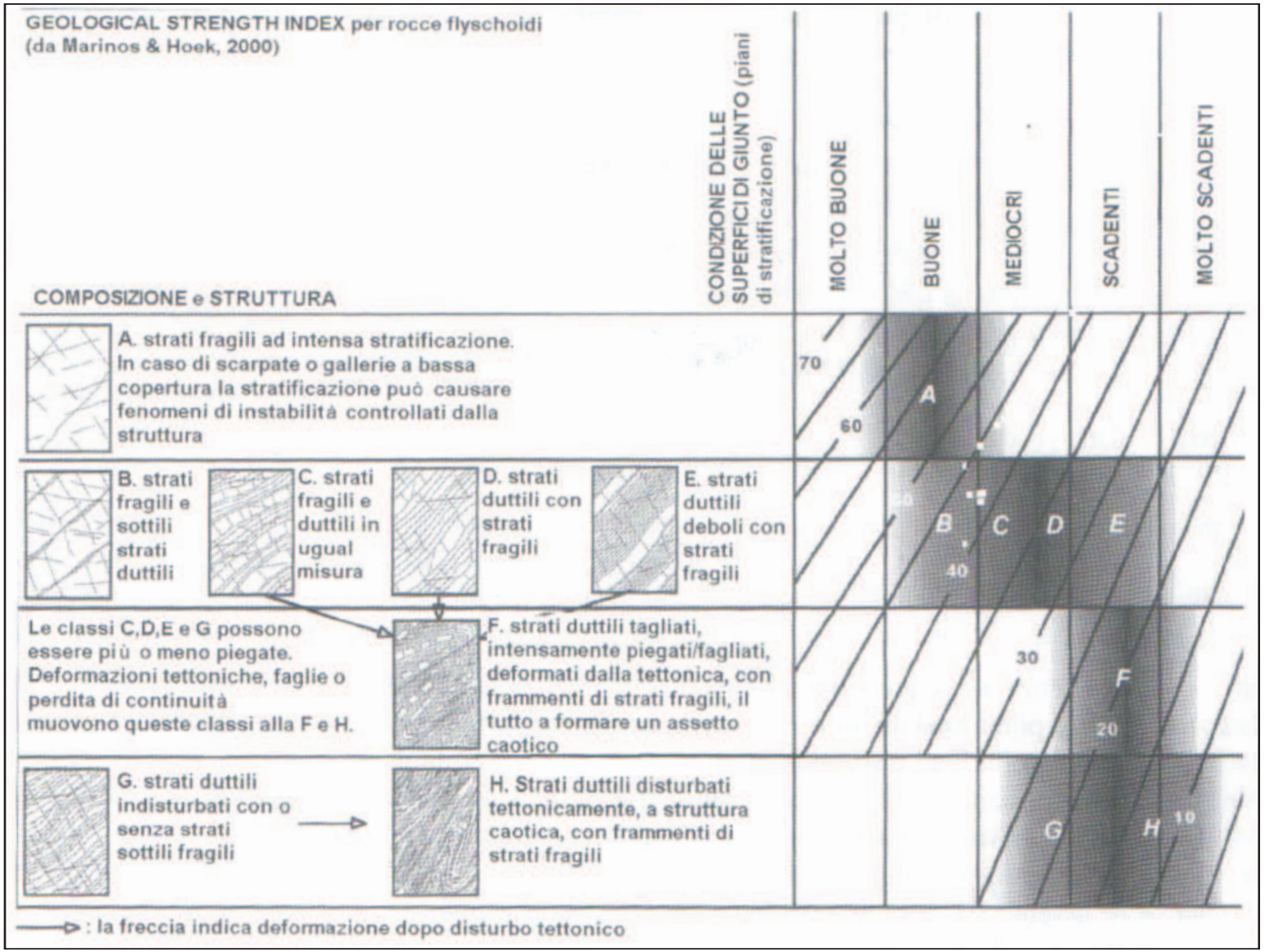


TABELLA 1
VALORI GSI INDICATI PER FORMAZIONI TIPO FLYSCH

REMNA Srl
Sviluppo impianti di produzione energia da fonti rinnovabili
Via De Amicis 26, 20123 Milano (MI)
Partita IVA e Cod. Fiscale 07405480968
Tel - 3496535114 - 3402570771 - 3288175300
Tel – 02 83986400; Fax – 02 83986401
Pec – remna@legalmail.it

Regione Liguria	*Comuni di Montalto Carpasio e Molini di Triora*

IMPIANTO IDROELETTRICO DEL TORRENTE ARGENTINA A MONTALTO CARPASIO

AUTORIZZAZIONE UNICA
ai sensi del D.L. 29 dicembre 2003, n. 387
CONCESSIONE DI DERIVAZIONE ACQUE AD USO IDROELETTRICO
ai sensi del R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775
VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE
Ai Sensi del dlgs 152/2006

R5.1 – RELAZIONE GEOLOGICA INTEGRATIVA

Gruppo di lavoro

Progettazione - Coordinamento dello SIA:
REMNA SRL
Dott. Ing. Camilla Castoldi

Comparto Ambientale:
FLUME SRL
Dott. Ing. Paolo Vezza
Dr. Michele Spairani
Dr. Nicola Polisciano
Dr. Alessandro Balestrieri
Dott. Ing, Andrea Zanin

Comparto Geologia:
GEOTECAM
Dott.Geol. Andrea Robbiano
Dott.Geol. Giacomo Canepa

	MAGGIO 2019	Revisione:	01

Studio Associato di Geologia tecnica & ambientale
Via Nino Bixio 22D/4 - 16043 Chiavari (GE)
Telefono 0185313910 - E_mail: geotecam@libero.it
Dott. Geol. Giacomo Canepa & Dott. Geol. Andrea Robbiano
ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE - C.F. e P.IV.A. N° 01046100994

Spett.le
Remna s.r.l.
Via de Amicis, 26
20123 Milano

Oggetto: progetto per la realizzazione di un impianto miniidroelettrico ad asta sottesa sul T.Argentina nei Comuni di Montalto Carpasio e Molini di Triora: integrazioni di carattere geologico

Le presenti integrazioni fanno seguito alla nota della Regione Liguria - *Settore Valutazione Impatto Ambientale e sviluppo sostenibile* del 22.01.2019 (prot.n. PG/2019/0018500) e alla *Relazione geologica progettuale* redatta dallo scrivente Studio professionale in data 20.11.2015.

Con riferimento ai contenuti della citata nota regionale e in particolare per quanto richiesto alla matrice geologia in rapporto alla localizzazione dell'intervento, si specifica quanto segue.

A - L'impianto in progetto prevede l'utilizzo di una briglia esistente, attualmente a servizio dell'acquedotto irriguo di Montalto Carpasio, la realizzazione di una condotta in pressione per lo sfruttamento del salto geodetico e l'edificazione di una centrale adibita alla trasformazione dell'energia, alla restituzione delle acque e alla connessione alla rete elettrica.
Tutto l'impianto ricade in Comune di Montalto Carpasio, mentre la sponda destra della traversa esistente ricade nel Comune di Molini di Triora: pertanto, la derivazione dell'acqua è in ogni caso da considerarsi su entrambi i territori comunali.
L'impianto prende quindi avvio da una struttura esistente e, per la parte preponderante, il collettore si sviluppa lungo il sedime della strada provinciale n. 21bis. Fanno eccezione il primo tratto di condotta fra l'opera di presa e la sezione a quota 267.4 m s.l.m., la zona di attraversamento del ponte sul T. Argentina a quota 226.8 m s.l.m. e il settore terminale di accesso all'edificio centrale a quota 212.8 m s.l.m.
Durante il percorso indicato a progetto la condotta interseca una zona classificata nella carta della suscettività al dissesto nel Piano di Bacino del T. Argentina come Pg3A e in successione un'area classificata Pg3B (entrambe pericolosità e suscettività alta).
In relazione a quanto sopra si evince che:

- l'opera di presa, che ricade in zona Pg1, è già esistente e attiva da tempo, versa in buone condizioni di conservazione e sarebbe oneroso e inutile localizzarne una nuova in altro sito;
- la condotta che si sviluppa dalla traversa esistente può insistere solo sul tracciato indicato; la strada alternativa presente in sponda sinistra (S.P. n.548), pur convergendo sulla S.P. 21bis a quota 221.9 m s.l.m., in corrispondenza della sezione di presa si sviluppa ad una quota più elevata di circa 40 m, rendendo di fatto improponibile un suo utilizzo, se non attraverso una immissione di acqua per mezzo di pompaggio anziché per gravità, come invece è previsto sulla S.P. 21 bis;
- peraltro l'utilizzo della canalizzazione esistente in sinistra idrografica, a quota inferiore rispetto alla strada provinciale, avrebbe comportato una cantierizzazione molto difficoltosa, al limite della fattibilità in alcuni tratti, in quanto il tracciato del beudo in alcuni settori risulta formato da una fascia di 1 m di larghezza, con strapiombi di decine di metri a valle; risulta quindi evidente come la posa di una condotta di 1,3 m di diametro, con verghe di 6 m di lunghezza, determinerebbe un'estrema difficoltà di realizzazione.

Tutto ciò considerato, si può affermare che il tracciato prescelto sia l'unico possibile ai fini dell'effettiva fattibilità dell'opera.

B – Relativamente alle interferenze tra le opere in progetto e le zone Pg3A e Pg3B, nella *Relazione geologica progettuale* del 20.11.2015 sono state evidenziate le problematiche emerse e gli interventi da effettuare per la messa in sicurezza del tracciato stradale che sarà sede della condotta.

Dall'esame delle note illustrative del Piano di Bacino del T. Argentina emerge che "*il rilevamento geomorfologico ha riscontrato come gran parte delle criticità sia localizzata in corrispondenza delle linee di scorrimento preferenziali delle acque superficiali, con scarsa copertura vegetale e fenomeni di erosione sia diffusa sia concentrata, e soprattutto laddove forme di utilizzo del suolo, che prevedevano il drenaggio e la raccolta e l'allontanamento delle acque di corrivazione superficiale, sono state trascurate o abbandonate. I dati acquisiti portano a ritenere che il T. Argentina sia attualmente in una fase di ringiovanimento, soprattutto a seguito dell'evento alluvionale del novembre – dicembre 2000 , caratterizzato dalla forte erosione delle aste fluviali di qualsiasi ordine gerarchico. Da questo dato ne deriva come le problematiche geomorfologiche più diffuse all'interno del bacino si manifestino sia attraverso debris flow, sia come frane di crollo localizzate, sia come ruscellamento diffuso e incanalato.*

Dal punto di vista geomorfologico, gli elementi che concorrono a produrre le situazioni di rischio più evidenti e significativi con la sovrapposizione della pericolosità e con l'uso del suolo sono : 1) perdita di suolo: i fenomeni erosivi sono causa della degradazione dei suoli e della relativa perdita di fertilità; 2) scarpate rocciose in corrispondenza della rete viaria che,

in concomitanza di piogge intense, scaricano materiale rappresentando un pericolo per l'incolumità pubblica, tagli stradali in litologie instabili, soprattutto in caso di sbancamenti di rilevante altezza, possono causare fenomeni franosi (cfr. Strada Provinciale della Valle Argentina, nel tratto a valle della confluenza con il T. Oxentina).

Le notazioni riprese dal Piano di Bacino corrispondono in larga parte alle osservazioni effettuate nel corso del rilevamento geologico nei settori Pg3A e Pg3B.

In corrispondenza grossomodo dell'innesto dell'opera su strada (sezione di progetto MN 15) sono state riscontrate alcune criticità che interessano una consistente porzione della ripa ubicata a monte della strada provinciale n.21bis.

Vaste porzioni del basamento lapideo, affiorante ed esposto agli atmosferili in quanto privo di copertura terrigena e di manto vegetale, evidenzia uno stato fessurativo significativo e locali sacche di alterazione che predispongono a potenziali fenomeni di crollo.

Conformemente a quanto osservato, il Piano di Bacino classifica questo settore in zona Pg3A: non si tratta pertanto di un'area soggetta a frana quiescente, ma di una zona interessata da potenziali frane di crollo localizzate.

Per quanto concerne le possibili interferenze delle opere in progetto con la zona Pg3A, occorre sottolineare che tra le sezioni 15 e 16 di progetto la condotta sarà interrata lungo la sede viaria e il reinterro dello scavo in trincea offrirà una sufficiente protezione nei confronti di possibili crolli di massi. Peraltro, occorre sottolineare che i lavori di scavo, non comportando alcun movimento di terra sulle ripe a monte della strada, non interferiscono con i fronti rocciosi in questione.

La situazione di criticità in atto è già stata affrontata dagli Enti competenti rivestendo le pareti lapidee a contatto della strada con reti armate ancorate in aderenza alla roccia.

Inoltre, è stata predisposta e messa in opera una barriera paramassi in grado di intercettare eventuali materiali di crollo provenienti dalle porzioni di versante più elevate.

Al fine di ridurre ulteriormente il rischio per la pubblica incolumità, nella *Relazione geologica progettuale* del 2015 è stata indicata, a titolo prescrittivo, la necessità di estendere verso E lo sviluppo della barriera paramassi esistente lungo la porzione di versante a monte del tratto più settentrionale della condotta a progetto. E' opportuno altresì che l'intervento di consolidamento diretto in parete tramite rete metallica sia integrato con pannelli in funi d'acciaio in modo da garantire una più efficace azione di contrasto nei confronti dei blocchi rocciosi disarticolati che caratterizzano questo ambito di territorio.

Infine, in corrispondenza del tributario più settentrionale in destra idrografica del T. Argentina, che è contraddistinto da fenomeni di erosione lungo il suo corso, testimoniati dalla presenza di materiale lapideo sul manto stradale, si suggerisce la realizzazione di un muro di protezione in pietra e malta, di altezza pari a 2 m, lungo il margine di monte della strada.

Procedendo verso valle, oltre la sezione di progetto MN 15, è presente un'area classificata Pg3B nel Piano di Bacino: lungo lo sviluppo della strada provinciale interessata dalla posa della condotta sono presenti infatti alcuni ulteriori settori dove le condizioni di fratturazione

dell'ammasso roccioso comportano un precario equilibrio geomorfologico dei fronti lapidei a monte della viabilità.
Dal punto di vista strettamente normativo non è possibile definire i criteri che hanno indotto la classificazione in area Pg3B, non essendo disponibili alcune carte di base (geomorfologica, acclività, uso del suolo) che consentano la definizione dei "pesi" così come definiti nell'allegato 1 del Piano di Bacino. Tuttavia, hanno certamente concorso a tale definizione lo scadente stato di conservazione della roccia e l'elevata acclività dei versanti che sono i fattori predisponenti a eventuali fenomeni di crollo.
Pur presentando queste zone un grado di pericolosità inferiore rispetto a quelle precedentemente descritte, nel *Relazione geologica progettuale* del 2015 è stata indicata l'opportunità di intervenire per consentire la mitigazione del rischio connesso alle lavorazioni in progetto. In particolare, si fa riferimento ad alcune pareti rocciose subverticali in corrispondenza delle quali si suggerisce, previo leggero disgaggio, di porre in opera in generale reti metalliche di protezione e nei casi più critici pannelli in fune d'acciaio.
Occorre sottolineare anche in questo caso che le condizioni di potenziale rischio non determinano alcuna ripercussione con le opere in progetto che, in tutto il tratto classificato come zona Pg3B, risultano completamente interrate e protette da un consistente strato di reinterro. Peraltro, anche per questo tratto la realizzazione degli sterri non interferisce con le pareti rocciose.

C – Per quanto attiene alle analisi di stabilità lungo tutte le sezioni di progetto ricadenti in zone Pg3A e Pg3B oltre a quelle dove sarà posta in opera una scogliera di protezione della condotta, sono state elaborate le sezioni stratigrafiche interpretative lungo le sezioni di progetto nn. 11, 12, 13, 14, 15, 15.5, 16, 16.5, tenendo conto della modellazione geologica del sito ricostruita nella *Relazione geologica progettuale* del 2015, definendo i parametri geotecnici caratteristici e di progetto degli orizzonti stratigrafici e sulla base dei fattori di amplificazione sismica che tendono a modificare le caratteristiche del segnale sismico rispetto a un sito di riferimento rigido.
L'assetto stratigrafico di riferimento è rappresentato dalla sovrapposizione di un sottile livello di terreni sciolti, eterogenei ed eterometrici, al substrato roccioso alterato e fratturato in superficie, passante a migliori condizioni di conservazione al crescere della tensione litostatica compatibile con le analisi di stabilità del versante.
<u>Materiali sciolti naturali e riporti</u>
Nell'ambito di intervento i terreni sciolti assumono spessori in genere inferiori ad 1 m e sono costituiti da una frazione grossolana prevalente. Relativamente al comportamento geotecnico, può quindi essere assunto quello tipico dei terreni a grana grossa, aventi grado di addensamento medio-basso e progressivamente crescente in profondità. La definizione dei principali parametri costitutivi dei materiali è stata ottenuta dai risultati di prove geoteniche in sito, dalla bibliografia esistente, unitamente all'esperienza personale e al confronto con analisi

di laboratorio condotte su materiali simili. La sintesi di quanto ottenuto è riportata in tabella:

	Peso di volume (kN/m^3)	**Coesione efficace (kPa)**	**Angolo di attrito efficace (°)**
Valore	19	0	32
	19,5	0	33
	20	0	34
Valori medi	**19,5**	**0**	**33**

Substrato roccioso

La caratterizzazione del substrato roccioso è stata ricavata attraverso l'esecuzione di un rilevamento strutturale e geomeccanico e di test sclerometrici sugli affioramenti lapidei disponibili nell'area di interesse che hanno consentito di definirne la qualità adottando la metodologia proposta da Marinos & Hoek (2000) che prevede l'utilizzo del Geological Strenght Index (G.S.I.).

Da quanto rilevato sul terreno, si è constatato che il substrato lapideo presenta, almeno negli negli orizzonti superficiali, una struttura molto fratturata (ammasso disturbato, con almeno tre sistemi di famiglie di giunto che isolano blocchi a forma prevalentemente cubica) e condizioni dei giunti mediocri (giunti da lisci a leggermente rugosi e superficie moderatamente alterata), che hanno reso necessaria la realizzazione di interventi di consolidamento del versante mediante reti armate, consentendo la mitigazione del rischio da caduta massi.

Per quanto riguarda alla stabilità globale della porzione di pendio di interesse, si ritiene comunque di fare riferimento alle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso negli orizzonti più profondi, che presentano grado di fratturazione più contenuto, con valori del GSI compresi tra 40-50, in coerenza con quanto riportato dagli Autori per le formazioni flyschoidi di tipo B - *strati tenaci con sottili strati fragili e duttili*.

Tenendo conto della tipologia interventuale in rapporto all'assetto geologico-strutturale del versante, al numero e alla ridotta spaziatura delle fratture, è stata considerata esclusivamente una direzione di carico verticale, dove le diverse famiglie di discontinuità appaiono mutualmente vincolate, il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso è condizionato dall'insieme discontinuità-matrice e può essere assunto isotropo.

Il modello geomeccanico adottato è, pertanto, quello *continuo-equivalente,* mentre i parametri di resistenza al taglio sono desunti con l'inviluppo a rottura stabilito con il criterio empirico di Hoek-Brown (Hoek et al., 2002), adottando i seguenti valori:

- costante $m_i = 7\pm2$ (*chalk*);
- fattore di disturbo (D) = 0.8;
- "modulus ratio" (MR) = 900 (Hoek & Diederichs, 2005);
- peso di volume del materiale roccia (γ) = 26 kN/m^3.

Il diverso stato di fratturazione del substrato è stato simulato combinando tre differenti indici del G.S.I. (40, 45, 50) con due valori di resistenza alla compressione monoassiale (30 e 40 MPa) e derivando coesione, angolo di attrito e modulo elastico validi per un intervallo di tensione litostatica di interesse progettuale con un'altezza media del fronte sopra strada di 30

m (RocLab, 2013), ritenuto rappresentativo in rapporto all'assetto stratigrafico ricostruito e alle opere a progetto. I risultati ottenuti sono riportati nel prospetto sottostante.

G.S.I.	Resistenza a compressione (MPa)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito (°)	Modulo elastico (MPa)
40	30	137	32,6	1377,6
40	40	157	34,7	1836,8
45	30	165	35,2	1821,5
45	40	191	37,3	2428,7
50	30	200	37,6	2471,1
50	40	236	39,7	3294,7
Valori medi		181	36,2	2205,1
COV (%)		40	10	40

La definizione dei parametri geotecnici caratteristici è stata ottenuta ricorrendo alla statistica classica con ipotesi di varianza nota, applicando la formulazione seguente, valida nel caso di stime in presenza di pochi dati di ingresso:

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

dove: i) Nm= valore medio del parametro, ii) X= parametro dipendente dalla legge di distribuzione delle probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata. L'Eurocodice 7 fissa una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di X= -1.645, iii) σ= deviazione standard , iv) n= numerosità del campione.

I valori così determinati sono riassunti nelle Tabelle 1 (terreni sciolti) e 2 (substrato roccioso).

Parametri di pericolosità sismica

Relativamente ai parametri di pericolosità sismica, alla luce delle N.T.C. 2018, gli spettri sismici dipendono dalle coordinate geografiche del sito che sono: latitudine: 43.939965 N - 7.83080243 E.

Per valutare l'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con hi = spessore dell'i-esimo strato; VS,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

- N = numero di strati;
- H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

In merito alla categoria di sottosuolo si può adottare il 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 di 3 m.

Per quanto riguarda gli effetti topografici, ovvero la modifica all'azione sismica indotta dalla geometria superficiale del terreno, la morfologia del sito può essere associata alla categoria T2 (pendii con inclinazione media > 15°) della Tabella 3.2.IV delle N.T.C. 2018.

I parametri di pericolosità sismica necessari per le verifiche agli stati limite in condizioni dinamiche sono stati derivati con apposito programma di calcolo (Geostru-PS, 2009) e riassunti in Tab. 3 (stabilità dei pendii) imponendo, salvo ulteriori specificazioni fornite dal Progettista, una vita nominale dell'opera di 50 anni (opere ordinarie) e una classe II (opere infrastrutturali).

Verifiche di stabilità del versante

Al fine di formulare un giudizio in merito alla fattibilità tecnica dell'intervento a progetto in rapporto agli elementi di pericolosità geologica del sito, con particolare riferimento al tratto più settentrionale della condotta dove sarà realizzata una scogliera di valle a protezione e dove sono segnalate le aree Pg3A e Pg3B del Piano di Bacino, sono state eseguite specifiche verifiche di stabilità lungo le sezioni di progetto nn. 11, 12, 13, 14, 15, 15.5, 16, 16.5 opportunamente estese a monte per un tratto rappresentativo.

In particolare, le verifiche agli SLU (in condizioni statiche e dinamiche) sono state effettuate secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) dove:

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

I parametri di progetto dei materiali considerati, da utilizzare nelle verifiche, sono stati derivati riducendo i valori geotecnici caratteristici con il rispettivo coefficiente M2.

I valori ottenuti sono riportati nella tabella sottostante:

Materiali	**Valori**	**Angolo di attrito (°)**	**Coesione (kPa)**	**Peso di volume (kN/m^3)**
Terreni sciolti e riporti	caratteristici	29,87	0	20,43
	progetto	24,67	0	20,43
Substrato roccioso	caratteristici	33,7	132,3	27,23
	progetto	28,1	105,9	27,23

In ragione dell'assetto stratigrafico, le simulazioni analitiche sono state condotte con una maglia sufficientemente estesa per verificare tutti i possibili cerchi di scorrimento posti all'interno della porzione di versante interessata dalle opere a progetto.

Nelle valutazioni analitiche non è stata introdotta una superficie di falda poiché le evidenze di superficie suggeriscono una circolazione sotterranea solamente di tipo occasionale, almeno nell'ambito del volume geotecnico significativo.

Le verifiche sono state eseguite con un apposito programma di calcolo all'equilibrio limite

(Slide v. 5.044, 2010) utilizzando il metodo di calcolo rigoroso di Janbu e quello 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 simulazioni di calcolo sono state effettuate nella configurazione più cautelativa, coincidente con quella di progetto (a seguito della realizzazione lungo la strada e del successivo riempimento della trincea di alloggio della condotta con materiale sciolto), dapprima in condizioni statiche e successivamente introducendo l'azione sismica attraverso l'inserimento dei coefficienti kh e kv relativi allo S.L.V. (Tab. 3).
Per il muro esistente di contenimento della strada e per la scogliera a progetto è stato adottato 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 dei materiali sciolti e del livello roccioso.
Tutte le verifiche condotte hanno permesso di accertare che le condizioni di stabilità della porzione di pendio nello stato di progetto, in condizioni di sollecitazione sismica, a livello sia globale sia locale, presentano coefficienti di sicurezza, intesi come rapporto tra forze resistenti e forze agenti, sempre superiori al coefficiente minimo delle normative vigenti (1.1) e consentono di esprimere un giudizio positivo in merito alla fattibilità tecnica dell'intervento in rapporto alle condizioni di equilibrio acquisite dalla porzione di territorio in esame.
Infine, per quanto attiene alle prescrizioni costruttive per la corretta realizzazione delle opere e al fine di garantire la sicurezza delle maestranze in cantiere, si ribadiscono pienamente tutte le disposizioni riportate nel capitolo **7. INDICAZIONI OPERATIVE** della *Relazione geologica progettuale* del 2015.
Particolare attenzione deve essere posta a tutti i fronti di scavo di altezza superiore a 2.5 m, per i quali dovranno essere utilizzare specifiche opere di sostegno provvisionali (i.e. puntelli) da rimuovere solo successivamente all'ultimazione dei lavori.

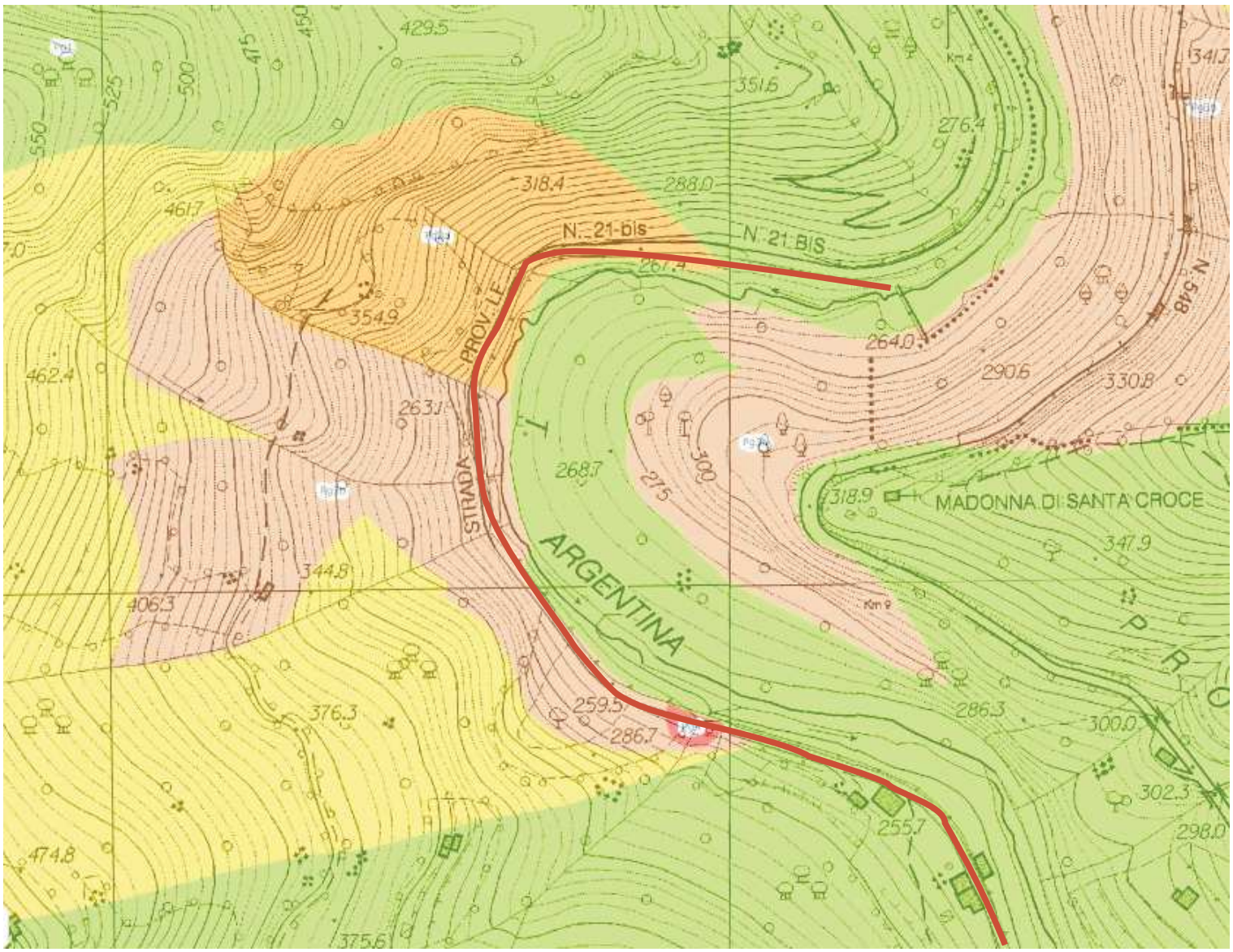
Chiavari, 3 giugno 2019

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
A.P. n. 292
ANDREA ROBBIANO
GEOLOGO
data iscr. 12-01-1995

Dott. Geol. Andrea Robbiano

ALLEGATI

- Carta della suscettività al dissesto nel tratto settentrionale della condotta a progetto (Piano di Bacino del T. Argentina)
- Planimetria dell'area di interesse (settore settentrionale della condotta a progetto)
- N. 8 sezioni stratigrafiche ipotizzate lungo le sezioni di progetto nn. 11, 12, 13, 14, 15, 15.5, 16, 16.5
- N. 8 verifiche di stabilità del versante in condizioni dinamiche lungo le sezioni di progetto nn. 11, 12, 13, 14, 15, 15.5, 16, 16.5,
- Tabella 1: parametri geotecnici caratteristici e di progetto - terreni sciolti
- Tabella 2: parametri geotecnici caratteristici e di progetto - substrato roccioso
- Tabella 3: parametri di pericolosità sismica



LEGENDA

Pg0	Aree a pericolosita' e suscettivita' molto bassa
Pg1	Aree a pericolosita' e suscettivita' bassa
Pg2	Aree a pericolosita' e sucettivita' media
Pg3B / Pg3A	Aree a pericolosita' e suscettivita' alta
Pg4	Aree a pericolosita' e suscettivita' molto alta
A	Aree speciali di tipo A – corrispondenti alle aree di cave attive, miniere attive
A	Aree speciali di tipo A – corrispondenti alle aree di discariche in esercizio
B1	Aree speciali di tipo B1 – corrispondenti ad areali sedi cave attualmente cessate o in corso di sistemazione, i cui limiti sono derivati dagli elaborati del Piano Territoriale Regionale delle attivita' di cava o, qualora non oggetto di tale piano, desunti da rilievi di terreno
B2	Aree speciali di tipo B2 – corrispondenti alle aree di discariche dismesse e di riporti antropici

CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO NEL TRATTO SETTENTRIONALE DELLA CONDOTTA A PROGETTO

PIANO DI BACINO T. ARGENTINA

scala 1:2500

MNT 14

MNT 13

MNT 12

MNT 11

MNT 15.5

MNT 15

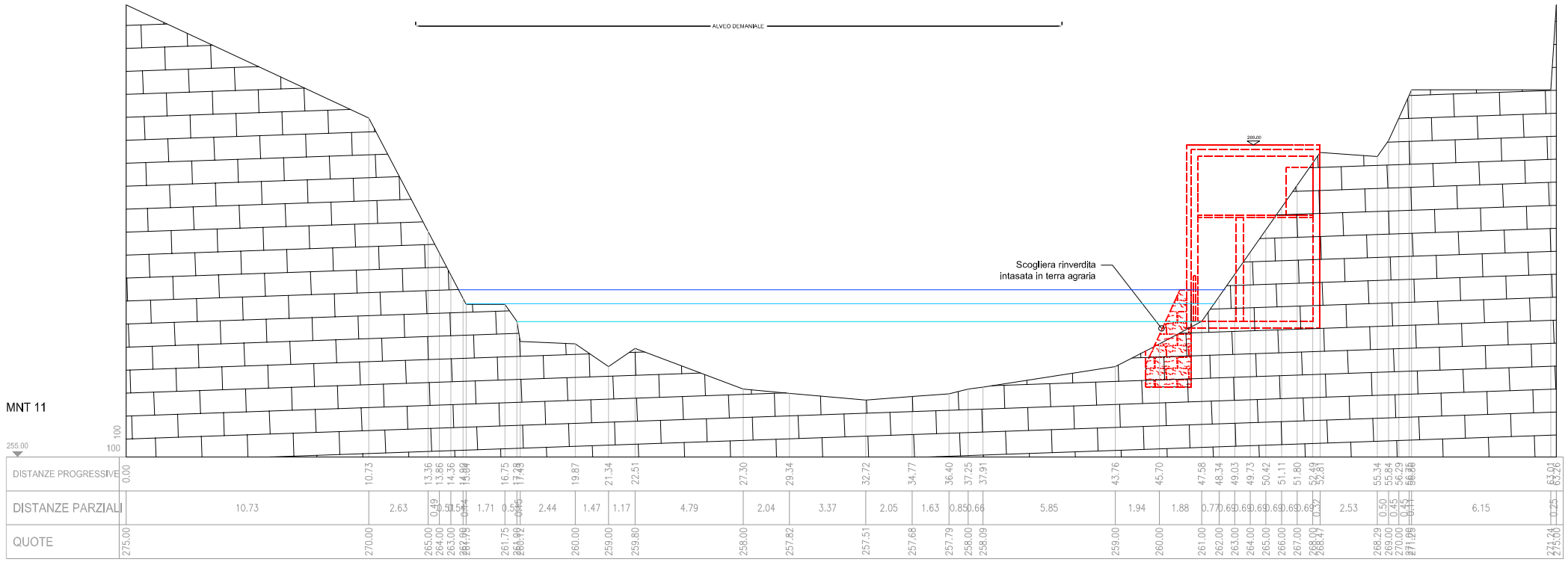
MNT 16

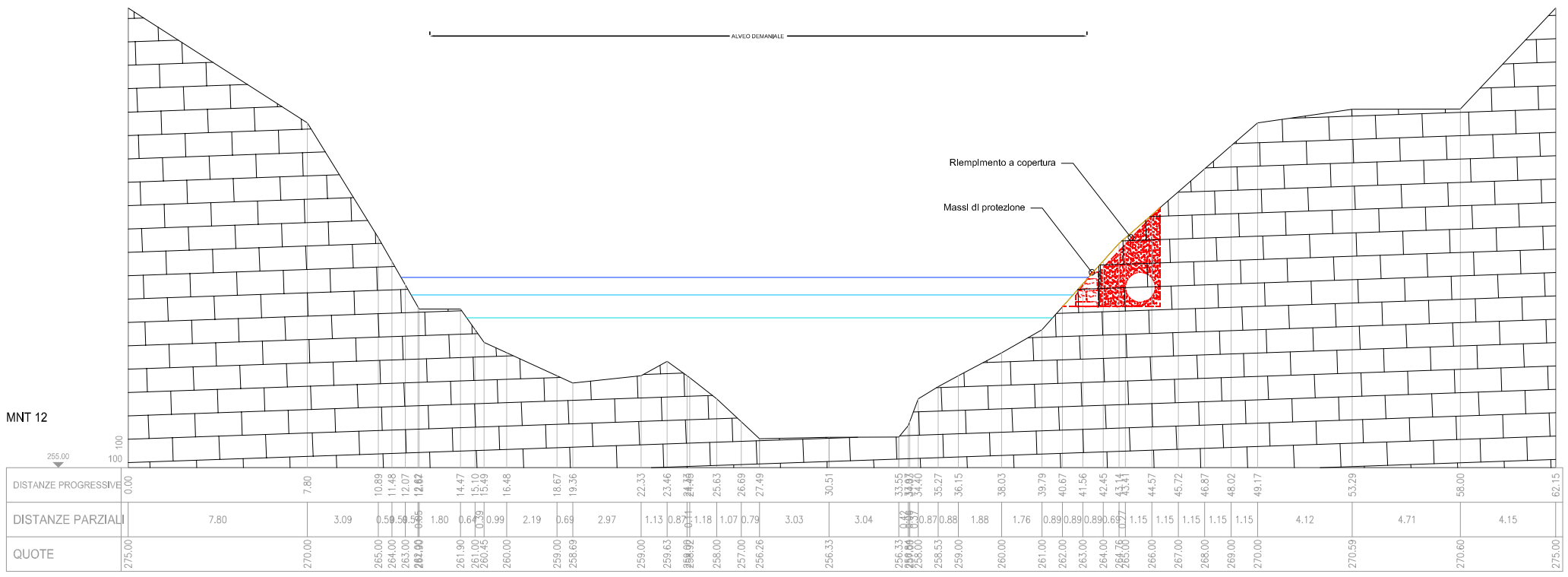
MNT 16.5

MNT 14 Traccia sezioni stratigrafiche

PLANIMETRIA DELL'AREA

in scala 1:1.000





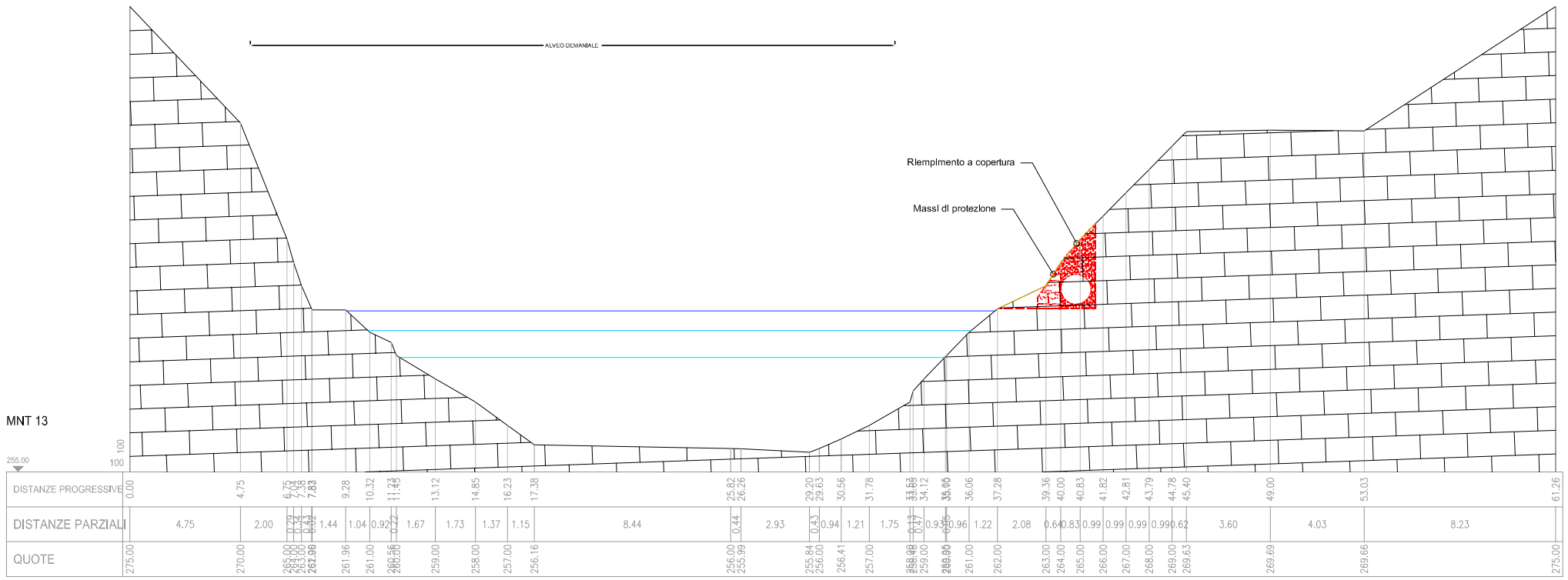
Materiali sciolti naturali e riporti

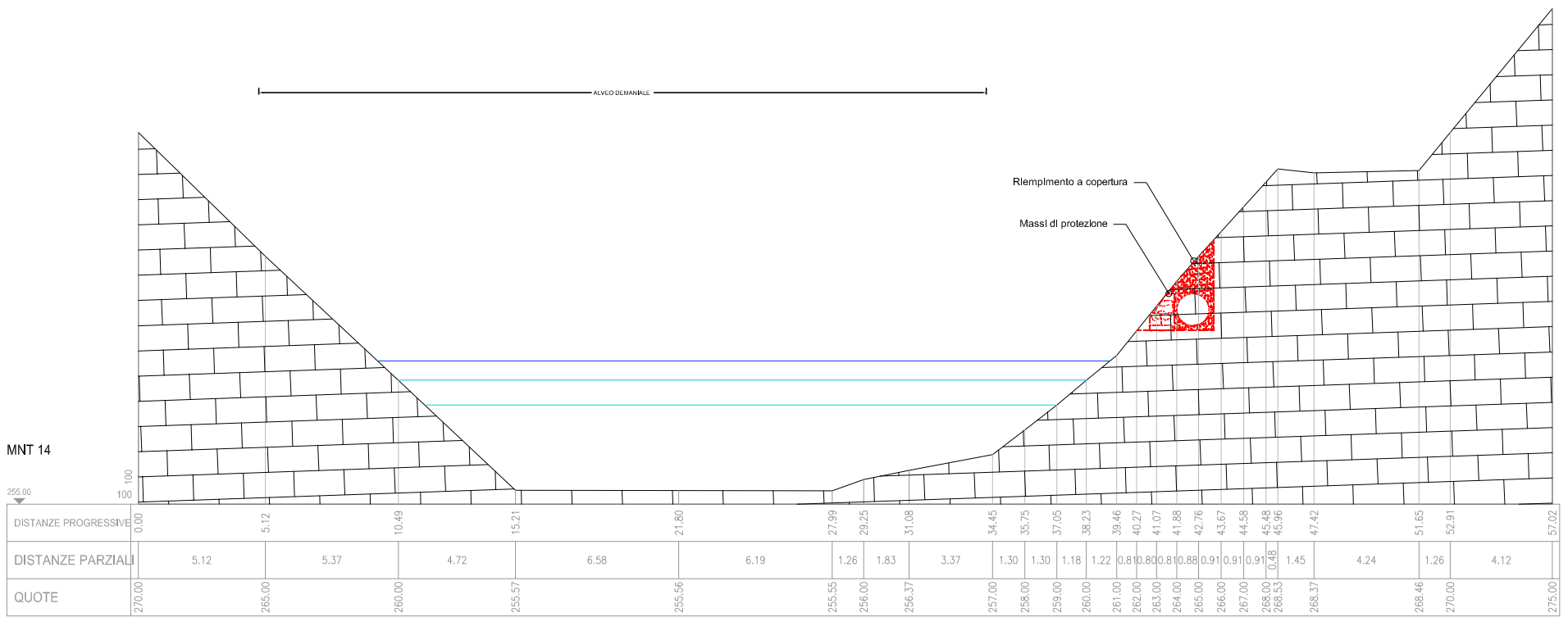
Substrato roccioso rappresentato da strati arenaceo argill fratturati in superficie, passante in profondità a migliori condizioni di conservazione (Flysch di San Remo)

Scavi previsti, opere a progetto

SEZIONI STRATIGRAFICHE
SEZIONI 11-12

in scala 1:250





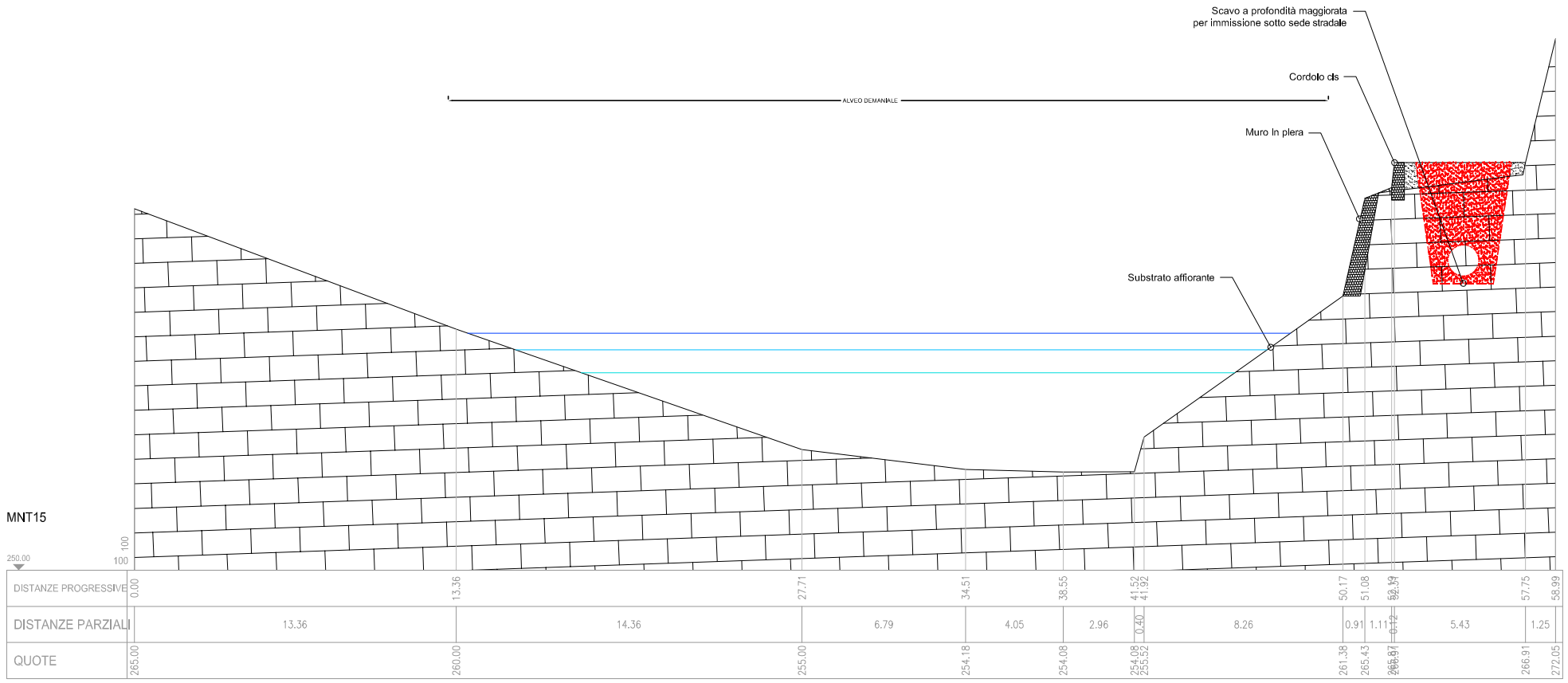
Materiali sciolti naturali e riporti

Substrato roccioso rappresentato da strati arenaceo argillitici fratturati in superficie, passante in profondità a migliori condizioni di conservazione (Flysch di San Remo)

Scavi previsti, opere a progetto

SEZIONI STRATIGRAFICHE
SEZIONI 13-14

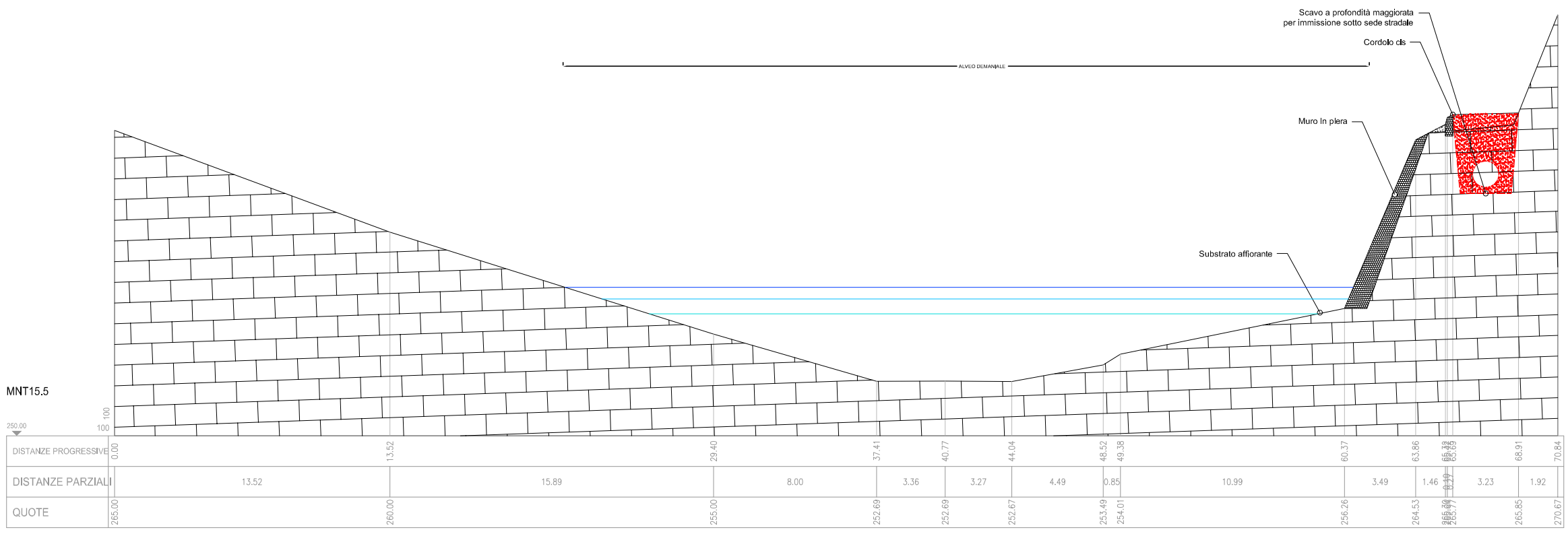
in scala 1:250



Materiali sciolti naturali e riporti

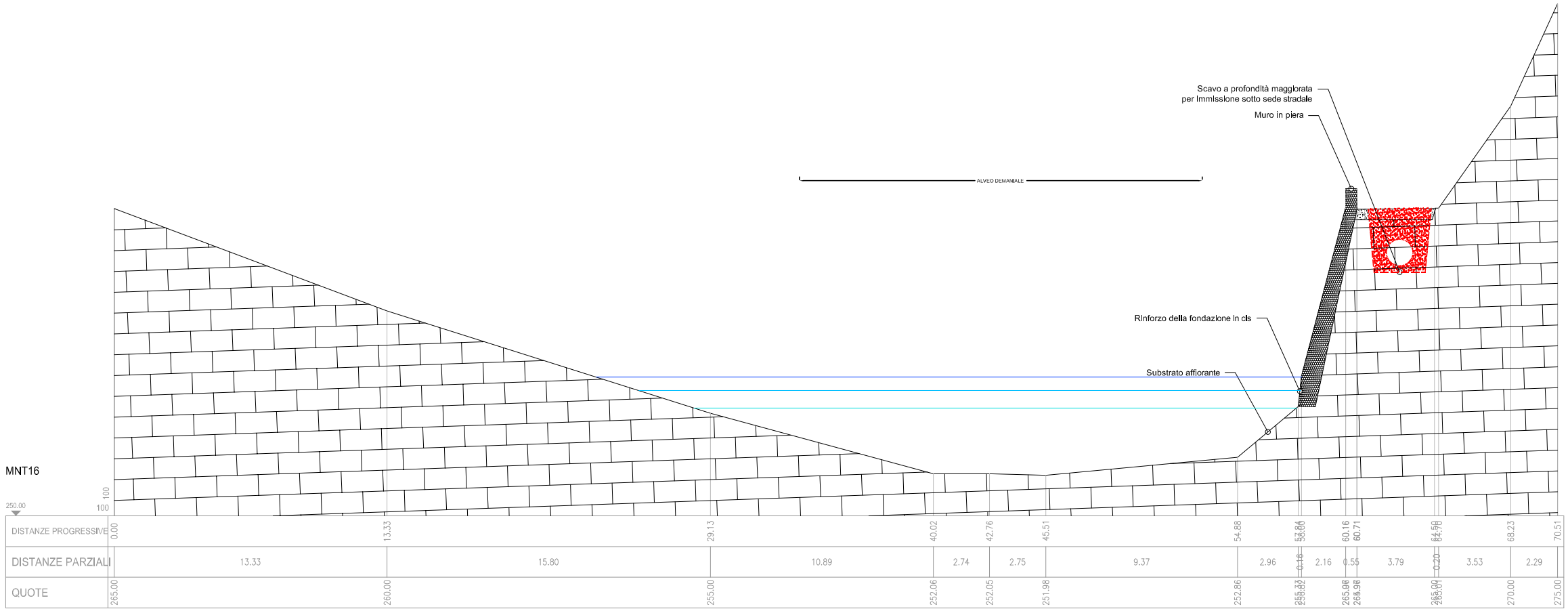
Substrato roccioso rappresentato da strati arenaceo argillitici fratturati in superficie, passante in profondità a migliori condizioni di conservazione (Flysch di San Remo)

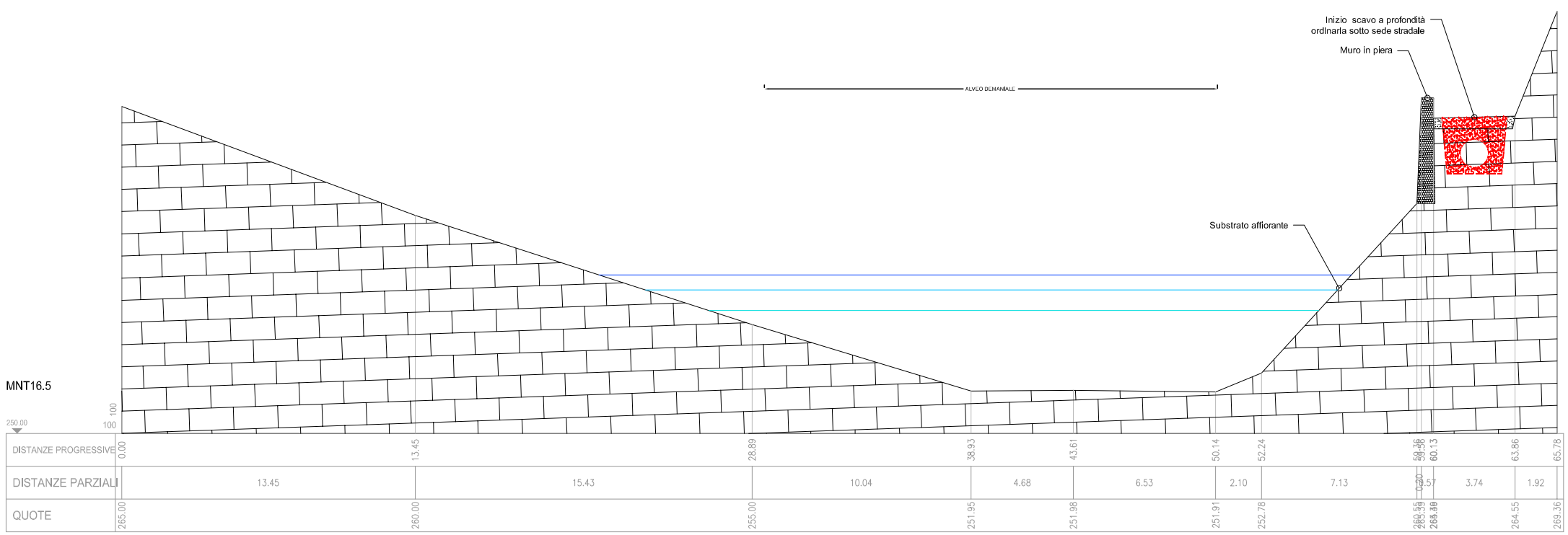
Scavi previsti, opere a progetto



SEZIONI STRATIGRAFICHE
SEZIONI 15-15.5

in scala 1:250



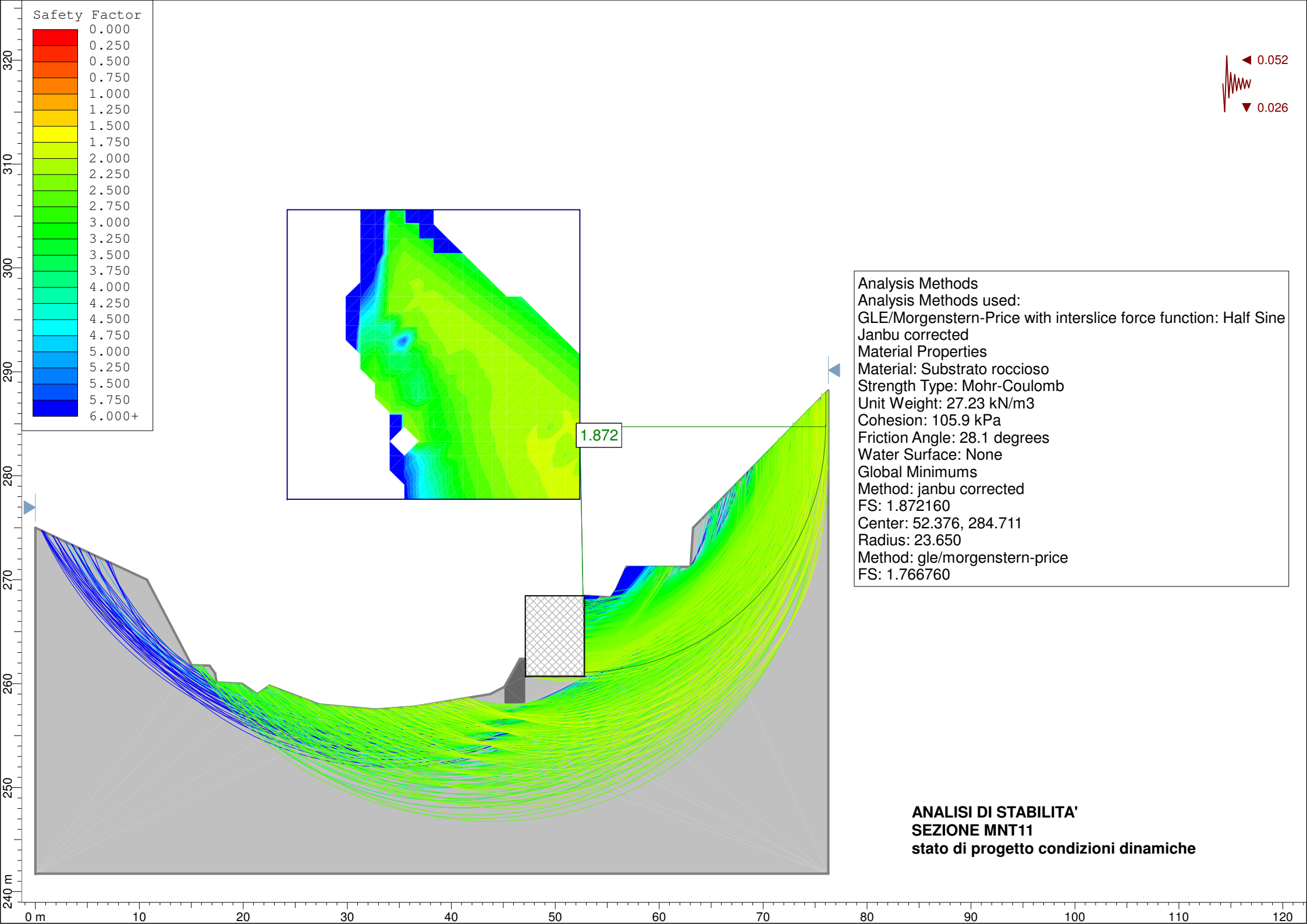


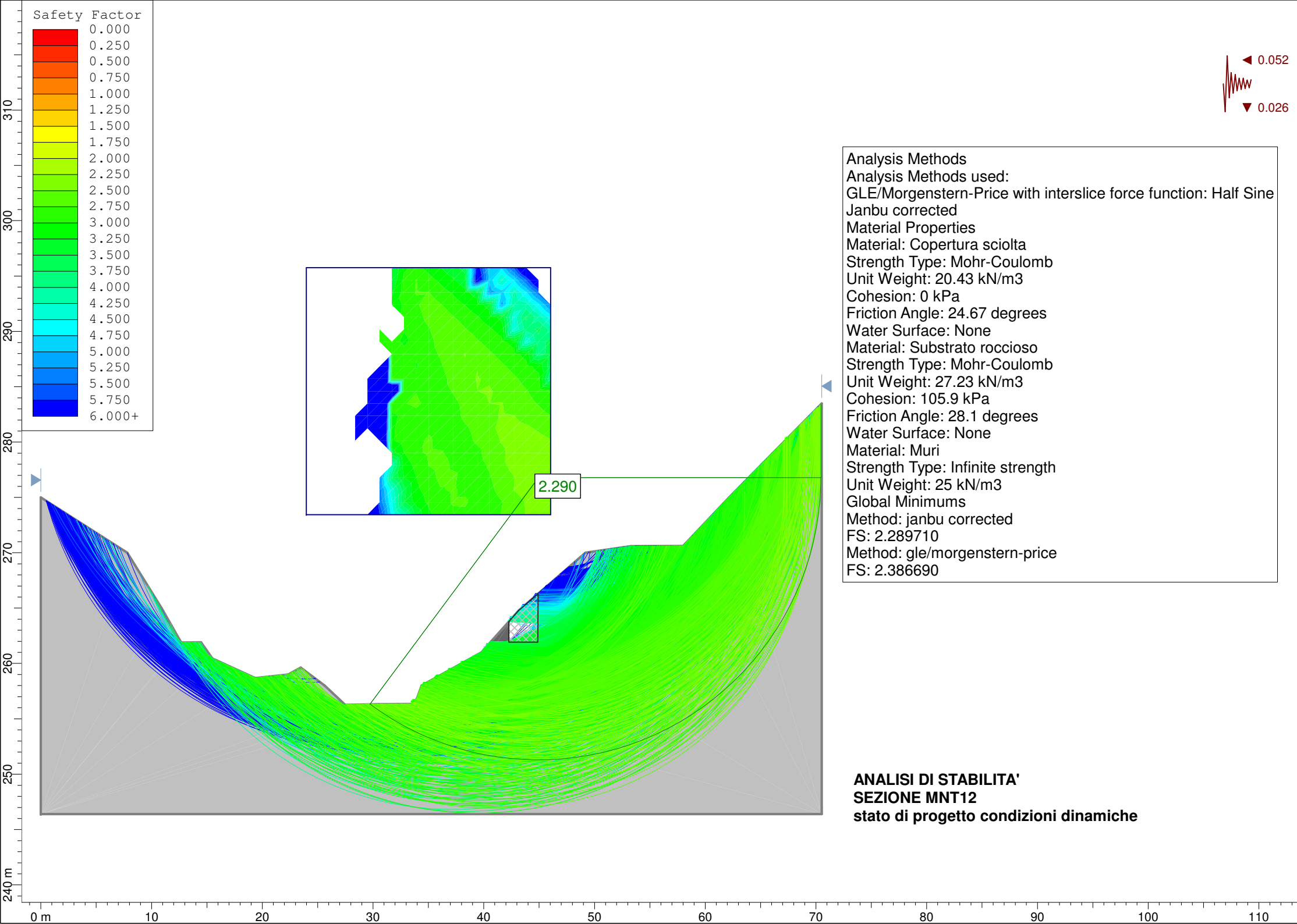
Materiali sciolti naturali e riporti

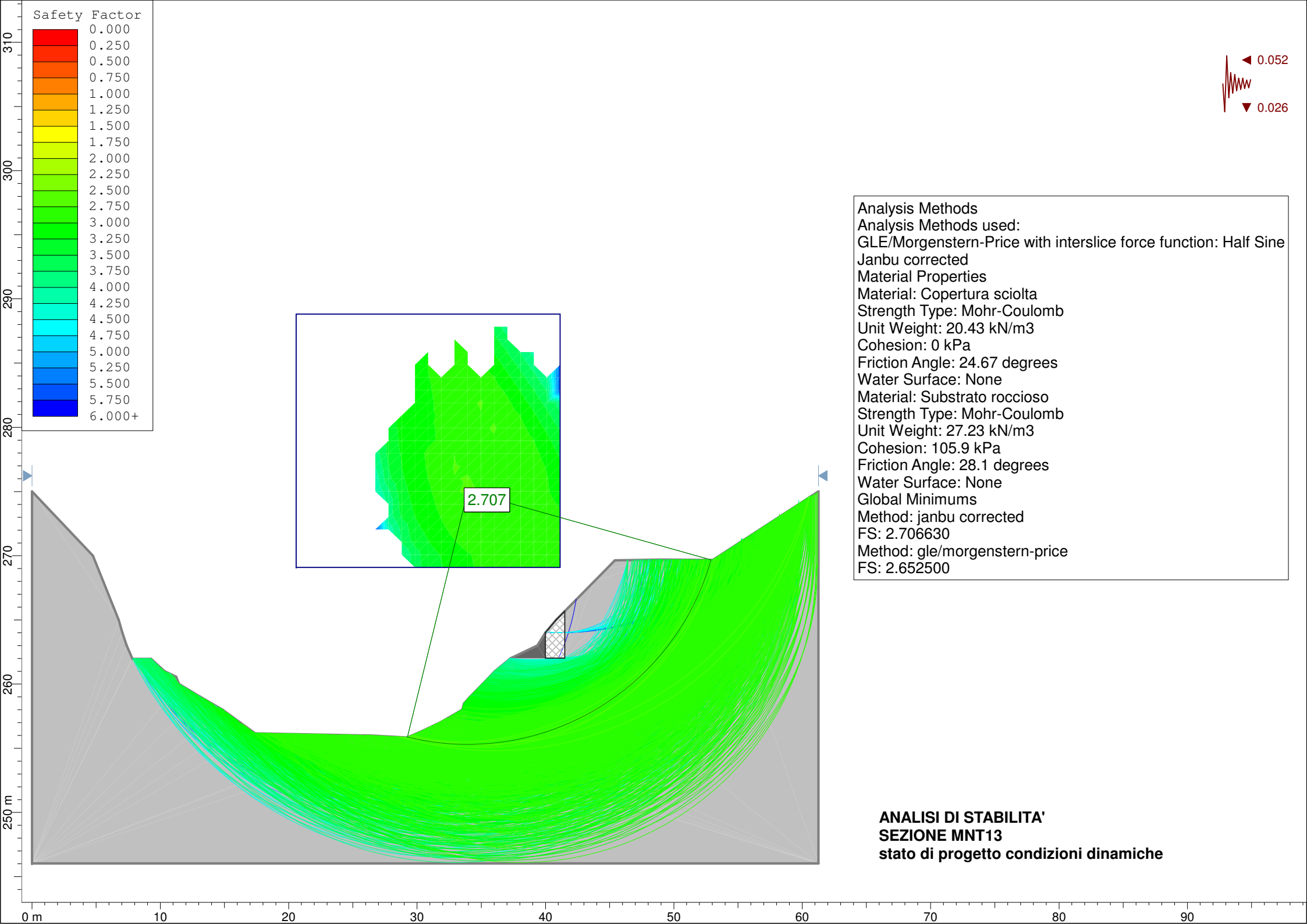
Substrato roccioso rappresentato da strati arenaceo argillitici fratturati in superficie, passante in profondità a migliori condizioni di conservazione (Flysch di San Remo)

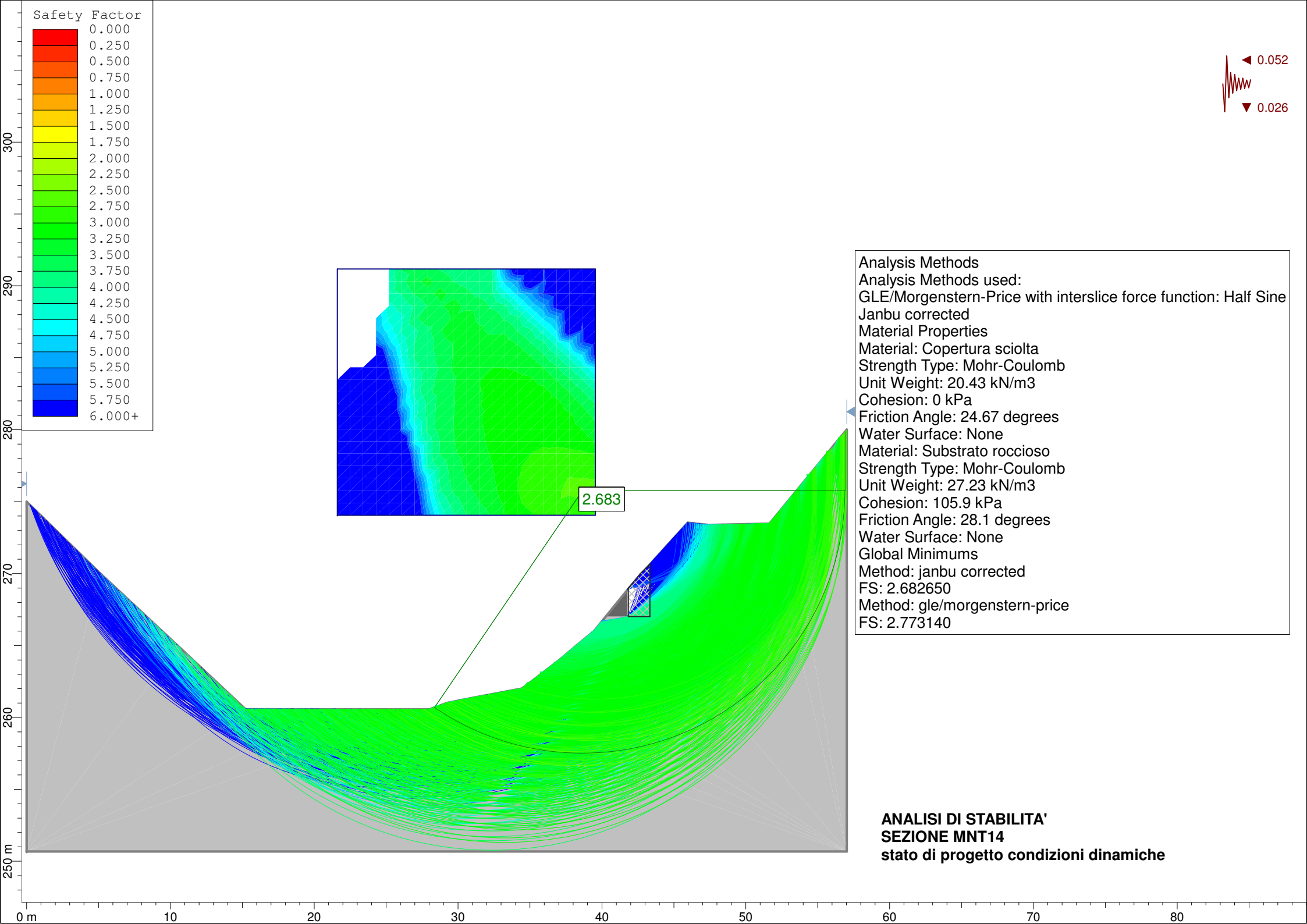
Scavi previsti, opere a progetto

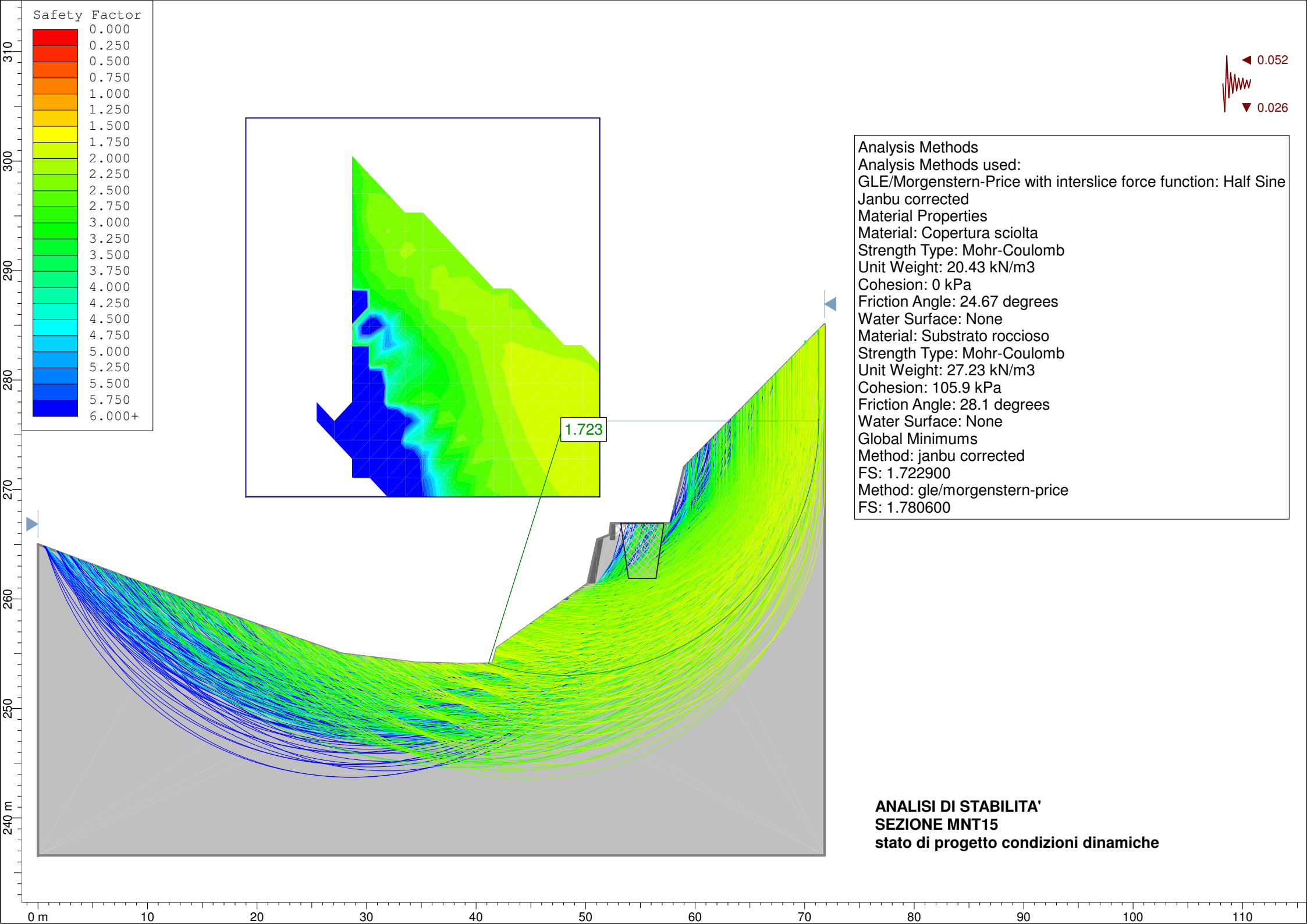
SEZIONI STRATIGRAFICHE
SEZIONI 16-16.5
in scala 1:250

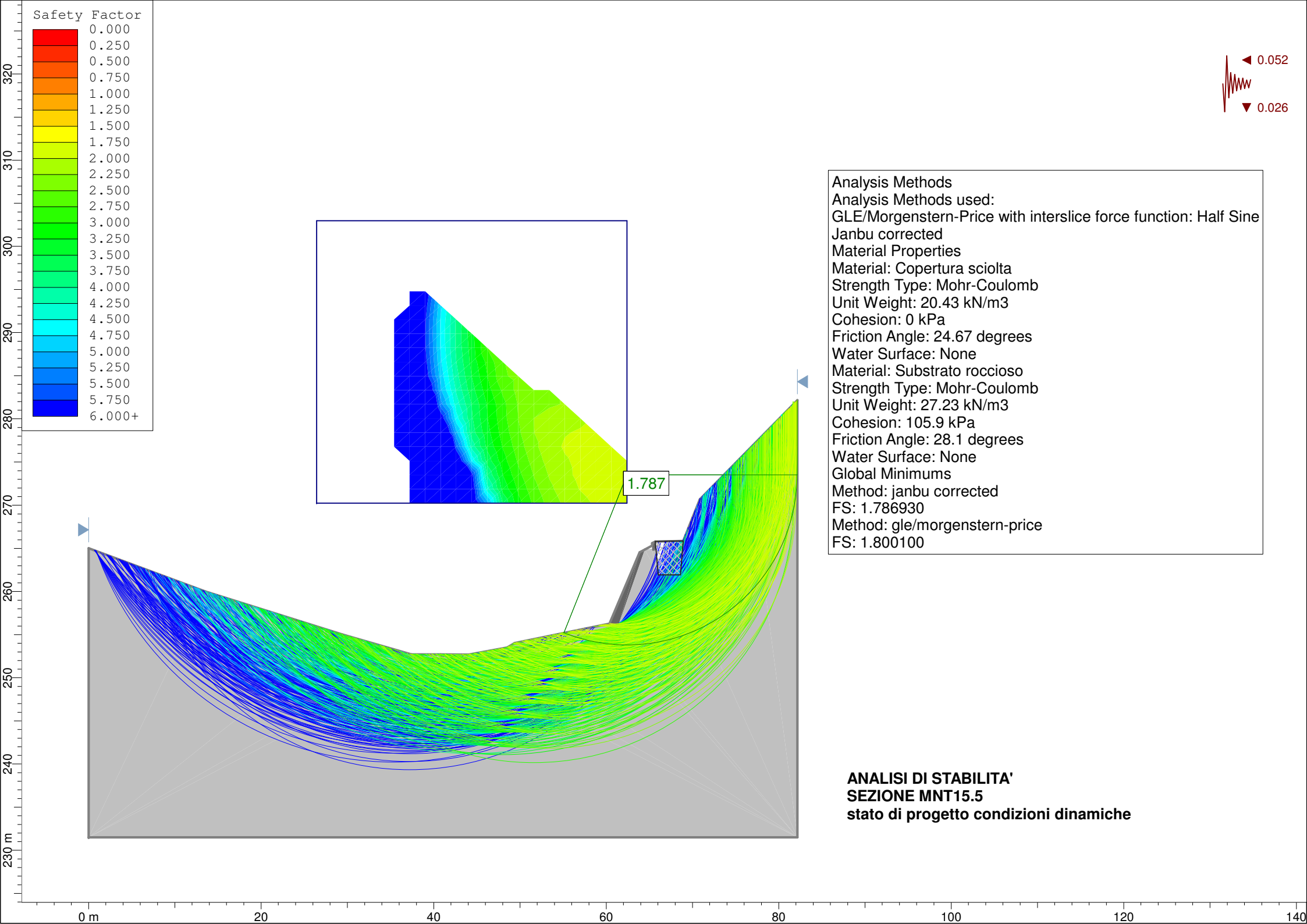

Safety Factor
0.000
0.250
0.500
0.750
1.000
1.250
1.500
1.750
2.000
2.250
2.500
2.750
3.000
3.250
3.500
3.750
4.000
4.250
4.500
4.750
5.000
5.250
5.500
5.750
6.000+
0.052
0.026
1.872
Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Material Properties
Material: Substrato roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 105.9 kPa
Friction Angle: 28.1 degrees
Water Surface: None
Global Minimums
Method: janbu corrected
FS: 1.872160
Center: 52.376, 284.711
Radius: 23.650
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.766760
ANALISI DI STABILITA'
SEZIONE MNT11
stato di progetto condizioni dinamiche
320
310
300
290
280
270
260
250
240 m
0 m
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120


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+
0.052
0.026
2.290
Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Material Properties
Material: Copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.43 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.67 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 105.9 kPa
Friction Angle: 28.1 degrees
Water Surface: None
Material: Muri
Strength Type: Infinite strength
Unit Weight: 25 kN/m3
Global Minimums
Method: janbu corrected
FS: 2.289710
Method: gle/morgenstern-price
FS: 2.386690
ANALISI DI STABILITA'
SEZIONE MNT12
stato di progetto condizioni dinamiche
310
300
290
280
270
260
250
240 m
0 m
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110


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+
0.052
0.026
2.707
Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Material Properties
Material: Copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.43 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.67 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 105.9 kPa
Friction Angle: 28.1 degrees
Water Surface: None
Global Minimums
Method: janbu corrected
FS: 2.706630
Method: gle/morgenstern-price
FS: 2.652500
ANALISI DI STABILITA'
SEZIONE MNT13
stato di progetto condizioni dinamiche
310
300
290
280
270
260
250 m
0 m
10
20
30
40
50
60
70
80
90

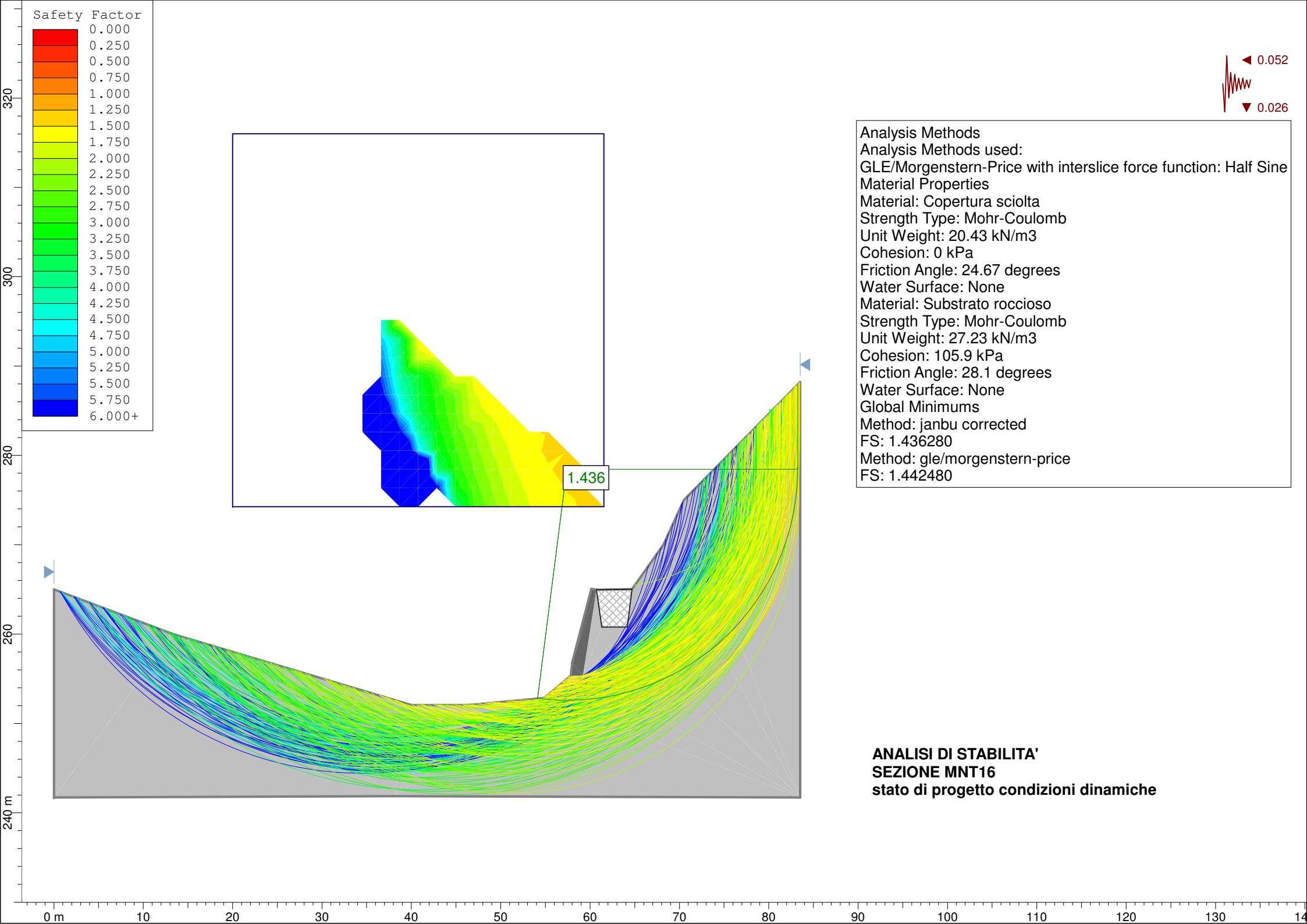

Safety Factor
0.000
0.250
0.500
0.750
1.000
1.250
1.500
1.750
2.000
2.250
2.500
2.750
3.000
3.250
3.500
3.750
4.000
4.250
4.500
4.750
5.000
5.250
5.500
5.750
6.000+
0.052
0.026
2.683
Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Material Properties
Material: Copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.43 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.67 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 105.9 kPa
Friction Angle: 28.1 degrees
Water Surface: None
Global Minimums
Method: janbu corrected
FS: 2.682650
Method: gle/morgenstern-price
FS: 2.773140
ANALISI DI STABILITA'
SEZIONE MNT14
stato di progetto condizioni dinamiche
300
290
280
270
260
250 m
0 m
10
20
30
40
50
60
70
80


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+
0.052
0.026
1.723
Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Material Properties
Material: Copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.43 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.67 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 105.9 kPa
Friction Angle: 28.1 degrees
Water Surface: None
Global Minimums
Method: janbu corrected
FS: 1.722900
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.780600
310
300
290
280
270
260
250
240 m
0 m
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
ANALISI DI STABILITA'
SEZIONE MNT15
stato di progetto condizioni dinamiche



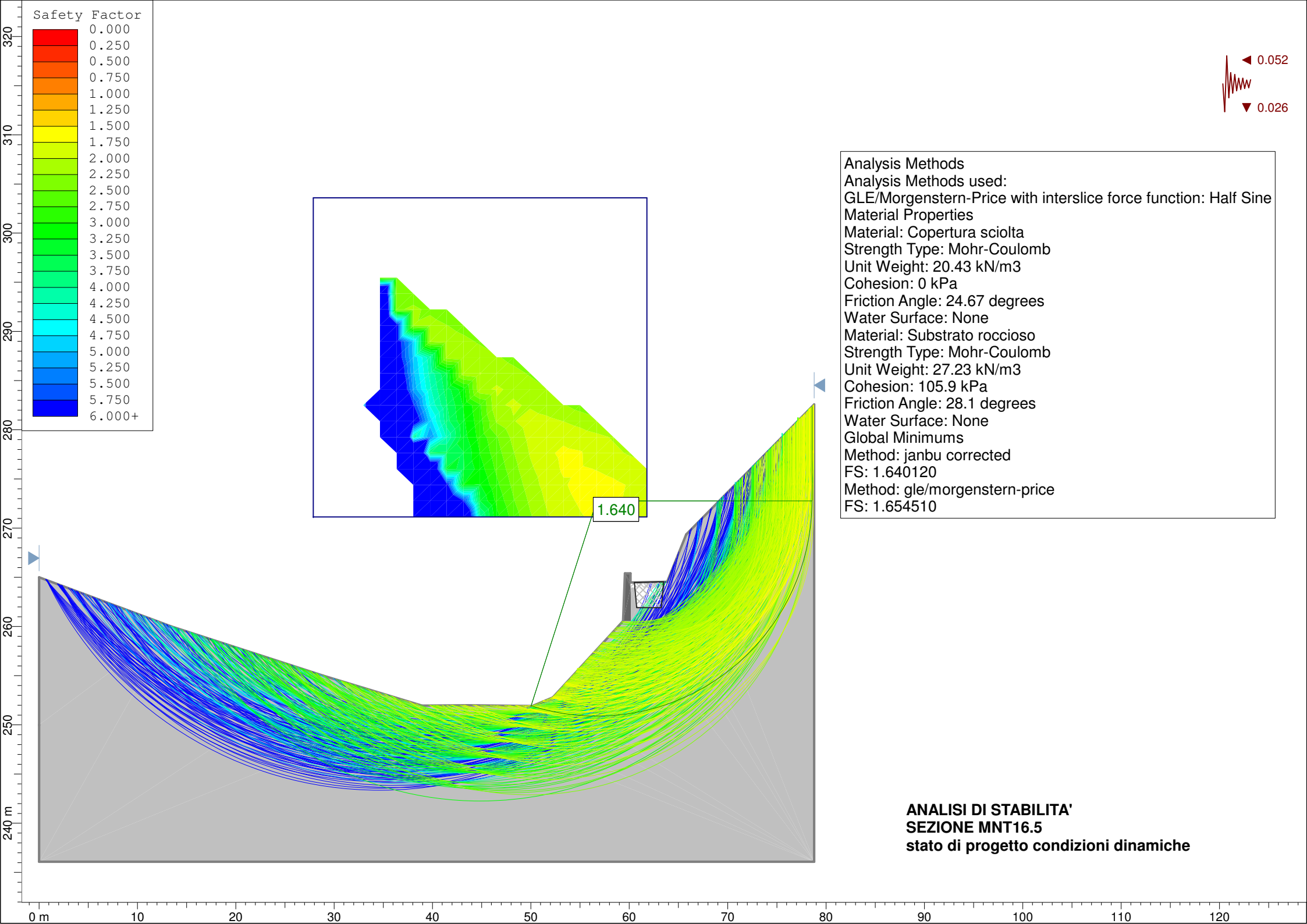
Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Material Properties
Material: Copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.43 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.67 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 105.9 kPa
Friction Angle: 28.1 degrees
Water Surface: None
Global Minimums
Method: janbu corrected
FS: 1.786930
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.800100

ANALISI DI STABILITA'
SEZIONE MNT15.5
stato di progetto condizioni dinamiche



Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Material Properties
Material: Copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.43 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.67 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 105.9 kPa
Friction Angle: 28.1 degrees
Water Surface: None
Global Minimums
Method: janbu corrected
FS: 1.436280
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.442480

ANALISI DI STABILITA'
SEZIONE MNT16
stato di progetto condizioni dinamiche


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+
0.052
0.026
1.640
Analysis Methods
Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Material Properties
Material: Copertura sciolta
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.43 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 24.67 degrees
Water Surface: None
Material: Substrato roccioso
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27.23 kN/m3
Cohesion: 105.9 kPa
Friction Angle: 28.1 degrees
Water Surface: None
Global Minimums
Method: janbu corrected
FS: 1.640120
Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.654510
320
310
300
290
280
270
260
250
240 m
0 m
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
ANALISI DI STABILITA'
SEZIONE MNT16.5
stato di progetto condizioni dinamiche

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 = deviaz. Stand. della popolazione/media della popolazione
n= numerosità del campione

1) DEFINIZIONE DEI VALORI MEDI

Parametri	Dati di ingresso					Media	n
Φ (°)	32	33	34			**33,00**	**3**
c (kPa)	0	0	0			**0,00**	**3**
cu (kPa)						**-**	**-**
γ (MPa)	19	19.5	20			**19,50**	**3**
E (MPa)						**-**	**-**

2) DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI

Parametro	Val. medio	COV (%)	√n	Val caratt
Φ	33,00	10	1,73	29,87
c	0,00	40	1,73	0,00
cu	-	40	-	-
γ_{upper}	19,50	5	1,73	20,43
γ_{lower}	19,50	5	1,73	18,57
E	-	40	-	-

3) DEFINIZIONE DEI VALORI DI PROGETTO

Parametro	Val. caratteristico	DA1	DA2	Val.Prog		Val.Prog
				DA1	DA2	Scelto
Φ	29,87	1,25	1,00	24,67	29,87	
c	0,00	1,25	1,00	0,00	0,00	
cu	-	1,40	1,00	-	-	
γ_{upper}	20,43	1,00	1,00	20,43	20,43	
γ_{lower}	18,57	1,00	1,00	18,57	18,57	
E	-					

TABELLA 1
PARAMETRI GEOTECNICI 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 = deviaz. stand. della popolazione/media della popolazione
n= numerosità del campione

1) DEFINIZIONE DEI VALORI MEDI

Parametri	Dati di ingresso					Media	n
Φ (°)	32,6	34,7	35,2	37,3	37,6	**36,18**	**6**
	39,7						
c (kPa)	137	157	165	191	200	**181,00**	**6**
	236						
cu (kPa)						**-**	**-**
γ (MPa)	25	26	27			**26,00**	**3**
E (MPa)	1377,6	1836,8	1821,5	2428,7	2471,1	**2205,07**	**6**
	3294,7						

2) DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI

Parametro	Val. medio	COV (%)	√n	Val caratt
Φ	36,18	10	2,45	33,75
c	181,00	40	2,45	132,38
cu	-	40	-	-
γ_{upper}	26,00	5	1,73	27,23
γ_{lower}	26,00	5	1,73	24,77
E	2205,07	40	2,45	1612,73

3) DEFINIZIONE DEI VALORI DI PROGETTO

Parametro	Val. caratteristico	DA1	DA2	Val.Prog		Val.Prog
				DA1	DA2	Scelto
Φ	33,75	1,25	1,00	28,13	33,75	
c	132,38	1,25	1,00	105,90	132,38	
cu	-	1,40	1,00	-	-	
γ_{upper}	27,23	1,00	1,00	27,23	27,23	
γ_{lower}	24,77	1,00	1,00	24,77	24,77	
E	1612,73					

TABELLA 2
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI E DI PROGETTO
SUBSTRATO ROCCIOSO

TABELLA 3 - Parametri di pericolosità sismica

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine:	**43,940949**
longitudine:	**7,831864**
Classe:	**2**
Vita nominale:	**50**

Siti di riferimento

Sito 1	**ID: 18677 Lat: 43,9473 Lon: 7,7935 Distanza: 3153,633**
Sito 2	**ID: 18678 Lat: 43,9506 Lon: 7,8627 Distanza: 2695,046**
Sito 3	**ID: 18900 Lat: 43,9007 Lon: 7,8673 Distanza: 5296,904**
Sito 4	**ID: 18899 Lat: 43,8974 Lon: 7,7981 Distanza: 5548,473**

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	**A**
Categoria topografica:	**T2**
Periodo di riferimento:	**50anni**
Coefficiente cu:	**1**

Operatività (SLO):		
Probabilità di superamento:	**81**	**%**
Tr:	**30**	**[anni]**
ag:	**0,030 g**	
Fo:	**2,606**	
Tc*:	**0,184**	**[s]**
Danno (SLD):		
Probabilità di superamento:	**63**	**%**
Tr:	**50**	**[anni]**
ag:	**0,044 g**	
Fo:	**2,597**	
Tc*:	**0,220**	**[s]**
Salvaguardia della vita (SLV):		
Probabilità di superamento:	**10**	**%**
Tr:	**475**	**[anni]**
ag:	**0,161 g**	
Fo:	**2,437**	
Tc*:	**0,294**	**[s]**
Prevenzione dal collasso (SLC):		
Probabilità di superamento:	**5**	**%**
Tr:	**975**	**[anni]**
ag:	**0,215 g**	
Fo:	**2,479**	
Tc*:	**0,309**	**[s]**

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss:	**1,000**
Cc:	**1,000**
St:	**1,200**
Kh:	**0,007**
Kv:	**0,004**
Amax:	**0,354**
Beta:	**0,200**

SLD:

Ss:	**1,000**
Cc:	**1,000**
St:	**1,200**
Kh:	**0,011**
Kv:	**0,005**
Amax:	**0,516**
Beta:	**0,200**

SLV:

Ss:	**1,000**
Cc:	**1,000**
St:	**1,200**
Kh:	**0,052**
Kv:	**0,026**
Amax:	**1,892**
Beta:	**0,270**

SLC:

Ss:	**1,000**
Cc:	**1,000**
St:	**1,200**
Kh:	**0,077**
Kv:	**0,039**
Amax:	**2,529**
Beta:	**0,300**

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84
latitudine: 43.939965
longitudine: 7.830802