autostrade per l'italia

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

Adeguamento del sistema A7 – A10 – A12

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

STUDIO SUSCETTIVITA' AL DISSESTO
SCHEDE DISSESTI PG4–PG3

DA CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO
PIANO DI BACINO – TORRENTE POLCEVERA
FRANA 994

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE	IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496	Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496	Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 **PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI**

CODICE IDENTIFICATIVO																																Ordinatore:
RIFERIMENTO PROGETTO										RIFERIMENTO DIRETTORIO												RIFERIMENTO ELABORATO										— —
Codice Commessa						Lotto, Sub–Prog, Cod. Appalto				Fase		Capitolo		Paragrafo		WBS tipologia		WBS progressivo		PARTE D'OPERA						Tip.	Disciplina			Progressivo				Rev.		
1	1	0	7	1	2	0	0	0	0	P	D	D	G	S	T	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R	G	E	N	0	1	9	0	–	2	SCALA: –

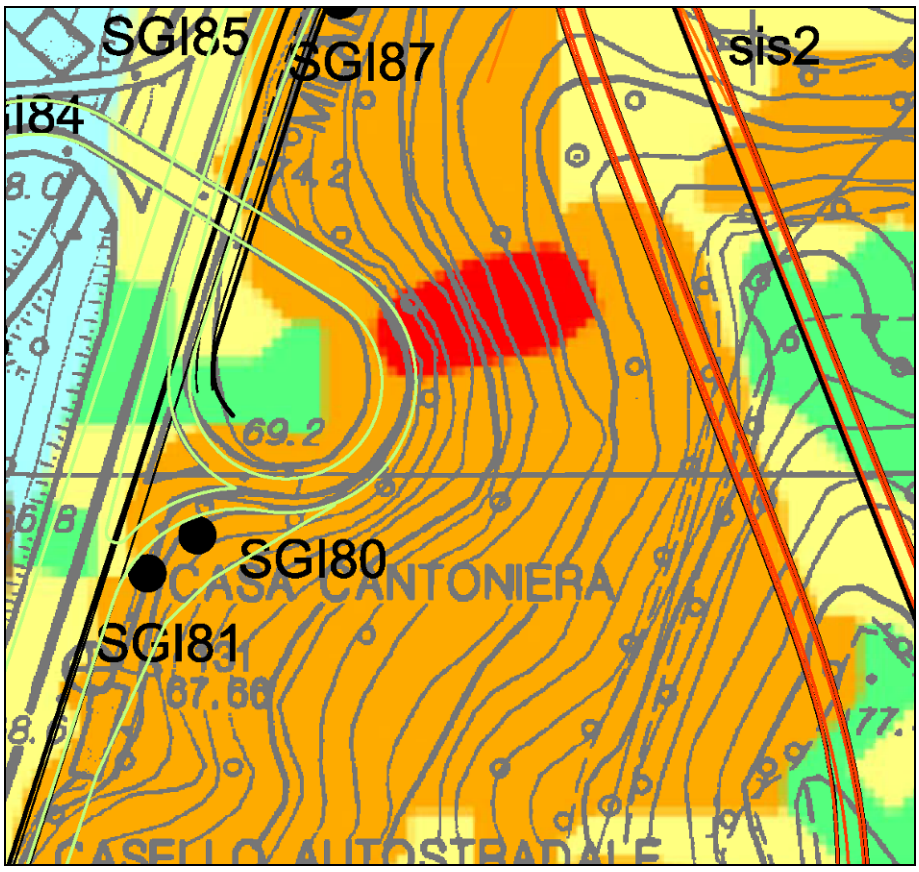
	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:		REVISIONE	
spea ENGINEERING gruppo Atlantia	Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A				n.	data
					0	Dicembre 2015
					1	Aprile 2016
					2	Ottobre 2016
	REDATTO:		VERIFICATO:		3	
					4	

	VISTO DEL COMMITTENTE	VISTO DEL CONCEDENTE
	autostrade per l'italia IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Arch. Rossella Degni	Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SOC. AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A.. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SOC. AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A.. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

SCHEDA FRANA 994 (PG4)

OPERA INTERFERENTE: GALLERIA POLCEVERA



INDICE

1. PREMESSA 4

2. METODOLOGIA DI LAVORO 7

3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA 10

3.1 ELEMENTI IDENTIFICATIVI 10

3.2 CARTOGRAFIA 10

3.3 SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DA PIANO DI BACINO 10

3.3.1 Aree Interferenti 10

3.3.2 Classificazione e caratteristiche dissesto Pg4 e Pg3b 10

3.3.3 Interventi previsti dal Piano di Bacino 12

3.4 DISSESTI SEGNALATI DALL'INVENTARIO FENOMENI FRANOSI D'ITALIA 14

3.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 15

3.6 INDAGINI ESEGUITE 18

3.7 RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO 19

3.8 CAUSE DEL DISSESTO 26

3.9 DESCRIZIONE SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA 26

4. ASPETTI GEOTECNICO - INGEGNERISTICI 27

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 27

4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO 34

4.3 ANALISI DI STABILITÀ 36

5. INDAGINI INTEGRATIVE PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO GEOTECNICO 39

5.1 STUDIO DEGLI SPOSTAMENTI SUPERFICIALI CON DATI RADAR SATELLITARI 39

6. CONCLUSIONI 42

Allegati alla Scheda:

- *Allegato n.1* - Stralcio Carta suscettività al dissesto da Piano di Bacino con progetto ed indagini eseguite
- *Allegato n.2* - Stralcio carta geologica (aggiornata giugno 2015)
- *Allegato n.3* - Stralcio carta geomorfologica (aggiornata giugno 2015)
- *Allegato n.4* - Carta geomorfologica di dettaglio, indagini integrative e punti di ripresa fotografici
- *Allegato n.5* - Sezione geologica
- *Allegato n.6* - Scheda di sintesi
- *Allegato n.7* - Stratigrafia sondaggi e geofisica
- *Allegato n.9* - Analisi di stabilità

Annessi alla Scheda:

- *Elaborato SGT0191: "Schede dissesti Pg4 e Pg3a – Frana 994 (Pg4) – Opere interferenti: Planimetria e sezione – Sistemazione definitiva"*

1. PREMESSA

Il presente documento è finalizzato ad ottemperare la prescrizione A16 del Decreto di compatibilità ambientale del progetto "Nodo stradale e autostradale di Genova – Adeguamento del sistema A7 – A10 – A12" (Dec VIA 28/2014), la cui verifica è in capo alla Regione Liguria, che recita: "*relativamente al rispetto della normativa dei relativi piani di bacino, a seguito del recente aggiornamento dei criteri di riferimento di cui alla DGR n.1208 del 12/10/2012, attualmente in fase di recepimento da parte della Provincia, si richiama che, nel caso di interferenza delle opere in progetto con le aree classificate a suscettività al dissesto molto elevata Pg4 (frana attiva), le infrastrutture pubbliche viarie di valenza strategica sono ammesse purché venga acquisito preventivamente un apposito parere del Comitato tecnico di bacino ai sensi dell'art. 11 c. 4 lett.b) della l.r. n.58/2009 espresso in merito alle opere di consolidamento finalizzate alla stabilizzazione del dissesto; mentre, qualora le opere in progetto interagissero con aree classificate ad elevata suscettività al dissesto Pg3a (frana quiescente) o Pg3b è richiesto uno specifico parere vincolante della Provincia. Si richiama che le misure di attenzione per la prevenzione del rischio idrogeologico, definite nell'ambito dei criteri soprarichiamati, prevedono che gli elaborati geologici e geotecnici a corredo dei progetti si diano carico di considerare e valutare se sussistano pericoli di possibili interferenze per eventuali fenomeni di arretramento o di espansione di corpi o di cigli di frana presenti nell'intorno di una fascia di rispetto di almeno 100 m e, comunque, considerando un'area di estensione significativa in merito al contesto in esame.*".

I riferimenti normativi sono pertanto:

- il richiamato articolo 11, comma 4 lettera b) della Legge Regionale n.58/2009:

  "il Comitato esprime i pareri di compatibilità, rispetto ai Piani ed ai criteri ed indirizzi dell'Autorità di Bacino, in merito agli interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica, la cui realizzazione comporta modifiche ai Piani vigenti. La Giunta Regionale può specificare, con successivo atto, le tipologie di intervento oggetto di tali pareri;"

- le "Misure di attenzione per la prevenzione del rischio idrogeologico" contenute nelle norme di attuazione dei Piani di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico degli ambiti 12e13, 14, 15, 16, 17, 18, modificate con D.G.P. n. 124 del 22/09/2014 (art. 16 ter):

  "1. *Al fine di mitigare gli effetti negativi che si possono manifestare a seguito di fenomeni di espansione di corpi franosi già cartografati nei piani o, per quanto sia possibile, di contenere il rischio dovuto a processi torrentizi indotti da intensi fenomeni pluviometrici, colate veloci di fango e detriti (debris-flow), si definiscono le seguenti misure di attenzione*.

  2. *Gli elaborati geologici e geotecnici a corredo dei progetti per il rilascio del titolo edilizio, redatti ai sensi delle NTC 2008, relativi ad istanze di opere di nuova costruzione si danno anche carico di considerare e valutare se sussistano pericoli di possibili interferenze per eventuali fenomeni di arretramento o di espansione di*

corpi o cigli di frana (ciglio, piede, fianchi) presenti nell'intorno di una fascia di rispetto di almeno 100 m e comunque considerando un'area di dimensione significativa in merito al contesto in esame.

3. *La misura di attenzione di cui al comma 2 si applica anche per interventi eventualmente previsti a margine dei perimetri delle Aree speciali di tipo A, B1 e B2.*

4. *In sede di previsione di realizzazione di interventi urbanistico edilizi od opere di viabilità in prossimità del reticolo idrografico su versante, si effettuino specifiche valutazioni in merito all'eventuale grado di esposizione degli interventi agli effetti di possibili fenomeni di colate veloci di fango o detriti (debris-flow), individuando, se del caso, opportuni accorgimenti tecnici o una migliore ubicazione degli interventi stessi nell'ottica della prevenzione di tale rischio.*"

A seguito del ricorso al T.A.R. Liguria presentato da Autostrade per l'Italia in data 21 marzo 2014 la Regione Liguria ha trasmesso la nota di memoria difensiva del 18 aprile 2014 in cui specifica che:

"*la prescrizione n. 16 si limita a richiamare la necessità di acquisire taluni pareri tecnici (del Comitato Tecnico di Bacino e della Provincia) rispetto alle parti dell'opera destinate ad essere realizzate in aree classificate dal Piano di Bacino come frana attiva o frana quiescente, secondo l'attuale regime dei piani di bacino*".

Al fine di ottemperare alla prescrizione citata ed acquisire i pareri in essa richiamati, per tutte le aree classificate, dalle cartografie dei piani di bacino, a suscettività di dissesto molto alta (Pg4) ed alta (Pg3b) viene predisposta un'apposita scheda, in cui viene mostrato come gli interventi previsti in progetto contribuiscano alla stabilizzazione del dissesto oggetto di interferenza con le opere, determinando di fatto un effetto positivo.

Nel **capitolo 2** si descrive la metodologia di lavoro utilizzata nell'ambito della progettazione definitiva delle opere interferenti con le aree oggetto del presente documento.

Nel **capitolo 3** si riassumono gli aspetti geologici e geomorfologici dell'area del dissesto, fornendo una sintesi degli elementi cartografici pubblicati dagli Enti con i relativi interventi previsti e degli elementi rilevabili in sito utilizzabili per verificare il grado di interferenza tra elementi di progetto ed elementi di dissesto.

Nel **capitolo 4** si riassumono gli aspetti geotecnico-ingegneristici delle opere di progetto, fornendo una sintesi delle azioni intraprese dal progettista al fine di verificare il grado di interferenza tra elementi di progetto ed elementi di dissesto, evidenziando gli effetti positivi sull'area in frana derivanti dalle misure messe in atto per impedirli, ridurli o compensarli.

Nel **capitolo 5** sono presentate le indagini integrative propedeutiche al monitoraggio geotecnico previsto.

Per l'inquadramento generale dell'intera Gronda e per il dettaglio delle attività di progettazione, si rimanda agli specifici elaborati del Progetto Definitivo. Si fa in particolare riferimento ai seguenti elaborati progettuali:

- *GEO0001: Relazione geologica e idrogeologica generale*

- *GEO0006: Carta geologica – Tavola 5*
- *GEO0024: Carta geomorfologica – Tavola 5*
- *APE0001: Relazione geotecnica*
- *TUN 0005: Relazione di calcolo gallerie naturali realizzate in tradizionale*
- *TUN 0113: Galleria Polcevera - Profilo Geomeccanico e di Monitoraggio*

In particolare, il presente documento riporta le valutazioni geologiche- geomorfologiche e geotecniche-ingegneristiche relative alla frana codificata 994, che potrebbe risultare interferente con la canna della galleria Polcevera.

Per comodità di lettura è stato prodotto un elaborato di sintesi per la fase definitiva:

- *Elaborato SGT0191: "Schede dissesti Pg4 e Pg3a – Frana 994 (Pg4) – Opere interferenti: Planimetria e sezione – Sistemazione definitiva"*

2. METODOLOGIA DI LAVORO

Ai fini dell'inquadramento geologico e geomorfologico delle aree di interesse, la prima fase del lavoro è consistita nel reperimento di tutti i dati disponibili presso vari Enti e Biblioteche universitarie, e di ogni altro dato disponibile ritenuto significativo per l'elaborazione di un modello concettuale dell'area. Sono, inoltre, stati utilizzati i dati di campagne geognostiche relative a studi pregressi ed indagini appositamente realizzate per il Progetto Definitivo.

La disponibilità, per l'area d'interesse, di documentazioni geologiche di dettaglio e di modelli geologico-strutturali di riferimento ha permesso di inquadrare fin dall'inizio le attività di studio e di analisi all'interno di un modello generale adatto alle finalità del progetto.

Lo studio (cfr. elaborato GEO001 "Relazione geologica e idrogeologica generale") si è svolto mediante lo sviluppo delle seguenti attività:

- Analisi aerofotogrammetrica finalizzata sia al controllo delle risultanze geomorfologiche pregresse ed alla loro integrazione, sia al riconoscimento dei principali lineamenti tettonici dell'area;
- Rilevamento geologico strutturale in scala 1:5.000 volto al riconoscimento dei litotipi presenti, alla definizione del loro assetto tettonico con riconoscimento e misura di elementi fragili e duttili presenti in affioramento;
- Rilievo geomorfologico con verifica delle risultanze dell'analisi aerofotogrammetrica ed integrazione dati;
- Analisi di tutte le stratigrafie dei sondaggi pregressi per integrare i dati di superficie;
- Realizzazione di apposite campagne geognostiche in sito (sondaggi, geofisica e rilievi geomeccanici) ed in laboratorio;
- Prelievo di campioni e analisi chimiche eseguiti sulle diverse litologie attraversate dai tracciati;
- Rilievo geomorfologico di dettaglio (scala 1:1.000) eseguito sulle specifiche aree in frana.

Sulla base delle attività conoscitive e di tutti i dati raccolti, è stato ricostruito il quadro geologico dell'area di studio (che interessa una fascia di larghezza variabile tra circa 2 e 4 km) e sono stati redatti i seguenti elaborati cartografici (a scala 1:5.000):

- carta geologica (GEO0006 - cfr. stralcio riportato nell'Allegato 2);
- profili geologici in asse ai tracciati delle opere principali;
- carta geomorfologica (GEO0024 - cfr. stralcio riportato nell'Allegato 3);
- carta dei vincoli (cfr. stralcio riportato nell'Allegato 1);
- carta di ubicazione delle indagini (cfr. stralcio riportato in allegato);
- carta geomorfologica specifica per le aree in frana a scala 1:1.000 (cfr. l'Allegato 4).

La caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni geologiche presenti lungo il tracciato di progetto fa riferimento alle indagini geotecniche effettuate sia nell'ambito della fase di progettazione definitiva della Gronda di Ponente (2010-2011), sia delle precedenti fasi progettuali del medesimo progetto (2003, 2004 e 2007), sia nell'ambito di altri progetti ubicati in prossimità del tracciato della Gronda, risalenti ad anni diversi (dagli anni 70 ad oggi) reperiti da SPEA presso l'Archivio comunale di Genova, presso Consulenti e negli uffici di SPEA dedicati alla Sorveglianza e Manutenzione della rete autostradale in esercizio.

Le attività propedeutiche effettuate sono:

- sondaggi geotecnici con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- prove penetrometriche dinamiche SPT in foro;
- prove di permeabilità Lugeon in foro;
- prove dilatometriche in foro con dilatometro da roccia;
- prove geofisiche in foro (CH e DH) per la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione Vp e di taglio Vs;
- prove di laboratorio di classificazione di resistenza e di deformabilità su campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno, prelevati nei fori di sondaggio;
- prove di laboratorio su provini di roccia prelevati nei fori di sondaggio;
- stendimenti di geofisica (sismica a rifrazione, a riflessione, geoelettrica);
- rilievi geostrutturali su alcuni affioramenti rocciosi rappresentativi.

I criteri di interpretazione delle indagini geotecniche (cfr. elaborato APE0001) tengono conto del fatto che lungo il tracciato autostradale in esame sono stati rinvenuti fondamentalmente depositi limoso – argillosi, sabbioso – ghiaiosi e unità tettoniche complesse in cui si incontrano alternanze di rocce sedimentarie (arenarie, siltiti, calcari marnosi, marne calcaree, marne, argilliti) e rocce metamorfiche (serpentiniti, serpentinoscisti, calcescisti, argilloscisti, metabasiti, meta gabbri). I parametri progettuali adottati ed i criteri di dimensionamento delle opere sono conformi ai risultati ottenuti. Le opere sono state dimensionate in conformità alla normativa vigente (NTC2008).

Tenendo conto delle necessità e della funzionalità delle opere, nella progettazione, si è cercato, per quanto possibile, di **limitare le ampiezze dei fronti di scavo**, in modo da minimizzare l'impatto sul territorio.

In particolare, le opere di maggior impatto riguardano il progetto delle aree d'imbocco. Lo sviluppo di tali progetti contempla i seguenti aspetti:

- tracciato stradale;
- geologia;
- geomorfologia;
- geotecnica;
- tunnelling;

- scavi meccanizzati;
- impianti;
- idraulica;
- strutture;
- cantierizzazione;
- vincoli ambientali, paesaggistici, Enti vari, ecc.;
- inserimento finale delle opere nell'ambiente.

Lo schema generale della metodologia di lavoro adottata è riportato nella Figura seguente.

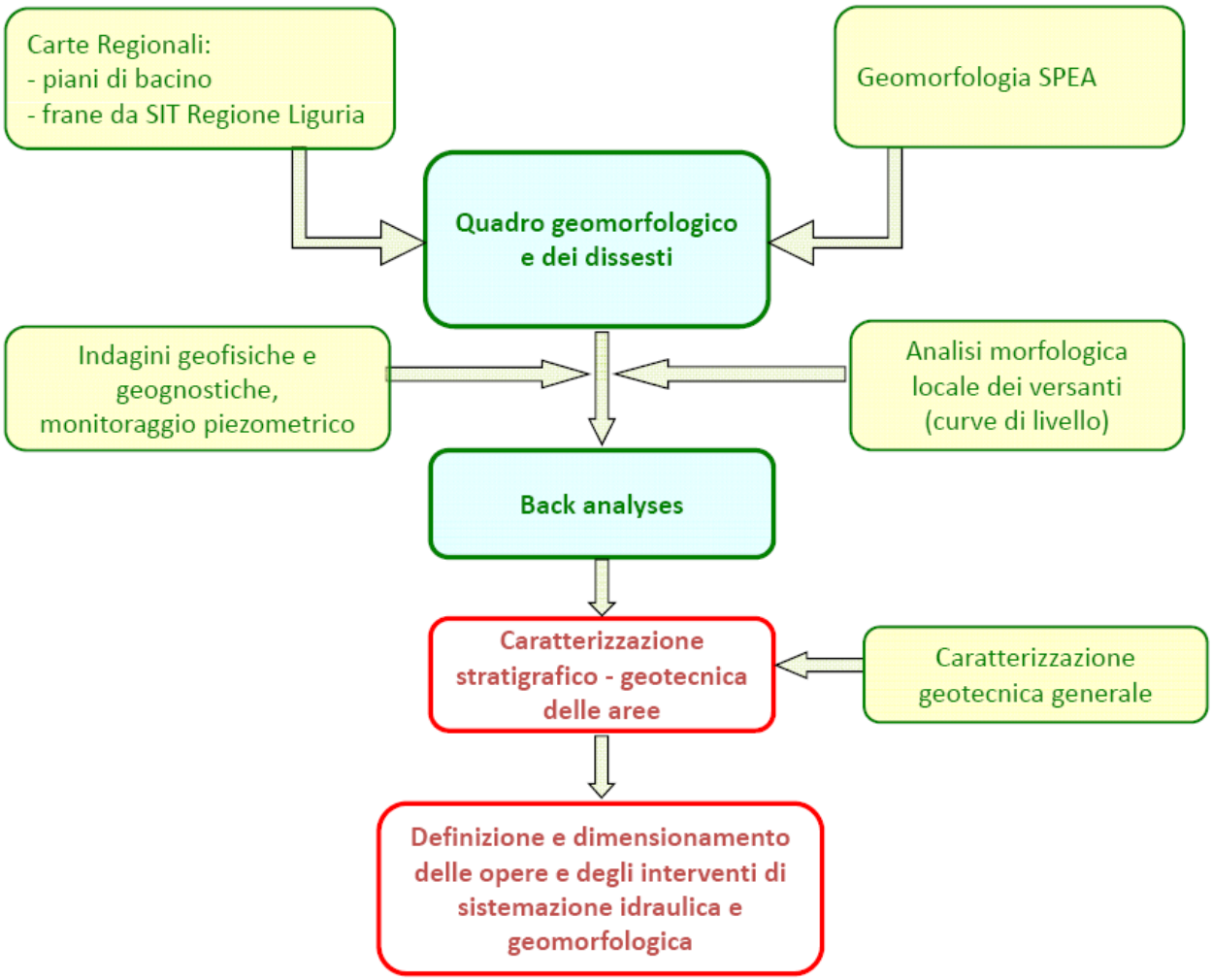


Figura 2-1 – Schema generale metodologia

3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

3.1 ELEMENTI IDENTIFICATIVI

LOCALITÀ: BOLZANETO

COMUNE: GENOVA

PROVINCIA: GENOVA

BACINO: Torrente Polcevera

ID FRANA (da Carta della Franosità reale Piano di Bacino): 994

3.2 CARTOGRAFIA

CTR 1:10.000: 213110

3.3 SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DA PIANO DI BACINO

La cartografia fa riferimento alla Carta della suscettività al dissesto fornita dalla Provincia di Genova – rev. febbraio 2015 (Allegato 1).

3.3.1 Aree Interferenti

L'oggetto trattato nella presente scheda è rappresentato dalla **Pg4** potenzialmente interferente con la galleria Polcevera fra le progressive 0+350 e 0+400; l'area in cui si sviluppa il dissesto, codificato come 994, ricade all'interno di un'area più vasta interessata da un dissesto, codificato come 712 nella carta della franosità reale del Piano di Bacino e classificata come Pg3b.

3.3.2 Classificazione e caratteristiche dissesto Pg4 e Pg3b

Da Carta della Franosità reale Piano di Bacino (**Figura 3-1**).

a) Tipologia di frana:

Pg4	Pg3b	
	X	Superficiale (SS)
		Colamento (DF)
		Scorrimento o scivolamento (SC)
		Scorrimento o scivolamento rotazionale (SCr)
		Scorrimento o scivolamento planare (SCp)
		Crollo o ribaltamento(CL)
X		Complessa (FC)
		Area a franosità diffusa (FD)

		Deformazione gravitativa profonda di versante
		Area interessata da movimenti gravitativi lenti superficiali - soliflusso, reptazione, creep
		Frana non cartografabile

b) Stati di attività:

X		Attiva
	X	Quiescente
		Stabilizzata

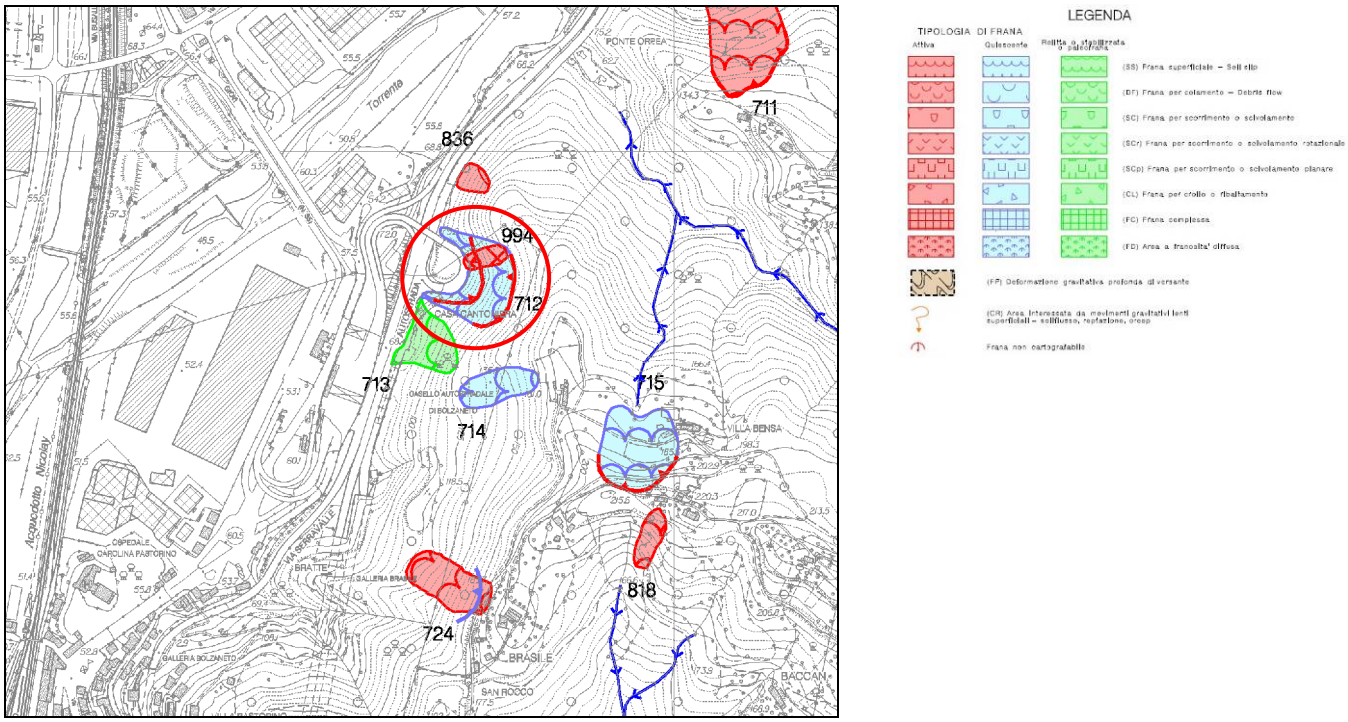


Figura 3-1 – Stralcio Carta della franosità reale da Piano di Bacino

3.3.3 Interventi previsti dal Piano di Bacino

Il Piano degli interventi di mitigazione del rischio del Piano di Bacino prevede nell'area di interesse e sulla porzione a sud della zona oggetto di studio degli interventi di messa in sicurezza mediante:

"Consolidamento del versante mirati ad un miglioramento delle caratteristiche geotecniche del terreno per mezzo anche di interventi al piede del versante; parallelamente a questo tipo di interventi strutturali occorre il ricorso al ripristino vegetazionale dell'area al fine di limitare e rallentare i processi di degradazione del terreno. In parte l'intervento è già stato attuato da parte della Civica Amministrazione".

In ***Figura 3-2*** è riportata l'area interessata dagli interventi previsti dal Piano di Bacino, necessarie a ridurre nella situazione specifica la criticità del versante.

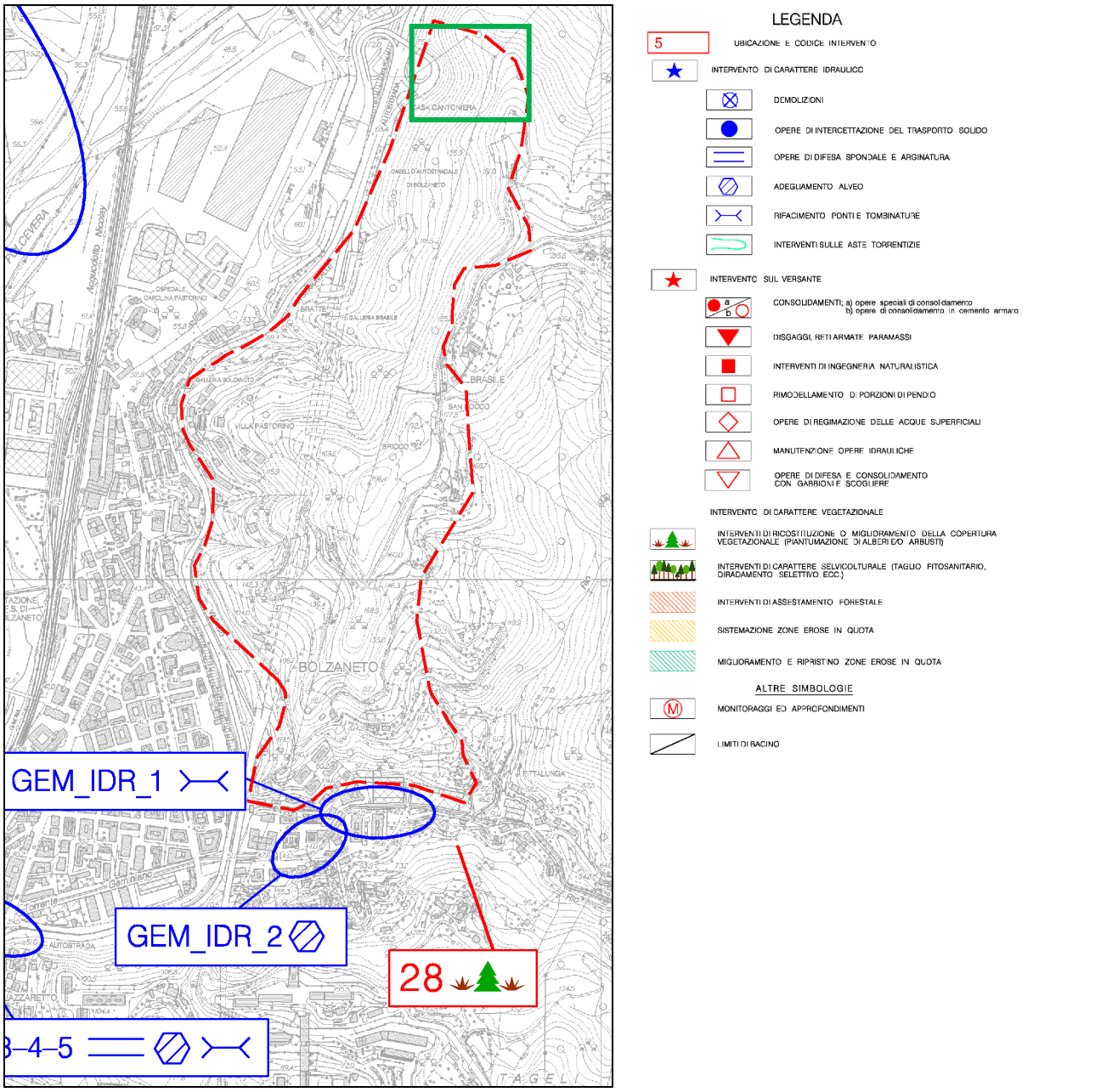


Figura 3-2 – Stralcio Carta degli interventi da Piano di Bacino (in verde è evidenziata l'area di interesse)

3.4 DISSESTI SEGNALATI DALL'INVENTARIO FENOMENI FRANOSI D'ITALIA

Al fine di fornire un quadro completo di tutti i dati bibliografici relativi alla pericolosità connessa a movimenti franosi, di seguito si riporta quanto segnalato dall'Inventario Fenomeni Franosi d'Italia (IFFI) per l'area in esame (http://www.isprambiente.gov.it).

La cartografia IFFI (**Figura 3-3**) identifica sul versante un'area soggetta a franamenti superficiali diffusi coincidente con la frana 712 indicata nelle tavole del Piano di Bacino (seppur con una delimitazione leggermente differente rispetto a quella del PdB), avente le seguenti caratteristiche:

- ID Frana: 0100195500
- Tipo di movimento: Area soggetta a franamenti superficiali diffusi
- Attività: Quiescente
- Metodo usato per la valutazione del movimento e dell'attività: Dato storico/archivio

Nelle zone limitrofe a quella di interesse, nella cartografia IFFI non vengono segnalate ulteriori aree soggette a dissesto.

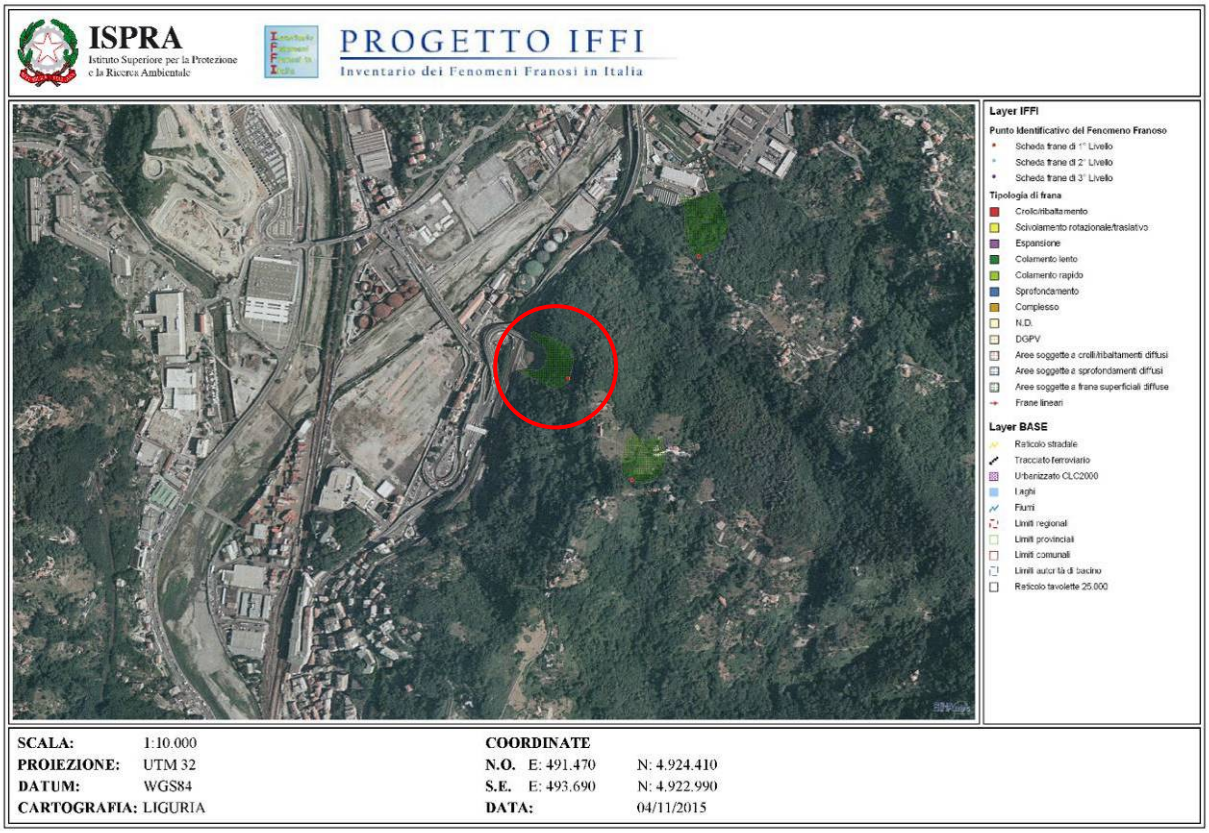


Figura 3-3 - Frane da IFFI (http://www.isprambiente.gov.it)

3.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame in cui è inclusa la Pg4 si imposta nell'Unità Tettonica Montanesi, qui rappresentate dalle Argilliti di Montanesi (Allegato 2).

Argilliti di Montanesi (MTS)

Le Argilliti di Montanesi sono argilliti e argilliti siltose fittamente laminate, di colore da grigio nerastro a nero, immergenti verso N-NE con inclinazione compresa fra 20° e 30°, solo raramente policrome, nocciola in alterazione; superfici di laminazione planari da lisce a molto lisce, leggermente alterate con patine argillose, localmente riempite. Talora si rinvengono intercalazioni di arenarie quarzose fini laminate, grigie, nocciola in alterazione. È caratteristica la presenza di numerose vene di quarzo di spessore centimetrico. Le superfici di laminazione risultano lisce, con ossidazione superficiale e sviluppo di patine limoso - argillose.

I *depositi superficiali* sono generalmente descritti come elementi litici, localmente scagliosi, all'interno di una matrice sabbiosa o limoso sabbiosa.

Da un punto di vista geomorfologico, l'area di interesse si sviluppa lungo il versante idrografico sinistro del Torrente Polcevera. Il versante si presenta con acclività elevata e con vegetazione ad alto fusto ed arbustiva abbondante, mentre si presenta denudato nella zona del dissesto avvenuto nel novembre 2014 (Allegato 3).

Un primo movimento franoso si è verificato, nell'area dello svincolo, a novembre 2012 nel tratto del versante a N più prossimo all'autostrada (**Foto 1** e **Foto 2**); in seguito a tale fenomeno sono stati effettuati interventi di messa in sicurezza dello svincolo mediante posa di reti in aderenza, la sistemazione del muro e la realizzazione di una barriera paramassi e di un sistema di smaltimento delle acque. La perimetrazione di tale frana coincide approssimativamente con la Pg4 riportata sui documenti del P.d.B.



Foto 1 - Area interessata dal dissesto del novembre 2012 osservata dal Torrente Polcevera



Foto 2 - Area interessata dal dissesto del novembre 2012 osservata dall'autostrada

Successivamente, il 15/11/14, un altro dissesto ha interessato l'area dello svincolo, estendendosi più a S rispetto al precedente e andando parzialmente ad interessare il settore classificato come Pg3b ed identificato come frana quiescente superficiale dal Pdb

(**Foto 3**, **Foto 4** e **Foto 5**). Anche quest'area è stata oggetto di interventi di somma urgenza che hanno portato all'attuale configurazione del versante.



Foto 3 - Area interessata dal dissesto del 15/11/14 osservata durante i lavori di rimozione del materiale



Foto 4 - Area interessata dal dissesto del 15/11/14 osservata dal Polcevera a marzo 2015



Foto 5 - Area interessata dal dissesto del 15/11/14 osservata dallo svincolo a marzo 2015

3.6 INDAGINI ESEGUITE

Nell'area in esame sono stati realizzati due sondaggi a carotaggio a valle dell'area indicata come soggetta a dissesto dalla cartografia del Piano di Bacino (sondaggi SGI80 e SGI81) ed un'indagine MASW eseguita in corrispondenza dello svincolo (**Figura 3-4**).

I due sondaggi sono stati effettuati nel 1997 per la risistemazione dell'area di svincolo; SGI80 è sub orizzontale mentre SGI81 è verticale. Entrambi hanno rinvenuto materiali ascrivibile alla Formazione di Montanesi, alterata e fratturata.

L'indagine MASW indica la presenza di tre livelli caratterizzati da differenti velocità medie di propagazione delle onde di taglio:

- 1° livello: dalla superficie a -5.0 m da p.c. con velocità media delle onde S pari a circa 670 m/s, ascrivibile ai depositi sciolti e alla porzione più alterata e fratturata dell'ammasso roccioso ("Cappellaccio");
- 2° livello: da -5.0 m a -15.0 m da p.c. con velocità media delle onde S pari a circa 915 m/s, ascrivibile substrato roccioso fratturato e poco alterato (Argilliti di Montanesi);
- 3° livello: da -15.0 m da p.c. in poi con velocità media delle onde S pari a circa 1730, ascrivibile substrato roccioso poco fratturato e poco alterato (Argilliti di Montanesi)

Si riporta di seguito lo stralcio planimetrico con la localizzazione delle indagini eseguite. mentre per i certificati delle indagini eseguite si rimanda all'allegato 6 del presente documento.

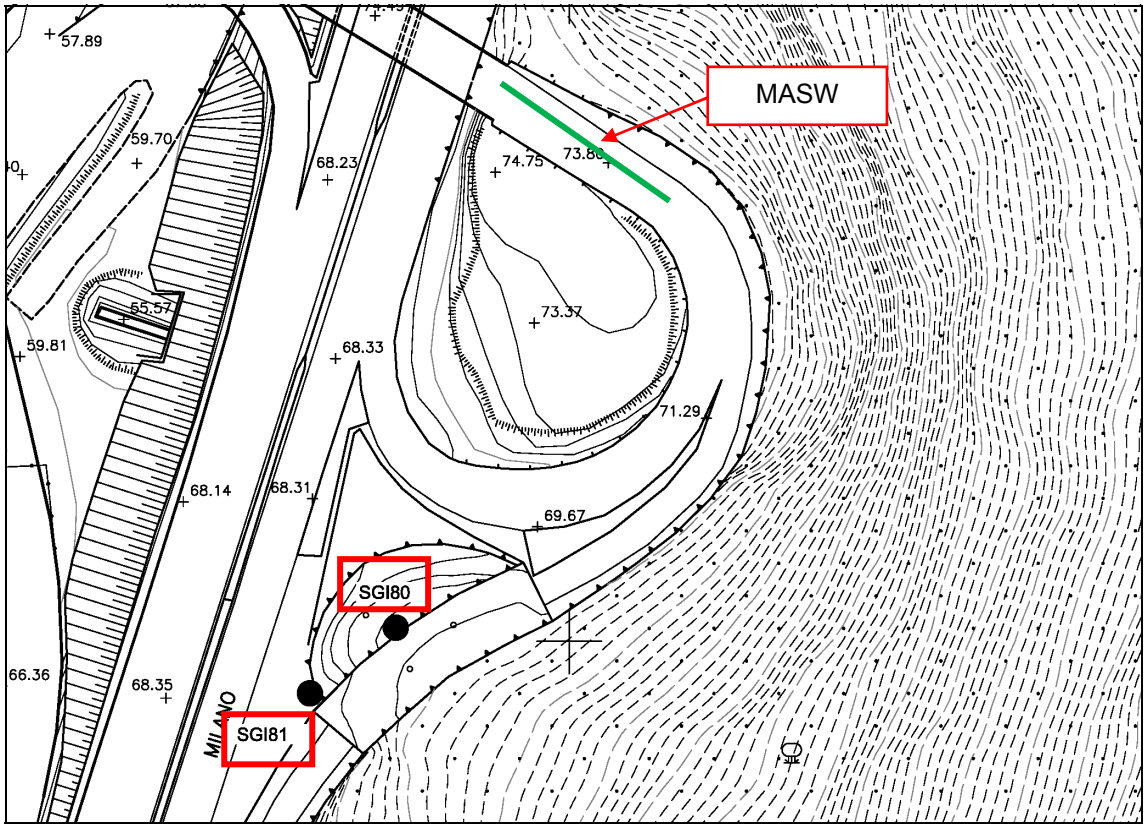


Figura 3-4 – Stralcio planimetrico con l'ubicazione delle indagini

3.7 RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

In data 03/11/2015 è stato effettuato un sopralluogo sul versante in oggetto (**Foto 6**), procedendo dalla sede autostradale fino al di sopra della zona interessata dal dissesto, con la finalità di verificare con un rilievo di dettaglio (scala 1:1.000) lo stato dell'area, l'effettiva perimetrazione dei dissesti segnalati dalla cartografia del Piano di Bacino e la presenza di indicatori di dinamica geomorfologica specifici.

Di seguito viene descritto quanto evidenziato durante il sopralluogo; in Allegato 4 è riportata la planimetria con indicati tutti gli elementi individuati.

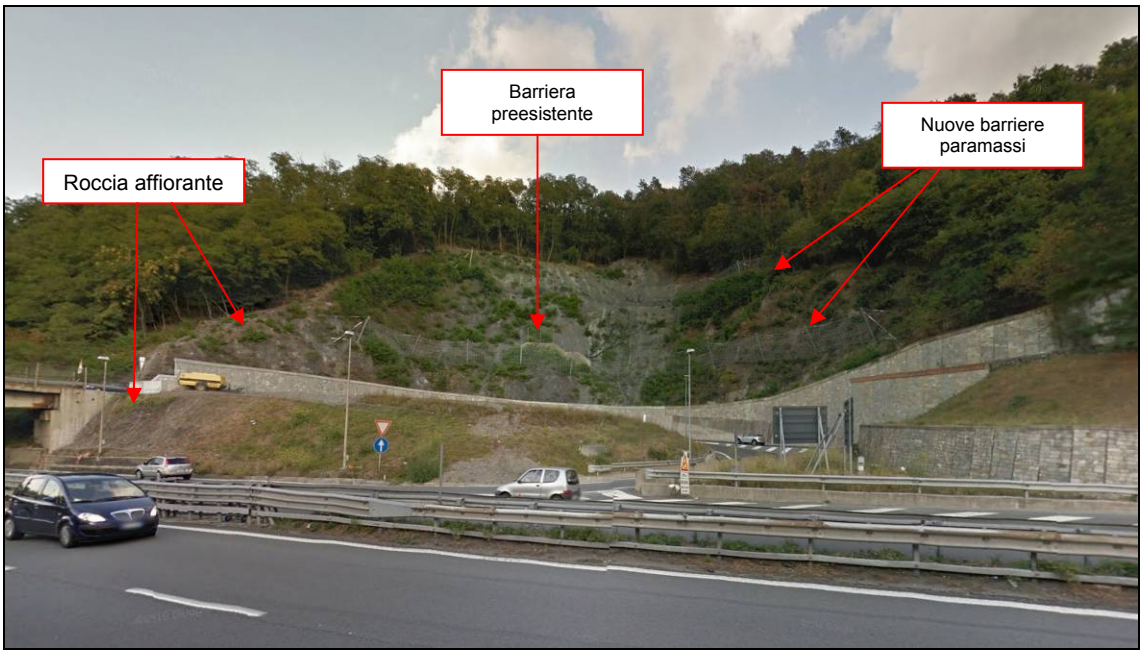


Foto 6 - Versante in esame osservato dalla sede autostradale

- Il versante in esame è caratterizzato da acclività accentuata nella porzione inferiore (circa 50°) e da acclività media (circa 30°) nella porzione medio superiore (al di sopra di q.104 m s.m. circa); in tutta l'area il substrato roccioso, affiorante o sub affiorante, risulta solo localmente coperto da coltre detritica superficiale di spessore limitato, presumibilmente non superiore a 1.5 m (**Foto 7**).



Foto 7 - Area interessata dal dissesto osservata dalla sede autostradale

- L'area interessata dal dissesto è stata oggetto di interventi di somma urgenza successivi al franamento di novembre 2014 (**Foto 8**), che hanno previsto il disgaggio del materiale instabile, l'installazione di due ordini di barriere paramassi, il ripristino corticale diffuso tramite reti e ancoraggi profondi in barra e la captazione delle acque di infiltrazione tramite dreni con convogliamento in tubazione principale e allontanamento a valle (**Foto 9** e **Foto 10**). Le barriere si estendono verso S fino all'imbocco della galleria artificiale.

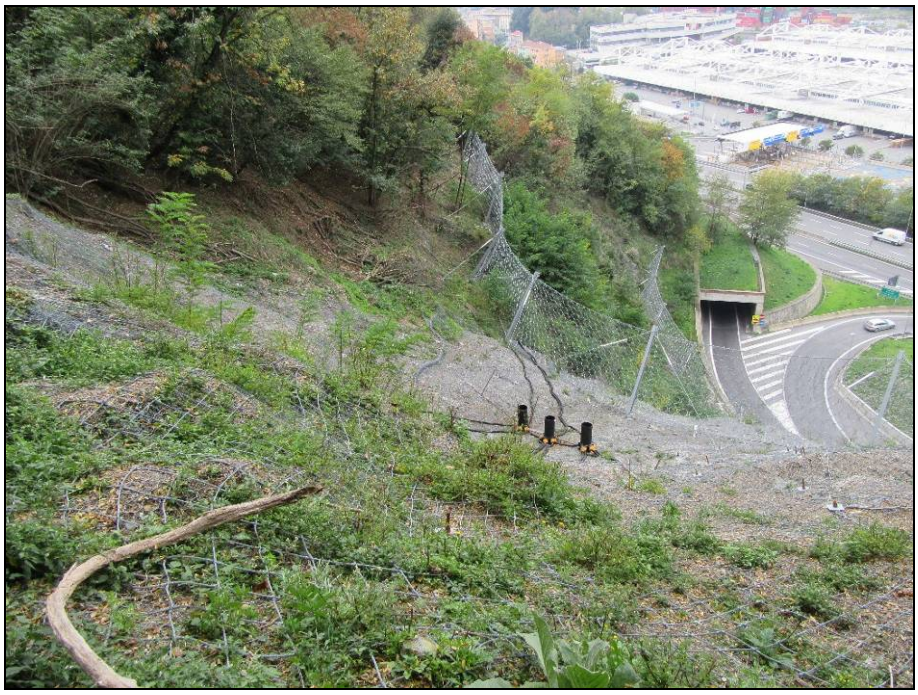


Foto 8 – Zona interessata dal dissesto osservata dalla nicchia superiore



Foto 9 – Particolare della doppia rete di protezione corticale sottostante alla rete a trefoli (vedi Foto 10)



Foto 10 – Particolare del sistema di drenaggio installato e della rete a funi spiroidali chiodata.

- All'interno dell'area sono stati rilevati due orli di scarpata principali in roccia, rispettivamente a q.104 m s.m. circa (nicchia bassa) e a q. 127 m s.m. circa (nicchia

alta, entrambe protette dalle reti in aderenza (**Foto 11**). A nord ovest della scarpata superiore, intorno a q. 135 m s.m. circa, è stata rilevata la presenza di una seconda scarpata in terreno, che rappresenta la porzione sommitale dell'area in frana e che non risulta essere stata interessata dagli interventi eseguiti in somma urgenza. La nicchia di scivolamento all'interno dei depositi superficiali, è delimitata da una scarpata di altezza circa 1.5 m con detrito mentre la vegetazione presente risulta ribaltata. **Foto 12**).

- Nella porzione settentrionale dell'area interessata dal dissesto, a monte di q.105 m s.m., è stata osservata la presenza di alcuni alberi inclinati in equilibrio precario indicativi di un movimento corticale che coinvolge la coltre detritica di copertura dell'ammasso roccioso, (**Foto 13**).



Foto 11 - Orlo di scarpata di frana superiore all'interno dell'ammasso roccioso



Foto 12 – Nicchia di frana all'interno del detrito di versante con vegetazione ribaltata



Foto 13 – Alberi inclinati nella porzione settentrionale dell'area interessata dal dissesto

- A monte della scarpata principale non sono stati osservate trincee o fratture di trazione disposte parallelamente al coronamento o altri indicatori morfologici indicativi dell'attività del dissesto.

- I fianchi dell'area interessata dal dissesto del 2014 sono interessati da processi di erosione superficiale diffusa, essenzialmente legati alla natura litologica del substrato roccioso e all'azione delle precipitazioni e delle variazioni di temperatura (**Foto 14** e **Foto 15**). Il lato N è stato messo in sicurezza mediante l'installazione delle reti di protezione corticale, mentre il lato S non presenta alcun tipo di protezione superficiale ma solo le barriere paramassi.



Foto 14 – Lato N dell'area di interesse soggetto a erosione superficiale diffusa



Foto 15 - Lato S idrografico dell'area di interesse soggetto a erosione superficiale diffusa

3.8 CAUSE DEL DISSESTO

	Materiale di riporto
X	Depositi sciolti
X	Coltre di alterazione del substrato
X	Litologia del substrato
	Giacitura del substrato
X	Fratturazione/tettonizzazione del substrato
X	Morfologia del versante (acclività)
X	Precipitazioni meteoriche
X	Erosione diffusa
	Erosione incanalata
	Falda
	Cause antropiche

Come cause predisponenti del dissesto si possono evidenziare lo stato di fratturazione del substrato roccioso connesso alla sua natura argillitica e la presenza di depositi superficiali sciolti poco addensati, le cause scatenanti rilevati sono imputabili all'azione delle acque meteoriche in occasione di eventi di precipitazioni intense e prolungate, con la possibile formazione all'interno della porzione più superficiale dell'ammasso roccioso (cappellaccio di alterazione) e dei depositi sciolti sovrastanti di una "falda acquifera effimera" ovvero di una saturazione temporanea dei terreni.

3.9 DESCRIZIONE SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA

La sezione è stata realizzata lungo la traccia riportata in Allegato 4 (codificata come 994-Sez. A), coincidente con la sezione di back analysis e di verifica del progetto.

La sezione geologica interpretativa è riportata in Allegato 5.

4. ASPETTI GEOTECNICO - INGEGNERISTICI

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica (modello geotecnico di riferimento) si è fatto riferimento a:

- dati geologici-geomorfologici descritti nel Capitolo 3;
- Progetto Definitivo – Relazione di calcolo gallerie autostradali realizzate in tradizionale (elaborato TUN0005); in particolare è stato fatto riferimento alla caratterizzazione utilizzata per la verifica della galleria Polcevera, basata sulle indagini eseguite in fase di progettazione definitiva Le formazioni di interesse sono quelle riguardanti le Argilliti di Montanesi (MTE) e della relativa fascia di alterazione (MTE-Cap);
- Dati relativi al progetto di sistemazione del versante eseguito in somma urgenza a seguito degli eventi alluvionali del Novembre 2014 che hanno portato al collasso della porzione di copertura instabile sul versante.

L'evento franoso del novembre 2014 ha comportato la sostanziale completa asportazione delle coperture di versante, con scopertura del cappellaccio della formazione delle Argilliti di Montanesi.

Di conseguenza la stratigrafia di progetto per l'area è caratterizzata dalla presenza della sola unità geotecnica delle argilliti di Montanesi (MTE) distinta per fasce con caratteristiche geomeccaniche che migliorano con la profondità.

In **Tabella 4-1** sono riportati i parametri geotecnici di progetto utilizzati per le argilliti di Montanesi nella relazione di calcolo delle galleria naturali e utilizzati nelle analisi numeriche sotto descritte.

Nella stessa tabella sono evidenziati i parametri utilizzati per la caratterizzazione del versante in oggetto, dove lo coperture massime considerate sono di circa 60 m.

Copertura [m]	Materiale	Peso unità di volume γ [kN/m^3]	Coesione c' [kPa]	Angolo d'attrito ϕ' [°]	Modulo di deformabilità E [MPa]	Coefficiente di Poisson v [-]
0-10	Cappellaccio	23.0	25	25.0	200	0.3
10-30	MTE M3 (vc,i)	24.0	15	28.0	310	0.3
	MTE M2 (vc,m)	25.0	25	38.0	440	0.3
	MTE M1 (vc,s)	25.0	35	40.0	600	0.3
	MTE M3 (vc,i)	26.0	113	28.7	1212	0.3
60	MTE M2 (vc,m)	26.5	146	33.0	1950	0.3
	MTE M1 (vc,s)	26.5	182	37.0	2688	0.3
100	MTE M3 (vc,i)	26.0	156	25.0	1212	0.3
	MTE M2 (vc,m)	26.5	200	29.2	1950	0.3
	MTE M1 (vc,s)	26.5	250	33.0	2688	0.3
140	MTE M3 (vc,i)	26.0	190	22.8	1212	0.3
	MTE M2 (vc,m)	26.5	245	26.8	1950	0.3
	MTE M1 (vc,s)	26.5	300	30	2688	0.3

Tabella 4-1 - Parametri geotecnici di progetto impiegati – estratto relazione di calcolo galleria autostradali realizzate in tradizionale

A seguito del citato evento di instabilità, sono stati realizzati in somma urgenza una serie di interventi di protezione del versante relitto:

- Rafforzamenti corticali, mediante installazione di reti metalliche in aderenza a doppia torsione maglia 8x10cm, accoppiate a reti metalliche a maglia fine tripla torsione, rinforzate con reti a funi spiroidali 18x30cm, ancorate all'ammasso roccioso mediante barre in acciaio con diametri Ø32÷28mm e lunghezza variabile tra 12.0 m e 6.0 m;
- Barriere paramassi di protezione contro le colate superficiali (altezza 3.5 m)
- Sistema di raccolta e allontanamento delle acque superficiali

Allo stato attuale quindi il versante è caratterizzato dalla presenza di una serie di opere che contribuiscono in maniera sostanziale all'equilibrio della porzione corticale di ammasso roccioso alterato.

In **Figura 4-1** è riportata una vista del versante appena a monte dello svincolo di Bolzaneto, così come risulta dopo la realizzazione dei citati interventi di sistemazione.



Figura 4-1 - Vista del versante allo stato attuale

Per poter valutare l'influenza dello scavo della galleria sulla stabilità globale del versante, è stato sviluppato un apposito modello numerico ad elementi finiti attraverso il quale è stato ricostruito lo stato attuale in termini di campo tensio-deformativo e margini di sicurezza nei confronti di eventuali ulteriori processi di dinamica morfologica (analisi stabilità globale).

Come sezione significativa è stata considerata quella in asse alla nicchia della frana avvenuta nell'autunno 2014 (sezione E-E).

Il modello numerico è stato implementato utilizzato un codice di calcolo appositamente sviluppato per applicazioni di tipo geotecnico (MIDAS GTS NX 2015 V.2.1), attraverso il quale è possibile tenere conto sia del comportamento elasto-plastico non lineare tipico dei materiali geotecnici, sia dell'effettiva storia di carico cui essi sono sottoposti.

Sono state sviluppate analisi non lineari per successivi passi di carico (staged construction) attraverso le quali sono state simulate le variazioni nello stato tensio deformativo dell'ammasso roccioso per effetto delle successive fasi costruttive.

Le analisi di stabilità globale sono state condotte mediante l'approccio SRM (Strength Reduction Method, Griffith et. al. 1999; Matsui, 1990) che consente di utilizzare il modello numerico ad elementi finiti per individuare le superfici di scivolamento caratterizzate dal minimo fattore di sicurezza.

Il metodo definisce come fattore di sicurezza (FoS) il minimo coefficiente riduttivo della resistenza al taglio delle unità geotecniche tale per cui si attiva un cinematismo (i.e. l'analisi numerica non raggiunge convergenza).

L'approccio, basandosi sul modello numerico ad elementi finiti, consente di tenere conto non solo della resistenza dei materiali, ma anche della loro deformabilità, della presenza di elementi strutturali e della storia di carico (come ad esempio le variazioni di stato tensionale dovute alla realizzazione della galleria).

In primo luogo è stata eseguita una back analysis attraverso la quale verificare la congruenza del modello geotecnico con quanto riscontrato in sito al momento di stesura della presente.

Per la back analysis il modello numerico considera le seguenti fasi:

1. Equilibrio geostatico iniziale;
2. Realizzazione degli interventi in somma urgenza di protezione del versante relitto

In **Figura 4-2** è riportata la maglia ad elementi finiti utilizzata e sono individuate le diverse unità geotecniche secondo la codifica riportata in **Tabella 4-1**.

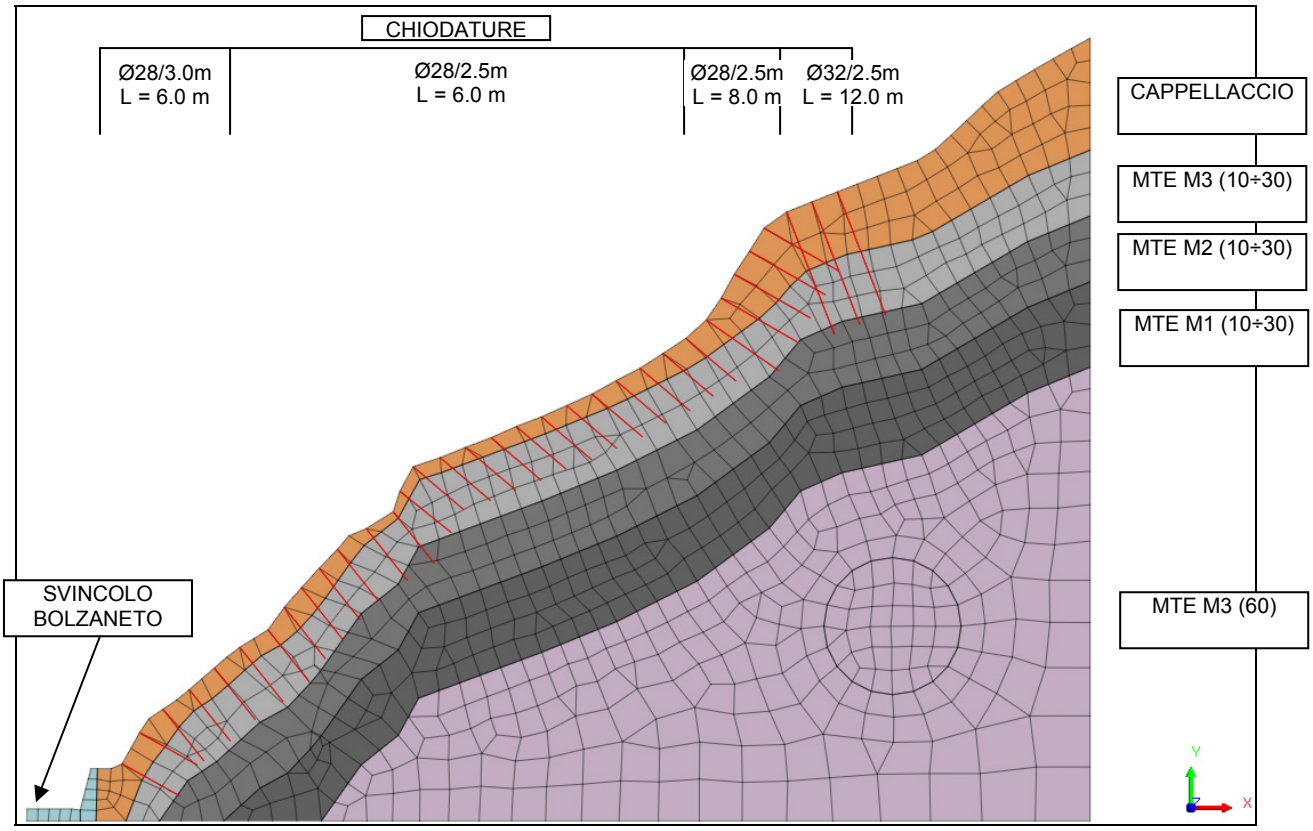


Figura 4-2 - Modello FEM per l'analisi delle condizioni attuali del versante

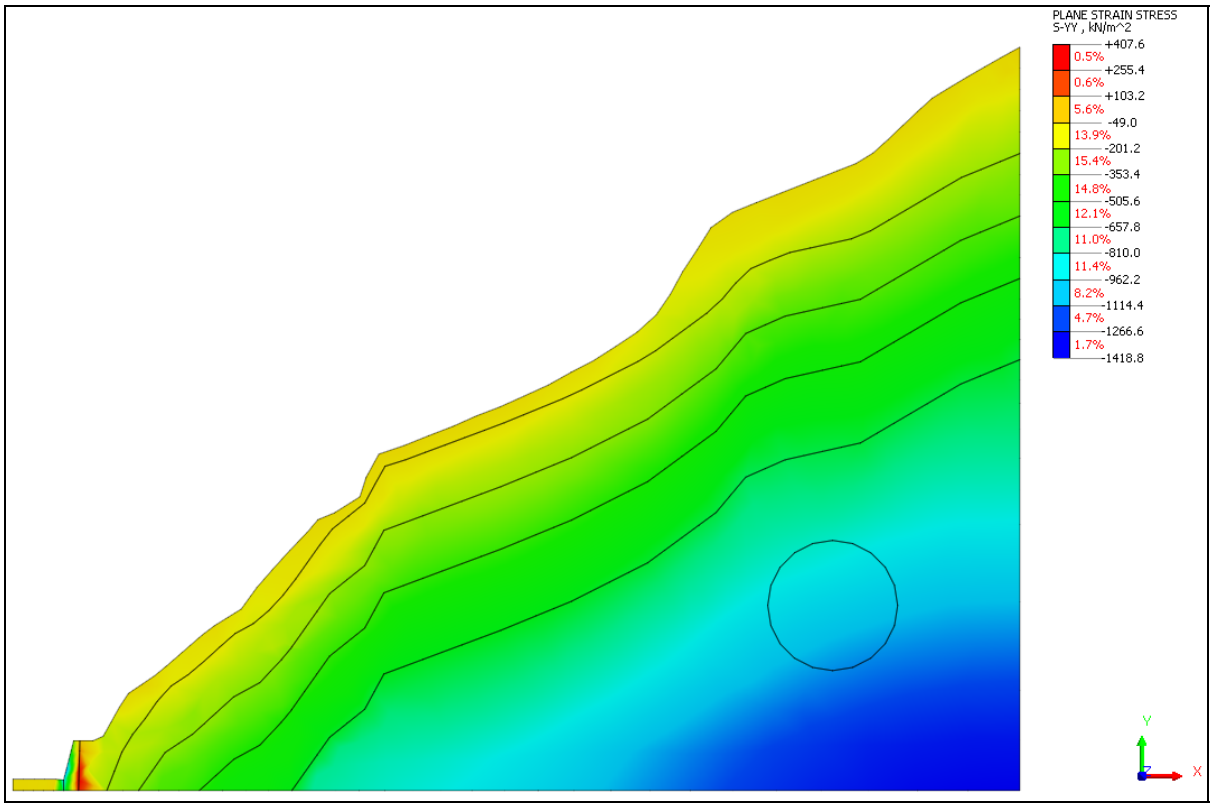


Figura 4-3 – Modello FEM per l'analisi delle condizioni attuali del versante

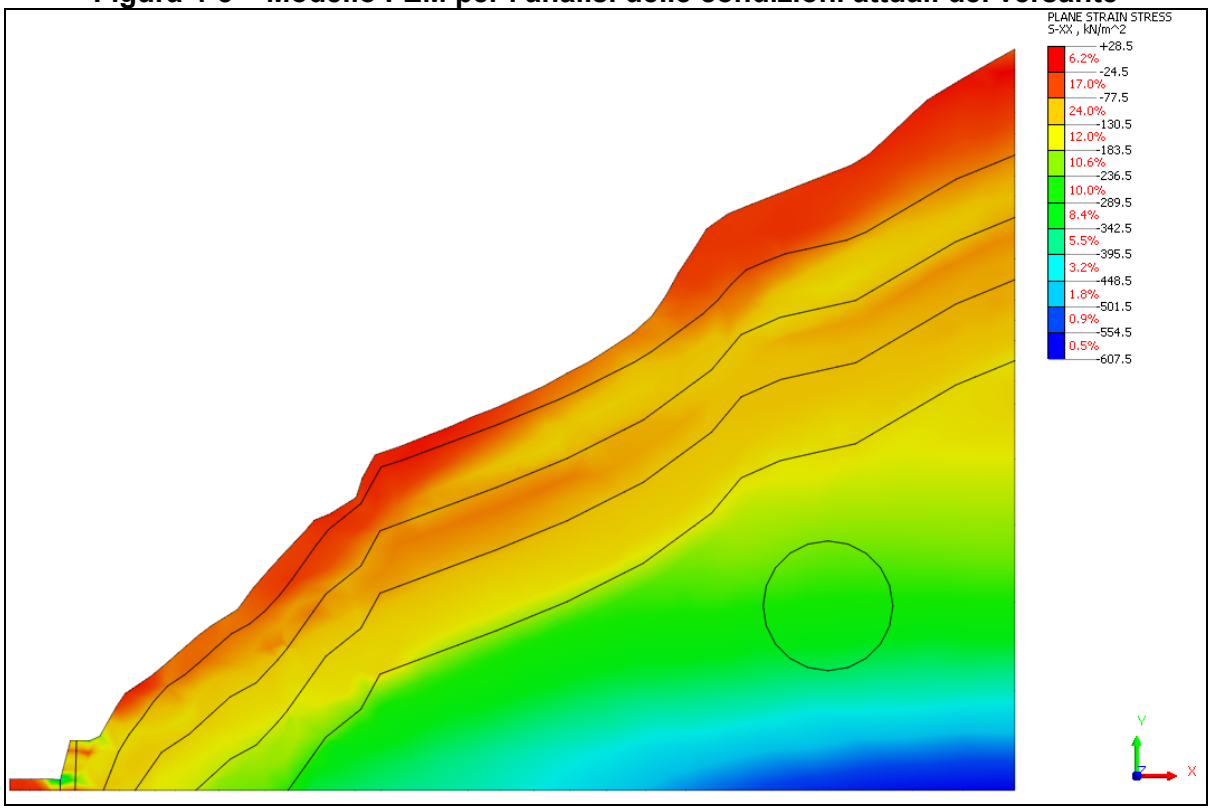


Figura 4-4 – Modello FEM per l'analisi delle condizioni attuali del versante

Le chiodature realizzate in somma urgenza sono state modellate sulla base delle geometrie e delle resistenze dei materiali riportati nei documenti di progetto emessi nel dicembre 2014 in occasione dell'intervento (Documenti di riferimento: Progetec S.n.c. – "Autostrada A7 Genova-Serravalle – Lavori di sistemazione della frana del 15/11/2014 alla Progr. Km 125+800 carr. Nord (Svincolo di Bolzaneto) – Interventi in Somma Urgenza – Commessa n.42.44296" – Relazione tecnica ripristino superficiale del versante, Relazione tecnica barriera flessibili per frane superficiali, Relazione geotecnica; TAV. 001 – Planimetrie: Drenaggi – Ripristini Corticali – Barriera frane Superf.; TAV. 002 – Sezioni e particolari costruttivi ripristino corticale del versante).

In **Figura 4-3** e **Figura 4-4** sono riportate le mappature ottenute per lo stato tensionale iniziale del modello numerico, in termini di sforzi totali verticali (σ_{yy}) e orizzontali (σ_{xx}).

Le analisi di stabilità globale per le condizioni attuali sono state condotte utilizzando i parametri caratteristici riportati in **Tabella 4-1** considerando sia la situazione precedente alla realizzazione degli interventi di stabilizzazione corticale, sia la situazione con stabilizzazione corticale in opera (come effettivamente presenti in sito).

In **Figura 4-5** e **Figura 4-6** sono riportati i risultati delle analisi di stabilità globale in termini di minimi fattori di sicurezza ottenuti e relativi cinematismi.

Il fattore di sicurezza minimo ottenuto in assenza di interventi è pari a 1.12, mentre quello a valle della realizzazione degli interventi in somma urgenza è 1.68.

Nel primo caso il cinematismo interessa il cappellaccio delle Argilliti di Montanesi e solo in parte la prima fascia di ammasso più competente presente fino a circa 15 m da p.c. (MTE M3 (10÷30)).

La realizzazione dell'intervento in somma urgenza modifica il fattore di sicurezza relativo alla stabilità globale del versante (FoS=1.68) a seguito dello spostamento della superficie di scivolamento all'interno della porzione di ammasso roccioso più competente.

I risultati delle analisi sono congruenti con le osservazioni in sito: il versante, prima della realizzazione degli interventi di consolidamento, si trovava infatti in condizioni prossime all'equilibrio limite (FoS=1.12 in condizioni secche).

Le stesse analisi hanno consentito di definire lo stato tensio-deformativo iniziale da considerare per le analisi di influenza della realizzazione della galleria sulla stabilità globale del versante (si veda successivo §4.2).

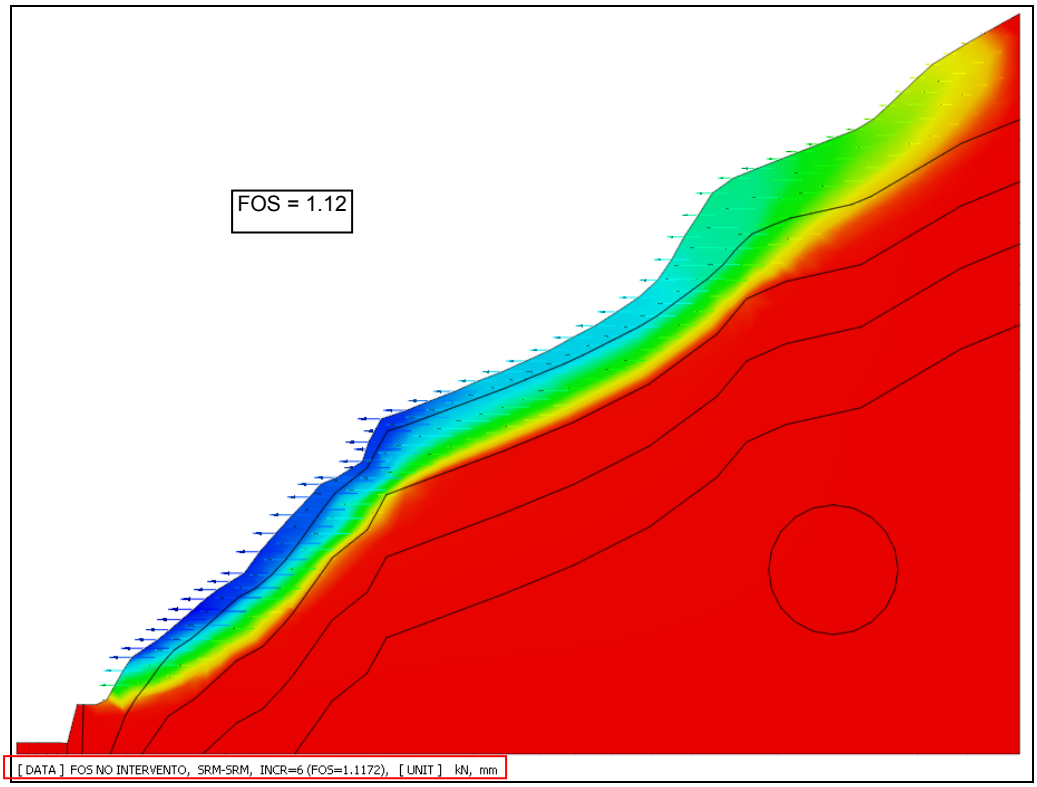


Figura 4-5 – Analisi stabilità globale – in assenza di interventi di stabilizzazione corticale

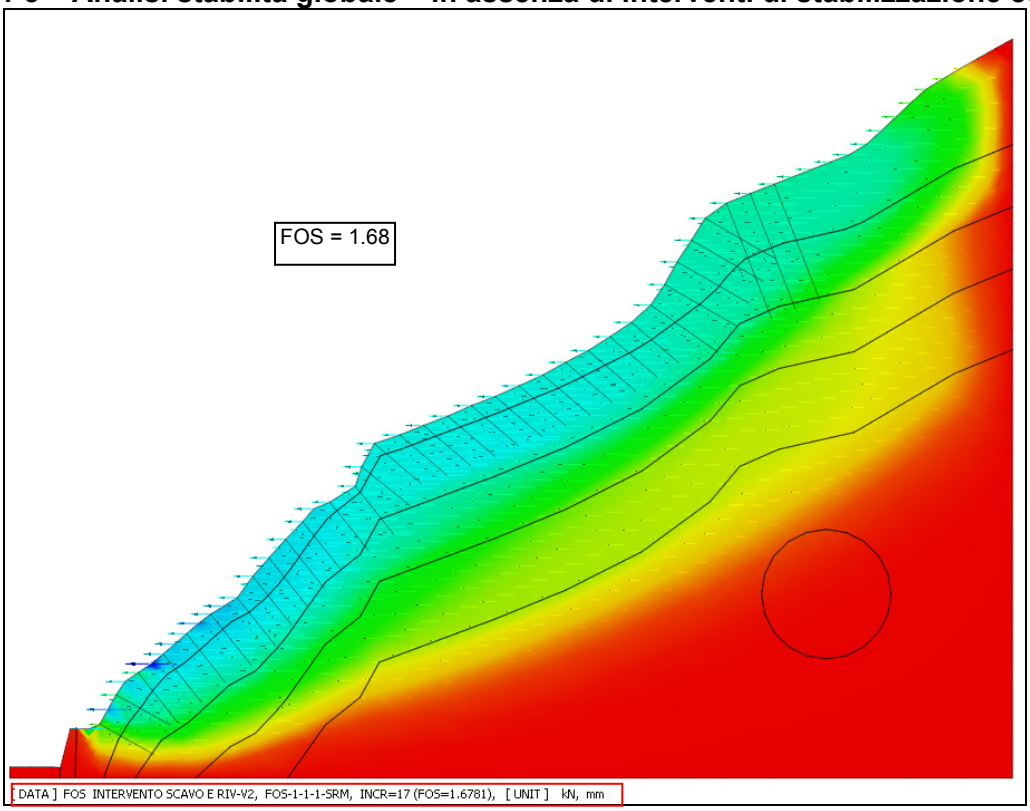


Figura 4-6 – Analisi stabilità globale – con interventi di stabilizzazione (situazione attuale)

4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Nell'area interessata dal dissesto (994 e 712 riportate nella cartografia delPiano di Bacino) è previsto il passaggio della galleria Polcevera, con un ricoprimento in calotta di circa 35 m in corrispondenza della sezione E-E considerata per le verifiche di stabilità globale del versante.

In **Figura 4-7** è riportata la sezione tipo della galleria.

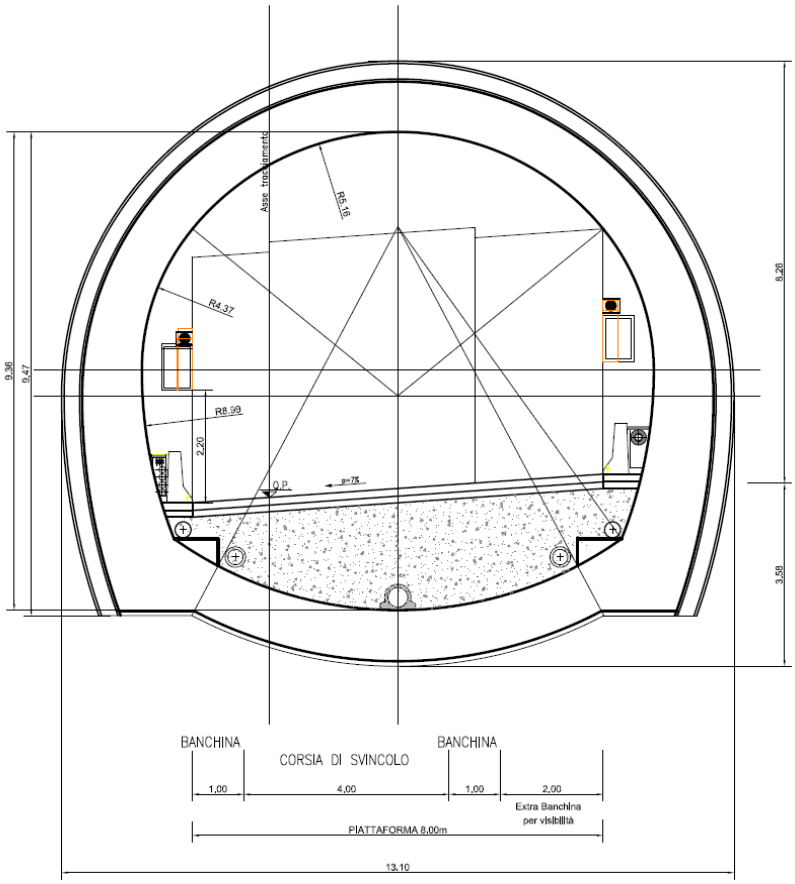


Figura 4-7 – Sezione tipo Galleria Polcevera

A livello di progetto definitivo è previsto che la galleria sia realizzata con metodo tradizionale.

Nella relazione di calcolo (elaborato TUN0005) gli scavi sono stati analizzati facendo riferimento ad una sezione circolare equivalente con diametro 6.25 m, adottando in prima fase l'approccio delle linee caratteristiche, seguito dallo sviluppo di appositi modelli numerici assialsimmetrici.

Gli effetti dello scavo della galleria sulla stabilità del versante sono legati alla modifica dello stato tensionale dell'ammasso roccioso a seguito dell'apertura del fornice. Come parametro di valutazione dell'interazione galleria/versante durante l'avanzamento può

essere assunta la deformazione media attesa nel cavo, misurabile mediante la lettura topografica delle mire installate nelle stazioni di convergenza ottica.

Le analisi del progetto definitivo hanno considerato sezioni di scavo con coperture orizzontali di 60 m e 100 m, in cui si prevedono convergenze radiali massime rispettivamente di 40 mm e 100mm.

In **Figura 4-8** è riportata una vista planimetrica dell'area in oggetto su cui è riportata sia la sezione di verifica E-E che il tracciato previsto della Galleria Polcevera.

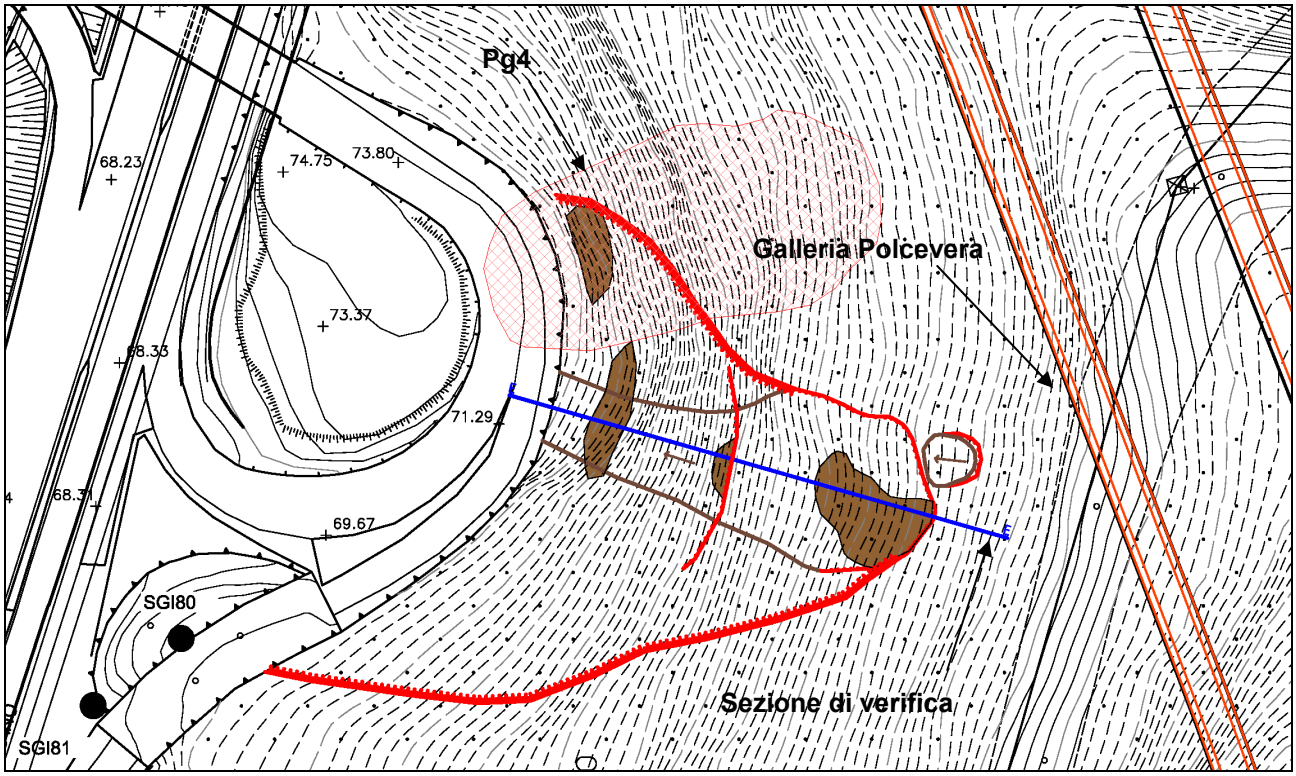


Figura 4-8 - Stralcio planimetrico con l'indicazione della sezione analizzata e del tracciato della galleria

4.3 ANALISI DI STABILITÀ

La verifica dell'influenza delle opere in progetto sulla stabilità globale del versante è stata eseguita utilizzando lo stesso modello numerico ad elementi finiti adottato al §4.1 per l'analisi delle condizioni ante-operam alla data di esecuzione dei rilievi, implementando i successivi step di calcolo relativi alla realizzazione della galleria.

Il modello numerico considera le seguenti fasi:

1. Equilibrio geostatico iniziale;
2. Realizzazione degli interventi in somma urgenza di protezione del versante relitto
3. Realizzazione dello scavo della galleria
4. Realizzazione del rivestimento definitivo della galleria

In analogia a quanto assunto per il progetto definitivo della galleria, la geometria di scavo è stata semplificata come una circonferenza con raggio 6.25 m.

Allo stesso modo il rivestimento in C.A. è stato modellato come un anello avente spessore di 1.0 m, pari allo spessore minimo del rivestimento previsto a progetto.

In **Figura 4-9** è ripotata la geometria del modello ad elementi finiti alla fine dell'ultimo passo di calcolo.

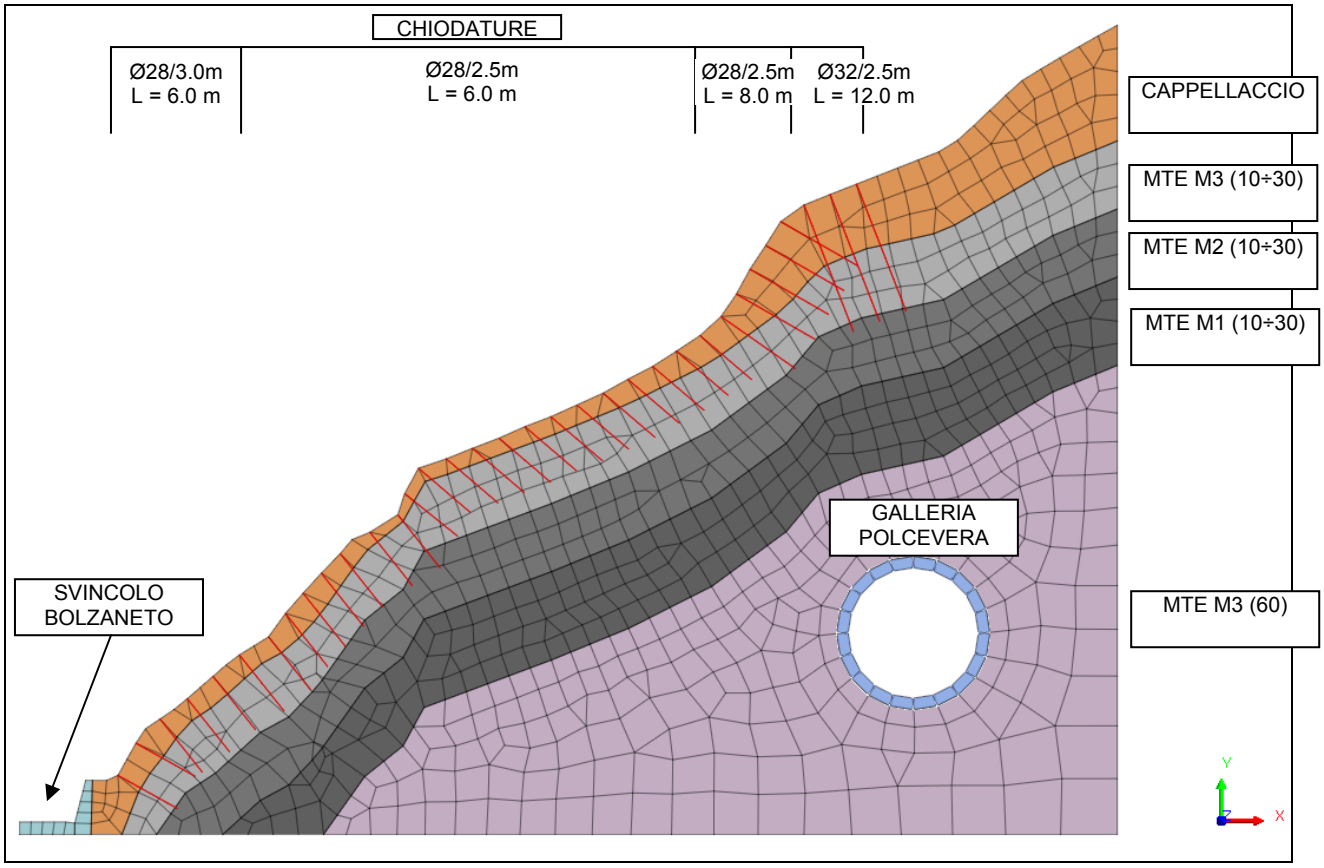


Figura 4-9 – Modello FEM per l'analisi delle condizioni di progetto

Prima di procedere con l'aggiornamento delle analisi di stabilità globale del versante nelle condizioni di progetto, è stata verificata la congruenza della modellazione confrontando le convergenze ottenute dal modello con quelle previste nei documenti di progetto definitivo della galleria, validando così il modello numerico adottato.

In **Figura 4-10** è riportata la mappatura degli spostamenti ottenuti alla fine del passo di calcolo n°3, durante il quale viene realizzato lo scavo della galleria.

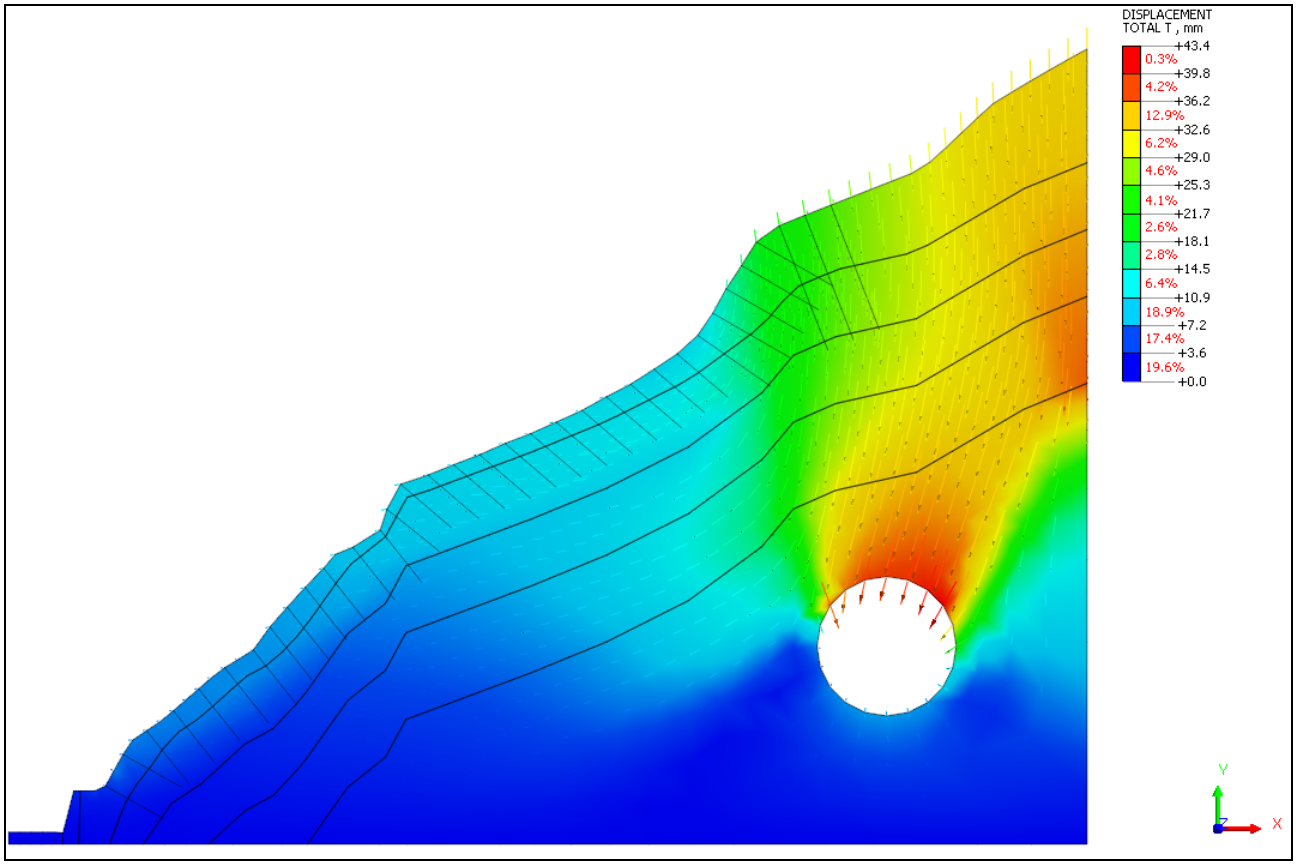


Figura 4-10 – Modello FEM – Mappatura spostamenti alla fine del terzo passo di carico

Le massime convergenze dello scavo ottenute per la condizione di progetto sono di 43.4 mm, valore del tutto paragonabile con quello di 40 mm indicato nei documenti di progetto definitivo della galleria per coperture fino a 60 m.
La mappatura degli spostamenti mostra come i cedimenti in superficie in corrispondenza del versante siano compresi tra circa 10 mm e 30 mm, con effetto più pronunciato nella porzione a monte della nicchia di frana.
I risultati dell'analisi sono congruenti con le previsioni del progetto definitivo per il comportamento del cavo della galleria. Sulla base del nuovo stato tensio-deformativo ottenuto dal modello numerico si è quindi proceduto ad eseguire una nuova analisi di stabilità globale.
In **Figura 4-11** è riportato il risultato dell'analisi di stabilità globale in termini di minimo fattore di sicurezza ottenuto e relativo cinematismo.

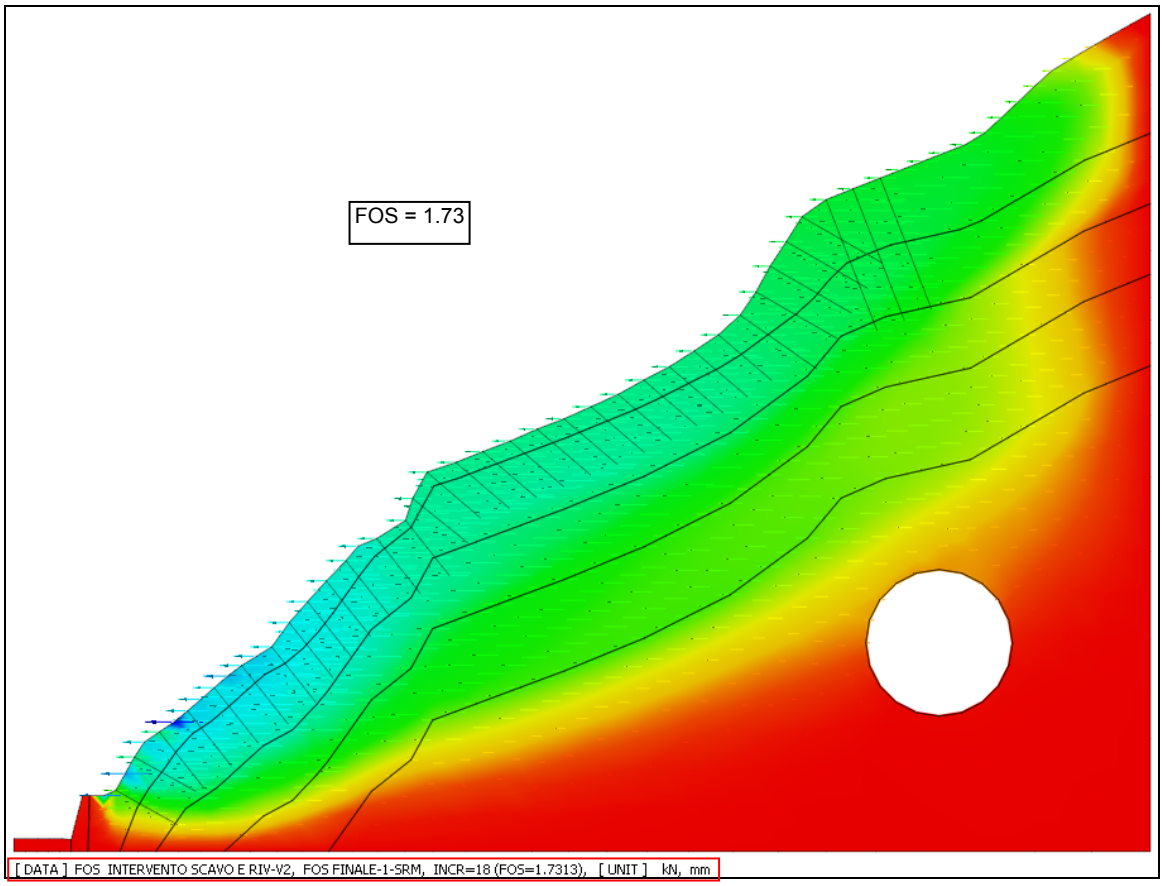


Figura 4-11 – Analisi stabilità globale – condizioni di progetto

Il minimo fattore di sicurezza di progetto è pari a 1.73, valore del tutto analogo e comunque leggermente migliorativo rispetto a quello ricavabile per le condizioni attuali (FoS=1.68 di **Figura 4-6**). Tale comportamento è giustificato dalla posizione della galleria rispetto alla superficie di potenziale scivolamento: lo scavo provoca leggeri fenomeni di subsidenza nella porzione sommitale della superficie stessa, con conseguente minimale riduzione della pendenza media del versante, alla quale corrisponde un leggero aumento del fattore di sicurezza riguardo a cinematismi di stabilità globale.
Anche la geometria del cinematismo potenzialmente critico non ha subito variazioni significative.

Sulla base delle analisi descritte si può concludere che la realizzazione della Galleria Polcevera non ha alcun effetto significativo sulla stabilità globale del versante soprastante.

5. INDAGINI INTEGRATIVE PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO GEOTECNICO

5.1 STUDIO DEGLI SPOSTAMENTI SUPERFICIALI CON DATI RADAR SATELLITARI

A scala dell'intero progetto è stato attivato uno studio dei movimenti mediante analisi interferometrica da satellite.

L'interferometria costituisce oggi un valido strumento operativo per il monitoraggio da remoto di vaste aree della superficie terrestre, quali quelle interessate dal progetto della Gronda, senza la necessità di installare strumentazione a terra.

Sono stati acquisiti i dati di archivi storici di immagini satellitari relativi all'intera area di intervento.

L'utilizzo dei dati satellitari ENVISAT e COSMO-SkyMed, entrambe in doppia geometria, ha permesso di studiare le deformazioni dell'area analizzata (Figura 5-1) relative ad un periodo temporale che va da Luglio 2004 ad Agosto 2015.

In particolare:

- l'elaborazione con dati ENVISAT ascendenti è relativa al periodo 07/2004 – 10/2010 ed ha permesso di misurare le deformazioni superficiali di circa 170.000 punti distribuiti sull'intera area d'interesse (43 immagini ENVISAT acquisite in geometria ascendente con angolo d'incidenza di 22,84° e risoluzione a terra di 25 m x 5 m).
- l'elaborazione con dati ENVISAT discendenti è relativa al periodo 10/2004 – 10/2010 ed ha permesso di misurare le deformazioni superficiali di circa 165.000 punti distribuiti sull'intera area d'interesse (50 immagini ENVISAT acquisite in geometria discendente con angolo d'incidenza di 22,83° e risoluzione a terra di 25 m x 5 m).
- l'elaborazione con dati COSMO-SkyMed ascendenti è relativa al periodo 02/2011 – 08/2015 ed ha permesso di misurare le deformazioni superficiali di circa 2.540.000 punti distribuiti sull'intera area d'interesse (76 immagini COSMO-SkyMed acquisite in geometria ascendente con angolo d'incidenza di 33,97° e risoluzione a terra di 3 m x 3 m).
- l'elaborazione con dati COSMO-SkyMed discendenti è relativa al periodo 11/2009 – 08/2015 ed ha permesso di misurare le deformazioni superficiali di circa 2.735.000 punti distribuiti sull'intera area d'interesse (84 immagini COSMO-SkyMed acquisite in geometria discendente con angolo d'incidenza di 26,65° e risoluzione a terra di 3 m x 3 m).



Figura 5-1 – Area d'interesse. Immagine ottica ottenuta da Google con sovrapposizione dell'area analizzata (poligono arancione) e del tracciato dell'infrastruttura prevista (linea grigia)

Per l'area in esame, oggetto della presente scheda, per orientamento o per l'assenza di PS sul territorio, non risultano disponibili né evoluzioni temporali (serie storiche) né le componenti est-ovest e verticale

Al fine di intensificare la presenza dei punti di misura nelle aree analizzate saranno installati almeno n. 4 – 6 riflettori artificiali a doppia geometria.

La scelta del posizionamento dei riflettori artificiali è strettamente legata al fenomeno che si intende monitorare. Contemporaneamente sarà necessario prendere in considerazione anche l'aspetto radaristico del problema, ovvero avere l'accortezza di scegliere aree di installazione che possiedano queste caratteristiche:

- Visibilità da satellite: l'area in cui installare i riflettori deve essere visibile da satellite in tutte le geometrie di acquisizione che verranno utilizzate (tipicamente ascendente e discendente);

- Rumore di fondo basso: l'area di installazione deve essere sufficientemente buia affinché il riflettore artificiale sia facilmente identificabile e che esso non interferisca con oggetti riflettenti già presenti nelle vicinanze. E' per questo consigliata l'installazione in aree sufficientemente lontane (almeno 15 metri) da case, pali in metallo, recinzioni, …

Il processo di installazione è suddiviso nelle seguenti fasi:

- Fase 1. Studio delle posizioni di installazione dei riflettori artificiali, sulla base sia dei requisiti geologici inerente al fenomeno in studio, sia dei requisiti radar-satellitari.
- Fase 2. Realizzazione delle strutture di sostegno del riflettore artificiale.
- Fase 3. Assemblaggio in sito dei riflettori artificiali.
- Fase 4. Orientamento dei riflettori.
- Fase 5. Misura GPS per la rilevazione della quota di ciascun riflettore.

Per una maggiore comprensione di eventuali fenomeni di spostamento superficiale e al fine di confermarne l'assenza o valutarne l'evoluzione e consentire un'eventuale integrazione con altre tecniche di monitoraggio, è, inoltre, previsto che il monitoraggio interferometrico continui anche durante la fase di costruzione dell'infrastruttura autostradale.

6. CONCLUSIONI

Al di sopra della galleria Polcevera, fra le progressive chilometriche 0+350 e 0+400, è presente un'area di frana catalogata come PG4 "frana attiva" dalla cartografia del Piano di Bacino. Dai risultati del rilievo geomorfologico e dalla documentazione bibliografica relativa alla zona di studio risulta evidente che l'area è stato oggetto di interventi in somma urgenza a seguito dei dissesti del 2012 e del 2014. L'area è stata oggetto di interventi nella porzione direttamente interessata dagli eventi franosi mentre la parte sommitale, impostata in detrito, deve essere considerata con estrema attenzione in quanto potenzialmente predisposta alle medesime problematiche di stabilità (colamento della coltre detritica superficiale).

Alla data di stesura della presente, l'assenza di fratture di trazione a monte dell'area sono indicativi dell'assenza di movimenti attualmente in atto.

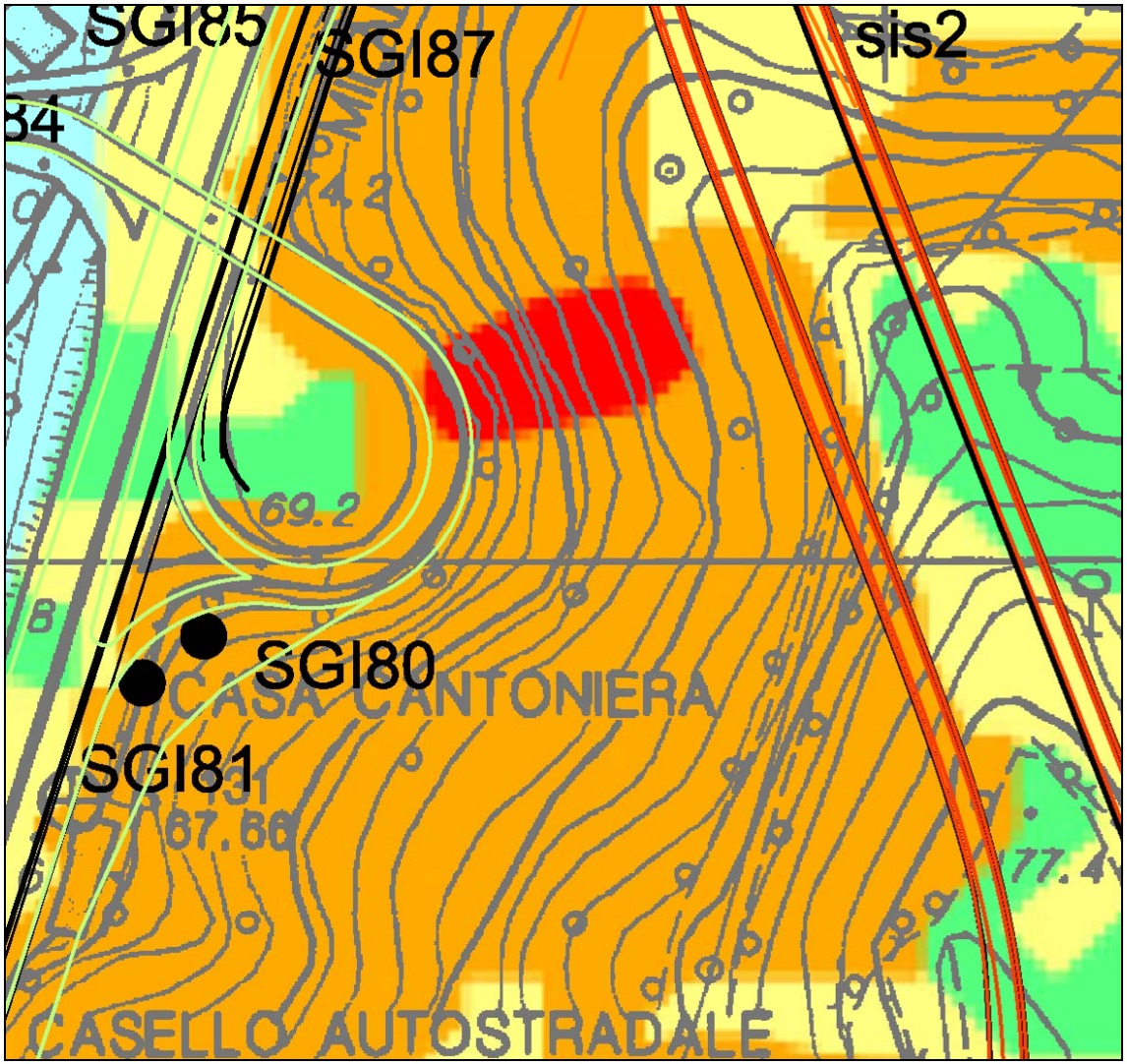
La presenza di locali alberi inclinati nella zona meridionale dell'area di interesse indica che sono presenti dei movimenti corticali limitati alla coltre detritica, che in questa area è presente unicamente a livello locale ed è caratterizzata da spessori molto ridotti (al massimo 1.5 m).

Le verifiche effettuate e descritte al §4 confermano che le opere in progetto non avranno alcuna influenza negativa sulle condizioni di stabilità del versante sovrastante.

Alla luce di quanto sopra, si ritiene che gli interventi previsti nel progetto, non inficiando in alcun modo la stabilità dell'area in oggetto, siano tali da poter acquisire il parere del Comitato Tecnico di Bacino ai sensi dell'art. 11 c. 4 lett. b) della LR n.58/2009.

ALLEGATI

- *Allegato n.1* - Stralcio Carta suscettività al dissesto da Piano di Bacino con progetto ed indagini eseguite
- *Allegato n.2* - Stralcio carta geologica (aggiornata giugno 2015)
- *Allegato n.3* - Stralcio carta geomorfologica (aggiornata giugno 2015)
- *Allegato n.4* - Carta geomorfologica di dettaglio, indagini integrative e punti di ripresa fotografici
- *Allegato n.5* - Sezione geologica
- *Allegato n.6* - Scheda di sintesi
- *Allegato n.7* - Stratigrafia sondaggi e geofisica
- *Allegato n.9* - Analisi di stabilità



LEGENDA

PIANI STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO
Suscettività al dissesto (da Piani di Bacino della Provincia di Genova - scala 1:10.000)

Torrente Bisagno (P.d.B. approvato 11/12/2014 - ultima modifica 11/03/2015)

Ambiti 12 e 13 (P.d.B. approvato 12/12/2002- ultima modifica 22/09/2014)

Ambito 14 (P.d.B. approvato 12/12/2002 - ultima modifica 27/02/2015)

Torrente Polcevera (P.d.B. approvato 02/14/2003 - adottato 29/12/2014)

Torrente Varenna (P.d.B. approvato 13/03/2014 - ultima modifica 22/09/2014)

Torrente Chiaravagna (P.d.B. approvato 30/07/2013 - ultima modifica 22/09/2014)

Torrente Branega (P.d.B. approvato 23/04/2013 - ultima modifica 22/09/2014)

Torrente S. Pietro (P.d.B. approvato 30/07/2014 - ultima modifica 22/09/2014)

- Classe di suscettività al dissesto molto elevata - Frana attiva — Pg4
- Classe di suscettività al dissesto elevata - Frana quiescente — Pg3a
- Classe di suscettività al dissesto elevata — Pg3b
- Classe di suscettività al dissesto media — Pg2
- Classe di suscettività al dissesto bassa — Pg1
- Classe di suscettività al dissesto molto bassa — Pg0

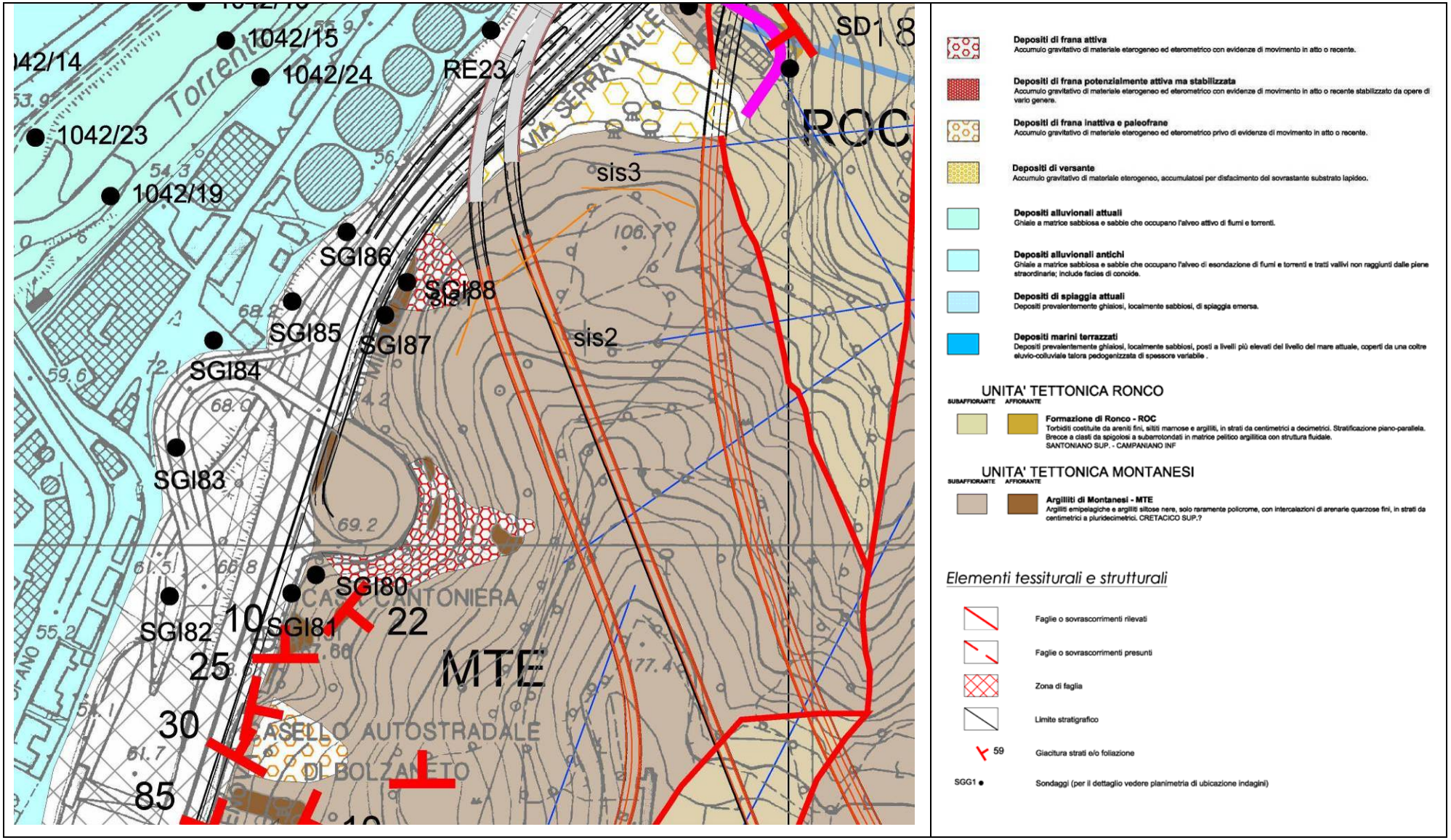
Classi speciali

- TIPO A - Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio
- Area oggetto di accordo di programma approvato con DGR n. 1047 del 07/08/2012
- TIPO B1 - Cave inattive e miniere abbandonate
- TIPO B2 - Discariche dismesse e riporti antropici

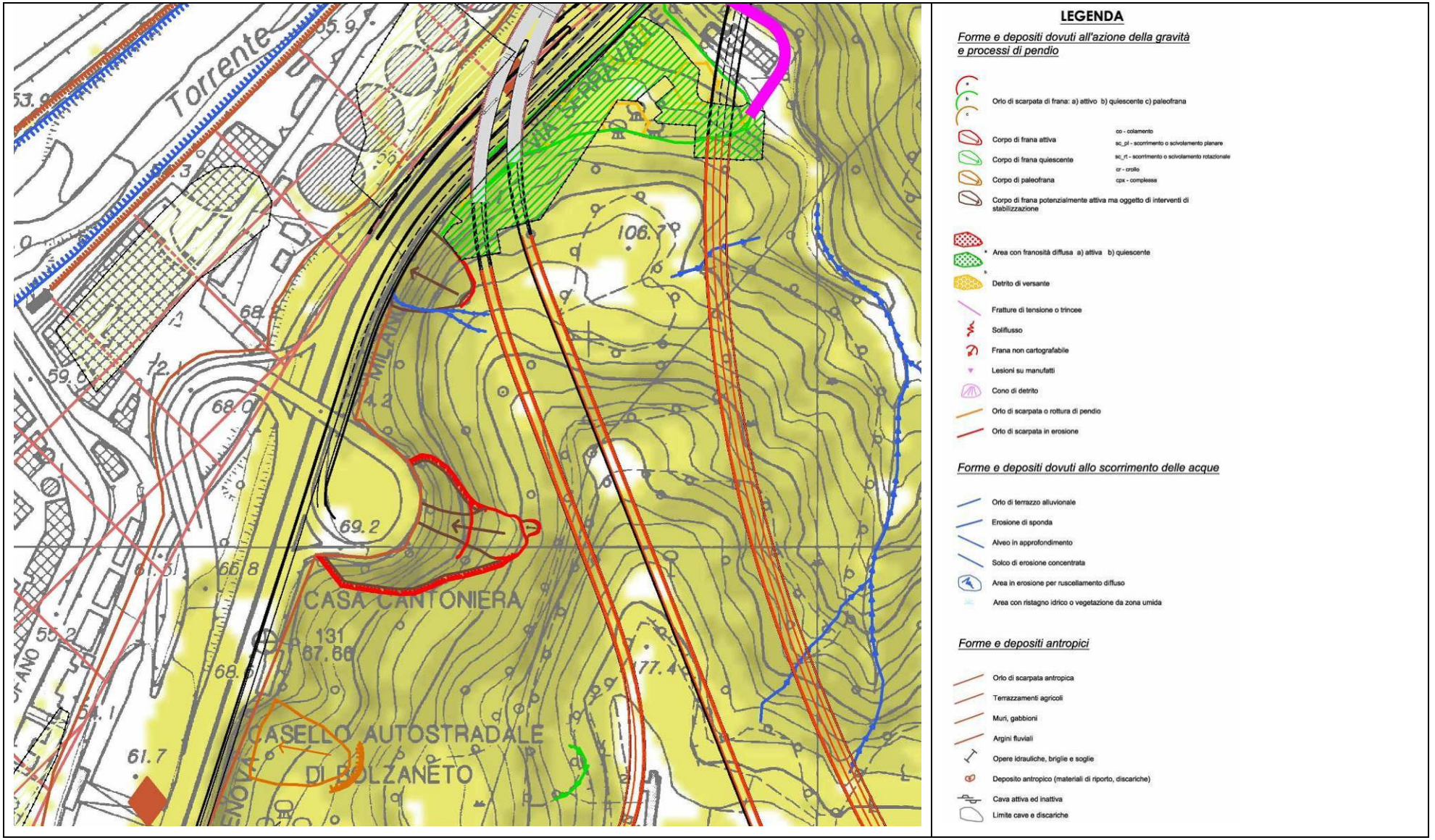
VV18 ● Sondaggi bibliografici e campagna 2010

Geofisica campagna 2010

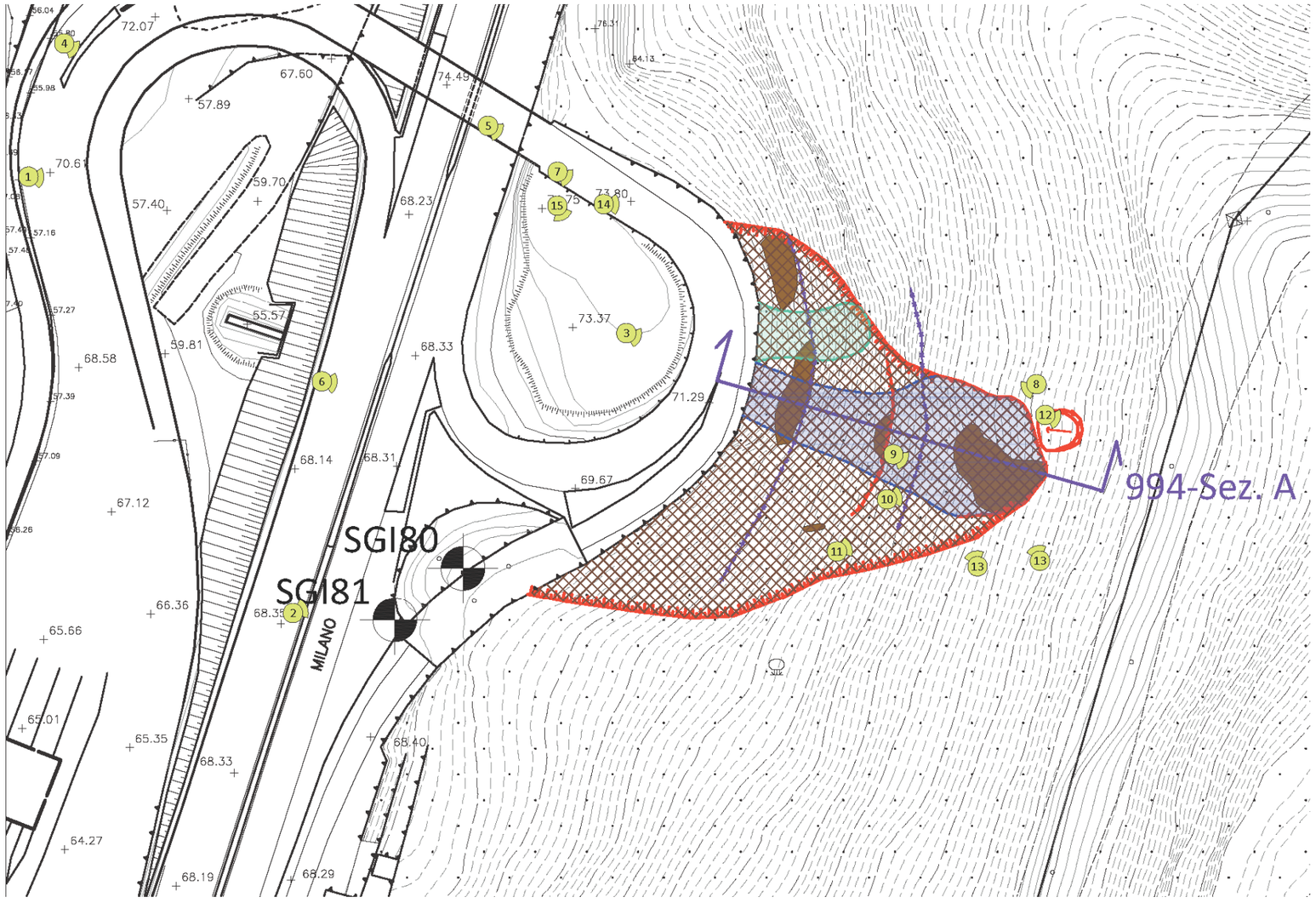
ALLEGATO 1 - Stralcio Carta della suscettività al dissesto da Piano di Bacino scala 1:5000 con progetto ed indagini eseguite - immagine non in scala



ALLEGATO 2 - Stralcio Carta geologica scala 1:5000 (aggiornata novembre 2015) - immagine non in scala



ALLEGATO 3 - Stralcio Carta geomorfologica scala 1:5000 (aggiornata novembre 2015) - immagine non in scala



Forme e depositi dovuti all'azione della gravità e processi di pendio

- Orlo di scarpata di frana: a) attivo b) quiescente c) paleofrana
- Corpo di frana attiva
- Corpo di frana quiescente
- Corpo di paleofrana
- Corpo di frana potenzialmente attiva ma oggetto di interventi di stabilizzazione
- Area a franosità diffusa potenzialmente attiva ma oggetto di interventi di stabilizzazione

co - colamento
sc_pl - scorrimento o scivolamento planare
sc_rt - scorrimento o scivolamento rotazionale
cr - crollo
cpx - complessa

- Area con franosità diffusa a) attiva b) quiescente
- Detrito di versante
- Fratture di tensione o trincee
- Soliflusso
- Frana non cartografabile
- Lesioni su manufatti
- Cono di detrito
- Orlo di scarpata o rottura di pendio
- Orlo di scarpata in erosione

Forme e depositi dovuti allo scorrimento delle acque

- Orlo di terrazzo alluvionale
- Erosione di sponda
- Alveo in approfondimento
- Solco di erosione concentrata
- Area in erosione per ruscellamento diffuso
- Area con accumulo di acqua stagnante

Forme e depositi antropici

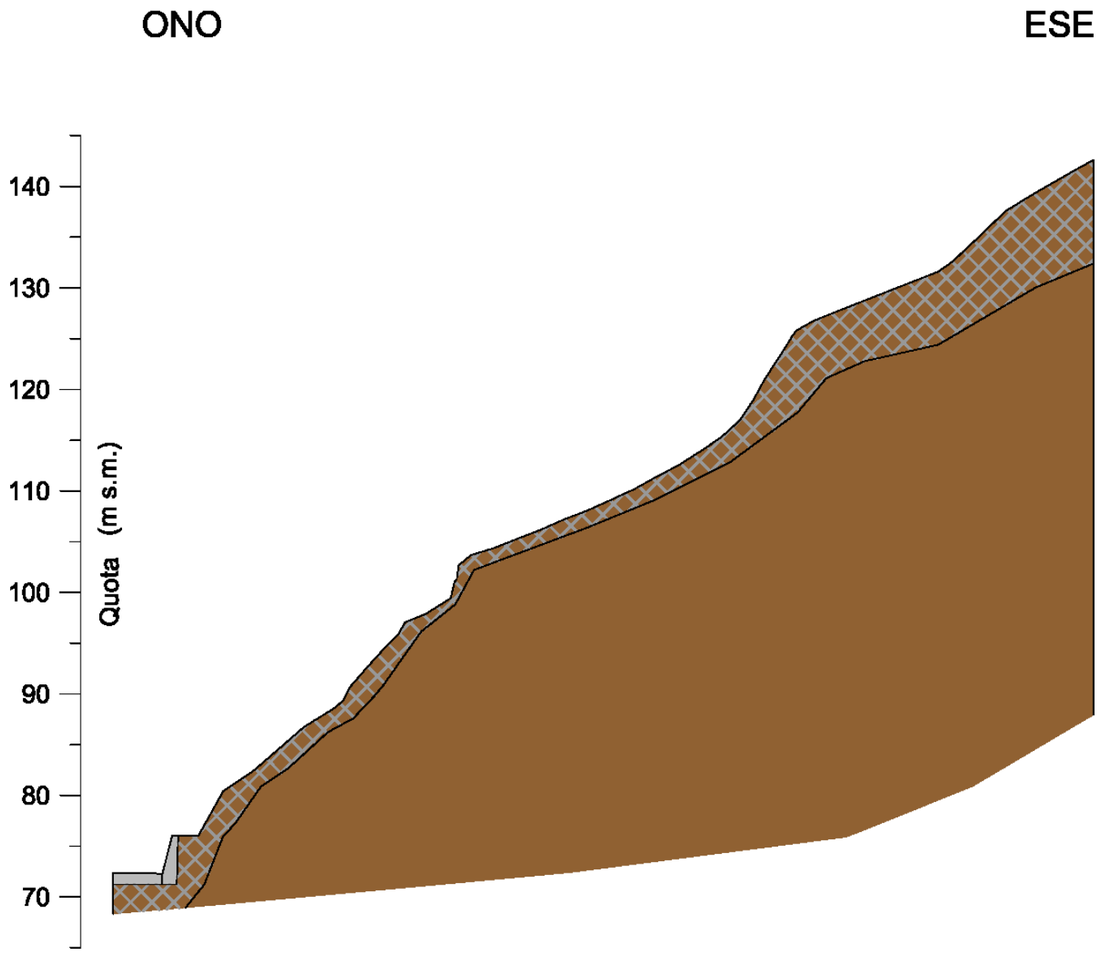
- Orlo di scarpata antropica
- Terrazzamenti agricoli
- Muri
- Opere di sostegno di ingegneria naturalistica
- Argini fluviali
- Reti paramassi
- Opere idrauliche, briglie e soglie

- Traccia di sezione geologica
- Punto di ripresa fotografica
- VV30 Sondaggi campagna 2010
- Sondaggi campagna 2015-2016
- Indagini geofisiche campagna 2010
- Indagini geofisiche campagna 2015-2016
- Area interessata dal dissesto 2012
- Area interessata dal dissesto 2014

Substrato roccioso

Argilliti di Montanesi - MTE
Argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere, solo raramente policrome, con intercalazioni di arenarie quarzose fini, in strati da centimetrici a pluridecimetrici. CRETACICO SUP.?

ALLEGATO 4 – Carta geomorfologica di dettaglio, indagini integrative e punti di ripresa fotografici scala 1:1000 - immagine non in scala



UNITA' TETTONICA MONTANESI

Cappellaccio delle Argilliti di Montanesi - MTE-Cap
Argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere, solo raramente policrome, con intercalazioni di arenarie quarzose fini, in strati da centimetrici a pluridecimetrici. CRETACICO SUP.?

Argilliti di Montanesi - MTE
Argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere, solo raramente policrome, con intercalazioni di arenarie quarzose fini, in strati da centimetrici a pluridecimetrici. CRETACICO SUP.?

Opere antropiche: muri di sostegno, sede autostradale

ALLEGATO 5 – Sezione geologica

SCHEDA DI SINTESI							
Opere	**Elaborati progettuali di riferimento**	**Classificazione dissesti (carta suscettività al dissesto prov. Genova agg. Febb. 2015)**	**Rilievo geomorfologico di dettaglio**	**Indagini di riferimento a disposizione**	**Modello geotecnico**	**Opere previste di mitigazione/presidio**	**Monitoraggio**
Galleria Polcevera (pk xxx)	GEO0001 GEO0006 GEO0024 APE0001 TUN0005 TUN0113	Pg4	Presenza di due orli di scarpata di frana in roccia stabilizzati	Sondaggi: SGI80 e SGI81	Da back analysis, indagini e geomorfologia di dettaglio: coltre: assente cappellaccio: da p.c. a 10.0m substrato: da 10.0m in poi	-	Interferometria

ALLEGATO 6 – Scheda di sintesi

ALLEGATO 7 - Stratigrafie sondaggi e indagini geofisiche

RISTRUTTURAZIONE SVINCOLO DI BOLZANETO

SONDAGGIO SGI80

alta S.n.c. ROMA	Committente: SPEA S.p.A. - MI	Data inizio: 06/08/97 fine: 29/08/97	STRATIGRAFIA N° 1
	Località: Genova Bolzaneto		
	Opera: AUTOSTRADA A 7 - Milano - Genova. Ristrutturazione Svincolo di Bolzaneto.		Pagina N° 1

Perforazione: a rotazione con circolazione di fluido (acqua)	Coord. X 1.492.724 Y 4.923.977	Φ iniz.mm. 145 Φ fin. mm. 100	Operatore: Difrancesco	Geologo: Dr. Cevasco	SCALA 1 : 100

rivest Φ mm.	Quote mt. assol. s.l.m.	Quote mt. relat. al p.c.	Pot. strati m.	Schema stratigr.	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda m.	strum. in opera	% rec	RQD	Kg/cm² Pocket σ	Kg/cm² Vane τ	Camp. indist. o S.P.T.
	70,65	0,00										
		0,50	0,50		Muratura (clasti lapidei grossolani Dmax = 15 cm. in matrice cementizia) Grigio biancastro.							
			5,00		Argilloscisti molto fratturati mediamente alterati. Presenti livelli di quarzo molto fratturati. Assenza di matrice. Grigio biancastro a zone marroncino. • 4,80, premanometro	infiltrazioni		100	0			
		5,50										
			2,30		Argilloscisti fratture moderatamente ravvicinatee piani di scistosità paralleli alla direzione di perforazione, giunti alterati prevalentemente ondulati talora lisci. Grigio.			85	40			
		7,80										
			7,70		Argilloscisti molto fratturati A zone argilloscisti impregnati da quarzo e livelli (s = 10-15 cm.) decisamente quarzosi. Grigio a zone biancastro • 9,80, premanometro							
127					Argilloscisti molto fratturati Piani di scistosità paralleli alla direzione di perforazione. Giunti lisci non alterati ravvicinati piani di scistosità a spaziatura millimetrica. Grigio scuro. • 14,8, premanometro	diffuse		65	0			
		15,50			Argilloscisti fortemente impregnati di quarzo molto fratturati (aspetto di breccia grossolana Dmax = 8 cm.) Bianco a zone grigio.			80	0			
			2,50		Argilloscisti con abbondanti vene di quarzo. Fratture ravvicinate Scistosità caotica con superfici traslucide e patine argillose. Grigio. Da mt. 19,80 a mt. 20,10			30				
		18,00						20	95			
			1,10		Livello a prevalente composizione quarzosa. Molto fratturato (aspetto di breccia grossolana Dmax=7 cm. Bianco a zone grigio.			0				19,20 1d S C
		19,10						35				20,10 2d S C
					• 20, premanometro							

alta S.n.c. ROMA

Committente: SPEA S.p.A. - MI

Località: Genova Bolzaneto

Opera: AUTOSTRADA A 7 - Milano - Genova. Ristrutturazione Svincolo di Bolzaneto.

Data inizio: 06/08/97 **fine:** 29/08/97

STRATIGRAFIA N° 1

Pagina N° 2

Perforazione: a rotazione con circolazione di fluido (acqua)

Coord. X / Y

Φ iniz.mm. 145 **Φ fin. mm.** 100

Operatore: Difrancesco

Geologo: Dr. Cevasco

SCALA 1 : 100

rivest Φ mm.	Quote mt. assol. s.l.	Quote mt. relat. al p.c.	Pot. strati m.	Schema stratigr.	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda m.	strum. in opera	% rec	RQD	Kg/cm² Pocket σ	Kg/cm² Vane τ	Camp. indist. o S.P.T.
127		0,00	6,10		Argilloscisti fortemente impregnati di quarzo, molto fratturati (frammenti lapidei a spigoli vivi Dmax = 8 cm.). Bianco a zone grigio.	infiltrazioni diffuse		90 / 50 / 70	0			
		25,20	2,30		Argilloscisti intensamente fratturati con livelli di quarzo (frammenti lapidei a spigoli vivi D max = 8 cm. in matrice sabbiosa e /o limosa- probabile azione tettonica). Grigio scuro a zone nerastro.			75				
		27,50	2,50									
		30,00			Argilloscisti intensamente fratturati (frammenti lapidei a spigoli vivi Dmax= 7 cm. in matrice argilloso -limosa. Probabile azione tettonica.) Grigio.			80				

Note:

Perforazione orizzontale per l'intera lunghezza.

Perforazione con carotiere Triplo T6S:

da Mt. 3,70 a Mt. 30,00

Uso di corona diamantata:

da Mt. 5,60 a Mt. 25,20

RISTRUTTURAZIONE SVINCOLO DI BOLZANETO

SONDAGGIO SGI81

alta S.n.c. ROMA

Committente: SPEA S.p.A. - MI

Località: Genova Bolzaneto

Opera: AUTOSTRADA A 7 - Milano - Genova. Ristrutturazione Svincolo di Bolzaneto.

Data inizio: 05/08/97 **fine:** 29/08/97

STRATIGRAFIA N° 1 bis — Pagina N° 1

Perforazione: a rotazione con circolazione di fluido (acqua)

Coord. X = 1.492.660 Y = 4.923.792

ϕ iniz. mm. 145 **ϕ fin. mm.** 100

Operatore: Difrancesco

Geologo: Dr. Cevasco

SCALA 1 : 100

rivest. ϕ mm.	Quote mt. assol. s.l.m.	Quote mt. relat. al p.c.	Pot. strati m.	Schema stratigr.	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda m.	strum. in opera	% rec	RQD	Kg/cm² Pocket σ	Kg/cm² Vane τ	Camp. indist. o S.P.T.
	81,10	0,00										
		0,50	0,50		Coltre eluviale: scaglie e clasti argillo scistosi Dmax= 5cm. in matrice sab bioso-limosa. Sciolto. Marrone chiaro							
		3,90	3,40		Argilloscisti intensamente frattura ti, presenti clasti grossolani a spigo li vivi Dmax =10 cm. di natura argil lo scistosa in matrice limoso sab biosa localmente argillosa. Alterato. Da poco a moderatamente adden sato. Grigio chiaro.	d e b o l i	• 3,80, penetrometro					1,40 14 12 4
		4,00										3,00 21 24 27
		4,70	0,70		Trovante di natura argilloscistosa Fratturato: Grigio.	i		100				4,70 17 50 4,99
		5,00										
		5,80	0,80		Argilloscisti intensamente fratture ti e alterati - Presente abbondante matrice argilloso-limosa. Addensato. Grigio	i f f i l t r a z i o n i						
			3,20		Argilloscisti intensamente frattu rati ed alterati. Presente matrice sabbioso -limosa e livelli quarzosi fratturati. Da addensato a molto addensato. Grigio marrone scuro.		• 8,50, penetrometro		0			
		9,00			Argilloscisi molto fratturati e altera ti (frequenti tracce di ossidazione). Presenti livelli quarzosi molto frat turati (mt. 5,20-5,30). Grigio.			50				
127			5,20		Argilloscisti alterazione elevata, molto fratturati. Presente localmen te matrice argilloso-limosa. Grigio.	d i f f u s e			20			11,90 1 sc
		14,20	1,00		Argilloscisti, fratture ravvicinate alterazione da elevata a debole giunti scabri ed alterati. Piani di scistosità con inclinazione 35°. Presenti livelli e vene di quarzo (mt. 10,90-11,00). Grigio		• 13, penetrometro	100	0			
		15,20					• 15, penetrometro	65				
			3,70		Argilloscisti alterazione elevata, molto fratturati. Presente localmente matrice argilloso -limosa. Grigio.			100				
								65	0			
		18,90			Argilloscisti alterazione elevata, molto fratturati Presenti frammenti Dmax 3 - 4 cm. di natura quarzosa in matrice limo so e/o argillosa. Mediam. addensato e addensato. Marrone chiaro			60				

alta S.n.c. ROMA	Committente: SPEA S.p.A. - MI	Data inizio: 05/08/97 fine: 29/08/97	STRATIGRAFIA N° 1 bis
	Località: Genova Bolzaneto		
	Opera: AUTOSTRADA A 7 - Milano - Genova. Ristrutturazione Svincolo di Bolzaneto.		Pagina N° 2

Perforazione: a rotazione con circolazione di fluido (acqua)	Coord. X / Y	Φ iniz.mm. 145 / Φ fin. mm. 100	Operatore: Difrancesco	Geologo: Dr. Cevasco	SCALA 1 : 100

Diam. perforaz. Φ mm.	Quote mt. assol. s.l.m.	Quote mt. relat. al p.c.	Pot. strati m.	Schema stratigr.	DESCRIZIONE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA	falda m.	strum. in opera	% rec	RQD	Kg/cm² Pocket σ	Kg/cm² Vane τ	Camp. indist. o S.P.T.
127			4,10		Idem come livello precedente ma Grigio e grigio scuro.			40				
		23,00	7,00		Argilloscisti e marnoscisti con abbondanti vene quarzose. Fratturato giunti ravvicinati, con superfici scabre piani di scistosità da sub orizzontali ad inclinati da 50 ° a 60° sull'orizz. superfici liscie. Da 24,00 a 24,80 presenti venature calcitiche. Materiali di riempimento di natura quarzosa. Grigio e grigio scuro.			80	15 35 20 10			24,10 2c sc 24,20 3c sc 24,80 4c sc 25,00 5c sc 28,40 6c sc
		30,00			Note: perforazione con carotiere triplo T6S e corona diamantata: da Mt. 9,70 a mt.14,20 da mt. 23,00 a mt. 30,00.				30			

INDAGINE SISMICA
M.A.S.W.
(Multichannel Analysis of Surface Waves)

RELAZIONE TECNICA
Committente: Autostrade per l'Italia - Direzione I° Tronco
Località: Bolzaneto, GENOVA

I N D I C E

1. INDAGINI SISMICHE M. A. S. W. 3

1.1 Risultati delle indagini M.A.S.W. 4

2. CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 14/01/2008) 5

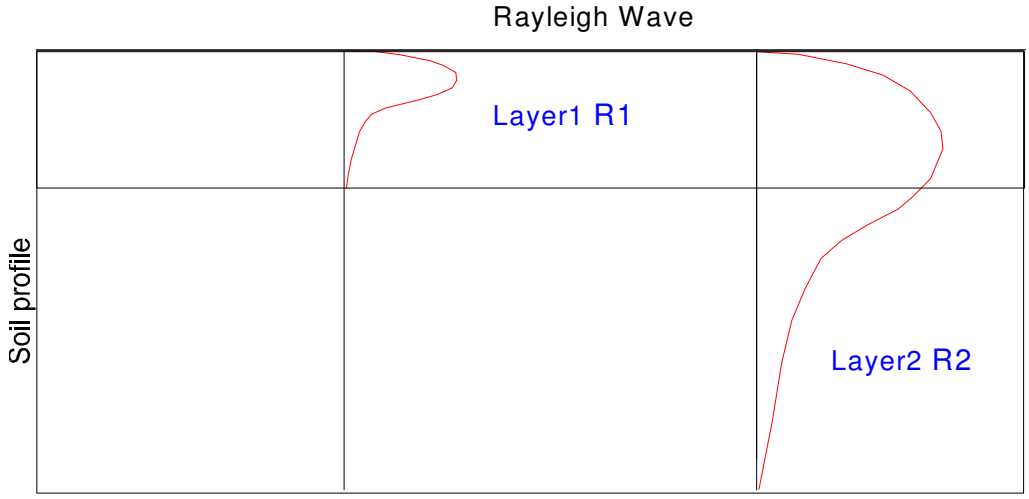
1. INDAGINI SISMICHE M. A. S. W.

Le MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono una metodologia d'investigazione che permette di ricavare le velocità delle onde di taglio verticali Vs con la determinazione della categoria sismica di terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato nella nuova normativa sismica (OPCM 3274 del 20.03.2003 e s.m.i., D.M. 14.01.2008) e dagli Eurocodici 7 "Progettazione geotecnica" e 8 "Regole progettuali per le strutture antisismiche".

La misura delle velocità delle onde superficiali viene calcolata grazie all'utilizzo di stendimenti di sensori (geofoni) posti a distanze regolari sulla superficie del suolo da indagare.

La porzione che predomina nelle onde superficiali è costituita dalle onde di Rayleigh la cui velocità è correlata alla rigidezza e ai parametri elastici dei suoli attraversati.

E' importante tenere presente che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive: le alte frequenze e quindi con lunghezze d'onda corta si propagano prevalentemente negli strati più superficiali del terreno mentre le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi così come di seguito illustrato.



La metodologia M.A.S.W. effettuata viene definita: *attiva* e prevede che le onde superficiali vengano generate in un punto noto ed in modo non casuale e registrate da stendimenti lineari di sensori.

La metodologia utilizzata permette di dettagliare il profilo delle velocità sismiche nei primi 30m da piano campagna da queste si ottiene infatti una curva dispersione per un range di frequenze normalmente comprese tra 5 e 70 Hz, la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo in funzione anche delle sue caratteristiche elastiche.

Il sistema di elaborazione con metodo MASW In generale prevede tre fasi:

1 calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,

2 calcolo della velocità di fase apparente

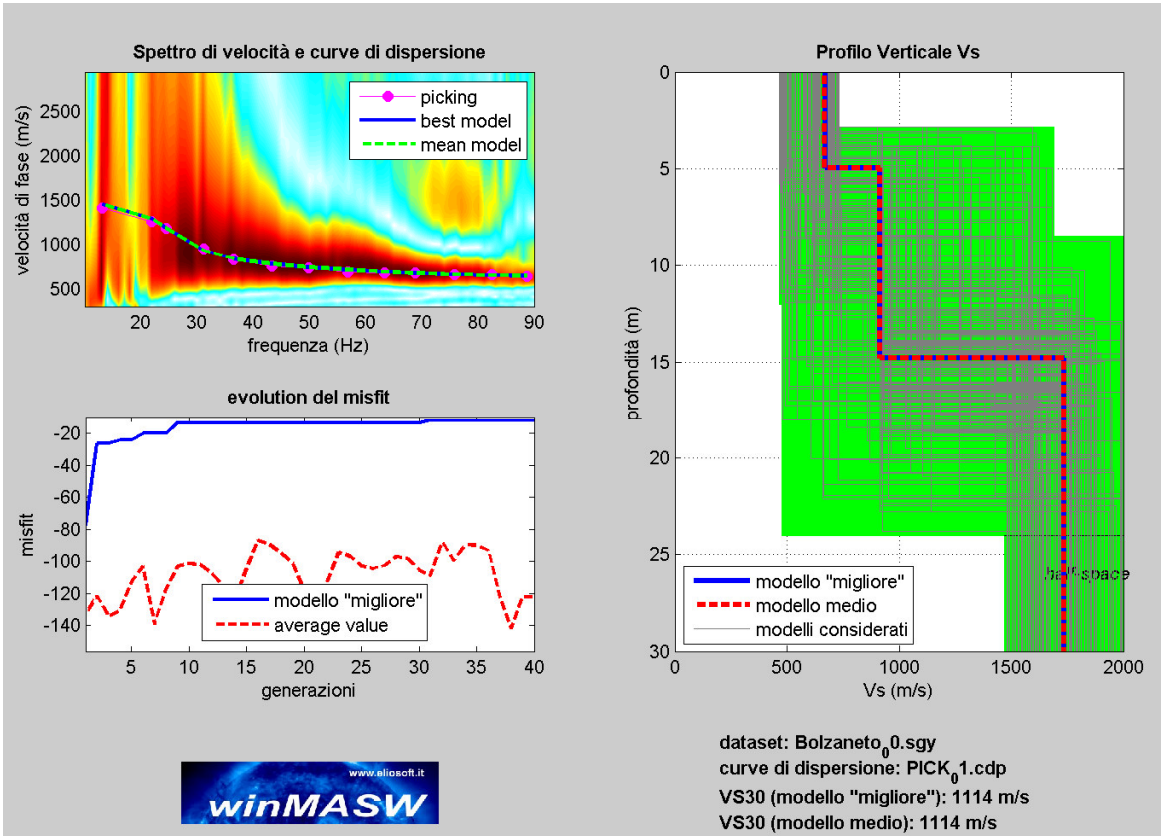
3 individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs dal modello stratigrafico espresso tramite il profilo di velocità Vs.

1.1 Risultati delle indagini M.A.S.W.

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico

PASI modello 16S24U e 12 geofoni verticali PASI con frequenza propria di 4.5 Hz.
Dati di acquisizione:
N° geofoni = 12
interasse geofoni = 1.0m
sorgente: mazza battente da 8,5kg.

Elaborazione M.A.S.W. 1



Modello medio
Vs (m/s): 669, 916, 1735
Deviazioni Standard (m/s): 0, 0, 0
Spessori (m): 5.0, 9.8
Deviazioni Standard (m): 0.0, 0.0
Tipo di analisi: onde di Rayleigh
Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici (VEDI MANUALE)
Stima VP (m/s): 1393, 1907, 3612
Stima densità (gr/cm3): 2.13, 2.21, 2.37
Stima modulo di Poisson: 0.35, 0.35, 0.35
Stima modulo di taglio (MPa): 955, 1855, 7125
Stima modulo di compressione (MPa): 2868, 5567, 21379
Stima modulo di Young (MPa): 2579, 5009, 19237
Stima modulo di Lamé (MPa): 2231, 4330, 16629
Vs30 da piano campagna (m/s): 1114

2. CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 14/01/2008)

Per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, nella nuova normativa viene evidenziato come i diversi profili stratigrafici del sottosuolo, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidezza sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio Vsh all'interno delle coperture.

Nelle Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica si definiscono per questo aspetto cinque (A, B, C, D, E) più due (S1, S2) categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione a diversa rigidezza sismica, caratterizzate da velocità Vs30 (definito come il valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 metri sotto la base della fondazione) decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti:

A) Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione,con spessore massimo pari a 3m.

B) Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica Nspt > 50 nei terreni a grana grossa e coesione non drenata cu > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C) Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (15 < Nspt < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D) Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

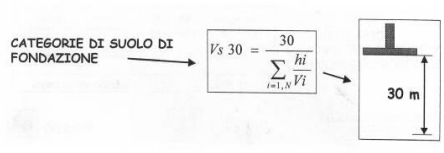
E) Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

In aggiunta a queste categorie, per le quali le norme definiscono le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell' azione sismica da considerare:

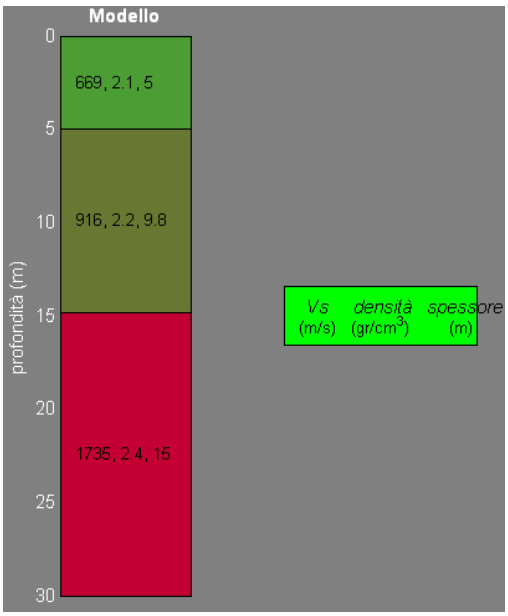
S1 . Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2 . Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle classificazioni precedenti, Vs30 è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:



Del sistema stratigrafico definito sulla base dalle velocità di propagazione delle onde S e di seguito riportato:



Si possono trarre le seguenti considerazioni;

- il bedrock avente Vs>800m/s si colloca ad una profondità da piano campagna di 5,4m (>3,<20m);
- le Vs fino alla profondità di 5m da piano campagna sono pari a 669m/s (suolo B);
- le Vs tra la profondità di 5 e 30m da piano campagna sono pari a 1305m/s (suolo A)
- il rapporto tra i due valori di Vs ricavati è pari a 1.95<2,22 (ottenuto da 800/360 valore che indica una marcata differenza di risposta sismica tra suoli diversi)
- le VS30 sono pari a 1114m/s (suolo tipo A).

sulla base di quanto sopra reputo pertanto ragionevole ascrivere il terreno di fondazione alla classe **sismica B**: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica Nspt > 50 nei terreni a grana grossa e coesione non drenata cu > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Dr. Geol. Matteo Angiolini

ALLEGATO 9 - Analisi di stabilità

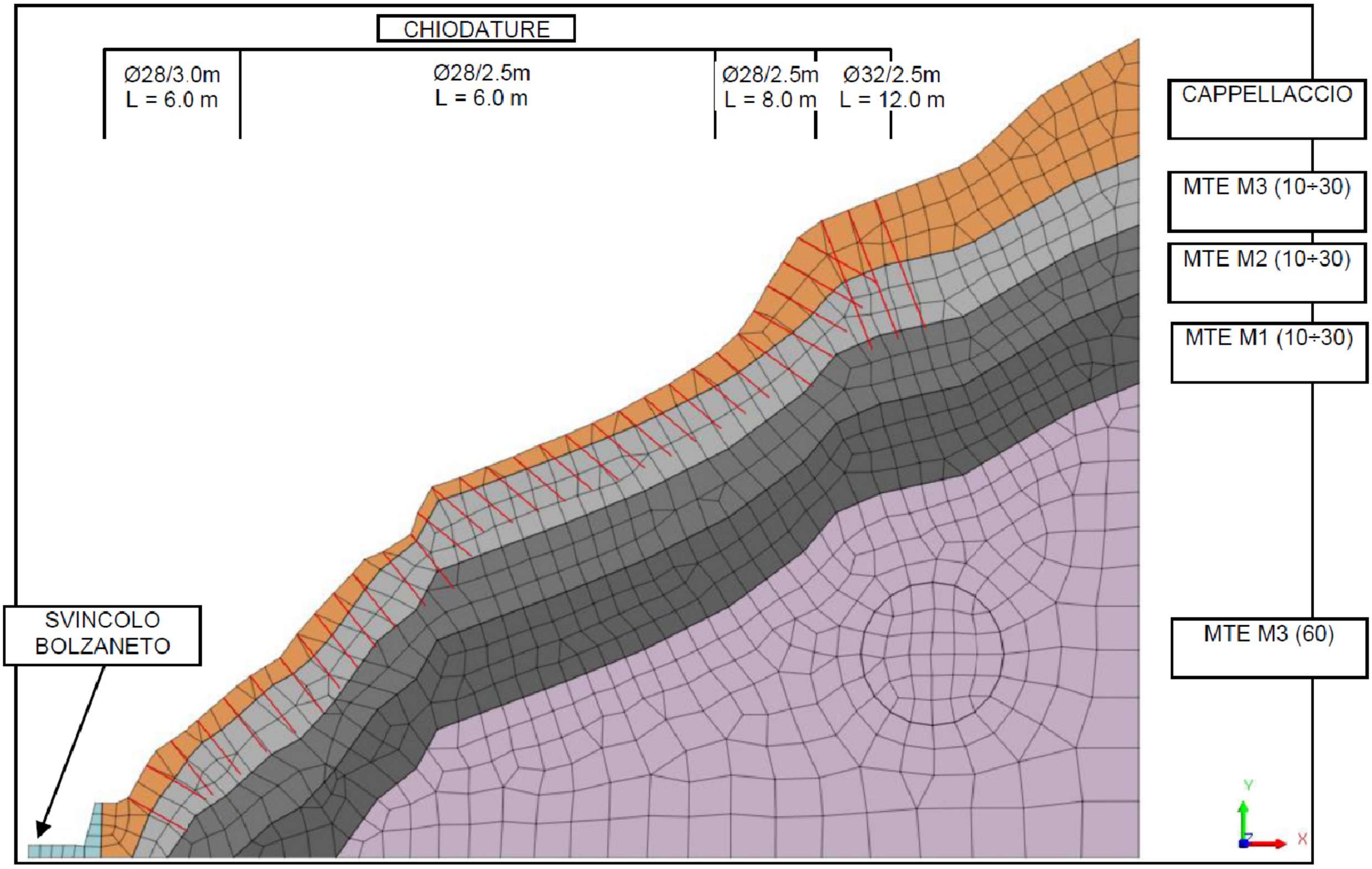


Figura 4-2 - Modello FEM per l'analisi delle condizioni attuali del versante

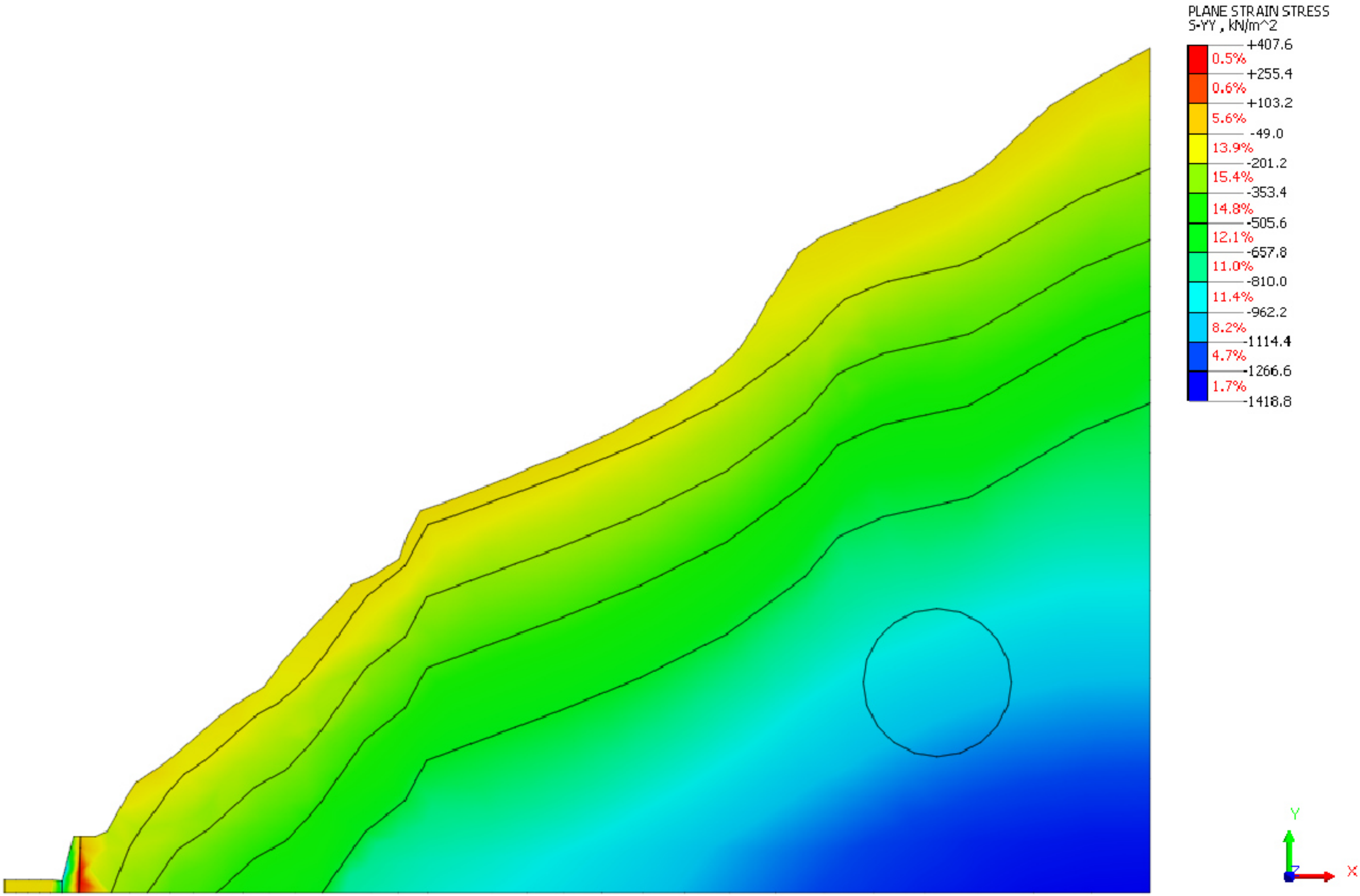


Figura 4-3 - Modello FEM per l'analisi delle condizioni attuali del versante

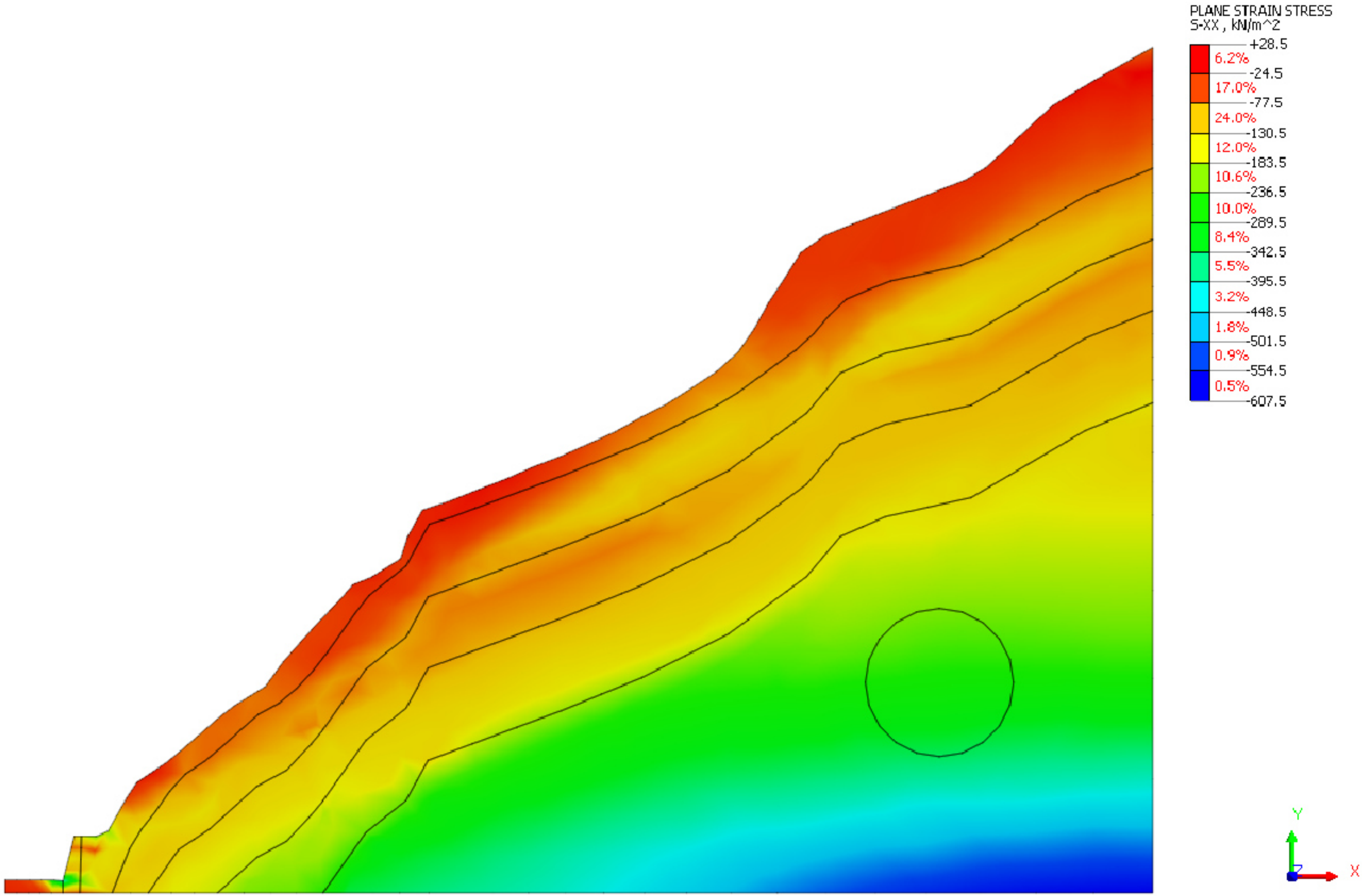


Figura 4-4 - Modello FEM per l'analisi delle condizioni attuali del versante

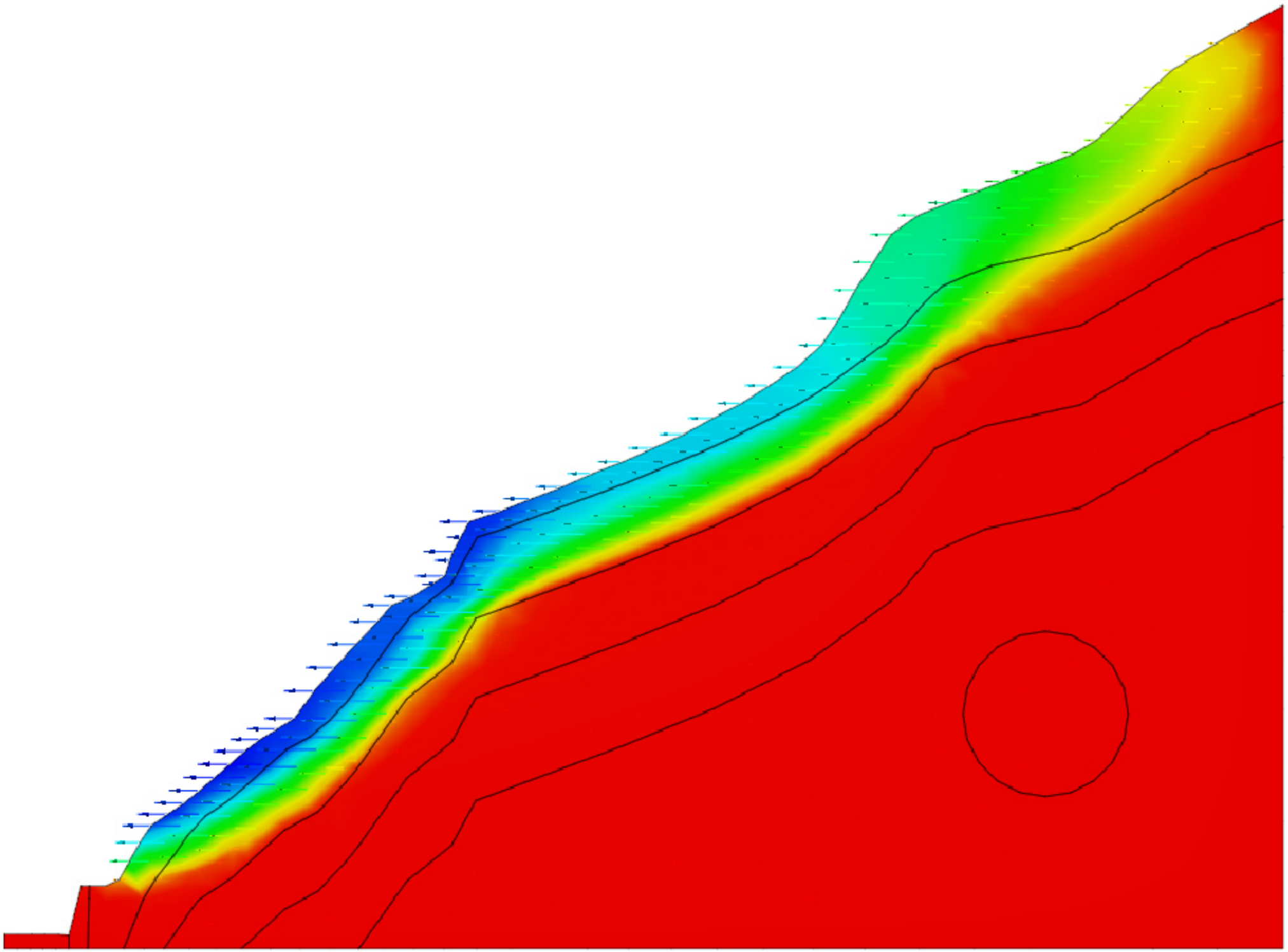


Figura 4-5 - Analisi stabilità globale - in assenza di interventi di stabilizzazione corticale

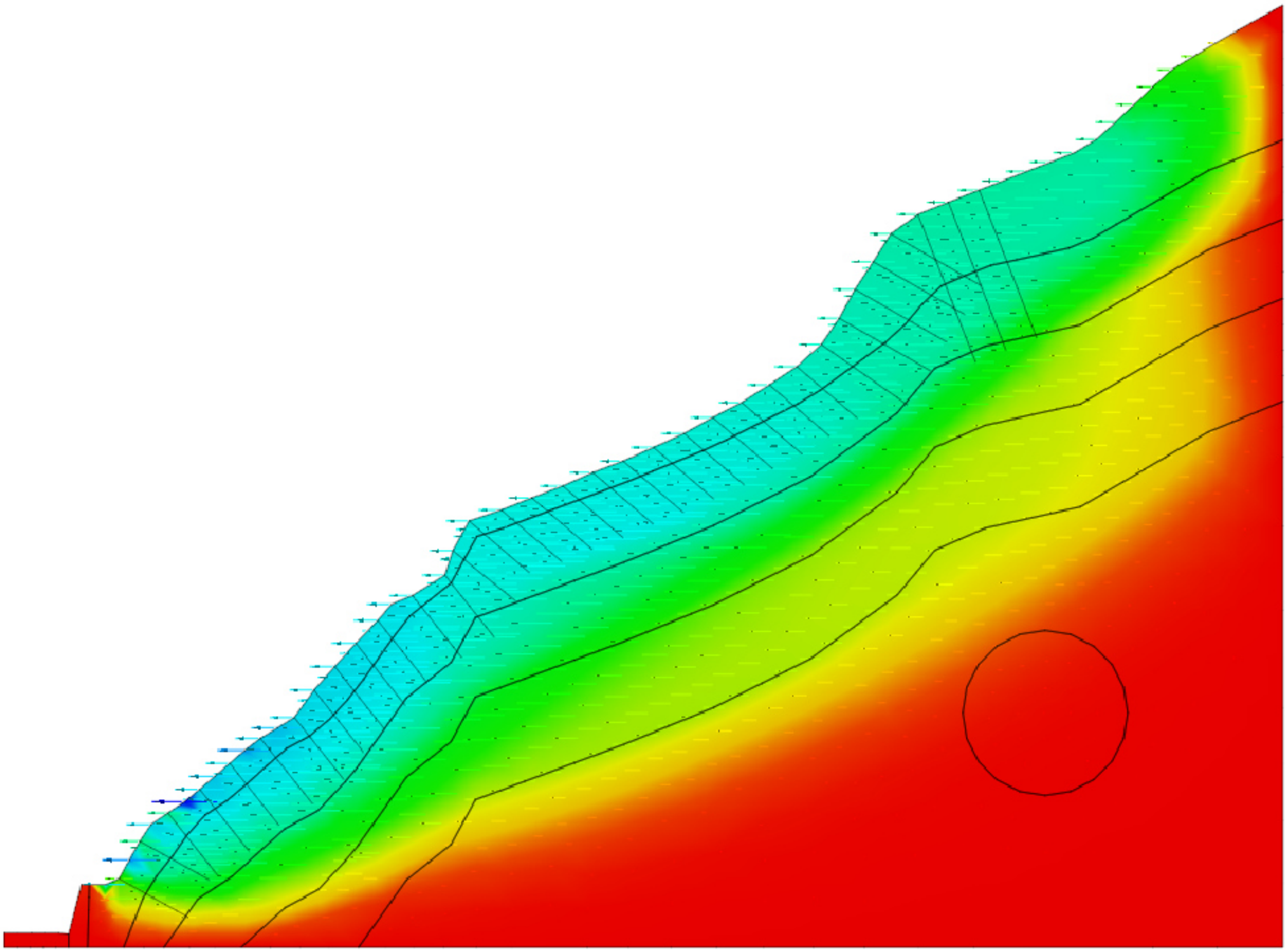


Figura 4-6 - Analisi stabilità globale - con interventi di stabilizzazione (situazione attuale)

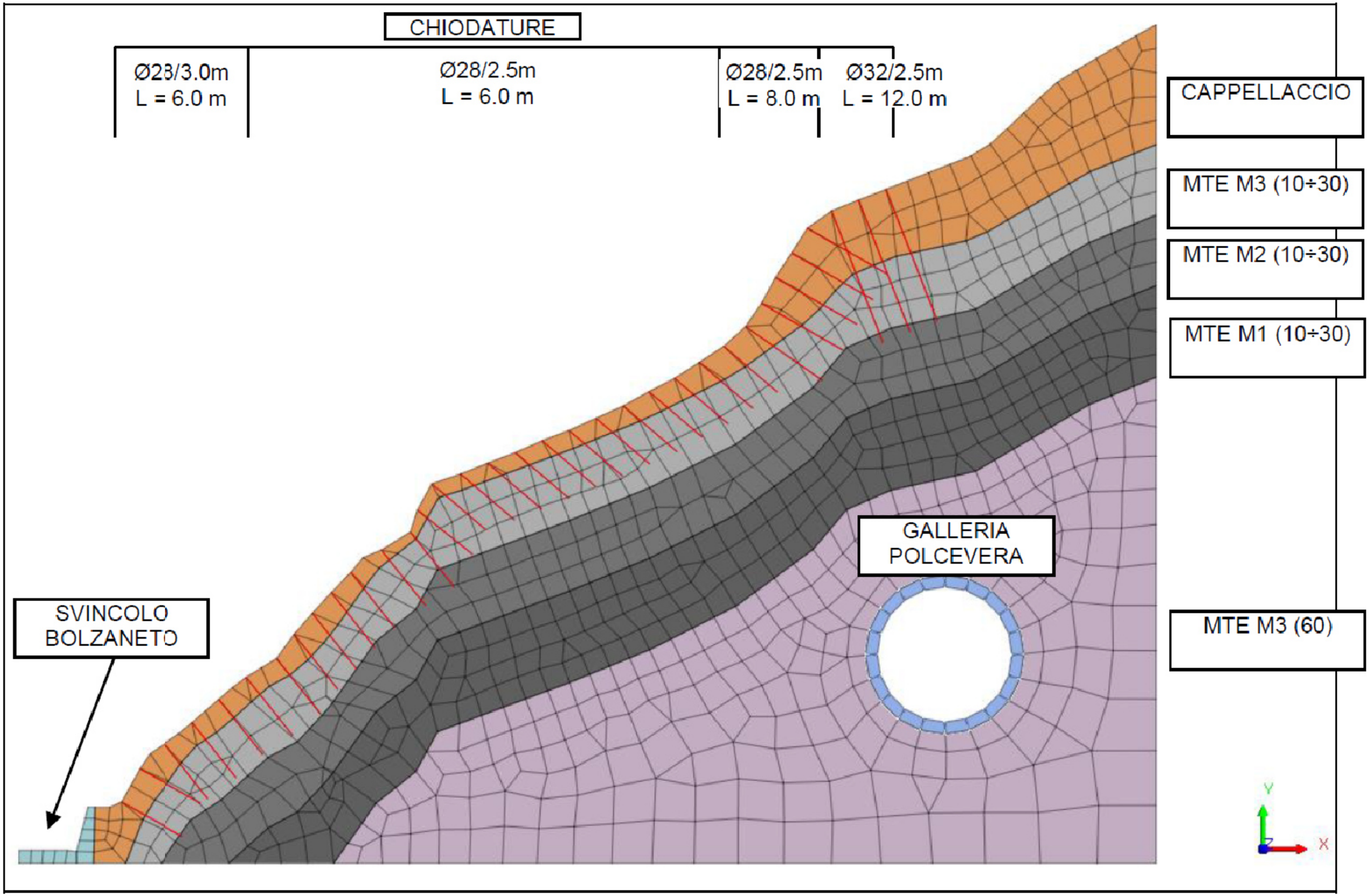


Figura 4-9 - Modello FEM per l'analisi delle condizioni di progetto

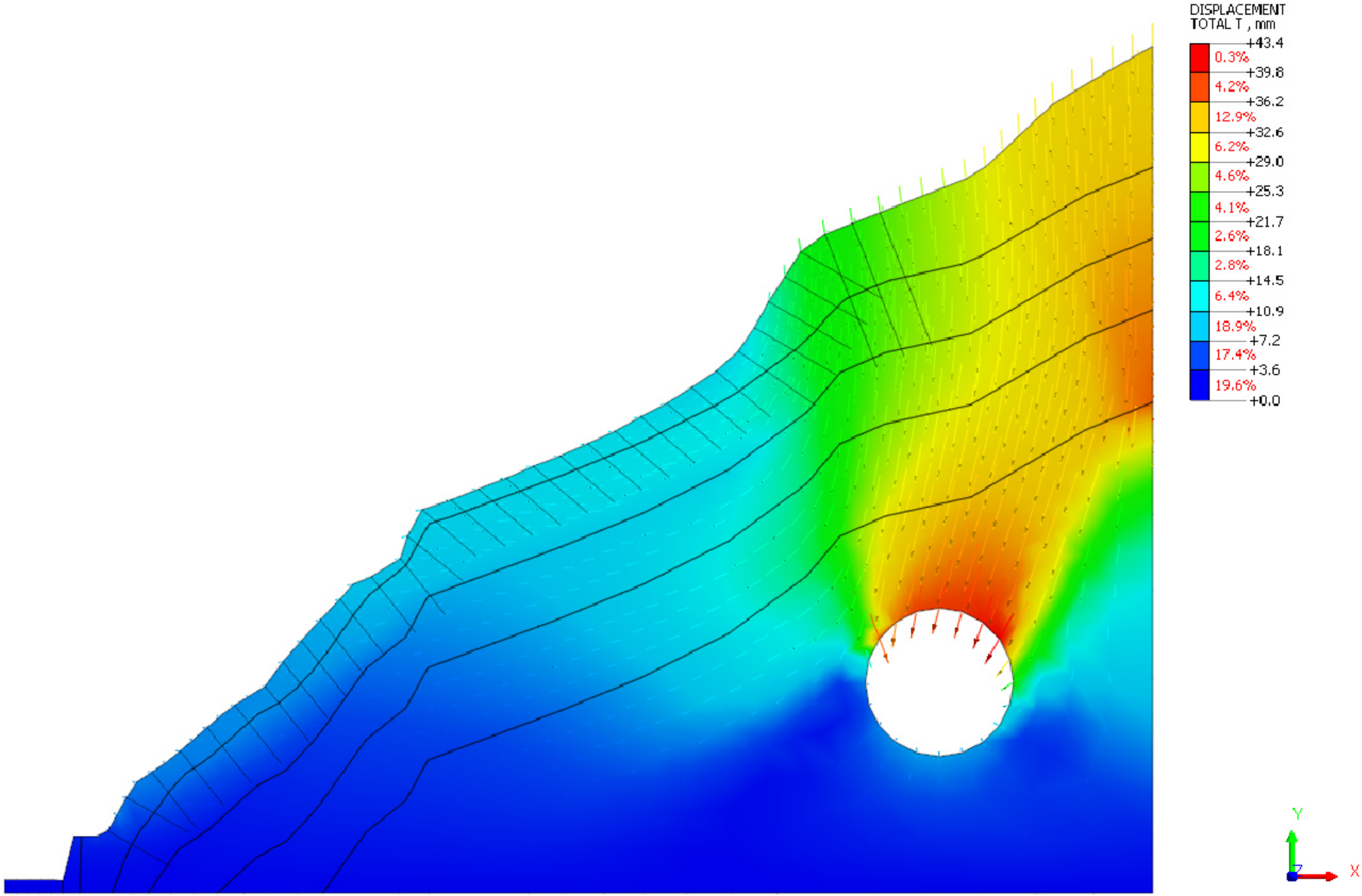


Figura 4-10 - Modello FEM - Mappatura spostamenti alla fine del terzo passo di carico

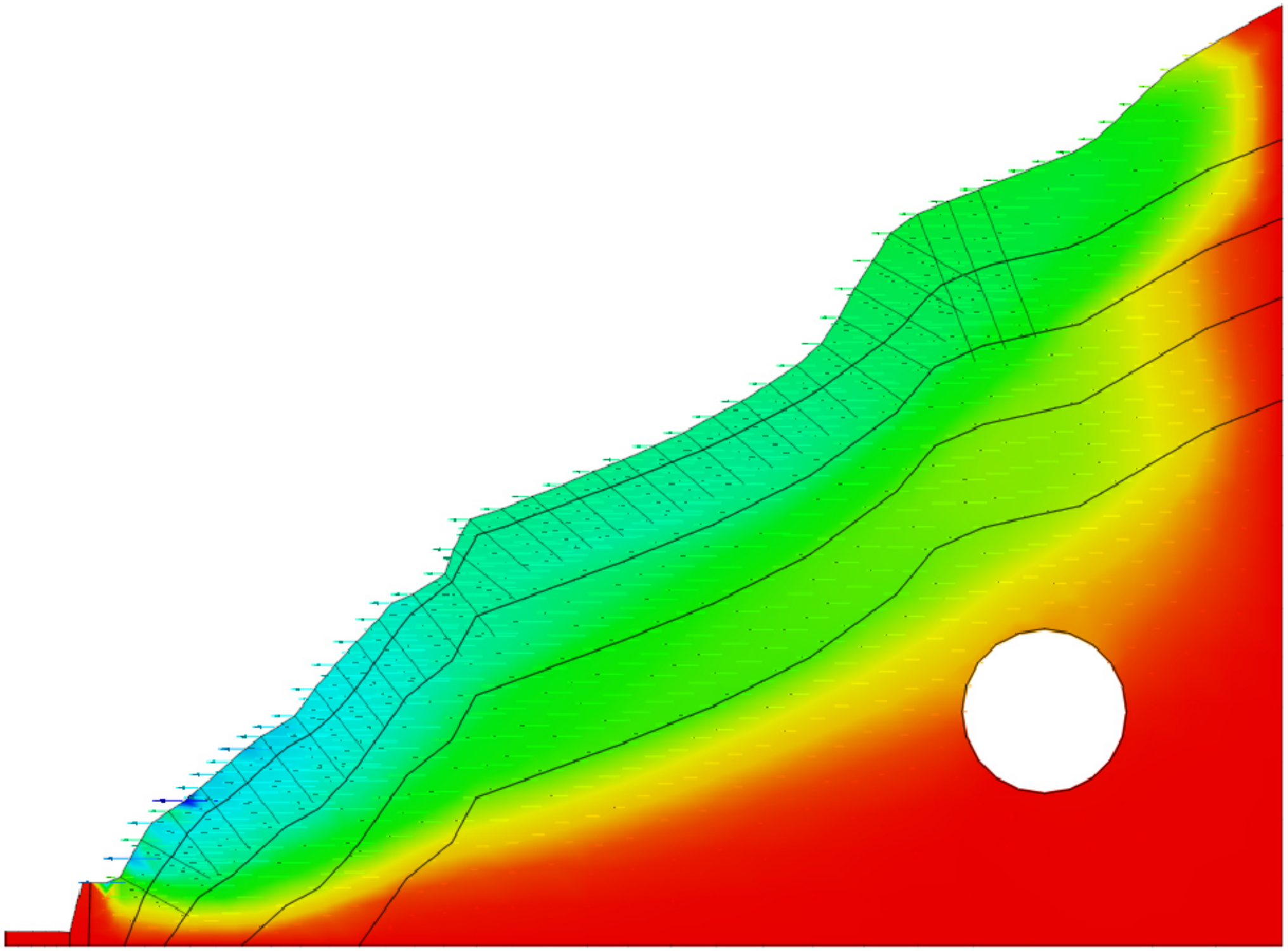


Figura 4-11 - Analisi stabilità globale - condizioni di progetto