autostrade per l'italia

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

Adeguamento del sistema
A7 – A10 – A12

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

SUSCETTIVITA' AL DISSESTO
SCHEDE DISSESTI PG3b

da Carta della suscettività al dissesto
Piano di Bacino – Torrente Varenna
AREA 4 – VARENNA

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE	IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 **RESPONSABILE UFFICIO SGT**	Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 **RESPONSABILE AREA DI PROGETTO GENOVA**	Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 **RESPONSABILE DIREZIONE DTP**

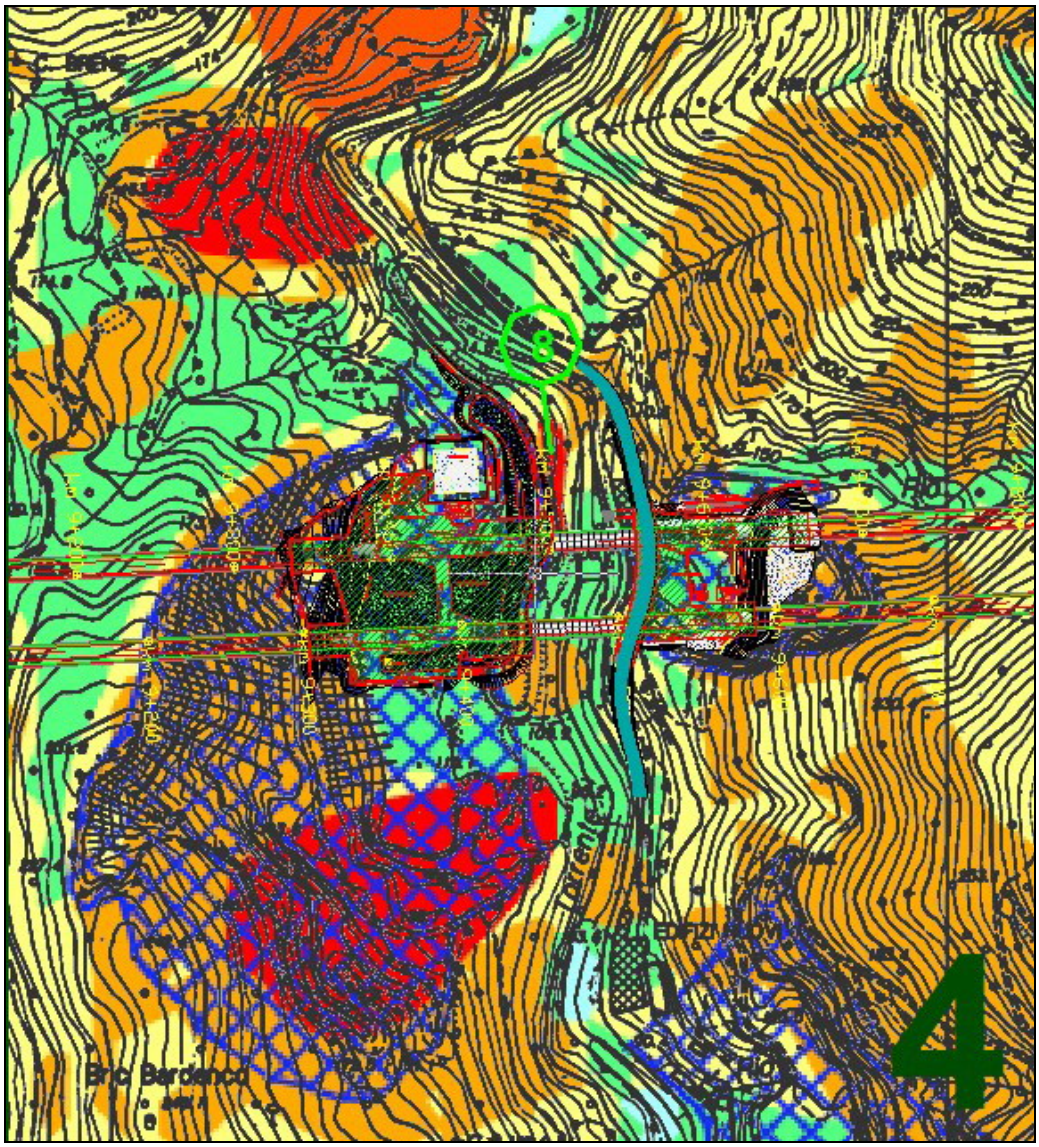
WBS	RIFERIMENTO ELABORATO														DATA:	REVISIONE	
	DIRETTORIO								FILE							n.	data
–	codice commessa							N.Prog.	unita'			ufficio			n. progressivo			Rev.	APRILE 2016		
–	1	1	0	7	1	2	0	5				S	G	T	0	2	4	0	–	–	SCALA: –		

spea ENGINEERING gruppo Atlantia	**RESPONSABILE PROGETTO GENOVA** Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
	CONSULENZA A CURA DI :	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Orlando Mazza Ord.Ingg. Pavia N. 1496

	VISTO DEL COMMITTENTE	VISTO DEL CONCEDENTE
	autostrade per l'italia R.U.P. – 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 AREA TORRENTE VARENNA (PG3B)



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 Interventi previsti dal Piano di Bacino 10

3.4 DISSESTI SEGNALATI DALL'INVENTARIO FENOMENI FRANOSI D'ITALIA 12

3.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 13

3.5.1 Unità tettonometamorfiche Voltri e Palmaro-Caffarella 13

3.5.2 Geomorfologia ad ovest della Sestri-Voltaggio 26

3.5.3 Vincoli 27

4. ASPETTI GEOTECNICO - INGEGNERISTICI 28

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 28

4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO 28

4.3 RACCOMANDAZIONI ESECUTIVE DURANTE I LAVORI 29

5. INDAGINI INTEGRATIVE PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO GEOTECNICO 31

6. CONCLUSIONI 33

Annessi alla Scheda:

- *Elaborato GEO0030 - Carta dei vincoli - Tavola 3*
- *Elaborato GEO0004 - Carta geologica - Tavola 3*
- *Elaborato GEO0022 - Carta geomorfologica - Tavola 3*

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 elevata (Pg3b-versanti non in frana ma al limite dell'equilibrio) viene predisposta un'apposita scheda, in cui viene descritto come gli interventi previsti in progetto non abbiano influenza negativa sul versante sovrastante, andando a migliorare localmente le condizioni di stabilità.

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.

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, geomorofologica ed idrogeologica generale*
- *GEO0002-0009 Carta geologica*

- *GEO0010-0019: Profilo geologico*
- *GEO0020-0027: Carta geomorfologica*
- *GEO0028-0035: Carta geomorfologica*
- *APE0001: Relazione geotecnica*
- *APE0020: Monitoraggio geotecnico delle opere all'aperto*

In particolare, il presente documento riporta le valutazioni geologiche- geomorfologiche e geotecniche-ingegneristiche relative all'area del Torrente Varenna.

In tale area il progetto prevede la realizzazione delle Gallerie Amandola est ed ovest, Gallerie Monterosso est ed ovest, del Viadotto Varenna est ed ovest e delle viabilità Vs14 e Vs16.

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, geomorfologica ed 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 1:2.000) 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 (GEO0004);
- profili geologici in asse ai tracciati delle opere principali;
- carta geomorfologica (GEO0022);
- carta dei vincoli (GEO0030);
- carta di ubicazione delle indagini.

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.

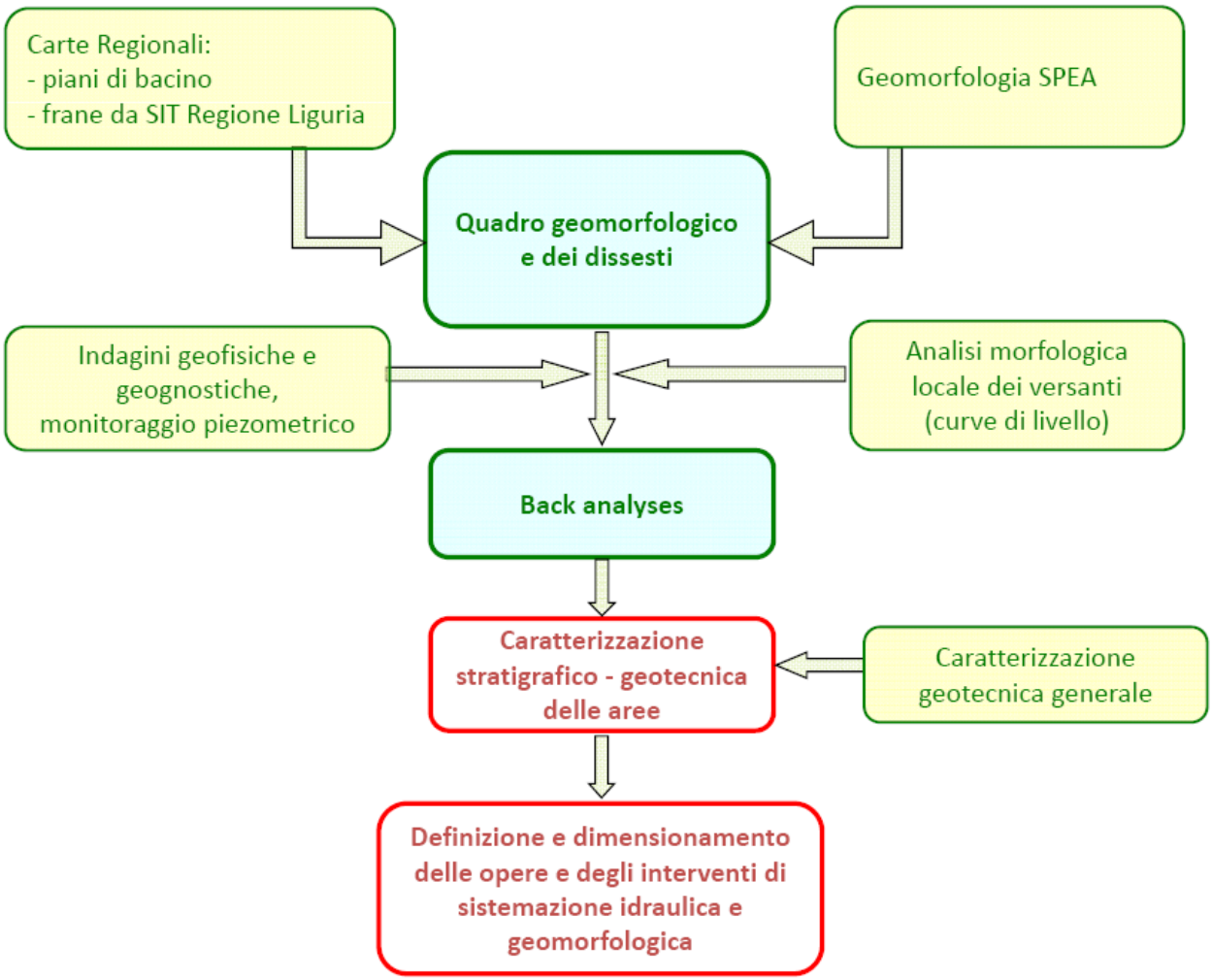


Figura 2-1 – Schema generale metodologia

3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

3.1 ELEMENTI IDENTIFICATIVI

LOCALITÀ: CAVA PIAN DI CARLO

COMUNE: GENOVA

PROVINCIA: GENOVA

BACINO: TORRENTE VARENNA

3.2 CARTOGRAFIA

CTR 1:10.000: 213100

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 (GEO0030).

3.3.1 Aree Interferenti

L'oggetto trattato nella presente scheda è rappresentato dalle aree **Pg3b** interferenti con le Gallerie Amandola est ed ovest, Gallerie Monterosso est ed ovest, del Viadotto Varenna est ed ovest e le viabilità Vs14 e Vs16.

Le opere in progetto risultano interferenti anche con aree PG4 e Pg3a che sono state oggetto di specifiche schede.

3.3.2 Interventi previsti dal Piano di Bacino

Il Piano degli interventi di mitigazione del rischio del Piano di Bacino prevede all'area in oggetto i seguenti interventi.

- *I7-I8: Prolungamento scogliera d'argine ex Cava Pian di Carlo e sostituzione del guado esistente con adeguato ponte. L'intervento è necessario per completare ed integrare la scogliera a protezione del piazzale della Cava Pian di Carlo, in sponda destra del T. Varenna; detta scogliera allo stato attuale risulta inadeguata. Inoltre è necessario*

prevedere la sostituzione del guado attuale con un nuovo ponte per l'accesso all'area di cava.

- *G7: Sistemazione e ripristino ambientale ex cava Rio Lavino in località Edifizi Nuovi - L'area si presenta come parzialmente gradonata e con accumuli detritici del tipo a conoide alla base dei due fronti di cava principali e richiede interventi di ripristino consistenti nel disgaggio delle porzioni lapidee instabili, regimazione delle acque superficiali e dell'alveo del rio Lavino, che scorre nelle adiacenze della zona di scavo, in quanto la situazione attuale mostra un chiaro dissesto del pendio, indebolito dal taglio artificiale e condizioni di forte instabilità. A conclusione occorrerà sistemare al piede del versante gabbionate con talee, su cui innestare successivi interventi di inerbimento e piantumazione degli accumuli detritici, dal basso verso l'alto, con specie colonizzatrici.*
- *G6: Sistemazione frana cava Pian di Carlo in località Edifizi Nuovi - La parte meridionale della cava Pian di Carlo, è interessata da un movimento franoso attivo e complesso. Occorrerà pertanto mettere in sicurezza questo lato della cava, mediante l'utilizzo di pratiche di ingegneria naturalistica.*

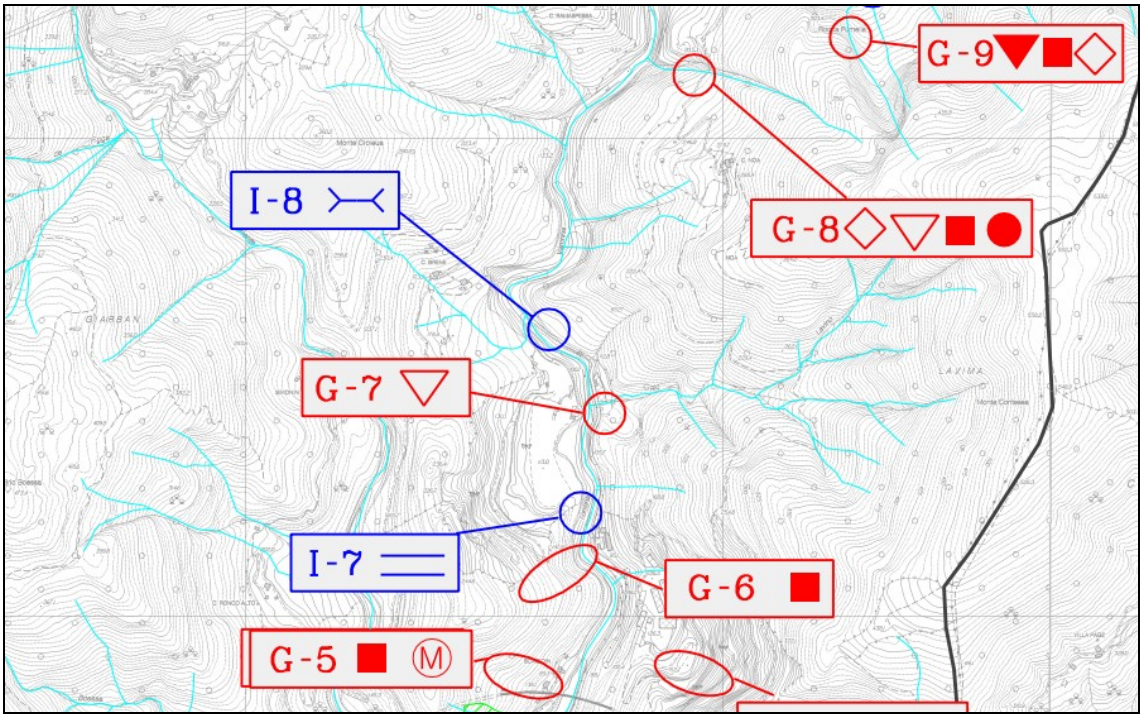


Figura 3-1 – Piano degli interventi (da Piano di Bacino - Torrente Varenna)

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 (Scivolamenti rotazionali/traslativi;
- Colamenti lenti;
- Frane complesse
- Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
- n. 2 DGPV.

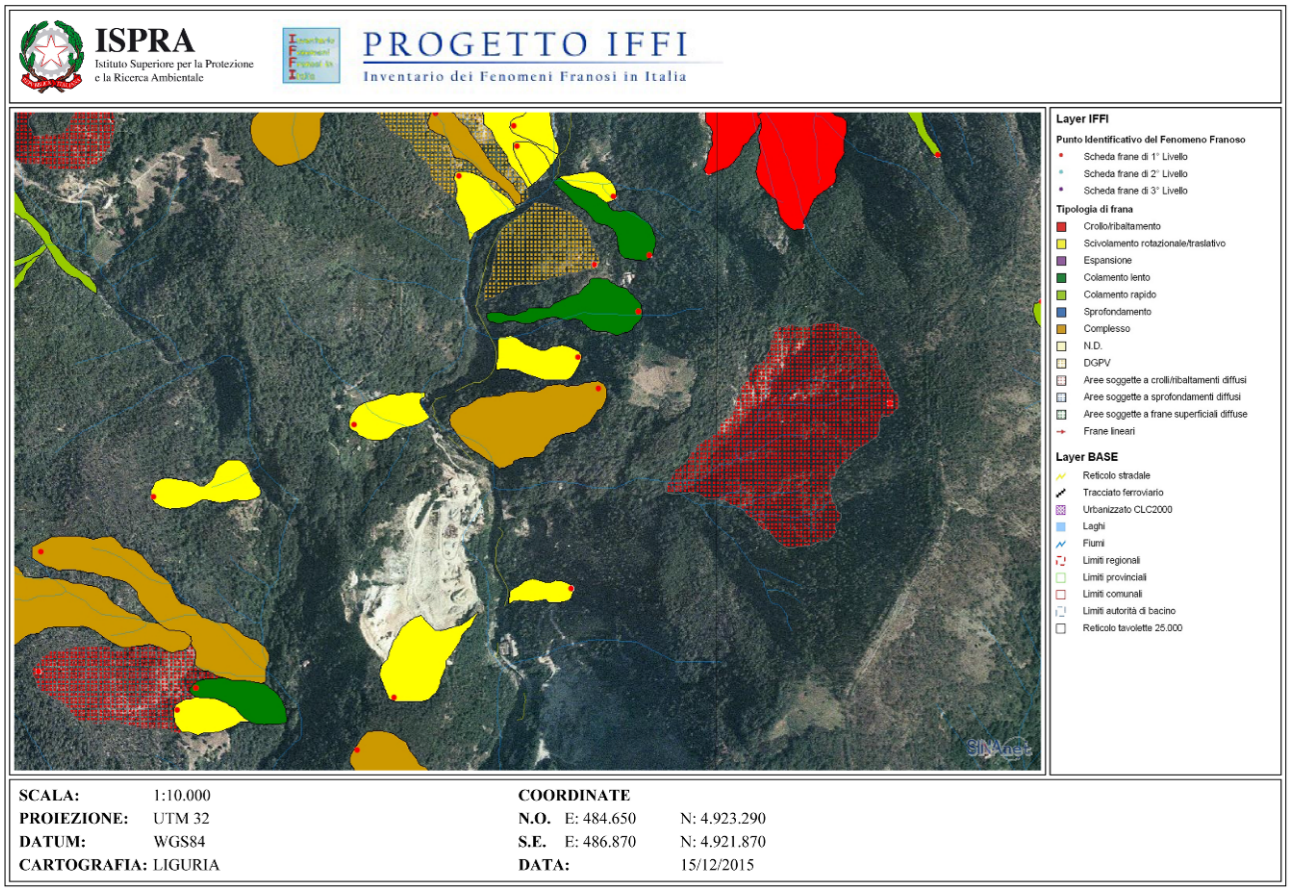


Figura 3-2) identifica nell'area VARENNA una serie di dissesti attivi e quiescenti ascrivibili alle seguenti tipologie di movimento:

- Scivolamenti rotazionali/traslativi;
- Colamenti lenti;
- Frane complesse
- Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
- n. 2 DGPV.

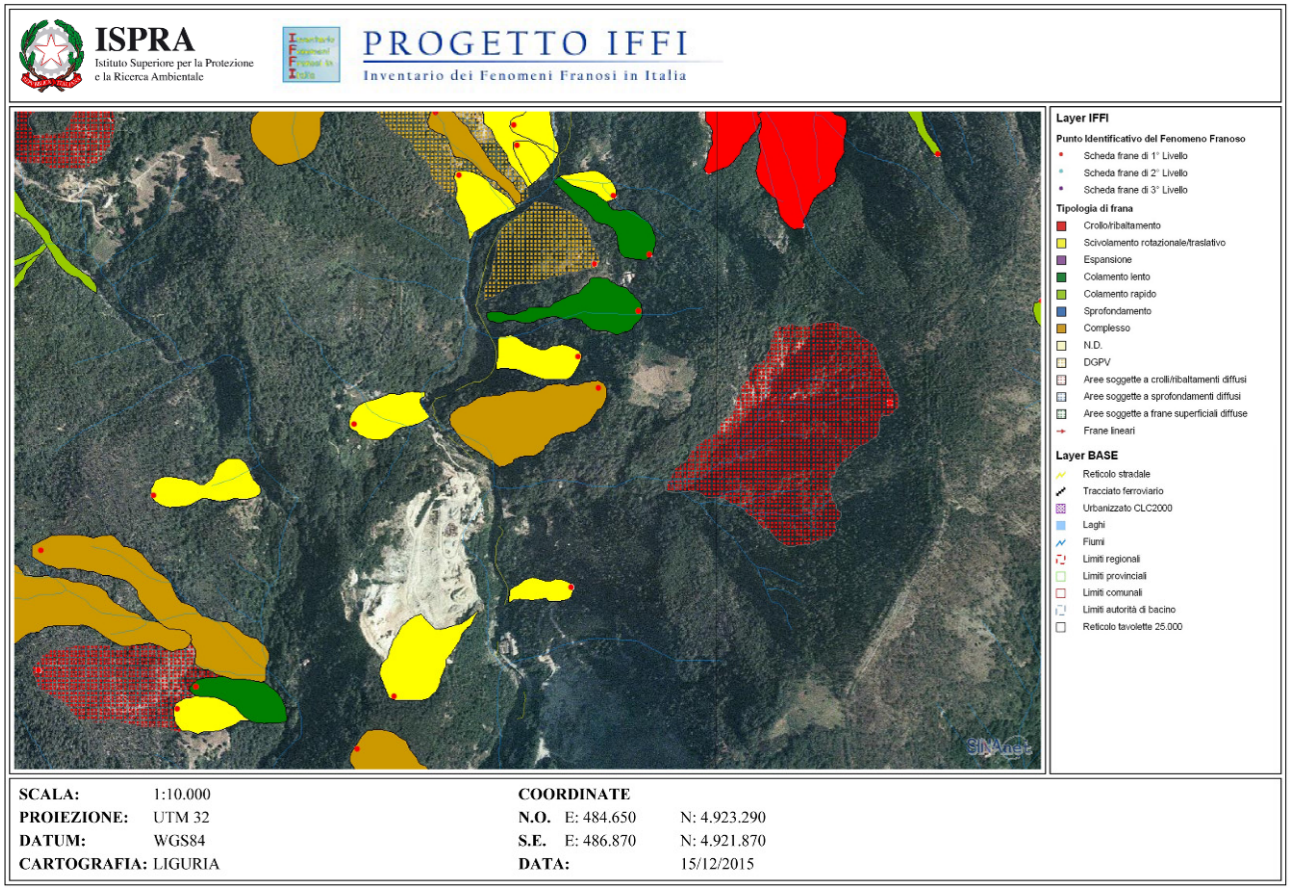


Figura 3-2 – Frane da IFFI (http://www.isprambiente.gov.it)

3.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame si imposta nell'Unità Tettonometamorfica Palmaro Caffarella e Voltri (vedi GEO004).

3.5.1 Unità tettonometamorfiche Voltri e Palmaro-Caffarella

I terreni ascrivibili a queste unità appartengono a successioni oceaniche metamorfiche, riconducibili ad un numero ridotto di termini litologici: calcescisti, quarzoscisti, metagabbri, metabasalti, prasiniti e serpentiniti.

Le serpentiniti sono considerate derivanti dal materiale peridotitico del mantello terrestre superiore, i metagabbri derivanti dalle sequenze intrusive gabbriche (strato 3 della crosta oceanica), i metabasalti dai basalti dello strato 2 oceanico, mentre i calcescisti e le quarziti sarebbero gli equivalenti metamorfici delle coperture sedimentarie della crosta oceanica (strato 1).

Nell'ambito della cartografia geologica sono stati distinti i litotipi in base alla loro composizione mineralogica, rilevabile in campagna, integrata da informazioni (riportate con apposito sovrassegno) relative ad elementi tessiturali e strutturali, che sono stati ritenuti propedeutici alla caratterizzazione geomeccanica degli ammassi.

Si osserva come sia presente una certa eterogeneità nella percentuale affiorante rispetto a quella interessata da coperture detritiche ed a quella sub-affiorante: la porzione con la minor quantità di affioramenti si trova ad Ovest (zona dei calcescisti), mentre spostandosi verso Est e Nord la quantità e la qualità degli affioramenti (grado di esposizione) tende ad aumentare (serpentiniti e peridotiti lherzolitiche).

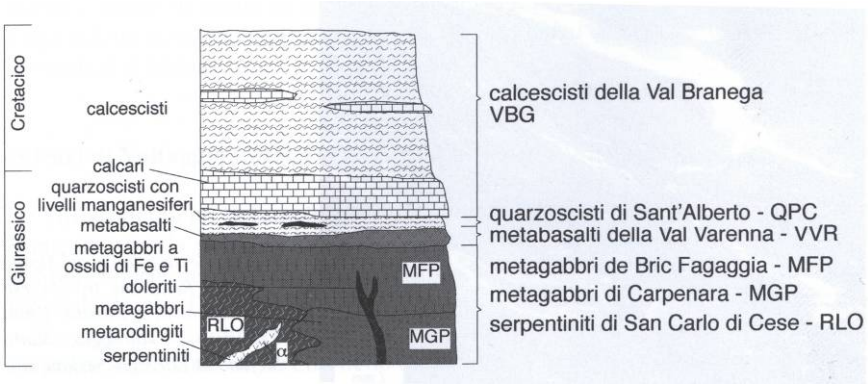


Figura 3-3 – Successione dell'Unità Palmaro-Caffarella (da Note illustrative Foglio CARG)

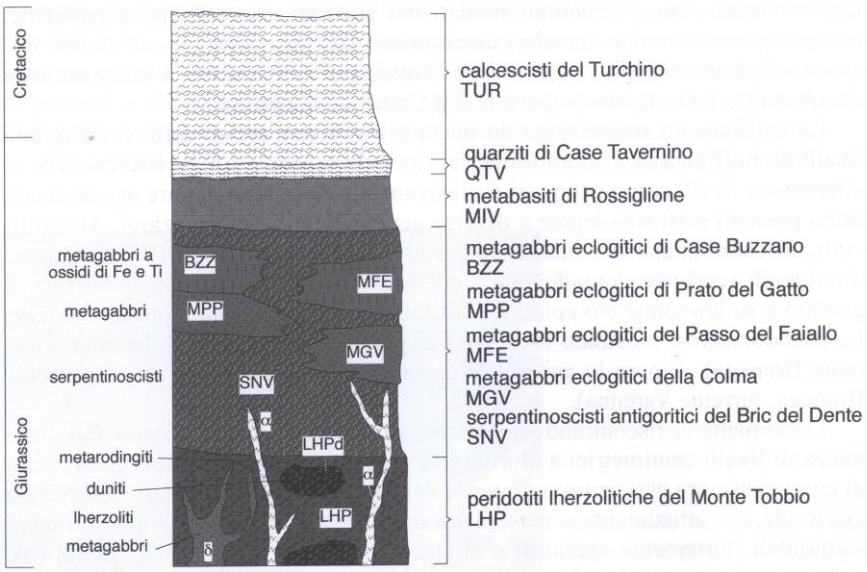


Figura 3-4 – Successione dell'Unità Voltri (da Note illustrative Foglio CARG)

Calcescisti (CS)

Con questo termine si indicano metasedimenti di varia composizione, in particolare si riconosce un'alternanza di scisti carbonatici più o meno filladici o marmorei e di scisti quarzoso micacei..

Dato che la differente percentuale tra i minerali costituenti (essenzialmente quarzo, carbonati e miche, ± clorite, ± cloritoide) determina la transizione calcescisti–micascisti e constatato che nell'ambito dell'area di studio si assiste a una variabilità continua di tale percentuale, si è scelto di cartografare i due litotipi (calcescisti e micascisti) in maniera distinta solo nelle porzioni affioranti e di considerarli in maniera indistinta nell'ambito delle zone di subaffioramento.

I calcescisti s.s. sono maggiormente rappresentati nelle valli del Torrente Cerusa e del Torrente LeirO, mentre i micascisti si trovano prevalentemente nell'estremità occidentale dell'area (Val Vesima) ed in quella centrale (Rio Molinasse). Sono caratterizzati da una scistosità marcata, legata a diverse generazioni di deformazioni. La foliazione principale riportata in carta, definita da minerali in facies scisti verdi, ha allineato, oltre alla superficie litologica originaria, anche altre superfici tettoniche che non risultano più differenziabili (fabric composito, Capponi et alii, 1994). La foliazione principale risulta piegata più o meno blandamente dalle successive fasi deformative.



Foto1: pieghe nella foliazione nei calcescisti

I Calcescisti sono talvolta associati a bande trasposte di metabasiti (di spessore decametrico) disposte parallelamente rispetto alla foliazione pervasiva principale.

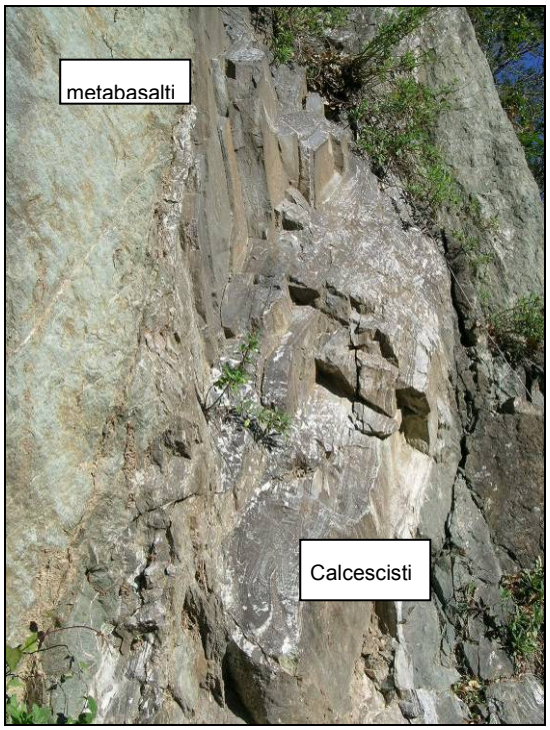


Foto 2: bande di metabasiti nei calcescisti

Nelle facies più carbonatiche la foliazione principale è marcata prevalentemente dall'alternanza tra livelli di carbonati ed altri maggiormente quarzosi con rari fillosilicati; nei micascisti la foliazione si esprime mediante l'alternanza di film millimetrici di fillosilicati (mica bianca) e di lithons millimetrici a quarzo prevalente.



Foto 3: lenti di quarzo

I calcescisti carbonatici appaiono di colore da marrone (superficie debolmente alterata) a grigio (frattura fresca), mentre se sono più profondamente alterati assumono colorazioni rossastre.

Gli scisti quarzoso micacei, invece, assumono delle tonalità più scure, con colorazioni solitamente da grigie chiare a grigie scure in frattura fresca; sono rocce che spesso si alterano, assumendo tonalità arancione - ocra e si disgregano fino a generare spesse coltri di disfacimento.

Il settore più orientale dell'area presenta micascisti intensamente foliati e particolarmente alterati; questa caratteristica, evidenziata in carta da un apposito sovrassegno, potrebbe derivare dall'assetto strutturale della zona che si colloca a ridosso della "linea" Sestri – Voltaggio, oppure da una diversa composizione mineralogica originaria.

Età ipotizzata dal CARG: Giurassico sup-Cretaceo sup

Denominazioni da CARG: Calcescisti della Val Branega (VGB) Calcescisti del Turchino (TUR)

Quarzoscisti di S.Alberto (QPC)

Scisti quarzitici di colore chiaro (biancastro - verdastro), si presentano in lenti di spessore decametrico, ad andamento N-S, al contatto tra i calcescisti e le serpentiniti. Al loro interno è possibile riconoscere pieghe e scistosità legate a diverse generazioni di deformazioni (foto4).

I Quarzoscisti si trovano esclusivamente sul versante tra il Rio Molinasse ed il Santuario della Madonna del Gazzo; essi assumono in carta una forma lenticolare, di lunghezza pari a circa 1 km, intercettata dal sondaggio VB11 che ha consentito il prolungamento della lente verso N.

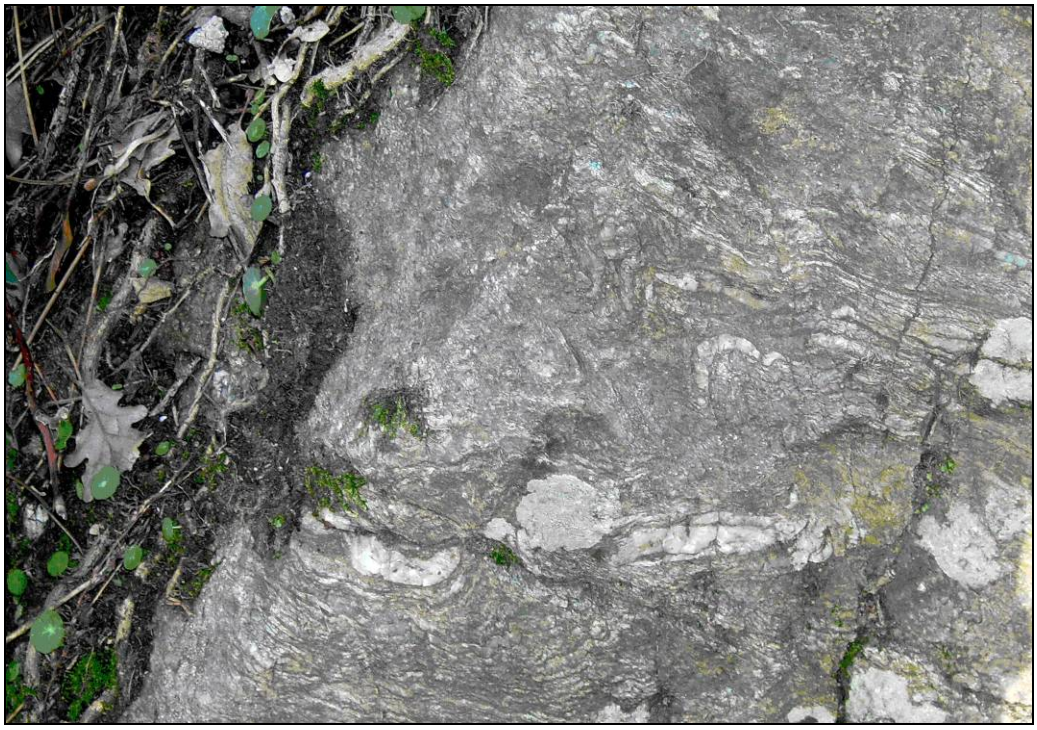


Foto 4: affioramento di quarzoscisti

Si osserva al loro interno un'alternanza composizionale parallela alla foliazione principale della roccia, che è deformata da pieghe aperte. Nei livelli a prevalente composizione quarzoso feldspatica, il quarzo, che può arrivare a costituire l'80% in volume, ha tessitura granoblastica, con tipici contatti a circa 120° tra i granuli. I granuli di calcite sono rari, costituiscono al massimo il 5 % della roccia; i fillosilicati e la clorite, anch'essi poco abbondanti, sono dispersi tra i granuli di quarzo e feldspato ma sono orientati parallelamente alla foliazione. Sono anche presenti minerali opachi.

Età ipotizzata dal CARG: Giurassico sup-Cretaceo sup

Metagabbri (MG)

I metagabbri si presentano in affioramento come molto compatti, resistenti e formano lenti di qualche centinaio di metri, distribuite all'interno sia dei Calcescisti, sia delle Serpentiniti. Sono stati distinti in affioramento due categorie di metagabbri: un tipo preserva minerali di paragenesi eclogitica, mentre l'altro mostra una spiccata retrocessione metamorfica in facies scisti verdi. Quando non è stato possibile definire a quale di queste categorie appartenessero alcuni metagabbri, li si è indicati con il termine litologico generico.

I metagabbri in facies eclogitica sono stati cartografati esclusivamente in località Torrazza, in prossimità del Viadotto autostradale Fagaggia; i metagabbri indistinti, invece, risultano prevalentemente concentrati nella parte centro-meridionale dell'area in esame, tra il Bric Fagaggia ed il Bric Castellaccio.



Foto 5: affioramento di metagabbri

I Metagabbri in facies scisti verdi sono di colore verde e bianco in frattura fresca, in alterazione assumono colorazioni ocra. Hanno grana da medio a fine e struttura talvolta foliata. Tale foliazione è continua e marcata dall'alternanza tra livelli centimetrici a pirosseni ed anfiboli (retrocessi) ed altri a quarzo: spesso mostrano tessitura di tipo flaser. Questa roccia si presenta in affioramento come molto compatta e resistente. Estesi affioramenti di metagabbri di colore biancastro, con tessitura flaser e caratteristica mineralogia a smaragdite (anfibolo cromifero di colore verde smeraldo) pseudomorfa sui siti dell'originaria onfacite, si rinvengono in Val Varenna.

Nell'ambito dello studio relativo alla presenza di amianto naturale è stata evidenziata la presenza di scisti ad anfibolo della serie tremolite-actinolite e clorite, ± diopside, ± carbonato (abbreviazione: SAC), tipicamente collocati al contatto tra calcescisti e metabasiti, in livelli da centimetrici a decimetrici, che hanno subito eventi multipli di deformazione e ricristallizzazione in facies metamorfica degli scisti verdi. Nella carta geologica (GEO002-009) i principali orizzonti di SAC sono evidenziati con un colore specifico.

Si tratta di rocce marcatamente foliate, ricche in anfibolo (comunemente con habitus aghiforme) e clorite; generalmente alla macroscala si apprezza una evidente eterogeneità litologica. Gli scisti a clorite-tremolite probabilmente derivano da protoliti a composizione basica, che hanno subito eventi multipli di deformazione e ricristallizzazione nella facies metamorfica degli scisti verdi.

Età ipotizzata dal CARG: Dogger – Malm

Denominazioni da CARG: Metagabbri di Carpenara (MGP), Metagabbri del Bric Fagaggia (MFP), Metagabbri eclogitici della Colma (MGV), Metagabbri eclogitici del Prato del Gatto (MGP)



Foto 6: affioramento di scisti a clorite-tremolite

Metabasiti (MB)

Sono riportate in carta con questo termine rocce derivate da originari basalti o gabbri per le quali non è stato possibile riconoscere il protolito in maniera continua. Solo a livello degli affioramenti, quando possibile, sono stati distinti i metabasalti. Questi si presentano sia compatti che scistosi a grana fine frequentemente a tessitura listata di spessore da millimetrico a centimetrico a prevalenti albite + epidoto e anfibolo + clorite.

Età ipotizzata dal CARG: Dogger - Malm

Denominazioni da CARG: Metagabbri di Carpenara (MGP), Metagabbri del Bric Fagaggia (MFP), Metagabbri eclogitici della Colma (MGV), Metagabbri eclogitici del Prato del Gatto (MGP)

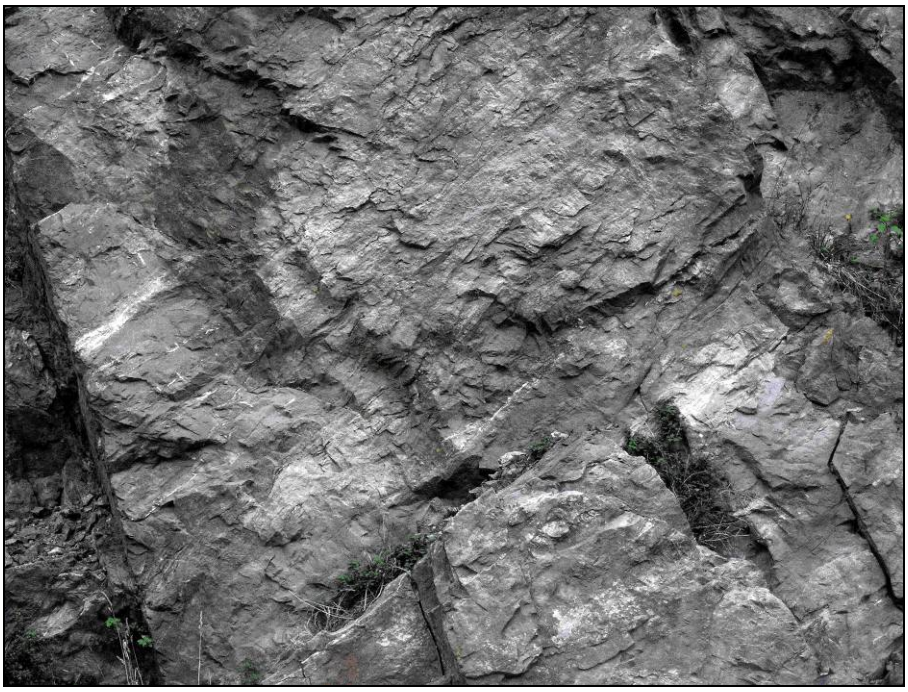


Foto 7: affioramento di metabasiti

Serpentiniti (S)

Sotto questa voce sono comprese serpentiniti e serpentinoscisti derivanti dal materiale peridotitico di derivazione mantellica superiore, che mantengono talvolta relitti della tessitura lherzolitica originaria. Si presentano di colore verde, da chiaro a scuro, in frattura fresca; quando alterate, invece, assumono colorazioni più arancioni-rossicce, talvolta marroni.

In affioramento si presentano con caratteristiche tessiturali e strutturali estremamente variabili in risposta alla deformazione subita.

Le diverse facies tessiturali osservate sono descritte di seguito.

Serpentiniti a tessitura massiccia: presentano un aspetto generalmente compatto, le foliazioni sono presenti ma prevale la componente massiva (foto 8). Passano gradualmente a



Foto 8: affioramento di serpentiniti a tessitura massiccia

Serpentiniti a tessitura foliata (che rappresentano il tipo più diffuso), caratterizzate dallo sviluppo di clivaggi e/o scistosità evidenti, riferibili a diverse generazioni di deformazione.

Va sottolineato che le caratteristiche reologiche delle serpentiniti sono tali da far si che questo litotipo risponda in maniera pervasiva a quantità di deformazione anche modeste; per questo motivo, molti affioramenti sono caratterizzati da superfici di scistosità differenti, variamente compenetrate e con orientazione estremamente variabile. Un'analisi efficace della giacitura delle superfici di scistosità deve quindi normalmente essere condotta alla macroscala, piuttosto che alla mesoscala

Le serpentiniti da massicce a foliate sono accomunate da parametri di coesione e resistenza della roccia intatta relativamente elevati.

Queste due litofacies affiorano con continuità nell'intera parte centro-settentrionale dell'area (Val Varenna, Rio Condotti), mentre in quella occidentale (Val Vesima, Val Cerusa e Val Leira) formano lenti ettometriche trasposte, parallelizzate alla foliazione regionale.

In generale, la foliazione è prevalentemente marcata dall'isoorientazione del serpentino, del talco e dei minerali fibrosi.



Foto 9: affioramento di serpentiniti a tessitura foliata

Accanto a queste due litofacies, ve ne sono altre le cui caratteristiche sono ereditate da deformazioni tettoniche subite principalmente in un contesto post-metamorfico, a livelli crostali superficiali e in regime di deformazione essenzialmente fragile.

Tra queste, si riconoscono facies di Serpentiniti brecciate, affioranti in Val Branega e lungo una facia di estensione plurichilometrica che prosegue in direzione NNW verso il settore di Acquasanta Terme; si tratta di brecce di origine tettonica, a clasti serpentinitici eterometrici, con matrice solitamente ben cementata.



Foto 10: affioramento di serpentiniti brecciate



Foto 11: dettaglio di affioramento in serpentiniti brecciate

Facies di Serpentiniti a tessitura cataclastica sono state distinte nel settore più prossimo alla linea Sestri - Voltaggio, in corrispondenza della valle del Rio Cassinelle (zona di deformazione di Scarpino del Dominio Timone-Scarpino) e nel settore di Case Timone (zona di deformazione di Timone del Dominio Timone-Scarpino); sono caratterizzate da un intenso grado di fratturazione con presenza di tutte le facies tipiche delle zone di deformazione cataclastica, in particolare protobrecce, brecce cataclastiche, cataclasiti, ultracataclasiti e porzioni a gouge argilloso; le zone deformate possono avvolgere litoni da centimetrici a pluridecametrici poco deformati che, in virtù della loro maggiore resistenza meccanica, spesso sono gli unici elementi affioranti sui versanti impostati in queste fasce di deformazione. Le superfici di disgiunzione si presentano per lo più lisce, spesso con superfici di aspetto vetrificato.

Età ipotizzata dal CARG: Dogger - Malm

Denominazioni da CARG: Serpentiniti di S. Carlo di Cese (RLO), Serpentinoscisti antigoritici del Bric del Dente (SNV)



Foto 12: affioramento in serpentiniti cataclasate

Peridotiti lherzolitiche del Monte Tobbio (LHP)

Lherzoliti a(olivina, orto e clinopirosseno, spinello e plagioclasio. Sono presenti nella zona centro settentrionale della carta, mostrano diversi gradi di serpentinizzazione, passando gradualmente a serpentiniti con relitti più o meno preservati di tessiture mantelliche. Al loro interno sono localmente riconoscibili filoni e/o dicchi più o meno intensamente trasposti a composizione basaltica o gabbrica, quasi sempre interessati da processi di rodingitizzazione.

La distinzione tra peridotiti lherzolitiche ± serpentinizzate e serpentiniti a relitti di tessiture peridotitiche non è sempre di facile applicazione, poiché non si individua quasi mai un limite netto, essendo la transizione tra le due litofacies di natura graduale e complicata da probabili ripetizioni per piega, difficilmente riconoscibili. Con il termine di peridotiti lherzolitiche, si indica quindi un litotipo in cui la struttura granulare e la mineralogia originarie sono ancora riconoscibili in modo apprezzabile.

Età ipotizzata dal CARG: Dogger - Malm



Foto 13: affioramento di lherzoliti intersecato da un filone di metagabbri

I *depositi superficiali* sono rappresentati essenzialmente da depositi di versante, depositi eluvio/colluviali e depositi alluvionali.

3.5.2 Geomorfologia ad ovest della Sestri-Voltaggio

Da un punto di vista geomorfologico, l'area di interesse si sviluppa lungo il Torrente Varenna, in prossimità della ex Cava Pian di Carlo. La zona è stata oggetto nel passato di numerose attività estrattive (attualmente l'unica cava aperta - Tana dei Banditi - è si colloca più a nord del settore analizzato).

L'area è caratterizzata dallo sviluppo di morfologie strettamente legate alla resistenza del substrato:

Nelle aree in cui affiorano prevalentemente calcescisti, litotipo erodibile, si determina lo sviluppo di coltri eluvio-colluviali costituite da depositi talora di spessore consistente a granulometria prevalentemente di sabbie-limose, sabbia-argillosa e ghiaie, sulle quali si instaurano diffusi fenomeni erosivi e dissesti, sia attivi che quiescenti (tipo colata o rototraslazione).

La presenza di estesi affioramenti di serpentiniti e lherzoliti, più competenti, dà luogo a morfologie aspre ed a scarsa od assente presenza di coperture e suoli. In questo ambito prevalgono le frane in roccia e le falde di detrito derivanti dal disfacimento dell'ammasso roccioso alterato e fratturato. Diffusi sono i fenomeni erosivi per ruscellamento diffuso e scorrimento superficiale. I versanti sono normalmente ripidi e denudati, mentre le valli risultano strette e molto incise.

L'area è caratterizzata dall'affioramento di litotipi dell'unità Voltri e Palmaro Caffarella, principalmente calcescisti, metagabbri e serpentiniti.

3.5.3 Vincoli

Per la realizzazione della carta dei vincoli allegata al progetto si è fatto riferimento a diverse fonti ed in particolare alle informazioni contenute nei Piani di Bacino, redatti dalla Provincia di Genova ed all'Inventario dei Fenomeni Franosi d'Italia (ISPRA) presente sul geoportale della Regione Liguria.

Nella seguente figura è riportato il quadro d'unione dei Piani di Bacino.



Figura 3-5 – *Quadro d'unione dei Piani di Bacino*

L'area in esame ricade all'interno del Bacino del Torrente Varenna.

Nella tavola GEO0030 è stata riportata la carta della suscettività al dissesto, fornita direttamente dalla Regione Liguria, ed i dissesti derivati da IFFI, classificati per tipologia di frana e stato di attività.

4. ASPETTI GEOTECNICO - INGEGNERISTICI

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica (modello geotecnico di riferimento) ci si è basati:

- sui dati geologici-geomorfologici descritti nel Capitolo 3;
- su quanto riportato nel documento relativo alla caratterizzazione geotecnica allegata al Progetto Definitivo (cfr. elaborato APE0001); in particolare, si è fatto riferimento alla caratterizzazione relativa alla formazione di base e della relativa fascia di alterazione;
- per le opere d'arte più impattanti (scavi imbocchi), ai risultati di back analysis eseguite sulle sezioni ritenute più rappresentative per le opere, con la finalità di determinare i parametri di resistenza dei materiali delle coltri superficiali, da confrontare con i valori di caratterizzazione di progetto.

4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Nell'area interessata ricadono le seguenti opere, di cui si riporta una descrizione di massima degli interventi previsti:

- Piazzale imbocco GN Amandola GE: scavi con paratie di pali multitirantate e riempimento con Terre Rinforzate
- Piazzale imbocco GN Monterosso SV: scavi con paratie di micropali multitirantate e scavi chiodati e riempimento con Terre Rinforzate
- Viadotto Varenna Est e Ovest: Fondazioni profonde su pozzi
- VS14: Nuova viabilità con Terre Rinforzate a valle
- VS16: Nuova viabilità con Terre Rinforzate a valle

In particolare, per le opere d'arte maggiori, il progetto prevede di realizzare fondazioni profonde su pozzi, tali da garantire l'immorsamento della fondazione nel substrato roccioso. Eventuali opere provvisionali sono costituite da paratie di micropali multitirantate.

Per i piazzali di imbocco, dove è necessario garantire spazi di notevoli dimensioni e sono previste altezze di scavo significative, le fasi esecutive prevedono la realizzazione di:

- opere di contenimento, costituite da paratie di micropali multitirantate anche su più livelli; al fine di limitare le altezze dei fronti di scavo, ai lati degli imbocchi delle

gallerie e tra gli imbocchi delle due canne adiacenti, sono stati lasciati ampi contrafforti, delimitati da opere di sostegno tirantate, che hanno lo scopo non solo di ridurre le altezze complessive di scavo ma anche di contenere le deformazioni dei fronti stessi;

- un sistema di intercettazione delle acque di versante;
- opere di sostegno che si collegano ai corpi delle spalle dei viadotti a contenimento del'area del piazzale, realizzato eventualmente in materiale alleggerito, in modo da non gravare su aree instabili;

Il sistema idraulico è finalizzato alla raccolta, allontanamento e recapito nel reticolo idrografico naturale dei contributi idrici intercettati, in generale, all'interno delle aree interessate dalle opere in progetto, in particolare, all'interno delle zone di dissesto. Come noto, infatti, la presenza di acqua è una delle principali cause dei fenomeni di dissesto.

4.3 RACCOMANDAZIONI ESECUTIVE DURANTE I LAVORI

Durante le lavorazioni previste, al fine di prevenire fenomeni di erosione e/o di arretramento/espansione delle aree di dissesto, valgono le seguenti raccomandazioni:

- durante i lavori devono essere presi tutti gli accorgimenti aventi lo scopo di raccogliere e regolare la circolazione delle acque superficiali evitando ristagni e situazioni che possano comportare l'evoluzione di fenomeni erosivi; a tergo delle opere provvisorie di sostegno/contenimento delle terre devono essere sempre previsti drenaggi e/o canalette di raccolta al fine di assicurare la raccolta e smaltimento delle acque superficiali;

- i movimenti terra devono essere limitati allo stretto necessario, adottando tutti gli accorgimenti utili al fine di evitare, durante e dopo l'esecuzione, situazioni che possano comportare fenomeni di degrado delle caratteristiche meccaniche di resistenza delle coltri potenzialmente instabili (eventuali interventi di soil nailing); qualora, durante le operazioni di scavo/movimento terra, si evidenziano particolari condizioni di instabilità a breve termine, gli sbancamenti devono essere eseguiti per settori contenuti ed essere seguiti dall'immediata realizzazione delle opere di contenimento/consolidamento;

- eventuali depositi temporanei dei materiali di scavo devono essere eseguiti con pendenze delle scarpate congrue alle caratteristiche di resistenza dei materiali in modo da evitare fenomeni erosivi lungo le scarpate e/o di ristagno delle acque; la posizione di tali depositi deve essere tale da non compromettere la stabilità delle aree interessate; il depositi

- i riporti di terreno, anche provvisori, devono essere eseguiti per strati, previa predisposizione dei piani di posa (scotico, regolarizzazione e/o eventuale

gradonatura) assicurando il compattamento dei terreni; devono essere comunque sempre previste opere di regimazione ed allontanamento delle acque e protezione dei fenomeni erosivi delle scarpate.

5. INDAGINI INTEGRATIVE PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO GEOTECNICO

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)

6. CONCLUSIONI

La presenza di un'area ad alta suscettività al dissesto in corrispondenza delle opere in progetto ha portato alla necessità di prevedere opere di contenimento intese a evitare lo sviluppo di fenomeni di arretramento e/o espansione delle aree di dissesto e di presidi a garanzia della stabilità delle opere e delle porzioni di versante direttamente interessate.

Si ritiene che le opere in progetto non avranno influenza negativa sulle condizioni di stabilità del versante sovrastante, sulla base delle seguenti motivazioni:

- gli accorgimenti costruttivi adottati (paratie multitirantate, materiali alleggeriti,...) e le fasi realizzative sono tali da garantire, nei confronti della stabilità dei versanti, il rispetto dei fattori di sicurezza sia durante le attività di cantiere che nell'assetto definitivo;
- la limitazione dei prescavi e la realizzazione di paratie di micropali multitirantate ha permesso di prevenire i fenomeni di arretramento e/o espansione delle aree di dissesto contenendo le deformazioni indotte, al fine di evitare il degrado delle caratteristiche meccaniche di resistenza delle coltri potenzialmente instabili;
- per le opere in rilevato che gravano su pendii in frana sono stati previsti materiali alleggeriti, in modo da limitare i sovraccarichi indotti, e opere di presidio a garanzia della stabilità delle opere, o comunque opere di sostegno su fondazione profonda;
- è stato previsto un adeguato sistema di raccolta e smaltimento delle acque sul versante, in modo tale da controllare ed allontanare le acque dal corpo di frana;
- il dimensionamento delle opere è stato condotto considerando un modello geotecnico cautelativo con riferimento ai parametri di resistenza al taglio residui per le coltri superficiali potenzialmente instabili, agli spessori della coltre, al livello di falda, ecc.;
- gli interventi di inserimento paesaggistico verificati dal Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo in ottemperanza alla prescrizione B3 del DEC/VIA n.28 del 23.01.2014, completano tutti gli interventi.

È stato previsto un piano di monitoraggio geotecnico, al fine di acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative, in modo da seguire tutte le fasi realizzative degli interventi e controllare che i valori di spostamento delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in progetto.

Il suddetto piano di monitoraggio geotecnico sarà altresì integrato con un piano di acquisizione di immagini satellitari elaborate con i metodi dell'interferometria radar, a favore di una visione più completa dell'evoluzione dei fenomeni studiati.

Alla luce di quanto sopra, si ritiene che gli interventi previsti nel progetto siano tali da poter acquisire il parere della Provincia.