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 Polcevera
AREA 7 – GENOVA OVEST

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

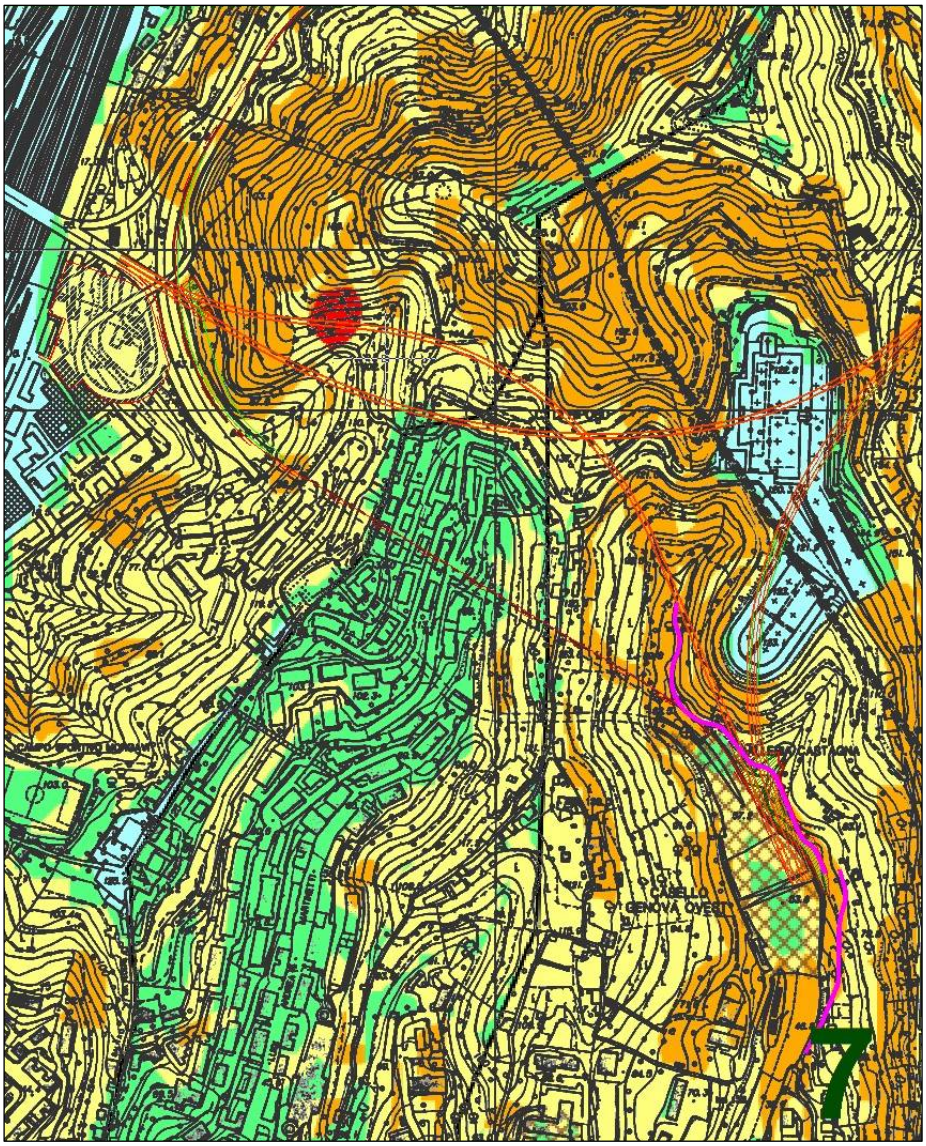
WBS	RIFERIMENTO ELABORATO														DATA:	REVISIONE	
	DIRETTORIO								FILE							n.	data
–	codice commessa							N.Prog.	unita'			ufficio			n. progressivo			Rev.	APRILE 2016		
–	1	1	0	7	1	2	0	5				S	G	T	0	2	5	5	– –	SCALA: –		

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 GENOVA OVEST (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 11

3.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 12

3.5.1 Unità Tettonica Mignanego 12

3.5.2 Unità Tettonica Montanesi 13

3.5.3 Unità Tettonica Ronco 14

3.5.4 Unità Tettonica Antola 16

3.5.5 Geomorfologia della Val Polcevera e del Settore ad est del Torrente Polcevera 19

3.5.6 Vincoli 20

4. ASPETTI GEOTECNICO - INGEGNERISTICI 22

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 22

4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO 22

4.3 RACCOMANDAZIONI ESECUTIVE DURANTE I LAVORI 23

5. INDAGINI INTEGRATIVE PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO GEOTECNICO 24

6. CONCLUSIONI 26

Annessi alla Scheda:

- *Elaborato GEO0034 - Carta dei vincoli - Tavola 7*
- *Elaborato GEO0008 - Carta geologica - Tavola 7*
- *Elaborato GEO0026 - Carta geomorfologica - Tavola 7*

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 di Torbella.

In tale area il progetto prevede la realizzazione delle Gallerie Granarolo, Moro 1 e 2, dell' Interconnessione Genova ovest e della viabilità Vs10.

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 (GEO0008);
- profili geologici in asse ai tracciati delle opere principali;
- carta geomorfologica (GEO0026);
- carta dei vincoli (GEO0034);
- 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.

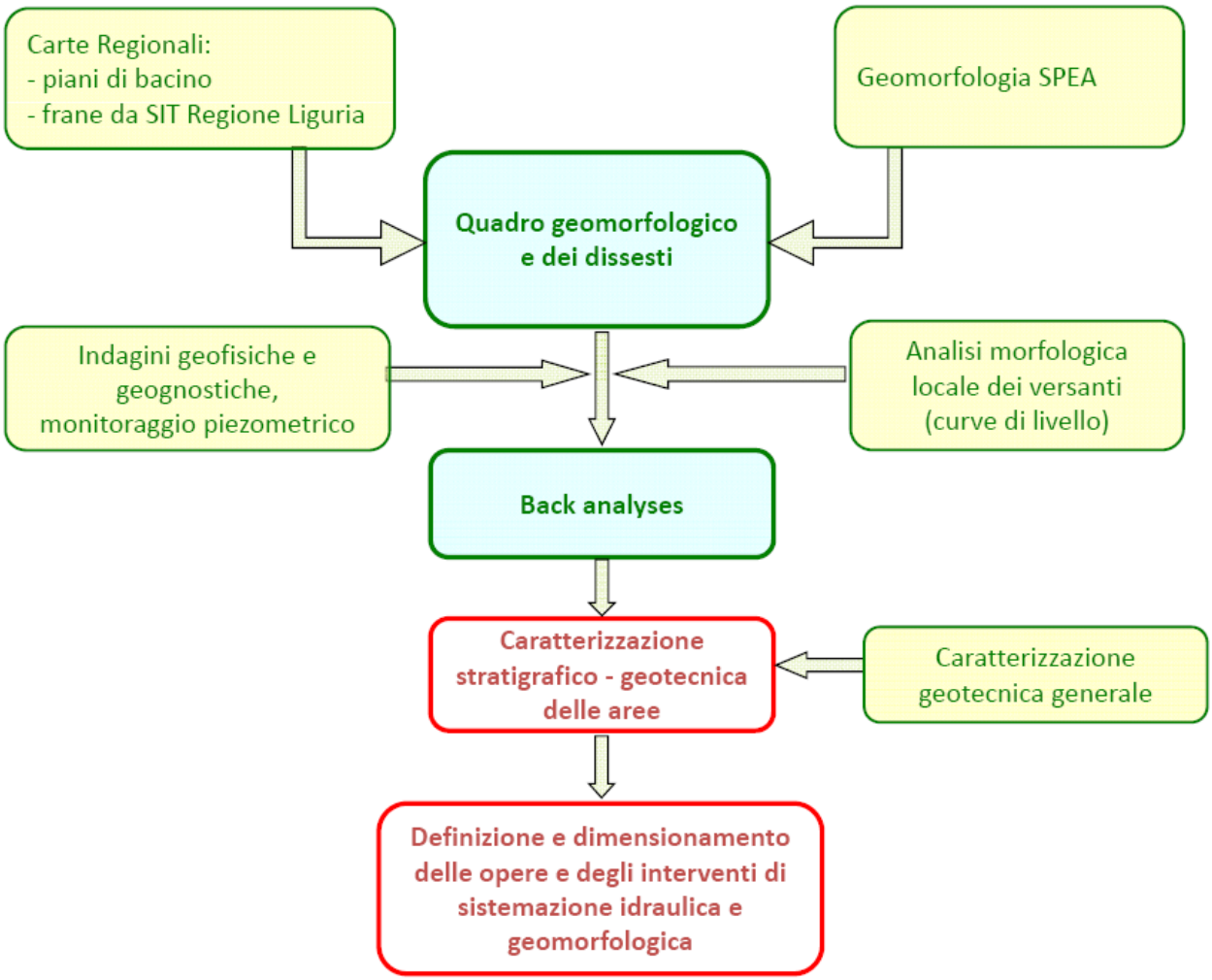


Figura 2-1 – Schema generale metodologia

3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

3.1 ELEMENTI IDENTIFICATIVI

LOCALITÀ: GENOVA OVEST

COMUNE: GENOVA

PROVINCIA: GENOVA

BACINO: TORRENTE POLCEVERA

3.2 CARTOGRAFIA

CTR 1:10.000: 213150

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 (GEO0034).

3.3.1 Aree Interferenti

L'oggetto trattato nella presente scheda è rappresentato dalle aree **Pg3b** interferenti con le Gallerie Granarolo, Moro 1 e 2, l' Interconnessione Genova ovest e la viabilità Vs10.

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 non prevede interventi per l'area in esame.

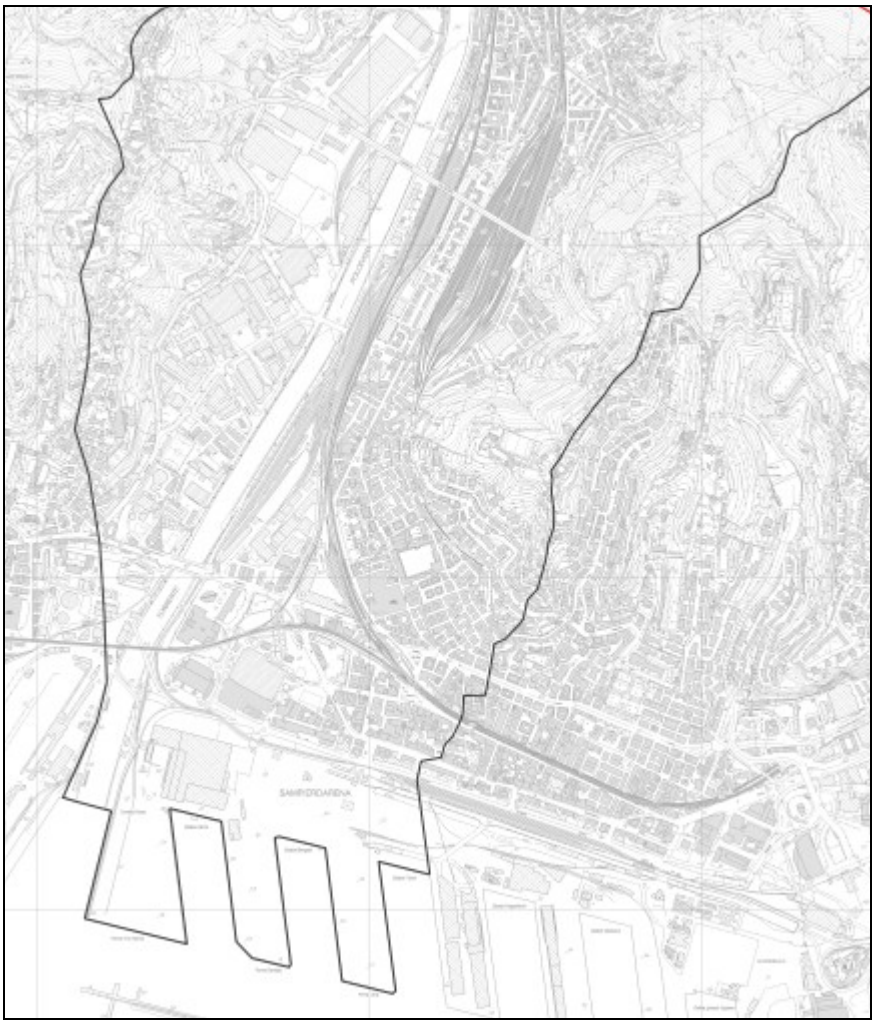


Figura 3-1 – Piano degli interventi (da Piano di Bacino - Torrente Polcevera)

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;

- Aree soggette a frane superficiali diffuse

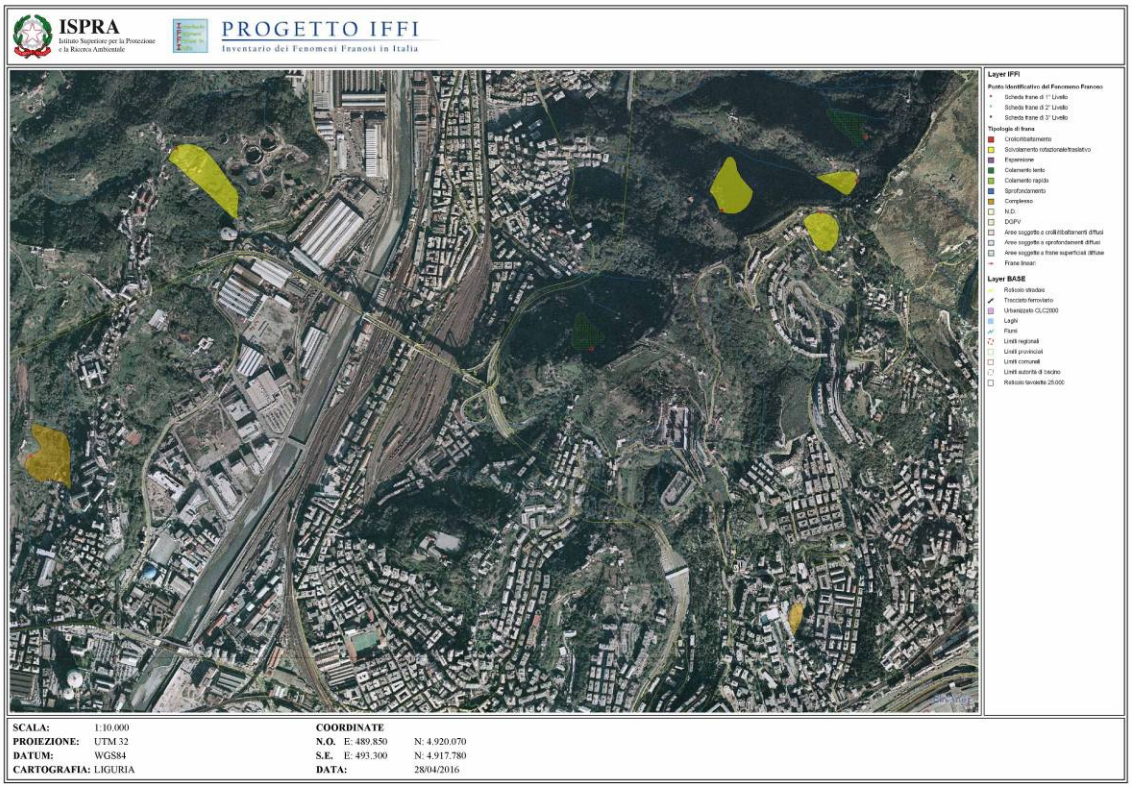


Figura 3-2) identifica nell'area Genova ovest una serie di dissesti attivi e quiescenti ascrivibili alle seguenti tipologie di movimento:

- Scivolamenti rotazionali/traslativi;
- Aree soggette a frane superficiali diffuse

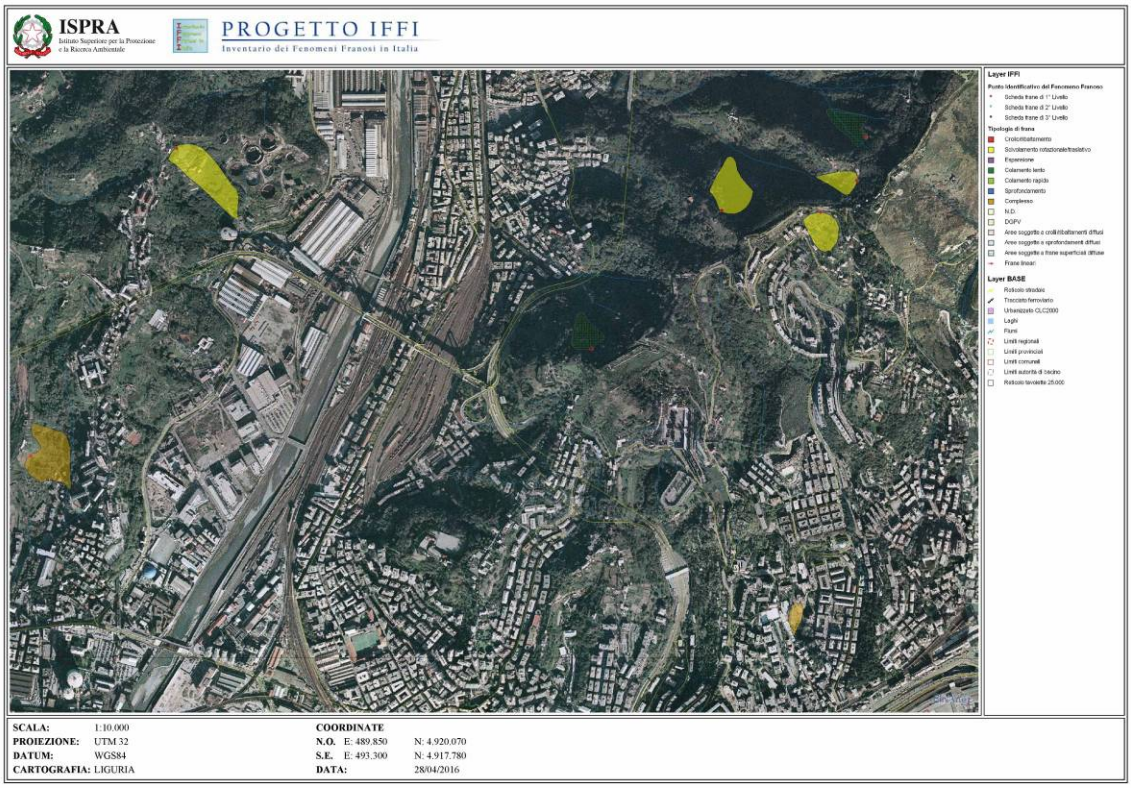


Figura 3-2 – Frane da IFFI (http://www.isprambiente.gov.it)

3.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame si imposta nelle Unità Tettoniche Mignanego Montanesi, Ronco ed Antola (vedi GEO008).

3.5.1 Unità Tettonica Mignanego

Include la sola Formazione di Mignanego, che affiora in lembi discontinui in destra idrografica del Torrente Polcevera. Il limite superiore (con la Formazione di Montanesi) è eroso e in parte coperto dalle alluvioni di fondovalle; il limite inferiore, con gli argilloscisti di Murta, è localmente visibile e si presenta come un contatto tettonico distribuito su più superfici di frizione entro le argilliti.

Formazione di Mignanego (MIG)

La formazione del Flysch di Mignanego è costituita da alternanze di arenarie calcaree grigio chiaro, nocciola in alterazione, a grana da media a medio - fine con laminazione da piano-parallela a convoluta (sequenze di Bouma), in strati da centimetrici a decimetrici, e di siltiti grigio nerastre sottilmente laminate in livelli decimetrici. Gli orizzonti arenacei conservano tracce di figure di erosione alla base.

Presenza di pieghe a piccolo raggio con asse parallelo ai piani di clivaggio. Il rapporto arenarie/siltiti è pari a 1:2.

Sulla base delle strutture sedimentarie in un affioramento presso il fondovalle è stata ipotizzata una giacitura rovescia, ma la scarsità e la bassa qualità degli affioramenti non hanno consentito una verifica di questa possibile struttura.

Nella parte a quota più elevata si osservano soprattutto pieghe asimmetriche a vergenza occidentale, a scala decimetrica, che fanno ipotizzare il proseguimento dello stile strutturale individuato in sinistra idrografica della Val Polcevera.

Età ipotizzata dal CARG: Cretacico sup.



Foto1: Formazione di Mignanego

3.5.2 Unità Tettonica Montanesi

Include la sola Formazione di Montanesi, affiorante in sinistra idrografica del Torrente Polcevera, a partire dal fondovalle fino al contato tettonico con l'Unità Tettonica Ronco. Il limite superiore non è mai direttamente osservabile ma si assiste ad un progressivo incremento del grado di disturbo tettonico (scompaginazione degli strati e clastesi). Il limite inferiore, anch'esso tettonico, non è visibile poiché coperto dalle alluvioni di fondovalle.

Formazione di Montanesi (MTE)

Argilliti e argilliti siltose fittamente laminate, di colore da grigio nerastro a nero, 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, in straterelli da millimetrici a decimetrici. Il rapporto arenaria/pelite è mediamente pari a 1:10. Sono presenti numerose vene di quarzo di spessore centimetrico.

Le superfici di laminazione risultano lisce, con ossidazione superficiale e sviluppo di patine limoso - argillose.

La stratificazione raramente appare poco disturbata e dove questo si verifica le giaciture sono vergenti mediamente verso E. Localmente si osserva una pseudo stratificazione indotta da pieghe isoclinali strizzate a piccolo raggio con interruzione della continuità degli strati arenacei, sempre con immersione verso i quadranti orientali e vergenza mediamente verso W; tali strutture potrebbero essere indotte da fenomeni di trascinamento legati a piani di thrust sub - paralleli alla stratificazione. La foliazione suddivide l'ammasso in lithons di aspetto scaglioso, che sono interessati da fenomeni di pedogenesi fino a 5-6 m di profondità.

Età ipotizzata dal CARG: Cretacico sup.

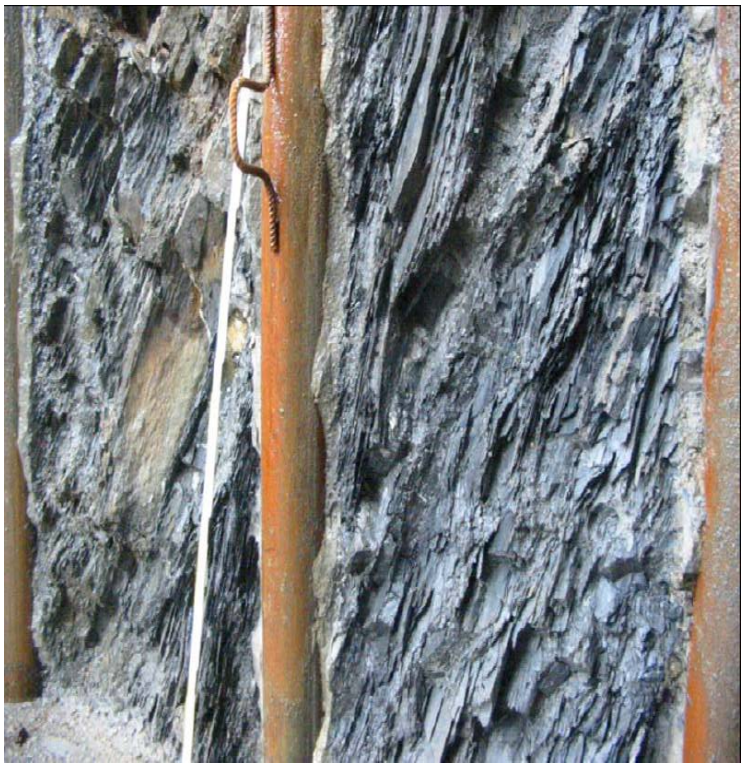


Foto2: Formazione di Montanesi

3.5.3 Unità Tettonica Ronco

Include la sola Formazione di Ronco. Il litosoma, delimitato da contatti tettonici (thrust) a tetto ed a letto, ha geometria complessivamente tabulare con immersione verso E; secondo alcuni modelli (Ellero, 2000) costituirebbe il nucleo di una grande piega isoclinale

laminata.. Le giaciture, mediamente orientate verso E, paiono maggiormente disturbate in una fascia centrale tra la cresta e il fondovalle a partire da Fregoso verso S. Si evidenziano pieghe di ampiezza compresa tra decine e centinaia di metri, con assi orientati grossomodo NE-SW e orizzonti fortemente disturbati da pieghe metriche e decimetriche. Oltre alle pieghe ad ampio raggio, si osservano in vicinanza di faglie e del thrust dell'Unità Antola pieghe strizzate, generalmente con nucleo siltitico od argillitico.

Formazione di Ronco (ROC)

Torbiditi costituite da areniti fini grigiastre, a laminazione piano-parallela, localmente convoluta, siltiti marnose e argilliti, in strati da centimetrici a decimetrici con interstrati siltitici di spessore da millimetrico a centimetrico. Verso il tetto sono presenti strati di 70-80 cm di spessore. La stratificazione è sempre piano-parallela a scala dell'affioramento.

L'unità non presenta tracce significative di metamorfismo ed il contenuto paleontologico è limitato a nannoplancton calcareo (mal conservato), che fornisce indizi di età compresa tra il Santoniano superiore e il Campaniano inferiore. A causa delle estese coperture la Formazione di Ronco affiora diffusamente ma per piccole estensioni. I disturbi sono maggiori nella porzione medio - bassa dell'unità, dove il rapporto tra gli stati arenitici e le intercalazioni pelitiche può oscillare tra 1:1 ed 1:2. Nella parte medio - alta della formazione, caratterizzata da strati decisamente più massicci con interstrati pelitici sottili, i disturbi sono meno evidenti e la clastesi è concentrata in fasce più ristrette.

In questa unità non sono state osservate sorgenti significative o particolari evidenze relative alla presenza di acqua nell'ammasso.

I sondaggi effettuati lungo il tracciato (MB4, MB7, MB9, MB11, MB23, MB26 e MB28) evidenziano la presenza di orizzonti di brecce a clasti da spigolosi a subarrotondati immersi in matrice pelitico-argillitica con strutture fluidali. I clasti sono talora intrabacinali – potrebbero indicare un'origine da depositi di debris-flow, non segnalati in bibliografia all'interno dell'unità Ronco - ma più frequentemente sono presenti arenarie litificate, che hanno subito clastesi e ricristallizzazione di quarzo prima del coinvolgimento nella breccia – che portano a considerarle un'origine puramente tettonica.

La presenza di tali brecce non è mai stata riscontrata nel rilevamento di superficie, quindi non è riportata nella planimetria geologica. Nei profili, invece, sono stati indicati i vari livelli con un soprassegno; Occorre sottolineare, comunque che dove in profilo sono indicati gli spessori maggiori, si ha in realtà una fitta successione di pacchi di brecce alternati a pacchi di strati arenacei non tettonizzati. Gli spessori, inoltre, sono sovente solo apparenti in quanto risentono fortemente dell'inclinazione localmente molto elevata (fino a sub verticale) della stratificazione.

Questi orizzonti di brecce potrebbero essere legati a livelli tettonizzati, convolti nella deformazione plicativa. La possibilità di estendere lateralmente l'informazione puntuale dei sondaggi risulta fortemente aleatoria, in quanto i dati geometrici disponibili sono ben lontani dal consentire un quadro interpretativo univoco con sufficienti punti fissi. Nel settore meridionale, tra Il Viadotto Morandi e Piani di Fregoso (sondaggi MB4, MB7, MB9 e MB11) i piani individuati dalle brecce potrebbero costituire orizzonti tettonici più continui, di cui è stata ipotizzata in carta l'intersezione con la superficie topografica.

Un ulteriore dato emerso dai sondaggi, che ha consentito di suffragare osservazioni considerate dubbie in affioramento, è la ripetizione di porzioni di Formazione di Ronco isolate dal litosoma principale dell'unità, e distribuite in corpi allungati sul versante E della Val Polcevera, con orientamento NNE-SSW. Si ripete così un motivo già parzialmente evidenziato verso S, in cui un nucleo di Formazione di Ronco è coinvolto in una struttura a piega sinclinale del contatto con la sottostante Unità di Montanesi e successivamente il lato di monte evolve in una faglia normale, in campo fragile, che ribassa il nucleo di Ronco: l'unità in questo modo affiora così fino al fondovalle ed è stata identificata anche sotto la copertura alluvionale. Nella porzione più settentrionale dell'area l'unità affiora anche in destra idrografica del T. Secca, dato cartografico che non era stato evidenziato in passato, e la sua presenza si accorda con il modello interpretativo sopra descritto.

Età ipotizzata dal CARG: Santoniano sup. – Campaniano inf..



Foto3: Formazione di Ronco

3.5.4 Unità Tettonica Antola

L'Unità di Antola si trova al tetto dell'edificio a falde affiorante nell'area in esame ed è interpretata come espressione del bacino oceanico ligure - piemontese e della sua transizione al margine continentale della placca Adria. La corrispondenza di sequenza e di intervalli biostratigrafici documentati consente di correlare l'unità a quella del Flysch ad elmintoidi (Unità di M.Cassio), affiorante nell'Appennino settentrionale esterno, suggerendo che l'unità del M. Antola sia collocabile tra le successioni flyschoidi del bacino ligure esterno. Questa correlazione implica che per raggiungere l'attuale livello strutturale al tetto della catena nord-appenninica l'Unità di Antola deve aver subito una antica fase tettonica Europa - vergente.

Nell'area rilevata l'Unità di Antola è presente con una formazione del complesso basale (Argillite di Montoggio) e con i depositi torbiditici carbonatici intermedi che costituiscono la Formazione di Antola s.s. Le giaciture sono mediamente vergenti verso i quadranti orientali, più ripide nel settore meridionale rilevato (30°-70°) e meno inclinate da Fregoso verso N (10°-30°).

Argillite di Montoggio (MGG)

Argilloscisti da grigio argenteo a grigio nerastro, privi di carbonati, in strati da centimetrici a decimetrici, con intercalazioni di arenarie fini e arenarie fini calcaree torbiditiche, in strati planari da centimetrici a decimetrici, talora debolmente rinsaldati; al tetto sono dominanti orizzonti di argilliti policrome laminate. In sondaggio questi orizzonti sono frequentemente ammorbiditi ove si trovino in corrispondenza di rilasci o di settori fratturati della Formazione di Antola, quindi soggetti a percolazione profonda di acqua. Nel sondaggio MS1, in località Armoglietti, la presenza di fratture all'interno della Formazione di Monte Antola, consente infiltrazione di acqua per tutto il tratto costituito da calcari e quindi le sottostanti Argiliti di Montoggio subiscono fenomeni di rammollimento molto spinti.

Questa unità è presente in modo discontinuo ma diffuso alla base della Formazione di Antola, e costituisce corpi lenticolari rimasti legati all'hanging wall del sovrascorrimento della Formazione di Antola sulle unità sottostanti. Il thrust basale si presenta con un'inclinazione a basso angolo verso i quadranti orientali che tende a verticalizzarsi verso S (risulta anche piegato a W di Granarolo per probabile interferenza con il sistema strutturale orientato WNW-ESE). L'Argillite di Montoggio ha costituito l'orizzonte di scollamento per l'unità soprastante; per questo motivo gli affioramenti oltre che essere discontinui si presentano fortemente tettonizzati. Le argilliti sono attraversate da numerose famiglie di fratture che delineano lithons molto allungati e gli intervalli silicoclastici sono frammentati con scarsa continuità (area S.Benigno).

Verso N si osservano intercalazioni di livelletti arenacei con sottili interstrati pelitici non eccessivamente deformati. È comunque sempre evidente una certa discordanza angolare tra le due formazioni.

Età ipotizzata dal CARG: Campaniano



Foto4: Formazione di Montoggio

Formazione del Monte Antola (FAN)

Sequenze di torbiditi carbonatiche, in prevalenza calcareo - marnose, talvolta siltose, con orizzonti fini prevalentemente marnosi: calcareniti e calcareniti marnose grigio chiare, biancastre in alterazione, marne e marne calcaree in strati planari, da decimetrici fino a plurimetrici, intercalati da strati marnosi e siltitici ed in misura minore argillitici, in strati da centimetrici a decimetrici. Rapporto calcareniti/siltiti >>1.

Negli orizzonti calcareo - marnosi più massivi il disturbo tettonico rende di difficile lettura la stratificazione, usualmente ben evidente. Il comportamento rigido degli orizzonti calcarei è manifesto nelle aree di cerniera, dove sono frequenti fratture radiali, quasi sempre suturate da calcite. Gli orizzonti calcarei basali immediatamente soprastanti alla Formazione delle Argilliti di Montoggio, sono estremamente competenti e mostrano buon rilievo morfologico (es. tra Fregoso e Begato, alta Val Torbella), poiché le pareti sono ringiovanite da crolli innescati dalla presenza di un substrato tendenzialmente plastico (Argillite di Montoggio). Le falde di detrito generate in queste condizioni possono superare lo spessore verticale di 25 m.

Nel settore più orientale, in val Bisagno a monte di Staglieno, i sistemi di pieghe a mesoscala sono più sviluppati, grazie anche alla presenza di orizzonti a stratificazione da sottile a media.

La parte bassa della Formazione è localmente sede di risorgenze diffuse, quasi sempre sepolte entro il detrito di falda. Risorgenze effimere sono presenti anche in concomitanza di faglie a basso angolo; le faglie inverse, in unità di questo tipo, costituiscono

normalmente acquicludo che sorreggono piccole falde temporanee, tuttavia la fratturazione fragile in regime distensivo, legata alle fasi neotettoniche soprattutto verso costa, determina l'impossibilità che queste falde temporanee possano dare sorgenti di carattere più continuo. Dove non direttamente interessati da disturbi tettonici gli ammassi rocciosi si presentano in buone condizioni.

Età ipotizzata dal CARG: Campaniano sup.

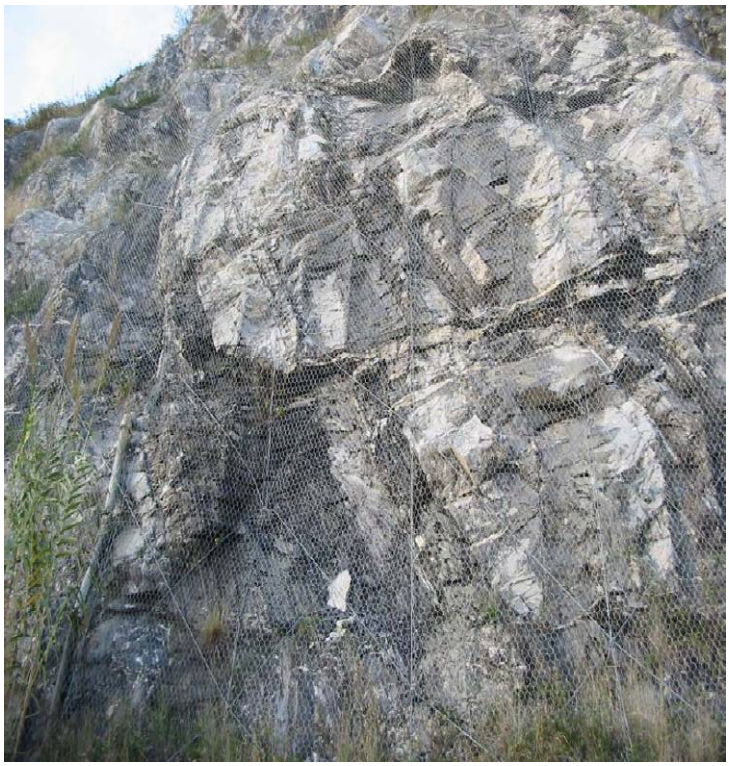


Foto5: Formazione di Antola

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

3.5.5 Geomorfologia della Val Polcevera e del Settore ad est del Torrente Polcevera

La Val Polcevera è dominata dalle successioni di argilloscisti, argilliti ed unità flyschoidi, che determinano morfologie morbide sebbene caratterizzate da versanti ripidi.

L'elevato spessore delle coltri di alterazione, che supera localmente i 15 metri, ma presenta valori medi di 2-4 m, è facilmente inciso da rii minori e canali di ruscellamento temporaneo, con scarpate in erosione che raggiungono i 6-7 metri di altezza; tuttavia data l'intensa copertura vegetale non si evidenziano testate in arretramento e significativi fenomeni di erosione accelerata.

I versanti impostati nell'ambito di unità argillitiche sono spesso soggetti a frane in corrispondenza di interventi antropici,. Il fondovalle è sostanzialmente pianeggiante sebbene quasi interamente antropizzato e modificato dai rilevati ferroviari e stradali

realizzati sulla sponda orientale e dalle spianate dell'area industriale ubicata sulla sponda occidentale. L'alveo di esondazione del fiume è interamente contenuto entro le scarpate morfologiche, completamente rettificate e rivestite da muri. Per ampi tratti anche il fondo del fiume è rivestito da lastre di cemento.

Il settore orientale è dominato dalla cresta dei Forti costituita dalla Formazione del Monte Antola che, soprattutto nella parte basale, presenta bancate carbonatiche di discreto rilievo morfologico; queste scarpate hanno generato consistenti falde di detrito, di cui alla testata della valle del T. Torbella sono conservate ampie porzioni fossili. Le pareti ad elevata acclività hanno generato fenomeni franosi nel recente passato; a NE di Begato sono conservate tracce visibili e di fronte, in località C. del Diavolo, è presente una frana attiva caratterizzata dalla riattivazione di una precedente colata di blocchi estesa su un fronte più ampio.

Alcuni dissesti minori sono diffusi sui versanti; in particolare la Formazione di Ronco appare suscettibile in corrispondenza di alcune delle linee strutturali ad andamento coniugato lungo la direttrice E-W.

3.5.6 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 3-3 – *Quadro d'unione dei Piani di Bacino*

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

Nella tavola GEO0034 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 Granarolo - Moro 1: scavi con paratie di micropali multitirantate
- Piazzale imbocco GN Moro 1 - Moro 2: scavi con paratie di micropali multitirantate
- VS10: Nuova viabilità con paratie multitirantate a monte

In particolare, per le opere d'arte maggiori, il progetto prevede di realizzare fondazioni profonde su pozzi o con pali/micropali, 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.