



SOCIETA' ITALIANA  
 TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS  
 Sede legale: fraz. San Giuliano, 2 - 10059 Susa (TO)



MUSINET ENGINEERING S.p.A.  
 Cso Svizzera, 185  
 10149 TORINO  
 Tel. +39 011 5712411  
 Fax. +39 011 5712426  
 E-mail info@musinet.it  
 PEC musinet@legalmail.it

Gruppo SITAF

P.I.Iva 08015410015  
 Cap. Soc. E. 520.000 i.v.  
 Cod. fis.e Reg. Imprese  
 TO 08015410015  
 R.E.A. Torino 939200

# T4 TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS

## INTERVENTI DI RIMODELLAMENTO MORFOLOGICO E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE IN COMUNE DI BARDONECCHIA

SITAF SpA  
 per la redazione  
 Il Direttore Tecnico  
 (Dott. Ing. Massimo BERTI)

### PROGETTO DEFINITIVO Sito Rochemolles

SITAF SpA  
 per l'approvazione  
 Il Direttore Generale  
 (Dott. Ing. Bernardo MACRÌ)

### Relazione tecnico illustrativa

Scala -	0377_111_12_D25EG001_0	Gennaio 2013
---------	------------------------	--------------

2					
1					
0	Gen 2013	Emissione	Tekne/MAL	TRI	GIO
REV	DATA	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APP.

Attività di Supporto Specialistico TEKNE Dott. Ing. Livio Martina	
---	--

Il Responsabile del progetto MUSINET ENGINEERING S.p.A. Dott. Arch. Corrado Giovannetti	N° TAVOLA <span style="font-size: 48pt; font-weight: bold;">1</span>
---	---

Questo disegno e' di proprieta' riservata della MUSINET ENGINEERING S.p.A.; ne e' vietata la riproduzione anche parziale, nonche' la presentazione a terzi senza esplicita autorizzazione.L'inosservanza e' perseguibile ai termini di legge.

**SITAF** S.p.A.

**SOCIETA' ITALIANA  
TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS**

---

**T4: TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS**

\*\*\*\*\*

**INTERVENTI DI RIMODELLAMENTO MORFOLOGICO  
E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE  
IN COMUNE DI BARDONECCHIA**

**SITO ROCHEMOLLES  
Variante Strada Provinciale 235**

\*\*\*\*\*

**PROGETTO DEFINITIVO**

\*\*\*\*\*

**RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA**

**INDICE**

1	PREMESSA .....	4
2	QUADRO SINTETICO DELLE CRITICITA' E DELLE ESIGENZE.....	5
3	STUDI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE A SUPPORTO DEL PROGETTO .....	6
3.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI .....	7
3.2	INDAGINI GEOFISICHE .....	9
3.3	ANALISI DI LABORATORIO .....	12
3.4	VERIFICHE DI STABILITÀ.....	12
3.5	VERIFICHE DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ CON INSERIMENTO DI OPERE DI CONSOLIDAMENTO.....	16
3.6	PRESCRIZIONI IN FASE ESECUTIVA .....	18
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	21
4.1	DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE .....	21
4.2	CARATTERISTICHE DEL RILEVATO E SUO PIANO DI APPOGGIO .....	23
4.3	OPERE STRADALI DI ADEGUAMENTO VIABILITA' .....	23
4.3.1	Norme e riferimenti progettuali.....	23
4.3.2	Stato di fatto .....	24
4.3.3	Soluzione progettuale .....	25
4.3.4	Sezione tipo .....	27
4.3.5	Barriere di sicurezza .....	28
4.3.6	Opere di sostegno .....	29
4.4	OPERE COMPLEMENTARI .....	30
5	COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE OPERE IN PROGETTO.....	31
6	INTERVENTI DI RECUPERO E MITIGAZIONE.....	31
7	CANTIERIZZAZIONE DELL'OPERA E POSSIBILITA' DI ESECUZIONE PER FASI SUCCESSIVE .....	32
8	INDICAZIONI PER LA MANUTENZIONE DELL'OPERA .....	35
9	VINCOLI E COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO CON LA PIANIFICAZIONE URBANISTICA .....	35
9.1	PIANIFICAZIONE URBANISTICA.....	35
9.2	VINCOLI TERRITORIALI ED AMBIENTALI .....	37
9.2.1	Vincolo Paesaggistico.....	37
9.2.2	Vincolo idrogeologico .....	38
9.2.3	Altri vincoli .....	38
10	PREZZI UNITARI .....	38
11	ACQUISIZIONE DELLE AREE NECESSARIE PER L'ESECUZIONE DELL'OPERA.....	39
12	PIANO DI MONITORAGGIO .....	39
12.1	MONITORAGGIO IN FASE DI CANTIERE.....	39
12.1.1	Caratterizzazione ambientale materiali di smarino.....	39
12.2	PRESCRIZIONI GEOTECNICHE IN FASE ESECUTIVA .....	40
12.2.1	Monitoraggio ambientale qualità dell'aria.....	43
12.2.2	Monitoraggio rumore.....	43
12.3	MONITORAGGI IN FASE POST-OPERATIVA .....	43

---

12.3.1	Monitoraggio geotecnico dei rilevati.....	43
12.3.2	Monitoraggio vegetazione .....	43
13	ITER AUTORIZZATIVO.....	44

## 1 PREMESSA

L'imbocco della strada di Rochemolles é caratterizzata da sempre da un primo tratto particolarmente ripido con 2 tornanti impostati su un pendio particolarmente acclive.

La carreggiata di tipo ridotto non consente l'incrocio di 2 vincoli e quindi rappresenta un problema per la transitabilità della strada.

Si é quindi ipotizzata, considerata l'orografia della valle in quel punto particolarmente favorevole, la realizzazione di un rilevato di consistente dimensione su cui ridisegnare un tratto della nuova viabilità.

Nell'ambito di tale contesto il Comune di Bardonecchia con lettera prot. n.13674 del 10/10/2011, ha comunicato a SITAF S.p.A., soggetto proponente dell'opera "T4 Traforo del Fréjus: Galleria di Sicurezza diametro 8 m" , che, a seguito di una ricognizione del territorio comunale , sono state rilevate una serie di criticità afferenti soprattutto alla viabilità (provinciale) e alla sicurezza e incolumità pubblica, chiedendo a SITAF di *“valutare la possibilità di riutilizzo del predetto materiale (in toto o in parte), previo accertamento delle caratteristiche di idoneità tecnico-ambientali dello stesso, per la costruzione di opere “individuate nella stessa lettera”*, in linea peraltro con le indicazioni in merito da parte di Regione Piemonte e Provincia di Torino circa l'opportunità di proseguire nell'iter per il riutilizzo del materiale in ambiti vicini all'area di intervento perseguendo l'obiettivo principale della minimizzazione del trasporto del materiale;

Il Comune di Bardonecchia, con delibera del C.C. n° 28 del 12/09/2012, recepiva e confermava la lettera d'intenti prot. n.13674 del 10/10/2011 individuando le aree critiche per le quali chiedeva a SITAF di valutare la possibilità di riutilizzo dello smarino della Galleria di Sicurezza del T4;

Il Comune di Bardonecchia, con delibera del C.C. n° 37 del 07/11/2012 approvava il protocollo d'intesa tra Regione Piemonte, Provincia di Torino, Comune di Bardonecchia e SITAF s.p.a. in ordine allo stoccaggio dello smarino dell'opera “T4 Traforo del Frejus – Galleria di Sicurezza”. In tale documento vengono confermati gli interventi previsti, che nello specifico sono:

- Messa in sicurezza dell'area a monte dell'abitato di Melezet e della SP 216 del Melezet (loc. Sacro Cuore), mediante la costruzione di un idoneo vallo paramassi;
- Miglioramento del tracciato della strada Bardonecchia-Rochemolles, attraverso il rimodellamento morfologico di parte del tracciato;

SITAF, recependo le istanze del Comune di Bardonecchia, ha predisposto appositi studi di fattibilità in merito alla possibilità di riutilizzo dello smarino per la realizzazione degli interventi indicati; è quindi stato predisposto uno specifico studio relativo alla costruzione di un vallo paramassi in loc. Sacro Cuore.

La prescrizione n. 35 della Delibera CIPE n. 43/2009 testualmente detta che " *Nel caso in cui il Proponente individui ulteriori siti da utilizzare per lo stoccaggio definitivo dello smarino di galleria, dovrà essere fornita una progettazione a carattere definitivo trattante non solo le problematiche di compatibilità idrogeologica ed idraulica, ma anche quelle inerenti il reinserimento naturalistico e paesaggistico dei siti prescelti. Particolare attenzione dovrà essere posta alla cantieristica e al cronoprogramma dei lavori di sistemazione, prediligendo un'attività di recupero ambientale organizzata per lotti e l'adozione delle tecniche di ingegneria Naturalistica per la soluzione delle problematiche di rivegetazione e consolidamento superficiale dei terreni, con l'impiego esclusivo di specie vegetali autoctone*";

Nelle more della sottoscrizione di apposite convenzioni operative tra SITAF/Provincia di Torino/ e tra SITAF/Comune di Bardonecchia, in considerazione anche di quanto stabilito dalla prescrizione n. 35, la SITAF ha incaricato la Società controllata Musinet S.p.a. per la redazione di un progetto definitivo, comprensivo di piano particellare ed elenco ditte, per gli interventi di rimodellamento morfologico e messa in sicurezza del versante dei siti Melezet e Rochemolles in Comune di Bardonecchia (TO), siti in cui conferire, appunto, una quota parte del materiale di risulta proveniente dagli scavi della galleria, avendo cura di seguire nelle impostazioni progettuali e nelle soluzioni proponibili i dettami delle prescrizioni di cui alla Delibera CIPE n. 43/2009, con particolare riferimento alla suddetta prescrizione n. 3.

Il presente progetto è relativo agli interventi da realizzare nel sito in località Rochemolles.

## **2 QUADRO SINTETICO DELLE CRITICITA' E DELLE ESIGENZE**

Come accennato in premessa, la SP 235 Bardonecchia-Rochemolles presenta un primo tratto iniziale con pendenze della livelletta stradale particolarmente elevate lungo tutto il tracciato, variabile dal 10 all'11%, con due tornanti a 360 °.

Inoltre, la carreggiata è stretta, 4 m di larghezza media, e non consente l'affiancamento di 2 veicoli.

La percorrenza risulta quindi particolarmente difficile specialmente nel periodo invernale.

Considerate queste problematiche e la disponibilità a distanza ravvicinata del materiale necessario per realizzare un idoneo rimodellamento del versante su cui ridisegnare un tratto di nuovo tracciato

stradale, l'Amministrazione comunale si è attivata con Sitaf per predisporre un progetto che consenta di risolvere tali criticità.

### **3 STUDI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE A SUPPORTO DEL PROGETTO**

La valle del T. di Rochemolles si sviluppa a monte dell'abitato di Bardonecchia in direzione NE, con orientazione esattamente coincidente con quella del tratto iniziale della valle del T. Melezet, solo a monte del Lago di Rochemolles la valle devia bruscamente in direzione Est, continuando ancora per un lungo tratto verso il Colle del Sommeiller al confine col territorio francese. Tali orientazioni risultano corrispondere a quelle di principali sistemi di discontinuità strutturale di importanza regionale (faglie e contatti tettonici).

Il settore di interesse appare localizzato in sinistra idrografica alla base del versante, a monte dell'attuale imbocco della galleria del Frejus. Tale area, compresa tra la base del pendio ed il fondovalle alluvionale del torrente, è già stata oggetto di intensa modificazione morfologica fin dagli anni '70/'80, ovvero al tempo della costruzione della galleria autostradale; il terrapieno posto alla base del pendio corrisponde infatti ad un potente accumulo di materiale artificiale-antropico messo in posto a quell'epoca, e serviva quale appoggio al cantiere di betonaggio per il calcestruzzo necessario alla realizzazione delle opere connesse con il tunnel.

Attualmente su questo settore si sviluppano alcuni tornanti della Strada Provinciale che sale verso Rochemolles e verso il Colle del Sommeiller; la sede stradale appare piuttosto ristretta e fortemente penalizzata dalla forte acclività del pendio, con stretti tornanti sostenuti da muri in pietrame ormai segnati dal tempo ed in precarie condizioni statiche.

La struttura profonda del settore di interesse risulta rappresentata, dal punto di vista geologico, da un basamento roccioso costituito da litotipi afferenti al cosiddetto "Complesso dei Calcescisti con Pietre Verdi", cioè da calcescisti o calcemicascisti.

In sinistra il versante esposto verso ovest appare fittamente boscato e privo di aree in evidente erosione o in dissesto; il substrato è quasi ovunque estesamente mascherato da una coltre di depositi quaternari che può raggiungere spessori notevoli, nell'ordine di numerosi metri fino ad alcune decine di metri. Il substrato roccioso si rinviene solamente alla base del pendio, laddove il torrente, approfondendosi nelle ultime tappe dell'evoluzione geomorfologica locale, ha scavato al piede il versante, oppure in corrispondenza delle incisioni laterali generate da piccoli rii a basso ordine gerarchico ma di notevole lunghezza.

Nel settore di intervento il versante sinistro si raccorda bruscamente con la fascia subpianeggiante del fondovalle alluvionale del T. Rochemolles, costituita da sedimenti sabbioso-ghiaioso-conglomeratici localmente rielaborati in superficie dall'attività antropica.

Il deposito alluvionale è legato a fenomeni di alluvionamento torrentizio del fondovalle con processi di trasporto di massa fino a vere e proprie lave torrentizie (debris flows), che vengono innescate in concomitanza di eventi meteorici importanti, non necessariamente eccezionali, in un contesto idrodinamico ed idrogeologico, alla scala temporale geologica, di carattere prevalentemente erosionale. Si assiste così al verificarsi di successive e molteplici pulsazioni deposizionali, con formazione di accumuli di sedimenti anche molto consistenti ben presto nuovamente incisi ed asportati dalla successiva azione erosiva dei torrenti, caratterizzati da profili di fondo in forte disequilibrio (soprattutto alla testata) e con una elevata energia.

Al piede del pendio il raccordo tra il versante e il fondovalle alluvionale, in origine certamente netto e brusco a causa dei processi erosivi del corso d'acqua, appare attualmente mascherato da un accumulo di materiale antropico disposto su due livelli, di spessore variabile tra 10 e 20 metri circa, costituito, sulla base di quanto si è riusciti a ricostruire, da materiale detritico proveniente dallo smarino derivante dalla galleria autostradale del Frejus, ma anche di altri tipi di materiali di risulta.

Sulle sponde del torrente Rochemolles e sul fondovalle i depositi alluvionali sono costituiti prevalentemente da clasti eterometrici, poligenici, angolosi o sub-arrotondati, frammisti a matrice sabbioso-ghiaiosa avente una colorazione prevalentemente grigia, conferita dalla predominanza litologica dei calcescisti.

Il drenaggio del Torrente Rochemolles è caratterizzato da attività torrentizia con abbondante trasporto solido ed intensa erosione.

Per verificare le condizioni di stabilità degli interventi in progetto in relazione al terreno di appoggio sono state condotte indagini geognostiche specifiche in situ, sulla base delle quali sono poi state eseguite le necessarie analisi di tipo geotecnico così come prescritto dalla normativa vigente.

### **3.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI**

La caratterizzazione del terreno di appoggio dell'intervento di rimodellamento in progetto è stata effettuata attraverso l'esecuzione di 6 sondaggi geognostici, 5 a carotaggio continuo corredati di prove SPT e 1 a distruzione di nucleo. Di queste perforazioni 4 sono state attrezzate con inclinometri e 2 con piezometri per il rilievo della falda acquifera.

L'ubicazione delle indagini suddette è stata fortemente condizionata dall'accessibilità dei luoghi, dalla necessità di non interrompere il transito lungo la stretta sede viaria provinciale, e dalla presenza di abbondante neve. Alcune prove sono state realizzate sul terrapieno artificiale, mentre altre è stato

possibile eseguirle in corrispondenza dei tornanti stradali posti nella parte superiore del sito di intervento.

Da tali prove si evince la presenza di uno spessore di materiale di riporto molto consistente nella parte inferiore del pendio, a costituire un potente terrapieno realizzato a seguito della realizzazione del tunnel del Frejus.

Al disotto del terrapieno, sul quale era stato a suo tempo predisposto un impianto di betonaggio per la realizzazione della galleria e delle opere accessorie, è presente terreno naturale in netta prevalenza di natura ghiaioso-sabbiosa con abbondanti ciottoli, dotati di buone caratteristiche geomeccaniche.

Nella parte superiore invece i sondaggi eseguiti hanno evidenziato la presenza di una potente coltre quaternaria, di probabile natura glaciale, ricoperta da altrettanto potenti prodotti colluviali derivanti dal progressivo degrado, rimaneggiamento ed accumulo della copertura posta sul versante soprastante. Solo alla base del pendio, lungo la strada che costeggia l'accumulo di inerti fino al primo tornante, si osservano diffusi affioramenti di calcescisti, presumibilmente il posto ma fortemente fratturati.

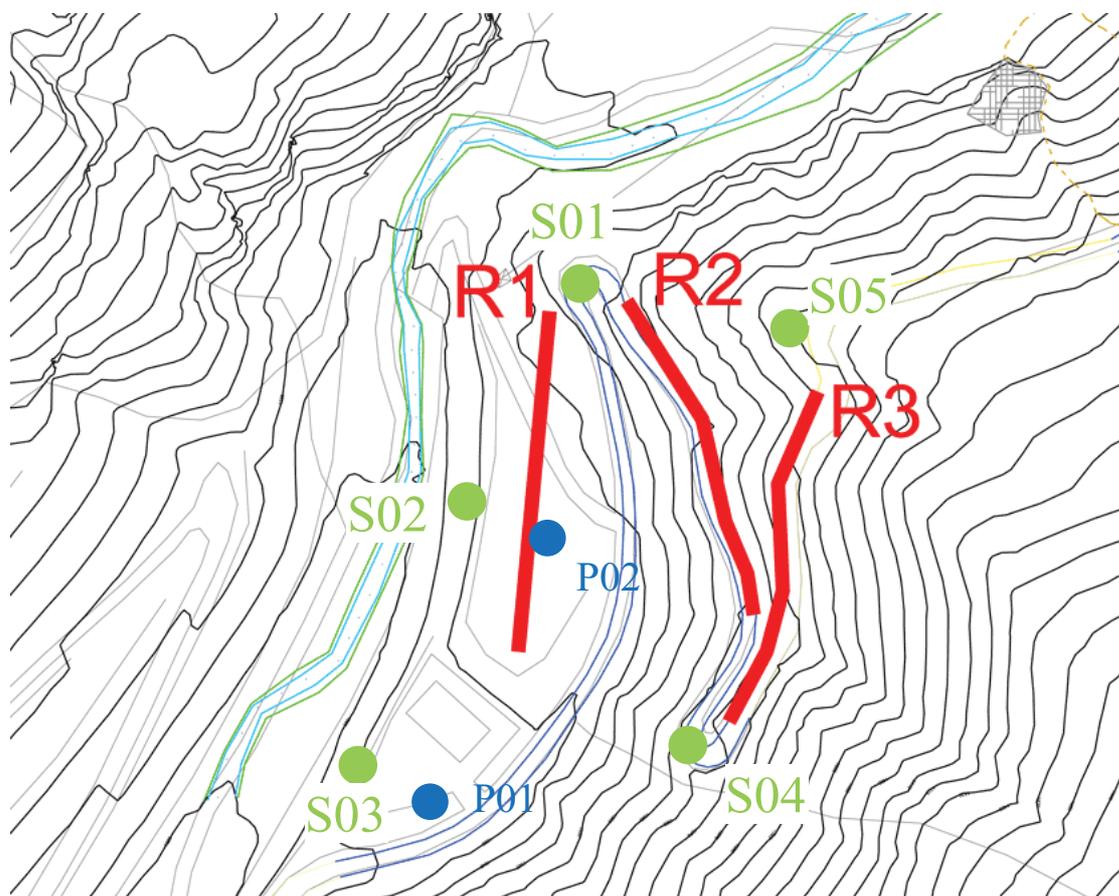
Le prove Spt di resistenza alla penetrazione, sia che si tratti di materiali detritici di riporto sia di terreni quaternari di copertura, presentano solitamente elevati valori di n. colpi/piede, presumibilmente anche perchè si tratta in entrambi i casi di materiali contenenti clasti di significative dimensioni, fatto questo che, come noto, inficia in qualche misura il significato di tali risultati, tendendo a sovrastimarne il comportamento geotecnico. Anche nel sondaggio S02 le prove indicano valori minimi intorno a 28-30 colpi/piede.

Fa unica eccezione il comportamento del materiale di riporto posto nei primi 6/7 metri in corrispondenza del sondaggio S03, dove le prove Spt hanno dato valori molto bassi, suggerendo una composizione anomala e comunque non riconducibile a materiale di smarino della vecchia galleria.

I sondaggi effettuati in corrispondenza del terrapieno artificiale (S02 e S03) hanno evidenziato la presenza di un livello di falda che si correla quasi perfettamente con la quota di fondo alveo del torrente Rochemolles. Tale falda, in particolare in concomitanza di periodi particolarmente piovosi, si correla in sinistra con una possibile falda contenuta all'interno del versante, andando parzialmente a saturare la base dell'accumulo artificiale esistente.

Nei sondaggi effettuati sul pendio soprastante non è stata riscontrata tale falda, ma solo segni di umidità riconducibili a fenomeni di saturazione stagionale, all'interno dei depositi misti colluviali e glaciali presenti a copertura del substrato alterato.

In concomitanza di eventi di piena o meteorologici intensi e prolungati si deve prevedere un relativo innalzamento del livello piezometrico di questa falda sotterranea, sia nel fondovalle, sia sul pendio.



### 3.2 INDAGINI GEOFISICHE

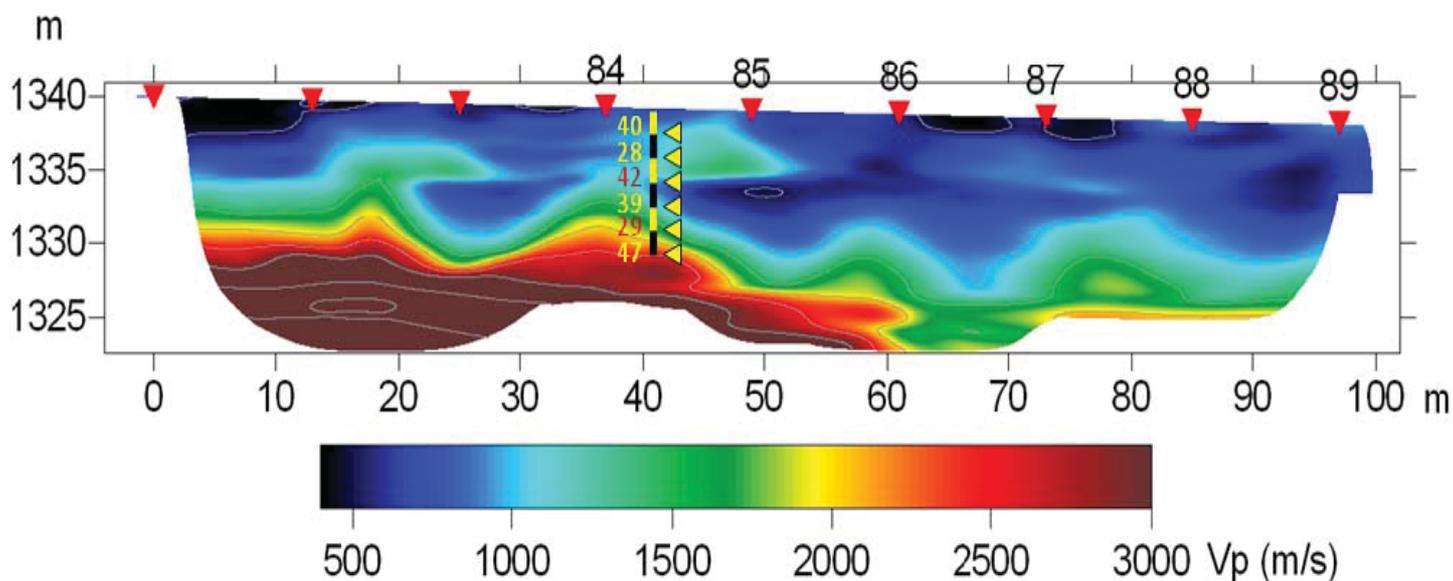
Sono inoltre state eseguite 3 prove geofisiche di caratterizzazione sismica di sito, realizzate per verificare il comportamento dei terreni dal punto di vista meccanico e sismico, oltre a cercare di individuare la presenza e soggiacenza del substrato al di fuori delle indagini di tipo puntuale.

I valori ricavati dalle prove SPT sono stati riportati in sovrapposizione alle sezioni tomografiche realizzate, al fine di visualizzare in maniera più immediata gli eventuali collegamenti tra le diverse metodologie di indagine.

Le correlazioni realizzate sono state le seguenti: R1/S02, R2/S01, R3/S04. Negli altri casi (S03 e S05), la distanza tra le tomografie e i sondaggi risulta essere troppo grande per un possibile abbinamento dei risultati.

Il modello interpretativo legato alla prova sulle onde superficiali risulta molto più dettagliato rispetto alla visione di insieme fornita dalla tomografia, la quale permette però di estendere lateralmente, in maniera significativa, le informazioni sito specifiche a disposizione.

A titolo esemplificativo si riporta l'elaborazione dei dati ottenuti dalla tomografia sismica R1, posta in corrispondenza del rilevato artificiale esistente, che ha restituito la seguente immagine:



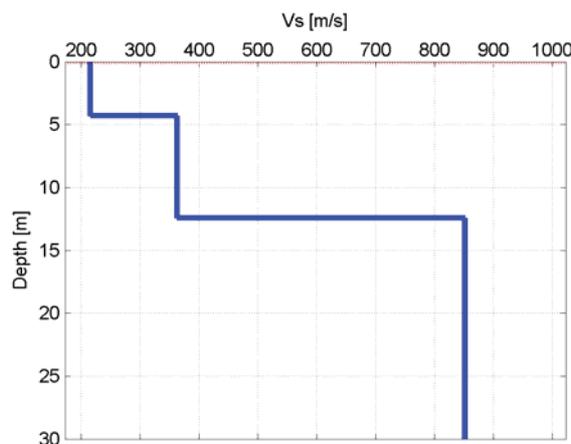
Sezione tomografica di velocità delle onde P con indicazione dei risultati della prova SPT.

Come è possibile notare, dal punto di vista geofisico, le tomografie mostrano come il substrato appaia visibile a inizio linea ( $V_p > 2500$  m/s), alla profondità di circa 10 m. Per progressive maggiori, il substrato si approfondisce, raggiungendo il limite inferiore della sezione (15 m) a progressiva 70 m. A fine sezione non è più distinguibile, probabilmente perchè localizzato oltre la massima profondità di indagine. Vengono inoltre messe in evidenza anomalie composizionali all'interno dell'accumulo.

La prova per onde superficiali ha fornito un modello di riferimento composto dalla seguente stratigrafia, rappresentata sia in forma tabellare che in forma grafica.

Parametri del modello di profilo stratigrafico.

Strato (n°)	Velocità (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)
<b>1</b>	<b>215</b>	<b>4.3</b>	<b>da 0 a 4.3</b>
<b>2</b>	<b>365</b>	<b>8.1</b>	<b>da 4.3 a 12.4</b>
<b>3</b>	<b>850</b>	<b>semispazio</b>	<b>da 12.4</b>



*Profilo stratigrafico di Vs (profondità da piano campagna).*

Sulla base dei rilievi, si individuano due strati superficiali che descrivono il materiale di riporto costituente il piazzale ( $V_s$  compresa tra 200 e 350 m/s).

In questo caso è possibile notare che il contatto con il substrato appare a profondità di circa 12 m, con passaggio a  $V_s > 800$  m/s.

La profondità del substrato è un valore medio, che subisce la presenza di variazioni laterali, che non permettono un fitting perfetto delle curve di dispersione con lo spettro sperimentale, specie sui modi superiori.

La copertura risulta potente 10 m a inizio linea, mentre a fine linea lo spessore probabilmente diventa di circa 15-20 metri.

Il valore medio di riferimento del parametro  $V_{s30}$  è pari a 477 m/s.

Dalle indagini geofisiche effettuate sul versante (R2 e R3), è possibile correlare gli strati rintracciati dalle diverse metodologie impiegate con quanto individuato dai sondaggi realizzati e le relative penetrometrie.

Grazie alla prova per onde superficiali, è possibile individuare il passaggio tra i depositi a clasti prevalentemente minuti in abbondante matrice fine e il deposito a clasti e ciottoli di dimensione maggiore in matrice limoso-debolmente sabbiosa, così come indicati nel sondaggio S04.

Il substrato, invece, anche se ancora fratturato sulla base di quanto evidenziato dal sondaggio, appare invece collocato a profondità di circa 20 metri, come messo ben in evidenza dalla tomografia sismica.

In corrispondenza di questi stendi menti geofisici i valori di riferimento del parametro  $V_{s30}$  superano 600 m/s.

### 3.3 ANALISI DI LABORATORIO

Per ipotizzare le caratteristiche geotecniche del materiale che sarà utilizzato per il rimodellamento morfologico, rappresentato dallo smarino derivante dallo scavo della prevista galleria di sicurezza del Traforo del Frejus, che sarà realizzata mediante TBM, sono state effettuate analisi di laboratorio, a cura della Ditta Tecno Piemonte di Lenta (VC), su un campione di terreno proveniente dagli analoghi scavi già effettuati sul lato francese della galleria.

Sul materiale sciolto in oggetto sono state eseguite analisi granulometriche e prove di resistenza al taglio diretto con scatola di Casagrande.

Dal fuso granulometrico si evince che il terreno analizzato è essenzialmente ghiaioso-sabbioso, la componente fine (limo + argilla) è infatti inferiore al 10%.

La classificazione UNI 10006 di tale campione di terreno risulta essere A1-a., pertanto decisamente soddisfacente. La classificazione U.S.C.S da invece una classe GW-GM.

Le prove di taglio diretto indicano un valore di angolo di resistenza al taglio pari a  $38^\circ$  e una coesione efficace di 2 kPa. Si ritiene che il valore di resistenza al taglio sia da considerare di picco, considerando che si tratta di materiale già rimaneggiato. Sarà cura in corso d'opera procedere ad operazioni di massimo costipamento in modo da garantire che tali condizioni di laboratorio siano effettivamente riprodotte e verificate in sito.

L'assunzione di tali parametri è alla base delle scelte progettuali relative alla realizzazione dell'intervento di rimodellamento del pendio ed alle stesse verifiche di stabilità; pertanto la caratterizzazione dei materiali di effettivo utilizzo dovrà essere oggetto di verifica al momento della loro disponibilità, ed i parametri non potranno scendere significativamente al di sotto di quelli utilizzati nella presente analisi. In caso contrario le scelte progettuali dovranno essere riconsiderate.

### 3.4 VERIFICHE DI STABILITÀ

Sulla base del modello geologico e geotecnico ricostruito sulla base delle indagini effettuate, sono state eseguite verifiche di stabilità globale del pendio.

Il modello di calcolo è stato messo a punto in riferimento alla Teoria dell'Equilibrio Limite in campo bidimensionale, trascurando pertanto gli effetti tridimensionali.

Definito il grado di saturazione limite, cui corrisponde l'Equilibrio Limite del versante, ovvero l'instabilità incipiente, si è proceduto a dimensionare e verificare gli interventi.

In accordo alle disposizioni Normative, il livello di sicurezza di un versante è espresso, in generale, come rapporto tra resistenza al taglio disponibile, presa con il suo valore caratteristico e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento effettiva o potenziale.

Per pendii naturali come quello in esame le NTC08 e le relative Istruzioni, non fanno riferimento ad alcun approccio, contraddicendo le indicazioni postulate dalla medesima normativa per quanto riguarda le verifiche globali e dei fronti di scavo. A fronte di tale situazione normativa, si è scelto di far riferimento ai principi dell'EC7 ed eseguire la verifica secondo l'Approccio Progettuale 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2).

I parametri utilizzati per la quantificazione dell'azione sismica sono stati scelti sulla base della normativa vigente. Le analisi sono state condotte con il codice di calcolo Slide. Nel calcolo del fattore di sicurezza (FS) sono stati adottati tre differenti metodi: Bishop e Janbu completo e Morgenster-Price.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite su tre sezioni-tipo del progetto presentato, rispettivamente n. 7, n. 10 e n. 12, tracciate in maniera tale da intercettare anche i sondaggi realizzati. Tali sezioni di verifica sono state schematicamente ricavate da profili geologici di dettaglio derivanti da cartografia geologica su rilievo e dall'insieme dei dati desunti dalle indagini di terreno eseguite.

Per quanto concerne la falda acquifera sotterranea, sulla base dei dati geognostici disponibili, è stata posizionata alla base del materiale artificiale costituente il terrapieno esistente e sul pendio ad una soggiacenza tale da saturare parzialmente la copertura glaciale quaternaria.

Data la difficoltà di caratterizzare i materiali coinvolti nel progetto, si è proceduto a verifiche in back analysis per individuare le condizioni limite e quindi assegnare ai litotipi le possibili caratteristiche più cautelative, cercando, in ogni caso, di restare all'interno dei valori di riferimento proposti in letteratura.

In generale, lo stato attuale delle differenti sezioni appare stabile, con alcune limitate situazioni superficiali che presentano un fattore di sicurezza prossimo all'unità.

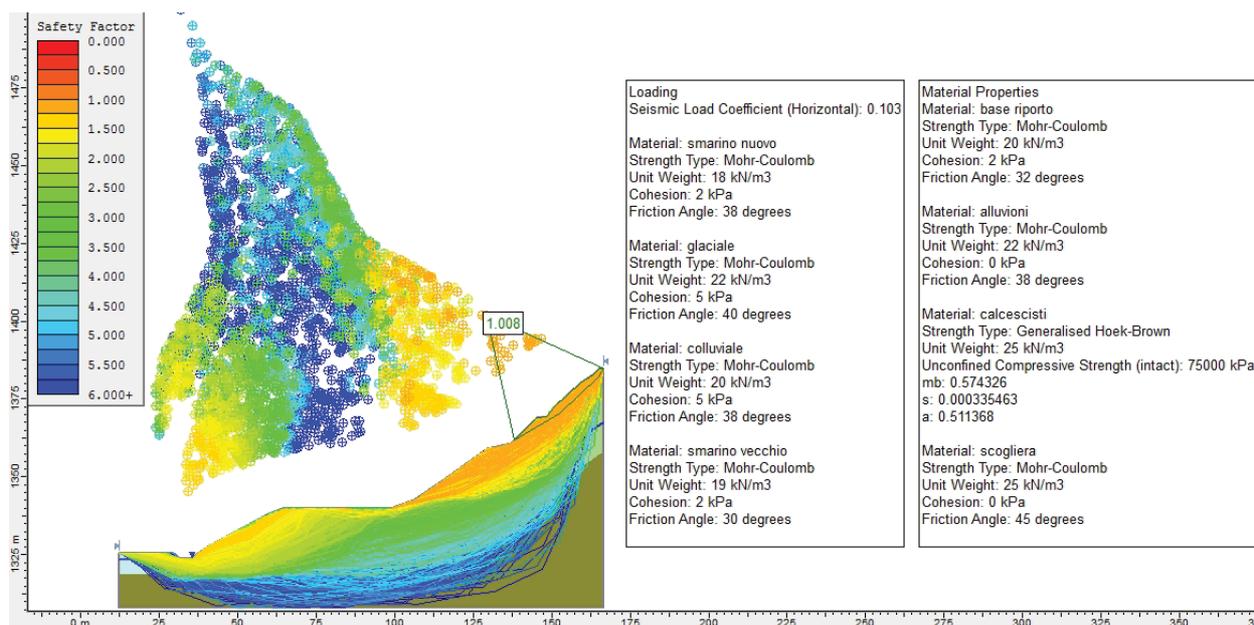
A titolo esemplificativo si riporta quanto effettuato lungo la sezione 10, centrale rispetto all'intervento.

## Sezione 10 – Stato Attuale

Data la difficoltà di caratterizzare i materiali coinvolti nel progetto, si è proceduto ad una verifica in back analysis per individuare le condizioni limite e quindi assegnare ai litotipi le possibili caratteristiche più cautelative, cercando, in ogni caso, di restare all'interno dei valori di riferimento proposti in letteratura. Il modello geologico è stato così ricostruito:

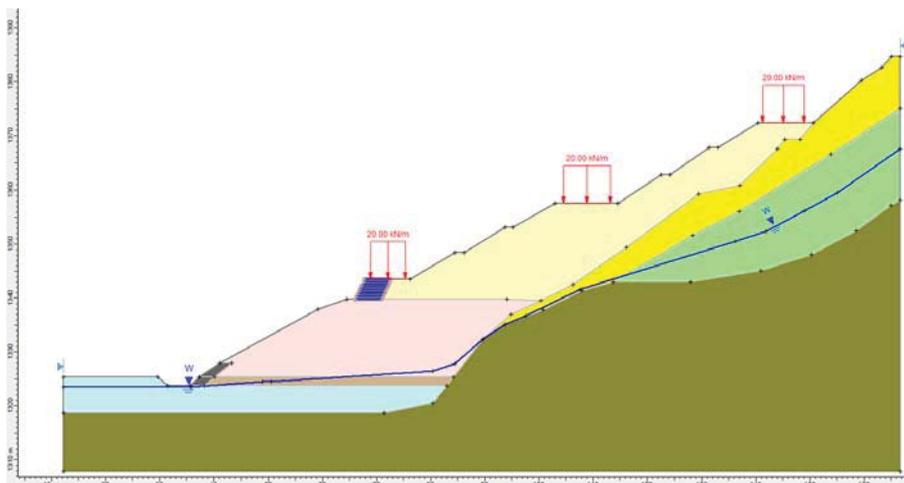
- substrato costituito da calcescisti;
- depositi glaciali sul versante a cui si sovrappongono coltri detritico-colluviali recenti;
- depositi alluvionali sul fondovalle;
- materiale di riporto eterogeneo, costituito sia da smarino proveniente dalla vecchia galleria del Frejus, ma anche da detriti derivanti da attività edili; alla base è presente uno strato, sempre costituito da materiale artificiale, con caratteristiche leggermente più scadenti e intersecante la falda acquifera;
- scogliera a blocchi alla base del materiale di riporto in corrispondenza del corso d'acqua.

Sulla base di questo modello è stata eseguita una verifica di stabilità, al fine di individuare la situazione di equilibrio limite. In questa simulazione, si è tenuto debitamente in conto della spinta sismica, come previsto dalla normativa, e della presenza di una falda così come osservata nelle indagini messe a disposizione. A seguito di un processo “trial and error”, sono stati definiti i parametri riportati in fig. 6 ed utilizzati per le successive verifiche sullo stato di progetto.

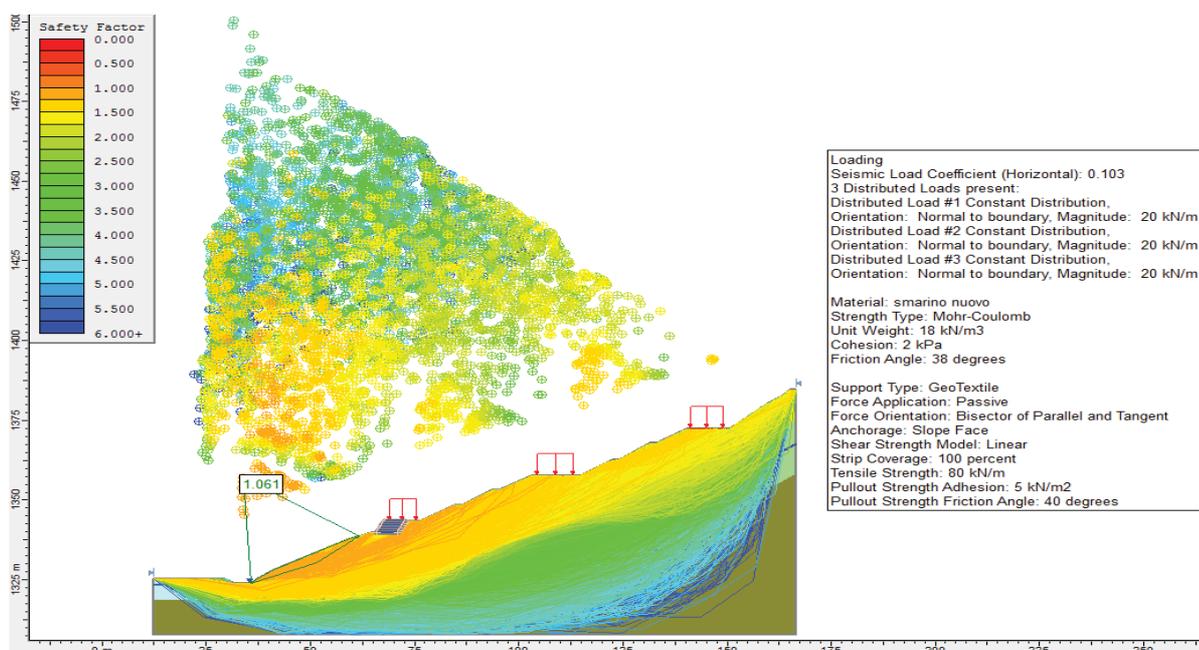


## Sezione 10 – Stato di progetto

Sulla base del modello geologico-tecnico precedente, si è rappresentata la realizzazione del deposito di terreno (colore giallo pallido) lungo il versante presente, costituito da un materiale con caratteristiche geotecniche dedotte da prove di laboratorio eseguite sul materiale di smarino. Il modello geologico è riportato sotto.



Rispetto alla precedente simulazione, è stato aggiunto un sovraccarico dovuto alla nuova strada ed un rinforzo realizzato sul ciglio del gradone più alto mediante un sistema di terre rinforzate. A seguito dell'impostazione sopra presentata, è stata realizzata una simulazione per la valutazione della stabilità del pendio. Sotto sono riportati i risultati ottenuti.

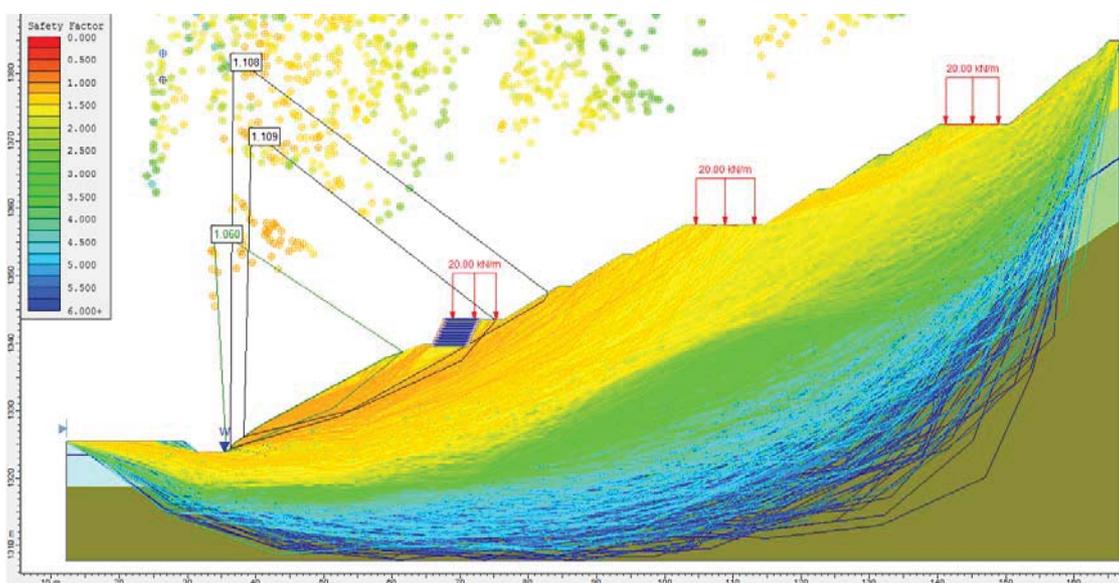


In questo caso, il risultato più evidente è legato alla parte bassa del pendio, sempre corrispondente al vecchio rilevato, dove è presente la superficie di scivolamento con il fattore di sicurezza più basso di tutta la sezione 10, che comunque resta – seppur di poco – superiore all'unità e a ridotta profondità.

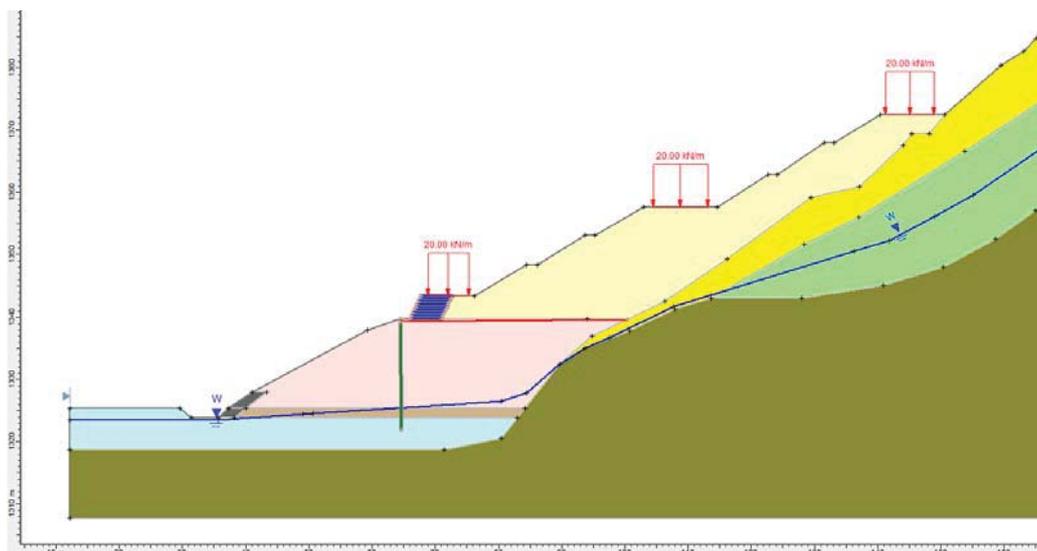
La situazione indagata porta a ritenere, comunque, l'intervento di rimodellamento finale in condizioni prossime all'equilibrio limite, condizione che presume di essere il più cautelativi possibile. Vista l'indeterminatezza legata alla presenza di materiali di difficile caratterizzazione (a causa della granulometria e dell'eterogeneità del materiale utilizzato per il terrapieno), il risultato ottenuto suggerisce la necessità di intervenire mediante realizzazione di un'opera di consolidamento all'altezza del terrapieno esistente, mirata ad assicurare la stabilità a lungo termine della sistemazione morfologica di progetto.

### 3.5 VERIFICHE DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ CON INSERIMENTO DI OPERE DI CONSOLIDAMENTO

A seguito dell'analisi dei risultati ottenuti, è stata fatta una ulteriore verifica utilizzando la sezione 10 a titolo esemplificativo, con la finalità di migliorare le attuali condizioni di stabilità del versante, che permangono molto prossime a quello che viene definito come stato di equilibrio limite (Fattore di Sicurezza pari all'unità) con i lavori di rimodellamento eseguiti.

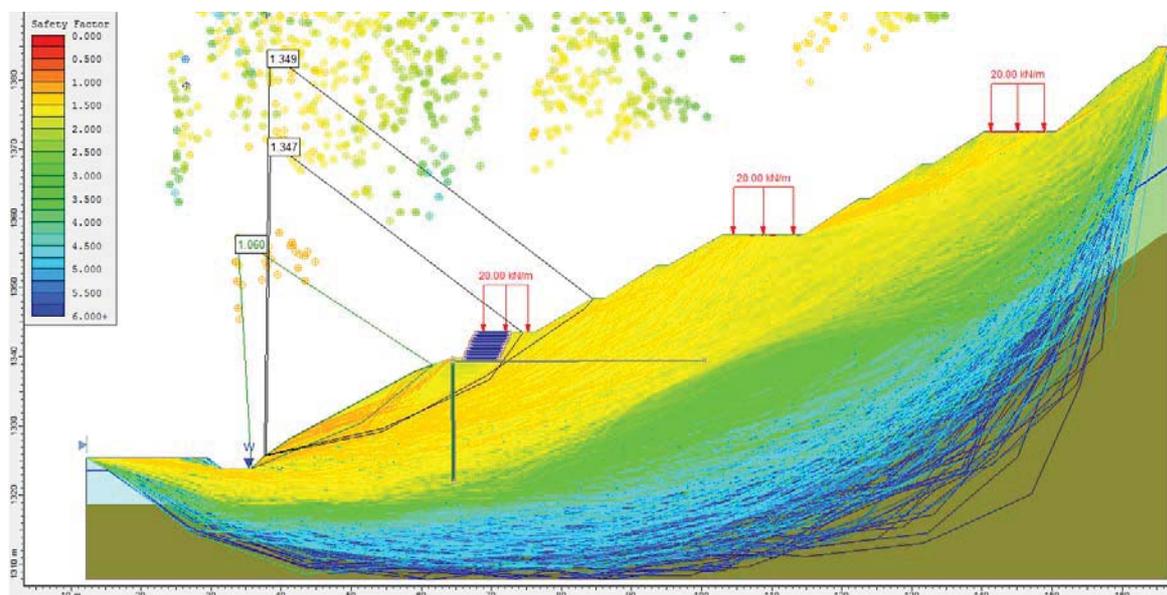


A tal riguardo è stata ipotizzata un'opera di consolidamento del terrapieno esistente, da realizzare in maniera tale da garantire un migliore supporto al nuovo deposito di smarino, senza che il carico conseguente comprometta la stabilità globale del versante a rimodellamento eseguito.



La struttura schematica di questa opera potrà essere composta da una paratia di pali di grande diametro (colore verde) con travi di ancoraggio in profondità (colore rosso), come dimensionate da progetto. L'opera di consolidamento dovrà essere realizzata prima delle operazioni di reinterro.

A seguito dell'inserimento di questo tipo di consolidamento, è stato possibile ripetere la verifica di stabilità, la quale ha messo in luce, sulle medesime superfici di scivolamento evidenziate in fig. 13, un sostanziale miglioramento delle condizioni di stabilità del versante, incrementando il fattore di sicurezza di circa il 20% ( $F= 1,35$ ) (fig. 15).



Pertanto l'opera di consolidamento appare sicuramente necessaria per garantire maggiori condizioni di stabilità globale; si segnalano, comunque, numerose superfici di scivolamento prossime all'unità nelle porzioni più corticali del pendio, per la quali appare cruciale il rispetto dei parametri geotecnici assunti, oltre che la predisposizione di sistemi di rinverdimento e di drenaggio delle acque superficiali perfettamente funzionanti, senza generare situazioni di sovraccarico.

Oltre a ciò, si ritiene necessario procedere in ogni caso alla riparazione della scogliera in massi posta alla base del pendio, avente comunque una funzione principale anti-erosiva.

### 3.6 PRESCRIZIONI IN FASE ESECUTIVA

I parametri geotecnici utilizzati nel presente studio dovranno essere oggetto di verifica in fase esecutiva ed a cantiere aperto. A questo scopo nelle fasi iniziali di preparazione delle superfici di appoggio del materiale di smarino sarà possibile investigare più agevolmente e adeguatamente il terreno naturale e artificiale in posto.

In particolare in corrispondenza del terrapieno artificiale esistente si ritiene opportuno procedere all'esecuzione di indagini ulteriori al fine di individuare masse non compatibili con le caratteristiche di portanza richieste dal progetto di rimodellamento mediante posa di materiale aggiuntivo. Nel caso di individuazione e rinvenimento di tali materiali scadenti o comunque non compatibili, essi dovranno essere rimossi e portati a discarica.

Tutti gli strumenti, inclinometri e piezometri, installati in questa fase di progetto definitivo dovranno essere oggetto di regolare controllo nel tempo, sia in questo periodo di conclusione dell'iter progettuale sia successivamente all'inizio lavori, per il monitoraggio dei livelli della falda e di eventuali cedimenti che dovessero nel contempo manifestarsi; a questo proposito gli strumenti già posizionati risultano localizzati in modo da poter essere conservati nel tempo anche durante le fasi di lavorazione, ed altri potranno essere installati in un secondo momento.

Azione assolutamente indispensabile sarà volta ad accertare nel modo più accurato le effettive caratteristiche geotecniche del materiale di smarino che sarà utilizzato per la realizzazione del rimodellamento, al momento solo ipotizzate sulla base di una sola analisi di laboratorio effettuata su campione di terreno prelevato sul lato francese del tunnel già in corso di realizzazione, derivante dalla stessa metodologia di scavo tramite TBM. I parametri non potranno scendere significativamente al di sotto di quelli utilizzati nella presente analisi.

Allo scopo dovrà essere implementato un sistema di caratterizzazione e controllo iniziale e periodico, da effettuarsi sul materiale progressivamente scavato e temporaneamente stoccato nell'area di cantiere, al fine di verificare in itinere la permanenza delle condizioni di accettabilità dello stesso, sotto la

supervisione della D.L. Tutti i monitoraggi avverranno in conformità a quanto previsto dal progetto esecutivo approvato.

La caratterizzazione geotecnica in corso d'opera del materiale già disponibile e di quello successivamente proveniente dallo scavo della galleria sarà effettuato al fine di accertare:

- la litologia onde evitare la messa in rilevato di litotipi non idonei (es. caratterizzati da curve granulometriche significativamente differenti e percentuale di fino superiore a quella caratteristica del campione di laboratorio preventivo analizzato);
- la presenza delle condizioni di accettabilità secondo la normativa vigente.

Si ricorda che questo materiale andrà classificato come terre e rocce da scavo e come tale dovrà essere trattato. In caso di presenza di serpentiniti potenzialmente asbestifere si dovrà procedere al campionamento e rilevamento dei parametri sul campo, alla preparazione dei campioni per i laboratori, alla analisi secondo la vigente normativa, al monitoraggio delle fibre aerodisperse.

I parametri geotecnici derivanti dai controlli (il prelievo sarà effettuato su accumuli di circa 5000mc separati ed utilizzabili solo dopo gli accertamenti) permetteranno di effettuare in continuo un controllo delle verifiche di stabilità effettuate inizialmente sul progetto esecutivo del rilevato.

I rilevati saranno oggetto di monitoraggio strumentale periodico sia durante la loro realizzazione sia successivamente attraverso la messa in opera di caposaldi per misure topografiche di precisione, ed esecuzione di verticali inclinometriche nonché la posa in opera di estensimetri e forme di monitoraggio dei rilevati che consentiranno di verificare:

- il normale assestamento per compattazione del materiale riportato in rapporto al progressivo accrescimento del rilevato;
- il suo esaurirsi nel tempo a lavori ultimati;
- la eventuale deformazione del rilevato rispetto alla geometria iniziale.

Prima dell'inizio della preparazione del piano di appoggio si prescrive innanzitutto di procedere ad una scoticatura del terreno superficiale, in particolare laddove costituito da terreno di tipo vegetale poco consistente (quest'ultimo da accantonare ed utilizzare per il rinverdimento finale). A tale operazione seguirà una gradonatura della superficie di appoggio, con pedate in leggera contropendenza (almeno 1/2 gradi) ed alzate non superiori a 1.5/2 m.

Lo stendimento del materiale di riporto dovrà avvenire in strati di spessore massimo 40/50 cm, con idonea rullatura al fine di ottenere la massima compattazione ottenibile; si dovrà comunque porre la

massima attenzione nel non eccedere con la rullatura per non peggiorare le caratteristiche del materiale detritico disponibile, a composizione prevalente di tipo calcareo, conseguente a frantumazione dello scheletro in elementi più minuti.

Al fine di verificare la ottimale compattazione del materiale, sia quello di appoggio iniziale sia quello di riporto, sarà necessario prevedere prove di tipo Proctor; tali prove serviranno per caratterizzare il materiale iniziale, per valutare in particolare le condizioni di umidità ideali ed il numero di rullate ottimale necessario, e dovranno essere ripetute, secondo le indicazioni della Direzione Lavori, ogni qualvolta venga osservata una variazione significativa delle caratteristiche fisiche del materiale di smarino, attraverso le necessarie periodiche prove di tipo granulometrico.

Nella preparazione della gradonatura di appoggio, ma anche nella disposizione degli strati di materiale di smarino successivi si prescrive l'esecuzione di prove su piastra. Queste analisi andranno effettuate a campione sull'intera impronta dell'intervento di rimodellamento in progetto, concentrando in particolare l'azione di prova nelle fasi iniziali della messa in posto; esse dovranno essere effettuate ogni 4 passate di materiale di riporto, e non potranno essere in numero inferiore a 6 ogni ciclo di 4 strati, sull'intera superficie. I valori di prova minimi accettabili per queste prove dovranno fare riferimento alla normativa vigente.

Al piede del terrapieno esistente si dovrà ripristinare la scogliera in massi esistente, sia con funzione antiersiva da parte delle acque, sia per fornire un certo sostegno al piede della scarpata. Tale opera in ogni caso non potrà da sola svolgere quest'ultima funzione, che viene demandata principalmente ad una opera ben più consistente, tipo paratia con pali di grande diametro e tiranti, che il progetto prevede posizionata sul ciglio del terrapieno.

Un completo sistema di raccolta e di drenaggio delle acque superficiali meteoriche impedirà che le stesse possano infiltrarsi e peggiorare il comportamento geotecnico dei terreni naturali di appoggio e degli stessi di riporto. Il progetto prevede la realizzazione di un completo sistema di canalette e fossi di guardia su tutta la superficie di rimodellamento, in grado di raccogliere le acque meteoriche e di scorrimento superficiale, sia sotto forma diffusa che incanalata. Il sistema impedirà in particolare che le acque incanalate degli impluvi sottesi possano andare a disperdersi in modo incontrollato sulla superficie di rimodellamento e andando ad innalzare il livello piezometrico della falda. Tutti gli scarichi saranno condotti fino all'alveo del T. Rochemolles evitando fenomeni di erosione incanalata.

Per tutte le opere eseguite dovrà essere garantita nel tempo un'azione di manutenzione continua.

Alla fine delle operazioni di rimodellamento del vallo sarà effettuato il rivestimento dell'opera per garantire idonea rivegetazione e protezione nei confronti dei fenomeni erosivi superficiali connessi agli agenti meteorici.

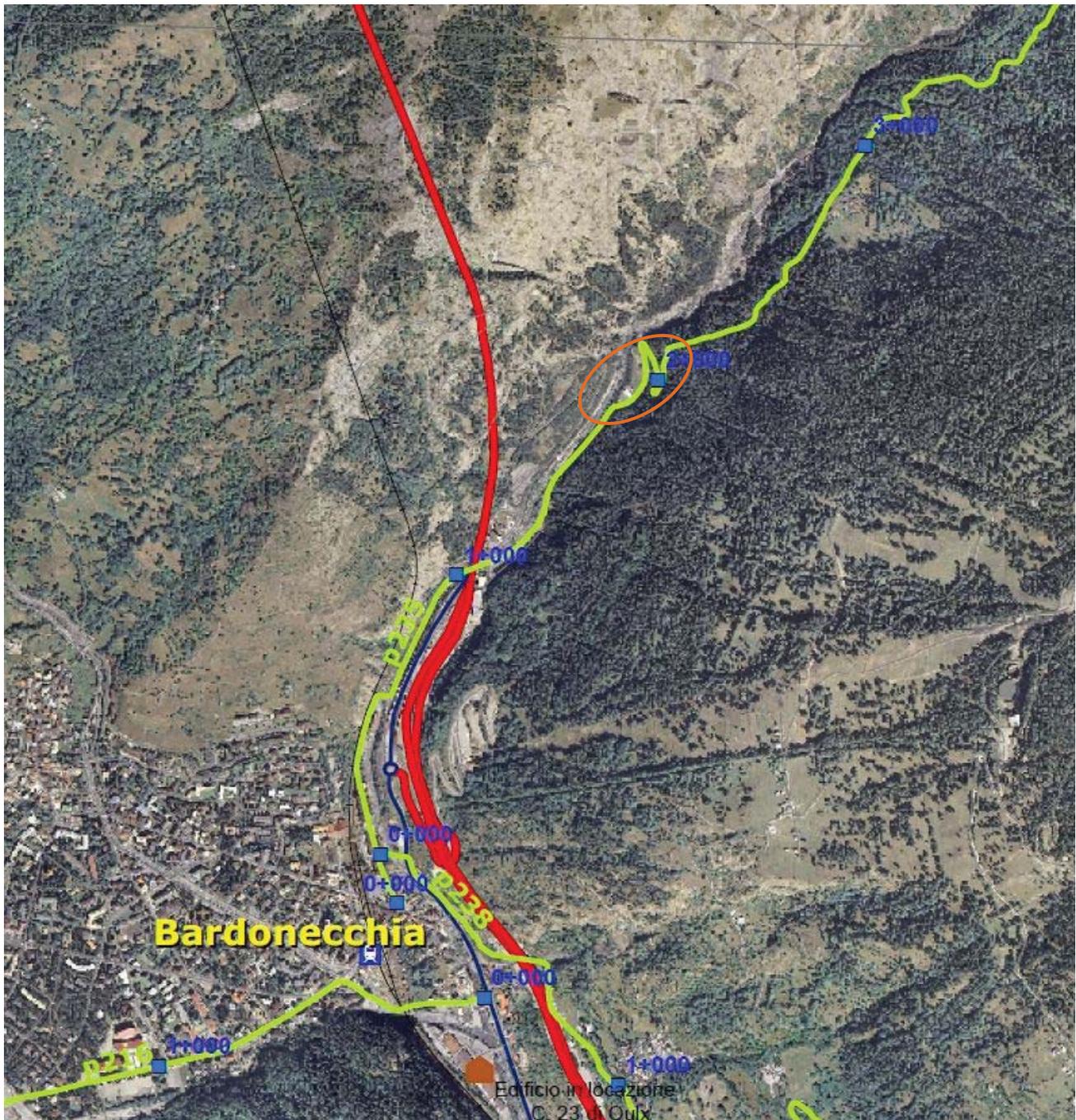
## **4 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO**

### **4.1 DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE**

La soluzione adottabile per sistemare la viabilità d'imbocco della valle di Rochemolles consiste nella costruzione di un rilevato di notevoli dimensioni (113.850mc) addossato al versante.

Questo rilevato consente di modificare sia la pendenza della strada in oggetto sia la larghezza della sede stradale e di conseguenza consente l'incrocio dei due mezzi attualmente assolutamente problematico.

L'intervento si estende sul versante sinistro per circa 260 m e la sede stradale da spostare riqualificare ed allargare ha una lunghezza di ml 460 circa dalla progressiva 1+720 alla progressiva 2+180; il nuovo tratto stradale ha una lunghezza di 632 ml.



Il rilevato ha una volumetria di mc 113.850 circa e sarà realizzato con il materiale estratto dalla galleria di sicurezza del Tunnel del Frejus appaltato dalla S.I.T.A.F. S.p.A.

Attualmente il versante a cui andrà appoggiato il nuovo rilevato è costituito da detrito di falda, boscato ed in alcune zone da roccia affiorante.

Sul fondovalle sono presenti depositi alluvionali del T. Rochemolles ed in alcune aree sono presenti depositi di materiali inerti derivanti dallo smarino dell'originario Tunnel del Frejus.

## **4.2 CARATTERISTICHE DEL RILEVATO E SUO PIANO DI APPOGGIO**

Come accennato in precedenza il materiale che costituisce il futuro rilevato è costituito dallo smarino derivante dalla costruzione del tunnel di sicurezza.

Le caratteristiche del materiale che, andrà sistemato in rilevato, sono ben note in quanto derivano da un tunnel parallelo a quello già realizzato ed il cui materiale di risulta è stato sistemato in loco in parte in sponda destra del T. Rochemolles ed in parte già utilizzato per eseguire i parcheggi della partenza della seggiovia della Jaffreau.

Il piano di appoggio è costituito in parte dal fondovalle alluvionale del T. Rochemolles ed in parte dai versanti che risultano ricoperti in parte da detrito di falda vegetato ed in parte da affioramenti rocciosi.

Prima dell'esecuzione del rilevato sarà necessario gradonare e superare opportunamente il versante in modo da eliminare le parti instabili e garantire idoneo immersionamento tra il nuovo rilevato ed il vecchio versante.

Il versante verrà rimodellato attraverso la realizzazione di gradonature con pendenza orizzontale di 6° e verticale di 60° di altezza 2,00 m e larghezza variabile in funzione del profilo del terreno naturale.

## **4.3 OPERE STRADALI DI ADEGUAMENTO VIABILITA'**

### **4.3.1 Norme e riferimenti progettuali**

Per i nuovi assi stradali il progetto deve essere redatto nel pieno rispetto del D.M. del 5 Novembre 2001 n° 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".

Nel caso invece di tratti stradali configurabili come "riqualificazione e adeguamento di viabilità esistenti" i criteri progettuali contenuti nella norma citata non sono cogenti e quindi possono essere presi solo di riferimento.

Nella definizione delle soluzioni progettuali particolare attenzione è stata rivolta cercando di conservare quelle disposizioni che possono avere implicazioni dirette sulla sicurezza stradale (ricependo quindi il principio ispiratore del "Nuovo codice della Strada" – contenuto nell' Art. 1 – secondo il quale "Le norme e i provvedimenti attuativi si ispirano al principio della sicurezza stradale, perseguendo gli obiettivi di una razionale gestione della mobilità, della protezione dell'ambiente e del risparmio energetico").

Pertanto, l'intero progetto di miglioramento della viabilità esistente è stato finalizzato al raggiungimento della piena congruenza con la citata normativa, cercando le soluzioni tecnico-geometriche che potessero garantire il raggiungimento di tale obiettivo, con scelte progettuali ponderate sulla base di condizioni specifiche, quali la viabilità circostante, la sussistenza di problematiche geotecniche e strutturali, il coordinamento con le varie fasi costruttive.

In sintesi, per definire le modalità di adeguamento della sede esistente, sono stati adottati quindi i seguenti criteri:

1. minimizzare l'impatto con la viabilità e le strutture/insediamenti preesistenti;
2. ridurre l'impatto ambientale facendo ricorso, ove possibile, all'ingegneria naturalistica;
3. prevedere una esecuzione per fasi dei lavori che garantisca l'esercizio delle viabilità esistente durante i lavori.

Al di là degli aspetti strettamente stradali la progettazione è stata condotta nel rispetto della normativa in vigore, in particolare:

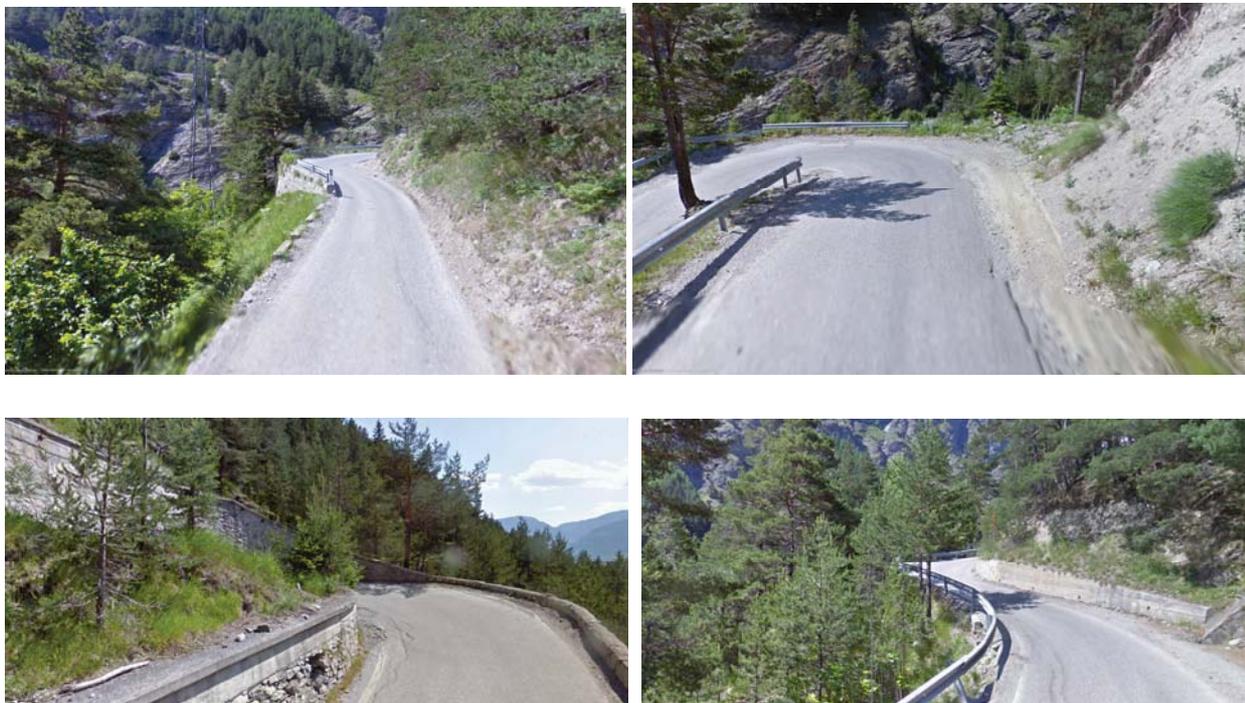
- D.M. 14.01.2008: "Norme tecniche per le costruzioni".
- DPR 495 del 16/12/1992 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo codice della Strada" e s.m.i.
- D. Lgs. 151 del 27/06/2003 "Modifiche ed integrazioni al Codice della Strada"
- DIRETTIVA 25/08/2004 "Criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali"
- D.M. 21/06/2004 "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale".
- Circ. Min. Infr. e Trasporti del 21/07/2010 n° 62032 "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali"
- D. Min. Infr. Trasporti 10.07.2002 "Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo.
- D.M. 5 Novembre 2001 n°6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".

#### **4.3.2 Stato di fatto**

L'imbocco della strada di Rochemolles è caratterizzato da un primo tratto molto ripido con 2 tornanti impostati su un pendio particolarmente acclive.

La carreggiata, di tipo ridotto, non consente l'incrocio di 2 vincoli e quindi rappresenta un problema per la transitabilità della strada. La sezione stradale è variabile tra i 3÷4 m di larghezza con pendenze che raggiungono l'11÷12% per tratti lunghi oltre 150m e con la mancanza, in molte zone, di un guard-rail adeguato.

Il tratto di viabilità che si snoda dai tornanti alla frazione di Les Issard è interessato da movimenti franosi e dissesti sia sul versante di monte che di valle, che si ripercuotono negativamente sulla stabilità della sede stradale stessa provocandone cedimenti localizzati e caduta di materiale.



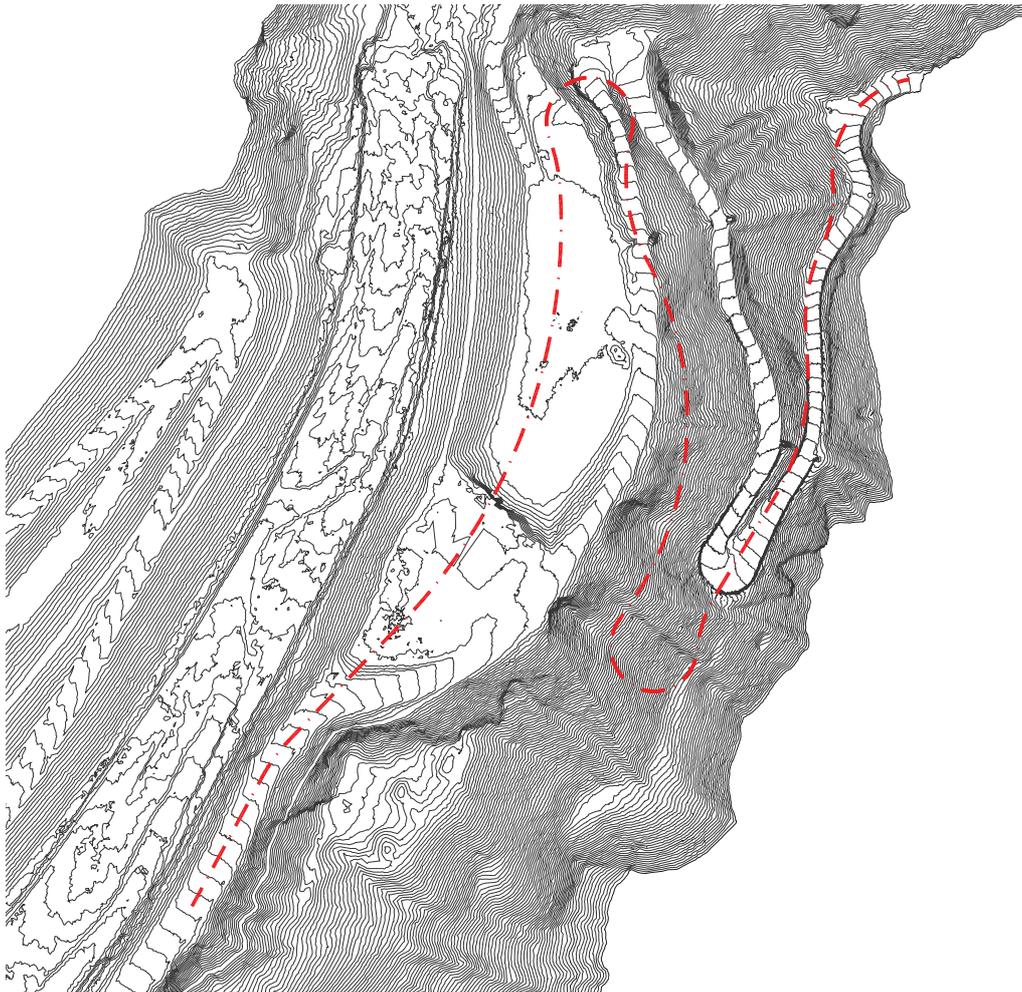
#### - Viabilità attuale -

Si è quindi pensato, considerata l'orografia della valle, in quel punto particolarmente favorevole alla realizzazione di un rilevato di consistenti dimensioni su cui ridisegnare la nuova viabilità.

#### 4.3.3 Soluzione progettuale

La soluzione adottabile per sistemare la viabilità d'imbocco della valle di Rochemolles consiste, come detto, nella costruzione di un rilevato di notevoli dimensioni addossato al versante. Questo, consente di modificare sia la pendenza della strada in oggetto sia la larghezza della sede stradale e di conseguenza consente l'incrocio di due veicoli attualmente assolutamente problematico, mediante l'inserimento di allargamenti localizzati della carreggiata stradale.

La lunghezza dell'intervento è valutato in 350 m e la sede stradale da spostare, riqualificare ed allargare ha una lunghezza di ml 630 circa.



Il rilevato ha una volumetria di mc 113'850 é sar  realizzato con il materiale estratto dalla galleria di sicurezza del Tunnel del Frejus appaltato dalla S.I.T.A.F. S.p.A.

La sezione stradale ( $V_p= 30$  km/h) prevista   caratterizzata da una carreggiata di 5.00m, due banchine laterali da 0.25m, oltre agli elementi marginali costituiti da un arginello di 0.75m di larghezza, entro il quale trova sistemazione una barriera stradale, oppure da un fosso rivestito in cls per le sezioni in trincea.

Attualmente il versante a cui andr  appoggiato il nuovo rilevato   costituito da detrito di falda abbastanza rivegetato ed in alcune zone da roccia affiorante.

Sul fondovalle sono presenti depositi alluvionali del T. Rochemolles ed in alcune aree sono presenti depositi di materiali inerti derivanti dallo smarino dell'originario Tunnel del Frejus.

Dal punto di vista altimetrico la riqualificazione del tracciato è caratterizzato da:

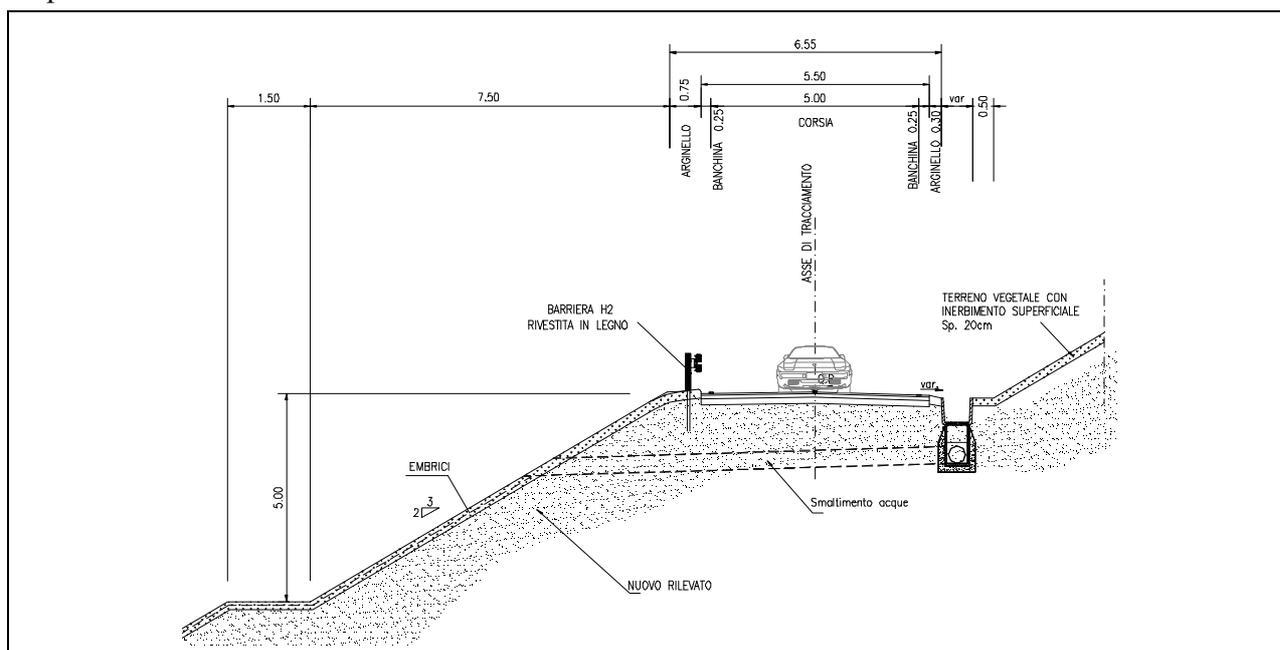
- da inizio intervento a sez. 12: 11,40%
- da sez. 12 a sez. 15: 4,00%
- da sez. 15 a sez. 22: 11,40 %
- da sez. 22 a sez. 26: 4,00 %
- da sez. 26 a sez. 31: 10,58%
- da sez. 31 a fine intervento 15,11%

L'attuale viabilità verrà sostituita da una viabilità più consona che sarà eseguita con la formazione di sottofondazioni stradali in misto stabilizzato dello spessore di cm 20, uno strato di fondazione di cm 10 di tout venant bitumato, uno strato di collegamento binder da 6 cm e uno strato di usura da 4 cm.

#### 4.3.4 Sezione tipo

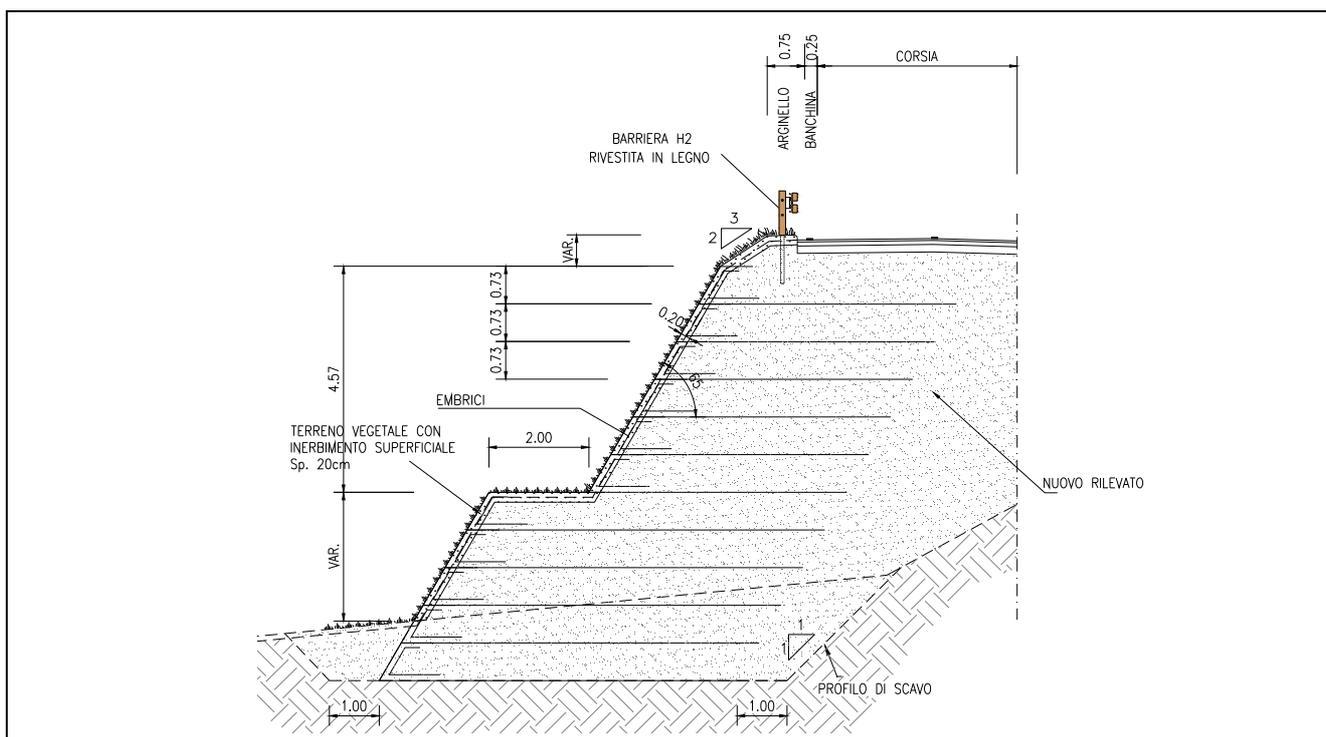
Come detto precedentemente la piattaforma stradale è costituita da una corsia da 5.00m e due banchine laterali da 0.25m.

La pendenza trasversale corrente è pari al 2.5% verso l'esterno, con valori massimi del 3.50% in corrispondenza dei tornanti.



- Sezione tipo -

Nel primo tratto di viabilità, per ridurre gli ingombri della scarpata, è prevista la realizzazione di muri in terra rinforzata, i quali, in taluni tratti in cui l'altezza è notevole si prevede l'inserimento di una banca di riposo larga 1.50m.



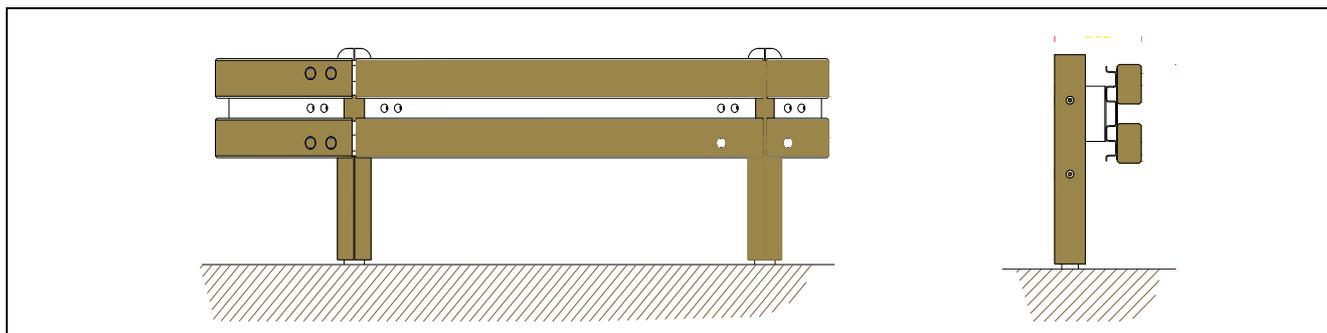
– Sezione tipo con terra rinforzata-

Dal punto di vista altimetrico la soluzione progettuale prevede due livellette con pendenza costante di 11.40% ed una al 10.58%, mentre, in corrispondenza dei due tornanti, si prevedono livellette con pendenza ridotta e pari al 4%.

Nei tratti in rilevato la piattaforma pavimentata è completata da arginelli in terra di larghezza pari a 0.75 m, rialzati di circa 10 cm dal piano carrabile. L'arginello ha la funzione di consentire l'inserimento delle barriere di sicurezza e degli elementi componenti il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma. Le scarpate sono realizzate con pendenza 2/3: i primi 20 cm di terreno saranno di tipo vegetale al fine di facilitarne l'inerbimento delle scarpate. Il rilevato stradale viene realizzato su piano di posa preparato mediante scotico. La raccolta delle acque avviene a secondo dei casi mediante fossi rivestiti in cls, i quali scaricano entro pozzetti dai quali si dipartono collettori che recapitano le acque verso il torrente Rochemolles.

#### 4.3.5 Barriere di sicurezza

A completamento del progetto stradale è stata prevista l'installazione delle barriere di sicurezza, sebbene la tipologia stradale che caratterizza l'intervento e la velocità di progetto assunta sia pari a 30 km/h, il DM 223 del 18/02/92 non risulta cogente in quanto lo stesso rende obbligatoria la progettazione delle barriere di sicurezza per le strade pubbliche extraurbane e urbane con  $V_p > 70$  km/h (art. 2 co. 1). Pur tuttavia, tenuto conto della accidentalità del territorio si è optato per la installazione di un dispositivo di sicurezza tipo H2, che, inserito nel contesto ambientale è del tipo rivestito in legno.



– **Barriera metallica rivestita in legno tipo “H2 bl”-**

#### 4.3.6 Opere di sostegno

##### **Terre rinforzate**

In alcuni tratti la strada viene sostenuta da terre rinforzate. Sono previste:

- da sez. 2 a sez. 4 (sezz. stradali): di altezza 1,50 m
- da sez. 8 a sez. 14 (sezz. stradali): di altezza da 1,50 m a 11,50 m
- da sez. 21 a sez. 23 (sezz. stradali): di altezza da 1,50 m a 10,00 m
- in corrispondenza della sez. 29 (sez. stradale): di altezza media 5,70 m

Si rimanda agli elaborati grafici per maggiori dettagli costruttivi.

##### **Berlinese con pali di grande diametro**

Al piede del versante tra la sez. 3 e la sez. 13 (sezz. stradali) per una lunghezza di 138,50 m è prevista la realizzazione di una berlinese con pali di grande  $\varnothing$  800 mm lunghi 20 m disposti su 2 file a quinconce ad interasse di 1,00 sulla fila e tra le file. Sulla testa dei pali è prevista una trave di collegamento di 1,80 m x 1,00 m. I pali sono immorsati nel versante tramite 8 contrafforti in cls distanziati tra di loro 20 m; 6 sono di 25 m di lunghezza, 2 di 20 m. Dalla testa di ancoraggio in cls, di 2,00 m x 3,00 m, di dipartono 2 pali radice  $\varnothing$  800 mm lunghi 20 m.

##### **Muro di controripa**

Tra la sez. 23 e la sez. 24 (sezz. stradali), per una lunghezza di 38 ml, è prevista la realizzazione di un muro di controripa in cls rivestito in pietrame di altezza pari a 3,00 m.

A tergo è prevista la posa di un mezzo tubo di raccolta acque di gronda in cls Ø 400 mm. A tergo al piede è prevista la posa di un tubo di drenaggio in PEAD Ø 315 mm inserito al fondo di un corpo drenante di 1,00 m di altezza protetto da tessuto non tessuto sulla sommità.

Al piede del muro è prevista la realizzazione di una canaletta alla francese che recapita le acque nel sistema di smaltimento descritto oltre. Il muro viene anche drenato da barbacani disposti ad interdistanza di 1,00 m.

#### **4.4 OPERE COMPLEMENTARI**

##### **Sistema di drenaggio e di raccolta acque superficiali**

Il sistema di raccolta acque comprende la raccolta e smaltimento delle acque di versante e delle acque di piattaforma stradale.

La porzione di versante oggetto di rimodellamento viene perimetrata da due cunettoni di raccolta acque in pietrame e legname cementati a sezione trapezia delle dimensioni di 2,20 m in testa, 1,00 m al fondo, profondo 0,70 m. Il fondo del canale è realizzato in pietrame annegato in un sottofondo in cls per complessivi 0,80 m su fondo e 0,50 m sui lati. Le sponde laterali in pietrame terminano con pali in legname scortecciato durabile Ø 20 cm; la struttura viene rinforzata con piloti in ferro Ø 24 mm inseriti tra il palo e il pietrame sulla sommità della sponda perpendicolarmente al versante ogni 2,00 m. I cunettoni scaricano nel T. Rochemolles rispettivamente a monte e a valle dell'intervento in progetto.

Le acque di versante a monte della strada confluiscono in un fosso a sezione trapezia rivestito in cls posto bordo strada a monte della stessa delle dimensioni di 1,00 m in testa, 0,50 m al fondo, profondo 0,30 m. Nel tratto compreso tra le sezz. stradali n° 24 e 32 le acque vengono intercettate in pozzetti di raccolta acque e smaltite tramite tubazioni in PEAD Ø 315 mm nel sistema di drenaggio costituito di tubazioni in PE Ø 400 mm poste al di sotto delle banche del versante. I restanti tratti di fosso di raccolta acqua smaltiscono le acque direttamente nei cunettoni.

Inoltre, lungo il versante al di sotto delle banche è posizionata una tubazione di drenaggio costituito di tubazioni in PE Ø 400 mm trattenute da un piloti in ferro Ø 24 mm inseriti perpendicolarmente al versante ogni 2,00 m. Le tubazioni di drenaggio raccolgono, tramite tubazione Ø 200 mm in PEAD poste ad interdistanza di 30 ml, le acque di versante collettate tramite canalette in legno posizionate al di sopra della tubazione di drenaggio sulle banche. Raccolgono, altresì, le acque di piattaforma stradale collettate con embrici in cls delle dimensioni di 40/50 cm x 57 cm, h 18 cm spess. 4,5 cm.

## 5 COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE OPERE IN PROGETTO

E' stato predisposto uno studio di compatibilità idraulica per verificare, appunto, la compatibilità delle opere in progetto con il Torrente Rochemolles. Si rimanda, quindi, alla Relazione specialistica, parte integrante del progetto.

Il modello è stato elaborato a partire dalle sezioni idrauliche dedotte dai rilievi topografici di dettaglio utilizzati per la progettazione delle opere.

La geometria inserita è quella dello stato in progetto delle proposte progettuali, le quali, non modificando la sezione d'alveo, non modificano il processo di deflusso delle portate di massima piena.

I modelli eseguiti mostrano, coerentemente agli studi di PRG, tiranti idrometrici relativamente bassi e velocità elevate con profili idraulici prevalentemente di corrente veloce.

Tale risultato appare confermato dall'analisi del materiale di deposito visibile in alveo. Le opere in progetto sono compatibili con i tiranti idrometrici e con le velocità desunte dal modello. Si rammenta che tali interventi sono a carattere antiersivo e, dal punto di vista del deflusso, hanno un'ingerenza minima rispetto allo stato di fatto.

Le modellazioni eseguite confermano tale ipotesi.

## 6 INTERVENTI DI RECUPERO E MITIGAZIONE

Il versante rimodellato verrà completamente rivegetato.

Sulle superfici in pendenza verrà stesa una biostuia in juta con funzione antiersiva e di protezione delle superfici. Tutte le superfici verranno completamente idroseminate con una miscela di idrosemina potenziata.

Le superfici delle terre rinforzate verranno inerbite a mezzo idrosemina potenziata.

Sulle scarpate si prevede di realizzare dei moduli, profondi 1,00 m alti 0,50 m distanziati tra di loro 2,00 m, di terreno costituito da smarino miscelato con 1/3 del volume con compost di qualità con funzione ammendante e fertilizzante per un quantitativo di 0,1 mc/mq di superficie.

In tali moduli si prevede la messa a dimora delle piantine.

L'intera superficie della scarpata di valle verrà rimboschita con *Pinus sylvestris* con densità di 2500 piante/ha; si terrà conto della distanza di rispetto dalle strade prevista dal Codice della Strada di 6 m.

## **7 CANTIERIZZAZIONE DELL'OPERA E POSSIBILITA' DI ESECUZIONE PER FASI SUCCESSIVE**

Si prevede che la realizzazione del rimodellamento del versante e del nuovo tracciato stradale si svilupperà su un arco temporale di 2 anni in cui i movimenti terra si completeranno entro il 2015.

La realizzazione dell'intervento avverrà per lotti studiati in modo da garantire sempre l'accesso veicolare all'alta valle di Rochemolles.

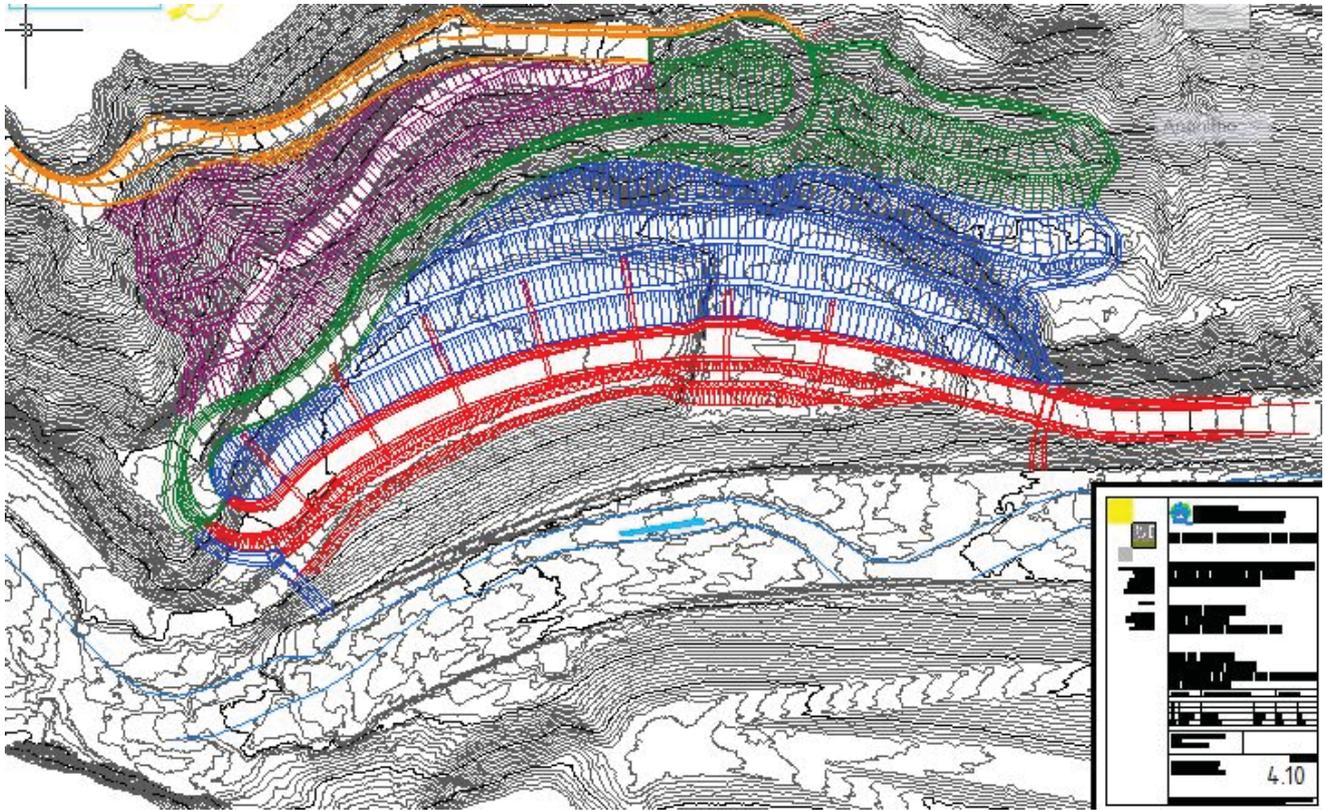
Lotto 1 - Terminata la preparazione dell'area si dovrà procedere alla realizzazione della berlinese di sostegno al piede del versante ed alla realizzazione del primo tratto di strada; in questa fase resterà transitabile tutta la vecchia strada.

Lotto 2 - Successivamente verrà smantellata la strada esistente fino al primo tornante e costruito il rilevato sovrastante. In questa fase sarà percorribile il primo tratto di nuova viabilità fino al 1° tornante e da questo ci si immetterà sul vecchio tracciato stradale .

Lotto 3 - Terminato il riempimento alla base del nuovo tratto stradale compreso tra il primo e il secondo tornante si procederà alla costruzione di questo nuovo tratto e alla formazione del rimodellamento il sinistra orografica del secondo tornante. In questa fase la percorribilità sarà come quella della fase precedente.

Lotto 4 - La fase successiva prevede la realizzazione del rimodellamento di versante a monte del tratto stradale compreso tra i due versanti fino al raggiungimento del piano su cui verrà realizzato l'ultimo tratto stradale (dal secondo tornante a fine intervento). In questa fase la percorribilità avviene sulla nuova strada fino al secondo tornante e sulla vecchia strada dal secondo tornante a fine intervento. Verrà anche realizzata una pista provvisoria sulla parte sommitale del rimodellamento, che consentirà il transito dei mezzi durante la fase successiva.

Lotto 5 - Successivamente si procederà alla realizzazione dell'ultimo tratto di nuova strada dal secondo tornante a fine intervento. In questa fase sarà percorribile la pista provvisoria precedentemente realizzata che poi sarà smantellata, una volta completato l'ultimo tratto di strada.



Estratto tav. 4.10



Al termine dei lavori è previsto il recupero delle superfici interessate dai lavori; se agricole (prati) si procederà al ripristino dell'uso ante – operam. Per il tratto iniziale della SP 235 è previsto il ripristino mediante fresatura e rifacimento del tappetino di usura, nel tratto dall'innesto sulla SS 335 al sito di intervento.

Dal punto di vista della cantierabilità il sito, trovandosi nelle immediate vicinanze del luogo di produzione dell'inerte é da ritenersi ottimale perchè non necessita di trasporti lungo la viabilità ordinaria e quindi assolutamente compatibile con l'ambiente circostante.

L'accesso alle aree avviene agevolmente tramite la SP 235.

## **8 INDICAZIONI PER LA MANUTENZIONE DELL'OPERA**

La manutenzione ordinaria dell'opera è finalizzata al mantenimento della funzionalità della stessa. A tal fine si prevedono i seguenti interventi:

- Mantenimento della funzionalità di smaltimento acque di drenaggio e superficiali.  
Annualmente, sempre nel periodo primaverile, si dovrà effettuare la pulizia delle canalette sia ato strada che sulla scarpata.

A ciò si aggiungono gli interventi selvicolturali di gestione del rimboschimento che dovranno prevedere la sostituzione delle fallanze nei primi anni dall'impianto e successivamente a circa 10-12 anni dall'impianto si potrà valutare la necessità di effettuare uno sfollo per selezionare i soggetti migliori.

Circa l'inerbimento si dovrà provvedere alla risemina e/o trasemina di eventuali fallanze nei primi anni.

Oltre agli interventi di manutenzione è necessario provvedere al monitoraggio della funzionalità delle terre rinforzate; si dovrà, quindi, prevedere, il controllo dell'assetto originario del paramento, al controllo dell'integrità dei teli e della cassetatura.

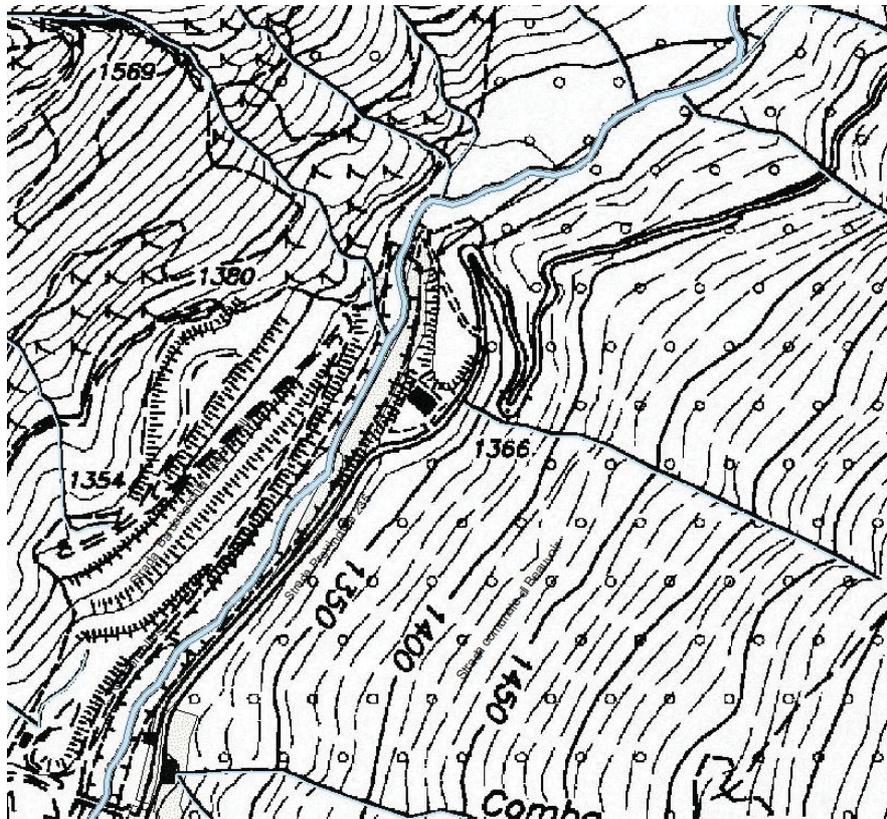
## **9 VINCOLI E COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO CON LA PIANIFICAZIONE URBANISTICA**

### **9.1 PIANIFICAZIONE URBANISTICA**

In base al PRGC vigente Variante generale di adeguamento al PAI ai sensi dell'art. 18 delle NTA del Piano stralcio dell'Assetto idrogeologico l'area di intervento ricade nei seguenti azzonamenti:

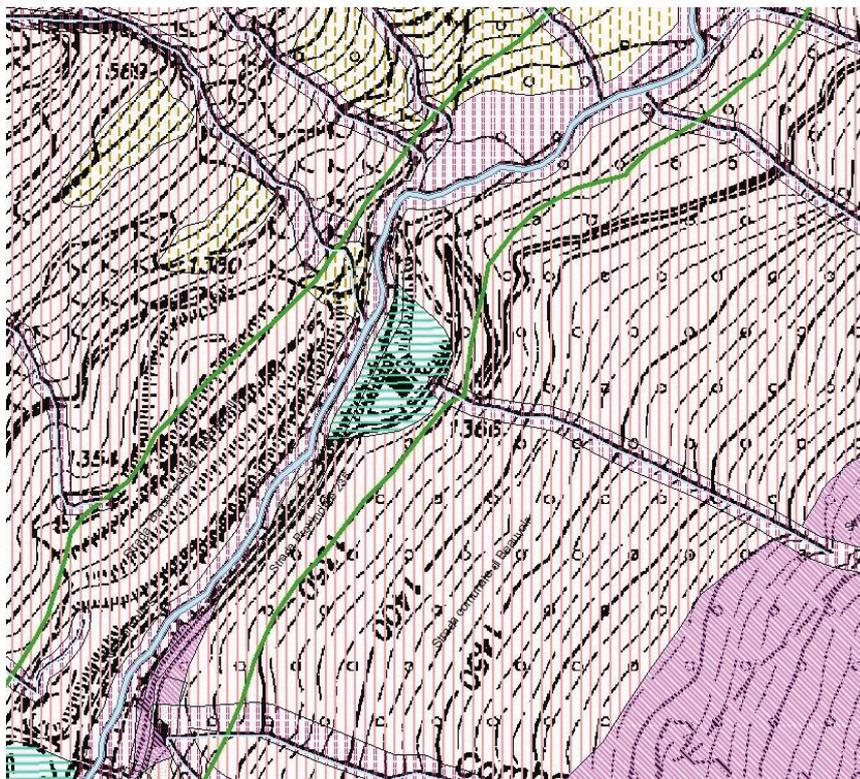
- area classificata come AGRICOLA area Agricola E” normata dall'art. 22 e dall'art. 13 delle NTA
- area soggetta a vincolo FR “aree e fasce di rispetto” normate dagli artt. 36 e 39 delle NTA

Si riporta uno stralcio della cartografia di piano desunta dal webgis.



Sotto il profilo della classificazione della pericolosità idrogeologica le aree di intervento sono così classificate:

- *aree classificate in Classe geologica II normate dall'art. 35 delle NTA*
- *aree classificate in Classe geologica IIIA1 normate dall'art. 35 delle NTA*
- *aree classificate in Classe geologica IIIA2 normate dall'art. 35 delle NTA*
- *parte dell'area di intervento risulta, inoltre, perimetrata all'interno area soggetta all'onda di piena per crollo dei bacini artificiali – Rochemolles.*



## 9.2 VINCOLI TERRITORIALI ED AMBIENTALI

### 9.2.1 Vincolo Paesaggistico

Estremi del provvedimento ministeriale o regionale di notevole interesse pubblico del vincolo per immobili o aree dichiarate di notevole interesse pubblico

L'area di intervento risulta soggetta a vincolo derivante dalle fattispecie previste agli artt. 136-141 e 157 del D.lgs 42/04 in quanto tutto il territorio comunale risulta essere inserito negli "elenchi compilati ai sensi della legge 29 giugno 1939, n. 1497" in forza del D.M. 21.02.1953.

Si rimanda alla carta dei vincoli ambientali riportata in allegato.

Presenza di aree tutelate per legge (art. 142 del d.lgs. n. 42/2004)

Il territorio interessato dall'intervento rientra nelle fattispecie di vincolo paesaggistico previste al comma 1 dell'art. 142 del D.lgs 42/04:

- c) " i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933,

n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna” in quanto ricadente all’interno della fascia dei 150 m dal T. Rochemolles;

- “g) i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dall’articolo 2, commi 2 e 6, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 227”.

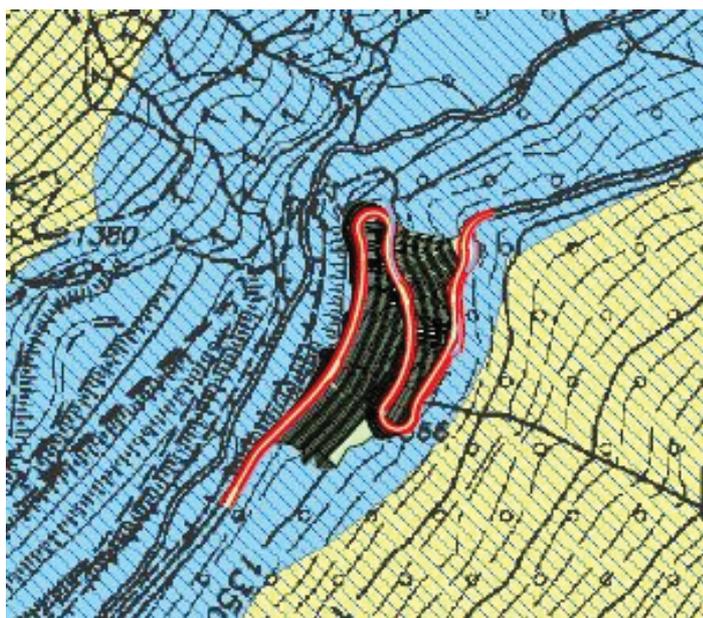
Si rimanda alla carta dei vincoli ambientali riportata in allegato.

### 9.2.2 Vincolo idrogeologico

Il territorio oggetto di intervento ricade all’interno della perimetrazione delle aree sottoposte a vincolo per scopi idrogeologici ai sensi della L.R. 45/89 (R.D. 30/12/1923 n.3267). Si rimanda alla Carta dei vincoli ambientali e alla Carta del vincolo idrogeologico (da PRGC) riportate di seguito.

### 9.2.3 Altri vincoli

Nell’area non sono presenti altri vincoli territoriale ed ambientali.



	vincolo idrogeologico - R.D. 30/12/1923 n.3267
	vincolo ex D.Lgs 42/2004 art. 142 c. c
	vincolo ex D.Lgs 42/2004 art. 142 c. d
	Vincoli ex L. 1497/39

## 10 PREZZI UNITARI

La quantificazione delle opere è stata effettuata utilizzando l’Elenco prezzi Unico 2012 del Compartimento della Viabilità per il Piemonte dell’ANAS e il Prezzario delle Opere Pubbliche della Regione Piemonte anno 2011 edizione 2011.

In mancanza di riscontri sono state effettuate delle apposite analisi adottando come prezzi di riferimento quelli compresi nei suddetti elenchi.

## **11 ACQUISIZIONE DELLE AREE NECESSARIE PER L'ESECUZIONE DELL'OPERA**

Le aree interessate dalle opere in questione sono in parte di proprietà del Comune di Bardonecchia ed in parte sono aree per le quali si è reso necessario procedere ad espropriazioni ed occupazioni temporanee come meglio esplicitato negli elaborati del quadro 7 – Espropri

## **12 PIANO DI MONITORAGGIO**

### **12.1 MONITORAGGIO IN FASE DI CANTIERE**

#### **12.1.1 Caratterizzazione ambientale materiali di smarino**

L'impiego dello smarino dovrà essere supportato da un sistematico monitoraggio dei materiali, secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Pertanto, tale monitoraggio è previsto in due momenti:

- un primo monitoraggio in fase di redazione del progetto di riuso dei materiali, da effettuarsi sul materiale attualmente disponibile derivante dai sondaggi geognostici e/o dalla costruzione del tunnel esistente (stante la contiguità delle due gallerie, si può ragionevolmente prevedere un'analogia di caratteristiche litologiche dei materiali di scavo);
- un monitoraggio periodico, da effettuarsi sul materiale progressivamente scavato e temporaneamente stoccato nell'area di cantiere, al fine di verificare *in itinere* la permanenza delle condizioni di accettabilità dello stesso.

Tutti i monitoraggi avverranno in conformità a quanto previsto dal progetto definitivo approvato, così come implementati dal successivo progetto esecutivo.

## 12.2 PRESCRIZIONI GEOTECNICHE IN FASE ESECUTIVA

I parametri geotecnici utilizzati nel presente studio dovranno essere oggetto di verifica in fase esecutiva ed a cantiere aperto. A questo scopo nelle fasi iniziali di preparazione delle superfici di appoggio del materiale di smarino sarà possibile investigare più agevolmente e adeguatamente il terreno naturale e artificiale in posto.

In particolare in corrispondenza del terrapieno artificiale esistente si ritiene opportuno procedere all'esecuzione di indagini ulteriori al fine di individuare masse non compatibili con le caratteristiche di portanza richieste dal progetto di rimodellamento mediante posa di materiale aggiuntivo. Nel caso di individuazione e rinvenimento di tali materiali scadenti o comunque non compatibili, essi dovranno essere rimossi e portati a discarica, Particolare attenzione dovrà essere posta al terrapieno ribassato esistente, dove le indagini hanno evidenziato la presenza di materiali poco addensati, con bassi valori di NSpt.

Tutti gli strumenti, inclinometri e piezometri, installati in questa fase di progetto definitivo dovranno essere oggetto di regolare controllo nel tempo, sia in questo periodo di conclusione dell'iter progettuale sia successivamente all'inizio lavori, per il monitoraggio dei livelli della falda e di eventuali cedimenti che dovessero nel contempo manifestarsi; a questo proposito gli strumenti già posizionati risultano localizzati in modo da poter essere conservati nel tempo anche durante le fasi di lavorazione, ed altri potranno essere installati in un secondo momento.

Azione assolutamente indispensabile sarà volta ad accertare nel modo più accurato le effettive caratteristiche geotecniche del materiale di smarino che sarà utilizzato per la realizzazione del rimodellamento, al momento solo ipotizzate sulla base di una sola analisi di laboratorio effettuata su campione di terreno prelevato sul lato francese del tunnel già in corso di realizzazione, derivante dalla stessa metodologia di scavo tramite TBM.

Allo scopo dovrà essere implementato un sistema di caratterizzazione e controllo iniziale e periodico, da effettuarsi sul materiale progressivamente scavato e temporaneamente stoccato nell'area di cantiere, al fine di verificare in itinere la permanenza delle condizioni di accettabilità dello stesso, sotto la supervisione della D.L. Tutti i monitoraggi avverranno in conformità a quanto previsto dal progetto esecutivo approvato.

La caratterizzazione geotecnica in corso d'opera del materiale già disponibile e di quello successivamente proveniente dallo scavo della galleria sarà effettuato al fine di accertare:

- la litologia onde evitare la messa in rilevato di litotipi non idonei (es. caratterizzati da curve granulometriche significativamente differenti e percentuale di fino superiore a quella caratteristica del campione di laboratorio preventivo analizzato);
- la presenza delle condizioni di accettabilità secondo la normativa vigente.

Si ricorda che questo materiale andrà classificato come terre e rocce da scavo e come tale dovrà essere trattato. In caso di presenza di serpentiniti potenzialmente asbestifere si dovrà procedere al campionamento e rilevamento dei parametri sul campo, alla preparazione dei campioni per i laboratori, alla analisi secondo la vigente normativa, al monitoraggio delle fibre aerodisperse.

I parametri geotecnici derivanti dai controlli (il prelievo sarà effettuato su accumuli di circa 5000mc separati ed utilizzabili solo dopo gli accertamenti) permetteranno di effettuare in continuo un controllo delle verifiche di stabilità effettuate inizialmente sul progetto esecutivo. I valori dei parametri geotecnici derivanti dalle prove di verifica delle caratteristiche dei materiali utilizzati per la costruzione del vallo dovranno essere uguali o superiori a quelli assunti per le verifiche effettuate nello studio a supporto del progetto.

Prima dell'inizio della preparazione del piano di appoggio si prescrive innanzitutto di procedere ad una scoticatura del terreno superficiale, in particolare laddove costituito da terreno di tipo vegetale poco consistente (quest'ultimo da accantonare ed utilizzare per il rinverdimento finale). A tale operazione seguirà una gradonatura della superficie di appoggio, con pedate in leggera contropendenza (almeno 1/2 gradi) ed alzate non superiori a 1.5/2 m.

Nella preparazione della gradonatura di immersione e appoggio, ma anche nella disposizione degli strati di materiale di smarino successivi, si prescrive l'esecuzione di prove su piastra per accertare l'ottenimento della compattazione adeguata; si prevede almeno 1 prova ogni 2000 mq di gradonatura. Queste analisi andranno effettuate a campione sull'intera impronta dell'intervento di rimodellamento in progetto, concentrando in particolare l'azione di prova nelle fasi iniziali della messa in posto; esse dovranno essere effettuate ogni 4 passate di materiale di riporto. I valori di prova minimi accettabili per queste prove dovranno fare riferimento alla normativa vigente.

Lo stendimento del materiale di riporto dovrà avvenire in strati di spessore massimo 40/50 cm, e dovranno essere compattati con rullo da 200 KN al fine di ottenere la massima compattazione ottenibile; si dovrà comunque porre la massima attenzione nel non eccedere con la rullatura per non peggiorare le caratteristiche del materiale detritico disponibile, a composizione prevalente di tipo calcareo, conseguente a frantumazione dello scheletro in elementi più minuti.

Al fine di verificare la ottimale compattazione del materiale, sia quello di appoggio iniziale sia quello di riporto, sarà necessario prevedere prove di tipo Proctor; tali prove serviranno per caratterizzare il

materiale iniziale, per valutare in particolare le condizioni di umidità ideali ed il numero di rullate ottimale necessario, e dovranno essere ripetute, secondo le indicazioni della Direzione Lavori, ogni qualvolta venga osservata una variazione significativa delle caratteristiche fisiche del materiale di smarino, attraverso le necessarie periodiche prove di tipo granulometrico.

I rilevati saranno oggetto di monitoraggio strumentale periodico sia durante la loro realizzazione sia successivamente attraverso la messa in opera di caposaldi per misure topografiche di precisione, ed esecuzione di verticali inclinometriche nonché la posa in opera di estensimetri e forme di monitoraggio dei rilevati che consentiranno di verificare:

- il normale assestamento per compattazione del materiale riportato in rapporto al progressivo accrescimento del rilevato;
- il suo esaurirsi nel tempo a lavori ultimati;
- la eventuale deformazione del rilevato rispetto alla geometria iniziale.

Un completo sistema di raccolta e di drenaggio delle acque superficiali meteoriche impedirà che le stesse possano infiltrarsi e peggiorare il comportamento geotecnico dei terreni naturali di appoggio e degli stessi di riporto. Il progetto prevede la realizzazione di un completo sistema di canalette e fossi di guardia su tutta la superficie di rimodellamento, in grado di raccogliere le acque meteoriche e di scorrimento superficiale, sia sotto forma diffusa che incanalata. Il sistema impedirà in particolare che le acque incanalate degli impluvi sottesi possano andare a disperdersi in modo incontrollato sulla superficie di rimodellamento e andando ad innalzare il livello piezometrico della falda. Tutti gli scarichi saranno condotti fino all'alveo del T. Rochemolles evitando fenomeni di erosione incanalata.

Al piede del terrapieno esistente si dovrà ripristinare la scogliera in massi esistente, sia con funzione antierosiva da parte delle acque, sia per fornire un certo sostegno al piede della scarpata. Tale opera in ogni caso non potrà da sola svolgere quest'ultima funzione, che viene demandata principalmente ad una opera ben più consistente, tipo paratia con pali di grande diametro e tiranti, che il progetto prevede posizionata sul ciglio del terrapieno.

Alla fine delle operazioni di rimodellamento del vallo sarà effettuato il rivestimento dell'opera per garantire idonea rivegetazione e protezione nei confronti dei fenomeni erosivi superficiali connessi agli agenti meteorici.

Per tutte le opere eseguite dovrà essere garantita nel tempo un'azione di manutenzione continua.

### 12.2.1 Monitoraggio ambientale qualità dell'aria

Oltre al monitoraggio previsto nell'ambito del cantiere di scavo, al fine di tenere sotto controllo sistematicamente le caratteristiche della qualità dell'aria lungo il percorso viario utilizzato per il trasporto del materiale e presso il cantiere di costruzione dei rilevati, anche per monitorare l'efficacia delle misure di mitigazione specifiche sarà predisposto uno specifico Piano di monitoraggio che definirà ubicazione, modalità e frequenza dei rilevamenti. I parametri monitorati saranno presumibilmente, oltre ai dati meteo puntuali, le polveri totali (PTS) e le polveri sottili (PM 10 e PM 2,5). I valori rilevati verranno confrontati con i limiti normativi ed in caso di superamento delle soglie di accettabilità verranno adottate opportune misure. Il Piano di monitoraggio prevederà delle campagne di misura *ante-operam* che consentiranno di valutare l'eventuale contributo dell'intervento in corso ai valori totali riscontrati. Gli esiti del monitoraggio verranno confrontati con i limiti normativi.

### 12.2.2 Monitoraggio rumore

Analogamente a quanto previsto per la qualità dell'aria, verrà predisposto un Piano di monitoraggio del rumore, idoneo a misurare l'incremento di rumore generato dal traffico e dalle attività di cantiere. A tal fine verrà individuata una serie di ricettori sensibili lungo il percorso stradale ed in prossimità dei cantieri presso i quali verranno periodicamente effettuate delle misure fonometriche idonee a fornire un quadro esaustivo del clima acustico *ante-operam* ed in fase di cantiere. Gli esiti del monitoraggio (valore di emissione, di immissione e valore differenziale) verranno confrontati con i limiti normativi e con quelli previsti nello specifico dal Piano di zonizzazione acustica comunale, ove esistente.

## 12.3 MONITORAGGI IN FASE POST-OPERATIVA

### 12.3.1 Monitoraggio geotecnico dei rilevati

I rilevati saranno oggetto di monitoraggio strumentale periodico sia durante la loro realizzazione sia successivamente attraverso la messa in opera di caposaldi per misure topografiche di precisione con metodo G.P.S. che consentiranno di verificare:

- il normale assestamento per compattazione del materiale riportato in rapporto al progressivo accrescimento del rilevato;
- il suo esaurirsi nel tempo a lavori ultimati
- l'eventuale deformazione del rilevato rispetto alla geometria iniziale.

### 12.3.2 Monitoraggio vegetazione

Considerato che l'intervento di rivegetazione avverrà in condizioni pedologiche particolari (substrato di riporto e disponibilità idrica condizionata dalle caratteristiche (materiali e geometria del rilevato), che potrebbero rendere più difficoltosa l'affermazione della vegetazione, si ritiene utile prevedere un

monitoraggio periodico (es. con frequenza annuale) dello stato della vegetazione e del suo grado di affermazione e sviluppo.

Tale monitoraggio, di carattere quali-quantitativo, consentirà di prevedere e mettere in atto eventuali interventi forestali di supporto/completamento, quali sostituzione fallanze, tra semine, ecc.

Tutti gli esiti dei monitoraggi verranno trasmessi al Comune ed agli Enti competenti, attraverso report periodici.

### 13 ITER AUTORIZZATIVO

Tenuto conto delle caratteristiche ed ubicazione degli interventi che sostanzialmente consistono:

- nella costruzione di rilevati ed opere accessorie
- nella rettifica di tracciati di strade provinciali

si ritiene che l'iter autorizzativo debba prevedere le seguenti autorizzazioni/pareri/nulla-osta:

- o approvazione del progetto di riutilizzo delle terre e rocce da scavo e relativo Piano di monitoraggio.

Il materiale di smarino della galleria, qualora reimpiegato per la costruzione del rilevato paramassi (utilizzo ammesso e previsto dai commi 1 e 7 bis dell'art.186 del D.Lgs.152/2006 e s.m.i.) assume la configurazione giuridica di "terre e rocce da scavo" e viene escluso dalla normativa sui rifiuti secondo quanto previsto dal D.M. 161/2012.

Il riuso delle terre e rocce da scavo è consentito solamente qualora la caratterizzazione chimica delle stesse e del sito di utilizzo possieda i requisiti di cui alla Tab.1 dell'allegato V al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 (presenza di contaminanti entro i limiti tabellari, salvo il fatto che sia dimostrabile che il superamento di dette concentrazioni sia attribuibile a "valori di fondo naturale").

Poiché il riuso ora previsto del materiale in oggetto non è stato contemplato in fase di progettazione definitiva del tunnel ed opere connesse sottoposto a procedura di VIA, ai sensi del richiamato articolo 186 del D.Lgs.152/06 il suo reimpiego deve essere oggetto di specifico progetto (sempre come opera connessa), approvato secondo le procedure previste dalla "Legge Obiettivo".

- o autorizzazione ai sensi L.R. 45/89 per il vincolo idrogeologico
- o autorizzazione paesaggistica ai sensi D. lgs. 42/2004 e s.m.i.
- o adeguamento del PRGC
- o autorizzazione in linea idraulica
- o autorizzazione settore viabilità della Provincia di Torino