

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI  
PROGETTO ESECUTIVO**

**GALLERIA NATURALE DI VALICO - CAMERONE TIPO D - RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. P.P. Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R O	G N 1 6 0 0	0 0 1	A

Progettazione :							
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data
A00	Emissione	GDP 	15/07/2013	Rocksoil 	15/07/2013	A. Palomba 	19/07/2013



n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00
-----------	---------------------------------------



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 21</p>

## INDICE

INDICE.....		3
1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO .....	4
3	ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO .....	5
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	6
4.1	Il Bacino Terziario Piemontese.....	7
4.1.1	La Formazione di Costa Aresaa (fC) (Burdigaliano – Langhiano) .....	9
4.2	Depositi quaternari.....	10
4.2.1	Coltre detritico-colluviale .....	10
4.2.2	Depositi alluvionali .....	10
4.3	Assetto geomorfologico dell'area .....	10
4.4	Indagini geognostiche.....	11
4.4.1	Sondaggi.....	11
4.4.2	Indagini geofisiche .....	12
5	ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA .....	13
5.1	Circolazione idrica superficiale .....	13
5.2	Circolazione idrica sotterranea .....	14
6	CENNI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA .....	15
6.1	Dati disponibili.....	15
6.2	Caratteri generali della sismicità regionale.....	16
6.3	Classificazione sismica dell'area di progetto.....	18
6.4	Stima delle proprietà sismiche dei terreni interessati dal progetto.....	19
7	DESCRIZIONE GEOLOGICA DELLA TRATTA INTERESSATA DALL'OPERA	19
8	BIBLIOGRAFIA .....	20

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00
	Foglio 4 di 21

## 1 PREMESSA

Il presente rapporto, realizzato nell'ambito del Progetto Esecutivo del nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi", riguarda la realizzazione della WBS identificata dal codice GN16 e rappresentata dal camerone "tipo D" della galleria naturale di valico, tra le Pk 27+657,93 e 28+264,73 presso l'imbocco lato Serravalle. L'intervento si sviluppa sul territorio comunale di Arquata Scrivia (AL).

Questo rapporto descrive la situazione geologica, geomorfologica e idrogeologica lungo lo sviluppo della galleria in progetto.

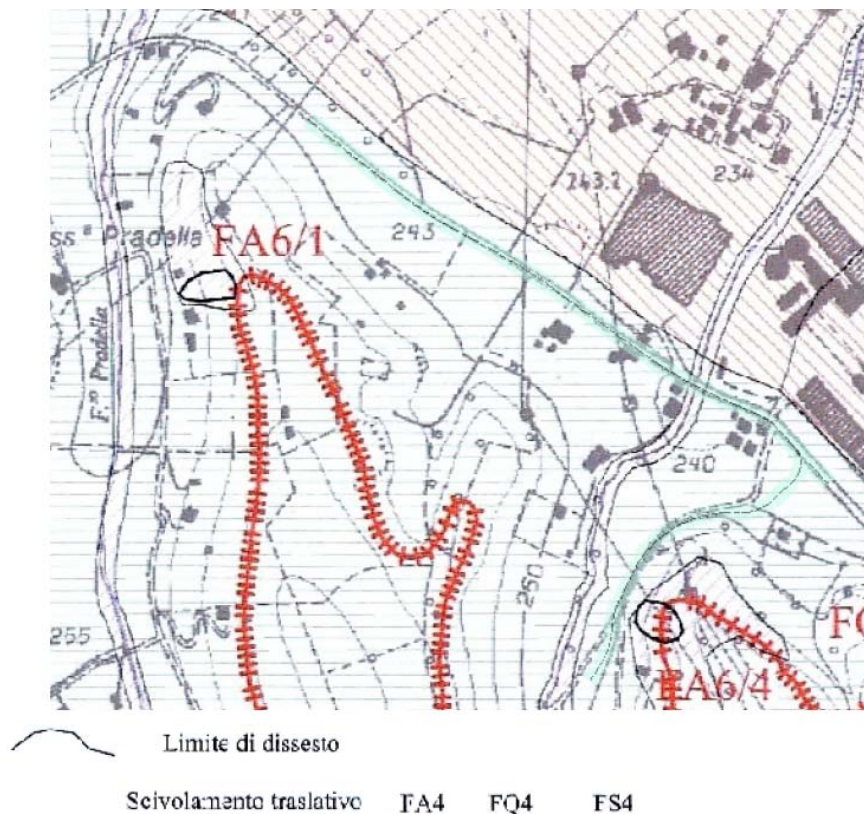
## 2 NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO

Il presente rapporto fa riferimento alla seguente normativa:

- R.D. 3267/1923 "Boschi e foreste" (vincolo idrogeologico).
- D.M. 11/03/1988 e s.m.i. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e le scarpate, i criteri generali, e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circ. LL.PP. 24/09/1988 n. 30483 "Norme tecniche per terreni e fondazioni - Istruzioni applicative".
- OPCM 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Variante Generale di P.R.G.C. del Comune di Arquata Scrivia (AL), approvata con D.G.R. n°18-1639 del 11 dicembre 2000.

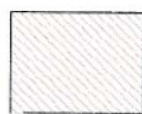
L'analisi della documentazione sopra citata, per quanto disponibile in relazione al sito in esame, ha evidenziato quanto segue:

- la "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica (El. B6)" allegata al vigente PRG del Comune di Arquata Scrivia (cfr. Figura 1) classifica il settore di intervento in classe di rischio "2b", a moderata pericolosità geomorfologica;
- il settore di versante a monte della strada esistente, tra la località C.na Radimero e la frazione Vaie, ricade in zona soggetta a vincolo idrogeologico ai sensi della L.R. 45/89;
- il territorio del Comune di Arquata Scrivia rientra nella "Zona 3" (valori di accelerazione al suolo compresi tra 0.05 g e 0.15 g) della classificazione sismica adottata dalla Regione Piemonte con D.G.R. n° 11-13058 del 19/01/2010, e successiva D.G.R. n° 4-3084 del 12/12/2011;
- infine, l'area non rientra nelle fasce fluviali del P.A.I.

**CLASSE II**

Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere superate attraverso l'adozione ed il rispetto di accorgimenti tecnici, derivanti da indagini geognostiche, studi geologici e geotecnici, da eseguire nelle aree di intervento in fase di progetto esecutivo, in ottemperanza al D.M. 11/03/88.

Tale classe viene suddivisa in due sottoclassi, in funzione della natura dei fattori penalizzanti:



a) Porzioni di territorio da subpiareggianti a moderatamente acclivi, interessate da uno o più fattori penalizzanti quali acque di escandazione a bassa energia, prolungato ristagno di acque meteoriche, ruscellamento diffuso, medioiori caratteristiche dei terreni di copertura ed eterogeneità dei terreni di fondazione.

Il rischio idraulico risulta "basso" o "trascurabile" e comunque associato ad eventuale ostruzione della rete di drenaggio, legata esclusivamente alla scarsa manutenzione.



b) Porzioni di territorio da debolmente a mediamente acclivi, dove la limitata idoneità e la moderata pericolosità derivano principalmente da problemi di stabilità dei versanti connessi alle scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni di copertura e/o alla sfavorevole giacitura del substrato.

**Figura 1 – Estratto (non in scala) della “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica (El. B6)” allegata al vigente PRG del comune di Arquata Scrivia, con ubicazione dell’area di intervento.**

### 3 ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 6 di 21</span>

Lo studio geologico-geomorfologico e idrogeologico del sito di intervento si è svolto attraverso le seguenti attività, in ottemperanza alle specifiche tecniche di progettazione:

- ricerca bibliografica;
- rilevamento di terreno e acquisizione dei dati geologici, geomorfologici ed idrogeologici relativi alle aree di intervento;
- analisi e interpretazione delle immagini aeree disponibili;
- revisione critica dei dati della campagna geognostica del Progetto Definitivo della linea AC/AV Milano-Genova, approvato nel 2005, nonché delle relazioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del medesimo Progetto Definitivo (PD);
- esame dei dati dei sondaggi e delle indagini integrative richieste in sede di Progettazione Esecutiva (ove disponibili);
- interpretazione dei dati raccolti sul terreno alla luce dell'insieme delle informazioni disponibili.

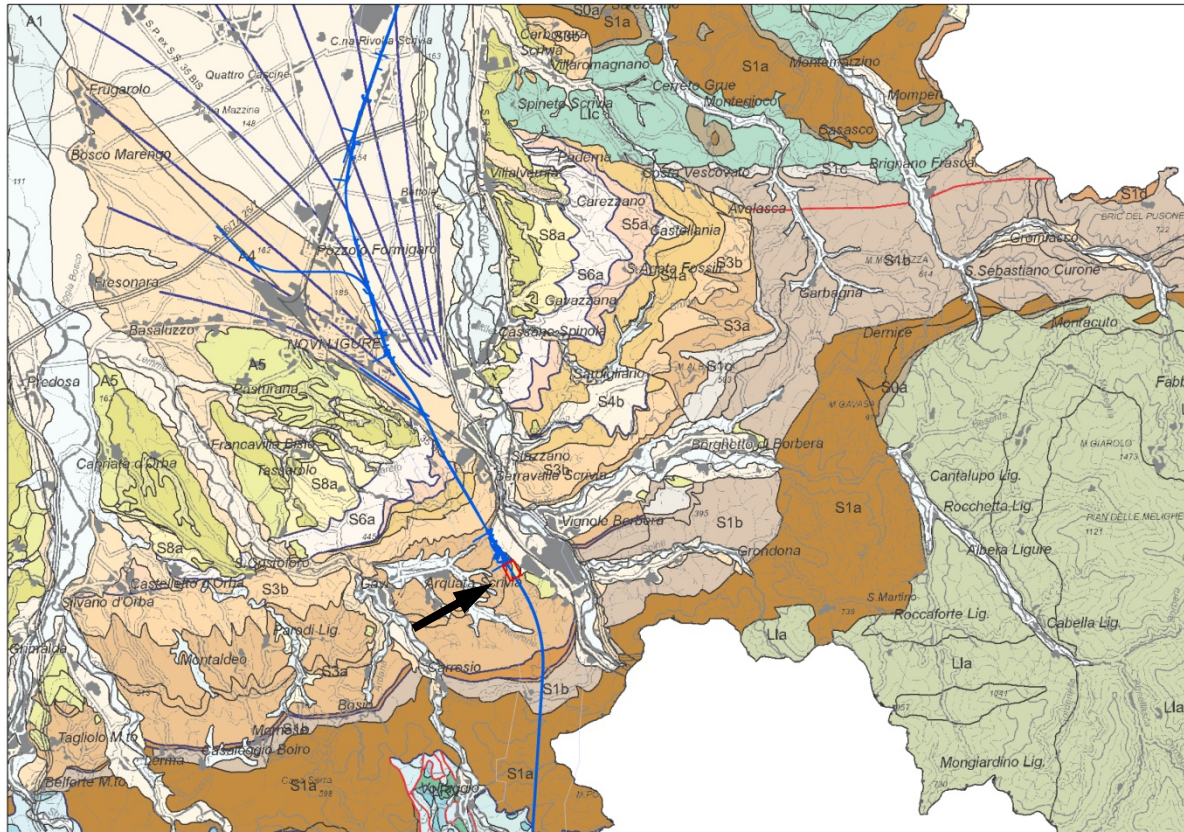
Il gruppo di lavoro è così costituito:

- coordinamento generale: Dott. Geol. Luca Delle Piane (responsabile di progetto);
- supervisione e controllo elaborati: Dott. Geol. L. Delle Piane, Dott. Geol. Paolo Perello;
- rilevamento geologico-strutturale, sedimentologico-stratigrafico e geomorfologico: Dott. Geol. L. Delle Piane, Dott. Geol. P. Perello, Dott. Geol. Antonio Damiano, Dott.sa Geol. Alessandra Giorza, Dott.sa Geol. Alessia Musso, Dott. Geol. Dario Varrone;
- idrogeologia, modellazione idrogeologica numerica, idrogeochimica: Dott. Geol. Alessandro Baietto, Dott.sa Geol. Laura Citernesì;
- elaborazioni GIS e CAD: Dott.sa Geol. A. Musso, Dott.sa Geol. A. Giorza.

#### 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il settore collinare di raccordo con la pianura è costituito da formazioni riferibili alle unità note come "Bacino Terziario Piemontese" (BTP) e "ciclo sedimentario autoctono e neoautoctono padano-adriatico" (Figura 2).

L'opera in progetto si sviluppa interamente all'interno della Formazione di Costa Areasa (Burdigaliano-Langhiano), facente parte del BTP e caratterizzata dall'associazione di due facies distinte: una pelitico-arenacea e una calcareo-marnosa (Ghibaudò et al., 1985).



## LEGENDA

### Depositi alluvionali

**A1/A6** depositi fluviali del bacino alessandrino (Pleistocene medio – Attuale)

### Bacino Terziario Piemontese

**S8a** Successioni marnoso-siltose zancleane; **S6a** Successioni terrigene messiniane; **S4c** Evaporiti e successioni euxiniche messiniane; **S4b** Corpi arenaceo-conglomeratici tortoniano-messiniani; **S4a** Successioni marnose tortoniano-messiniane; **S3b** Successioni arenaceo-pelitiche ed arenacee serravallese-tortoniane; **S3a** Successioni arenaceo-pelitiche e marnose burdigaliano-langhiane; **S2a** Successioni prevalentemente carbonatiche burdigaliane; **S1d** Depositi silicei aquitaniano-burdigaliani; **S1b** Successioni marnose rupeliano-aquitane; **S1c** Corpi lenticolari arenaceo-conglomeratici rupeliano-aquitani; **S1a** Successioni arenacee e arenaceo-pelitiche rupeliane.

### Dominio Ligure-Piemontese (unità non metamorfiche) - Flysch ad Helminthoides dell'Appennino

**L1a** Formazione del M. Antola, Formazione di Bruggi-Selvapiana, Argilliti di Pagliaro (Campaniano-Maastrichtiano p.p.); **L1c** Flysch di Monte Cassio (Cretacico sup.-Eocene inf.?).

**Figura 2 – Estratto della nuova Carta Geologica del Piemonte in scala 1:250.000 (Piana et al., in prep.) con l'ubicazione dell'area di studio (freccia). La parte in bianco è in territorio ligure.**

## 4.1 Il Bacino Terziario Piemontese

Il Bacino Terziario Piemontese (BTP) è costituito da un insieme di formazioni sedimentarie depostesi in discordanza, in un ciclo sedimentario trasgressivo, sulle unità che costituiscono la dorsale alpino-appenninica, per effetto dello smantellamento parziale del rilievo alpino dovuto al suo

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00 <div style="float: right;">Foglio 8 di 21</div>

sollevamento tardo- e post-orogenco. Si tratta quindi di un bacino fortemente influenzato dalla tettonica recente, di età terziaria (Capponi et al., 2009).

La successione del BTP, essenzialmente terrigena, si sviluppa dall'Eocene sup. al Miocene sup. (Messiniano), superando talora 4000 m di spessore, con variazioni stratigrafiche legate a oscillazioni del livello del mare e spostamenti della posizione della linea di costa.

Il ciclo inizia con sedimenti continentali (Eocene sup.-Oligocene inf.?), tra cui breccie e conglomerati di origine alluvionale (Breccie di Costa Cravara), depositi in ambiente prevalentemente subaereo e caratterizzati da una superficie di appoggio basale irregolare (condizionata dalla morfologia del substrato) e da scarsa continuità laterale.

Seguono, in successione stratigrafica, conglomerati depositi in depressioni preesistenti, che formano apparati di delta conoide contigui e coalescenti (Formazione di Molare a E del T. Scrivia, Conglomerati di Savignone a W; Oligocene?; S1a in Figura 2). La superficie di appoggio basale, geometricamente irregolare, spesso non è congruente con la giacitura della stratificazione.

Le formazioni di Molare e Savignone si distinguono unicamente per la diversa alimentazione, indicata dalla litologia dei clasti: nei conglomerati di Savignone prevalgono i calcari del M. Antola (Lias) e i metabasalti dell'unità Figogna; nella formazione di Molare sono rappresentate le metaofioliti delle unità di crosta oceanica affioranti a N e a W di Genova. Un corpo conglomeratico isolato, affiorante presso Fraconalto (AL), ha le caratteristiche dei conglomerati della formazione di Molare (Capponi et al. 2009). Non sono invece noti corpi conglomeratici con caratteristiche di alimentazione mista.

Secondo Di Biase & Pandolfi (1999a, 1999b, citati in Capponi et al. 2009) questa differenza di alimentazione riflette un controllo strutturale sull'erosione dell'edificio alpino: i conglomerati di Savignone deriverebbero dall'erosione di unità flyschoidi in posizione strutturale relativamente elevata, mentre i conglomerati di Molare deriverebbero dall'erosione di unità metamorfiche in posizione strutturale più profonda, testimoniando quindi una fase più recente di sollevamento della catena. I conglomerati di Savignone dovrebbero quindi essere più antichi di quelli di Molare, anche se mancano del tutto evidenze paleontologiche o di sovrapposizione stratigrafica reciproca (Capponi et al. 2009).

A partire dall'Oligocene sup. si depositano sedimenti marnosi, arenacei e arenaceo-marnosi francamente marini, che testimoniano l'esistenza di condizioni di mare aperto fino al Burdigaliano (Formazioni di Rigoroso, S1b; Costa Montada, S1d; Costa Areasa, S3a) e una successiva tendenza alla diminuzione di profondità tra il Langhiano e il Serravalliano (Formazioni di Cessole, S3a e di Serravalle, S3b).

Nel Messiniano infine, si instaurano condizioni lagunari, con la deposizione della Formazione Gessoso Solfifera (S4c), affiorante sui rilievi immediatamente a W di Serravalle Scrivia.

L'intera successione del BTP si sovrappone in discordanza sulle unità del substrato pre-oligocenico, con strati che immergono a medio-basso angolo in direzione N e NW, a formare una monoclinale abbastanza regolare. La regolarità della successione stratigrafica è localmente interrotta da alcune faglie subverticali di rigetto anche pluridecametrico.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00
	Foglio 9 di 21

#### 4.1.1 La Formazione di Costa Areasa (fC) (Burdigaliano – Langhiano)

Nell'ambito del BTP, l'opera in progetto attraversa essenzialmente i litotipi costituenti la Formazione di Costa Areasa.

Tale formazione succede alla Formazione di Rigoroso con un contatto stratigrafico normale e passa alle soprastanti Marne di Cessole con un contatto che a W della Valle Scrivia è apparentemente normale mentre a E della stessa si realizza attraverso una discordanza erosionale la quale, procedendo verso E, arriva a elidere completamente la formazione (Ghibaudo et al., 1985).

La formazione è costituita da alternanze di strati torbiditici arenaceo-pelitici e di emipelagiti, con rapporto arenaria-pelite/emipelagite pari o inferiore a 1. La parte superiore (200 m ca.) è invece costituita da marne e peliti siltose, con rare e sottili intercalazioni di arenaria. Lo spessore complessivo è di circa 600 metri (Ghibaudo et al., 1985).

La successione sedimentaria è caratterizzata dall'associazione di due facies distinte: pelitico-arenacea e calcareo-marnosa (Ghibaudo et al., 1985). La facies pelitico-arenacea è costituita da cicli torbiditici (spessi da 10 cm a 3 m), con prevalenza della porzione pelitica; le peliti siltose, omogenee e di colore grigio scuro, formano strati di spessore variabile, generalmente superiore a quello degli strati arenacei associati; le arenarie sono da medio-grossolane a molto fini.

La facies calcareo-marnosa costituisce strati spessi da pochi cm a qualche decina di cm, intercalati agli strati torbiditici; si tratta di marne calcaree debolmente siltose, compatte, omogenee, a frattura concoide.

Questa associazione di facies è ritenuta dagli autori indicativa di una deposizione avvenuta in ambiente di piana sottomarina, mentre la parte superiore della formazione, essenzialmente pelitica, potrebbe rappresentare un ambiente di scarpata non attiva (Andreoni et al., 1981; Ghibaudo et al., 1985).

Nel settore interessato dalla WBS in progetto la formazione non affiora praticamente mai, essendo coperta in maniera continua da una coltre detritico-colluviale dello spessore di 1-2 m e da depositi di natura alluvionale sui fondovalle e detritico-alluvionale al piede dei versanti.

In base ai dati strutturali raccolti nelle immediate vicinanze dell'area di studio, la stratificazione immerge verso NNW di circa 25°÷45°.

Il substrato è interessato da un ridotto grado di fratturazione, come testimoniato dalle stratigrafie dei sondaggi a carotaggi eseguiti lungo il tracciato nell'ambito del Progetto Preliminare (sondaggi XA301V001, XA301G032 e XA301G033). Una fascia di spessore molto ridotto, dell'ordine di 1-2 m ca. localizzata all'interfaccia con i terreni di copertura può essere interessata da un maggior grado di alterazione e fratturazione, indotte dall'infiltrazione di acqua percolante alla base della coltre detritica; questa favorisce l'insorgere di processi di ossidazione e decarbonatazione la cui estensione è funzione sia dello stato di fratturazione del substrato, sia della permeabilità delle fratture, in genere molto bassa.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 10 di 21</p>

## 4.2 Depositi quaternari

### 4.2.1 Coltre detritico-colluviale

La coltre detritico-colluviale ha caratteri litologici e geotecnici che riflettono la natura del substrato di origine, da cui si genera principalmente per processi di alterazione in sito di natura fisico-meccanica e subordinatamente chimica e per trasporto ad opera degli agenti superficiali.

I litotipi pelitico-arenacei e marnosi della Formazione di Costa Areasa danno origine a una coltre ubiquitaria, a granulometria da limosa a limoso-sabbiosa, con frammenti litoidi, generalmente di taglia inferiore a 1 dm; la coltre ha generalmente spessore dell'ordine di 1-3 m, localmente anche maggiore e tende a ricoprire in maniera continua i versanti, ragion per cui anche lungo gli sbancamenti stradali non è di solito possibile osservare il substrato prequaternario affiorante.

La permeabilità della coltre detritica superficiale è in genere bassa o medio-bassa, data la granulometria prevalentemente fine, con conseguente tendenza alla ritenzione idrica che determina una maggiore propensione al dissesto; questo si esplica attraverso processi localizzati di soliflusso e, raramente, con la formazione di piccole frane di colamento superficiale. La bassa acclività dei rilievi non favorisce comunque l'insorgere di dissesti significativi.

### 4.2.2 Depositi alluvionali

I depositi alluvionali non interessano direttamente lo sviluppo del camerone ma solo la zona di imbocco. Si tratta dei depositi che occupano la piccola valle del Fosso Pradella, che corre con direzione circa N-S e che possono essere riferiti in gran parte al fluviale recente e attuale; nel profilo e nella carta geologica tali depositi sono indicati come "fluviale indifferenziato" (fi).

Sono costituiti da sabbie e limi più o meno sabbiosi stratificati, localmente con frazione ghiaiosa, interdigitati a ridosso dei versanti con depositi di natura detritico-alluvionale, che hanno una tessitura più caotica essendo legati a meccanismi di trasporto e deposizione di tipo misto (ruscellamento + gravità). Dal punto di vista del comportamento geotecnico i due tipi di deposito sono sostanzialmente analoghi, mentre dal punto di vista cartografico non sono tra loro facilmente distinguibili, a meno che i depositi detritico-alluvionali non sviluppino forme positive (piccoli conoidi).

I depositi detritico-alluvionali hanno potenza variabile, generalmente dell'ordine di pochi metri e costituiscono dei corpi a geometria cuneiforme: la potenza massima al piede dei versanti è di circa 4-5 m e diminuisce progressivamente sia verso il fondovalle sia verso monte, dove affiora il substrato marnoso.

## 4.3 Assetto geomorfologico dell'area

L'area interessata dallo sviluppo della WBS GN16 si colloca al raccordo tra i versanti collinari che costituiscono il fianco sinistro della valle del T. Scrivia e il fondovalle.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00
	Foglio 11 di 21

La valle principale si sviluppa, nel tratto adiacente al tracciato, su una piana alluvionale terrazzata con andamento NW-SE, larga mediamente 1 km e caratterizzata da un gradiente morfologico con drenaggio mediamente orientato verso NE.

Sulla valle principale si affacciano diversi piccoli impluvi che incidono i versanti collinari; tra questi, la piccola valle del Fosso Pradella, su cui si affaccia l'imbocco del camerone, caratterizzata da un profilo trasversale molto dolce che si raccorda gradualmente con i fianchi vallivi.

Al raccordo con i versanti un settore a debole pendenza è caratterizzato dalla presenza di accumuli discontinui di depositi detritico-alluvionali, derivanti dal progressivo smantellamento dei rilievi. Allo sbocco sulla piana alluvionale dello Scrivia, le valli laterali sviluppano in genere dei piccoli conoidi alluvionali a morfologia poco pronunciata, poggianti sulla superficie del terrazzo alluvionale principale. Il limite effettivo delle diverse forme di accumulo non è determinabile con esattezza, data la loro morfologia molto poco pronunciata.

La dinamica del reticolato idrografico secondario, di cui il Fosso Pradella fa parte, è attualmente inibita da interventi di regimazione e canalizzazione correlati allo sviluppo agricolo della zona; nell'area di indagine non si evidenziano processi deposizionali e/o di esondazione attivi; i conoidi sopra citati sono per lo più dissecati da piccoli alvei con drenaggio verso N o NE, approfonditi anche di alcuni metri rispetto al piano campagna.

La dinamica di versante nell'area interessata dall'opera è pressoché irrilevante, data la bassa acclività dei pendii. In occasione di forti piogge possono localmente innescarsi piccole frane per fluidificazione dei terreni della coltre detritica superficiale, di cui tuttavia non è stata riscontrata traccia durante i rilievi di terreno; gran parte dei versanti è attualmente colonizzata da bosco o da prati e coltivi.

#### 4.4 Indagini geognostiche

I sondaggi al momento disponibile nel settore del camerone sono rappresentati dai fori 7A301G032, XA301G033 e XA301V001 (zona imbocco) eseguiti per il Progetto Preliminare (2001-2002).

Sono inoltre disponibili le linee sismiche a rifrazione "L", "T1" e "T2" realizzate da SO.RI.GE. nel settembre 2004 per il PD.

##### 4.4.1 Sondaggi

Le stratigrafie dei sondaggi eseguiti per il Progetto Preliminare hanno sinteticamente evidenziato quanto segue:

- **7A301G032 (BH28):**  
da 0 a 1.4 m ca.: depositi detritici sciolti con tracce di ossidazione;  
da 1,4 m a 5 m ca.: substrato prequaternario fratturato;  
da 5 m a 60 m (fondo foro): substrato prequaternario poco fratturato; fascia cataclastica sub parallela alla stratificazione tra 12,7 e 13 m.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00
	Foglio 12 di 21

- **XA301G033 (BH29):**  
da 0 a 3 m ca.: depositi detritici sciolti con tracce di ossidazione;  
da 3 m a 60 m (fondo foro): substrato prequaternario poco fratturato.
  
- **XA301V031:**  
da 0 a 3 m ca.: depositi detritici sciolti con tracce di forte ossidazione;  
da 3 m a 4,7 m ca.: substrato prequaternario fratturato;  
da 5 m a 60 m (fondo foro): substrato prequaternario poco fratturato.

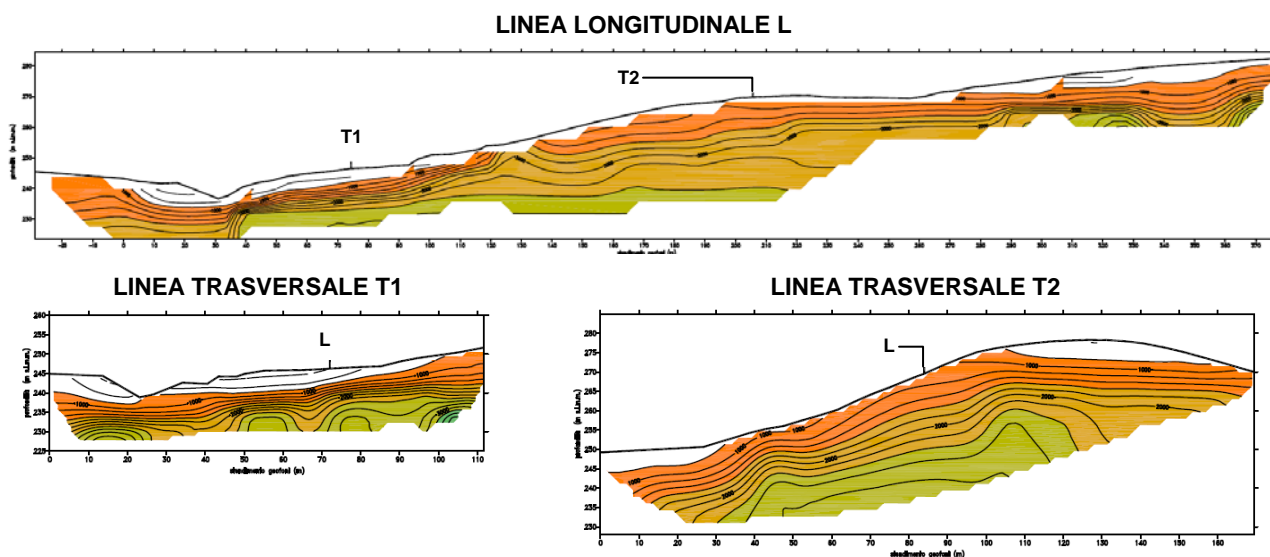
Il substrato prequaternario è costituito dai litotipi marnoso-arenacei della Formazione di Costa Areea e si presenta sempre molto compatto e poco fratturato, eccezion fatta per un orizzonte situato presso l'interfaccia con i terreni detritici di copertura, caratterizzato da un maggior grado di fratturazione; locali e sottili zone di taglio subparallele alla stratificazione, evidenziate dalla presenza di materiale litoide destrutturato per frizione, tipo gouge (cfr. BH28), potrebbero essere legati a fenomeni di scivolamento interstrato legati a blande deformazioni che possono interessare la sequenza del BTP.

L'assenza di fratturazione e l'assenza di fenomeni di ossidazione legati a circolazione di acqua indicano che il substrato è caratterizzato da permeabilità molto bassa.

I terreni della coltre formano uno strato superficiale di spessore non superiore a 3 m; il sondaggio XA301V031 ha probabilmente attraversato uno spessore di circa 1.6 m (da 1.4 a 3 m) di depositi alluvionali caratterizzati da composizione limoso-argillosa omogenea, che si differenziano nettamente dallo strato soprastante (da 0 a 1.4 m) riferibile alla coltre detritica superficiale e caratterizzato da una granulometria prevalentemente sabbioso-limoso-ghiaiosa, con clasti litoidi centimetrici.

#### 4.4.2 Indagini geofisiche

Le sezioni a rifrazione L (longitudinale, in asse al camerone GN16) e T1-T2 (trasversali) realizzate da SO.RI.GE. (2004) nell'ambito del PD (Figura 3) hanno messo in evidenza la presenza di una coltre superficiale di natura detritico-colluviale caratterizzata da basse velocità delle onde P (< 800 m/s) di spessore variabile tra 1-3 m e 6-8 m. Gli spessori maggiori si hanno verso il fondovalle e verso la sommità della dorsale collinare. In questa seconda posizione non si esclude la presenza di depositi fluviali antichi, corrispondenti a un vecchio terrazzo dello Scriva, ora completamente eroso, per uno spessore che comunque, dalla sezione geofisica, non sembra eccedere i 5-6 m (Figura 3, Linea T2).



**Figura 3 – Sezioni sismiche nel settore del camerone GN16 e relativo imbocco (So.Ri.Ge., 2004). La parte in bianco riguarda velocità delle onde  $v_P < 800 \text{ m/s}$ . Si noti nella linea trasversale T2 il relativo maggiore spessore (5 m ca.) dello strato a bassa velocità presso la cima della dorsale collinare, che potrebbe essere attribuibile alla presenza di una placca residuale di depositi alluvionali antichi (fluviale fl1 possibile), appartenenti a un vecchio terrazzo dello Scriva ormai completamente eroso.**

Il rapporto geofisico evidenzia poi una zona a velocità  $v_P$  comprese tra 800 e 1600 m/s, riferita a “marna argillosa molto scagliettata mediamente poco compatta”, infine, al di sotto di questa, una zona con  $v_P$  comprese nell’intervallo 1600-2400 m/s, associate alla presenza del substrato marnoso alterato; velocità via via maggiori sono riferite a un substrato più consistente.

## 5 ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA

### 5.1 Circolazione idrica superficiale

L'area di intervento non è interessata dalla dinamica del T. Scrivia, il cui alveo corre a oltre 1000 m di distanza, con interposto l'ampio terrazzo alluvionale presente in sponda sinistra del corso d'acqua.

La circolazione idrica superficiale è pertanto legata essenzialmente al ruscellamento locale delle acque meteoriche e al deflusso lungo il reticolato idrografico esistente, in particolare lungo il Fosso Pradella, che ha un corso fortemente condizionato dallo sviluppo antropico del fondovalle, interessato da attività agricole.

In relazione alla stratigrafia locale, che vede la presenza di una coltre di tipo detritico-colluviale a dominante componente limoso-sabbioso-ghiaiosa, poggiante su un substrato marnoso-arenaceo molto poco fratturato (tranne che nella parte più corticale) e poco permeabile, è evidente che gran

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00 <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 284"> <tr> <td>Foglio 14 di 21</td> </tr> </table>	Foglio 14 di 21
Foglio 14 di 21		

parte della circolazione idrica sotterranea si sviluppa entro i primi 1-3 m dalla superficie ed è confinata all'interfaccia coltre-substrato. Dato l'esiguo spessore della coltre, questa non può costituire un acquifero significativo; la circolazione idrica è quindi a carattere discontinuo, legata alle precipitazioni e confinata in un volume molto ridotto praticamente pellicolare.

La circolazione idrica superficiale può alimentare, in occasione di precipitazioni intense e prolungate, piccole emergenze o zone di ristagno lungo i versanti, dove possono innescarsi piccole frane per fluidificazione della coltre superficiale. La bassa acclività dei pendii e la presenza di ampi settori estesamente coltivati non favoriscono tuttavia l'insorgere di dissesti.

## 5.2 Circolazione idrica sotterranea

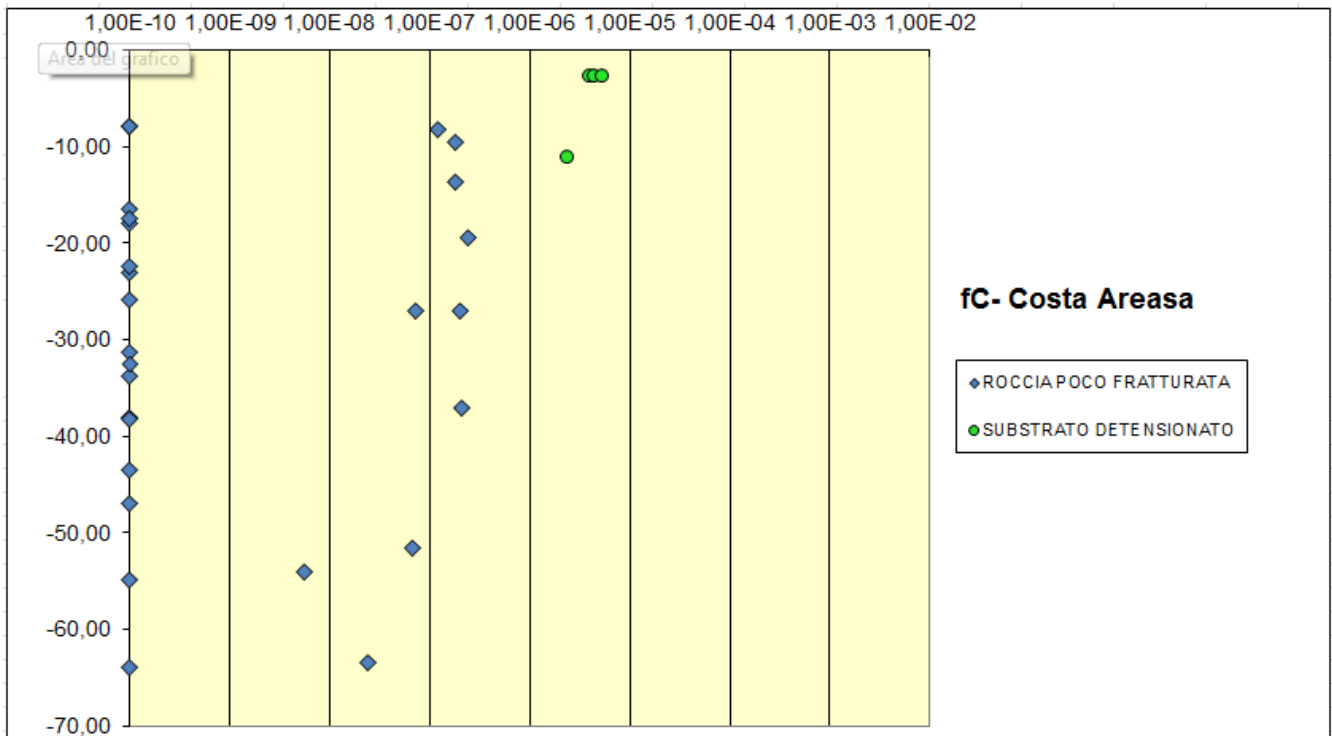
I dati relativi a test idraulici in foro nella Formazione di Costa Areasa indicano permeabilità medie dell'ordine di  $1E-08$  m/s con alcuni valori spostati verso termini sia più permeabili sia meno permeabili (permeabilità da molto bassa a medio-bassa secondo la classificazione AFTES; cfr. Figura 4).

La bassa permeabilità del substrato marnoso affiorante o subaffiorante fa sì che le acque meteoriche si infiltrino soltanto nella porzione superficiale alterata del substrato, presso l'interfaccia con i depositi detritici che lo ricoprono.

I flussi stagionali ed effimeri all'interfaccia substrato fratturato/coltre che nei periodi più piovosi possono originare falde locali discontinue, non sono in grado di interessare l'ammasso roccioso sottostante caratterizzato da grado di fratturazione molto basso e permeabilità molto ridotta.

Lo scavo del camerone non interferirà con la falda temporanea eventualmente presente sul versante; i flussi temporanei provenienti dal versante a monte, in occasione di forti piogge, tendono a concentrarsi all'interfaccia substrato/copertura ma non sono in grado di infiltrarsi efficacemente in profondità nel substrato marnoso-arenaceo.

È quindi prevedibile che lungo il tratto interessato dallo scavo del camerone le manifestazioni idriche sotterranee saranno assenti o al limite riconducibili a qualche stillicidio debole e discontinuo e/o a condizioni di umidità. La ridotta circolazione idrica all'interno del substrato potrà tuttavia determinare la presenza di un debole carico idraulico.



**Figura 4 - Distribuzione dei valori di permeabilità ottenuti da prove in foro per la formazione di Costa Areasa (fCa), secondo la profondità (i valori pari a 1E-10 sono stati attribuiti indicativamente alle prove con assorbimento nullo, per significare che l'ammasso roccioso ha permeabilità bassissima, comunque inquadrabile nella classe AFTES minore, con  $K < 1E-8$ )**

## 6 CENNI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

### 6.1 Dati disponibili

Il tracciato della nuova linea AV/AC Milano-Genova si sviluppa attraverso il territorio delle regioni Piemonte e Liguria; l'area studiata è ubicata nel territorio del comune di Arquata Scrivia (AL). A livello bibliografico, per caratterizzare dal punto di vista generale la sismicità regionale, sono reperibili online le seguenti informazioni di base:

- carta della sismicità in Italia, prodotta dal Centro Nazionale Terremoti dell'INGV;
- mappa della pericolosità sismica di riferimento, prodotta dall'INGV per l'intero territorio nazionale e relativa alla nuova classificazione sismica dei comuni italiani;
- nuova mappa della classificazione sismica dei comuni italiani aggiornata al 2010.

A livello normativo, l'OPCM n° 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00
	Foglio 16 di 21

sismica” (“nuova classificazione sismica” in Tabella 1) ha ridefinito la classificazione sismica del territorio italiano proposta dal D.M. 14 luglio 1984 e s.m.i (“vecchia classificazione sismica” in Tabella 1).

La Regione Liguria ha fatto propria la classificazione di cui all’OPCM 3274, con alcune modifiche, attraverso l’adozione del D.G.R. 24/10/2008 n° 1308 “Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”.

La Regione Piemonte ha a sua volta adeguato la classificazione sismica del proprio territorio con l’adozione della D.G.R. n° 11-13058 del 19/01/2010, entrata in vigore con la D.G.R. n° 4-3084 del 12/12/2011.

## 6.2 Caratteri generali della sismicità regionale

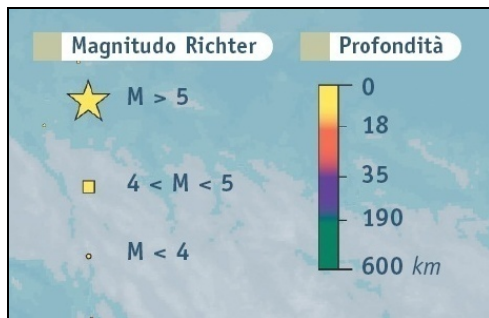
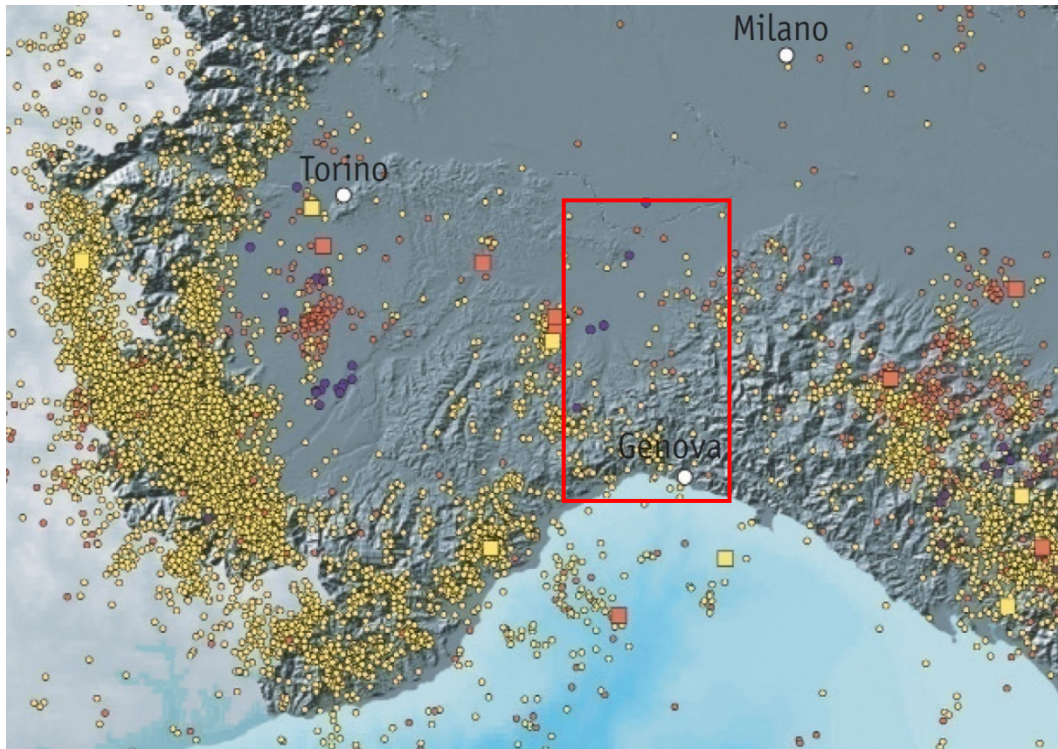
Il regime geodinamico attuale della catena alpina occidentale determina un’attività sismica di intensità generalmente modesta, rilevabile in gran parte solo a livello strumentale, ma legata a eventi ricorrenti con una frequenza piuttosto significativa.

Gli epicentri si concentrano lungo l’arco alpino seguendo due direttrici principali, corrispondenti rispettivamente al margine interno della catena (limite fra le unità penniniche e la pianura padana) e all’allineamento dei massicci cristallini esterni (fronte penninico).

Fra queste due zone e, in particolare, nel settore compreso tra Savona e La Spezia, è presente una fascia a frequenza sismica molto bassa, in cui ricade il settore interessato dal progetto della galleria di valico della linea AV/AC Milano-Genova (Figura 5). Questo canale a bassa frequenza dei sismi si traduce in una corrispondente fascia a più bassa pericolosità sismica, di direzione approssimativamente N-S, delineata nella mappa del territorio nazionale (Figura 6). La mappa stima l’accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante  $a(g)$ ; tale parametro rappresenta l’accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante che, in un intervallo di tempo di 50 anni, ha una probabilità del 10% di superare il valore indicato (cfr. scala colore), per effetto di sismi di intensità maggiore rispetto a quelli considerati per la classificazione del territorio.

A livello locale, una mappa più dettagliata di  $a(g)$  è consultabile sul sito dell’istituto all’indirizzo "<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>" (Figura 7). Dall’analisi delle mappe si può in definitiva osservare che l’area interessata dal tracciato della tratta di valico della Linea AC/AV Milano-Genova presenta valori di  $a(g)$  compresi tra 0,050 nel settore genovese e 0,100 g nel settore di spartiacque e piemontese.





**Figura 5 – Stralcio della Carta della sismicità in Italia tratta dal sito dell'INGV:**

<http://csi.rm.ingv.it/>

**Il rettangolo rosso individua l'area del progetto MI-GE.**

Regione	Comune	vecchia classificazione sismica	nuova classificazione sismica	D.G.R. Liguria 24/10/2008	D.G.R. Piemonte 19/01/2010
Piemonte	Arquata Scrivia	4	3		3
	Fraconalfo	4	3		3
	Gavi	4	3		3
	Novi Ligure	4	4		3
	Pozzolo Formigaro	4	3		3
	Serravalle Scrivia	4	3		3
	Voltaggio	4	3		3

**Tabella 1 - Elenco dei comuni piemontesi interessati dal tracciato con indicazione del rischio sismico secondo la normativa nazionale e regionale.**

**Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale**

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

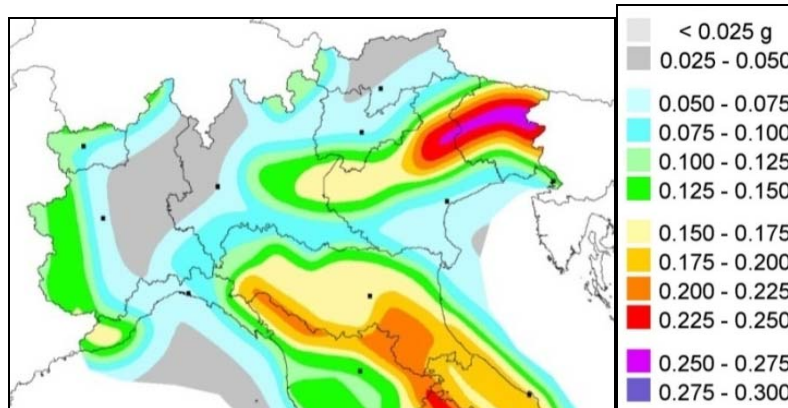


Figura 6 – Stralcio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV, 2004).

<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>

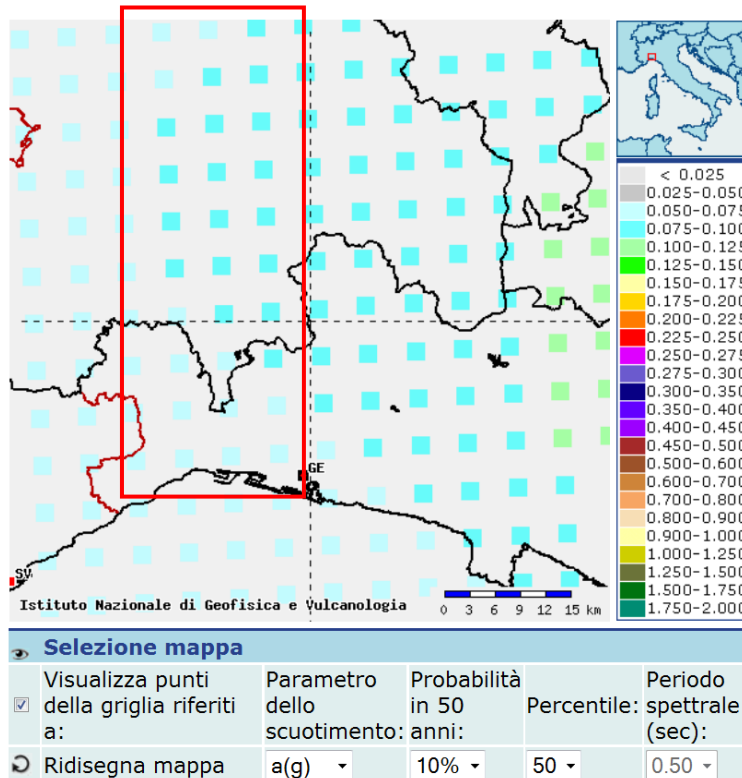


Figura 7 – Mappa di pericolosità sismica dell'area del tracciato MI-GE. <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

### 6.3 Classificazione sismica dell'area di progetto

Sulla base della classificazione sismica dei comuni italiani contenuta entro l'Allegato 1 dell'OPCM n°3274 del 20/3/2003, con le rispettive delibere n°13058-790 del 19/1/2010 e n°1308 del 24/10/2008, le regioni Piemonte e Liguria hanno recepito le indicazioni contenute entro l'ordinanza

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00	Foglio 19 di 21

ministeriale mediante le già citate D.G.R. 24/10/2008 n° 1308 (Regione Liguria) e 19/01/2010 n° 11-13058 (Regione Piemonte).

La seguente Tabella 1 riporta la classificazione sismica dei diversi comuni interessati dal progetto AC/AV Milano-Genova, in base alle normative sopra citate; tale classificazione fa riferimento ai valori di accelerazione sismica  $a(g)$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, visualizzati mareograficamente in Figura 6 e Figura 7 così definiti:

- Zona 1:  $a(g) > 0.25 g$
- Zona 2:  $0.15 g < a(g) \leq 0.25 g$
- Zona 3:  $0.05 g < a(g) \leq 0.15 g$
- Zona 4:  $a(g) \leq 0.05 g$

Dalla tabella si osserva in generale un approccio più cautelativo nelle normative regionali rispetto alla classificazione nazionale, con il passaggio di alcuni comuni dalla zona 4 alla zona 3. Il Comune di Arquata Scrivia ricade in classe 3, corrispondente a valori  $0.05 g < a(g) \leq 0.15 g$ .

#### **6.4 Stima delle proprietà sismiche dei terreni interessati dal progetto**

Il tratto interessato dallo scavo del camerone è interamente impostato all'interno del basamento prequaternario, costituito da una sequenza torbiditica comprendente marne e siltiti compatte, di colore grigio-cenere, in strati da centimetrici a decimetrici e banchi metrici (Formazione di Costa Areama).

Nella sequenza litostratigrafica attraversata non è ipotizzabile la presenza di livelli altamente compressibili e/o potenzialmente soggetti a liquefazione né di orizzonti di inversione della velocità sismica o di altri elementi che possano incrementare la risposta sismica del mezzo in cui si colloca l'opera.

In considerazione delle basse accelerazioni sismiche previste il rischio complessivo è quindi da ritenere molto basso.

### **7 DESCRIZIONE GEOLOGICA DELLA TRATTA INTERESSATA DALL'OPERA**

La geologia del tratto interessato dallo scavo del camerone GN16 è sintetizzata nel profilo geologico-geomeccanico interpretativo allegato.

In base ai dati raccolti, lo scavo del camerone avverrà interamente entro la sequenza torbiditica della Formazione di Costa Areama, costituita da marne e siltiti compatte, di colore grigio-cenere, in strati da centimetrici a decimetrici e banchi metrici. Lo stato di fratturazione dell'ammasso è basso o molto basso, con spaziatura dei giunti di ordine puridecimetrico o metrico. L'RQD delle carote estratte dai sondaggi è sempre molto alto e sono assenti nell'ammasso faglie o zone di scorrimento

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 20 di 21</span>

interstrato associate a fratturazione, alterazione e formazione di rocce di faglia. Non si ipotizza pertanto la presenza di zone caratterizzate da comportamento geomeccanico scadente; l'ammasso roccioso è molto omogeneo, caratterizzato da una stratificazione con immersione media compresa tra 20 e 40° tra N e NW, quindi a medio-basso angolo in senso opposto alla direzione di avanzamento dello scavo.

In virtù della bassa fratturazione, della composizione marnoso-siltosa e della conseguente permeabilità da bassa a molto bassa che caratterizzano i litotipi della Formazione di Costa Areasa, non sono ipotizzate venute d'acqua significative. Le condizioni idrogeologiche nel tratto di interesse sono favorevoli, con possibile presenza di umidità e eventuali stillicidi localizzati e di bassa entità ed un eventuale debole carico idraulico.

La trattazione completa delle problematiche geologiche ed idrogeologiche riguardanti l'opera in progetto potrà tuttavia essere affrontata in maggiore dettaglio alla luce dei nuovi dati prodotti in fase di completamento della campagna di indagini geognostiche del Progetto Esecutivo, ad oggi non ancora disponibili.

## 8 BIBLIOGRAFIA

- Capponi, G. & Crispini, L. (1997) - *Progressive shear deformation in the metasediments of the Voltri Group (Ligurian Alps, Italy): occurrence of structures recording extension parallel to the regional foliation*. Boll. Soc. Geol. It., 116, 267 - 277.
- Capponi, G. & Crispini, L. (2002) - *Structural and metamorphic signature of alpine tectonics in the Voltri Massif (Ligurian Alps, northwestern Italy)*. Eclogae geol. Helv., 95, 31-42.
- Capponi, G., Crispini, L., Piazza, M. & Amandola, L. (2001) - *Field constraints to the Mid-Tertiary kinematics of the Ligurian Alps*. Ofioliti, 26(2b), 409-416.
- Capponi, G., Crispini, L., Cortesogno, L., Gaggero, L., Firpo, M., Piccazzo, M., Cabella, R., Nosengo, S., Bonci, M.C., Vannucci, G., Piazza, M., Ramella, A., Perilli, N., et alii (2009) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 213-230 – Genova*.
- Castello, B., Moro, M., Chiarabba, C., Di Bona M., Doumaz F., Selvaggi G., Amato A. (2004) – *Carta della sismicità in Italia*. Centro Nazionale Terremoti - INGV.
- Chiarabba, C., Jovane, L. & Di Stefano, R. (2005) - *A new view of Italian seismicity using 20 years of instrumental recordings*. Tectonophysics, 395, 251–268.
- Cortesogno, L. & Haccard, D. (1984) - *Note illustrative alla carta geologica della zona Sestri-Voltaggio*. Mem. Soc. Geol. It., 28, 115 - 150.
- Crispini, L. & Capponi, G. (2001) - *Tectonic evolution of the Voltri Group and Sestri Voltaggio Zone (southern limit of the NW Alps): a review*. Ofioliti, 26(2a), 161-164.
- Di Biase, D. & Pandolfi, L. (1999a) - *I conglomerati della Val Borbera (Bacino Terziario Piemontese) e relative implicazioni per l'esumazione di unità alpine di alta pressione/bassa temperatura*. Proceedings of annual meeting Italian Sedimentology Group, CNR, Rimini, 3-6/10/99. Giornale di Geologia, 3a, 16-19.
- Di Biase, D. & Pandolfi, L. (1999b) - *L'evoluzione composizionale dei conglomerati della Val Borbera (Bacino Terziario Piemontese). Evidenze e vincoli per l'esumazione di unità a metamorfismo HP/LT nelle Alpi Occidentali*. Congresso FIST, 20-23/9/1999, Abstract Volume, 286-288.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-02-E-CV-RO-GN16-00-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 21 di 21</p>

- Elter, P. & Pertusati, P. (1973) - *Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle sue relazioni con l'arco delle Alpi occidentali*. Mem. Soc. Geol. It., 12, 359-375.
- Federico, L., Capponi, G., Crispini, L., & Scambelluri, M. (2004) - *Exhumation of alpine high-pressure rocks: insights from petrology of eclogite clasts in the Tertiary Piedmontese basin (Ligurian Alps, Italy)*. Lithos, 74 , 21-40.
- Haccard, D. (1976) - *Carte géologique au 1:50000 de Sestri-Voltaggio*. Pubblicazione CNR, Pisa.
- Marini, M. (1998) - *Carta geologica della Val Polcevera e zone limitrofe (Appennino Settentrionale) alla scala 1:25.000. Note illustrative*. Atti Ticinensi di Scienze della Terra, 40, 33-64.
- Piana, F., Falletti, P., Fioraso, G., Irace, A., Mosca, P., et alii (in prep.) – *Carta geologica del Piemonte in scala 1:250.000*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, IGG Torino; Università degli Studi di Torino, DST; Politecnico di Torino, DIATI.
- Protezione Civile (2004) – *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003*. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.