

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

### CA41 CANTIERE OPERATIVO CRENNNA (COV7) (NV21) RELAZIONE GEOTECNICA

|  |                      |  |
|--|----------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR                         | DIRETTORE DEI LAVORI |  |
| Consorzio<br><b>Cociv</b><br>Ing.E. Pagani |                      |  |

|          |       |      |      |           |                  |        |      |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. |
| I G 5 1  | 0 0   | E    | C V  | R B       | C A 4 1 0 1      | 0 0 1  | A    |

Progettazione :

| Rev | Descrizione     | Redatto | Data       | Verificato | Data       | Progettista Integratore | Data       | IL PROGETTISTA  |
|-----|-----------------|---------|------------|------------|------------|-------------------------|------------|---|
| A00 | PRIMA EMISSIONE | PYRAMID | 14.05.2015 | COCIV      | 14.05.2015 | A.Mancarella            | 14.05.2015 | <br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci<br>Dott. Ing. Aldo Mancarella<br>Ordine Ingegneri Prov. TO<br>n. 6271 R |
|     |                 |         |            |            |            |                         |            |   |
|     |                 |         |            |            |            |                         |            |   |
|     |                 |         |            |            |            |                         |            |   |

n. Elab.:

File: IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00

CUP: F81H92000000008



|  |   |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   |
|  | Foglio<br>3 di 30   |

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| INDICE.....   | 3  |
| 1.     PREMESSA .....   | 5  |
| 2.     NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....   | 7  |
| 3.     ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO.....   | 8  |
| 4.     INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....  | 9  |
| 4.1.    Il Bacino Terziario Piemontese .....  | 9  |
| 4.2.    La successione sedimentaria autoctona e neoautoctona padano-adriatica ..... | 11 |
| 4.3.    Depositi quaternari .....   | 12 |
| 4.3.1.   Coltri superficiali di versante.....                                       | 12 |
| 4.3.2.   Accumuli di frana.....   | 13 |
| 4.3.3.   Depositi alluvionali .....   | 13 |
| 5.     ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE.....                               | 16 |
| 5.1.    Geologia.....   | 16 |
| 5.1.1.   Substrato prequaternario .....   | 16 |
| 5.1.2.   Depositi quaternari .....  | 16 |
| 5.2.    Geomorfologia.....  | 18 |
| 5.3.    Indagini geognostiche del Progetto Esecutivo .....                          | 18 |
| 5.3.1.   SH45.....  | 18 |
| 5.3.2.   SI43 .....   | 19 |
| 5.3.3.   SI42 .....   | 19 |
| 5.4.    Sintesi delle condizioni geologiche generali.....                           | 21 |
| 5.5.    Aspetti geologici relativi alla galleria della Crenna.....                  | 21 |
| ASPETTI IDROGEOLOGICI .....   | 23 |
| 5.6.    Censimento dei punti d'acqua.....   | 23 |
| 5.7.    Stima del grado di permeabilità .....                                       | 23 |
| 5.8.    Modello idrogeologico.....  | 23 |
| 6.     SISMICITA' .....   | 24 |
| 6.1.    Dati disponibili .....  | 24 |
| 6.2.    Caratteri generali della sismicità regionale.....                           | 24 |
| 6.3.    Classificazione sismica dell'area di progetto.....                          | 25 |
| 6.4.    Stima delle proprietà sismiche dei terreni interessati dal progetto .....   | 26 |
| 6.4.1.   Caratteri litostratigrafici .....  | 26 |
| 7.     PARAMETRI GEOTECNICI.....  | 28 |
| 8.     CONCLUSIONI.....   | 29 |
| 9.     BIBLIOGRAFIA.....  | 30 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00  
Relazione geotecnica

Foglio  
4 di 30

|  |   |                   |
|--|---|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                   |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>5 di 30 |

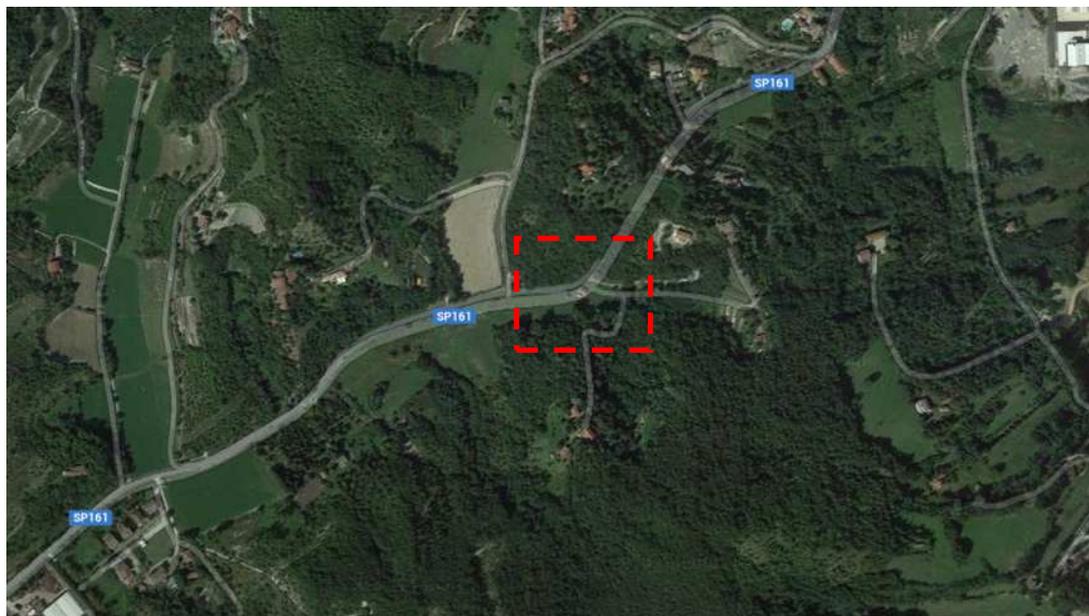
## 1. PREMESSA

La presente relazione riguarda la sistemazione di un'area da adibire a Cantiere Operativo, denominato COV7, in prossimità dell'imbocco della galleria Crenna su un sito pianeggiante, lato Gavi, dove si prevede un'area cantieristica pari a circa 3.060 m<sup>2</sup>.

Il Cantiere Operativo in oggetto ha la funzione di cantiere industriale per l'ampliamento della galleria Crenna. La disponibilità di una superficie pianeggiante e sufficientemente ampia, consente di collocare all'interno dell'area di cantiere tutte le attrezzature ed i macchinari necessari per l'avanzamento delle varie fasi lavorazione, e a servizio degli impianti tecnologici, nonché locali ad uso ufficio e locali spogliatoi-servizi igienici e un'area per lo stoccaggio provvisorio del materiale di scavo.

La presente relazione analizza, nel rispetto di quanto previsto dalla normativa in materia, l'inserimento delle opere in progetto nel contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico locale. Inoltre, viene presentato il quadro idrogeologico della zona, con considerazioni specifiche riguardanti l'eventuale presenza di acquiferi e le eventuali interferenze, a seguito dei lavori, con i punti d'acqua censiti nella zona.

Si descrivono, di seguito, nel documento le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, stratigrafiche e geotecniche del tratto di strada in esame dove sorgerà il nuovo Cantiere Operativo.



**Figura 1.1 – Area lungo la S.P. 161 che verrà interessata dal nuovo Cantiere Operativo**

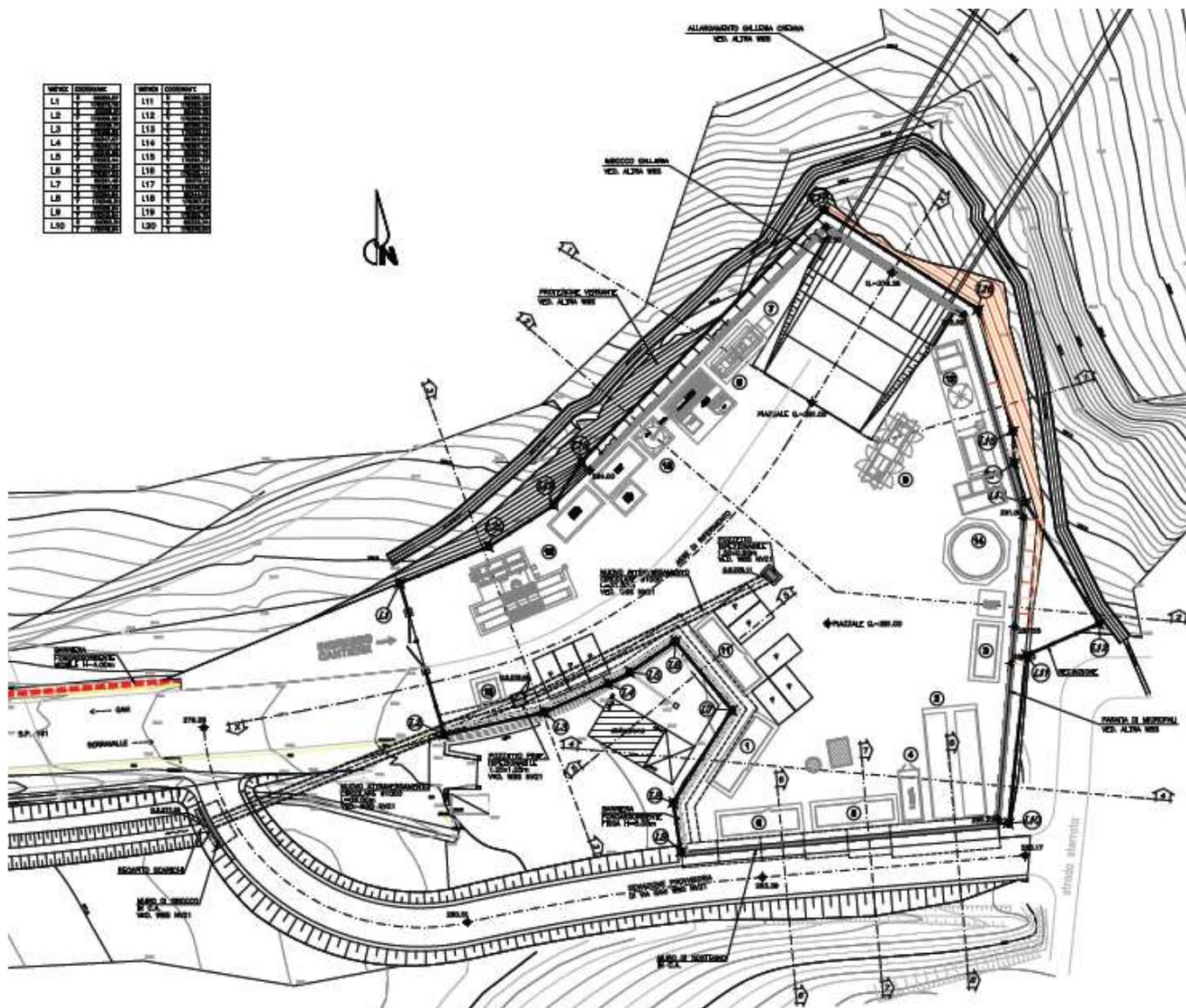


Figura 2.1 – Planimetria del nuovo Cantiere Operativo

Gli approfondimenti stratigrafici in corrispondenza delle opere sono stati basati sui dati del rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio e dei dati geognostici delle campagne di PD e della nuova campagna integrativa 2012 di PE.

|   |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                           |
|   | <p>IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br/>Relazione geotecnica</p>   | <p>Foglio<br/>7 di 30</p> |

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente rapporto fa riferimento alla seguente documentazione:

- 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”.
- Variante Generale di P.R.G.C. del Comune di Serravalle Scrivia (AL), approvata con D.G.R. n° 16-30017 del 13 luglio 2000.

L’analisi della documentazione ha evidenziato quanto segue:

- dal punto di vista della sismicità il territorio del Comune di Serravalle Scrivia rientra in Zona 3 ( $0.05 g < a(g) \leq 0.15 g$ );
- sulla base della zonazione del territorio comunale rispetto alla pericolosità geomorfologica, adottata nella “Carta della fattibilità geologica” (Tav. 6) allegata al vigente PRG del Comune di Serravalle Scrivia, l’intero tracciato stradale in esame ricade nelle classi di rischio 1 (“zona dove le condizioni di pericolosità sono tali da non determinare limitazioni alle scelte urbanistiche”) e 2 (zone “dove le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l’adozione di modesti accorgimenti”).
- Ricadono in prossimità di aree in classe 3 (zone nelle quali “gli elementi di pericolosità geomorfologica sono tali da impedirne l’utilizzo” fatti salvi interventi di salvaguardia e difesa del territorio) esclusivamente le aree (esterne) situate in corrispondenza dei due imbocchi della galleria della Crenna e un tratto di poche decine di metri in corrispondenza della località V.la Rosa.
- l’area non rientra nelle fasce fluviali del P.A.I.

|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |                   |
|   | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>8 di 30 |

### 3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO

Le attività inerenti lo studio geologico-geomorfologico e idrogeologico del sito di intervento hanno previsto:

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

L'elaborazione dei dati è stata eseguita in ottemperanza alle specifiche tecniche di progettazione e alle richieste di approfondimento riportate nella delibera CIPE n. 80/2006, relative alle opere in oggetto.

|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |                   |
|   | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>9 di 30 |

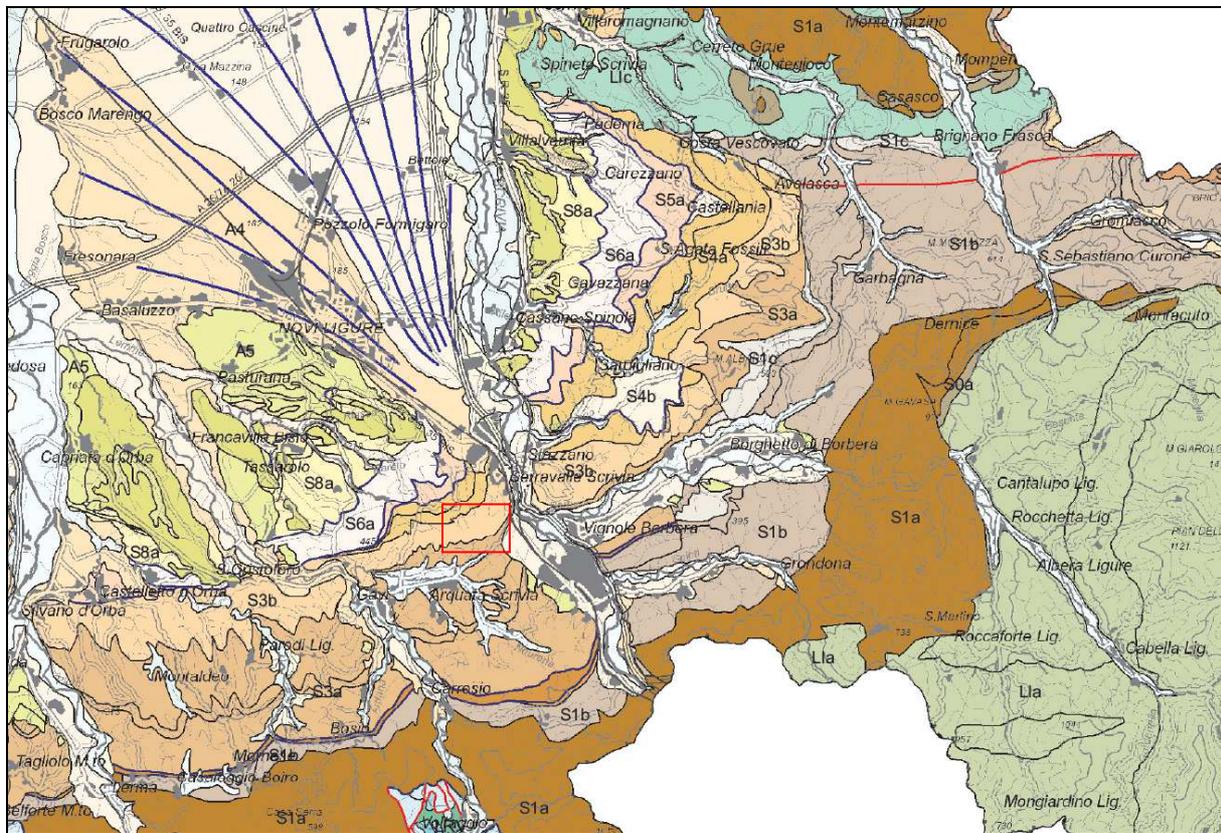
## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

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” (Fig. 4.1).

### 4.1. Il Bacino Terziario Piemontese

Il Bacino Terziario Piemontese si sviluppa a cavallo del limite tra le due catene alpina e appenninica e consiste di formazioni clastiche, risultato dello smantellamento parziale del rilievo, per effetto del suo sollevamento da tardo- a post-orogenico; si tratta quindi di un bacino in cui la sedimentazione è fortemente influenzata dalla tettonica recente (terziaria) (Capponi et al., 2009).

La successione del BTP, essenzialmente terrigena, si sviluppa dall’Eocene sup. al Miocene sup. (Messiniano), raggiungendo talora spessori di più di 4000 m, con variazioni stratigrafiche legate a variazioni del livello del mare e 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.

**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 serravalliano-tortoniane; **S3a** Successioni arenaceo-pelitiche e marnose burdigaliano-langhiane; **S2a** Successioni prevalentemente carbonatiche burdigaliane; **S1d** Depositi silicei aquitaniano-burdigaliani; **S1b** Successioni marnose rupeliano-aquitaniense; **S1c** Corpi lenticolari arenaceo-conglomeratici rupeliano-aquitaniense; **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 4.1 – 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.**

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 4.1). 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 (L1a) 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, presente presso Fraconalto, ha le caratteristiche dei conglomerati della formazione di Molare

|   |   |                    |
|---|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |                    |
|   | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>11 di 30 |

(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 rifletterebbero l'erosione di unità flyschoidi poste in posizione strutturale relativamente elevata, mentre i conglomerati di Molare deriverebbero dall'erosione di unità metamorfiche in posizione strutturale più profonda, riflettendo una fase più matura 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 Langhiano e 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 pluridecamentriche.

#### **4.2. La successione sedimentaria autoctona e neoautoctona padano-adriatica**

I depositi appartenenti al ciclo sedimentario autoctono e neoautoctono padano-adriatico sono sovrapposti in leggera discordanza stratigrafica sui depositi del BTP ed affiorano all'estremità settentrionale della dorsale montuosa dell'Appennino ligure, al margine meridionale dei depositi alluvionali terrazzati del fondovalle Scrivia e del settore di Novi Ligure.

La successione è rappresentata da una formazione conglomeratica (Conglomerati di Cassano Spinola, S6a, Messiniano sup.1) e da una formazione argilloso-marnosa (Argille Azzurre o "Argille di Lugagnano" auct., S8a, Pliocene) immergenti regolarmente verso NW, con inclinazione degli strati progressivamente decrescente verso l'alto.

I Conglomerati di Cassano Spinola affiorano lungo una fascia con orientazione media E-W che si estende tra Serravalle Scrivia e Zerbe. In base ai dati bibliografici, la formazione potrebbe avere uno spessore di circa 200 m. Si tratta di conglomerati poligenici grossolani, non sempre ben cementati, a ciottoli arrotondati e irregolari, in cui prevalgono elementi calcarei ed arenacei, immersi in matrice arenacea e con lenti e livelli costituiti da strati centimetrici marnoso-sabbiosi di colore grigio.

<sup>1</sup> N.B.: la nuova Carta geologica del Piemonte in scala 1:250.000 (Piana et al., in prep.) colloca la formazione dei Conglomerati di Cassano Spinola all'interno del BTP.

|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>12 di 30 |

La litofacies ha una composizione che varia tra un ortoconglomerato (<15% di matrice), come lungo il corso del T. Scrivia, e un paraconglomerato (>15% di matrice), come in alcuni affioramenti a N della località "La Luminosa", nei pressi della sede autostradale A7 Milano-Genova.

La stratificazione è molto grossolana, con alternanze di orizzonti decimetrici a ciottoli e orizzonti a granulometria fine. Al contatto tra gli starti arenaceo-limosi e gli orizzonti a granulometria maggiore (nei quali è di solito presente una caratteristica gradazione inversa) sono spesso presenti superfici erosionali.

L'unità affiora anche a W del tracciato ferroviario in località Zerbe, dove ricopre la Formazione Gessoso-Solfifera con debole discordanza: gli affioramenti qui osservati sono costituiti unicamente da orizzonti arenaceo-marnosi spesso alterati.

Le soprastanti Argille di Lugagnano (Pliocene) sono costituite da marne e argille limose, molto consistenti, talora sabbiose e con intercalazioni sabbiose, di colore grigio azzurro, fossilifere. La stratificazione, talora indistinta, immerge verso NNW generalmente con inclinazione di pochi gradi.

Lo spessore della formazione oscilla tra 150 m (nel settore occidentale del foglio Asti) e 250 m ca. (nel settore orientale del foglio Alessandria); in corrispondenza della parte centrale del bacino, indagini geofisiche e sondaggi profondi hanno evidenziato spessori superiori.

A nord dell'allineamento Serravalle Scrivia-Zerbe e fino a Novi Ligure, le argille affiorano in maniera discontinua poiché sono estesamente ricoperte dai sedimenti alluvionali recenti.

### 4.3. Depositi quaternari

#### 4.3.1. Coltri superficiali di versante

I terreni della coltre detritica superficiale hanno caratteri differenti a seconda della litologia del substrato:

- i litotipi argillitici, flyschoidi e marnosi, piuttosto sensibili all'alterazione superficiale, sono caratterizzati da una fascia di ossidazione e decarbonatazione la cui estensione in profondità è funzione dello stato di fratturazione del litotipo, del rilascio superficiale e quindi della permeabilità all'infiltrazione; il substrato è coperto da una coltre detritico-colluviale ubiquitaria, a granulometria da limosa a limoso-sabbiosa; litotipi e/o orizzonti più competenti possono dare luogo a frammenti litoidi, generalmente di taglia sub-decimetrica.

La coltre, con spessore generalmente dell'ordine di 1-3 m, localmente maggiore, tende a ricoprire in maniera continua i versanti e gli affioramenti di substrato, anche grazie alla pendenza poco marcata dei versanti, espressione dell'erodibilità dei litotipi. La permeabilità è relativamente bassa, data la prevalente granulometria fine, di conseguenza sono frequenti la tendenza alla ritenzione idrica e una maggiore propensione al dissesto superficiale.

- I litotipi conglomeratici e arenaceo-conglomeratici, generalmente più competenti, danno origine a coltri detritiche più grossolane, costituite in gran parte da ciottoli e blocchi centimetrico-decimetrici in matrice ghiaioso-sabbiosa. I litotipi più compatti possono essere localmente soggetti a fenomeni di crollo o distacco di singoli massi, che originano accumuli di blocchi decimetrico-metrici in percentuali variabili di matrice fine. Gli accumuli detritici maggiori possono raggiungere diversi metri di spessore. Dal punto di

|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>13 di 30 |

vista idrogeologico la loro permeabilità è piuttosto elevata, il che consente una rapida infiltrazione delle acque di ruscellamento e ne determina una minore propensione al dissesto.

Dal punto di vista idrogeologico la loro permeabilità è piuttosto elevata, il che consente una rapida infiltrazione delle acque di ruscellamento e ne determina una minore propensione al dissesto.

#### 4.3.2. *Accumuli di frana*

Nell'area di studio non sono presenti corpi e/o accumuli di frana di grandi dimensioni; un fenomeno secondario si sviluppa a carico dei terreni detritici sciolti della coltre superficiale; di tale fenomeno viene data una descrizione al paragrafo 5.2.

#### 4.3.3. *Depositi alluvionali*

I depositi alluvionali possono essere suddivisi in due categorie principali:

- depositi terrazzati del fondovalle Scrivia e dei settori di pianura (sigle da A1 a A6 in Figura 4.1), costituiti da potenti successioni di depositi clastici grossolani, correlati principalmente all'azione di erosione, trasporto e sedimentazione del T. Scrivia.
- depositi alluvionali recenti/attuali dei bacini secondari, affacciati sul fondovalle principale, costituiti da sottili coltri che ricoprono i piccoli fondovalle laterali e la cui granulometria è fortemente influenzata dalle caratteristiche del substrato eroso dai corsi d'acqua.

Nel settore considerato, i depositi alluvionali appoggiano in discordanza sulle successioni sedimentarie del BTP e della sequenza autoctona e neoautoctona padano-adriatica.

I depositi alluvionali del T. Scrivia sono prevalentemente distribuiti in sinistra orografica nel tratto compreso tra Rigoroso e Novi Ligure, mentre a nord di Novi Ligure formano un ampio conoide che si estende fino a Spinetta Marengo a W e Castelnuovo Scrivia a E (Figura 4.1).

I terrazzi più antichi, riferiti nella cartografia geologica al "fluviale antico" o "fl1" ("A5"/"A6" in Figura 4.1, Pleistocene inf.-medio) sono localizzati a sud di Novi, a quote intorno a 250 m e sono solcati da un reticolo idrografico a pattern subparallelo, orientato a NW secondo la linea di massima pendenza della superficie topografica. L'elevata densità del drenaggio e le forme particolarmente incise denotano l'antichità dei depositi e suggeriscono la presenza, in superficie, di terreni poco permeabili dovuti a diffusa pedogenesi. Alcuni terrazzi riferibili al fluviale "A5" sono preservati in sinistra Scrivia, esattamente in corrispondenza del sito di intervento, dove fanno da raccordo tra la base dei versanti e la piana alluvionale dello Scrivia.

La serie di terrazzi sui quali sorge l'abitato di Novi Ligure, intorno a quota 210 m, è attribuita al "fluviale medio" ("fl2" nel PD; "A4" in Figura 4.1; Pleistocene medio-sup.). Anche la superficie topografica di questi terrazzi digrada verso NW fino a 180 m ca. di quota, a W di Novi ed è attraversata da un esiguo numero di impluvi, a testimonianza dell'età più recente e di una maggiore permeabilità, verosimilmente correlabile a processi pedogenetici meno sviluppati rispetto ai depositi fl1 (o A5/A6).

|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>14 di 30 |

I depositi alluvionali più recenti, indicati nel PD con “fl3” e comprendenti, in Figura 4.1, i termini “A3” (Pleistocene sup.), “A2” (parte terminale del Pleistocene sup.) e “A1” (Pleistocene sup.-Olocene), occupano tutto il fondovalle Scrivia, in particolare in sinistra idrografica, tra l’imbocco nord della galleria di Serravalle e Tortona. Sono pressoché privi di rete idrica superficiale in quanto la maggior parte delle precipitazioni si infiltra immediatamente, andando ad alimentare l’acquifero.

Dal punto di vista litostratigrafico i depositi alluvionali presentano una certa omogeneità, essendo depositi prevalentemente ghiaiosi, a tessitura massiva o scarsamente stratificata, con rare intercalazioni lenticolari di sabbie ± limose o limoso-argillose, di modesto spessore.

La stratigrafia dei sedimenti alluvionali “fl2” (fluviale medio) e “fl3” (fluviale recente) è nota in base ai sondaggi eseguiti, che hanno evidenziato una successione di orizzonti caratterizzati da un rapporto percentuale variabile tra ghiaie, sabbie, limi e argille.

Nell’ambito del fluviale medio (fl2/A4) si evidenzia in generale una maggiore percentuale di frazione fine limosa (come matrice) rispetto ai depositi fl3/A3-A1), che costituiscono i terrazzi più recenti; tale percentuale può in alcuni casi superare il 30%.

#### 4.3.3.1 Fluviale Antico (fl1/A5-A6)

Non si dispone di indicazioni stratigrafiche di dettaglio, poiché questi depositi non sono interessati dalle opere della linea AV/AC Milano-Genova e non sono stati sottoposti ad indagini specifiche nelle precedenti fasi progettuali.

In affioramento si rinvencono localmente coltri limoso-argillose a tessitura massiva, di colore giallo ocraceo, che sembrano interessare i sedimenti alluvionali antichi per tutto il loro spessore. Alcuni affioramenti di questo tipo si rinvencono estesamente a sud di Novi Ligure, a quote intorno a 250 m.

#### 4.3.3.2 Fluviale Medio (fl2/A4)

Il fluviale medio comprende terreni a granulometria grossolana con ghiaie prevalenti sia sulle sabbie (50% o poco meno, contro 20-30%), sia sulle frazioni più fini, che assumono percentuali comunque significative (20-30%).

Questi sedimenti che si differenziano dai precedenti anche per la maggiore alterazione dei clasti e per la tessitura localmente meno definita, affiorano estesamente in corrispondenza del terrazzo di Novi Ligure. Lo spessore della coltre di alterazione superficiale non supera in genere i 5-6 m.

#### 4.3.3.3 Fluviale Recente (fl3/A3-A1)

Il fluviale recente è costituito da ghiaie nettamente prevalenti (70-80%) sulle sabbie (10-20%) e sulla frazione fine (limo + argilla = 10-20%).

La litofacies è distribuita su gran parte dell’area di pianura interessata dal tracciato ferroviario; a ridosso dell’imbocco nord della Galleria di Serravalle, si evidenziano modesti spessori (circa 4 m) di ghiaie sabbioso-limose che ricoprono la formazione delle Argille Azzurre (“Argille di Lugagnano” auct., S8a in Figura 4.1). Verso nord, in corrispondenza della progressiva 37+500 ca., si osserva un rapido incremento dello spessore dei sedimenti, che passa da 3-4 m a oltre 30 m, aumentando poi ulteriormente verso N.

|   |   |                    |
|---|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |                    |
|   | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>15 di 30 |

I sondaggi precedentemente eseguiti hanno permesso di individuare schematicamente due livelli principali all'interno del fluviale "fl3": a) uno superficiale, esteso sino a 18-20 m di profondità, con percentuale di ghiaia nettamente superiore al 50% e percentuale di sabbia superiore al contenuto di limo + argilla e b) uno profondo (al di sotto dei 18-20 m) in cui la percentuale di ghiaia si riduce e allo stesso tempo si verifica un incremento della frazione limoso-argillosa, che arriva a superare in percentuale quella sabbiosa.

|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>16 di 30 |

## 5. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE

### 5.1. Geologia

L'assetto geologico dell'area di indagine è stato ricostruito sulla base dei dati contenuti nel Progetto Definitivo (2004), dell'analisi della documentazione bibliografica e normativa disponibile per quest'area e dai sopralluoghi effettuati in sito.

#### 5.1.1. *Substrato prequaternario*

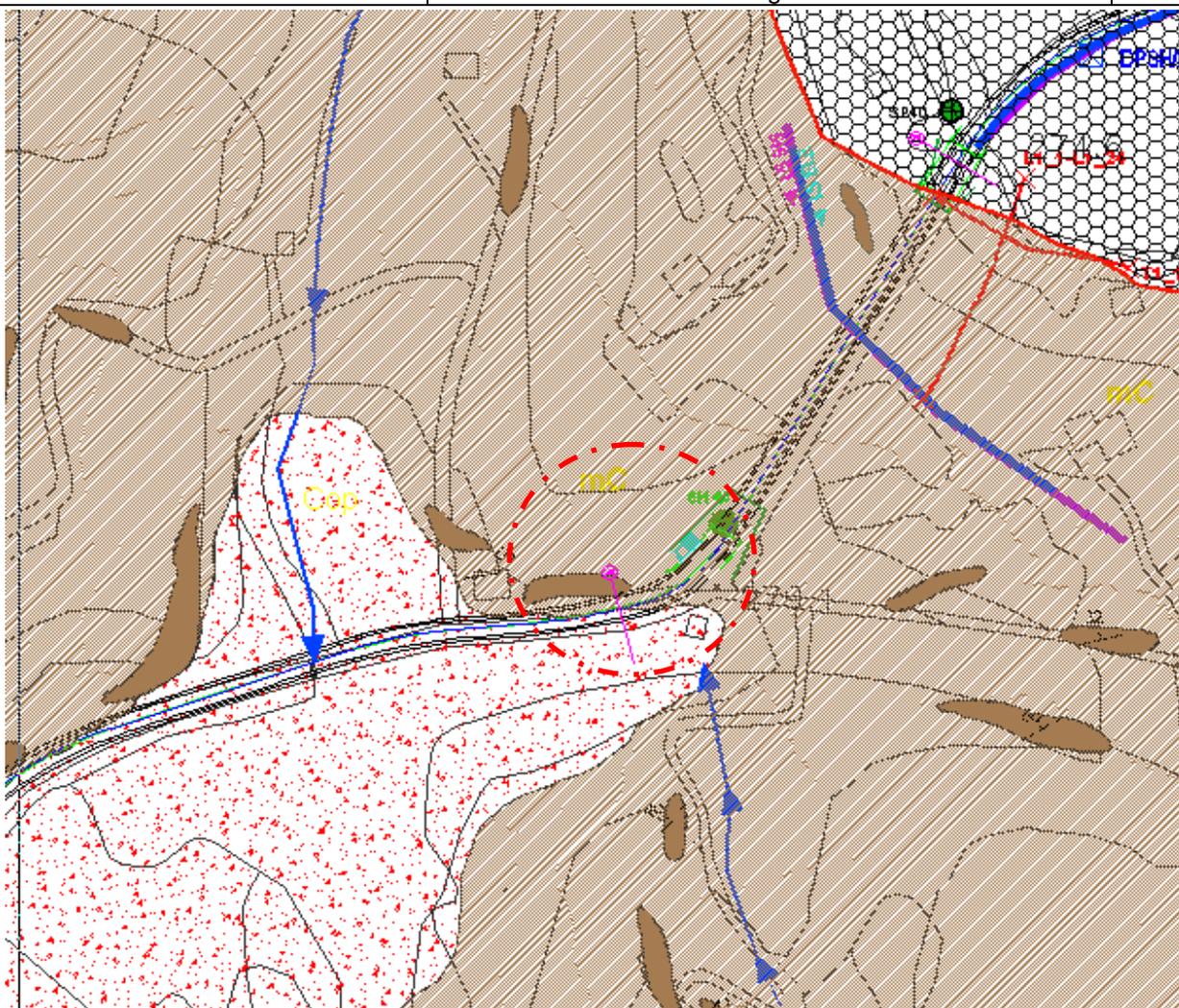
L'area che verrà occupata dal Cantiere Operativo ricade quasi interamente all'interno della Formazione delle Marne di Cessole (Langhiano, S3a in Figura 4.1), costituite da alternanze di marne siltose omogenee biancastre, siltiti e arenarie fini, affioranti o sub-affioranti sui versanti. La giacitura della formazione immerge in media di 25° verso N-NW.

#### 5.1.2. *Depositi quaternari*

All'interno dell'area in esame sono stati rinvenuti anche depositi quaternari rappresentati dalla coltre detritico-colluviale che, in base ai dati delle indagini realizzate nelle fasi progettuali precedenti sono ascrivibili a depositi caratterizzati da una coltre detritica di versante, con spessore medio inferiore a 2-3 m.

Dal punto di vista litologico, la coltre detritico-colluviale è in generale costituita da un deposito sciolto di tipo limoso-argilloso debolmente sabbioso. I sondaggi realizzati in fase esecutiva hanno confermato questi dati; in particolare il sondaggio SI43 (il più vicino all'area di studio) ha attraversato spessori modesti di terreno detritico a prevalente componente limoso-argillosa pari a 3 m (cfr. par. 5.3).

Non sono presenti nella zona che direttamente sarà interessata dai lavori di cantiere depositi quaternari di origine alluvionale, ma solo di copertura detritica, soprastanti il substrato prequaternario ed i depositi prequaternari direttamente affioranti.



## DEPOSITI DI COPERTURA

-  Copertura detritico-colluviale di spessore pari a 2-3m con punte locali maggiori
-  Frana per scorrimento o scivolamento attiva/quiescente.

## SUBSTRATO PRE-QUATERNARIO

-   MARNE DI CESSOLE (mC) (Langhiano)  
 Alternanze di marne siltose omogenee biancastre, con siltiti ed arenarie fini bioturbate.  
 a) affiorante; b) sub-affiorante

**Figura 5.1 – Geologia di dettaglio dell'area di studio**

|   |   |                    |
|---|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |                    |
|   | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>18 di 30 |

## 5.2. Geomorfologia

L'area dove sorgerà il cantiere, si trova in una zona posta a cavallo dello spartiacque tra due versanti opposti: il versante lato Serravalle, collegato all'ampio terrazzo alluvionale del T. Scrivia e il versante lato Gavi, su cui si sviluppa la piccola piana alluvionale del T. Neirone.

Il rilevamento geomorfologico ha evidenziato l'assenza di criticità significative per quanto riguarda dissesti di versante in atto o pregressi. La cartografia IFFI consultabile online classifica come "area soggetta a frane superficiali diffuse" unicamente il versante a N dell'imbocco della galleria (lato Gavi), ma non la parte in corrispondenza dell'area di cantiere.

Data la natura dei terreni della coltre detritico-colluviale, è evidente che la suscettibilità a fenomeni di dissesto superficiale è strettamente correlata all'acclività dei versanti e alle caratteristiche granulometriche e geotecniche dei depositi costituenti la coltre; la bassa permeabilità e la limitata capacità drenante di questi terreni fa sì che, soprattutto in occasione di precipitazioni intense e prolungate, essi si saturino rapidamente, con conseguente decadimento dei parametri geotecnici di resistenza.

Si segnala la presenza di uno scivolamento superficiale, non interferente con l'area di studio, a circa 300 m ad Est del futuro cantiere, in prossimità dell'imbocco della galleria lato Serravalle. Il dissesto interessa lo strato corticale (spessore massimo di 2-3 m), costituito da depositi detritico-colluviali fini, parzialmente pedogenizzati, poggianti sul substrato marnoso impermeabile; la frana è classificabile come un soliflusso localizzato, favorito dalla pendenza e dalla ridotta capacità drenante del terreno di copertura; in corrispondenza del dissesto la "carta della fattibilità geologica" del P.R.G. del Comune di Serravalle Scrivia segnala l'esistenza di una porzione di versante in condizioni di "moderata pericolosità geomorfologica". Non sono comunque visibili effetti negativi a carico della sede stradale. Relativamente al tratto stradale che interessa il Comune di Gavi, non vi sono particolarità da segnalare.

## 5.3. Indagini geognostiche del Progetto Esecutivo

Durante la campagna geognostica del Progetto Esecutivo (2012) sono stati eseguiti i sondaggi a carotaggio continuo SI42, SI43 (Impresa RCT) e il sondaggio SH45, in parte a distruzione, in parte carotato (Impresa Geotec S.p.a.); la loro ubicazione è riportata in Figura 5.1. L'area di futuro cantiere sarà impostata in un'area compresa tra l' SH45 e SI43. Dei due sondaggi però quello più idoneo per risalire alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di copertura colluviale appare SI43 in quanto realizzato all'interno delle coperture di versante, mentre SH45 darà utili indicazioni sull'assetto litostratigrafico della formazione in posto delle Marne di Cessole. Le informazioni litostratigrafiche dedotte dai sondaggi sono ricapitolate sinteticamente come segue:

### 5.3.1. SH45

Il sondaggio SH45, orizzontale, è stato eseguito in prossimità dell'imbocco W (lato Gavi) della galleria della Crenna, in direzione subparallela alla galleria stessa (angolo di 3° con l'asse della galleria, paramento nord).

|   |   |                    |
|---|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |                    |
|   | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>19 di 30 |

La perforazione è stata eseguita a distruzione da 0 a 25 m, quindi a carotaggio continuo fino a 75 m. La stratigrafia dei primi 25 m è quindi stata dedotta dall'esame dei cuttings; non è disponibile la documentazione fotografica relativa al tratto perforato a distruzione. La stratigrafia sintetica è la seguente:

- da 0 a 19 m ca.: coltre detritico-colluviale; terreno sciolto costituito da sabbia e limo con ghiaia e ciottoli, di colore nocciola (poiché il foro è realizzato in orizzontale e a basso angolo rispetto alla superficie del versante, lo spessore attraversato non riflette la potenza reale della coltre detritica);
- da 19 a 25 m ca.: substrato roccioso costituito da marna color grigio cenere;
- da 25 a 75 m: marna scarsamente fratturata, da grigio olivastro a grigio cenere con passaggi a marna sabbiosa in livelli decimetrici, con stratificazione poco evidente e grana medio-fine.

### 5.3.2. SI43

Sondaggio verticale a carotaggio continuo. La stratigrafia è la seguente:

- da 0 a 1,5 m ca.: sabbia limosa debolmente argillosa color grigio nocciola con rara ghiaia;
- da 1,5 a 3 m ca.: argilla debolmente limosa da grigio chiara a nocciola;
- da 3 a 26,5 m ca.: substrato roccioso costituito da marna debolmente fratturata di colore da nocciola a grigio chiaro, con intercalazioni metriche di arenaria fine grigia;
- da 26,5 a 31 m ca.: marna grigia debolmente fratturata con presenza di locali intervalli calcarenitici.

### 5.3.3. SI42

Viene riportata anche la stratigrafia del SI42 seppur distante dall'area di studio, ma anch'esso caratterizzato dalla presenza di depositi detritici. La stratigrafia del sondaggio mostra per i primi 4 m dei depositi detritico-colluviali, quindi il substrato prequaternario:

- da 0 a 0,5 m ca.: sabbia medio-grossolana marrone con ghiaia medio-fine;
- da 0,5 a 2 m ca.: sabbia limosa localmente argillosa di colore nocciola;
- da 2 a 4 m ca.: argilla sabbiosa debolmente limosa grigio-nocciola, compatta, con intercalazioni di marna grigia debolmente alterata;
- da 4 a 20 m: substrato roccioso costituito da siltiti grigie compatte con livelli marnosi (Formazione delle Marne di Cessole).



**Figura 5.1 – Posizione planimetrica dei sondaggi (sinistra a destra) SH45, SI42 (in alto) E SI43 (in basso).**

|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>21 di 30 |

#### 5.4. Sintesi delle condizioni geologiche generali

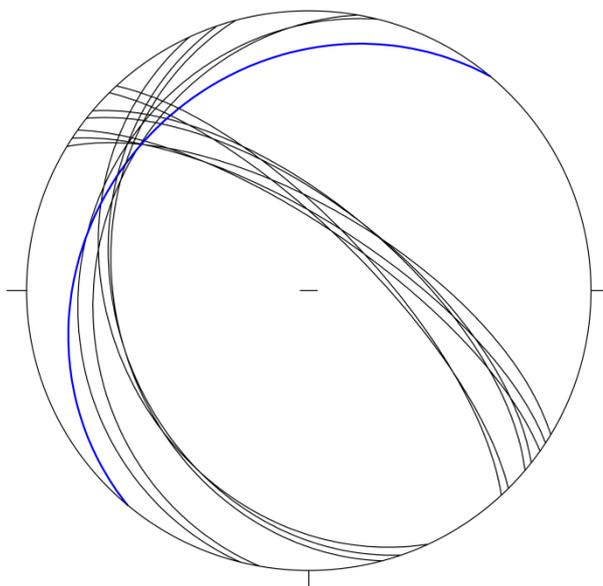
Partendo dal quadro geologico sopra descritto, per l'area cantieristica in progetto si evidenzia che vi sono depositi detritico-colluviali prodotti della disgregazione delle marne del substrato (Marne di Cessole) e la formazione in posto delle Marne di Cessole, affiorante per buona parte dell'area.

#### 5.5. Aspetti geologici relativi alla galleria della Crenna

Considerata la ridotta lunghezza della galleria e la modesta copertura topografica, la sezione longitudinale è stata ricostruita sulla base dei dati del rilevamento di superficie e dei dati derivati dal sondaggio sub-orizzontale SP40 ed SH45. I dati portano a concludere che il tracciato della galleria attraversa in modo l'unità litologica delle marne di Cessole. La giacitura delle marne è mediamente immergente verso N-NW con inclinazione di 20°.

Le misure strutturali eseguite in prossimità della galleria mostrano due sistemi di giunti principali: un sistema diretto NW-SE con inclinazione subverticale (circa 70°) e un sistema NE-SW a basso angolo (circa 20°). Il sistema NW-SE ha spaziatura da pluridecimetrica a metrica, persistenza fino a 15 metri e geometria planare; talvolta presenta degli allineamenti en-échelon e viene tagliato dal sistema NE-SW con piccole dislocazioni. Il sistema NE-SW è caratterizzato da giunti con spaziatura da metrica a plurimetrica e persistenza ridotta (< 1 m), quindi a scala locale risulta del tutto subordinato come importanza.

N total = 13



**Figura 5.2 – Proiezione stereografica di Schmidt (emisfero inferiore) dei due set principali di giunti misurati nelle Marne di Cessole. In blu è rappresentata la stratificazione media delle marne.**

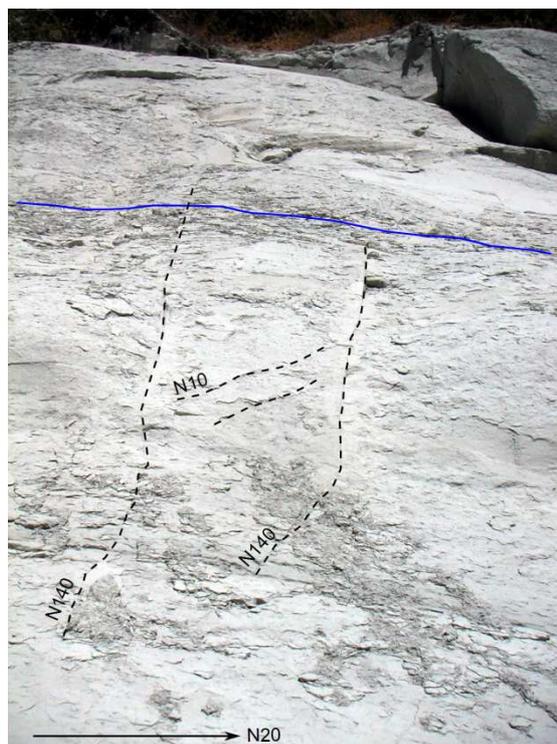
Entrambi i set di giunti hanno apertura submillimetrica esclusivamente nelle porzioni più superficiali dell'ammasso e tendono a chiudersi in profondità, come visibile in alcuni affioramenti con superfici fresche o poco alterate. In generale le discontinuità non veicolano circolazione d'acqua poco alterate. In generale le

|  |   |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   |
|  | Foglio<br>22 di 30  |

discontinuità non veicolano circolazione d'acqua, il che è confermato anche dal sondaggio orizzontale SH45 che non ha riscontrato la presenza di falda in roccia.

Le tomografie sismiche superficiali eseguite presso l'imbocco lato Serravalle e le tomografie profonde eseguite sul versante su cui insiste il tratto compreso tra la galleria e la S.S. n°35 (in allegato), permettono di distinguere tre domini con caratteristiche fisiche differenti; l'interpretazione delle tomografie fornita in sede di PD assegna ai mezzi attraversati dalle onde sismiche delle rispetto alle velocità  $V_p$  estremamente elevate; riteniamo più realistico proporre dei valori limite di  $V_p$  un po' più bassi, per le diverse categorie di terreno, come riportato di seguito:

- dominio 1: coperture superficiali e orizzonte di alterazione decompresso della formazione marnosa (profondità 0-10 m,  $V_p < 1200$  m/s);
- dominio 2: formazione marnosa parzialmente alterata e decompressa (profondità 10-20 m,  $V_p = 1200-1600$  m/s);
- dominio 3: formazione marnosa inalterata (profondità  $> 20$  m,  $V_p > 1600$ ).



**Figura 5.3 – Affioramento di Marne di Cessole in cui sono stati evidenziati i due set di giunti (linea tratteggiata) e la stratificazione media (linea blu).**

Per la localizzazione delle tomografie sismiche e dei sondaggi geognostici realizzati nelle precedenti fasi progettuali nonché per la consultazione delle sezioni tomografiche e delle stratigrafie si rimanda alla relazione geologica del progetto definitivo (doc. A301 00 D CV RB NV2100 001 B).

|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>23 di 30 |

## ASPETTI IDROGEOLOGICI

### 5.6. Censimento dei punti d'acqua

Le uniche informazioni circa la presenza di acqua nel sottosuolo vengono dallo studio di fattibilità delle opere lungo la S.P. 161, lungo il cui tracciato ricade l'area da adibire a cantiere. In quell'occasione è stato effettuato un controllo sul censimento dei punti d'acqua eseguito durante il Progetto Definitivo del tracciato ferroviario principale. Non è stato possibile verificare la posizione e l'esistenza di tutti i pozzi censiti nel precedente progetto, a causa del divieto di accesso a molte delle proprietà private lungo le quali si sviluppa il tracciato, nonché dell'opposizione di alcuni proprietari; dei 21 pozzi segnalati, solamente 5 sono stati rilevati e misurati.

Nella carta idrogeologica allegata sono quindi stati riportati i pozzi censiti di cui è stato possibile misurare la superficie piezometrica. Due dei pozzi si trovano nelle vicinanze dell'imbocco lato Serravalle della galleria Crenna e mostrano un livello piezometrico intorno ai 17 metri dal p.c., quindi piuttosto profondo e dello stesso ordine di grandezza dello spessore stimato per i depositi alluvionali, a indicazione del fatto che la parte satura di tali depositi è probabilmente solo quella in vicinanza della superficie di appoggio basale sul substrato marnoso.

### 5.7. Stima del grado di permeabilità

I dati di permeabilità per i litotipi interessati dall'area di cantiere in esame sono stati misurati mediante prove di conducibilità idraulica in foro di tipo Lugéon, eseguite a diverse profondità durante le campagne geognostiche del Progetto Preliminare, Definitivo ed Esecutivo. I sondaggi presi in considerazione sono i seguenti:

- sondaggio SP32: le prove di permeabilità effettuate a una profondità di 30 metri sull'unità litologica delle marne di Cessole hanno dato valori medi di  $1,3E-08$  m/s, che confermato la bassa permeabilità di questo litotipo;
- sondaggio SI42: una prova Lugéon effettuata nelle marne tra 5,5 e 10 m ha dato una permeabilità di  $2,76E-08$  m/s;
- sondaggio SI43: le prove Lugéon effettuate nelle marne tra 4,7 e 9,7 m e tra 20,2 e 25,2 m hanno dato valori di  $2,24E-08$  m/s e  $3,88E-08$  m/s rispettivamente, in linea con quelli ottenuti in precedenza.

### 5.8. Modello idrogeologico

Il modello idrogeologico concettuale derivante dalla fase di Progetto Esecutivo, ha portato alla suddivisione dell'ammasso roccioso in relazione alla permeabilità ed alla struttura degli acquiferi (porosi o fratturati). Nella sua globalità all'interno del tracciato stradale lungo cui verrà realizzata l'area di cantiere, si possono distinguere:

- depositi alluvionali attuali (A) e recenti (fl3): frazione ghiaioso-sabbiosa dominante e permeabilità medio-elevata. La distribuzione dei valori di conducibilità idraulica indica che la maggior parte dei dati ottenuti è compresa nell'intervallo  $10^{-5} \div 10^{-6}$  m/s.

|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>24 di 30 |

- Marne di Cessole: permeabilità da bassa a molto bassa, con valori compresi in media nell'intervallo  $10^{-8} \div 10^{-9}$  m/s.

Queste ultime sono propriamente quelle che interessano il substrato all'interno dell'area cantieristica, ricoperte nella parte occidentale da uno strato di depositi colluviali (valutabile in circa 3 m) costituiti inizialmente da sabbia limosa debolmente argillosa color grigio nocciola con rara ghiaia e poi da argilla debolmente limosa da grigio chiara a nocciola a cui è possibile attribuire in base alla documentazione fornita dalla committenza una permeabilità media pari a  $10^{-3}$  m/s- $10^{-4}$  m/s.

## 6. SISMICITA'

### 6.1. Dati disponibili

L'area studiata si inserisce nel territorio comunale di Serravalle Scrivia e di Gavi (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.

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 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).

### 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 pennidiche e la pianura padana) e all'allineamento dei massicci cristallini esterni (fronte pennidico).

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 del cantiere (Figura 7.1). 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 7.2). 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

|  |   |                    |
|--|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>25 di 30 |

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 7.3). Dall'analisi delle mappe si può in definitiva osservare che l'area interessata dal Cantiere Operativo presenta valori di  $a(g)$  compresi tra 0,075 e 0,100 g.

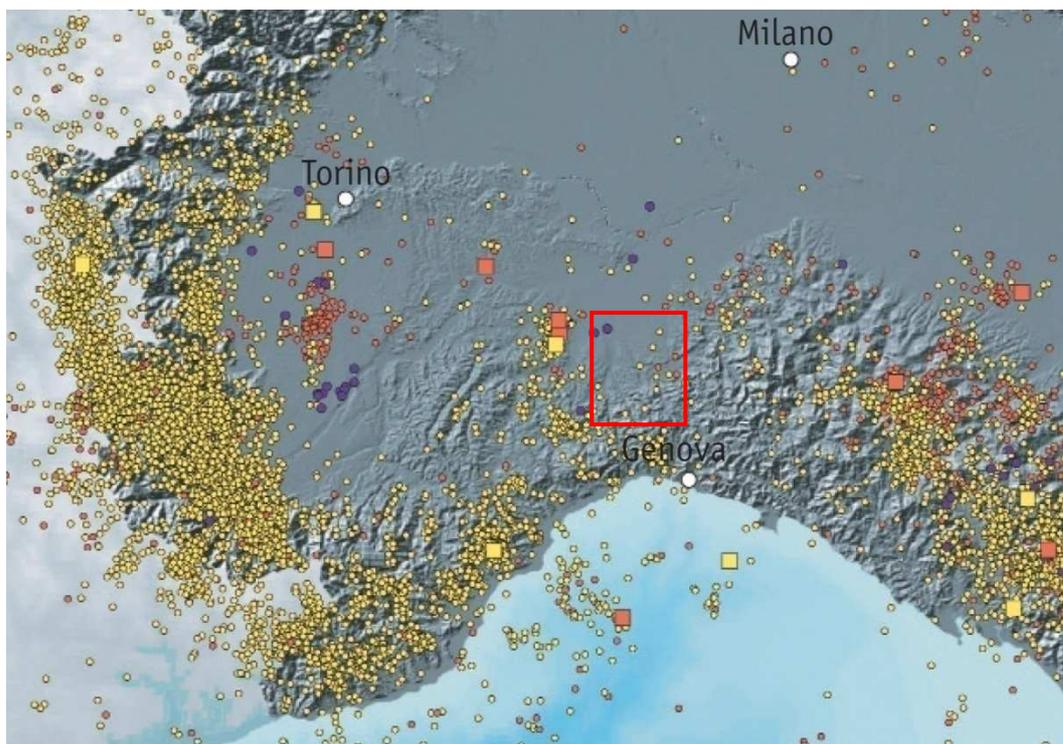
### 6.3. Classificazione sismica dell'area di progetto

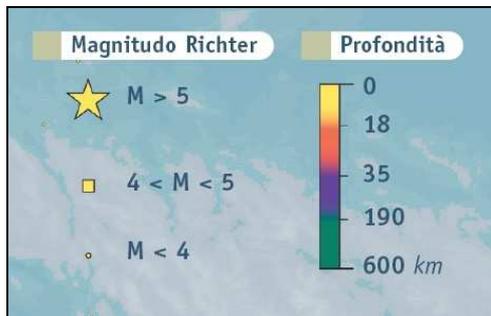
La

Tabella 1 riporta la classificazione sismica del Comune di Serravalle Scrivia interessato dal progetto AC/AV Milano-Genova e dalle relative opere accessorie tra cui l'area cantieristica in esame; tale classificazione fa riferimento ai valori di accelerazione sismica  $a(g)$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni così definiti (Figura 7.2 e Figura 7.3):

- 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 Serravalle Scrivia ricade in classe 3, corrispondente a valori  $0.05$  g  $< a(g) \leq 0.15$  g.





**Figura 7.1 – Stralcio della Carta della sismicità in Italia tratta dal sito dell'INGV: <http://csi.rm.ingv.it/>**  
**Il rettangolo rosso individua l'area all'interno della quale si trova l'area cantieristica**

| Regione  | Comune             | vecchia classificazione sismica | nuova classificazione sismica |
|----------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Piemonte | Serravalle Scrivia | 4                               | 3                             |

**Tabella 1 - Indicazione del rischio sismico secondo la normativa nazionale e regionale.**

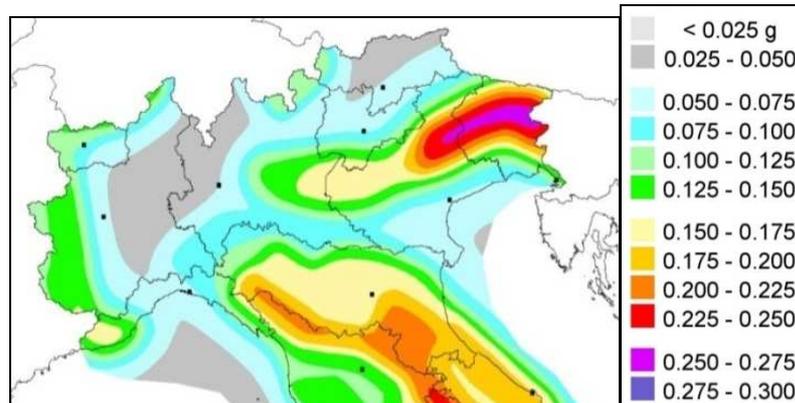
### Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(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)



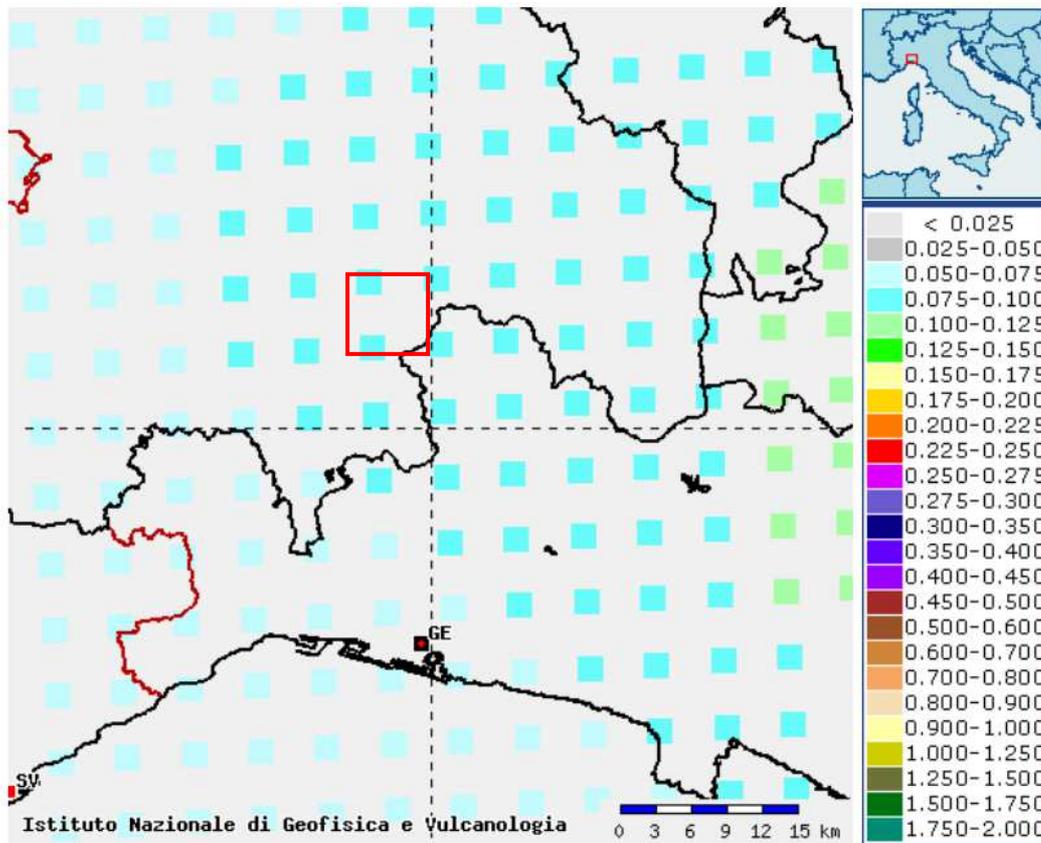
**Figura 7.2 – Stralcio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV, 2004).**  
<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>

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

### 6.4.1. Caratteri litostratigrafici

L'assetto geologico dell'area studiata è caratterizzato dalla presenza dei seguenti elementi:

- basamento prequaternario: alternanze di marne siltose omogenee biancastre, con siltiti e arenarie fini (Marne di Cessole);
- coltre detritico-colluviale di spessore non superiore a 1,5-2 m, costituita da clasti da subcentimetrici a decimetrici in matrice limoso-sabbiosa;



| Selezione mappa                     |  |                              |                         |                          |
|-------------------------------------|--|------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Visualizza punti della griglia riferiti a: | Parametro dello scuotimento: | Probabilità in 50 anni: | Periodo spettrale (sec): |
| <input type="checkbox"/>            | Ridisegna mappa                            | a(g) ▾                       | 10% ▾                   | 50 ▾                     |
|                                     |  |                              |                         | 0.50 ▾                   |

Figura 7.3 – Mappa di pericolosità sismica dell’area del tracciato MI-GE. <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

|  |   |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   |
|  | Foglio<br>28 di 30  |

## 7. PARAMETRI GEOTECNICI

Con riferimento alle relazione geotecnica di progetto esecutivo, in prossimità degli imbocchi della galleria Crenna (documento IG51-01-E-CV-RB-NV21-0X-001-A00), si riporta nel seguito la descrizione geotecnica dei terreni.

L'area che verrà occupata dal Cantiere Operativo ricade quasi interamente all'interno della Formazione delle Marne di Cessole costituite da alternanze di marne siltose omogenee biancastre, siltiti e arenarie fini, affioranti o sub-affioranti sui versanti.

Nell'area si individuano inoltre depositi quaternari rappresentati dalla coltre detritico-colluviale che, in base ai dati delle indagini realizzate nelle fasi progettuali precedenti sono ascrivibili a depositi caratterizzati da una coltre detritica di versante, con spessore medio inferiore a 2-3 m.

L'elaborazione dalle prove in situ e dalle prove di laboratorio ha consentito di definire un intervallo di parametri geotecnici per ciascuna delle litologie evidenziate lungo il tracciato stradale in particolare per le litologie individuate in corrispondenza del Cantiere Operativo si possono riassumere nella seguente tabella

- depositi di copertura detritico/colluviale (S/L)
- substrato marnoso, attribuibile alla Marne di Cessole (MC)

|   | <b>Peso di volume<br/><math>\gamma</math> (kN/mq)</b> | <b>Angolo di attrito <math>\phi</math> (°)</b> | <b>Coesione <math>c'</math> (kPa)</b> | <b>Modulo elastico <math>E</math> (MPa)</b> | <b>K (m/s)</b>        |
|---|---|--|---------------------------------------|---|-----------------------|
| Copertura detritica<br>Colluviale (S/L) | 18-20   | 25-27  | 0-10                                  | 20-30                                       | $10^{-2}$ - $10^{-4}$ |
| Marne di Cessole<br>(MC)                | 22  | 28-30  | 30-50                                 | 50-130                                      | $10^{-7}$ - $10^{-8}$ |

|   |   |                    |
|---|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |                    |
|   | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   | Foglio<br>29 di 30 |

## 8. CONCLUSIONI

La revisione dei dati relativi alle precedenti fasi progettuali e i nuovi dati acquisiti nell'ambito del Progetto Esecutivo hanno permesso di definire in maggiore dettaglio il quadro geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico della zona in cui è prevista la realizzazione di un nuovo Cantiere Operativo.

I sondaggi eseguiti a partite dall'autunno 2012 hanno confermato la presenza di un substrato marnoso poco fratturato e impermeabile, su cui poggiano depositi detritico-colluviali sottili.

I dati raccolti non fanno supporre l'esistenza di problematiche geologiche, geomorfologiche o idrogeologiche particolari nel luogo scelto per la realizzazione del cantiere.

Quali prescrizioni di carattere applicativo si evidenziano i seguenti punti:

- la natura dei terreni della coltre detritica superficiale ne rende necessario il sostegno qualora fossero interessati da scavi e sbancamenti per l'allargamento della sede stradale, mediante opere dimensionate in base a verifiche di stabilità specifiche;
- le acque superficiali dovranno essere intercettate a monte degli sbancamenti e convogliate verso un fosso laterale collegato alle direttrici di deflusso naturale;

In conclusione, si ritiene compatibile la fattibilità degli interventi in progetto con le caratteristiche geologiche dei luoghi.

|   |   |
|---|---|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |
|   | IG51-00-E-CV-RB-CA41-01-001-A00<br>Relazione geotecnica   |
|   | Foglio<br>30 di 30  |

## 9. BIBLIOGRAFIA

- 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.*
- Castellaro, S, Mulargia, F. (2007) - *Vs30, stimatore obbligatorio ma inefficace dell'amplificazione sismica.* NGTGS. Roma, 15 Novembre 2007
- 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.
- 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.
- 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.