

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**

**CA3 – CANTIERE ARMAMENTO RIVALTA**

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> 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 3 5 0 1	0 0 1	A

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	COCIV	24/03/2016	COCIV	24/03/2016	A.Mancarella	24/03/2016	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00
-----------	---------------------------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00</p>	<p>Foglio 2 di 19</p>

## INDICE

INDICE.....		2
1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
3	ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO.....	3
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	4
4.1	Le unità litostratigrafiche nell'intorno dell'opera in progetto .....	5
4.1.1	I depositi post-messiniani.....	6
4.1.2	Unità pleistocenico-oloceniche del bacino del T. Scrivia .....	7
4.2	Indagini .....	12
4.3	Geologia del sito di intervento.....	13
5	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	14
5.1	Complessi idrogeologici .....	14
5.1.1	Considerazioni generali.....	14
5.1.2	Depositi antropici .....	16
5.1.3	Complesso 2 (flp1, fl3, fl3a, fl3b) .....	16
5.1.4	Assetto idrogeologico dell'area di intervento .....	17
6	PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA .....	18

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00	Foglio 3 di 19

## 1 PREMESSA

La presente relazione fa parte del Progetto Esecutivo del nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi" e riguarda la realizzazione dell'opera identificata dal codice WBS CA26 (cantiere COP10 Gerbidi) che è situato a ridosso del rilevato di linea nella tratta di pianura compresa tra la pk 46+375 e la pk 47+375.

L'area interessata dal cantiere rientra fra le zone indagate per la realizzazione del rilevato della linea AV che è identificato con WBS RI15.

La presente relazione geotecnica, utilizzata per la progettazione esecutiva dei manufatti del cantiere operativo costituisce una revisione e un aggiornamento degli studi geologici eseguiti in fase di Progetto Definitivo, rispetto al quale sono stati eseguiti ex novo dei rilievi geologici, geomorfologici e idrogeologici integrativi di superficie e sono stati recepiti e interpretati i risultati della campagna di indagini geognostiche del Progetto Esecutivo.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente rapporto fa riferimento alla seguente documentazione:

- 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 settembre 1988 n. 30483 Legge 02/02/74, n.64 art.1. D. M. 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione".

## 3 ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO

Lo studio geologico-geomorfologico e idrogeologico del sito di intervento ha 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;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00	Foglio 4 di 19

- 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.

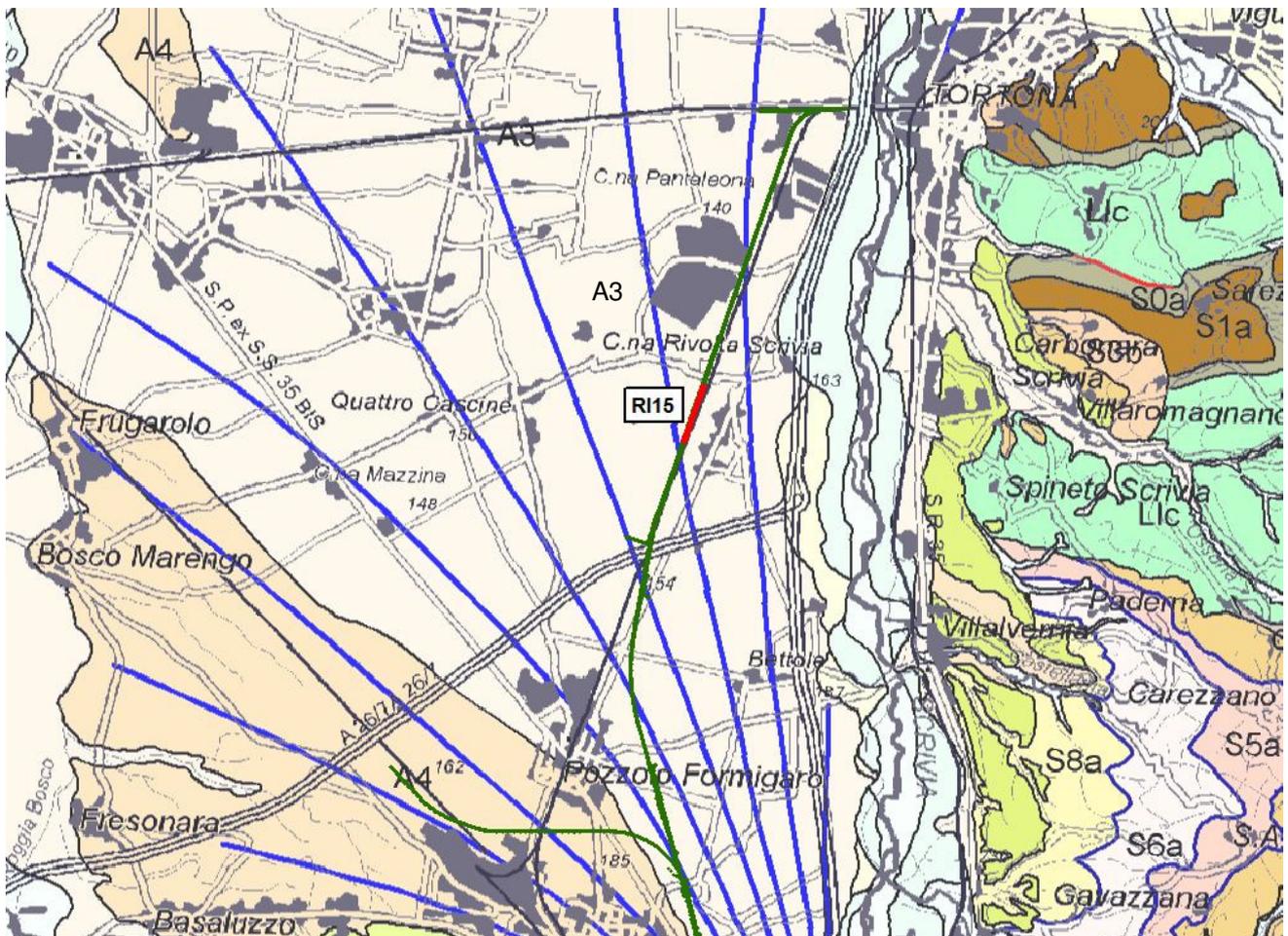
#### 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La zona interessata dalla realizzazione dell'opera in esame ricade sui depositi alluvionali pleistocenico-olocenici del bacino di Alessandria, rappresentati in questo settore dai depositi del T. Scrivia, che ricoprono in discordanza la successione sedimentaria post-messiniana (Argille di Lugagnano/Argille Azzurre, Sabbie d'Asti, Villafranchiano *auct.*), a sua volta poggiate sulle unità del Bacino Terziario Piemontese (BTP) (Figura 1).

Nell'intento di garantire una continuità tra la terminologia adottata in fase di Progetto Definitivo ed Esecutivo, senza tuttavia tralasciare le informazioni derivanti dai dati di letteratura più recenti, è stata realizzata una tabella (Tabella 1) in cui è messa a confronto la nomenclatura derivante dalla cartografia ufficiale e quella impiegata in fase di Progetto Esecutivo.

Carta Geologica d'Italia Foglio 70 "Alessandria" 1:100.000	Carta Geologica del Piemonte 1:250.000 (in prep.)		Tratta AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi"	
			PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO ESECUTIVO
A3 – Alluvioni attuali	DEPOSITI FLUVIALI DEL BACINO ALESSANDRINO	A1 - Depositi fluviali del Pleistocene sup. - Olocene	a - Fluviale attuale	a - Depositi fluviali attuali
A <sup>2-1</sup> – Alluvioni post-glaciali		A2 – Depositi fluviali della parte terminale del Pleistocene sup.		
I <sup>3</sup> – Fluviale recente		A3 – Depositi fluviali del Pleistocene sup.	fI3- Fluviale recente	fI3 - Depositi fluviali recenti, Pleistocene sup.? - Olocene
FI <sup>2</sup> – Fluviale medio		A4 – Depositi fluviali del Pleistocene medio - sup.	fI2- Fluviale medio	fI2 - Depositi fluviali medi, Pleistocene medio - sup.
FI <sup>1</sup> – Fluviale antico I <sup>2</sup> – Villafranchiano <i>auct.</i>	SUCCESSIONI POST- MESSINIANE	A5 – Depositi fluviali del Pleistocene medio	fI1 - Fluviale antico	fI1 - Depositi fluviali antichi, Pleistocene medio?
		A6 – Depositi fluviali del Pleistocene inf. - medio		
P <sup>3-2</sup> - Sabbie di Asti		S9b – Sintema di Maranzana		vL – Villafranchiano <i>auct.</i> e Sabbie d'Asti, Pleistocene inf.
P - Argille di Lugagnano, Pliocene		S8b – Successioni silteose e sabbioso-ghiaiose piacentiane		
		S8a – Formazione delle Argille Azzurre dello Zancleano	aL – Argille di Lugagnano	aL - Argille di Lugagnano (Formazione delle Argille Azzurre), Zancleano

**Tabella 1 - Tabella nomenclaturale riassuntiva delle unità post-messiniane e quaternarie descritte in letteratura, messe a confronto con la terminologia e le sigle adottate nelle fasi di progettazione Definitiva ed Esecutiva.**

**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.

**Figura 1 - Estratto della nuova Carta Geologica del Piemonte in scala 1:250.000 e relativa legenda (Piana *et al.*, in prep.) con l'ubicazione dell'opera in progetto.**

#### 4.1 Le unità litostratigrafiche nell'intorno dell'opera in progetto

L'opera oggetto del presente rapporto interessa essenzialmente i depositi alluvionali quaternari del bacino del T. Scrivia riferibili al Fluviale Recente (fl3/A3, cfr. Tabella 1), poggianti sulle unità riferibili alla successione post-messiniana, rappresentate dalle Argille di Lugagnano/Argille Azzurre (aL/S8a, cfr. Tabella 1) e dal Villafranchiano *auct.*-Sabbie di Asti (vL/S8a e S8b, cfr. Tabella 1).

La descrizione delle formazioni di seguito riportata è derivata dagli studi di dettaglio condotti in fase di Progetto Esecutivo, nelle aree oggetto d'intervento, implementati con informazioni provenienti dal Progetto Definitivo nonché dai dati presenti in letteratura.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 6 di 19</span>

#### 4.1.1 I depositi post-messiniani

I depositi appartenenti alla successione sedimentaria post-messiniana affiorano all'estremità settentrionale della dorsale montuosa dell'Appennino ligure, in prossimità dell'apice dell'ampio conoide del Torrente Scrivia, a nord di Serravalle Scrivia e sono rappresentati dalla Formazione delle Argille Azzurre (Argille di Lugagnano, aL), dalle Sabbie di Asti e dal Villafranchiano *auct.*

##### 4.1.1a Formazione delle Argille Azzurre (Argille di Lugagnano, aL)

Le Argille di Lugagnano rappresentano il termine basale della successione pliocenica. Il passaggio tra i sottostanti Conglomerati di Cassano Spinola (BTP) e le Argille di Lugagnano è stato osservato esclusivamente in carote di sondaggio e risulta di tipo transizionale rapido, sviluppandosi entro pochi metri.

Le Argille di Lugagnano sono costituite da argille e argille siltose, localmente sabbiose-fini, di colore beige (zona di alterazione superficiale) o grigio-azzurro, a stratificazione mal distinta, localmente sottolineata da livelli con maggior contenuto in sostanza organica. Si mostrano localmente bioturbate e contengono resti di bivalvi, gasteropodi, echinidi, pteropodi, associazioni a foraminiferi planctonici e bentonici ed abbondanti frustoli vegetali. Il contenuto fossilifero ed in generale la frazione carbonatica tendono a diminuire verso la parte alta della formazione.

Localmente si rinvencono livelli di arenarie e microconglomerati, che costituiscono corpi lenticolari, potenti fino a qualche metro.

Nel complesso la formazione è riferibile ad un ambiente da bacinale profondo ad uno di scarpata, prossimo alla piattaforma esterna.

Sulla base della associazioni a foraminiferi planctonici le Argille di Lugagnano sono riferibili allo Zancleano (Pliocene inferiore) (Dela Pierre *et al.* 2003).

##### 4.1.1b Sabbie di Asti

L'unità delle Sabbie di Asti appoggia sulle Argille Azzurre con un passaggio graduale, caratterizzato da alternanze tra sabbie e siltiti; è costituita da sabbie da fini a grossolane passanti a siltiti, a composizione silicoclastica, di colore giallo o grigio-azzurro, organizzate in strati da decimetrici a plurimetrici (fino a 5 m) amalgamati, a base netta e sovente irregolare. Gli strati mostrano cenni di laminazione piano-parallela (evidenziata da allineamenti sparsi di ciottoli e da concentrazioni di gusci isoorientati di bivalvi e gasteropodi), tuttavia si presentano sovente omogenei a causa dell'intensa bioturbazione.

Sulla base dell'associazione a foraminiferi le Sabbie di Asti possono essere riferite allo Zancleano-Piacenziano.

Le associazioni a foraminiferi bentonici (*Florilus boueanum*, *Ammonia spp.*, *Cibicides lobatulus*, *Protoelphidium granosum*, *Bolivina spp.*, *Brizalina spp.*, *Textularia spp.*) (Dela Pierre *et al.*, 2003) suggeriscono un ambiente di deposizione tra infralitorale e circalitorale.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 7 di 19</span>

#### 4.1.1c Villafranchiano auct

Quest'unità comprende una parte della successione nota in letteratura come "Villafranchiano" di età Zancleano-Gelasiana, rappresentata da sedimenti sabbioso-limosi, talora ghiaiosi, di ambiente marino transazionale e continentale, che poggiano con contatto transazionale sulle Sabbie d'Asti.

In particolare si possono osservare:

- Sabbie da fini a grossolane passanti a siltiti, di colore giallo o grigio-azzurro, organizzate in strati da decimetrici a plurimetrici (fino a 5 m) amalgamati, a base netta e sovente irregolare. Gli strati mostrano cenni di laminazione piano-parallela, tuttavia si presentano sovente omogeneizzati dall'intensa bioturbazione.
- Sabbie e sabbie ghiaiose in strati decimetrici, parzialmente cementate, alternate verso l'alto a peliti. Nella parte medio-bassa della formazione gli strati sabbiosi sono bioturbati (icnogenere *Ophiomorpha*) e sono presenti corpi conglomeratici a geometria canalizzata e a laminazione obliqua. Le siltiti sono per lo più laminate e più raramente bioturbate. Nel complesso sono interpretabili come depositi marini marginali, di fronte e piana deltizia.
- Ghiaie e sabbie ghiaiose mal selezionate, parzialmente cementate, organizzate in corpi piano-concavi canalizzati. Sono localmente associate siltiti contenenti resti di molluschi dulcicoli e rizoconcrezioni. I sedimenti di quest'unità sono interpretabili come depositi fluviali di *braided stream* ghiaioso-sabbioso e subordinatamente di piana di inondazione.

I sedimenti riferiti alle Sabbie di Asti ed al *Villafranchiano auct.* sono stati distinti, per la prima volta, in fase di Progetto Esecutivo in quanto presentano caratteristiche geotecniche sensibilmente differenti rispetto ai depositi fluviali/alluvionali del T. Scrivia cui erano stati accomunati nel corso delle precedenti fasi progettuali.

Le caratteristiche delle Sabbie di Asti e del *Villafranchiano auct.* sono osservabili, in affioramento, esclusivamente in prossimità dei settori collinari situati ad W-SW dell'area di pianura. Invece, in corrispondenza della suddetta area di pianura le uniche indicazioni stratigrafico-sedimentologiche relative al sottosuolo provengono dai dati di sondaggi.

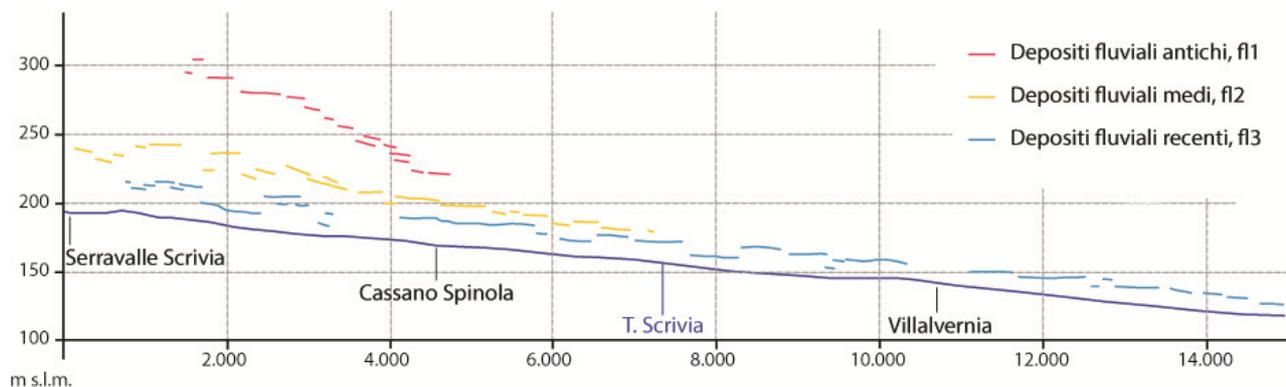
Come risulta dalla descrizione sopra riportata (cfr. §4.4.1.b e §4.4.1.c) le Sabbie di Asti ed il *Villafranchiano auct.* presentano, a tratti, una marcata convergenza di facies; quindi, dalle sole osservazioni delle carote di sondaggio, non risulta possibile distinguere con precisione le due unità. Per questa ragione, in fase di Progetto Esecutivo le due unità stratigrafiche sono state rappresentate con un unico termine che le comprende entrambe: Sabbie di Asti - *Villafranchiano auct.* (vL).

#### 4.1.2 Unità pleistocenico-oloceniche del bacino del T. Scrivia

Nei dintorni dell'area oggetto d'intervento i depositi fluviali riferibili al bacino del Torrente Scrivia sono localizzati sia alla sommità dei rilievi collinari prospicienti le aree di pianura, per quanto riguarda i termini stratigrafici più antichi, sia in corrispondenza dell'ampio conoide del T. Scrivia, che si estende tra Serravalle Scrivia e Tortona (Figura 1).

I depositi fluviali del bacino del T. Scrivia sono costituiti da successioni che presentano una granulometria scarsamente differenziata con netta prevalenza di elementi clastici grossolani, tuttavia sulla base delle caratteristiche litologiche, delle caratteristiche dei suoli cui sono associate e sulla base della posizione geometrica che essi occupano all'interno del bacino si sono potute distinguere in 3 unità principali.

Dal profilo morfostratigrafico realizzato per il tratto del T. Scrivia che va da Serravalle a Villalvernia (Figura 2) si può osservare che nella fascia altimetrica compresa tra i 305 e i 130 m s.l. m. esistono svariati ordini di terrazzi di origine fluviale. I terrazzi, sulla base della loro quota attuale, possono essere schematicamente suddivisi in 3 gruppi principali che corrispondono ad altrettante fasi di deposizione dei sedimenti e modellamento delle superfici.



**Figura 2 - Profilo morfostratigrafico del Torrente Scrivia realizzato nel tratto compreso tra gli abitati di Serravalle Scrivia e Villalvernia e riferito al versante idrografico sinistro della Valle Scrivia (non sono stati rappresentati gli ordini di terrazzi riferibili all'evoluzione recente del T. Scrivia - depositi fluviali attuali (a)- in quanto scarsamente rilevanti ai fini dell'opera).**

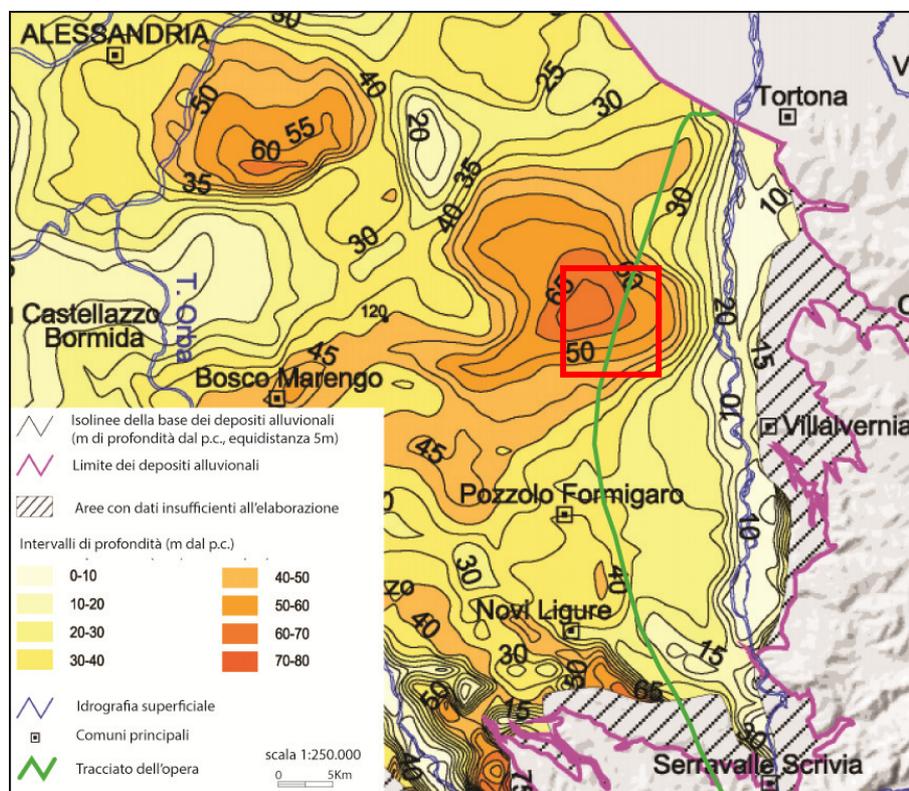
Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica più alta, compresa tra 305 e 225 m, è ubicato in prevalenza lungo i fianchi e in parte alla sommità dei rilievi collinari che sovrastano il conoide del T. Scrivia. Questi terrazzi sono modellati e delimitano arealmente i depositi fluviali antichi (f1).

Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica intermedia, compresa tra 245 e 175 m, è ubicato in corrispondenza del conoide del T. Scrivia. Questi terrazzi delimitano le estese aree poco acclivi o pianeggianti sulle quali sorgono gli abitati di Serravalle Scrivia, Novi Ligure e, in parte, Pozzolo Formigaro. Questi terrazzi sono modellati e delimitano arealmente i depositi fluviali medi (f2).

Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica inferiore, compresa tra i 245 e i 175 metri, è ubicato in corrispondenza del conoide del T. Scrivia, a poche decine di metri dal suo alveo ordinario. Questi terrazzi sono modellati e delimitano arealmente i depositi fluviali recenti (f3).

Nel complesso i depositi fluviali del bacino dello Scrivia poggiano, da sud a nord, con una superficie di discontinuità stratigrafica sulle successioni sedimentarie del Bacino Terziario Piemontese, sulle successioni post-Messiniane e sui depositi "Villafranchiani" auct. La superficie di appoggio basale dei depositi fluviali è molto superficiale in prossimità dei rilievi (Serravalle S. e Novi Ligure), mentre tende ad approfondirsi notevolmente procedendo verso nord (depocentro del Bacino Alessandrino)

come riportato nella carta della profondità della superficie basale dei depositi alluvionali del settore alessandrino (Figura 3).



**Figura 3 - Carta schematica della profondità della superficie basale dei depositi alluvionali del settore alessandrino (adattato da Irace et al., 2009). Dalla carta emerge l'estrema irregolarità dell'andamento della superficie basale dei depositi alluvionali lungo il tracciato dell'opera (linea verde), da superficiale a mediamente profondo nei settori di Novi Ligure-Pozzolo Formigaro, con un evidente depocentro nel settore tra Villalvernia e Tortona.**

#### 4.1.2a Depositi fluviali antichi (fl1)

I depositi fluviali riferiti a questa unità sono ubicati in corrispondenza di alcuni lembi di superfici terrazzate presenti in sinistra idrografica del T. Scrivia in corrispondenza di superfici di modeste dimensioni sospese di circa 75-50 m rispetto all'alveo del T. Scrivia e sono rappresentati da sedimenti fluviali ghiaioso-sabbiosi con struttura a supporto di clasti, ben alterati (5YR 4/6 - 2,5YR 5/8). I clasti sono costituiti soprattutto da serpentiniti, metabasiti e quarziti; localmente presentano patine di ossidi di ferro e manganese e frequentemente sono ben osservabili dei veri e propri livelli centimetrici di ossidi nero-rossastri. La matrice fine, siltoso-arenacea è molto alterata. Questi depositi sono associati a dei paleosuoli abbastanza evoluti, come testimoniato anche dalla locale presenza di concrezioni calcaree (pedotubuli e rizoconcrezioni).

La superficie di appoggio basale, di natura erosiva, è modellata nel substrato prequaternario o nei depositi del Bacino Terziario Piemontese; la superficie sommitale dei depositi coincide solo in parte con il top deposizionale essendo in generale sensibilmente rimodellata.

In base al grado di alterazione e ai rapporti con le altre unità, i depositi fluviali antichi possono essere indicativamente riferiti al Pleistocene medio.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 10 di 19</span>

#### 4.1.2b Depositi fluviali medi (fl2)

I depositi fluviali riferiti a questa unità sono ubicati in corrispondenza dell'ampio terrazzo di Novi Ligure, sospeso di 25-45 metri rispetto all'alveo del T. Scrivia e che si estende da Serravalle Scrivia a Pozzolo Formigaro in sinistra idrografica del T. Scrivia.

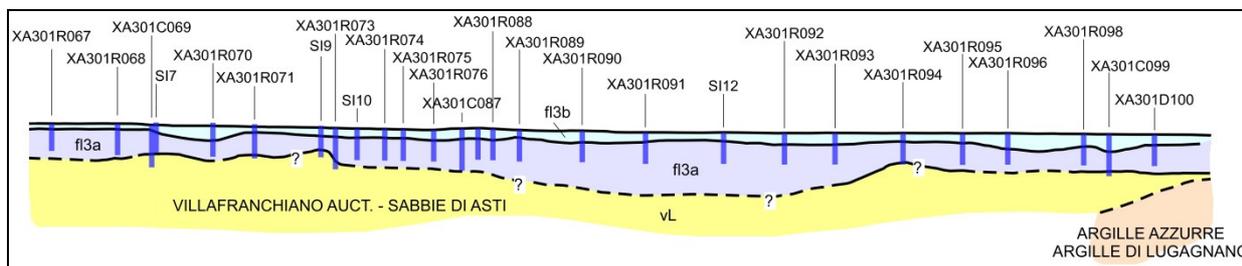
Le osservazioni stratigrafiche derivano soprattutto dalle stratigrafie di sondaggio e in minima parte da osservazioni dirette. I depositi fluviali medi (fl2) sono costituiti da ghiaie sabbioso-limose debolmente argillose. Dall'analisi granulometrica di 4 campioni raccolti in 1 sito le classi granulometriche risultano così distribuite: 57% ghiaia, 21% sabbia, 15% limo e 7% argilla. La matrice fine, siltoso-arenacea è mediamente alterata. Solo localmente sono presenti livelli metrici di argille e silt argillosi (Figura 4).



**Figura 4 - Sondaggio XA301B111, dettaglio dell'unità fl2.**

La superficie di appoggio basale, di natura erosiva, è modellata sul substrato costituito dalle successioni post-messiniane (Argille di Lugagnano, aL; Sabbie di Asti - Villafranchiano *auct.*, vL; Figura 5). La superficie sommitale dei depositi coincide solo in parte con il top deposizionale essendo in generale sensibilmente rimodellata, soprattutto in corrispondenza dell'orlo del terrazzo che separa i depositi fluviali medi (fl2) da quelli recenti (fl3). I depositi fluviali medi (fl2) sono ricoperti da suoli che presentano un grado di evoluzione medio-basso con potenza media variabile da 0,5 a 2 metri, attualmente utilizzati come strato coltivo. Lo spessore complessivo dei depositi fluviali medi varia da 1-2 metri a 10-15 metri circa.

In base al grado di alterazione e ai rapporti con le altre unità, i depositi fluviali medi possono essere indicativamente riferiti al Pleistocene medio-superiore.



**Figura 5 – Andamento dei principali limiti stratigrafici desunto dai dati dei sondaggi disponibili. I sondaggi rappresentati hanno lunghezza di 30-40 m.**

#### 4.1.2c Depositi fluviali recenti (fl3)

I depositi fluviali riferiti a quest'unità sono ubicati in corrispondenza dell'ampio terrazzo, sospeso di 20-25 metri rispetto all'alveo del T. Scrivia, che si estende in sinistra idrografica, da Serravalle Scrivia a Tortona.

I depositi fluviali recenti comprendono sedimenti a granulometria grossolana costituiti, in generale, da ghiaie e sabbie, con percentuali variabili di argille e limi. Trattandosi di depositi fluviali di tipo *braided*, la geometria interna dei corpi sedimentari è piuttosto irregolare, con corpi ghiaioso-sabbiosi piano-concavi, di spessore da metrico a plurimetrico ed estensione laterale decametrica, intercalati a depositi più fini, sabbiosi, sabbioso-limosi e limoso-argillosi.

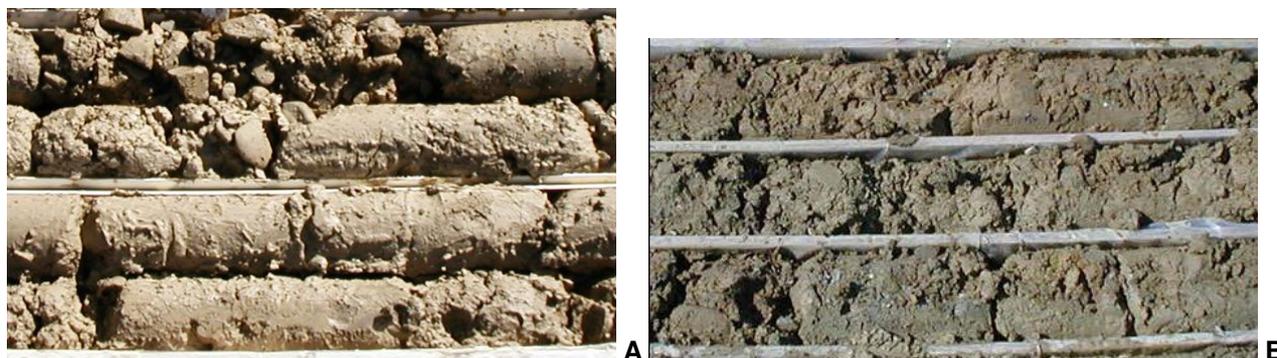
Lo spessore complessivo dei depositi fluviali recenti (fl3) varia da 1-2 metri a oltre 60 metri. In base al grado di alterazione e ai rapporti con le altre unità, i depositi fluviali recenti possono essere indicativamente riferiti, nel complesso, al Pleistocene superiore - Olocene.

Sulla base dell'osservazione delle stratigrafie dei sondaggi eseguiti nelle fasi Preliminare, Definitiva ed Esecutiva di progetto, degli affioramenti esposti in corrispondenza di alcuni orli di terrazzo e delle analisi granulometriche (elaborato A301-00-D-CV-RG-GE00-0-1-002-A.00), i depositi fluviali recenti sono stati distinti in due sub-unità geometricamente sovrapposte (fl3a e fl3b).

##### Sub-unità fl3a - ghiaie sabbiose limoso/argillose

L'unità fl3a, stratigraficamente inferiore è costituita da ghiaie sabbiose limoso-argillose (Figura 6). Dall'analisi granulometrica di 18 campioni raccolti in 7 siti differenti le classi granulometriche risultano così distribuite: 64% ghiaia, 19% sabbia, 11% limo e 6% argilla. Nel complesso si presentano da mediamente a poco alterati. Localmente sono presenti livelli metrici di argille e silt argillosi.

La superficie di appoggio basale, di natura erosiva, è modellata sul substrato (Figura 5), costituito da Sabbie di Asti -Villafranchiano *auct.* (vL). I depositi fluviali recenti (fl3a) non si trovano mai in affioramento e sono sempre ricoperti dalla sub-unità dei depositi fluviali recenti (fl3b).

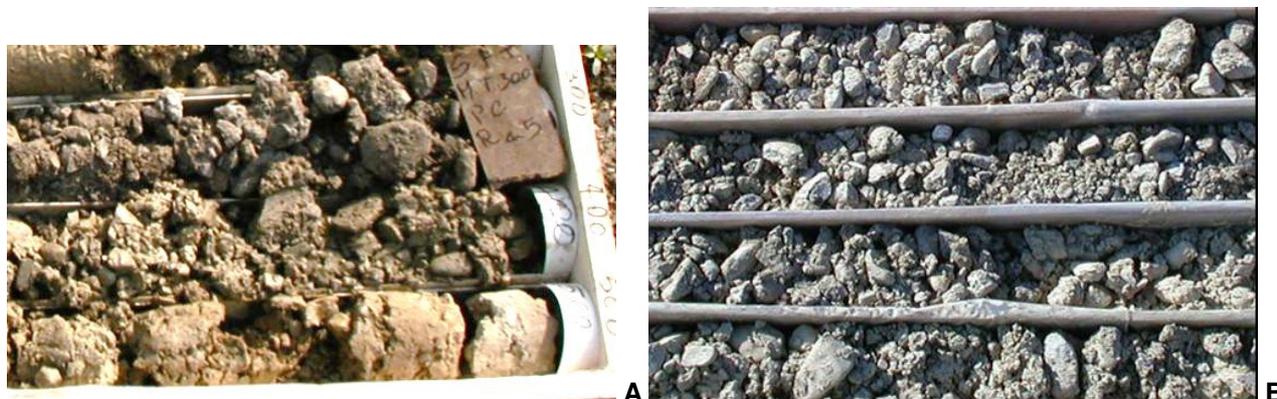


**Figura 6 - Dettaglio dell'unità fl3a: (A): sondaggio XA301C072, (B): sondaggio XA301C087.**

#### Sub-unità fl3b - ghiaie sabbiose

L'unità fl3b, stratigraficamente superiore è costituita da ghiaie sabbiose, con clasti che presentano vari gradi di arrotondamento e sfericità e diametro massimo di circa 3-4 cm; solo localmente sono presenti elementi con diametro maggiore (Figura 7).

La superficie di appoggio basale, probabilmente di natura erosiva, è modellata nei depositi fluviali recenti (fl3a). I depositi fluviali recenti (fl3b) sono ricoperti da suoli che presentano un grado di evoluzione medio-basso con potenza media variabile da 0,5 a 2 metri, prevalentemente utilizzati come coltivo.



**Figura 7 - Dettaglio dell'unità fl3a: (A): sondaggio XA301C070, (B): sondaggio XA301C087.**

Dall'analisi granulometrica di 6 campioni raccolti in 5 siti differenti le classi granulometriche risultano così distribuite: 75% ghiaia, 18% sabbia, 4% limo e 3% argilla (Tabella 1). Nel complesso, si presentano da poco alterati a non alterati.

## 4.2 Indagini

I sondaggi realizzati nelle varie fasi progettuali nell'ambito dell'opera in esame sono i seguenti:

#### Progetto Preliminare:

- XA301R091
- XA301R092

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 13 di 19</span>

### Progetto Definitivo:

- SI12

Le stratigrafie dei sondaggi disponibili sono state analizzate in dettaglio allo scopo di ricostruire l'assetto geologico del settore interessato dalla WBS in esame; i risultati di questa analisi sono sintetizzati nei profili di progetto allegati al presente rapporto.

Per i dettagli inerenti le singole stratigrafie, si rimanda ai documenti disponibili, prodotti dalle ditte incaricate dell'esecuzione delle indagini.

### **4.3 Geologia del sito di intervento**

Il modello geologico di riferimento generale prevede che l'opera in esame appoggi interamente sui depositi alluvionali terrazzati del T. Scrivia, riferibili ai depositi fluviali recenti (sub-unità fl3a e fl3b), con stratificazione sub-orizzontale.

La base dell'opera appoggia sulla sub-unità fl3b, costituita da ghiaie sabbiose. Localmente, a vari intervalli stratigrafici, potranno inoltre essere presenti livelli metrici argillosi e siltoso-argillosi.

Lo spessore complessivo dei depositi fluviali recenti (fl3), nella tratta interessata dalla realizzazione dell'opera è compreso tra 20 e 30 metri circa. La sub-unità fl3b presenta spessori variabili tra 3 e 8 metri circa e la sub-unità fl3a presenta spessori compresi tra 20 e 25 metri circa.

Nel complesso i depositi fluviali recenti (fl3) sono ricoperti da una coltre di suolo/terreno vegetale di spessore medio variabile da 1 a 1,5 metri. Lo strato superficiale di suolo e terreno vegetale/agricolo andrà interamente rimosso e riutilizzato per la risistemazione ambientale dell'area di cantiere.

È localmente presente materiale di riporto con spessore variabile da 0,5 a 2 metri, soprattutto in prossimità dell'attraversamento della rete stradale secondaria.

Nel tratto relativo all'opera non si configurano particolari criticità, a parte la potenziale presenza di livelli limoso-argillosi che, almeno potenzialmente, potrebbero risultare compressibili, anche se il loro spessore prevedibilmente ridotto fa sì che essi non rappresentino un fattore condizionante importante. Le caratteristiche dell'opera andranno comunque adattate a questa eventuale circostanza, in particolare qualora in base alle indagini previste, o in fase di realizzazione, dovesse emergere la presenza di strati compressibili di spessore superiore a 0,5 m entro il raggio di influenza dei carichi esercitati sul terreno.

Dal punto di vista geomorfologico, il settore d'interesse si situa in prossimità dell'area mediana del conoide del T. Scrivia, a NE del terrazzo che separa i depositi fluviali medi (fl2) ed i depositi Fluviali recenti (fl3) (Figura 8).

Il settore è interessato da attività agricola prevalente ed è ancora possibile, localmente, osservare la morfologia originaria caratterizzata da una superficie terrazzata, da subpianeggiante a debolmente inclinata verso NW-NNW, sviluppata a una quota media di 165 m e sopraelevata di 7 m circa rispetto all'alveo attuale del T. Scrivia. L'area è caratterizzata da un drenaggio superficiale orientato in parte verso i quadranti di NW-NNW e in parte verso i quadranti di NE-NNE.

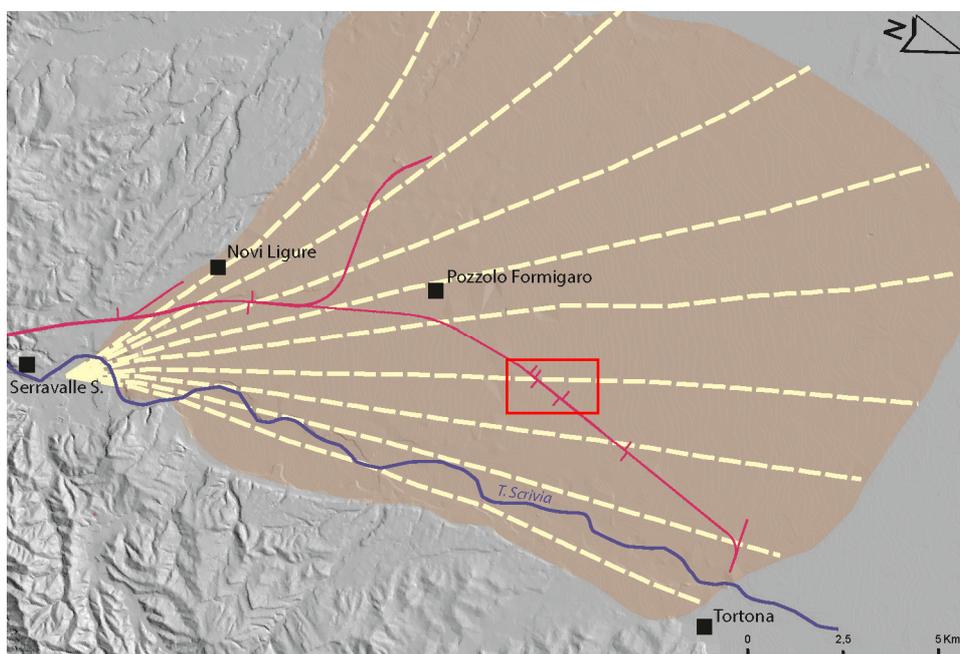


Figura 8: Rappresentazione schematica dell'estensione areale del conoide del T. Scrivia, dei vari ordini di terrazzi da cui esso è disseccato. Il quadrato rosso indica la posizione dell'opera in progetto.

Unità	Composizione granulometrica			Permeabilità K (m/s)				
				valori generali per la sub-unità*			valori della sub-unità in prossimità dell'opera**	
	ghiaia	sabbia	limo+argilla	max	min	media		
f13b	75%	18%	7%	3,54E-04	7,7E-07	9,02E-05	8.60E-06	(XA301R088)
							1.87E-05	(XA301R090)
							1.15E-05	(XA301C091)
f13a	64%	19%	17%	1,77E-04	1,45E-08	1,46E-05	4.40E-06	(XA301R088)
							2.30E-05	
							6.00E-06	(XA301R0789)

\* Sono considerati tutti i dati disponibili di prove di permeabilità realizzate con metodo Lefranc a carico costante e variabile, condotte in tutta l'areale di distribuzione delle sub-unità f13a e f13b.

\*\* Sono considerati soltanto i dati di prove di permeabilità realizzate con metodo Lefranc a carico costante e variabile condotte in prossimità del settore interessato dall'opera in progetto.

Tabella 2 - Caratteristiche granulometriche e di permeabilità delle due sub-unità (f13a, f13b) che costituiscono i depositi fluviali recenti (f13).

## 5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

### 5.1 Complessi idrogeologici

#### 5.1.1 Considerazioni generali

La zona interessata dallo sviluppo della linea MI-GE è stata suddivisa su base litologica in diversi complessi idrogeologici a permeabilità differente, distinguendo settori con comportamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 15 di 19</span>

idrogeologico omogeneo. I sistemi di flusso idrico sotterraneo possono svilupparsi all'interno di un solo complesso idrogeologico, quando questo è limitato lateralmente da complessi meno permeabili, oppure possono attraversare più complessi permeabili adiacenti.

La permeabilità delle unità di basamento prequaternario nell'area di interesse è molto spesso anisotropa e il flusso avviene preferenzialmente lungo discontinuità più o meno diffuse al loro interno. A rigore in contesti di questo tipo dovrebbero essere definite le permeabilità lungo i sistemi di frattura, tuttavia, allo scopo di semplificare la modellizzazione del comportamento idrogeologico delle unità di basamento, si è ritenuto opportuno introdurre una semplificazione, riconducendo la permeabilità discontinua dell'ammasso roccioso a quella di un mezzo poroso e facendo quindi riferimento al concetto di "permeabilità equivalente", ovvero ad un tensore di permeabilità, del quale per la classificazione è stato considerato il valore maggiore.

Per contro, all'interno dei depositi quaternari, la componente anisotropa della permeabilità è spesso irrilevante, dato che si tratta nella maggior parte dei casi di depositi sciolti a granulometria grossolana, in cui l'eventuale presenza di livelli limoso-argillosi, generalmente di spessore limitato, non costituisce un elemento di compartimentazione significativo, data la ridotta estensione laterale di tali orizzonti. I depositi alluvionali costituiscono dal punto di vista idrogeologico un mezzo poroso a permeabilità medio-elevata, isotropo o debolmente anisotropo in senso verticale (cioè perpendicolarmente agli strati).

Nel presente capitolo, ai fini descrittivi, si farà riferimento alle classi di permeabilità riassunte in Tabella 3.

Si precisa che, nel testo che segue, ove si fa riferimento a valori fisici numericamente definiti, in luogo del termine "permeabilità" verrà più correttamente impiegato il termine "conducibilità idraulica" ( $K$ , espressa in m/s), dal momento che i valori fisici a cui si fa riferimento tengono conto delle proprietà del mezzo acquoso (densità unitaria, temperatura di 20°C ecc.), mentre la "permeabilità" ( $k$ , espressa in mq) sarebbe in realtà una proprietà intrinseca dell'acquifero indipendente dal tipo di fluido che lo permea. Si continuerà invece ad utilizzare il termine "permeabilità" o "grado di permeabilità" per indicare genericamente e a livello concettuale le proprietà idrogeologiche dei diversi litotipi, senza specifici riferimenti a valori fisici numericamente definiti.

Classe	Conducibilità idraulica in m/s	Descrizione
K1	> 1E-04	molto alta
K2	1E-05 a 1E-04	alta
K3	1E-06 a 1E-05	medio-alta
K4	1E-07 a 1E-06	media
K5	1E-08 a 1E-07	bassa
K6	< 1E-08	molto bassa

**Tabella 3 – Descrizione delle classi di conducibilità idraulica utilizzate (N.B.: la classificazione non è valida per le rocce carsiche, per le quali è necessaria una valutazione specifica).**

L'attribuzione del grado di permeabilità a ogni complesso idrogeologico è basata sui dati di conducibilità misurati nei sondaggi e disponibili in letteratura. Laddove non sono disponibili valori

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 16 di 19</span>

misurati o quando i dati disponibili non garantiscono un'adeguata rappresentatività statistica, la stima della conducibilità è stata basata su un'analisi critica dei dati geologici terreno e sull'analogia con formazioni con caratteristiche idrodinamiche simili. Durante le fasi di rilevamento di terreno è stata prestata particolare attenzione alla descrizione dello stato di fratturazione e del grado di cementazione.

Durante la fase di perforazione dei sondaggi geognostici del PP, PD e PE sono state eseguite prove di tipo Lefranc e Lugeon (campagne geognostiche 1992-1993, 1996, 2001-2002 e 2004). I valori di conducibilità, espressi in Unità Lugeon e in m/s, sono stati dedotti dall'interpretazione delle prove idrauliche.

Per quanto riguarda più strettamente l'opera in progetto, questa è interamente realizzata all'interno dei depositi quaternari, che rappresentano un acquifero dalla produttività e dalla connettività idraulica abbastanza rilevanti.

Il complesso idrogeologico cui fanno riferimento i depositi quaternari (fl3a e fl3b) è quello classificato, nel Modello Idrogeologico di Riferimento del PE, come "Complesso 2"; nella zona interessata dalla realizzazione dell'opera, la base del Complesso 2 (interfaccia alluvioni/substrato prequaternario) si colloca mediamente tra i 25 e i 30 m al di sotto del piano campagna. Lo spessore dei depositi alluvionali nella tratta, come è già stato accennato nel paragrafo 4.3, è compreso tra 3 e 8 m per la sub-unità fl3b e tra 20 e 25 m per la sub-unità fl3a.

Le caratteristiche dei complessi idrogeologici sopra citati sono riassunte nei paragrafi che seguono.

### 5.1.2 Depositi antropici

I depositi antropici a livello locale possono essere interpretati come un complesso idrogeologico. Nel caso dell'opera in questione il deposito è legato allo sviluppo agricolo dell'area circostante. La pezzatura del deposito si suppone essere eterogenea con grado di compattazione e cementazione abbastanza basso. Non sono disponibili prove di tipo idraulico su questi depositi ma dalle considerazioni sopraelencate si può ipotizzare una conducibilità idraulica abbastanza elevata compresa tra 1E-03 e 1E-05 m/s.

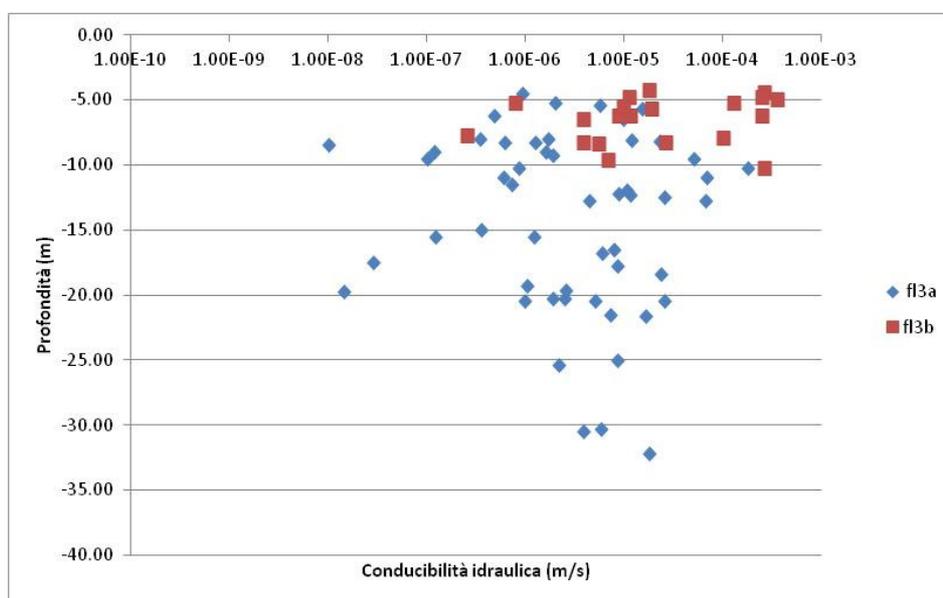
### 5.1.3 Complesso 2 (flp1, fl3, fl3a, fl3b)

Questo complesso presenta una permeabilità primaria per porosità, trattandosi di sedimenti a granulometria grossolana costituiti, in generale, da ghiaie e sabbie, con percentuali variabili di argille e limi.

I test idraulici eseguiti mettono in evidenza valori di conducibilità idraulica piuttosto dispersa, data la natura eterogenea dei depositi è possibile ipotizzare con ragionevole certezza che si tratti di terreni da poco permeabili a permeabili. Non si possono escludere limitate variazioni verticali e laterali della permeabilità, principalmente per possibili passaggi da materiali grossolani a intercalazioni di materiali più fini, a granulometria sabbiosa. Effetti di compartimentazione sono comunque ritenuti possibili solo a scala locale.

In particolare, la conducibilità idraulica per la sub-unità fl3a, valutata sulla base di 46 prove di permeabilità di tipo Lefranc (a carico costante e a carico variabile), condotte in corrispondenza di 33 sondaggi localizzati lungo tutta la tratta di pianura (tra Novi Ligure e Tortona), presenta un intervallo di valori piuttosto ampio, variabile tra  $1,77E-04$  m/s e  $1,45E-08$  m/s (Figura 9). L'estrema variabilità dei valori di permeabilità, rilevata alla scala dell'intero areale del conoide del T. Scrivia, è da imputarsi i) alla geometria interna del deposito, ii) alla relativa distribuzione delle diverse classi granulometriche, iii) all'ubicazione e alla profondità delle prove eseguite.

Come per la sub-unità fl3a, anche in questo caso la conducibilità idraulica della sub-unità fl3b, valutata sulla base delle medesime prove di permeabilità eseguite nei sondaggi sopra citati, presenta, per gli stessi motivi sopra descritti, un intervallo di valori piuttosto ampio, tra  $3,54E-04$  m/s e  $7,7E-07$  m/s (Figura 9).



**Figura 9. Grafico delle conducibilità idrauliche per i depositi alluvionali attuali (fl3), in cui vengono distinte le sub-unità fl3a ed fl3b da prove sui sondaggi del Progetto preliminare (R065, R067, R068, R069, R070, R071, R072, R073, R074, R075, R076, R087, R088, R088, R089, R092, R093, R094, R099, R100, R102, R103, R104, R106, R107, R109), del Progetto definitivo (SI07, SI09, SI10, SI13, SI14, SI47) e del Progetto esecutivo (L2-S32, L2-S34, L2-S32, L2-S43, L2-S47, L2-S48, L2-S50, L2-S52, L2-S15).**

#### 5.1.4 Assetto idrogeologico dell'area di intervento

L'area di intervento è situata all'interno del terrazzo di origine alluvionale situato nella fascia altimetrica inferiore del conoide del T. Scrivia, poco più a nord dell'abitato di Pozzolo Formigaro, in una zona antropizzata dove è presente uno spessore di circa 1,5-2 m di terreno coltivo che poggia direttamente al di sopra dei depositi fluviali attuali, potenti 25-30 m, caratterizzati da granulometria ghiaioso-sabbiosa con la locale presenza di livelli submetrici a composizione limoso-argillosa. Il reticolato idrografico superficiale è rappresentato da canali a uso prettamente agricolo, di modesta lunghezza.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 18 di 19</span>

L'acquifero superficiale è ospitato nei depositi alluvionali attuali; si ritiene che le linee di flusso siano dirette prevalentemente da S a N, in relazione alla normale direzione di deflusso imposta dalla topografia generale del conoide della Valle Scrivia, le cui quote tendono a diminuire verso nord. Localmente si ipotizzano variazioni della direzione media con andamenti da SE a NW e da SW a NE legati alla morfologia del conoide del T. Scrivia in questo settore.

La falda presenta probabilmente una geometria tabulare, con livelli piezometrici che denotano una soggiacenza ridotta (raramente superiore ai 10 metri), subparallela alla superficie topografica.

Nell'intorno dell'opera, sono stati censiti 11 pozzi, ad uso principalmente irriguo e domestico. I dati a disposizione sull'intero censimento sono ad oggi molto esigui in confronto al grande numero di pozzi localizzati, ciononostante per alcuni di essi sono stati forniti il livello statico di falda, la profondità e l'uso (Tabella 4). Dato il tipo di intervento previsto in quest'area, è comunque possibile escludere ogni forma di interferenza tra l'opera e i pozzi esistenti, tanto in fase di cantierizzazione quanto in fase di esercizio.

La permeabilità (K) della sub-unità fl3a, valutata sulla base di 46 prove di permeabilità di tipo Lefranc (a carico costante e a carico variabile), condotte in corrispondenza di 33 sondaggi localizzati lungo tutta la tratta di pianura (tra Novi Ligure e Tortona), presenta un intervallo di valori piuttosto ampio, variabile tra 1.77E-04 m/s e 1.45E-08 m/s. L'estrema variabilità dei valori di conducibilità, rilevata alla scala dell'intero areale del conoide del T. Scrivia, è da imputarsi i) alla geometria interna del deposito, ii) alla relativa distribuzione delle diverse classi granulometriche, iii) alla diversa ubicazione e profondità delle prove eseguite.

Come per la sub-unità fl3a, anche in questo caso la permeabilità (K) della sub-unità fl3b, valutata sulla base delle medesime prove di permeabilità eseguite nei sondaggi sopra citati, localizzati nella tratta di pianura tra Novi Ligure e Tortona, presenta, per gli stessi motivi, un intervallo di valori piuttosto ampio, tra 3.54E-04 m/s e 7.7E-07 m/s.

N POZZO	x coord	y coord	Comune	Profond	Livello st	fonte	quota	uso
PTO40	1483967,08706	4965497,62949	Tortona	0	0	Bollettinari	141	
PTO262	1484285,29776	4965802,32226	Tortona	0	0	Bollettinari	139	
PTO264	1484108,78943	4966047,41759	Tortona	0	0	Bollettinari	138	
PTO266	1485574,36669	4966705,6531	Tortona	0	0	Bollettinari	138	
PTO52	1485029,48927	4966009,44246	Tortona	10	999	Bollettinari	139	IRRIGUO
PTO53	1485030,75526	4966060,40024	Tortona	13	12	Bollettinari	139	IRRIGUO
PTO55	1484990,45737	4966028,9454	Tortona	13	998	Bollettinari	139	IRRIGUO
PTO54	1485071,57025	4966036,28795	Tortona	15	10	Bollettinari	139	NO USO
PTO58	1484890,37238	4965729,30208	Tortona	17,5	998	Bollettinari	140	IRRIGUO
PTO50	1485108,31979	4966776,76236	Tortona	18	4	Bollettinari	135	IRRIGUO
PTO51	1484661,06668	4965654,61419	Tortona	110	998	Bollettinari	141	IRRIGUO

Tabella 4 – Tabella riassuntiva dei pozzi presenti all'interno della WBS in oggetto.

## 6 PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

Dal punto di vista geologico e geotecnico non sussistono, come precedentemente accennato, criticità particolari. Gli unici elementi da tenere in considerazione sono i) la potenziale presenza di livelli limoso-argillosi compressibili nei depositi alluvionali e il comportamento di tali terreni sotto i carichi di progetto e ii) la scarsa qualità geotecnica degli accumuli di materiale di riporto presenti nell'area, che andranno rimossi prima di realizzare il sottofondo del piazzale.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-E-CV-RB-CA35-01-001-A00 <div style="float: right;">Foglio 19 di 19</div>

L'eventuale suolo e terreno vegetale presenti andranno stoccati a parte per la rinaturalizzazione finale delle aree cantierizzate.

Dal punto di vista idrogeologico non sono state riscontrate problematiche particolarmente significative in relazione alla realizzazione dell'opera e ciò tanto per la fase di cantierizzazione e costruzione quanto per la fase di esercizio; è comunque importante tenere presente il contesto idrogeologico generale in cui sarà realizzata l'opera, che vede la presenza di una falda libera a pochi metri dalla superficie, ospitata in terreni alluvionali relativamente permeabili.

Ciò rende la falda particolarmente vulnerabile alla propagazione di inquinanti che si dovessero infiltrare dalla superficie, ad esempio per versamento accidentale di liquidi (carburanti, lubrificanti, ecc.) nell'area di cantiere. Sarà quindi necessario prevedere misure di prevenzione quali ad es. lo stoccaggio di oli e carburanti in aree precedentemente impermeabilizzate, la predisposizione di sistemi di raccolta e decantazione dei reflui superficiali e misure di bonifica di urgenza nel caso che si verifichi un inquinamento imprevisto.