

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**

**GEOLOGIA  
RACCORDO TECNICO DI NOVI LIGURE  
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	X	C V	R O	G E 0 0 0 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	GDP <i>[Signature]</i>	05/05/2015	Rocksoil <i>[Signature]</i>	07/05/2015	A. Palomba <i>[Signature]</i>	08/05/2015	

n. Elab.:	File: IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00
-----------	---------------------------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00
	Foglio 2 di 41

## INDICE

INDICE.....	2
1     PREMESSA.....	3
2     NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
3     ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO .....	3
4     INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	4
4.1   Evoluzione tettonostratigrafica del Bacino Terziario Piemontese (BTP).....	5
4.2   Il Bacino Terziario Piemontese.....	8
4.2.1   Gruppo della Gessoso-Solfifera .....	8
4.3   Depositi post-messiniani.....	10
4.3.1   Argille di Lugagnano (Argille Azzurre) (aL) .....	10
4.4   Unità pleistocenico-oloceniche.....	11
4.4.1   Bacino dello Scrivia .....	11
4.5   Geomorfologia .....	15
5     INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	17
6     INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	18
6.1   Idrogeologia delle formazioni affioranti lungo il tracciato .....	20
6.1.1   Complesso 4 (c, d, aF) .....	20
6.1.2   Complesso 3 (fl2, fl1).....	21
6.1.3   Complesso 6 (aL, mA1).....	22
6.1.4   Complesso 7 (cC).....	23
6.2   Sistemi di flusso.....	24
6.2.1   La trincea della linea ferroviaria attuale.....	25
6.3   Censimento dei punti d'acqua .....	28
6.4   Piezometria.....	30
6.5   Vulnerabilità degli acquiferi.....	31
6.6   Impatti sui punti d'acqua in regime transitorio .....	32
6.7   Impatti sui punti d'acqua in regime stabilizzato .....	34
7     CONDIZIONI GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE ATTESE.....	35
8     BIBLIOGRAFIA .....	38

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00</p> <p>Foglio 3 di 41</p>

## 1 PREMESSA

Il presente rapporto riguarda la realizzazione dell'opera identificata come Raccordo Tecnico di Novi Ligure. L'intervento si inserisce nel quadro delle opere di linea previste dal progetto del nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi".

La presente nota costituisce una revisione e un aggiornamento degli studi geologici eseguiti in precedenza, rispetto ai quali sono stati eseguiti ex novo alcuni rilievi geologici integrativi di superficie.

## 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".

L'opera è in deroga alla normativa successiva all'anno 2005. Per quanto riguarda gli aspetti inerenti la sismicità del settore interessato dal progetto, si rimanda alla relazione di inquadramento sismico dell'intera opera (doc. n. IG51-02-E-CV-RH-GE00-01-001-A00).

## 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);

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 4 di 41</span>

- l'interpretazione dei dati raccolti sul terreno alla luce dell'insieme delle informazioni disponibili;
- la redazione degli elaborati geologici.

Il gruppo di lavoro è così costituito:

- coordinamento generale:  
*Fiorenza Pennino, Luca Delle Piane;*
- supervisione e controllo elaborati:  
*Fiorenza Pennino, Luca Delle Piane, Paolo Perello;*
- coordinamento della produzione:  
*Alessia Musso, Dario Varrone;*
- rilevamento geologico-strutturale, idrogeologico sedimentologico-stratigrafico e geomorfologico, geologia tecnica:  
*Alessandra Giorza, Alessia Musso, Dario Varrone, Antonio Damiano, Luca Delle Piane, Paolo Perello;*
- geologia tecnica opere all'aperto Lotto 1 (zona di pianura lato Piemonte):  
*Alessandra Giorza, Alessia Musso, Dario Varrone, Emanuele Bissacca;*
- idrogeologia, modellazione idrogeologica numerica, idrogeochimica:  
*Paolo Perello, Alessandro Baietto, Alessandra Giorza, Dario Varrone;*
- bilancio idrologico:  
*Alessandro Baietto, Davide Damato;*
- elaborazioni GIS e CAD:  
*Alessia Musso, Alessandra Giorza, Dario Varrone, Carlo Rolfo;*
- disegno tecnico e redazione elaborati:  
*Andrea Vaccaro, Ivan Zatti, Fabio Caselli, Carlo Rolfo, Raffaella Macri, Andrea Sahrner.*

#### 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La zona interessata dall'opera in progetto ricade in parte nelle unità sommitali del Bacino Terziario Piemontese (BTP) e in parte all'interno dei sovrastanti depositi post-messiniani, sormontati a loro volta dai depositi alluvionali pleistocenico-olocenici del bacino di Alessandria, rappresentati in questo settore dai depositi del T. Scrivia.

In particolare, il tratto di linea oggetto del presente rapporto attraversa il termine basale della successione pliocenica, rappresentato dalle Argille di Lugagnano/Argille Azzurre (aL), poggianti sull'unità dei Conglomerati di Cassano Spinola del Gruppo della Gessoso-Solfifera (BTP). Le Argille Azzurre sono sormontate dai depositi alluvionali quaternari del bacino del T. Scrivia riferibili al Fluviale Medio (f2).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00</p> <p>Foglio 5 di 41</p>

La descrizione delle formazioni di seguito riportata è relativa agli 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.

#### 4.1 Evoluzione tettonostratigrafica del Bacino Terziario Piemontese (BTP)

I depositi del BTP ricoprono in discordanza unità di diversa composizione e pertinenza crostale (unità metamorfiche alpine e unità sedimentarie liguri), che sono state tra loro giustapposte dalla fase collisionale eocenica mesoalpina (Castellarin, 1994), corrispondente alla "fase ligure" (Elter & Pertusati, 1973). Tale configurazione è il risultato dell'evoluzione collisionale, a doppia vergenza, della catena alpina (Roure et al., 1996) che ha portato all'individuazione, sul suo lato interno, di un prisma orogenico complesso, riconoscibile anche nel sottosuolo fino ad una profondità di 6-7 km.

A partire dall'Eocene superiore e fino a tutto l'Oligocene inferiore, al di sopra della parte interna del prisma orogenico alpino si è sviluppato un bacino (Bacino Terziario epi-mesoalpino di Mutti et al., 1995) che può essere considerato come un bacino di retroforeland alpino in cui si sono deposte le successioni basali (Oligocene inferiore) del BTP e dei bacini epiliguri dell'Appennino settentrionale. Questo bacino si è sviluppato in seguito al retroscorrimento delle unità metamorfiche alpine su quelle liguri (fase mesoalpina o ligure Auct.). I retroscorrimenti mesoalpini sono ben documentati nel sottosuolo padano (Roure et al., 1990; Fantoni et al., 2002), mentre in superficie sono rappresentati dalla Zona Sestri-Voltaggio (Cortesogno et al., 1979; Cortesogno & Haccard, 1984; Hoogerduijn Strating, 1994).

Alla fine dell'Oligocene inferiore, il contesto geodinamico regionale viene modificato dall'apertura del Bacino Ligure-Provenzale. Di conseguenza, tra l'Oligocene superiore e il Miocene medio, la cinematica di questa parte della catena alpina viene influenzata dagli eventi tettonici coevi alla costruzione della catena appenninica e la parte occidentale del bacino di retroforeland alpino viene incorporato in una nuova catena, ora a vergenza appenninica, differenziandosi in diversi domini tettonostratigrafici, costituiti da successioni sedimentarie solo parzialmente confrontabili:

- l'Alto Monferrato e il bacino delle Langhe, sviluppati su un substrato costituito da unità metamorfiche alpine;
- il Monferrato e la zona Borbera-Grue, le cui successioni si sono deposte su unità liguri non metamorfiche (Piana & Polino, 1995; Biella et al., 1997);
- la Collina di Torino, poggiante su un substrato costituito da unità sudalpine (Mosca et al., 2009).

A partire dal Serravalliano, le successioni del BTP vengono coinvolte nella tettonica nord-vergente padana (Falletti et al., 1995). I vari domini tettonostratigrafici prima individuatisi vengono ad assumere la posizione di bacini satellite al di sopra del thrust belt sud-padano (Laubscher et al., 1992; Piana, 2000). Infine, nel Miocene superiore si individua il "thrust frontale padano" attraverso il quale il thrust belt sud-padano sovrascorre sull'avanfossa padana (ovvero appenninica) nel corso del Plio-Pleistocene.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <div style="float: right;">Foglio 6 di 41</div>

Nel complesso la successione sedimentaria del BTP, prevalentemente terrigena-silicoclastica, si sviluppa dall'Eocene superiore al Miocene superiore (Messiniano), raggiungendo spessori che superano talora i 4.000 m (Mutti et. al., 1995). Sulla base dei dati biostratigrafici e litostratigrafici, la successione sedimentaria del BTP è stata suddivisa in unità e gruppi di unità delimitati da superfici di discontinuità, cui corrispondono specifici eventi tettonici e variazioni assolute del livello marino.

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.

In Tabella 1 sono inoltre evidenziati i casi in cui l'implementazione delle conoscenze in fase esecutiva ha imposto una variazione/integrazione della nomenclatura, della gerarchia e/o della descrizione delle unità stratigrafiche interessate dall'opera.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 7 di 41</span>

CARTA GEOLOGICA DEL PIEMONTE alla scala 1:250.000 (in prep).	CATALOGO delle FORMAZIONI ITALIANE e CARIMATI (cfr. Carta geologica d'Italia, scala 1:100.000 e PROGETTO CARG, scala 1:50.000)		Tratta AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi" PROGETTO DEFINITIVO		Tratta AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi" PROGETTO ESECUTIVO	
Successioni terrigene messiniane, S6a	Gruppo della Gessoso-Solfifera	Formazione di Cassano Spinola, CSS	Conglomerati di Cassano Spinola, cC		Gruppo della Gessoso-Solfifera	Conglomerati di Cassano Spinola, cC
Evaporiti clastiche messiniane, S5a		Complesso Caotico della Valle Versa, CTV	Formazione Gessoso-Solfifera, gS			<u>Membro di Riomaggiore, qS</u>
Successioni marnose tortoniano-messiniane, S4a	Marne di S. Agata Fossili, SAF		Marne di S. Agata Fossili	marne e peliti, mA1	Marne di S. Agata Fossili	marne e peliti, mA1
Corpi arenaceo-conglomeratici tortoniano-messiniani, S4b				areniti fini, mA2		areniti fini, mA2
Successioni arenaceo-pelitiche ed arenacee serravalliano-tortoniane, S3b	Formazione di Serravalle, SEV		Arenarie di Serravalle, aS		Arenarie di Serravalle, aS	
Successioni arenaceo-pelitiche e marnose burdigaliano-langhiane, S3a	Marne di Cessole, CES		Marne di Cessole, mC		Marne di Cessole, mC	
	Formazione di Costa Areasa		Formazione di Costa Areasa, fC		Formazione di Costa Areasa, fC <u>Formazione di Costa Areasa, areniti medie e fini, fCa</u>	
Successioni prevalentemente carbonatiche burdigaliane, S2a	Formazione di Rigoroso, RIO		Membro di Costa Montada	marne e areniti, uMc	Formazione di Costa Montada	<u>alternanze di marne e areniti, uMc</u>
				arenarie medie, uMb		<u>areniti medio-grossolane, uMb</u>
Depositi silicei aquitaniano-burdigaliani, S1d				Marne, uMa		<u>marne e marne silicizzate, uMa</u>
Successioni marnose rupeliano-aquitane, S1b			Marne di Rigoroso	areniti e marne, fR	Formazione di Rigoroso	<u>marne con livelli arenacei, fR</u>
				marne grigie, mR		<u>marne siltose, mR</u>
Successioni arenacee e arenaceo-pelitiche rupeliane, S1a	Formazione di Molare, MOR – Conglomerati di Savignone, SAV		Formazione di Molare	Membro arenaceo, FMa	Formazione di Molare	<u>Litofacies arenacea, FMa</u>
				Membro conglomeratico cementato, FMc		<u>Litofacies siltoso-pelitica, FMc</u>
				Conglomerati poligenici, FMp		<u>Litofacies ruditica calcarea, FMc</u>
				Brecce della Costa di Cravara, FMbc		<u>Litofacies ruditica poligenica, FMp</u>
-	Brecce della Costa di Cravara, CRA		Brecce della Costa di Cravara		<u>Brecce della Costa di Cravara</u>	

**Tabella 1 - Tabella nomenclaturale riassuntiva delle unità stratigrafiche del Bacino Terziario Piemontese presenti in letteratura messi a confronto con i termini e le sigle di progetto nelle fasi Definitiva ed Esecutiva. In rosso sono evidenziati i termini oggetto di revisione (come terminologia, gerarchia e/o come descrizione).**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00
	Foglio 8 di 41

## 4.2 Il Bacino Terziario Piemontese

### 4.2.1 Gruppo della Gessoso-Solfifera

Il Gruppo della Gessoso-Solfifera comprende tutte le successioni sedimentarie connesse alla crisi di salinità di età Messiniana che secondo il modello CIESM (2008) si è sviluppata attraverso tre stadi evolutivi cui sono legati tre differenti tipi di depositi: 1) evaporiti primarie e peliti euxiniche tempo-equivalenti, 2) evaporiti risedimentate e 3) depositi terrigeni post-evaporitici.

L'unità è riportata tra le Unità tradizionali formalizzate nel fascicolo VII, Quaderno 7, del SGN-ISPRA (Roveri & Manzi, 2007), mentre il termine di Formazione Gessoso Solfifera è stato emendato.

A sud del settore interessato dalla WBS in oggetto affiorano i depositi riferibili alla fase (1), costituiti da peliti euxiniche con rari interstrati di gessoclastiti (Membro di Riomaggiore, gS), seguiti dai depositi della fase terrigeni post-evaporitici (3), rappresentati dai Conglomerati di Cassano Spinola (cS).

#### 4.2.1a Membro di Riomaggiore (gS)

Il Membro di Riomaggiore presenta una potenza massima di 80-100 m circa e risulta nel complesso costituito da argille, siltiti e subordinate arenarie con stratificazione centimetrica molto ben sviluppata e laminazione millimetrica (Figura 1), che conferisce a tali depositi un aspetto "varvato". La colorazione è molto variabile dal giallo bruno, al crema, al grigio e localmente violacea. Ciò che contraddistingue questi depositi è l'assenza di bioturbazione. Il contenuto fossilifero è soprattutto concentrato lungo le superfici di laminazione degli strati argillosi, ed è rappresentato da resti vegetali e squame o resti di pesci e larve di libellula e resti di esemplari adulti. Inoltre sono presenti lamine e gruppi di lamine, caratterizzate da un'abbondante concentrazione di frustoli di diatomee.

A questi sedimenti si intercalano, in misura subordinata, depositi evaporitici rappresentati da livelli millimetrici di gesso cristallino e solo localmente da banchi pluridecimetrici di gesso costituito da gesso laminato microcristallino e da gessoclastiti.

I depositi del Membro di Riomaggiore sono interpretati come depositi euxinici ed evaporitici di scarpata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 9 di 41</span>



**Figura 1: Livelli millimetrico-centimetrici sottilmente laminati costituiti da peliti, siltiti e gesso cumulitico microcristallino.**

#### 4.2.1b *Conglomerati di Cassano-Spinola (cC)*

Questa formazione presenta nel suo complesso una geometria piano-concava con uno spessore massimo di oltre 200 m nel settore di Cassano Spinola (AL) e di 60-80 m circa in prossimità di Serravalle Scrivia e Novi Ligure. La variabilità laterale di spessore della formazione è dovuta principalmente all'irregolarità geometrica del limite erosionale inferiore che a sua volta è fortemente condizionato dall'assetto strutturale dell'area.

La formazione è riferibile alla parte superiore dell'intervallo "post-evaporitico" del Messiniano ed è costituita per la maggior parte da alternanze arenaceo-pelitiche (Figura 2) e subordinatamente da corpi lenticolari di conglomerati. I livelli arenacei sono potenti da qualche decimetro a 2-3 m e talora risultano amalgamati. Internamente essi risultano omogenei oppure sono gradati e caratterizzati da associazioni di strutture trattive (laminazione piano-parallela, laminazione obliqua planare a medio-grande scala, lamine oblique concave a media e piccola scala, laminazione ondulata, laminazione convoluta). Le intercalazioni pelitiche (potenti da pochi centimetri a 1 m circa) corrispondono ad intervalli compositi, costituiti da un'alternanza ritmica fra strati centimetrico-decimetrici di argille omogenee e strati centimetrici di siltiti o strati millimetrico-centimetrici di areniti fini.

I corpi conglomeratici, nel settore interessato dall'opera possono raggiungere i 2-3 m di spessore e mostrano un'estensione laterale variabile intorno alla decina di metri. Si tratta di conglomerati clast-supported, con matrice sabbiosa, a ciottoli centimetrico-decimetrici, passanti lateralmente ad areniti medie e grossolane. Localmente è osservabile l'embriciatura dei ciottoli ed una stratificazione mal

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <table border="1" style="float: right;"> <tr> <td data-bbox="1420 235 1546 293">           Foglio 10 di 41         </td> </tr> </table>	Foglio 10 di 41
Foglio 10 di 41		

definita. Il contatto inferiore con i depositi pelitico-siltosi sottostanti risulta netto ed erosionale. Sulla base del modello proposto da Ghibaudo et al. (1985), questi depositi possono essere interpretati come depositi di delta-conoide distale.



**Figura 2: Evidenza del passaggio stratigrafico tra il Membro di Riomaggiore (gS) e i Conglomerati di Cassano Spinola (cC), qui rappresentati da facies fini siltoso-argillose.**

### 4.3 Depositi post-messiniani

#### 4.3.1 Argille di Lugagnano (Argille Azzurre) (aL)

Le Argille di Lugagnano rappresentano il termine basale della successione pliocenica. Il passaggio tra i Conglomerati di Cassano Spinola 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 scarsa 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <div style="float: right;">Foglio 11 di 41</div>

Sulla base della associazioni a foraminiferi planctonici le Argille di Lugagnano sono riferibili allo Zancleano (Pliocene inferiore).

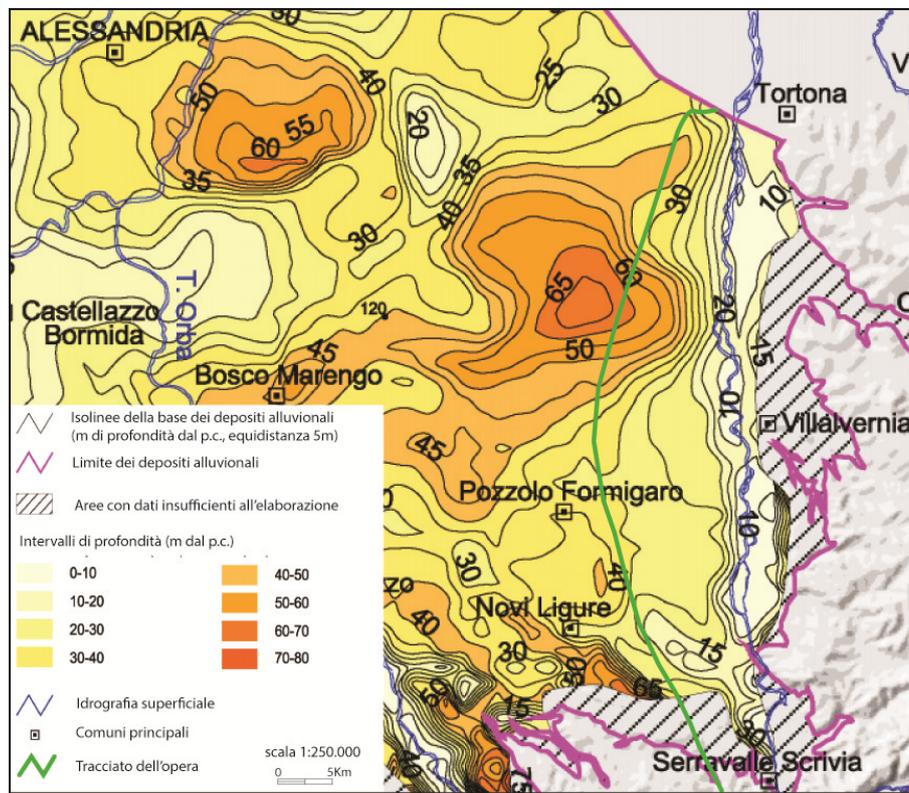
## 4.4 Unità pleistocenico-oloceniche

### 4.4.1 Bacino dello Scrivia

Nell'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, sia in corrispondenza dell'ampio conoide del T. Scrivia, che si sviluppa all'incirca dall'abitato di Serravalle Scrivia a quello di Tortona.

I depositi fluviali del bacino del Torrente 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.

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.**

#### 4.4.1a Depositi fluviali antichi (f11)

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-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 13 di 41</span>

#### 4.4.1b 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).

La superficie di appoggio basale, di natura erosiva, è modellata sul substrato costituito dalle successioni post-messiniane (Argille di Lugagnano, aL; Sabbie d'Asti e successione Villafranchiana auct., vL). 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 4.: Sondaggio XA301B111, dettaglio dell'unità fl2.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 14 di 41</span>

#### 4.4.1c Depositi fluviali recenti (fl3)

I depositi fluviali recenti comprendono sedimenti a granulometria grossolana costituiti in generale da ghiaie e sabbie con percentuali minori di argille e limi. Sulla base dell'osservazione delle stratigrafie dei sondaggi eseguiti nelle fasi Preliminare e Definitiva di progetto, degli affioramenti osservati in corrispondenza di alcuni orli di terrazzo e dalle analisi granulometriche (elaborato A301-00-D-CV-RG-GE00-0-1-002-A.00) i depositi fluviali recenti sono stati distinti in due unità geometricamente sovrapposte (fl3a e fl3b).

I depositi fluviali riferiti a questa unità sono ubicati in corrispondenza dell'ampio terrazzo, sospeso di 20-5 metri rispetto all'alveo del T. Scrivia e che si estende da Serravalle Scrivia a Tortona in sinistra idrografica del T. Scrivia.

L'unità stratigraficamente inferiore è costituita da ghiaie sabbiose limoso/argillose (fl3a). 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 (Figura 5). 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 costituito dalle successioni post-messiniane (Argille di Lugagnano, aL; Sabbie di Asti e successione Villafranchiana auct., vL e localmente sull'Unità Antola). I depositi fluviali recenti (fl3a) non si trovano mai in affioramento e sono sempre ricoperti dall'unità indicata come fl3b dei depositi fluviali recenti.

L'unità stratigraficamente superiore è costituita da ghiaie sabbiose (fl3b) 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 6). 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. Nel complesso si presentano da poco alterati a non alterati.

La superficie di appoggio basale, probabilmente di natura erosiva, è modellata nei depositi fluviali recenti (fl3a). I depositi fluviali recenti (fl3) 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 coltivo.



Figura 5: Sondaggio XA301C087, dettaglio dell'unità f13a.



Figura 6: Sondaggio XA301C087, dettaglio dell'unità f13b.

Lo spessore complessivo dei depositi fluviali recenti varia da 1-2 metri a oltre 40 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.

#### 4.5 Geomorfologia

L'area di indagine si colloca sulla piana alluvionale terrazzata situata in sponda sinistra idrografica del Torrente Scriva, tra gli abitati di Serravalle Scrivia e Novi Ligure; si tratta di un settore posto in corrispondenza dello sbocco della Valle Scriva sull'apice del vasto conoide alluvionale che forma la pianura tra Serravalle, Novi, Frugarolo, Castelnuovo Scrivia e Tortona, delimitata, a E e a N, dal corso dei fiumi Orba, Bormida, Tanaro e Po e a E dal corso del T. Grue.

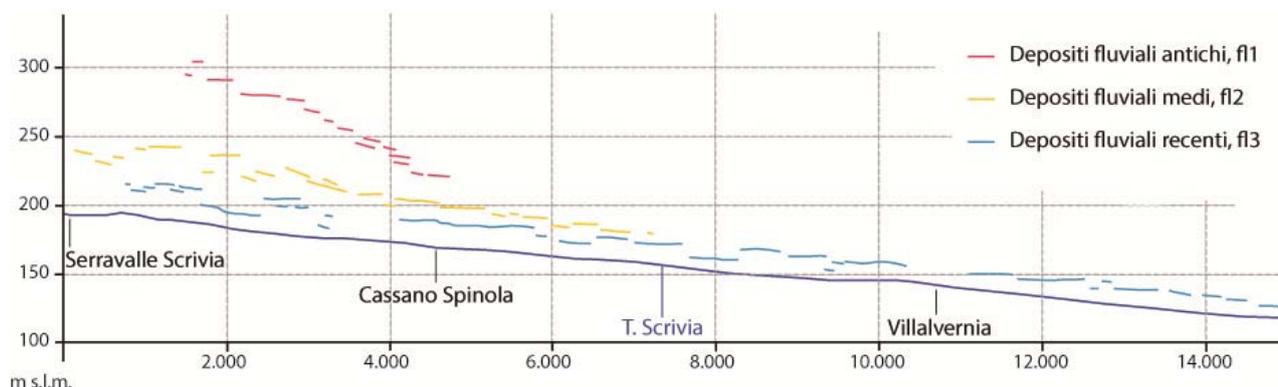
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 16 di 41</span>

Dal profilo morfostratigrafico realizzato per il tratto del T. Scrivia che va da Serravalle a Villalvernia si può osservare che nella fascia altimetrica compresa tra 305 e 130 m s.l.m. esistono diversi 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 modellamento delle superfici e deposizione dei sedimenti.

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 (fl1).

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 (fl2).

Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica inferiore, compresa tra 225 e 125 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 (fl3).



**Figura 7: 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 terrazzo su cui si sviluppano le opere in progetto è impostato nei depositi alluvionali del Fluviale Medio (fl2) e si estende con andamento SE-NW tra 230 m e 218 m di quota, con una larghezza, nel tratto interessato dalle opere, compresa tra 1000 e 1200 m; il gradiente morfologico medio è di circa 4.5‰ in senso longitudinale (SE-NW), con drenaggio superficiale diretto dalla base del versante collinare sinistro della Valle Scrivia verso NE.

Il terrazzo fl2 è delimitato a NE da una scarpata fluviale, che immette a un terrazzo subpianeggiante sottostante, impostato nei depositi del Fluviale Recente (fl3). Il terrazzo fl3, costituito da depositi alluvionali sottili, è a sua volta inciso dalla scarpata di erosione che delimita l'alveo attuale del T. Scrivia, che si trova a una distanza minima di 1800 m dall'asse delle opere in progetto.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 17 di 41</span>

La scarpata che delimita il terrazzo fl2 ha in pianta una geometria irregolare, essendo incisa da alcuni corsi d'acqua minori, che si impostano lungo direttrici ad andamento medio N-S, obliquo rispetto all'asse vallivo principale e con drenaggio verso N, determinando incisioni più o meno profonde che interrompono la continuità laterale del terrazzo.

A livello locale quindi, la morfologia è controllata:

- dalla presenza al piede del versante collinare di piccoli conoidi alluvionali, di pertinenza del reticolato idrografico secondario, che sfociano sul terrazzo principale, nonché di sottili accumuli di detrito di versante che raccordano il pendio alla piana alluvionale;
- dalla presenza di alcune linee di drenaggio trasversali rispetto all'asse vallivo;
- da interventi di riassetto territoriale connessi con interventi di urbanizzazione, in particolare tra la linea ferroviaria attuale e il versante collinare, dove sono presenti diversi insediamenti industriali.

È da segnalare la presenza in prossimità del ciglio del terrazzo in esame di diversi specchi d'acqua che colmano alcune depressioni morfologiche e che danno un'indicazione di quanto possa essere localmente superficiale la falda ospitata nei depositi alluvionali.

Il terrazzo impostato nei depositi fl2 è tagliato diagonalmente dalla trincea della linea ferroviaria attuale, che corre in direzione SE-NW tra le località di C.na Colombina (a ridosso dell'outlet di Serravalle) e C.na Moffa.

## 5 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche disponibili e significative per il settore interessato dall'opera sono elencate di seguito.

- Indagini Progetto Preliminare: XA301G022, XA301G023, XA301G024, AA301B042, EA301B043 e EA301R044.
- Indagini Progetto Definitivo: S148.
- Indagini Progetto Esecutivo: L2-S01, L2-S02, L2-S03, L2-S53, L3-S01, L3-S02, L3-S03, L3-S06, L3-S07, L3-S13, L3-S14, L3-S55.
- Altre indagini disponibili: S-OV42-1, S-OV42-2, S-OV42-3, S-OV42-4.

Nel complesso, tutte le sezioni indicano la presenza di: i) un intervallo superficiale di 8-15 metri circa di depositi alluvionali sabbioso siltosi con un livello ghiaioso basale discontinuo (0-3 m circa); ii) un substrato argilloso, localmente siltoso, rappresentato dalle formazioni dei Conglomerati di Cassano Spinola e delle Argille di Lugagnano.

La descrizione dettagliata dei singoli sondaggi è riportata nei rispettivi elaborati.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <table border="1" style="float: right;"> <tr> <td>Foglio 18 di 41</td> </tr> </table>	Foglio 18 di 41
Foglio 18 di 41		

## 6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, l'opera in esame si situa al passaggio tra le formazioni sedimentarie del Bacino Terziario Piemontese (BTP) e i depositi alluvionali quaternari del fondovalle Scrivia.

L'area di studio è stata suddivisa, sia su base litologica sia in base ai risultati delle prove di permeabilità eseguite in sondaggio, in complessi idrogeologici a permeabilità differenziata, distinguendo lungo l'asse della galleria settori con comportamento 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.

In linea generale, il Raccordo Tecnico di Novi Ligure attraversa due grandi tipologie di complessi, ovvero i) complessi permeabili per porosità, riferiti all'insieme delle alluvioni quaternarie e ii) complessi permeabili per fratturazione  $\pm$  porosità, riferibili ai sedimenti del BTP.

Per questi ultimi, a prescindere dalla grandezza delle permeabilità misurate in sito, va precisato che nell'elaborare i dati idrogeologici si è reso necessario adottare alcune semplificazioni concettuali, assimilando comunque la permeabilità discontinua dei mezzi fratturati a quella di corrispondenti mezzi porosi.

La permeabilità delle unità sedimentarie del BTP, nell'area di interesse, è molto spesso anisotropa, cioè il flusso idrogeologico avviene preferenzialmente lungo discontinuità più o meno diffuse al loro interno, come la stratificazione oppure sistemi di fratture, che possono essere più o meno pervasivi ed estesi.

A rigore, in contesti di questo tipo, dovrebbero essere definite le permeabilità lungo i singoli sistemi di discontinuità, il che non è tuttavia realistico per i seguenti motivi:

- alla scala delle opere (e ancor di più a scala maggiore), la permeabilità delle singole fratture o dei singoli sistemi di frattura non è particolarmente significativa, poiché la circolazione sotterranea avviene sempre lungo percorsi misti, che sfruttano più sistemi variamente interconnessi;
- per definire il grado di permeabilità dei singoli elementi del sistema idrogeologico sarebbero necessari studi di estremo dettaglio sullo stato di fratturazione, non realizzabili nell'ambito della progettazione di opere lineari di diversi km di lunghezza;
- le prove idrauliche in foro, strumento principale attraverso cui viene definito il grado di permeabilità, restituiscono valori medi di permeabilità, calcolati per una camera di prova e quindi per un volume roccioso che comprende generalmente più fratture.

Riconducendo la permeabilità discontinua del mezzo fratturato/stratificato a quella di un mezzo poroso si fa quindi riferimento al concetto di "permeabilità equivalente", ovvero a un tensore di permeabilità, del quale, ai fini della classificazione idrogeologica, è stato considerato il valore maggiore. Tenendo presente quanto sopra, nel seguito, ai fini descrittivi, si farà riferimento alle classi di permeabilità indicate nella tabella seguente.

Va precisato che, ove si faccia riferimento a valori fisici numericamente definiti, è più corretto impiegare il termine “conducibilità idraulica” (K, espressa in m/s), in luogo del termine “permeabilità”, poiché 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 m<sup>2</sup>) sarebbe in realtà una proprietà intrinseca dell’acquifero indipendente dal fluido che lo attraversa. Si continuerà invece ad utilizzare il termine “permeabilità” o “grado di permeabilità” per indicare genericamente e a livello concettuale le proprietà idrogeologiche dei diversi ammassi, senza specifici riferimenti a valori fisici numericamente definiti.

Classe	Conducibilità idraulica	Descrizione
	in m/s	
K1	$> 10^{-4}$	molto alta
K2	$10^{-5}$ a $10^{-4}$	alta
K3	$10^{-6}$ a $10^{-5}$	medio-alta
K4	$10^{-7}$ a $10^{-6}$	media
K5	$10^{-8}$ a $10^{-7}$	bassa
K6	$< 10^{-8}$	molto bassa

**Tabella 2 – 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).**

Con riferimento alla permeabilità nelle unità del basamento (inteso come insieme delle formazioni prequaternarie), indipendentemente dagli aspetti litologici, si possono distinguere due diversi contesti, ovvero i) mezzo roccioso (o litoide) in normale stato di fratturazione e ii) zone di faglia.

Il contesto del primo tipo è largamente dominante: la permeabilità è indotta dalla presenza di un reticolo di discontinuità (fratture e/o stratificazione) poco persistenti lateralmente (metri/decine di metri), includendo in queste discontinuità anche le faglie discrete con zona di deformazione cataclastica di spessore modesto (dell’ordine del metro) e persistenza modesta (m/dam). Ciò significa che a scala decimetrica o metrica talora si possono avere permeabilità anche piuttosto elevate, determinate dalla presenza di singole fratture aperte o faglie discrete, ma a scala decametrico-ettometrica la permeabilità media è per lo più bassa, l’interconnessione reciproca tra le discontinuità non è elevata.

Il contesto del secondo tipo è volumetricamente subordinato ed è correlato alla presenza di zone di faglia con fascia di deformazione cataclastica di spessore da diversi metri a diverse decine di metri. In questa fascia, oltre alla densità di fratturazione molto elevata, possono essere presenti anche livelli di brecce tettoniche, che costituiscono un materiale pseudo-poroso a permeabilità elevata. In questo contesto la permeabilità generale è piuttosto alta, poiché il grado di interconnessione tra le discontinuità è elevato e le fratture presentano sovente riempimenti granulari poco coesivi (brecce e microbrecce). Nelle zone di faglia le rocce cataclastiche più permeabili costituiscono tipicamente due fasce (salbande) dette “zone di danneggiamento” (*damage zones*) poste ai due lati di una fascia centrale dove si concentra il massimo della deformazione, detta “zona di nucleo” (*core zone*). In questa fascia può essere presente un’elevata quantità di prodotti di frizione a grana fine o finissima, poco permeabile (*gouge di faglia*). Nelle faglie maggiori, la zona di nucleo può pertanto costituire un setto poco permeabile più o meno potente, interno alla fascia più permeabile.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 20 di 41</span>

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

Va specificato anche che i valori di conducibilità idraulica forniti si riferiscono a una scala sub-ettometrica, significativa per la dimensione delle opere in progetto. A scala metrica o plurimetrica, potrebbero essere incontrati localmente valori anche più elevati di quelli dedotti in base ai dati disponibili, poiché a tale scala la permeabilità potrebbe essere governata dalle caratteristiche idrauliche di singole fratture. Questi elementi "anomali" tuttavia sono in genere poco interconnessi e risultano ininfluenti per le considerazioni idrogeologiche svolte alla scala del progetto.

Durante le campagne di perforazione dei sondaggi geognostici eseguite per il PD e per il PE (campagne geognostiche 1992-1993, 1996, 2001-2002, 2004 e 2012-2014), sono state realizzate numerose prove in foro di tipo Lefranc e Lugeon. I valori di conducibilità, espressi in Unità Lugeon e in m/s, sono stati dedotti dall'interpretazione delle suddette prove idrauliche. I terreni testati presentano, nella maggior parte dei casi, un grado di permeabilità primario basso o molto basso, con la sola esclusione dei depositi alluvionali.

Il deflusso idrico sotterraneo è quindi determinato, nel basamento prequaternario, essenzialmente dalla permeabilità per fratturazione, condizionata dal basso grado di interconnessione dei sistemi di fratture e nei depositi quaternari dalla porosità, condizionata dalla composizione granulometrica dei materiali.

## 6.1 Idrogeologia delle formazioni affioranti lungo il tracciato

Per quanto riguarda l'idrogeologia delle formazioni affioranti lungo il tracciato, nell'ambito degli studi inerenti il PE della linea AV/AC Milano-Genova, sono stati identificati venti diversi complessi idrogeologici.

Per una trattazione generale relativa all'assetto idrogeologico dell'area d'interesse si rimanda alla relativa Relazione Idrogeologica Generale (GE00-IG51-00-E-CV-RO-GE00-02-001-A00 e successive revisioni).

### 6.1.1 Complesso 4 (c, d, aF)

I depositi quaternari del Complesso Idrogeologico 4 sono essenzialmente rappresentati dal sottile strato di coltre detritica ( $\pm$  rimaneggiata e frammista a riporti di origine antropica) che ricopre in maniera ubiquitaria l'area di interesse per l'opera, con uno spessore mediamente variabile tra 1 e 2 m; pur non costituendo un acquifero significativo, dato l'esiguo spessore, questo complesso è comunque importante poiché costituisce un mezzo permeabile in grado assorbire e veicolare per

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00</p>	<p>Foglio 21 di 41</p>

infiltrazione, verso gli orizzonti inferiori, gran parte delle precipitazioni. Esso può quindi costituire un serbatoio in grado di garantire un'alimentazione rilevante a strutture idrogeologiche del substrato, che potrebbero essere intercettate dalle opere.

Nell'area di interesse, la coltre, nelle porzioni più pellicolari, è costituita da elementi litoidi di taglia da sub-centimetrica a decimetrica, immersi in matrice limoso-sabbiosa e con caratteristiche variabili in funzione del litotipo di provenienza.

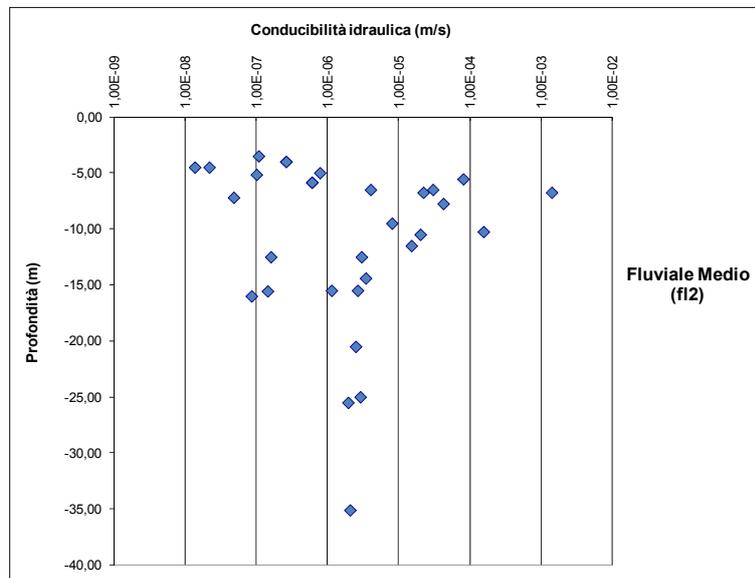
Questo tipo di depositi presenta una conducibilità idraulica per porosità primaria; in profondità, nei settori dove la coltre si sviluppa direttamente a carico del substrato pre-quadernario e dove si ha un passaggio graduale al substrato in posto, alterato e fratturato, si passa ad un contesto misto di permeabilità per fratturazione e porosità, a seconda del grado di alterazione del substrato stesso.

Non sono disponibili prove di tipo idraulico per i depositi quadernari (c) ma sembra comunque ragionevole presupporre una conducibilità stimata compresa tra  $1 \times 10^{-6}$  e  $1 \times 10^{-8}$  m/s.

### 6.1.2 *Complesso 3 (fl2, fl1)*

Questo complesso idrogeologico interessa direttamente l'opera in progetto lungo entrambi i tracciati, almeno a partire dal punto in cui i depositi fluviali iniziano a comparire in calotta, quindi dalle pk 0+900 (BD) e 0+950 (BP); è comunque possibile che i depositi "fl2" compaiano in calotta anche prima, a causa dell'esigua copertura in roccia e di possibili irregolarità della superficie di appoggio basale.

Questo complesso è caratterizzato da un grado di cementazione variabile e la cui permeabilità è principalmente legata alla porosità primaria del deposito.



**Figura 8 - Grafico delle conducibilità idrauliche per i depositi alluvionali medi (f12) da prove sui sondaggi del PP, PD e PE.**

I test idraulici eseguiti (Figura 8), mettono in evidenza valori di conducibilità idraulica piuttosto dispersi, compresi in media tra  $1 \times 10^{-5}$  e  $1 \times 10^{-7}$  m/s; localmente si potrebbero riscontrare conducibilità maggiori (fino a  $1 \times 10^{-3}$  m/s) o minori (fino a  $1 \times 10^{-8}$  m/s) a seconda della presenza di strati differenziabili in relazione a diverse percentuali di ghiaia, sabbia, limo e argilla.

La stratigrafia di questi sedimenti, nota sulla base dei sondaggi eseguiti, evidenzia una successione di orizzonti a composizione limoso-argillosa che possono causare locali effetti di compartimentazione in senso verticale dell'acquifero.

### 6.1.3 Complesso 6 (aL, mA1)

Dalle osservazioni di terreno emerge che il complesso idrogeologico 6 è costituito prevalentemente da argille e argille siltose (aL) e marne con intercalazioni pelitiche (mA1), in cui la permeabilità è prevalentemente legata allo stato di fratturazione dell'ammasso, mentre la permeabilità per porosità è da considerarsi trascurabile, fatta eccezione per la possibile sporadica presenza di corpi lenticolari di arenarie e microconglomerati, con scarsa continuità laterale.

I test idraulici eseguiti direttamente su questo complesso idrogeologico mostrano conducibilità idrauliche prevalenti, fuori dalle zone di faglia, tra  $1 \times 10^{-8}$  a  $1 \times 10^{-10}$  m/s (Per questo complesso idrogeologico i dati da test idraulici eseguiti in foro disponibili sono pochi (Figura 10). Essi mettono in evidenza una conducibilità idraulica dell'ordine di  $1 \times 10^{-8}$  -  $1 \times 10^{-9}$  m/s; cautelativamente si è comunque ipotizzato che si possano raggiungere valori fino a  $1 \times 10^{-6}$  m/s, vista la possibile presenza di livelli poco cementati.

Per le zone di faglia la conducibilità idraulica è stata stimata nell'intervallo  $1 \times 10^{-6}/1 \times 10^{-9}$  m/s. Si può ipotizzare che lungo le faglie del complesso le permeabilità maggiori siano relative alle zone di

danneggiamento, mentre le zone di nucleo possono presentare un effetto compartimentante per la presenza più o meno continua di prodotti di frizione tettonica con granulometria fine.

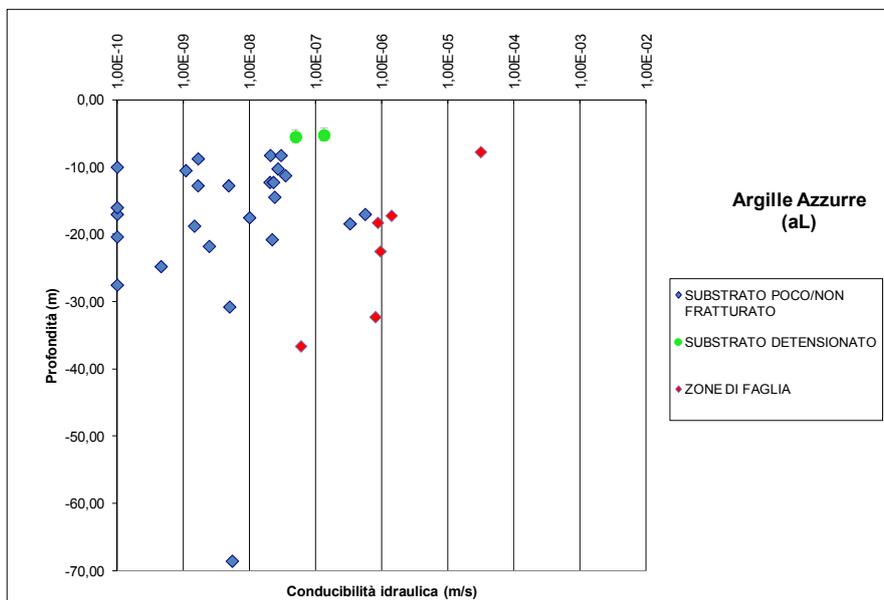


Figura 9 - Grafico delle conducibilità idrauliche per le Argille Azzurre da prove sui sondaggi del PP, PD e PE. (N.B.: i dati relativi alle “zone di faglia” sono attendibili solo per i valori di permeabilità inferiori).

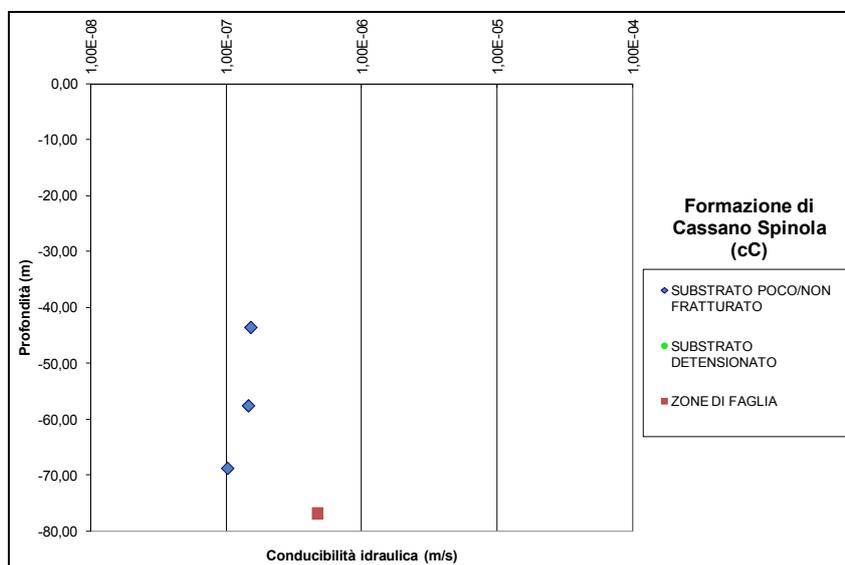
#### 6.1.4 Complesso 7 (cC)

Questo complesso idrogeologico è formato unicamente dalla Formazione di Cassano Spinola, che interessa le opere in progetto per una breve tratta nella parte iniziale, comprendendo almeno in platea tra le pk 0+000 e 0+360 ca. (BD) e tra le pk 0+000 e 0+180 ca. (BP).

Dai dati di terreno emerge che questa formazione presenta occasionalmente orizzonti poco compattati e con un basso grado di cementazione. In corrispondenza degli orizzonti poco cementati essa presenta sostanzialmente una permeabilità per porosità, mentre in corrispondenza di zone in cui il grado di cementazione tende ad aumentare può essere presente una componente di permeabilità per fratturazione.

Per questo complesso idrogeologico i dati da test idraulici eseguiti in foro disponibili sono pochi (Figura 10). Essi mettono in evidenza una conducibilità idraulica dell'ordine di  $1 \times 10^{-8}$  -  $1 \times 10^{-9}$  m/s; cautelativamente si è comunque ipotizzato che si possano raggiungere valori fino a  $1 \times 10^{-6}$  m/s, vista la possibile presenza di livelli poco cementati.

Per le zone di faglia la conducibilità idraulica è stata stimata nell'intervallo  $1 \times 10^{-6}$ / $1 \times 10^{-9}$  m/s. Si può ipotizzare che lungo le faglie del complesso le permeabilità maggiori siano relative alle zone di danneggiamento, mentre le zone di nucleo possono presentare un effetto compartimentante per la presenza più o meno continua di prodotti di frizione tettonica con granulometria fine.



**Figura 10 - Grafico delle conducibilità idrauliche per la formazione di Cassano Spinola da prove sui sondaggi del PP, PD e PE.**

## 6.2 Sistemi di flusso

I sistemi di flusso che si suppone esistano nella zona indagata - dove per “*sistema di flusso*” si intende l’insieme dei flussi che avvengono all’interno di un medesimo acquifero e che convergono verso una medesima area di recapito - non sembrano connessi ad evidenti manifestazioni idriche superficiali; difatti, nell’area interessata dallo sviluppo delle opere in progetto non risultano essere presenti sorgenti significative. I sistemi di flusso possono effettivamente scaricare le proprie acque nei corsi d’acqua senza che compaiano in superficie delle sorgenti.

A livello qualitativo, è possibile distinguere tre diversi tipi di sistemi di flusso:

1. superficiali;
2. profondi;
3. misti.

I sistemi superficiali sono caratterizzati da circolazioni che avvengono nei depositi quaternari, oppure nei primi metri di substrato roccioso detensionato e alterato (indicativamente si tratta sempre di sistemi che non penetrano nel substrato per profondità maggiori di 20-50 m).

I sistemi profondi sono sistemi che i) circolano prevalentemente nel substrato, ii) si sviluppano a profondità superiori indicativamente a 50 m e iii) presentano percorsi sotterranei di ordine chilometrico o plurichilometrico. Naturalmente nell’ambito di questa categoria possono esistere più tipologie di sistemi e si può passare da sistemi con tempi di circolazione da rapidi (dell’ordine dei mesi) a lenti (dell’ordine degli anni), con profondità che possono variare tra 100-200 m e 1 km o più.

I sistemi misti si originano da un equilibrio idrodinamico tra circolazioni superficiali e circolazioni più profonde. Alcune sorgenti poste in prossimità dei fondovalle, o comunque di punti di minimo

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 25 di 41</span>

potenziale idraulico, ricevono alimentazione sia da componenti di flusso profonde, sia da componenti di flusso superficiali.

I sistemi di flusso attivi nell'area in esame sono essenzialmente di tipo superficiale, con possibili circuiti molto localizzati, di tipo profondo, situati in corrispondenza di alcune discontinuità strutturali subparallele all'asse vallivo.

In Figura 11 è riportata una sezione geologica schematica (non in scala) circa perpendicolare al tracciato del Raccordo Tecnico, che mette in evidenza l'andamento dei depositi alluvionali (f12), rappresentati l'acquifero superficiale, con spessori che localmente possono essere crescenti da est a ovest, in relazione alla presenza di possibili paleoalvei subparalleli all'asse vallivo principale.

Il modello idrogeologico di riferimento generale prevede un substrato prequaternario costituito dalle formazioni aL e cC, caratterizzato da bassissima permeabilità, al di fuori delle zone di faglia maggiori, sormontato da un acquifero di spessore metrico-decamentrico, rappresentato principalmente dal complesso dei depositi alluvionali medi, a permeabilità medio-alta, saturi nella porzione basale e caratterizzati da oscillazioni stagionali del livello di falda.

All'interno dell'acquifero quaternario sono state ipotizzate direzioni di flusso principali con direzione da SE a NW, che costituiscono il drenaggio maggiore dell'acquifero, coerente con il drenaggio dell'acquifero alla scala del conoide del T. Scriveria.

Componenti di flusso minori possono determinare modificazioni del drenaggio principale, che si esercitano o a livello superficiale, o a scala locale; queste componenti secondarie sono legate:

- alla possibile presenza di forme di erosione sepolte, come ad es. paleoalvei che possono indurre un drenaggio locale, nelle alluvioni terrazzate f12, diretto da E (o NE) verso W (o SW), quindi dal bordo del terrazzo verso i versanti;
- alla presenza della trincea ferroviaria della linea attuale, tra l'outlet di Serravalle e la località C.na Moffa.

### 6.2.1 La trincea della linea ferroviaria attuale

Il terrazzo fluviale f12 è tagliato dalla linea ferroviaria attuale, che corre in direzione SE-NW e che tra l'orlo SE del terrazzo stesso (località C.na Colombina, a ridosso dell'outlet di Serravalle) e la località C.na Moffa, 1900 m ca. più a NW, si sviluppa in trincea. La trincea termina almeno 500 m prima dello stabilimento della NOVI Dolciaria.

La profondità massima dalla trincea rispetto al piano campagna circostante è di 11 m ca. nei pressi dell'outlet di Serravalle; la profondità si riduce progressivamente arrivando a 5 m ca. 700 m più a NW e a 1 m ca., 1300 m più a NW.

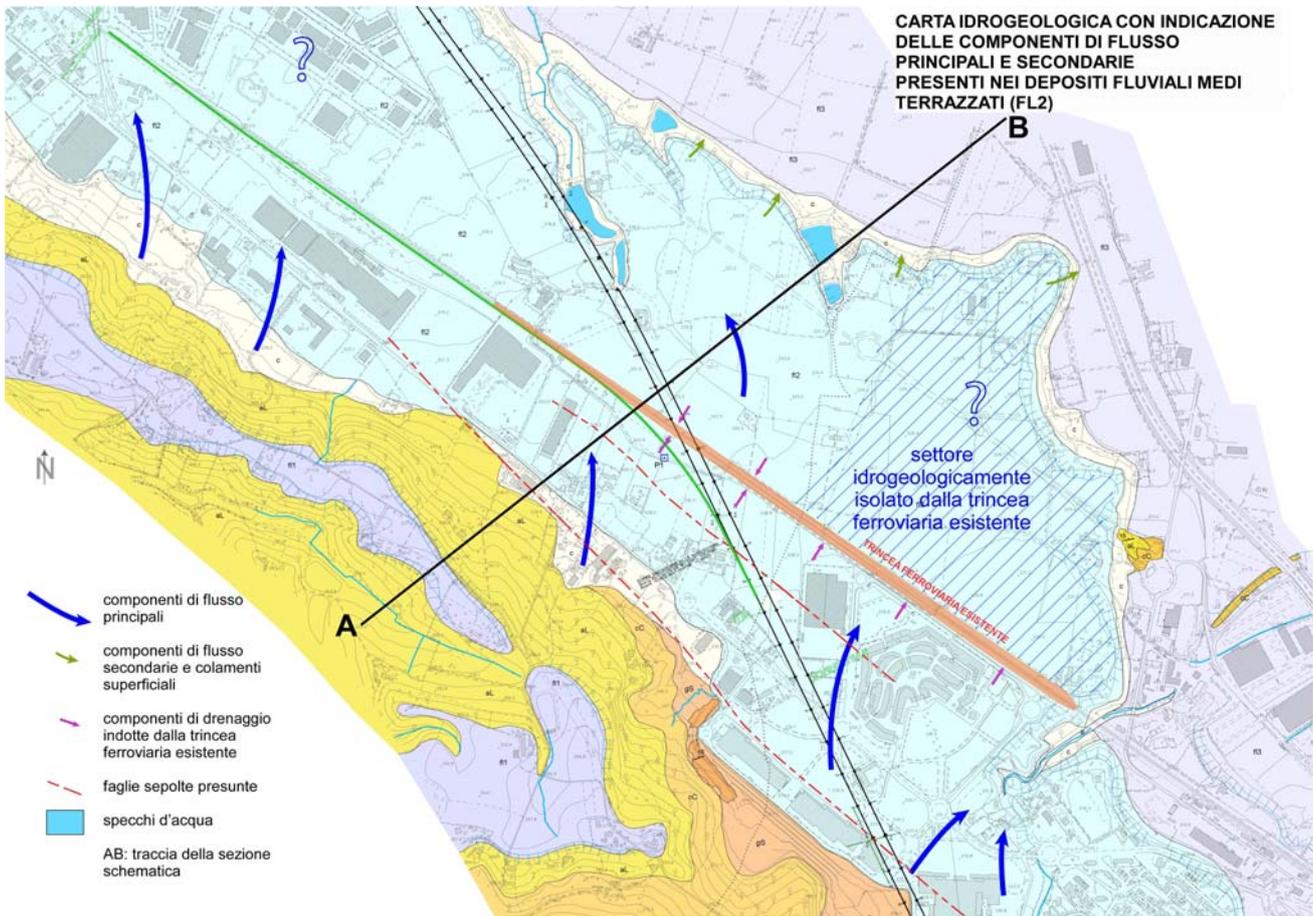
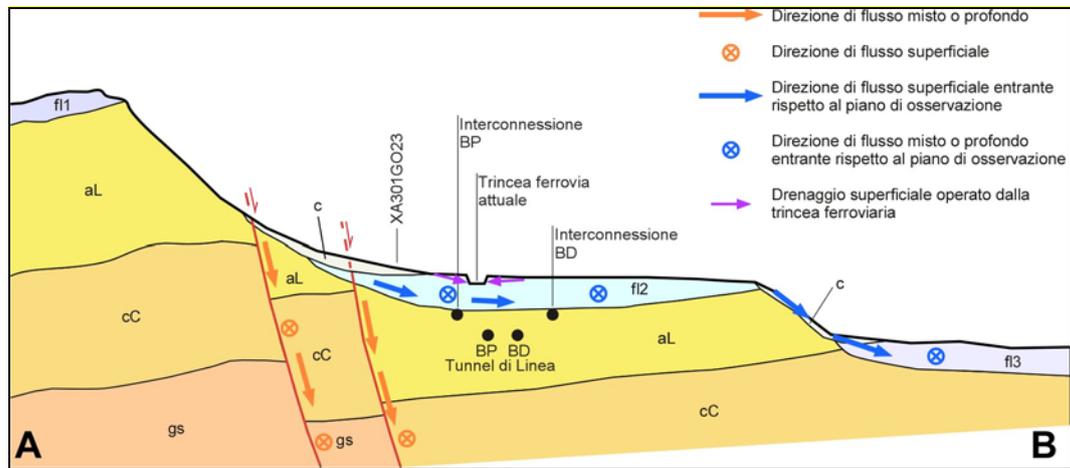
Il sistema di canalette drenanti della trincea intercetta l'acquifero f12 con un grado di interferenza che varia in funzione della profondità della trincea stessa: è probabile che nel settore antistante all'area dell'outlet, dove la trincea ha la maggiore profondità (11 m ca. rispetto al piano campagna), essa

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00
	Foglio 26 di 41

tagli trasversalmente l'acquifero fino alla sua base, isolando il lobo più orientale del terrazzo che potrebbe essere completamente drenato (in effetti non è presente nessun pozzo per acqua in questo settore).

Per contro, procedendo verso NW, la graduale diminuzione della profondità della trincea fa sì che il drenaggio da questa operato interessi porzioni di acquifero via via più superficiali. Nella parte più nord-occidentale della trincea l'interferenza con l'acquifero è nulla poiché questa è molto superficiale.

In Figura 11 sono riportate, al bordo del terrazzo alluvionale, due faglie con direzione circa NW-SE, lungo cui si potrebbero sviluppare, nel substrato, dei sistemi di flusso presumibilmente profondi, con direzione di circolazione da SE a NW (Figura 11). La permeabilità lungo queste zone di faglia è comunque bassa per cui l'entità di questi ipotetici sistemi di flusso è da ritenersi di scarso rilievo ai fini progettuali.



**Figura 11 – Schema idrogeologico con indicazione dei sistemi di flusso ipotizzati. A: sezione geologica e idrogeologica schematica (N.B.: non in scala) perpendicolare al tracciato della linea principale e al Raccordo Tecnico di Novi Ligure, in cui è possibile notare la posizione dei depositi alluvionali medi (fl2) e recenti (fl3), i sistemi di flusso misti o profondi (in arancione) e i sistemi di flusso superficiali (in azzurro). gS: Gruppo della Gessoso-Solfifera; cC: conglomerati di Cassano Spinola; aL: formazione delle Argille Azzurre; fl2: depositi alluvionali riferibili al Fluviale Medio; fl3: depositi alluvionali riferibili al Fluviale Recente (fl3); a: depositi alluvionali attuali; c: coltre detritico-colluviale. B: carta geologico-idrogeologica semplificata.**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00		Foglio 28 di 41

### 6.3 Censimento dei punti d'acqua

Come precedentemente accennato, nell'area interessata dallo sviluppo delle opere e per un intorno significativo rispetto alle medesime non sono presenti sorgenti superficiali.

Per contro, in una fascia di circa 2000 m di distanza dalle opere in progetto, sono stati individuati 113 pozzi, ad uso principalmente irriguo, domestico e subordinatamente industriale. I dati a disposizione, elencati nella tabella sottostante, comprendono informazioni sul livello statico di falda, la profondità dei pozzi e il relativo utilizzo.

Cod. Pozzo	X	Y	Comune	Profondità	Livello statico	Fonte	uso	quota	Monitorato
PNL218	1485289,25	4956181,82	Novi Ligure	8	6,2	Dott. Bollettinari	Irr.	202	
PNL213	1485605,56	4955820,05	Novi Ligure	-	5,0	"	No	205	
PNL212	1485310,58	4955687,03	Novi Ligure	11	7,1	"	No	206	
PNL214	1486656,73	4955301,42	Novi Ligure	-	7,1	"	No	197	
PNL211	1486193,60	4955006,68	Novi Ligure	7	5,5	"	No/Irr.	210	
PNL217	1486907,77	4954833,57	Novi Ligure	-	4,3	"	No	213	
PNL112	1486207,60	4954697,86	Novi Ligure	8	1,0	"	Dom./Irr.	217	si
PSS25	1487120,17	4952814,97	Serravalle S.	10	1,6	"	Nessuno	240	si
PSS24	1486858,76	4952968,43	Serravalle S.	15	9,7	"	Nessuno	268	
PSS0338795	1487273,89	4953127,31	Serravalle S.	0	0,0	"		234	
PNL1	1485543,96	4954882,24	Novi Ligure	0	0,0	"		214	
PNL14	1485290,16	4955269,30	Novi Ligure	0	0,0	"		209	si
PNL16/b	1485477,87	4955459,44	Novi Ligure	0	0,0	"		210	si
PNL83	1485169,63	4955468,91	Novi Ligure	8	-	"	Irr./Ind.	208	
PNL86	1485141,32	4955514,82	Novi Ligure	8	-	"	No	207	
PNL88	1485003,20	4955570,06	Novi Ligure	9	6,5	"	Irr.	207	
PNL82	1484990,38	4955647,65	Novi Ligure	8	-	"	Irr.	206	
PNL80	1484864,96	4955686,66	Novi Ligure	7	-	"	No	205	
PNL87	1484576,30	4955718,48	Novi Ligure	-	-	"	-	205	
PNL77	1485139,29	4955965,26	Novi Ligure	9	-	"	Dom./Irr.	205	
PNL78	1485106,06	4955987,23	Novi Ligure	9	-	"	Dom./Irr.	205	
PNL75	1485120,41	4956053,09	Novi Ligure	9	-	"	Dom.	205	
PNL76	1485188,25	4956060,79	Novi Ligure	9	-	"	Dom./Irr.	205	si
PNL109	1485144,72	4956288,13	Novi Ligure	8	5,5	"	Irr.	201	si
PNL73	1485091,29	4956420,10	Novi Ligure	8	6,5	"	Dom./Irr.	200	si
PNL74	1485113,85	4956400,88	Novi Ligure	8	6,5	"	Dom./Irr.	200	
PNL69	1484884,67	4956449,84	Novi Ligure	16	-	"	Dom./Irr.	202	
PNL146	1486648,68	4954330,50	Novi Ligure	8	6,3	"	Dom.	223	si
PNL106	1485454,29	4954846,77	Novi Ligure	-	-	"	Chiuso	214	
PNL105	1485635,97	4954757,46	Novi Ligure	8	-	"	Ind.	215	si
PNL142	1485054,77	4955063,64	Novi Ligure	7	4,5	"	Irr.	211	
PNL148	1485187,96	4955157,86	Novi Ligure	6	5,0	"	Irr.	210	
PNL149	1484945,96	4955221,89	Novi Ligure	-	-	"	-	209	
PNL150	1484921,83	4955230,58	Novi Ligure	-	-	"	-	209	
PNL101	1484867,49	4955173,23	Novi Ligure	18	-	"	Ind.	211	
PNL102	1484845,89	4955190,88	Novi Ligure	18	-	"	Ind.	210	
PNL103	1484917,05	4955009,81	Novi Ligure	16	-	"	Dom./Irr.	214	
PNL104	1484954,06	4954994,21	Novi Ligure	10	-	"	Irr.	214	
PNL97	1484690,19	4955533,01	Novi Ligure	7	3,0	"	Irr.	205	
PNL107	1484713,42	4955490,15	Novi Ligure	6	4,5	"	Irr.	206	
PNL111	1485976,24	4954756,89	Novi Ligure	12	2,0	"	Dom./Irr.	217	si
PNL110	1486020,30	4954724,73	Novi Ligure	15	5,0	"	Dom./Irr.	218	
PNL121	1485980,50	4954183,13	Novi Ligure	18	16,0	"	Irr.	234	
PNL126	1485969,86	4954311,94	Novi Ligure	10	-	"	Dom.	226	
PNL134	1486170,47	4953921,62	Novi Ligure	30	27,5	"	Irr.	245	
PNL127	1486343,27	4954090,03	Novi Ligure	7	5,0	"	Irr.	228	



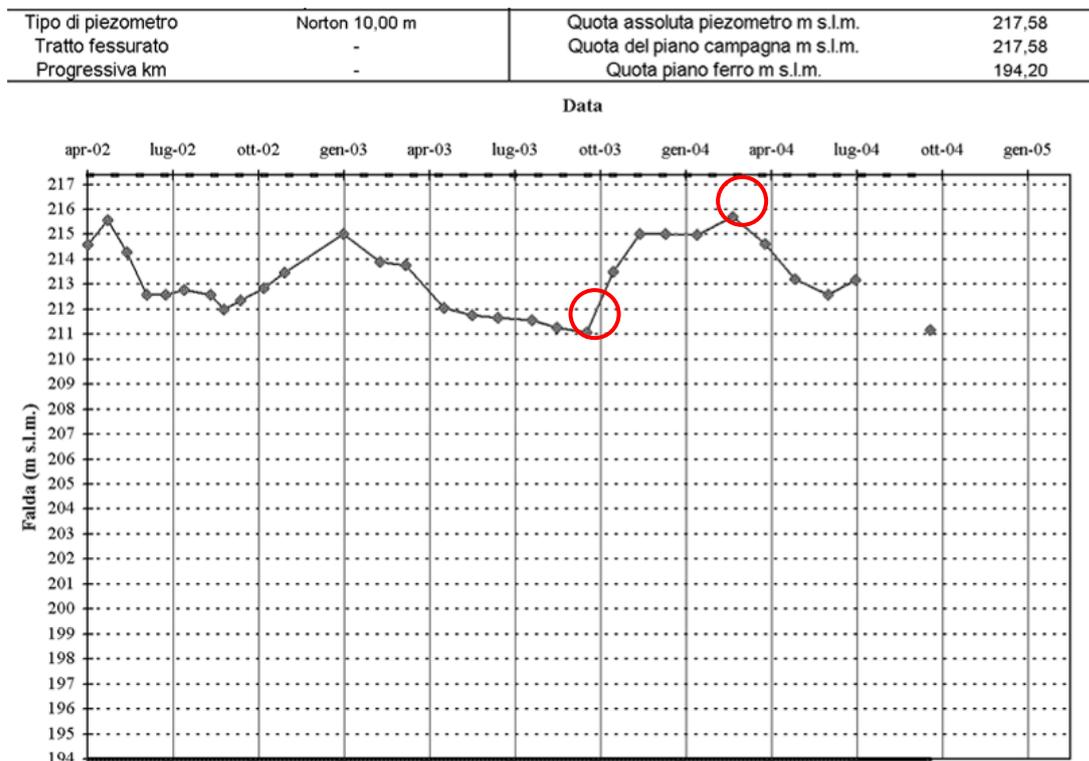
Cod. Pozzo	X	Y	Comune	Profondità	Livello statico	Fonte	uso	quota	Monitorato
PNL71	1484939,60	4956365,38	Novi Ligure	7	5,0	Dott. Bollettinari	Irr.	202	
PNL72	1484951,44	4956315,93	Novi Ligure	7	4,0	"	Irr.	202	
PNL137	1486413,52	4953988,34	Novi Ligure	10	5,0	"	Irr.	229	
PNL136	1486387,69	4953959,95	Novi Ligure	11	9,0	"	Irr.	230	
PNL135	1486413,52	4953926,91	Novi Ligure	11	9,0	"	Irr.	231	
PNL139	1486449,28	4953924,16	Novi Ligure	10	5,0	"	Irr.	230	
PNL138	1486435,07	4953959,89	Novi Ligure	9	7,0	"	Dom./Irr.	229	si
PNL140	1486370,03	4953839,42	Novi Ligure	-	-	"	No	238	
PNL141	1486381,87	4953812,57	Novi Ligure	10	6,0	"	Irr.	239	
PNL125	1486151,18	4954301,85	Novi Ligure	8	-	"	Irr.	224	si
PNL124	1486172,56	4954274,62	Novi Ligure	14	-	"	Irr.	224	
PNL128	1486286,24	4954159,20	Novi Ligure	9	7,0	"	Dom.	227	si
PNL129	1486249,57	4954199,50	Novi Ligure	9	7,0	"	Irr.	226	
NL130	1486221,46	4954179,96	Novi Ligure	8	6,0	"	Dom.	226	
PNL122	1486082,93	4954143,05	Novi Ligure	10	6,5	"	Irr.	231	
PNL133	1486110,72	4954105,70	Novi Ligure	-	-	"	-	233	
PNL123	1486137,96	4954163,62	Novi Ligure	11	2,5	"	Dom./Irr.	228	
PNL132	1486167,55	4954110,40	Novi Ligure	10	7,5	"	Irr.	231	
PNL131	1486191,72	4954142,18	Novi Ligure	10	8,0	"	Dom.	228	
PNL100	1484812,98	4955322,07	Novi Ligure	8	-	"	Irr.	209	
PNL90	1484774,82	4955389,98	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	208	
PNL91	1484799,81	4955432,14	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	208	
PNL94	1484747,79	4955457,86	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	207	
PNL81	1485047,36	4955495,82	Novi Ligure	6	-	"	Irr.	207	
PNL85	1485016,55	4955463,63	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	207	
PNL95	1484633,67	4955442,47	Novi Ligure	7	3,5	"	Irr.	207	
PZ26	1484789,16	4955268,12	Novi Ligure	0	0,0	"		209	
PNL99	1484778,92	4955280,39	Novi Ligure	8	4,0	"	Irr.	209	
PNL96	1484643,24	4955415,10	Novi Ligure	7	3,5	"	Irr.	207	
PNL92	1484682,14	4955361,14	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	208	
PNL93	1484702,18	4955379,34	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	207	
PNL89	1484718,66	4955327,31	Novi Ligure	7	0,0	"	Ind.	208	
PNL98	1484758,24	4955315,38	Novi Ligure	8	-	"	Dom./Irr.	209	
PNL84	1485041,81	4955450,73	Novi Ligure	6	-	"	Ind.	208	
-	1485071,40	4955449,62	Novi Ligure	-	-	"	-	208	
PNL143	1486508,23	4953957,33	Novi Ligure	10	7,5	"	Irr.	228	
PNL144	1486600,31	4953935,11	Novi Ligure	-	-	"	Irr.	228	
PNL145	1486549,51	4953904,95	Novi Ligure	-	-	"	-	229	si
PNL147	1486670,16	4953727,14	Novi Ligure	12	9,5	"	Irr.	234	si
PSS15	1486662,22	4953706,51	Novi Ligure	12	10,5	"	Irr.	235	
PSS14	1486689,21	4953612,84	Serravalle S.	12	10,0	"	Irr.	237	
PSS13	1486744,77	4953609,67	Serravalle S.	12	10,5	"	Irr.	235	si
PSS22	1486797,16	4953571,57	Serravalle S.	21	-	"	Dom.	234	si
-	1486781,28	4953549,34	Serravalle S.	0	0,0	"	-	235	
PSS21	1486852,72	4953587,44	Serravalle S.	13	9,8	"	Irr.	233	si
PNL114	1486360,20	4954584,40	Novi Ligure	5	-	"	Dom.	216	si
PNL113	1486382,42	4954633,61	Novi Ligure	10	1,0	"	Dom.	215	si
PNL120	1486096,67	4954520,90	Novi Ligure	-	-	"	-	220	si
PNL119	1486160,17	4954476,45	Novi Ligure	-	-	"	-	221	si
PNL118	1486168,11	4954452,63	Novi Ligure	10	-	"	Irr.	221	
PNL115	1486190,33	4954446,28	Novi Ligure	8	4,0	"	Irr.	221	si
PNL116	1486220,50	4954405,01	Novi Ligure	8	4,0	"	Irr.	222	
PNL117	1486261,77	4954397,07	Novi Ligure	-	-	"	-	222	si
1041\3	1484526,61	4955915,92	Tortona	0	0,0	Provincia	Irr.	203	
1240	1485167,64	4952921,82	Tortona	0	0,0	"	Irr.	251	
66\1	1486273,70	4954896,88	Novi Ligure	10	0,0	"	Irr.	210	
66\2	1486271,70	4954904,88	Novi Ligure	10	0,0	"	Irr.	211	

Cod. Pozzo	X	Y	Comune	Profondità	Livello statico	Fonte	uso	quota	Monitorato
2093	1484519,61	4955463,90	Tortona	25	0,0	Provincia	Irr./Ind.	208	
884	1484432,61	4955227,90	Pozzolo F.	30	0,0	"	Dom.	229	
754	1484869,63	4955841,91	Tortona	60	0,0	"	Irr.	206	
850	1485801,67	4954635,88	Novi Ligure	92	0,0	"	Irr.	218	
1758	1483517,57	4953467,84	Novi Ligure	130	0,0	"	Ind.	220	
PZZ0051876	1485633,78	4954654,31	Novi Ligure	9	0,0	"	-	217	
PZZ0329831	1484667,89	4955935,54	Novi Ligure	20	0,0	"	-	204	
PZZ0331888	1485403,53	4954575,09	Novi Ligure	27	0,0	"	-	223	
PZZ0337428	1485258,10	4955534,18	Novi Ligure	20	0,0	"	-	207	
PZZ0051873	1485379,50	4954707,13	Novi Ligure	13	0,0	"	-	219	

**Tabella 3 – Pozzi per acqua censiti entro una fascia di 1000 m dall’opera in progetto.**

## 6.4 Piezometria

Nel settore in cui ricade l’opera in progetto è possibile ricostruire l’andamento della falda lungo il tracciato interpolando i dati di monitoraggio piezometrico disponibili per questo settore e per quelli adiacenti. In Figura 12 è riportato, a titolo di esempio, il grafico del livello piezometrico nel piezometro EA301R044, monitorato nel periodo aprile 2002 ÷ settembre 2004; pur se datate, le informazioni permettono di evidenziare a livello qualitativo l’andamento stagionale del livello di falda, con un massimo nel periodo invernale e un minimo nel periodo tardo-estivo/autunnale; si può osservare che il livello piezometrico ha una soggiacenza minima di poco più di 1.5 m dal p.c. e massima di 6.3 m ca., con un’oscillazione di 4.6 m ca., congruente con i valori dei piezometri ubicati nei settori limitrofi (cfr. Tabella 4).



**Figura 12 – Grafico delle fluttuazioni del livello piezometrico nel foro EA301R044; i cerchi indicano la soggiacenza minima e massima (cfr. tabella seguente).**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00		Foglio 31 di 41

Piezometro	Quota p.c. (m)	Max falda (m da p.c.)	Quota max (m)	Data	Min falda (m da p.c.)	Quota min (m)	Data	Oscillazione (m)
EA301B043	220,77	0,8	219,97	15/05/2002	5,65	215,12	29/01/2005	4,85
<b>EA301R044</b>	<b>217,58</b>	<b>1,66</b>	<b>215,92</b>	<b>27/02/2004</b>	<b>6,3</b>	<b>211,28</b>	<b>26/09/2003</b>	<b>4,64</b>
XA301G022	223,34	0,6	222,74	27/02/2004	3,2	220,14	20/06/2002	2,6
XA301G023	223,03	0,8	222,23	05/08/2002	3,2	219,83	26/08/2003	2,4
XA301R004	208,69	2,25	206,44	21/02/2003	4,1	204,59	11/07/2002	1,85

**Tabella 4 – Oscillazioni della falda nei piezometri realizzati in fase di PD, in prossimità del tracciato delle opere in esame. Periodo di osservazione: 2002/2005 (in corsivo il piezometro del grafico precedente).**

Alla scala del progetto i dati piezometrici aggiornati con i risultati dei monitoraggi più recenti (Tabella 5) confermano la presenza una falda continua, con soggiacenza variabile tra 0.6 e 13 m. È probabile che in taluni periodi dell'anno il livello piezometrico arrivi anche a quote molto prossime al piano campagna, come confermato dall'evidenza di alcune zone umide e specchi d'acqua stagnante nel settore a NW dell'area in esame.

Il quadro idrogeologico che si delinea è quindi caratterizzato da possibili afflussi di acqua, anche non trascurabili, provenienti dai depositi alluvionali fl2 lungo tutta la tratta scavata al di sotto della quota piezometrica massima.

Piezometro	Comune	Aprile 2014	Maggio 2014	Variazione	Piezometro	Comune	Aprile 2014	Maggio 2014	Variazione
L2-S29	Arquata S.	1,06	1,93	-0,87	L2-S16bis	Novi L.	10,15	3,82	6,33
L2-S24 (50m)	Arquata S.	13,12	10,64	2,48	L2-S46	Novi L.	3,1	3,19	-0,09
L2-S24 (10m)	Arquata S.	5,28	5,38	-0,1	SI7	Pozzolo F.	3,74	4,09	-0,35
L2-S17	Arquata S.	1,11	1,51	-0,4	L3-S11	Serravalle S.	10,13	11,05	-0,92
L2-S48	Arquata S.	4,85	4,97	-0,12	L3-S07	Serravalle S.	3,16	3,12	0,04
L2-S57	Arquata S.	0,62	1,21	-0,59	L3-S12	Serravalle S.	5,4	5,33	0,07
L2-S56	Arquata S.	2,68	X	-	L3-S13	Serravalle S.	4,5	4,49	0,01
L2-S47	Arquata S.	/	6,03	-	L3-S5	Serravalle S.	/	2,12	-
L2-S43	Arquata S.	3,07	3,35	-0,28	L3-S14	Serravalle S.	/	0,85	-
L2-S53	Novi L.	1,05	1,42	-0,37	L3-S16	Novi L.	4,26	4,52	-0,26
L2-S03	Novi L.	5,22	5,56	-0,34	L3-S22	Pozzolo F.	1,33	1,5	-0,17
L2-S02	Novi L.	/	3,66	-	L3-S36	Pozzolo F.	2,62	3,2	-0,58
L2-S36bis	Pozzolo F.	6,37	8,19	-1,82	L3-S38	Pozzolo F.	6,93	9,05	-2,12
L2-S35	Pozzolo F.	6,44	7,56	-1,12	L3-S29	Pozzolo F.	5,42	7,52	-2,1
L2-S33bis	Pozzolo F.	3,97	4,3	-0,33	L3-S41	Pozzolo F.	6,12	8,74	-2,62
L2-S34bis	Pozzolo F.	4,4	4,61	-0,21	L3-S56	Pozzolo F.	4,97	7,44	-2,47
L2-S32	Pozzolo F.	4,48	5,23	-0,75					

**Tabella 5 – Oscillazioni della falda nei piezometri realizzati in fase di PE, in corrispondenza del tracciato delle opere in esame. Periodo di osservazione: aprile-maggio 2014.**

## 6.5 Vulnerabilità degli acquiferi

Nel settore interessato dallo sviluppo delle opere in esame sono presenti unicamente dei pozzi utilizzati principalmente a scopo irriguo o idropotabile. Le opere si sviluppano in un contesto di pianura e attraversano dapprima un substrato argilloso e localmente arenaceo, sepolto al di sotto delle alluvioni del Fluviale Medio, per poi entrare nei depositi alluvionali stessi. La falda è ospitata essenzialmente nell'acquifero poroso rappresentato dai depositi del Fluviale Medio (fl2); il

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00</p> <p>Foglio 32 di 41</p>

sottostante substrato prequaternario, rappresentato dalle Argille Azzurre ( $\pm$  Conglomerati di Cassano Spinola), è pressoché impermeabile.

La maggior parte degli effetti correlati alla realizzazione delle opere in progetto, in regime transitorio e stabilizzato, è strettamente condizionata dalle caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi e dalla geometria dell'interfaccia tra le alluvioni del Fluviale Medio e le sottostanti Argille Azzurre, in altre parole alla geometria della superficie di appoggio basale dei depositi alluvionali.

Dal punto di vista idrogeologico, l'acquifero che sarà principalmente interessato dagli effetti dello scavo è essenzialmente quello delle alluvioni fl2. Data la bassa permeabilità del substrato, il complesso aL/cC non rappresenta invece un acquifero significativo, per lo meno alle quote raggiunte dagli scavi. Non è escluso che questo secondo acquifero possa avere alcuni livelli produttivi, che tuttavia si collocano probabilmente a profondità elevata, data la lunghezza di alcuni dei pozzi censiti nell'area di studio. Le formazioni prequaternarie non sono quindi da considerare a rischio di impatto poiché di fatto, non costituiscono una vera risorsa idrica alla scala delle opere previste.

In sintesi, trattandosi fondamentalmente di realizzare uno scavo lineare (in galleria naturale o artificiale) in un acquifero alluvionale sottile, discretamente permeabile e presumibilmente saturo per gran parte dell'anno, e considerando che la profondità di scavo è dello stesso ordine di grandezza dello spessore dell'acquifero alluvionale, ne consegue che l'acquifero superficiale è da considerare vulnerabile, soprattutto in fase transitoria (fase di scavo), anche alla luce delle misure preventive di drenaggio che si renderanno necessarie allo scopo di garantire di poter operare in sicurezza.

## 6.6 Impatti sui punti d'acqua in regime transitorio

La problematica dell'impatto sulle risorse idriche di superficie è strettamente legata:

- a) alle caratteristiche idrogeologiche della formazione attraversata.

L'opera, dal punto di vista idrogeologico, si differenzia in due settori: uno interamente impostato nelle Argille Azzurre e nelle arenarie della formazione di Cassano Spinola, l'altro in cui vengono intercettati i depositi alluvionali al tetto delle argille.

- b) Alla metodologia di scavo utilizzata (ipotesi di galleria interamente drenante).

Sarà necessario realizzare, in fase di scavo, un drenaggio della falda che consenta di realizzare gli scavi e di mettere in opera i sostegni e i rivestimenti, in condizioni di assenza di acqua.

- c) Alla possibile estensione laterale e verso l'alto della fascia di disturbo al contorno dello scavo.

Per la parte di scavi impostata nel substrato, l'eventualità che si sviluppino delle zone di disturbo all'intorno della galleria con elevato grado di perturbazione del contesto geologico originario è piuttosto probabile, soprattutto nei litotipi del substrato; è quindi possibile che compaiano, al contorno degli scavi, zone con permeabilità incrementata, anche all'interno di una formazione per sua natura poco permeabile come quella delle Argille Azzurre.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 33 di 41</p>

Sulla base delle caratteristiche geo-litologiche si potranno presentare fundamentalmente due casi generali:

- 1) scavi realizzati, almeno parzialmente, all'interno dell'acquifero ospitato nei depositi fluviali medi;
- 2) scavi realizzati all'interno del substrato pre-quadernario, al di sotto della base dell'acquifero ospitato nei depositi alluvionali.

Le opere in oggetto incontrano entrambe le situazioni. Tuttavia la tratta scavata in galleria nelle unità del BTP presenta sempre una copertura in substrato molto scarsa, con distanza tra la calotta e la base dell'acquifero quadernario dell'ordine di pochi metri o inferiore.

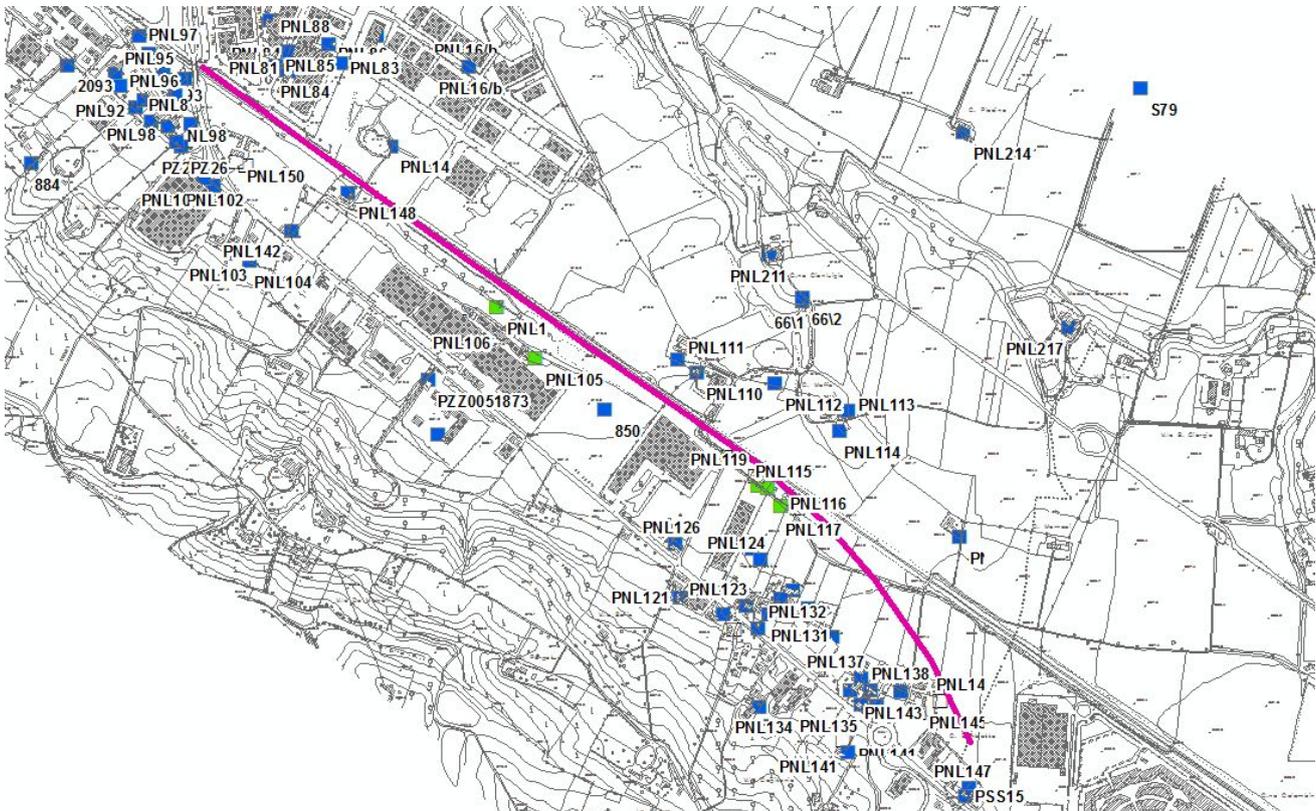
In questa situazione, la formazione di una fascia di disturbo al contorno dello scavo induce un aumento di permeabilità per fratturazione e/o per deformazioni nell'ammasso; per i litotipi del substrato attraversati (Argille di Lugagnano e, pro parte, Formazione di Cassano Spinola) si ipotizza un'ampiezza della zona di disturbo all'incirca pari al diametro dello scavo (10 m ca.), pertanto:

- i) a una distanza tra la calotta e la base dei depositi alluvionali inferiore a 10 m circa (come nel caso in esame), si ipotizza che la zona di disturbo sviluppatasi nel substrato produca una zona di detensionamento piuttosto rilevante, producendo un'interferenza significativa con l'acquifero alluvionale soprastante;
- ii) per distanze superiori a 10 m l'influenza da parte dello scavo nell'ammasso è via via decrescente, fino a divenire trascurabile, tuttavia questo caso non si verifica per le opere in esame.

Le opere in progetto ricadono nella condizione (i) per tutta la tratta che attraversa i litotipi del substrato pre-quadernario. Nel tratto in cui lo scavo intercetta l'interfaccia substrato/alluvioni le condizioni idrogeologiche saranno fortemente influenzate dalla presenza dell'acquifero ospitato nei depositi quadernari.

La presenza di eventuali strutture e/o anisotropie di natura geologica idraulicamente conduttive, come ad esempio, zone di faglia idraulicamente conduttive, possono prodursi a livello del substrato circuiti più veloci, in diretta comunicazione con l'acquifero superficiale. Questo costituisce in teoria un ulteriore elemento che aumenta la pericolosità di interferenza tra opere e acquifero superficiale, creando una comunicazione idraulica anche all'interno del substrato. Nei litotipi del BTP attraversati, tuttavia, la permeabilità di eventuali discontinuità strutturali è in genere essere bassa o molto bassa; tali discontinuità non sono quindi dei canali permeabili e la loro influenza sul sistema complessivo può essere considerata trascurabile.

Per valutare l'interferenza da parte della galleria sui pozzi esistenti è stato utilizzato il metodo analitico basato sulla formula di Perrochet e Musy (1992).



PUNTI D'ACQUA E PERICOLOSITA' D'IMPATTO

Tipo punto d'acqua	Pericolosità				
	Valore non disponibile	Nessuna pericolosità riconosciuta	Bassa	Media	Alta
Sorgente captata	—	▲	▲	▲	▲
Sorgente non captata	—	●	●	●	●
Pozzi	□	■	■	■	■
Punti d'acqua segnalati di cui non si conosce l'eventuale utilizzo	—	●	●	●	●

Figura 13 - Classi di pericolosità di interferenza da parte degli scavi del Raccordo Tecnico di Novi L. (indicato in viola) nei confronti dei pozzi presenti nell'area.

Sulla base di quanto evidenziato in Figura 13, soltanto i pozzi con sigla PNL1, PNL105, PNL115, PNL116, PNL117, PNL118;PNL119 presentano un rischio d'isterilimento basso, mentre per i restanti il rischio è trascurabile.

## 6.7 Impatti sui punti d'acqua in regime stabilizzato

L'impatto sull'acquifero superficiale prevedibile in regime stabilizzato (fase di esercizio dell'opera) potrà essere mitigato dall'impermeabilizzazione delle tratte che intercettano l'acquifero stesso; ciò consentirà il ripristino delle condizioni idrogeologiche originarie, anche se si può ritenere che sui pozzi più vicini al tracciato delle opere sarà improbabile raggiungere il completo ristabilimento della situazione pre-scavo. Questo principalmente perché un abbattimento significativo della falda può

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 35 di 41</span>

introdurre, intorno ai, pozzi delle variazioni in parte irreversibili dei parametri idrogeologici dell'acquifero. Tali cambiamenti possono essere correlati, ad esempio, all'insorgere di cedimenti o assestamenti nella zona satura, con riduzione della porosità efficace dei sedimenti granulari sciolti.

Un secondo tipo di impatto a lungo termine sull'acquifero e sui punti d'acqua è legato al possibile effetto di sbarramento esercitato dalle tratte impermeabilizzate in galleria, dove queste intercettano e occludono significativamente l'acquifero alluvionale. Questo tipo di impatto è massimo quando le linee di flusso sono perpendicolari al tracciato dell'opera, minimo quando sono parallele.

Secondo lo schema presentato in Figura 11, le linee di deflusso sotterraneo attuale sono dirette approssimativamente dal bordo del terrazzo alluvionale verso il versante, quindi da E a W, per poi dirigersi parallelamente all'asse vallivo, da SW verso NE.

In linea di massima quindi, il tracciato dell'opera è da obliquo a subparallelo alle linee di flusso sotterraneo nel settore più a ridosso del versante; la parte in sotterraneo del Raccordo Tecnico dovrebbe costituire un ostacolo al deflusso aggirabile lateralmente con facilità.

## 7 CONDIZIONI GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE ATTESE

Di seguito viene presentata in maniera schematica una breve descrizione dell'assetto geologico e idrogeologico atteso per tratte omogenee lungo il tracciato del Raccordo Tecnico di Novi Ligure.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 36 di 41</span>

pk		descrizione
da	a	
0+000	0+200 c.a.	<p>In questa tratta è previsto un assetto geologico misto, con le Argille Azzurre (aL) che occupano la parte superiore della sezione di scavo e la Formazione di Cassano Spinola (cC) nella parte inferiore. La presenza di un fronte di scavo misto non dovrebbe dare luogo a un comportamento geomeccanico significativamente differente poiché i due litotipi sono tra loro molto simili.</p> <p>Non sono previste discontinuità strutturali significative, che peraltro all'interno delle successioni argillose e argilloso-siltose non avrebbero probabilmente un ruolo idrogeologico molto marcato.</p> <p>Dal punto di vista del comportamento geomeccanico è prevedibile che lo sviluppo della zona di disturbo al contorno dello scavo possa estendersi fino a raggiungere l'interfaccia substrato/depositi fluviali (f12). Questi depositi (Fluviale Medio, f12) non contribuiscono efficacemente al sostegno dello scavo, trattandosi per lo più di materiale sciolto, consolidato e solo localmente cementato il cui carico litostatico andrà a gravare passivamente sulla volta impostata nel substrato pre-quadernario. Questo potrebbe indurre deformazioni e subsidenze a livello della superficie.</p>
0+200	0+250	<p>Probabile presenza di una discontinuità strutturale significativa (zona di faglia) con rigetto di 20-25 m circa, suggerito da un marcato approfondimento del limite aL/cC nei sondaggi. La faglia, essendo sviluppata all'interno di successioni argillose e argilloso-siltose, non dovrebbe avere una rilevanza significativa dal un punto di vista idrogeologico, la permeabilità lungo la zona di deformazione non dovrebbe essere significativamente più alta rispetto a quella dei litotipi non deformati.</p>
0+250	1+1040 c.a.	<p>In questa tratta è previsto l'attraversamento da parte dell'opera delle Argille Azzurre. Localmente, all'interno delle Argille Azzurre possono essere presenti livelli ghiaiosi con geometria lenticolare. Non sono previste discontinuità strutturali significative, che peraltro all'interno delle successioni argillose e argilloso-siltose non avrebbero probabilmente un ruolo idrogeologico molto marcato.</p> <p>Dal punto di vista del comportamento geomeccanico è prevedibile che lo sviluppo della zona di disturbo al contorno dello scavo possa estendersi fino a raggiungere l'interfaccia substrato/depositi fluviali (f12). Questi depositi (Fluviale medio, f12) non contribuiscono efficacemente al sostegno dello scavo, trattandosi per lo più di materiale sciolto, consolidato e solo localmente cementato il cui carico litostatico andrà a gravare passivamente sulla volta impostata nel substrato pre-quadernario. Questo potrà indurre deformazioni e subsidenze a livello della superficie.</p> <p>Dal punto di vista idrogeologico le argille sono quasi del tutto impermeabili o con</p>

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00 <span style="float: right;">Foglio 37 di 41</span>

		<p>permeabilità molto bassa; non si dovrebbero quindi incontrare venute d'acqua provenienti direttamente dal substrato, mentre è probabile che una certa quantità di acqua filtri verso lo scavo dalle soprastanti alluvioni fl2, a causa delle deformazioni indotte nelle argille dallo scavo stesso.</p>
1+1040	Fine opera	<p>In questa tratta è prevista la presenza di una sezione di scavo mista, con le Argille Azzurre (aL) che andranno a occupare la porzione inferiore della sezione e i depositi alluvionali riferibili al terrazzo fluviale del T. Scrivia (Fluviale Medio, fl2) nella parte alta della sezione. A progressive crescenti i depositi alluvionali andranno via via ad occupare l'intera sezione di scavo.</p> <p>Il passaggio stratigrafico tra le Argille Azzurre e i depositi alluvionali è caratterizzato da una superficie erosionale piana, con possibili locali ondulazioni (paleoalvei sepolti).</p> <p>Non sono previste discontinuità strutturali significative, che peraltro all'interno delle argille non avrebbero probabilmente un ruolo idrogeologico molto marcato.</p> <p>I depositi alluvionali hanno, in questo settore, uno spessore abbastanza costante di 8-10 m e ospitano una falda freatica con superficie ubicata tra 2 e 6 m dal p.c. Sono quindi prevedibili venute d'acqua dai depositi alluvionali saturi.</p> <p>Lo strato di alluvioni non contribuisce efficacemente al sostegno dello scavo, trattandosi per lo più di depositi sciolti, solo localmente cementati.</p> <p>Dal punto di vista del comportamento geotecnico/ geomeccanico, sono prevedibili deformazioni e subsidenze a livello della superficie, anche indotte da sovrascavo nei depositi sciolti.</p>

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00</p> <p>Foglio 38 di 41</p>

## 8 BIBLIOGRAFIA

- Amorosi A., Ricci Lucchi F. & Tateo F. (1995) - The Lower Miocene siliceous zone: a marker in the palaeogeographic evolution of the northern Apennines. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 118: 131-149.
- Barelli, V. (1835) - Cenni di statistica mineralogica degli stati di S.M. il Re di Sardegna. Tipografia Fodratti, Torino.
- Biella G., Polino R., De Franco R., Rossi P.M., Clari P., Corsi A. & Gelati R. (1997) - The crustal structure of the western Po plain: reconstruction from the integrated geological and seismic data. *Terra Nova*, 9: 28-31.
- Biella G.C., Gelati R., Lozej A., Rossi P.M. & Tabacco I. (1988) – Sezioni geologiche nella zona limite Alpioccidentali-Appennino settentrionale ottenute da dati geofisici. *Rend. Soc. Geol. It.*, 11: 287-292.
- Boni A. & Casnedi R. (1970) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000: Fogli 69 e 70 "Asti" e "Alessandria". Poligrafica & Carte Valori, Ercolano: 64 pp.
- Briano, G., Isella, L., Restagno, S., Rodino, A., Trimboli, M. & Vigo, M. (2011) – Problematiche idrogeologiche, geotecniche e di gestione del rischio, associate alle vecchie aree estrattive in ambito urbano nei gessi di Isoverde. Convegno di Geologia Urbana (Genova), Poster. <http://www.sggconsult.it>
- Capponi, G. & Crispini, L. (1997) - Progressive shear deformation in the metasediments of the Voltri Group (Ligurian Alps, Italy): occurrence of structures recording extension parallel to the regional foliation. *Boll. Soc. Geol. It.*, 116, 267 - 277.
- Capponi, G. & Crispini, L. (2002) - Structural and metamorphic signature of alpine tectonics in the Voltri Massif (Ligurian Alps, northwestern Italy). *Eclogae geol. Helv.*, 95, 31-42.
- Capponi, G., Crispini, L., Giammarino, S., Bruzzo, D., Garofano, M., Lano, M., Piazza, M., Vigo, E., Del Tredici, S. & Pacciani, G. (2007) – Carta Geologica d'Italia. Foglio 231-214 Genova. Progetto CARG, Università di Genova/Dip.Te.Ris., Regione Liguria.
- Capponi, G., Crispini, L., Piazza, M. & Amandola, L. (2001) - Field constraints to the Mid-Tertiary kinematics of the Ligurian Alps. *Ofioliti*, 26(2b), 409-416.
- Capponi, G., Crispini, L., Cortesogno, L., Gaggero, L., Firpo, M., Piccazzo, M., Cabella, R., Nosengo, S., Bonci, M.C., Vannucci, G., Piazza, M., Ramella, A., Perilli, N., et alii (2009) - Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 213-230 – Genova.
- Castellarin A. (1994) – Strutturazione eo- e mesoalpina dell'Appennino settentrionale attorno al "nodo ligure". *Studi Geol. Camerti*, vol. spec., CROP 1-1A: 99-108.
- 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00</p> <p>Foglio 39 di 41</p>

- Cortesogno L., Di Battistini G., Lucchetti G. & Venturelli G. (1979) - Metamorphic assemblages of two high pressure-low temperature ophiolitic units of central-western Liguria: mineralogical and chemical features and tectonic significance. *Ofioliti*, 4 (2): 121-156.
- Cortesogno L. & Haccard D. (1984) - Note illustrative alla carta geologica della zona Sestri-Voltaggio. *Mem. Soc. Geol. It.*, 28: 115-150.
- Crispini, L. & Capponi, G. (2001) - Tectonic evolution of the Voltri Group and Sestri Voltaggio Zone (southern limit of the NW Alps): a review. *Ofioliti*, 26(2a), 161-164.
- D'Atri A. & Tateo F. (1994) - Volcano-sedimentary beds of Oligocene age from the Tertiary Piedmont Basin (NW Italy): biostratigraphy and mineralogy. *Giornale di Geologia*: III, 56/1, 79-95. Bologna.
- Dela Pierre F., Piana F., Fioraso G., Boano P., Bicchi E., Forno M.G., Violanti D., Clari P. & Polino R. (2003) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 157 "Trino". APAT Roma: 147 pp.
- Dematteis, A., Kalamaras, G. & Eusebio, A. (1999) - A systems approach for evaluating springs drawdown due to tunneling. *Atti del convegno AITES ITA*, 69 Hudson, 1992.
- Elter P. & Pertusati P. (1973) - Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle sue relazioni con l'arco delle Alpi occidentali. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 12: 359-375.
- Falletti P., Gelati R. & Rogledi S. (1995) - Oligo-Miocene evolution of Monferrato and Langhe, related to deep structures. In: R. POLINO & R. SACCHI (Ed.) *Atti Convegno Rapporti Alpi-Appennino*. *Acc. Naz. Sci., Sc. Doc.*, 14: 1-19.
- Fantoni R., Bello M., Ronchi P. & Scotti P. (2002) - Po Valley oil play: from the Villafortuna-Treccate field to South Alpine and Northern Apennines exploration. *EAGE Conf. Florence, Extended Abstracts Book*: 4 pp.
- Federico, L., Capponi, G., Crispini, L., & Scambelluri, M. (2004) - Exhumation of alpine high-pressure rocks: insights from petrology of eclogite clasts in the Tertiary Piedmontese basin (Ligurian Alps, Italy). *Lithos*, 74, 21-40.
- Festa A., Boano P., Irace A., Lucchesi S., Forno M.G., Dela Pierre F., Fioraso G. & Piana F. (2009a) - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 156 Torino Est. ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca ambientale, Roma.
- Fusinieri, A., in AA.VV. (1831) - *Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto*. Tomo 1. Padova, tipografia del Seminario.
- Galbiati B. (1977) - La successione oligo-miocenica tra Rigoroso e Carrosio (Bacino ligure-piemontese). *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, 26: 30-48.
- Gelati R. (1967) - Osservazioni stratigrafiche sull'Oligo-Miocene delle Langhe (Piemonte-Italia). *Pubbl. Ist. Geol. Univ. Milano*, 236: 1-18.
- Gelati R. (1968) - Stratigrafia dell'Oligo-Miocene delle Langhe tra le valli dei fiumi Tanaro e Bormida di Spigno. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 74: 865-967.
- Ghibaud G., Clari P. & Perello M. (1985) - Litostratigrafia, sedimentologia ed evoluzione tettonico-sedimentaria dei depositi miocenici del margine sud-orientale del Bacino Terziario Ligure-Piemontese (Valli Borbera, Scrivia e Lemme). *Boll. Soc. Geol. It.*, 104: 349-397.
- Gnaccolini M., Gelati R. & Falletti P. (1999) - Sequence Stratigraphy of the "Langhe" Oligo-Miocene Succession, Tertiary Piedmont Basin, Northern Italy. In: DE GRACIANSKY P.C., HARDENBOL J,

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 40 di 41</p>

JACQUIN T. & VAIL P. (Eds.), Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. SEPM, Spec. Publ., 60: 233-244.

- Haccard, D. (1976) - Carte géologique au 1:50000 de Sestri-Voltaggio. Pubblicazione CNR, Pisa.
- Hoogerduijn Strating E.H. (1994) - Extensional faulting in an intraoceanic subduction complex - working hypothesis for the Paleogene of the Alps-Appennine system. *Tectonophysics*, 238: 255-273.
- Laubscher H.P., Biella G.C., Cassinis R., Gelati R., Lozej A., Scarascia S. & Tabacco I. (1992) - The collisional Knot in Liguria. *Geol. Rund.*, 81: 275-289.
- Marini, M. (1998) - Carta geologica della Val Polcevera e zone limitrofe (Appennino Settentrionale) alla scala 1:25.000. Note illustrative. *Atti Ticinensi di Scienze della Terra*, 40, 33-64.
- Mosca P., Polino R., Rogledi S. & Rossi M. (2009) - New data for the kinematic interpretation of the Alps-Appennines junction (Northwestern Italy). *Int. J. Earth Sc.*, 99, 833-849.
- Mutti E., Papani L., Di Biase D., Davoli G., Mora S., Segadelli S. & Tinterri R. (1995) - Il Bacino Terziario Epimesoalpino e le sue implicazioni sui rapporti tra Alpi ed Appennino. *Mem. Sci. Geol.*, 47: 217-244.
- Piana, F., Falletti, P., Fioraso, G., Irace, A., Mosca, P., et alii (in prep.) - Carta geologica del Piemonte in scala 1:250.000. Consiglio Nazionale delle Ricerche, IGG Torino; Università degli Studi di Torino, DST; Politecnico di Torino, DIATI.
- Piana F. & Polino R. (1995) - Tertiary structural relationships between Alps and Apennines: the critical Torino Hill and Monferrato area, Northwestern Italy. *Terra Nova*, 7: 138-143.
- Piccardo, G.B. (1984) - Le ofioliti metamorfiche del gruppo di Voltri, Alpi Liguri: caratteri primari ed interpretazione geodinamica. *Mem. Soc. Geol. It.*, 28, 11, 95-114.
- Pieri M. & Groppi G. (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy, *Quad. CNR, Prog. Fin. Geodinamica*, Roma: 1-13.
- Polino, R., Clari, P., Crispini, L., D'Atri, A., Dela Pierre, F., Novaretti, A., Piana, F., Ruffini, R. & Timpanelli, M. (1995) - Rapporti Alpi-Appennino e guide alle escursioni. *Atti del Convegno: "Rapporti tra Alpi e Appennino"*, Accademia Nazionale delle Scienze, 14, 531-593.
- Principi, G. & Treves, B. (1984) - Il sistema corso-appenninico come prisma d'accrescimento. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennini. *Mem. Soc. Geol. It.*, 28, 10, 549-576.
- 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.
- Ramsay, J.G. (1967) - Folding and fracturing of rocks. Mc Graw-Hill New York, 568 pp.
- Rebora, G. (1990) - Massi erratici sulle argilliti nell'area Bocchetta-Voltaggio (Alessandria). *Il Naturalista*, 3, 3.
- Roure F., Polino R. & Nicolich R.P. (1990) - Early Neogene deformation beneath the Po plain: constraints on the post-collisional Alpine evolution. *Mém. Soc. Géol. France N. S.*, 156: 309-322.
- Roure F., Bergerat F., Damotte, B., Mugnier, J.L. & Polino R. (1996) - The ECORS-CROP Alpine seismic traverse. *Mem. Soc. Géol. France*, 170: 1-113.
- Scholle, P.A. (1970) - The Sestri-Voltaggio Line: a transform fault induced tectonic boundary between the Alps and the Apennines. *American Journal of Science*, 269, 343-359.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-00-X-CV-RO-GE00-00-001-A00	Foglio 41 di 41

Schumacher, M. E. & Laubscher, H. P. (1996) - 3D crustal architecture of the Alps-Appennines join - a new view on seismic data. *Tectonophysics*, 260, 349-363.

Sibson, R.H. (1977) – Fault rocks and fault mechanisms. *J. Geol. Soc. Lond.*, 133, 191-213.

Sturani, C. (1975) - Explanatory notes on the Western Alps (from the Sestri-Voltaggio line to the Val d'Ossola). *Quaderni de "La ricerca scientifica"*, 90, 28.

Sturani, C. (1973) - Considerazioni sui rapporti tra Appennino settentrionale ed Alpi occidentali. Estratto dal quaderno n. 183. *Atti del Convegno sul tema: "Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino"*, 183, 119-142.

Tateo F. (1992) - Studio mineralogico-geochimico di sedimenti vulcanoderivati (Oligocene-Miocene inferiore) nell'appennino settentrionale. PhD Thesis, Univ. Bologna, 216 pp.

Tamponi, M. (1994) - Very-low and low grade metamorphism in Internal Ligurid units (northern Apennines, Italy). *Plinius*, 11, 190-194.

Vanossi, M., Cortesogno, L., Galbiati, B., Messiga, B., Piccardo, G. & Vannucci, R. (1984) - Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi, ipotesi. *Mem. Soc. Geol. It.*, 28, 11, 5-75.