

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**

**PIAZZALE – FABBRICATO PJ2+ACEI A TORTONA**

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI	
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. N. Meistro		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 4	E	C V	R O	I N 1 W 0 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	GDP <i>[Signature]</i>	25/07/2014	Rocksoil <i>[Signature]</i>	28/07/2014	A. Palomba <i>[Signature]</i>	30/07/2014	
A01	Revisione generale	GDP <i>[Signature]</i>	24/04/2015	Rocksoil <i>[Signature]</i>	27/04/2015	A. Palomba <i>[Signature]</i>	30/04/2015	
A02	Modifica cartiglio	GDP <i>[Signature]</i>	07/01/2019	Rocksoil <i>[Signature]</i>	07/01/2019	A. Mancarella <i>[Signature]</i>	07/01/2019	

n. Elab.:	File: IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02
-----------	---------------------------------------

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02

Foglio  
2 di 24

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02</p>	<p>Foglio 3 di 24</p>

## INDICE

INDICE.....	3
1     PREMESSA.....	4
2     NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3     ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO.....	4
4     INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	5
4.1    Le unità litostratigrafiche nell'intorno dell'opera in progetto .....	7
4.1.1   Unità del Dominio Ligure-Piemontese .....	8
4.1.2   I depositi post-messiniani.....	8
4.1.3   Unità pleistocenico-oloceniche del bacino del T. Scrivia .....	10
4.2    Indagini geognostiche .....	15
4.3    Geologia del sito di intervento.....	16
5     INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	17
5.1    Complessi idrogeologici.....	17
5.1.1   Considerazioni generali.....	17
5.1.2   Depositi di origine antropica/materiale di riporto.....	19
5.1.3   Complesso 2 (fl3, fl3a, fl3b).....	19
5.1.4   Assetto idrogeologico dell'area di intervento .....	20
6     PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA .....	21
7     BIBLIOGRAFIA .....	22

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02 <span style="float: right;">Foglio 4 di 24</span>

## 1 PREMESSA

Il presente rapporto fa parte del Progetto Esecutivo del nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi" e riguarda la realizzazione dell'opera identificata dal codice WBS IN1W: Piazzale - Fabbricato PJ2+ACEI presso la stazione ferroviaria di Tortona.

La presente nota descrive quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati e costituisce una revisione e un aggiornamento degli studi geologici eseguiti in fase di Progetto Definitivo, rispetto alla quale sono stati eseguiti ex novo dei rilievi geologici, geomorfologici e idrogeologici integrativi di superficie. Per il settore non sono mai state previste indagini geognostiche, in alcuna fase progettuale.

## 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);

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 5 di 24</p>

- l'interpretazione dei dati raccolti sul terreno alla luce dell'insieme delle informazioni disponibili;
- la redazione degli elaborati geologici del Progetto Esecutivo (PE).

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

Il gruppo di lavoro è così costituito:

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

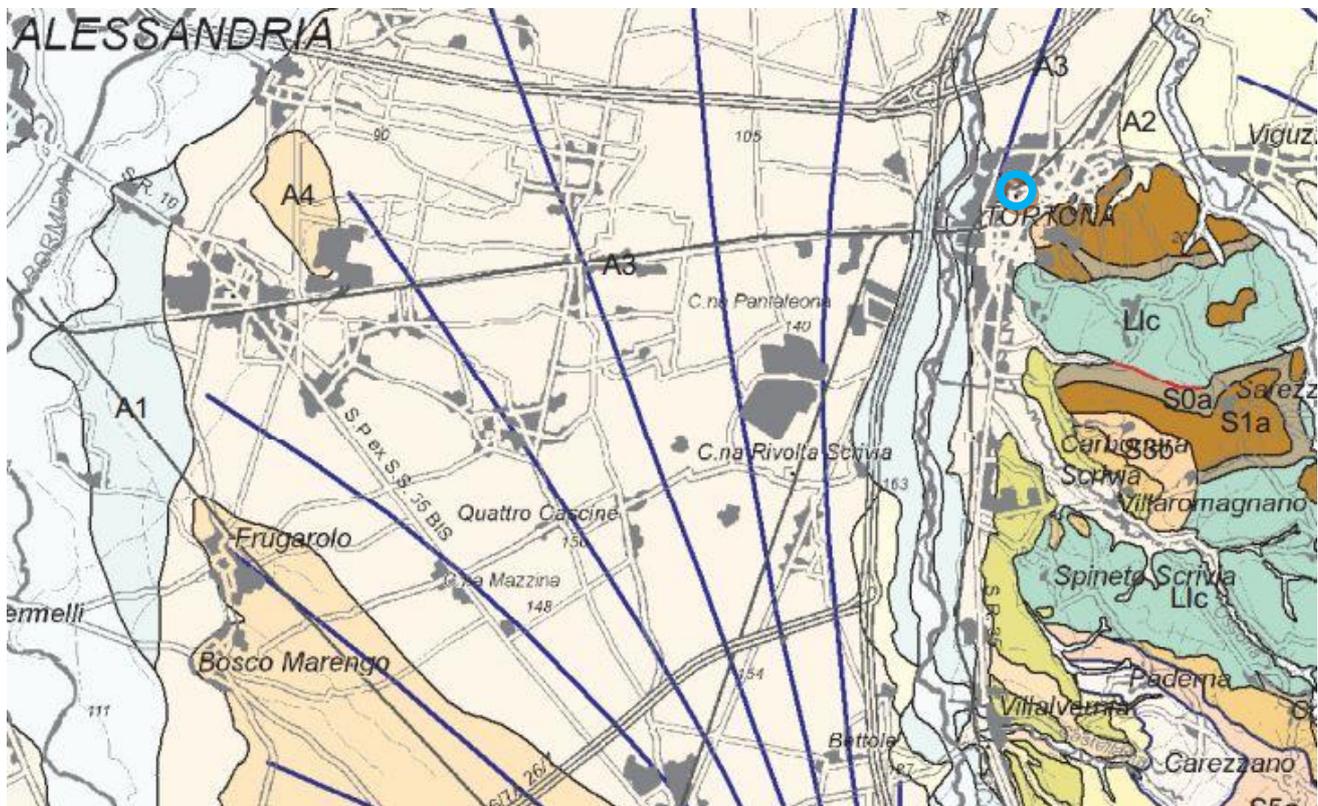
#### **4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

La zona interessata dalla realizzazione dell'opera in esame ricade sui depositi alluvionali pleistocenico-olocenici del bacino di Alessandria, rappresentati in questo settore dai depositi del T. Scrivia, che probabilmente ricoprono in discordanza la successione sedimentaria post-messiniana (Argille di Lugagnano/Argille Azzurre, Sabbie d'Asti, Villafranchiano *auct*). La successione post-messiniana ricopre a sua volta le unità del Dominio Ligure-Piemontese che affiorano poco a nord-est dell'abitato di Tortona (Figura 1).

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

Carta Geologica d'Italia Foglio 70 "Alessandria" 1:100.000	Carta Geologica del Piemonte 1:250.000 (in prep.)		Tratta AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi"	
			PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO ESECUTIVO
A3 – Alluvioni attuali	DEPOSITI FLUVIALI DEL BACINO ALESSANDRINO	A1 - Depositi fluviali del Pleistocene sup. - Olocene	a - Fluviale attuale	a - Depositi fluviali attuali
A <sup>2-1</sup> – Alluvioni post-glaciali		A2 – Depositi fluviali della parte terminale del Pleistocene sup.		
I <sup>3</sup> – Fluviale recente		A3 – Depositi fluviali del Pleistocene sup.	fl3- Fluviale recente	fl3 - Depositi fluviali recenti, Pleistocene sup.? - Olocene
Fl <sup>2</sup> – Fluviale medio		A4 – Depositi fluviali del Pleistocene medio - sup.	fl2- Fluviale medio	fl2 - Depositi fluviali medi, Pleistocene medio - sup.
Fl <sup>1</sup> – Fluviale antico I <sup>2</sup> – Villafranchiano auct.		A5 – Depositi fluviali del Pleistocene medio	fl1- Fluviale antico	fl1 - Depositi fluviali antichi, Pleistocene medio?
		A6 – Depositi fluviali del Pleistocene inf. - medio		
P <sup>3-2</sup> - Sabbie di Asti	S9b – Sintema di Maranzana			
P - Argille di Lugagnano, Pliocene	SUCCESIONI POST-MESSINIANE	S8b – Successioni siltose e sabbioso-ghiaiose piacentiane		
		S8a – Formazione delle Argille Azzurre dello Zancleano	aL – Argille di Lugagnano (Formazione delle Argille Azzurre), Zancleano	

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

**LEGENDA****Depositi alluvionali**

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

**Bacino Terziario Piemontese**

**S8a** Successioni marnoso-siltose zancleane; **S6a** Successioni terrigene messiniane; **S4c** Evaporiti e successioni euxiniche messiniane; **S4b** Corpi arenaceo-conglomeratici tortoniano-messiniani; **S4a** Successioni marnose tortoniano-messiniane; **S3b** Successioni arenaceo-pelittiche ed arenacee serravalliano-tortoniane; **S1a** Successioni arenacee e arenaceo-pelittiche rupeliane; **S0a** Successioni marnose priaboniane - Marne di Monte Piano, Marne di Vigoponzo.

**Dominio Ligure-Piemontese** (unità non metamorfiche)

**Llc** Flysch di M. Cassio.

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

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

L'opera oggetto del presente rapporto interessa essenzialmente i depositi alluvionali quaternari del bacino del T. Scrivia riferibili al Fluviale Recente (f13/A3, cfr. Tabella 1), poggianti sulle unità riferibili probabilmente alla successione post-messiniana qui rappresentata dal Villafranchiano *auct.*-Sabbie di Asti (vL/S8a e S8b, cfr. Tabella 1). A loro volta le unità post-Messiniane poggiano sulle unità del Dominio Ligure-Piemontese (Flysch di M. Cassio).

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02 <span style="float: right;">Foglio 8 di 24</span>

#### 4.1.1 Unità del Dominio Ligure-Piemontese

I depositi riferibili all'Unità del Dominio Ligure-Piemontese affiorano in prossimità dei rilievi collinari poco a nord-est del centro di Tortona (AL) e sono costituiti in prevalenza da successioni torbiditiche a dominante calcarea. In quest'area sono rappresentati dal Flysch di M. Cassio.

##### 4.1.1a *Flysch di M. Cassio*

Il flysch di M. Cassio è costituito da una successione torbiditica calcareo-marnosa organizzata in strati spessi e molto spessi di areniti ibride, marne, marne calcaree e argilliti marnose alternate a strati sottili e molto sottili di argilliti emipelagiche. Nel complesso l'unità è riferibile al Campaniano (Marroni et al., 2006).

#### 4.1.2 I depositi post-messiniani

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

##### 4.1.2a *Formazione delle Argille Azzurre (Argille di Lugagnano, aL)*

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

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

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

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

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

##### 4.1.2b *Sabbie di Asti*

L'unità delle Sabbie di Asti appoggia sulle Argille Azzurre con un passaggio graduale, caratterizzato da alternanze tra sabbie e siltiti; è costituita da sabbie da fini a grossolane passanti a siltiti, a

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02 <span style="float: right;">Foglio 9 di 24</span>

composizione silicoclastica, di colore giallo o grigio-azzurro, organizzate in strati da decimetrici a plurimetrici (fino a 5 m) amalgamati, a base netta e sovente irregolare. Gli strati mostrano cenni di laminazione piano-parallela (evidenziata da allineamenti sparsi di ciottoli e da concentrazioni di gusci isoorientati di bivalvi e gasteropodi), tuttavia si presentano sovente omogenei a causa dell'intensa bioturbazione.

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

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

#### 4.1.2c Villafranchiano auct

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

In particolare si possono osservare:

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

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

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

Come risulta dalla descrizione sopra riportata (cfr. §4.4.1.b e §4.4.1.c) le Sabbie di Asti ed il *Villafranchiano auct.* presentano, a tratti, una marcata convergenza di facies; quindi, dalle sola

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02	Foglio 10 di 24

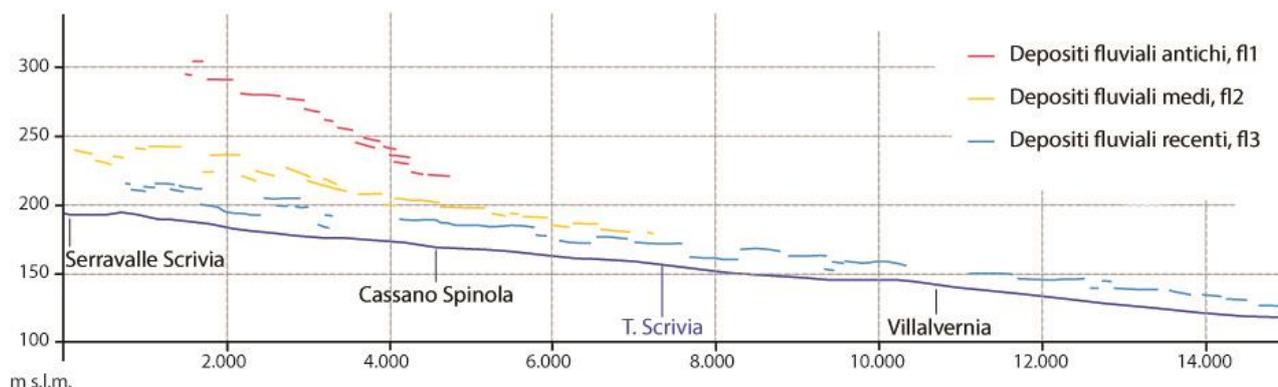
osservazione delle carote di sondaggio, non risulta possibile distinguere con precisione le due unità. Per questa ragione, in fase di Progetto Esecutivo le due unità stratigrafiche sono state rappresentate con un unico termine che le comprende entrambe: Sabbie di Asti - *Villafranchiano auct.* (vL).

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

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

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

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



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

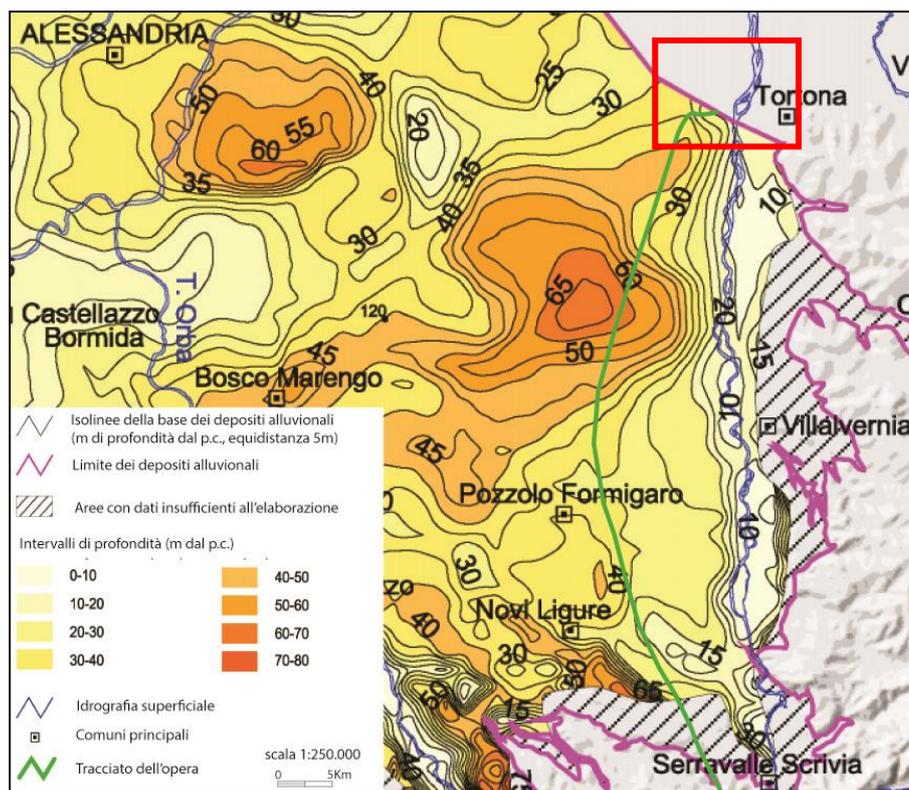
Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica più alta, compresa tra 305 e 225 m, è ubicato in prevalenza lungo i fianchi e in parte alla sommità dei rilievi collinari che sovrastano il conoide del T. Scrivia. Questi terrazzi sono modellati e delimitano arealmente i depositi fluviali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

Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica intermedia, compresa tra 245 e 175 m, è ubicato in corrispondenza del conoide del T. Scrivia. Questi terrazzi delimitano le estese

aree poco acclivi o pianeggianti sulle quali sorgono gli abitati di Serravalle Scrivia, Novi Ligure e, in parte, Pozzolo Formigaro. Questi terrazzi sono modellati e delimitano arealmente i depositi fluviali medi (fl2).

Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica inferiore, compresa tra i 245 e i 175 metri, è ubicato in corrispondenza del conoide del T. Scrivia, a poche decine di metri dal suo alveo ordinario. Questi terrazzi sono modellati e delimitano arealmente i depositi fluviali recenti (fl3).

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" aut. 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 Villavernia e Tortona.**

#### 4.1.3a Depositi fluviali antichi (fl1)

I depositi fluviali riferiti a questa unità sono ubicati in corrispondenza di alcuni lembi di superfici terrazzate presenti in sinistra idrografica del T. Scrivia in corrispondenza di superfici di modeste dimensioni sospese di circa 75-50 m rispetto all'alveo del T. Scrivia e sono rappresentati da

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02 <table border="1" data-bbox="1420 224 1532 286"> <tr> <td>Foglio 12 di 24</td> </tr> </table>	Foglio 12 di 24
Foglio 12 di 24		

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.

#### 4.1.3b Depositi fluviali medi (fl2)

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

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



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

La superficie di appoggio basale, di natura erosiva, è modellata sul substrato costituito dalle successioni post-messiniane (Argille di Lugagnano, aL; Sabbie di Asti - Villafranchiano *auct.*, vL. 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.

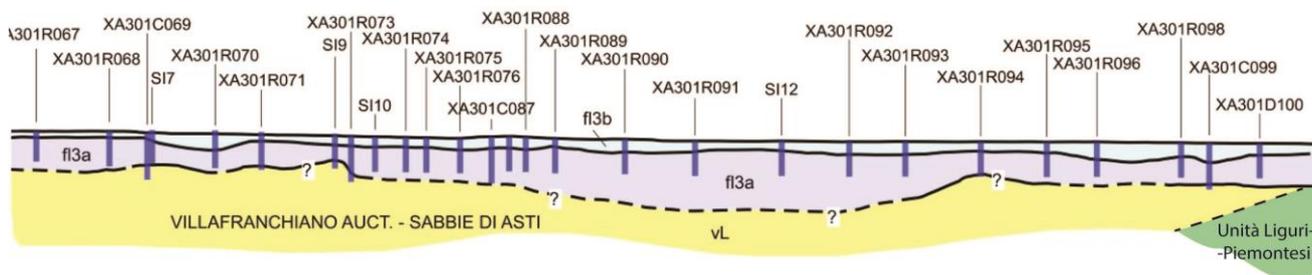
#### 4.1.3c Depositi fluviali recenti (fl3)

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

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

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

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



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

Sub-unità fl3a - ghiaie sabbiose limoso/argillose

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

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

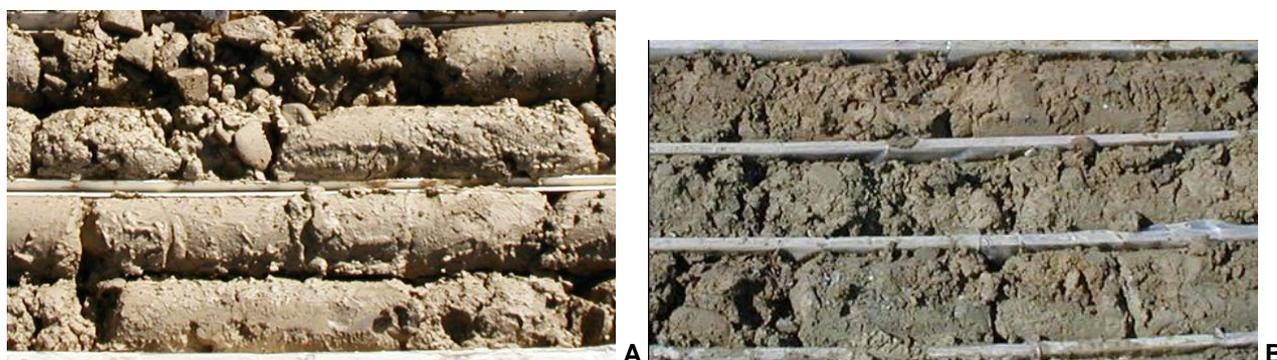


Figura 6 - Dettaglio dell'unità fl3a: (A): sondaggio XA301C072, (B): sondaggio XA301C087.

Sub-unità fl3b - ghiaie sabbiose

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

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

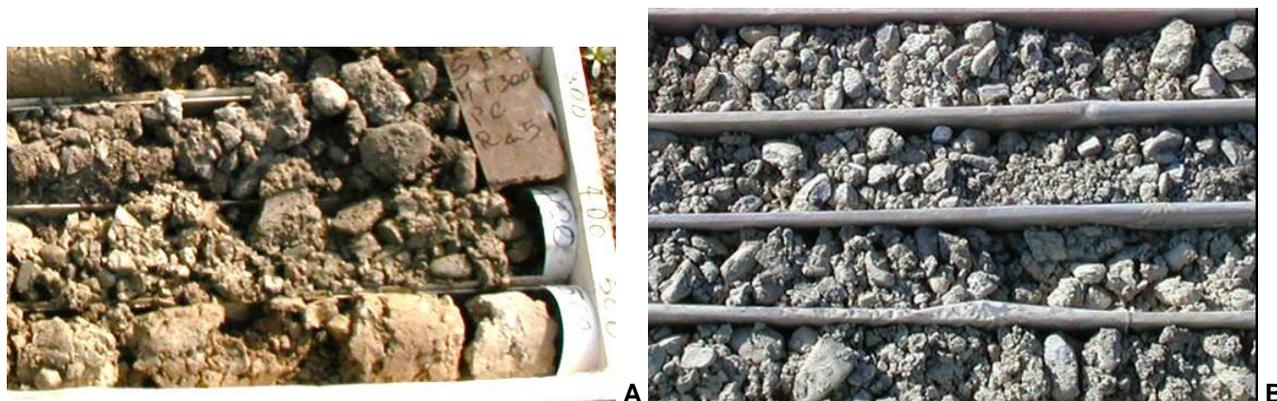


Figura 7 - Dettaglio dell'unità fl3b: (A): sondaggio XA301C070, (B): sondaggio XA301C087.

Dall'analisi granulometrica di 6 campioni raccolti in 5 siti differenti le classi granulometriche risultano così distribuite: 75% ghiaia, 18% sabbia, 4% limo e 3% argilla (Tabella 2). Nel complesso, si presentano da poco alterati a non alterati.

Unità	Composizione granulometrica			Permeabilità K (m/s)		
				valori generali per la sub-unità*		
	ghiaia	sabbia	limo+argilla	max	min	media
<b>f13b</b>	75%	18%	7%	3,54E-04	7,7E-07	9,02E-05
<b>f13a</b>	64%	19%	17%	1,77E-04	1,45E-08	1,46E-05

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

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

## 4.2 Indagini geognostiche

Nelle varie fasi progettuali, per questa WBS, non sono mai stati realizzati sondaggi od altre tipologie di indagini geognostiche.

L'unico sondaggio utile per ricostruire l'andamento nel sottosuolo è quello riportato nella Banca Dati Sigeo – Arpa Piemonte (Figura 8), di seguito descritto.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02 <div style="float: right;">Foglio 16 di 24</div>

**Figura 8. Ubicazione del sondaggio (azzurro) e dell'area d'intervento in giallo.**

Si tratta di un sondaggio (cod. 106211) riportato nella Banca Dati Sigeo – Arpa Piemonte, realizzato in prossimità del Centro sportivo di Tortona, nel 2002. Il sondaggio dista 500 m circa dall'area oggetti d'intervento. La stratigrafia del sondaggio è caratterizzata da:

- 0-0,8 m materiale di riporto/sottofondo stradale,
- 0,8-11,5 m limo argilloso, ghiaie in matrice sabbiosa, e sabbie limose, riferibili probabilmente ai depositi fluviali recenti (fl3),
- 11,5-21,0 m successione torbiditica calcarea marnosa riferibile probabilmente alle unità del Dominio Ligure-Piemontese (Flysch di M. Cassio).

### 4.3 Geologia del sito di intervento

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

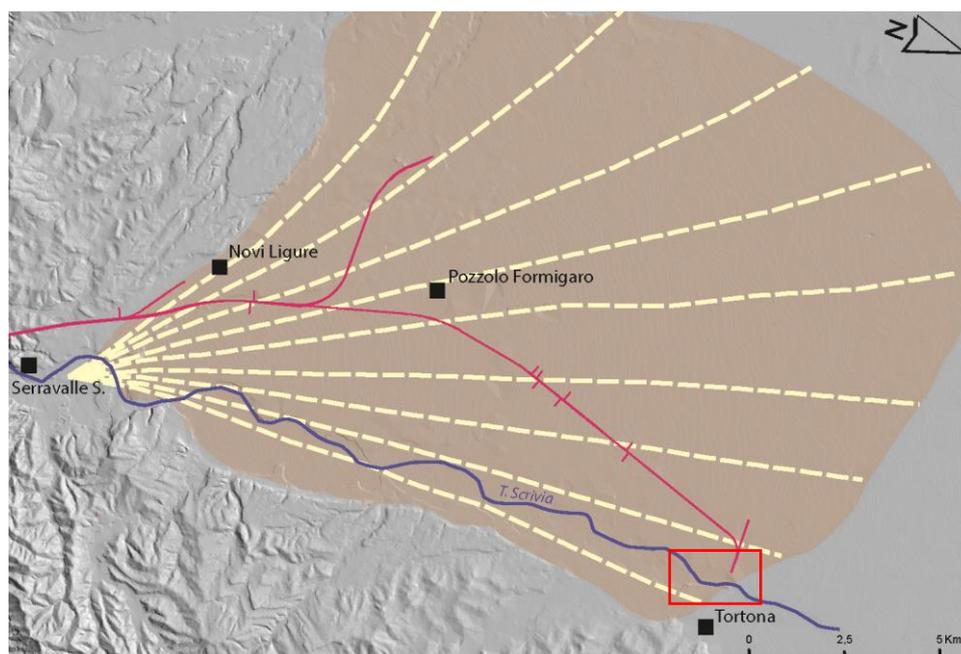
Lo spessore complessivo dei depositi fluviali recenti (fl3), in prossimità dell'opera è di 10 metri circa. Il substrato rappresentato dalla successione torbiditica calcarea (Dominio Ligure-Piemontese) si trova ad una profondità di 10-11 metri circa dal pc.

Il sito d'intervento ricade all'interno dell'area sottesa dall'attuale stazione ferroviaria di Tortona, quindi, in assenza di indagini dirette, è presumibile che i depositi fluviali recenti (fl3) siano ricoperti da un livello di materiale di riporto di spessore variabile dai 4 ai 5 metri circa.

Nel tratto relativo all'opera non si configurano particolari criticità, si dovrà tuttavia tenere conto delle eventuali cattive caratteristiche geotecniche del materiale di riporto nonché della potenziale presenza, all'interno dei depositi fluviali recenti (fl3) di livelli limoso-argillosi che, potrebbero risultare compressibili, anche se il loro spessore prevedibilmente ridotto fa sì che essi non rappresentino un fattore condizionante importante. Le caratteristiche dell'opera andranno comunque adattate a questa eventuale circostanza, in particolare qualora in fase di realizzazione, dovesse emergere la presenza di strati compressibili di spessore superiore a 0,5 m entro il raggio di influenza dei carichi esercitati sul terreno.

Dal punto di vista geomorfologico, il settore d'interesse si situa in prossimità dell'area terminale del conoide del T. Scrivia (Figura 9) dove quest'ultimo s'interdigita con i depositi alluvionali della Pianura Padana.

In generale il settore è caratterizzato da una superficie terrazzata, da subpianeggiante a debolmente inclinata verso NW-NNW. L'area è caratterizzata da un drenaggio superficiale orientato verso i quadranti di NW-NNW.



**Figura 9: Rappresentazione schematica dell'estensione areale del conoide del T. Scrivia, dei vari ordini di terrazzi da cui esso è disseccato. Il quadrato rosso indica la posizione dell'opera in progetto.**

## 5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

### 5.1 Complessi idrogeologici

#### 5.1.1 Considerazioni generali

La zona interessata dallo sviluppo della linea MI-GE è stata suddivisa su base litologica in diversi complessi idrogeologici a permeabilità differente, distinguendo settori con comportamento idrogeologico omogeneo. I sistemi di flusso idrico sotterraneo possono svilupparsi all'interno di un solo complesso idrogeologico, quando questo è limitato lateralmente da complessi meno permeabili, oppure possono attraversare più complessi permeabili adiacenti.

La permeabilità delle unità di basamento prequaternario nell'area di interesse è molto spesso anisotropa e il flusso avviene preferenzialmente lungo discontinuità più o meno diffuse al loro interno. A rigore in contesti di questo tipo dovrebbero essere definite le permeabilità lungo i sistemi di frattura, tuttavia, allo scopo di semplificare la modellizzazione del comportamento idrogeologico

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02
	Foglio 18 di 24

delle unità di basamento, si è ritenuto opportuno introdurre una semplificazione, riconducendo la permeabilità discontinua dell'ammasso roccioso a quella di un mezzo poroso e facendo quindi riferimento al concetto di "permeabilità equivalente", ovvero ad un tensore di permeabilità, del quale per la classificazione è stato considerato il valore maggiore.

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

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

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

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

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

L'attribuzione del grado di permeabilità a ogni complesso idrogeologico è basata sui dati di conducibilità misurati nei sondaggi e disponibili in letteratura. Laddove non sono disponibili valori misurati o quando i dati disponibili non garantiscono un'adeguata rappresentatività statistica, la stima della conducibilità è stata basata su un'analisi critica dei dati geologici terreno e sull'analogia con formazioni con caratteristiche idrodinamiche simili. Durante le fasi di rilevamento di terreno è stata prestata particolare attenzione alla descrizione dello stato di fratturazione e del grado di cementazione.

Durante la fase di perforazione dei sondaggi geognostici del PP, PD e PE sono state eseguite prove di tipo Lefranc e Lugeon (campagne geognostiche 1992-1993, 1996, 2001-2002, 2004 e

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02 <span style="float: right;">Foglio 19 di 24</span>

2013-2014). I valori di conducibilità, espressi in Unità Lugeon e in m/s, sono stati dedotti dall'interpretazione delle prove idrauliche.

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

Il complesso idrogeologico cui fanno riferimento i depositi quaternari (f13a e f13b) è quello classificato, nel Modello Idrogeologico di Riferimento del PE, come "Complesso 2"; nella zona interessata dalla realizzazione dell'opera, la base del Complesso 2 (interfaccia alluvioni/substrato prequaternario) si colloca mediamente tra i 10 e i 15 m al di sotto del piano campagna. Lo spessore dei depositi alluvionali nella tratta, come è già stato accennato nel paragrafo 4.3, è complessivamente di circa 11 m.

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

### 5.1.2 Depositi di origine antropica/materiale di riporto

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

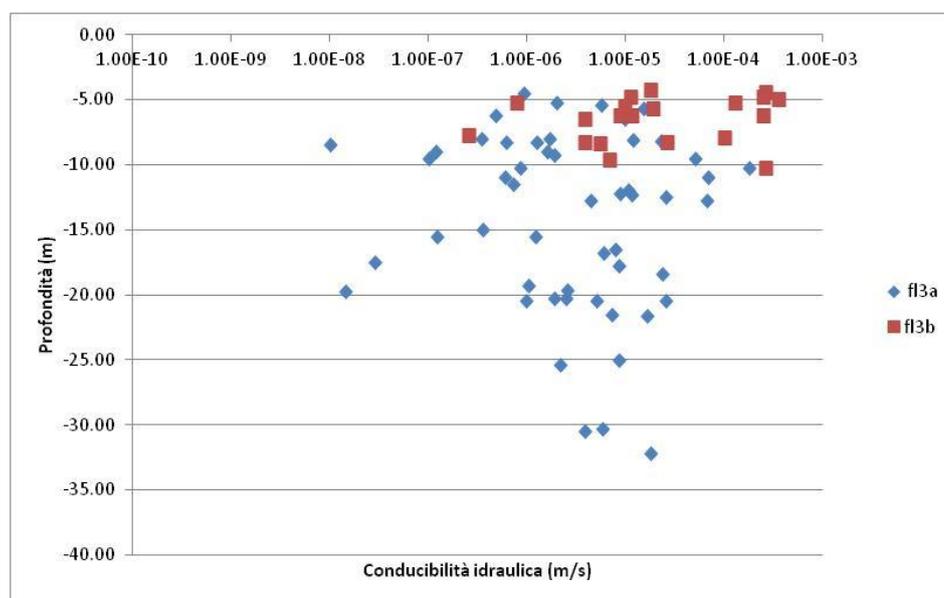
### 5.1.3 Complesso 2 (f13, f13a, f13b)

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

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

In particolare, la conducibilità idraulica per la sub-unità f13a, valutata sulla base delle prove di permeabilità di tipo Lefranc (a carico costante e a carico variabile), condotte in corrispondenza dei sondaggi localizzati lungo tutta la tratta di pianura (tra Novi Ligure e Tortona), presenta un intervallo di valori piuttosto ampio, variabile tra  $1,77E-04$  m/s e  $1,45E-08$  m/s (Figura 10). L'estrema variabilità dei valori di permeabilità, rilevata alla scala dell'intero areale del conoide del T. Scrivia, è da imputarsi i) alla geometria interna del deposito, ii) alla relativa distribuzione delle diverse classi granulometriche, iii) all'ubicazione e alla profondità delle prove eseguite.

Come per la sub-unità fl3a, anche in questo caso la conducibilità idraulica della sub-unità fl3b, valutata sulla base delle medesime prove di permeabilità eseguite nei sondaggi sopra citati, presenta, per gli stessi motivi sopra descritti, un intervallo di valori piuttosto ampio, tra  $3,54E-04$  m/s e  $7,7E-07$  m/s (Figura 10).



**Figura 10. Grafico delle conducibilità idrauliche per i depositi alluvionali attuali (fl3), in cui vengono distinte le sub-unità fl3a ed fl3b da prove sui sondaggi delle varie fasi progettuali.**

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

L'area di intervento è situata al sopra del terrazzo di origine fluviale situato nella fascia altimetrica inferiore del conoide del T. Scrivia, in corrispondenza della stazione ferroviaria di Tortona (AL), (Fig. 8) dove è probabilmente presente uno spessore di circa 4-5 m di terreno materiale di riporto che poggia direttamente al di sopra dei depositi fluviali recenti (fl3) con spessore di 10 m circa e caratterizzati da granulometria ghiaioso-sabbiosa con la locale presenza di livelli submetrici a composizione limoso-argillosa.

L'acquifero superficiale è ospitato nei depositi alluvionali recenti con spessore, in quest'area, tra i 10 e i 12 metri circa. Si ritiene che le linee di flusso siano dirette prevalentemente da S a N, in relazione alla normale direzione di deflusso imposta dalla topografia generale del conoide della Valle Scrivia, le cui quote tendono a diminuire verso nord. Localmente si ipotizzano variazioni della direzione media con andamenti da SE a NW e legati alla morfologia del conoide del T. Scrivia in questo settore.

La falda presenta probabilmente una geometria tabulare, con livelli piezometrici che denotano una soggiacenza subparallela alla superficie topografica con un valore medio di -7,0 m dal pc.

Nell'intorno dell'opera, sono presenti numerosi pozzi, ad uso principalmente irriguo e domestico. Dato il tipo di intervento previsto in quest'area, è comunque possibile escludere ogni forma di

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 21 di 24</p>

interferenza tra l'opera e i pozzi esistenti, tanto in fase di cantierizzazione quanto in fase di esercizio.

## 6 PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 22 di 24</p>

## 7 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. *Ophioliti*, 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.
- 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. *Ophioliti*, 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. *Ophioliti*, 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 23 di 24</p>

- 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-Trecate 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, 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.
- Irace A., Clemente P., Natalicchio M., Ossella L., Trenkwalder S. et alii (2009) - Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale. La Nuova Lito, Firenze: pp 110.
- 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN1W-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 24 di 24</p>

- 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.
- Pozzi R. & Francani V. (1968) – Lineamenti idrogeologici della Pianura di Alessandria. *Geol. Tec.*, anno 15, n.4, pp. 131-143.
- Principi, G. & Treves ,B. (1984) - Il sistema corso-appenninico come prisma d'accreszione. 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.
- Schumacher, m. E. & Laubscher, H. P. (1996) - 3D crustal architecture of the Alps-Apennines 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.