

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

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

**GALLERIA NATURALE DI SERRAVALLE BINARIO PARI
DA PK 34+129,84 A PK 36+280,64 -TRATTO BC-**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI	
Consorzio Cociv Ing. A. Pelliccia		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 3	E	C V	R O	G N 1 B C 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	GDP <i>[Signature]</i>	16/12/2013	Rocksoil <i>[Signature]</i>	18/12/2013	A. Palomba <i>[Signature]</i>	20/12/2013	
A01	Revisione per istruttoria n.27/GN1BC-GEO-FAN del 03/04/2014	GDP <i>[Signature]</i>	12/07/2014	Rocksoil <i>[Signature]</i>	15/07/2014	A. Palomba <i>[Signature]</i>	17/07/2014	
A02	Revisione generale	GDP <i>[Signature]</i>	02/02/2015	Rocksoil <i>[Signature]</i>	04/02/2015	A. Palomba <i>[Signature]</i>	06/02/2015	

n. Elab.:	File: IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02
-----------	---------------------------------------

INDICE

INDICE.....	2
1 PREMESSA.....	3
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3 ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO.....	3
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
4.1 Le unità litostratigrafiche interessate dall'opera in progetto.....	5
4.1.1 Bacino Terziario Piemontese	5
4.1.2 Depositi post-messiniani	6
4.1.3 Unità pleistocenico-oloceniche distinte in base al bacino di pertinenza	7
5 INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	10
5.1 Descrizione delle condizioni geologiche generali attese in galleria	11
6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	12
6.1 Complessi idrogeologici.....	13
6.1.1 Considerazioni generali.....	13
6.1.2 Complesso 3 (fl2, fl1).....	13
6.1.3 Complesso 6 (aL, mA1).....	14
6.1.4 Complesso 7 (cC).....	15
6.2 Sistemi di flusso	15
6.3 Afflussi in galleria.....	16
7 CONDIZIONI GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE ATTESE IN GALLERIA PER TRATTE OMOGENEE.....	17
7.1.1 Tratta pk 34+129,84/34+300.....	17
7.1.2 Tratta pk 34+300 / 34+675, pk 34+715 / 34+885, pk 34+990 / 35+790	18
7.1.3 Tratta pk 34+675 / 34+715, pk 34+885 / 34+990, pk 35+790 / 35+870	19
7.1.4 Tratta pk 35+870 / 36+000.....	20
7.1.5 Tratta pk 36+000 / 36+280.64.....	20
7.2 Interferenze con le risorse di superficie	21
8 BIBLIOGRAFIA	25

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02</p> <p>Foglio 3 di 28</p>

1 PREMESSA

Il presente rapporto riguarda la realizzazione dell'opera identificata dal codice GN1BC. L'intervento si inserisce nel quadro delle opere di linea previste dal Progetto Esecutivo del nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi". L'opera riguarda la Galleria Naturale di Serravalle, binario pari (tratto BC).

La presente nota costituisce una revisione e un aggiornamento degli studi geologici eseguiti in fase di Progetto Definitivo, rispetto alla quale sono stati eseguiti ex novo alcuni rilievi geologici integrativi di superficie.

Questo rapporto descrive quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati:

- profilo geologico generale;
- sezioni geologico-stratigrafiche trasversali
- carta geologica, geomorfologica e idrogeologica;

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;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 4 di 28</p>

- la revisione critica dei dati della campagna geognostica del Progetto Definitivo approvato nel 2005, nonché delle relazioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del medesimo Progetto Definitivo (PD);
- l'esame dei dati dei sondaggi e delle indagini integrative richieste in sede di Progettazione Esecutiva (ove disponibili);
- l'interpretazione dei dati raccolti sul terreno alla luce dell'insieme delle informazioni disponibili;
- la redazione degli elaborati geologici del Progetto Esecutivo (PE).

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

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 Sahner.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area d'interesse ricade all'interno dei depositi post-messiniani (Argille di Lugagnano/Argille Azzurre), soprastanti alle successioni sedimentarie terrigene riferibili al settore meridionale del

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02 Foglio 5 di 28

Bacino Terziario Piemontese (BTP) e sormontati dai depositi alluvionali pleistocenico-olocenici del bacino di Alessandria, rappresentati in questo settore dai depositi del T. Scrivia.

Per una trattazione generale delle caratteristiche geologico-geomorfologiche dell'area in esame si rimanda al relativo elaborato: Relazione Geologico-Gemorfológica generale (GE00-IG51-00-E-CV-RO-GE00-0X-002-A00).

4.1 Le unità litostratigrafiche interessate dall'opera in progetto

Il tratto di linea oggetto del presente rapporto attraversa essenzialmente 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 dalle alluvioni quaternarie del bacino del T. Scrivia riferibili al Fluviale Medio (fl2).

4.1.1 Bacino Terziario Piemontese

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).

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 1) 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-

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02 Foglio 6 di 28

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



Figura 1: Evidenza del passaggio stratigrafico tra il Membro di Riomaggiore (gS) e i Conglomerati di Cassano Spinola (cC), qui rappresentati da facies fini siltoso-argillose.

4.1.2 Depositi post-messiniani

4.1.2a 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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02 Foglio 7 di 28

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.

4.1.3 Unità pleistocenico-oloceniche distinte in base al bacino di pertinenza

4.1.3a 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.

Dal profilo morfostratigrafico realizzato per il tratto del T. Scrivia che va da Serravalle a Villalvernia (**Error! Reference source not found.**) 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.

Depositi fluviali antichi (fl1)

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02 Foglio 8 di 28

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 2).



Figura 2: 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 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.

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02 Foglio 9 di 28

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 (f13a e f13b).

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 (f13a). 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 3). Nel complesso si presentano da mediamente a poco alterati. Localmente sono presenti livelli metrici di argille e silt argillosi.



Figura 3: Sondaggio XA301C087, dettaglio dell'unità f13a.

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 (f13a) non si trovano mai in affioramento e sono sempre ricoperti dall'unità indicata come f13b dei depositi fluviali recenti.

L'unità stratigraficamente superiore è costituita da ghiaie sabbiose (f13b) 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 4). 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 (f13a). I depositi fluviali recenti (f13) 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 4: 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.

5 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche ritenute significative per la ricostruzione geologico-idrogeologica del settore d'interesse sono di seguito elencate, secondo l'ordine in cui compaiono lungo la WBS in oggetto:

CODICE	FASE PROGETT.	UNITA' ATTRAVERSATE
SI48	PD	Depositi Alluvionali (f12) + Argille Azzurre (aL)
L3-S14	PE	Depositi Alluvionali (f12) + Argille Azzurre (aL) + Conglomerati di Cassano Spinola (cC)
L3-S1	PE	Depositi Alluvionali (f12) + Argille Azzurre (aL)
XA301G022	PP	Depositi Alluvionali (f12) + Argille Azzurre (aL) + Conglomerati di Cassano Spinola (cC)
XA301G023	PP	Depositi Alluvionali (f12) + Argille Azzurre (aL) + Conglomerati di Cassano Spinola (cC)
S-OV42-4	PE	Depositi Alluvionali (f12) + Argille Azzurre (aL)
XA301B043	PP	Depositi Alluvionali (f12) + Argille Azzurre (aL)
XA301G024	PP	Depositi Alluvionali (f12) + Argille Azzurre (aL)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02 Foglio 11 di 28

XA301R010	PP	Depositi Alluvionali (fl2) + Argille Azzurre (aL)
XA301R011	PP	Depositi Alluvionali (fl2) + Argille Azzurre (aL)
L3-S16	PE	Depositi Alluvionali (fl2) + Argille Azzurre (aL)

5.1 Descrizione delle condizioni geologiche generali attese in galleria

Il modello geologico di riferimento generale prevede che la tratta di galleria BC attraversi principalmente la formazione delle Argille Azzurre (aL), con la possibile presenza in arco rovescio dei litotipi costituenti i Conglomerati di Cassano Spinola (cC) del Gruppo della Gessoso-Solfifera, unicamente nella parte iniziale, all'incirca tra le pk 34+129.84 e 34+350.

Gli strati e i limiti geologici e stratigrafici hanno in questo settore una giacitura mediamente inclinata di 10-20° tra NNE e NNW; in galleria si presenterà quindi una stratificazione debolmente inclinata nella direzione di avanzamento, con possibile leggera immersione apparente dal paramento destro al paramento sinistro, o viceversa.

La debole inclinazione dei limiti geologici, fa sì che la posizione del contatto aL/cC sia determinabile con un elevato margine di incertezza; è stato ipotizzato che in linea di massima tale contatto venga incontrato, alla quota dell'arco rovescio, intorno alla pk 34+300, tuttavia, poiché in questo settore il contatto è quasi suborizzontale, non si esclude che esso possa essere incontrato in posizione anche molto differente rispetto al previsto. Si ritiene che, come condizione più probabile, almeno fino alla pk 34+300 lo scavo della galleria trovi le Argille Azzurre nel terzo superiore della sezione e le peliti, siltiti e sabbie dell'unità di Cassano Spinola nel terzo inferiore della sezione; l'elemento cC potrebbe però anche essere geometricamente più basso, e presentarsi esclusivamente in arco rovescio, o anche mantenersi costantemente al di sotto della quota della galleria. Dalla pk 34+300 circa lo scavo dovrebbe avvenire a piena sezione nelle argille (aL).

L'interfaccia tra il substrato prequaternario e i soprastanti sedimenti alluvionali riferibili al Fluviale Medio del bacino del T. Scrvia (fl2) dovrebbe mantenersi al di sopra della volta della galleria, per tutta la tratta, con una progressiva riduzione dello spessore di argille in calotta, che arriva ad annullarsi nell'ultima parte della tratta, dopo la pk 35+900.

Non è peraltro possibile escludere a priori la presenza di irregolarità morfologiche della superficie di appoggio dei depositi quaternari, dovute ad es. a paleovalvei sepolti, che potrebbero portare i depositi fluviali alla quota della calotta anche prima della pk 35+900.

Nel tratto relativo all'opera GN1BC non si configurano particolari criticità in relazione alla presenza di fronti di scavo misti impostati nei litotipi aL e cC; si tratta infatti di due formazioni con caratteristiche litotecniche tra loro relativamente simili, il che non dovrebbe indurre comportamenti differenziali a livello dello scavo⁽¹⁾.

⁽¹⁾: si rammenta che il termine "Conglomerati di Cassano Spinola" è un termine formazionale, derivato dalla letteratura storica e rimasto immutato negli anni, che però non riflette un'effettiva natura puramente conglomeratica della formazione. In realtà in questa unità predominano le siltiti e le sabbie, più o meno

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02
	Foglio 12 di 28

Per contro, la sottilissima copertura topografica, che da poco più di 20 m all'inizio della galleria si riduce a meno di 8 m al termine della tratta, nonché il fatto che parte di questa copertura, per uno spessore costante di almeno 5-10 metri, sia in alluvioni quaternarie, rappresenta una criticità potenziale per lo scavo, in quanto:

- a) la possibile presenza di irregolarità della superficie basale di appoggio dei depositi fluviali quaternari sul substrato prequaternario, legate a morfologie erosionali sepolte, come ad esempio dei paleovalvei, potrebbe determinare la comparsa di alluvioni sature alla quota della volta del camerone.
- b) Anche nel caso in cui le alluvioni non vengano intercettate, è verosimile che la zona plastica indotta dallo scavo si estenda verso l'alto fino a raggiungere l'interfaccia substrato/alluvioni; in questo caso, può generarsi una comunicazione idraulica tra la galleria e il mezzo saturo, con conseguente aumento degli afflussi d'acqua nello scavo.

In entrambe queste condizioni sono pressoché inevitabili venute d'acqua non trascurabili in calotta, provenienti dalle alluvioni sature soprastanti.

La ridotta copertura in Argille di Lugagnano implica anche una ridotta resistenza della volta e del contorno del cavo alle sollecitazioni imposte dal carico litostatico, con possibile insorgere di fenomeni di cedimento e di subsidenza del terreno in superficie. Infatti, lo strato di depositi alluvionali al di sopra della calotta, che ha uno spessore medio di 10-12 m, non fornisce alcun contributo al sostegno del cavo (a meno che non siano presenti livelli cementati), andando anzi a gravare passivamente sul ridotto spessore resistente della calotta. Questa condizione è peggiorata inoltre dal carico idraulico, essendo accertato che le alluvioni ospitano una falda freatica.

Nel successivo capitolo 6 vengono analizzate le condizioni attese in galleria, descritte sinteticamente per tratte omogenee in relazione alle condizioni geologiche e idrogeologiche generali.

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

addensate e localmente con debole cementazione, mentre le lenti di conglomerato, pur presenti, sono discontinue e di ridotto spessore.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02
	Foglio 13 di 28

6.1 Complessi idrogeologici

6.1.1 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 lungo l'asse delle gallerie 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.

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).

Per quanto riguarda più strettamente l'opera in progetto, questa è quasi interamente realizzata all'interno del substrato prequaternario, che rappresenta un acquifero dalla produttività e dalla connettività idraulica estremamente limitate.

La base dell'acquifero residente nei depositi quaternari (fl2) si colloca mediamente tra 12 e 0 m al di sopra della calotta della galleria; nonostante la permeabilità bassa delle Argille Azzurre, è verosimile che si verifichino in galleria venute cospicue, sia in relazione all'induzione da parte dello scavo di una comunicazione idraulica tra galleria e depositi fluviali, sia per la probabile comparsa delle stesse alluvioni in calotta, più probabile a partire dalla pk 35+900.

6.1.2 Complesso 3 (fl2, fl1)

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

I test idraulici (Figura 5), eseguiti mettono in evidenza valori di conducibilità idraulica piuttosto dispersi, con tuttavia dei valori medi compresi tra 1×10^{-5} e 1×10^{-7} m/s, localmente si potrebbero riscontrare conducibilità maggiori (fino a 1×10^{-3} m/s) o minori (fino a 1×10^{-8} m/s) dipendenti dalla presenza di orizzonti differenziabili in relazione al diverso rapporto percentuale tra ghiaie, sabbie, limi e argille.

La stratigrafia di questi sedimenti nota sulla base dei sondaggi eseguiti nell'ambito della progettazione preliminare e definitiva del tracciato, evidenzia una successione di orizzonti a composizione limoso-argillosa che possono causare locali effetti di compartimentazione.

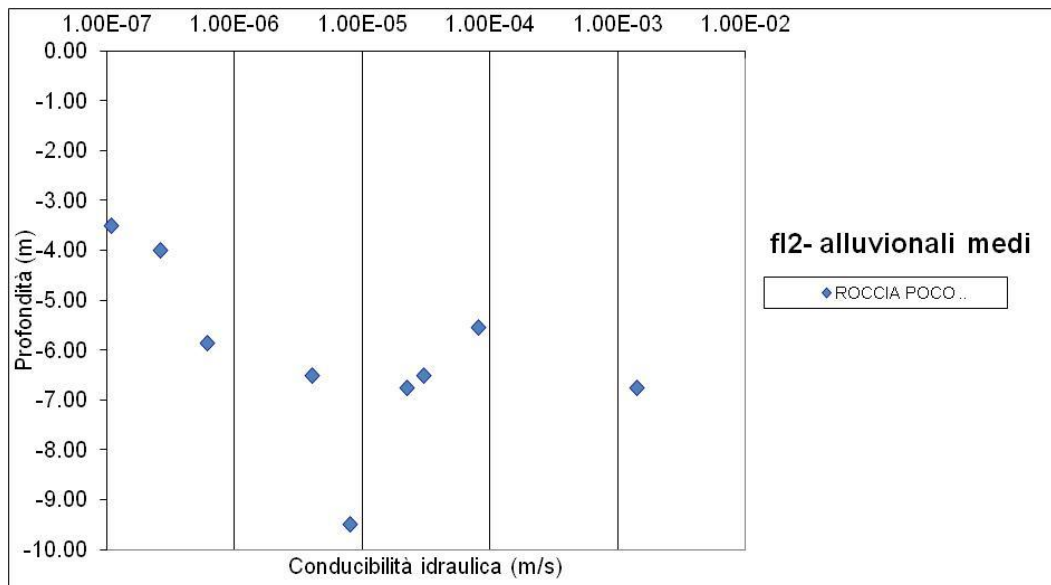


Figura 5. Grafico delle conducibilità idrauliche per i depositi alluvionali medi (fl2) da prove sui sondaggi del Progetto preliminare (R004, D015, G022, G040, B042, B043, B044).

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 primaria è da considerarsi trascurabile, fatta eccezione per locali corpi lenticolari di arenarie e micro conglomerati con scarsa continuità laterale.

I test idraulici eseguiti direttamente su questo complesso idrogeologico mostrano conducibilità idrauliche prevalenti, fuori dalle zone di faglia, tra 1×10^{-8} a 1×10^{-10} m/s (Figura 6), localmente si potrebbero riscontrare conducibilità maggiori fino a 1×10^{-7} m/s, probabilmente legate a livelli con un basso grado di cementazione e una più elevata porosità.

Per le zone di faglia la conducibilità idraulica è pressoché stimata, essendo presente un unico dato misurato, tra 1×10^{-7} e 1×10^{-10} m/s. Dalle osservazioni di terreno si può ipotizzare che lungo le faglie di questo complesso le permeabilità maggiori siano relative alle zone di danneggiamento, mentre le zone di nucleo possono presentare un effetto di compartimentazione per lo sviluppo di rocce di faglia a granulometria fine e con componente argillosa generalmente impermeabile.

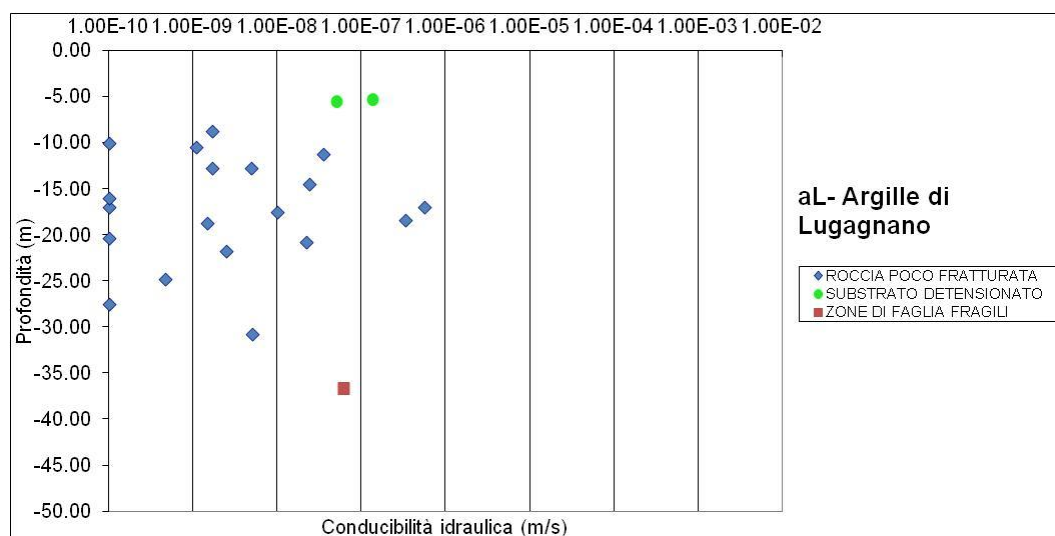


Figura 6. Grafico delle conducibilità idrauliche per le Argille di Lugagnano da prove sui sondaggi del Progetto preliminare (R005, R006, R010, R011, G022, G023, G024, B042, B043, B044, R062, R063) e definitivo (SF10).

6.1.4 Complesso 7 (cC)

Questo complesso idrogeologico è formato unicamente dalla Formazione di Cassano Spinola.

Dai dati di terreno emerge che questa formazione include occasionalmente orizzonti poco compattati e con un basso grado di cementazione. In corrispondenza di questi 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 sono disponibili pochi dati da test idraulici eseguiti in foro nei sondaggi del Progetto Preliminare XA301G022 e XA301G023. Essi mettono in evidenza una conducibilità idraulica dell'ordine di 1×10^{-8} - 1×10^{-9} m/s; cautelativamente si è comunque ipotizzato che si possano raggiungere valori fino a 1×10^{-6} m/s, vista la possibile presenza di livelli poco cementati.

Per le zone di faglia la conducibilità idraulica è stata stimata nell'intervallo 1×10^{-6} / 1×10^{-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.

6.2 Sistemi di flusso

A titolo di premessa generale si precisa che nel presente capitolo verranno trattate le caratteristiche delle sorgenti e pozzi presenti nella tratta di interesse e avanzate alcune ipotesi sui sistemi di flusso che le alimentano o più in generale sui sistemi di flusso che si suppone esistano nella zona indagata, anche ove questi non siano connessi ad evidenti manifestazioni idriche in superficie. I sistemi di flusso possono infatti scaricare le proprie acque in corsi d'acqua senza che compaiano in superficie delle sorgenti. E' altresì opportuno chiarire che, nella trattazione che segue, per *Sistema*

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02
	Foglio 16 di 28

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. A livello qualitativo si faranno inoltre delle distinzioni tra diversi tipi di sistemi di flusso:

1. superficiali;
2. profondi;
3. misti

Per sistemi superficiali si intenderanno quelli 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).

Con il termine sistemi profondi si indicheranno in modo generico sistemi che: i) circolano prevalentemente nel substrato, ii) si sviluppano a profondità superiori indicativamente a 50 m; 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 che presentano tempi di circolazione dell'ordine dei mesi a quello degli anni, con percorsi che possono raggiungere profondità dell'ordine di 100-200 m, oppure profondità dell'ordine del chilometro. Ove i dati disponibili lo permetteranno si tenterà quindi di fornire un'ulteriore caratterizzazione dei diversi sistemi di flusso profondi.

Con il termine sistemi misti verranno indicati sistemi, che 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 potenziale idraulico, ricevono alimentazione sia da componenti di flusso profonde, sia da componenti di flusso superficiali. Generalmente queste sorgenti verranno indicate come sorgenti alimentate da sistemi di flusso misti.

6.3 Afflussi in galleria

La stima degli afflussi in fase di scavo è stata effettuata sulla base di diversi parametri quali la conducibilità idraulica dei vari complessi idrogeologici (cfr. 6), il carico idraulico, la presenza di zone di faglia e fratturazione, la presenza di zone carsificate o con fenomeni di dissoluzione del carbonato. I valori di afflusso attribuiti scaturiscono, inoltre, dall'esperienza acquisita durante lo scavo di tunnel in contesti simili e dall'analisi bibliografica sui dati idrogeologici di tunnel già scavati. Sono inoltre disponibili i dati dei tratti già scavati delle finestre Val Lemme e Castagnola.

Sui profili allegati, per l'attribuzione degli afflussi in fase di scavo è stata utilizzata la classificazione di Bieniawski (1989), individuando 4 classi che definiscono una portata stimata in l/s normalizzata per 10 m di scavo (Tabella 1). In alcuni casi, nelle fincature dei profili allegati sono stati aggiunti dei simboli "-", "- -", "+" e "++" che indicano possibili variazioni locali di una ("- e "+") o due ("- - e "++") classi di portata rispetto alla classe prevalente prevista. La probabilità di occorrenza dei suddetti aumenti/diminuzioni rispetto alla classe principale è stata stimata nell'ordine dello 0-30%.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02 Foglio 17 di 28

Classe	Stima degli afflussi in fase di scavo (l/s per 10 m di scavo)
1	0-0.16
2	0.16-0.4
3	0.4-2
4	>2

Tabella 1 – Descrizione delle classi stimate per gli afflussi in galleria in regime transitorio secondo la classificazione di Bieniawski (1989), espressa in l/s per 10 m di scavo.

7 CONDIZIONI GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE ATTESE IN GALLERIA PER TRATTE OMOGENEE

Di seguito viene presentata una breve descrizione dell'assetto geologico e idrogeologico atteso per tratte omogenee lungo il tracciato della galleria di Serravalle nella sezione qui considerata.

Si precisa che, a fini conservativi le previsioni degli afflussi idrici riportate nei paragrafi successivi sono state formulate assumendo che la galleria sia liberamente drenante.

7.1.1 Tratta pk 34+129,84/34+300

Assetto geologico: in questa tratta è previsto un fronte misto con le argille di Lugagnano che occupano il terzo superiore della sezione di scavo e i Conglomerati di Cassano Spinola limitati al terzo inferiore, o anche solo all'arco rovescio.

Non sono previste discontinuità strutturali significative, che peraltro all'interno delle argille non avrebbero probabilmente un ruolo idrogeologico molto marcato.

La stessa presenza di un fronte di scavo misto non dovrebbe dare luogo a un comportamento geomeccanico significativamente differente, poiché i due litotipi considerati hanno probabilmente un comportamento molto simile, soprattutto considerando che i conglomerati cC sono in gran parte costituiti da sabbie addensate, siltiti e siltiti argillose.

Il tunnel ha al di sopra della volta una copertura in Argille Azzurre (aL) di spessore molto ridotto, 8-10 metri ca.; su questo diaframma sottile appoggiano le alluvioni fl2, con uno spessore compreso tra 10 e 15 metri. Questo strato di alluvioni non contribuisce efficacemente al sostegno dello scavo, trattandosi per lo più di depositi sciolti, solo localmente cementati. Al contrario, il carico litostatico andrà a gravare passivamente sulla sottile volta impostata nel substrato prequaternario.

Dal punto di vista del comportamento geomeccanico quindi è prevedibile che lo sviluppo della zona plastica al contorno dello scavo possa estendersi fino a raggiungere l'interfaccia substrato/depositi. Questo potrà indurre deformazioni e subsidenze a livello della superficie.

Permeabilità/connettività: per entrambe le formazioni del substrato prequaternario, aL e cC, è prevista, allo stato indisturbato, una permeabilità da molto bassa a bassa e un grado di connettività molto ridotto.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02 Foglio 18 di 28

Tuttavia, dal momento che nella zona plastica è possibile lo sviluppo di permeabilità anche piuttosto rilevanti, si potrà probabilmente stabilire una connessione idraulica tra lo scavo e l'acquifero residente nei depositi alluvionali quaternari.

Carichi idraulici: i carichi idraulici stimati sono variabili nell'intervallo tra 0 e 20 m, essendo la tratta situata nella zona di pianura. Non sono disponibili dati da sondaggio sul livello d'acqua; ciononostante si prevede un livello d'acqua abbastanza prossimo alla superficie (nei primi 5 metri dal piano campagna).

Portate massime transitorie: le portate massime transitorie stimate sono ipotizzate inferiori a 0.16 l/s/10 m, con un possibile aumento fino a 0.4 l/s/10 m in presenza di livelli meno cementati e/o fratturati. Non si escludono portate più elevate (localmente fino a 2 l/s/10 m) nel caso che si instauri una connessione idraulica significativa tra galleria e alluvioni quaternarie lungo la zona plastica al contorno del cavo, o nel caso in cui dovesse venire intercettata dallo scavo la superficie di appoggio basale dei depositi alluvionali.

7.1.2 Tratta pk 34+300 / 34+675, pk 34+715 / 34+885, pk 34+990 / 35+790

La tratta tra le pk 34+300 e 35+790 è stata suddivisa in tre parti, separate da brevi sezioni in cui il tracciato interseca, in superficie, dei piccoli laghi artificiali; queste ultime sono descritte nel paragrafo successivo.

Assetto geologico: in questa tratta è previsto lo scavo all'interno delle Argille di Lugagnano (aL). Non sono previste discontinuità strutturali significative, che peraltro all'interno delle argille non avrebbero probabilmente un ruolo idrogeologico molto marcato.

Il tunnel ha al di sopra della volta una copertura in argille di spessore molto ridotto, variabile tra 8-10 m all'inizio e meno di 4 m verso il termine; su questo diaframma sottile appoggiano le alluvioni fl2, con uno spessore compreso tra 5 e 8-10 metri. Questo strato di alluvioni non contribuisce efficacemente al sostegno dello scavo, trattandosi per lo più di depositi sciolti, solo localmente cementati. Al contrario, il carico litostatico andrà a gravare passivamente sulla sottile volta impostata nel substrato prequaternario.

Dal punto di vista del comportamento geomeccanico quindi è prevedibile che lo sviluppo della zona plastica al contorno dello scavo possa estendersi fino a raggiungere l'interfaccia substrato/depositi. Questo potrà indurre deformazioni e subsidenze a livello della superficie.

Permeabilità/connettività: in questa tratta non è prevista l'intersezione con discontinuità importanti e il grado di permeabilità ipotizzato per il substrato argilloso allo stato indisturbato è molto basso, con corrispondente connettività ridotta.

Tuttavia, dal momento che nella zona plastica è possibile lo sviluppo di permeabilità anche piuttosto rilevanti, si potrà probabilmente stabilire una connessione idraulica tra lo scavo e l'acquifero residente nei depositi alluvionali quaternari.

Carichi idraulici: i carichi idraulici stimati sono variabili nell'intervallo tra 0 e 20 m, essendo la tratta situata nella zona di pianura. I sondaggi XA301G022, XA301G023 e XA301B043 hanno messo in evidenza un livello d'acqua pari a circa 2 m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02 Foglio 19 di 28

Portate massime transitorie: le portate massime transitorie stimate sono ipotizzate inferiori a 0.16 l/s/10 m, con un possibile aumento fino a 0.4 l/s/10 m in presenza di livelli meno cementati e/o fratturati. Non si escludono portate più elevate (localmente fino a 2 l/s/10 m) nel caso che si instauri una connessione idraulica significativa tra galleria e alluvioni quaternarie lungo la zona plastica al contorno del cavo, o nel caso in cui dovesse venire intercettata dallo scavo la superficie di appoggio basale dei depositi alluvionali. Ciò sarà probabile con maggiore frequenza al di là della pk 34+900 circa.

7.1.3 *Tratta pk 34+675 / 34+715, pk 34+885 / 34+990, pk 35+790 / 35+870*

Assetto geologico: in queste tre tratte è previsto lo scavo all'interno delle Argille di Lugagnano (aL), in condizioni del tutto analoghe a quelle descritte nel paragrafo precedente.

L'unico elemento in base al quale queste tre tratte sono state differenziate è la presenza, in superficie, nelle immediate vicinanze dell'asse del tracciato, di altrettanti specchi d'acqua, probabilmente dei piccoli bacini artificiali, di cui non si conosce la batimetria. Il tracciato del binario pari passa solamente nelle vicinanze di questi laghetti, che interessano invece direttamente l'asse dal binario dispari.

Dal punto di vista del comportamento geomeccanico è prevedibile che lo sviluppo della zona plastica al contorno dello scavo si estenda fino a raggiungere l'interfaccia substrato/depositi, inducendo potenziali deformazioni e subsidenze a livello della superficie.

Permeabilità/connettività: in questa tratta non è prevista l'intersezione con discontinuità importanti e il grado di permeabilità ipotizzato per il substrato argilloso allo stato indisturbato è molto basso, con corrispondente connettività ridotta.

Tuttavia, dal momento che nella zona plastica è possibile lo sviluppo di permeabilità anche piuttosto rilevanti, si potrà probabilmente stabilire una connessione idraulica tra lo scavo e l'acquifero residente nei depositi alluvionali quaternari.

Carichi idraulici: i carichi idraulici stimati sono variabili nell'intervallo tra 0 e 20 m, essendo la tratta situata nella zona di pianura. I sondaggi XA301G022, XA301G023 e XA301B043 hanno messo in evidenza un livello d'acqua pari a circa 2 m.

Portate massime transitorie: le portate massime transitorie stimate sono ipotizzate inferiori a 0.16 l/s/10 m, con un possibile aumento fino a 0.4 l/s/10 m in presenza di livelli meno cementati e/o fratturati.

Data la presenza di specchi d'acqua di cui non si conosce la batimetria e di una copertura molto bassa, si ipotizza la possibilità di afflussi elevati in presenza di eventuali settori detensionati generati dalla zona di plasticizzazione al contorno dello scavo.

Non si escludono quindi portate più elevate (localmente fino a 2 l/s/10 m) nel caso che si instauri una connessione idraulica significativa tra galleria e alluvioni quaternarie lungo la zona plastica al contorno del cavo, o nel caso in cui dovesse venire intercettata dallo scavo la superficie di appoggio basale dei depositi alluvionali.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02
	Foglio 20 di 28

7.1.4 Tratta pk 35+870 / 36+000

Assetto geologico: in questa tratta è previsto lo scavo all'interno delle Argille di Lugagnano (aL). Non sono previste discontinuità strutturali significative, che peraltro all'interno delle argille non avrebbero probabilmente un ruolo idrogeologico molto marcato.

La copertura in argille al di sopra della volta va progressivamente riducendosi, fino alla comparsa delle alluvioni in calotta, in un punto imprecisato verso la fine della tratta.

Il materasso alluvionale ha sempre uno spessore abbastanza costante di 8-10 m e ospita una falda freatica con superficie ubicata tra 2 e 5 m dal p.c. Questo strato di alluvioni non contribuisce efficacemente al sostegno dello scavo, trattandosi per lo più di depositi sciolti, solo localmente cementati. Al contrario, il carico litostatico andrà a gravare passivamente sulla sottile volta impostata nel substrato prequaternario, e quindi direttamente sulla calotta del tunnel.

Dal punto di vista del comportamento geomeccanico, lo sviluppo della zona plastica al contorno dello scavo si estenderà sicuramente fino a raggiungere l'interfaccia substrato/depositi. Questo potrà indurre deformazioni e subsidenze a livello della superficie, anche indotte da sovrascavo.

Le stesse subsidenze potranno interessare, in assenza di contromisure preventive, i depositi alluvionali una volta che questi vengano intercettati in calotta.

Permeabilità/connettività: in questa tratta non è prevista l'intersezione con discontinuità importanti e il grado di permeabilità ipotizzato è molto basso, con corrispondente connettività ridotta.

Tuttavia la ridottissima copertura in argille e la presenza di alluvioni in calotta, verso la fine della tratta, indurranno sicuramente un aumento della connettività tra l'intorno della galleria e le alluvioni sature.

Carichi idraulici: i carichi idraulici stimati sono imposti dalla quota della superficie piezometrica nelle alluvioni, e sono stimabili in circa 4-10 m sopra alla volta, valutando in base ai dati disponibili un livello d'acqua abbastanza prossimo alla superficie (primi 3 metri dal piano campagna).

Portate massime transitorie: le portate massime transitorie stimate sono ipotizzate nell'ordine di 0.4 l/s/10 m, localmente inferiori (tra 0.4 e 0.16 l/s/10 m), più spesso superiori, fino a 2 l/s/10 m, soprattutto nella seconda parte della tratta considerata, dove la calotta si avvicinerà alle alluvioni.

7.1.5 Tratta pk 36+000 / 36+280.64

Assetto geologico: in questa tratta è prevista la presenza di un fronte di scavo misto, con le Argille di Lugagnano (aL) che andranno a occupare tutta la sezione inferiore e i depositi alluvionali riferibili al terrazzo fluviale del T. Scrvia in calotta.

Non sono previste discontinuità strutturali significative, che peraltro all'interno delle argille non avrebbero probabilmente un ruolo idrogeologico molto marcato.

La comparsa delle alluvioni in calotta avverrà in un punto al momento imprecisato, dato che la superficie di appoggio è suborizzontale; per questo motivo, le alluvioni potrebbero anche comparire

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 21 di 28</p>

e scomparire ripetutamente, anche per la possibile presenza di avvallamenti e paleoalvei sepolti; in ogni caso, lo spessore delle argille eventualmente presenti in calotta sarà sempre esiguo.

Il materasso alluvionale ha sempre uno spessore abbastanza costante di 8-10 m e ospita una falda freatica con superficie ubicata tra 2 e 5 m dal p.c. Questo strato di alluvioni non contribuisce efficacemente al sostegno dello scavo, trattandosi per lo più di depositi sciolti, solo localmente cementati. Al contrario, il carico litostatico andrà a gravare passivamente sulla sottile volta impostata nel substrato prequaternario, e quindi direttamente sulla calotta del tunnel.

Dal punto di vista del comportamento geotecnico/geomeccanico, sono prevedibili deformazioni e subsidenze a livello della superficie, anche indotte da sovrascavo, in assenza di misure di consolidamento e sostegno adeguate.

Permeabilità/connettività: in questa tratta non è prevista l'intersezione con discontinuità importanti e il grado di permeabilità ipotizzato per il substrato delle Argille Azzurre è molto basso, con corrispondente connettività ridotta.

Tuttavia vi sarà per tutta la tratta una connessione idraulica diretta con le alluvioni quaternarie.

Carichi idraulici: i carichi idraulici stimati sono imposti dalla quota della superficie piezometrica nelle alluvioni, e sono stimabili in circa 4-10 m sopra alla volta, valutando in base ai dati disponibili un livello d'acqua abbastanza prossimo alla superficie (primi 3 metri dal piano campagna).

Portate massime transitorie: Data la presenza in questo tratto di una copertura esigua e/o di un contatto diretto con la base delle alluvioni quaternarie, si ipotizzano cautelativamente possibili afflussi elevati (fino a 2 l/s/10 m).

7.2 Interferenze con le risorse di superficie

Le risorse idriche di superficie con le quali potrà interferire la galleria in esame sono costituite unicamente da pozzi. Per questa tratta il grado di pericolosità d'interimento è stato valutato secondo un modello analitico basato sulla formula di Perrochet e Musy (1992), per un inquadramento generale circa le metodologie adottate si faccia riferimento alla Relazione Idrogeologica Generale (GE00-IG51-00-E-CV-RO-GE00-02-001-A00 e revisioni successive).

La tratta si sviluppa in un contesto di pianura in cui la falda è ospitata in un acquifero poco potente, rappresentato da un mezzo poroso quale i depositi fluviali medi (fl2), poggianti al di sopra del substrato. La tratta è localizzata su un terrazzo di origine alluvionale che poggia su un substrato costituito da sud verso nord dalla Formazione di Cassano Spinola e dalle Argille di Lugagnano. La falda si sviluppa all'interno dei depositi alluvionali (fluviale medio) di cui si ipotizza uno spessore maggiore verso est, tendente a rastremarsi verso ovest, con direzioni di deflusso da SE verso NW. Le fasce di possibile drenaggio da parte della galleria sono state ipotizzate tenendo quindi conto sia dei parametri sopra elencati che del contesto idrogeologico.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02		Foglio 22 di 28

Nella Tabella 2 sono riportati i valori di pericolosità d'interilimento delle risorse idriche superficiali calcolati per i pozzi di cui è stato possibile reperire delle informazioni.

Nella figura 14 sono invece riportati i vari pozzi presenti nell'intorno dell'opera con i relativi cromatismi riferiti al grado di pericolosità d'insterilimento.

N POZZ	x coord	y coord	Comune	Profon	Livell	uso	quota	pointid	monit	DHI
PNL213	1485605,559	4955820,0454	Novi Ligure	998	5	NO USO	205	389		nd
PNL212	1485310,5773	4955687,0307	Novi Ligure	11	7,1	NO USO	206	390		1
PNL211	1486193,6005	4955006,6788	Novi Ligure	7	5,5	NO USO/IRRI	210	392		1
PNL112	1486207,6027	4954697,8592	Novi Ligure	8	1	DOMESTICO/I	217	500	si	4
PNL16/b	1485477,8687	4955459,4411	Novi Ligure	0	0		210	561	si	1
PNL77	1485139,2906	4955965,2606	Novi Ligure	8,5	998	DOMESTICO/I	205	568		1
PNL78	1485106,0619	4955987,2326	Novi Ligure	8,5	998	DOMESTICO/I	205	569		1
PNL146	1486648,6767	4954330,5029	Novi Ligure	8,3	6,3	DOMESTICO	223	587	si	1
PNL111	1485976,239	4954756,8932	Novi Ligure	12	2	DOMESTICO/I	217	600	si	1
PNL110	1486020,2950	4954724,7250	Novi Ligure	15	5	DOMESTICO/I	218	601		1
PNL125	1486151,1798	4954301,8515	Novi Ligure	8	998	IRRIGUO	224	627	si	1
PNL124	1486172,5632	4954274,6151	Novi Ligure	14	998	IRRIGUO	224	628		1
PNL128	1486286,2386	4954159,1966	Novi Ligure	9	7	DOMESTICO	227	629	si	1
PNL129	1486249,5688	4954199,5016	Novi Ligure	9	7	IRRIGUO	226	630		1
PNL130	1486221,4557	4954179,9595	Novi Ligure	8	6	DOMESTICO	226	631		1
PNL122	1486082,9261	4954143,0485	Novi Ligure	10	6,5	IRRIGUO	231	632		1
PNL133	1486110,7223	4954105,7046	Novi Ligure	998	998	998	233	633		nd
PNL123	1486137,9571	4954163,6248	Novi Ligure	11	2,5	DOMESTICO/I	228	634		1
PNL132	1486167,5536	4954110,4049	Novi Ligure	10	7,5	IRRIGUO	231	635		1
PNL131	1486191,7205	4954142,1776	Novi Ligure	10	8	DOMESTICO	228	636		1
PNL114	1486360,1956	4954584,3964	Novi Ligure	5	998	DOMESTICO	216	735	si	4
PNL113	1486382,4206	4954633,6090	Novi Ligure	10	1	DOMESTICO	215	736	si	4
PNL120	1486096,6701	4954520,8963	Novi Ligure	998	998	998	220	737	si	nd
PNL119	1486160,1702	4954476,4462	Novi Ligure	998	998	998	221	738	si	nd
PNL118	1486168,1077	4954452,6336	Novi Ligure	10	998	IRRIGUO	221	739		2
PNL115	1486190,3328	4954446,2836	Novi Ligure	8	4	IRRIGUO	221	740	si	2
PNL116	1486220,4953	4954405,0085	Novi Ligure	8	4	IRRIGUO	222	741		2
PNL117	1486261,7704	4954397,0710	Novi Ligure	998	998	998	222	742	si	nd
66\1	1486273,6955	4954896,8845	Novi Ligure	10	0	IR	210	759		1
66\2	1486271,6954	4954904,8847	Novi Ligure	10	0	IR	211	760		1

Tabella 2 – Tabella riassuntiva in cui vengono indicate le caratteristiche dei vari pozzi presenti nell'intorno dell'opera.

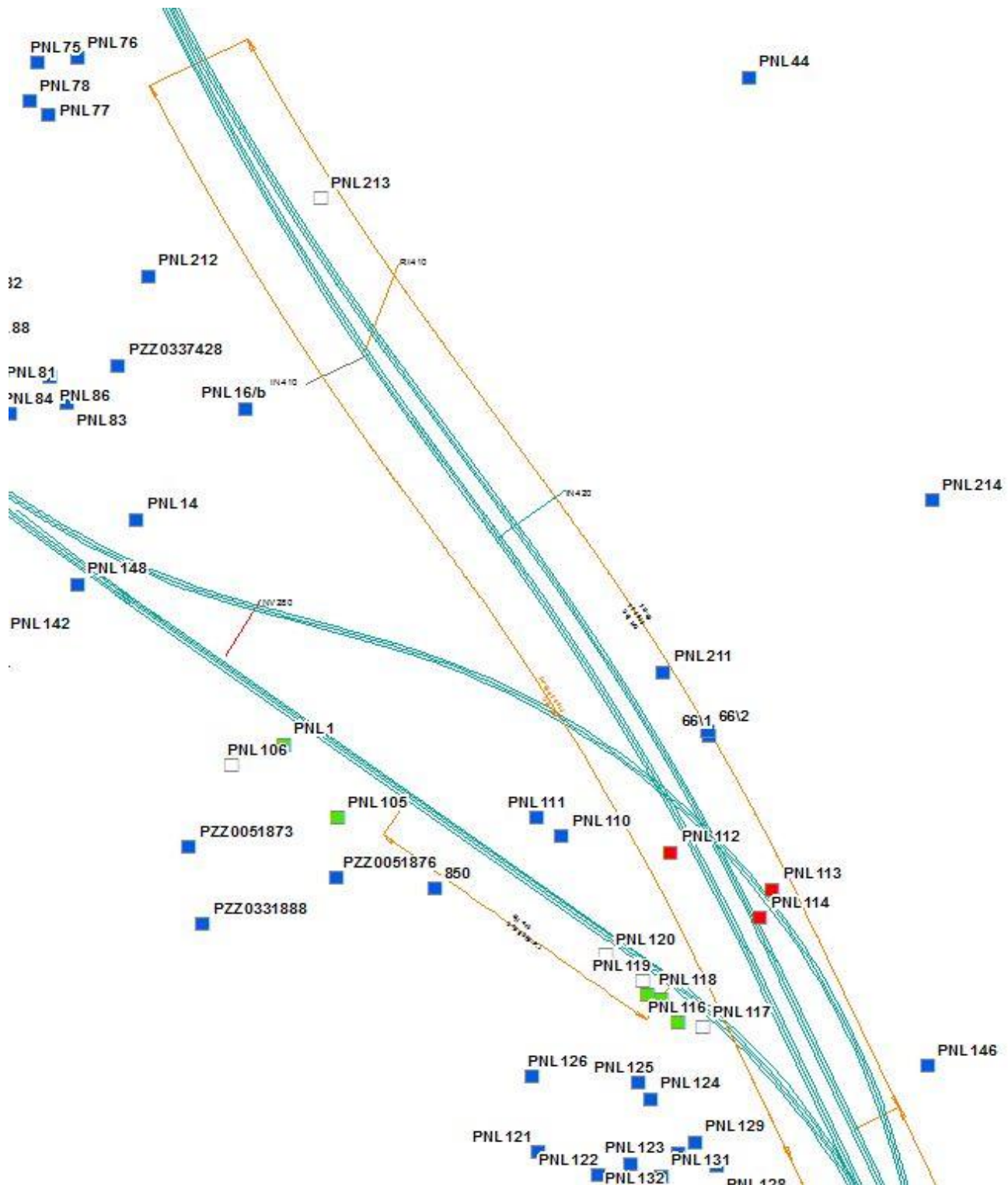


Figura 7a. Ubicazione dei pozzi e valori di pericolosità d'insterilimento in riferimento alle WBS GN1BC e GN1CB. Colore rosso: pericolosità alta; colore arancione: pericolosità media; colore verde: pericolosità bassa; colore blu: pericolosità nulla o trascurabile; colore bianco: dato non disponibile.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02</p>	<p>Foglio 24 di 28</p>

Sulla base di quanto riportato in figura 14 ed in tabella 15, emerge che i pozzi presentano i seguenti valori di pericolosità:

- PNL112, PNL113, PNL114 pericolosità elevata;
- PNL116, PNL118, PNL119 pericolosità bassa;
- PNL117, PNL119, PNL120 e PNL213 dati non disponibili.

Tutti i restanti pozzi presentano pericolosità da nulla a trascurabile.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02 Foglio 25 di 28

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 Alpi occidentali-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>IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02</p> <p>Foglio 26 di 28</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>IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 27 di 28</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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-03-E-CV-RO-GN1B-C0-001-A02</p>	<p>Foglio 28 di 28</p>

- 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.