

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

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

**PIAZZALE FABBRICATO SICUREZZA  
IMBOCCO SERRAVALLE SUD AL KM 29+398.06  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA**

|  |                      |
|--|----------------------|
| GENERAL CONTRACTOR                           | DIRETTORE DEI LAVORI |
| Consorzio<br><b>Cociv</b><br>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 J 0 0      | 0 0 1  | A    |

Progettazione :

| Rev | Descrizione             | Redatto | Data       | Verificato   | Data       | Progettista Integratore | Data       | IL PROGETTISTA |
|-----|-------------------------|---------|------------|--------------|------------|-------------------------|------------|----------------|
| A00 | Emissione               | GDP<br> | 10/01/2014 | Rocksoil<br> | 13/01/2014 | A. Palomba<br>          | 15/01/2014 |                |
| A01 | Revisione generale      | GDP<br> | 24/04/2015 | Rocksoil<br> | 27/04/2015 | A. Palomba<br>          | 30/04/2015 |                |
| A02 | Aggiornamento cartiglio | GDP<br> | 12/12/2016 | Rocksoil<br> | 12/12/2016 | A. Mancarella<br>       | 12/12/2016 |                |

n. Elab.:

File: IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02

CUP: F81H9200000008

|  |  |                   |
|--|--|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                   |
|  | IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02  | Foglio<br>2 di 28 |

## INDICE

|             |   |  |
|-------------|---|--|
| INDICE..... |   | 2  |
| 1           | PREMESSA.....   | 3  |
| 2           | NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....  | 3  |
| 3           | ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO.....  | 3  |
| 4           | INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....   | 4  |
| 4.1         | Evoluzione tettonostratigrafica del Bacino Terziario Piemontese (BTP).....                            | 4  |
| 4.2         | Caratteristiche stratigrafico-sedimentologiche delle unità del BTP interessate dall'opera in progetto | 6  |
| 4.2.1       | Marne di Cessole .....  | 8  |
| 4.3         | Unità pleistocenico-oloceniche .....  | 10   |
| 4.3.1       | Depositi alluvionali del bacino del T. Scrivia .....  | 10   |
| 4.3.2       | Depositi detritico-colluviali.....  | 15   |
| 5           | ASSETTO GEOMORFOLOGICO.....   | 15   |
| 5.1         | Attività antropiche .....   | 16   |
| 5.1.1       | Materiali di riporto .....  | 17   |
| 6           | INDAGINI GEOGNOSTICHE.....  | 17   |
| 7           | INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....   | 17   |
| 7.1         | Contesto idrogeologico generale .....   | 17   |
| 7.2         | Complessi idrogeologici .....   | 18   |
| 7.2.1       | Considerazioni generali.....  | 18   |
| 7.2.2       | Complesso 2 (fl3, fl3a, fl3b) .....   | <b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b> |
| 7.2.3       | Complesso 4 (c, d, aF) .....  | <b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b> |
| 7.2.4       | Complesso 9 (mA2, mC, mC1).....   | <b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b> |
| 7.2.5       | Terreno di riporto .....  | 23   |
| 7.3         | Assetto idrogeologico dell'area di intervento .....   | 24   |
| 8           | PROBLEMATICHE CONNESSE CON LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA ....   | 25   |
| 9           | BIBLIOGRAFIA .....  | 26   |

|  |   |
|--|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV<br/>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |
|  | <p>IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02</p> <p>Foglio<br/>3 di 28</p>  |

## 1 PREMESSA

Il presente rapporto riguarda la realizzazione dell'opera identificata dal codice WBS IN1J, relativa al piazzale del fabbricato di sicurezza adiacente all'imbocco sud della galleria naturale di Serravalle. 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".

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 e 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 e idrogeologici relativi alle aree di intervento;
- l'analisi e interpretazione delle immagini aeree disponibili;

|  |   |
|--|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV<br/>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |
|  | <p>IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>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: 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.sa Geol. A. Giorza, Dott.sa Geol. A. Musso, Dott. Geol. D. Varrone;
- idrogeologia, modellazione idrogeologica numerica, idrogeochimica: Dott. Geol. A. Baietto, Dott.sa Geol. A. Giorza;
- elaborazioni GIS e CAD: Dott.sa Geol. A. Musso, Dott.sa Geol. A. Giorza.

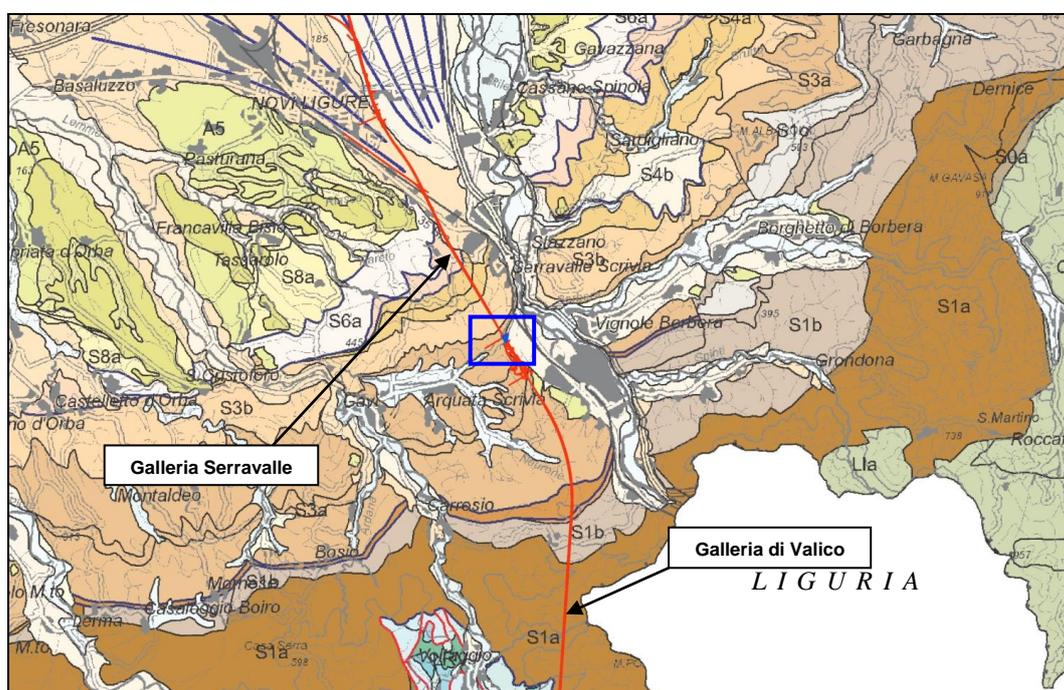
## 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area immediatamente adiacente all'imbocco sud della Galleria di Serravalle ricade all'interno delle successioni sedimentarie terrigene riferibili al settore meridionale del Bacino Terziario Piemontese (BTP) che a nord, verso la pianura alessandrina, sono sormontate dai depositi post-messiniani (Argille di Lugagnano/Argille Azzurre, Sabbie di Asti I.s. e "Villafranchiano" Auct.) e dai depositi alluvionali pleistocenico-olocenici del bacino di Alessandria, rappresentati in questo settore dai depositi del T. Scrivia (Figura 1).

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

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

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



**LEGENDA**

**Depositi alluvionali**

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

**Bacino Terziario Piemontese**

**S8a** Successioni marnoso-siltose zancleane; **S6a** Successioni terrigene messiniane; **S4c** Evaporiti e successioni euxiniche messiniane; **S4b** Corpi arenaceo-conglomeratici tortoniano-messiniani; **S4a** Successioni marnose tortoniano-messiniane; **S3b** Successioni arenaceo-pelitiche e arenacee serravalliano-tortoniane; **S3a** Successioni arenaceo-pelitiche e marnose burdigaliano-langhiane; **S2a** Successioni prevalentemente carbonatiche burdigaliane; **S1d** Depositi silicei aquitaniano-burdigaliani; **S1c** Corpi lenticolari arenaceo-conglomeratici rupeliano-aquitani; **S1b** Successioni marnose rupeliano-aquitani; **S1a** Successioni arenacee e arenaceo-pelitiche rupeliane; **S0a** Successioni marnose priaboniane.

**Dominio Ligure-Piemontese (unità non metamorfiche) - Flysch a Helminthoides dell'Appennino**

**L1a** Formazione del M. Antola, Formazione di Bruggi-Selvapiana, Argilliti di Pagliaro (Campaniano-Maastrichtiano p.p.); **L1c** Flysch di Monte Cassio (Cretaceo sup.-Eocene inf.?).

**Figura 1 – Estratto della nuova Carta Geologica del Piemonte in scala 1:250.000 (Piana et al., in prep.) con l'ubicazione dell'area di studio. La parte in bianco ricade in territorio ligure.**

Alla fine dell'Oligocene inferiore, il contesto geodinamico regionale viene modificato dall'apertura del Bacino Ligure-Provenzale. Di conseguenza, tra l'Oligocene superiore e il Miocene medio, la

|   |  |
|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |
|   | IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02 <div style="float: right;">Foglio<br/>6 di 28</div>                    |

cinematica di questa parte della catena alpina viene influenzata dagli eventi tettonici coevi alla costruzione della catena appenninica e la parte occidentale del bacino di retroforeland alpino viene incorporato in una nuova catena, ora a vergenza appenninica, differenziandosi in diversi domini tettonostratigrafici, costituiti da successioni sedimentarie solo parzialmente confrontabili:

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

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

In posizione interna rispetto al thrust belt sud-padano si riconoscono due settori in subsidenza (Alessandria e Savigliano), la cui evoluzione post-pliocenica è da mettere in relazione a strutture compressive tardo mioceniche-attuali. In queste aree sono stati riconosciuti oltre 3.000 m di sedimenti plio-quadernari (Pieri & Groppi, 1981).

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

Nell'intento di garantire una continuità tra la terminologia adottata in fase di Progetto Definitivo e Esecutivo, senza tuttavia tralasciare le informazioni derivanti dai dati di letteratura più recenti, sono state realizzate due tabelle (Tabella 1 e Tabella 2) in cui è messa a confronto la nomenclatura derivante dalla cartografia ufficiale e quella impiegata in fase di Progetto Esecutivo.

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

## **4.2 Caratteristiche stratigrafico-sedimentologiche delle unità del BTP interessate dall'opera in progetto**

Il settore interessato dall'opera in progetto si colloca in un settore che ha, come substrato, i litotipi riferibili alla formazione delle Marne di Cessole. La descrizione di seguito riportata è relativa agli studi di dettaglio condotti in fase di Progetto Esecutivo, nelle aree oggetto d'intervento, implementati con informazioni provenienti dal Progetto Definitivo nonché dai dati presenti in letteratura.

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

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

| Carta Geologica d'Italia<br>Foglio 70 "Alessandria"<br>1:100.000           | Carta Geologica del Piemonte<br>1:250.000 (in prep.) |   | Tratta AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi"                     |  |
|--|--|---|---|--|
|  |  |   | PROGETTO DEFINITIVO   | PROGETTO ESECUTIVO   |
| A3 – Alluvioni attuali   | DEPOSITI FLUVIALI DEL<br>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. |   |  |
| A <sup>1</sup> /F <sup>13</sup> – Fluviale recente                         |  | A3 – Depositi fluviali del Pleistocene sup.                       | f13- Fluviale recente   | f13 - Depositi fluviali recenti, Pleistocene sup.? - Olocene |
| F <sup>12</sup> – Fluviale medio   |  | A4 – Depositi fluviali del Pleistocene medio - sup.               | f12- Fluviale medio   | f12 - Depositi fluviali medi, Pleistocene medio - sup.       |
| F <sup>1</sup> – Fluviale antico<br>I <sup>2</sup> – Villafranchiano auct. |  | A5 – Depositi fluviali del Pleistocene medio                      | f11- Fluviale antico  | f11 - Depositi fluviali antichi, Pleistocene medio?          |
|  |  | A6 – Depositi fluviali del Pleistocene inf. - medio               |   |  |
| P <sup>3-2</sup> - Sabbie di Asti  | S9b – Sintema di Maranzana                           | vL – Villafranchiano auct. e Sabbie d'Asti, Pleistocene inf.      |   |  |
| P - Argille di Lugagnano, Pliocene   | SUCCESIONI POST-MESSINIANE                           | S8b – Successioni siltose e sabbioso-ghiaiose piacentiane         | aL - Argille di Lugagnano (Formazione delle Argille Azzurre), Zancleano |  |
|  |  | S8a – Formazione delle Argille Azzurre dello Zancleano            |   |  |

**Tabella 2 - 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.**

#### 4.2.1 Marne di Cessole

Questa formazione è costituita da alternanze di marne e marne siltose omogenee, bioturbate, in strati decimetrico-metrici, con intercalati strati centimetrico-decimetrici risedimentati siltosi e/o arenacei molto fini.

Localmente si osservano strati costituiti da arenarie fini e marne siltose (Figura 1), gradati, con alla base clay chips e al tetto peliti nerastre eterolitiche, bioturbate. Sono presenti gallerie di bioturbazione di diametro centimetrico e altre con diametro millimetrico (*Chondrites?*). Il contenuto fossilifero, localmente abbondante, è rappresentato da bivalvi a guscio sottile, gasteropodi e radioli di echinidi. Il passaggio alla sovrastante Formazione di Serravalle avviene in modo transizionale entro pochi metri.

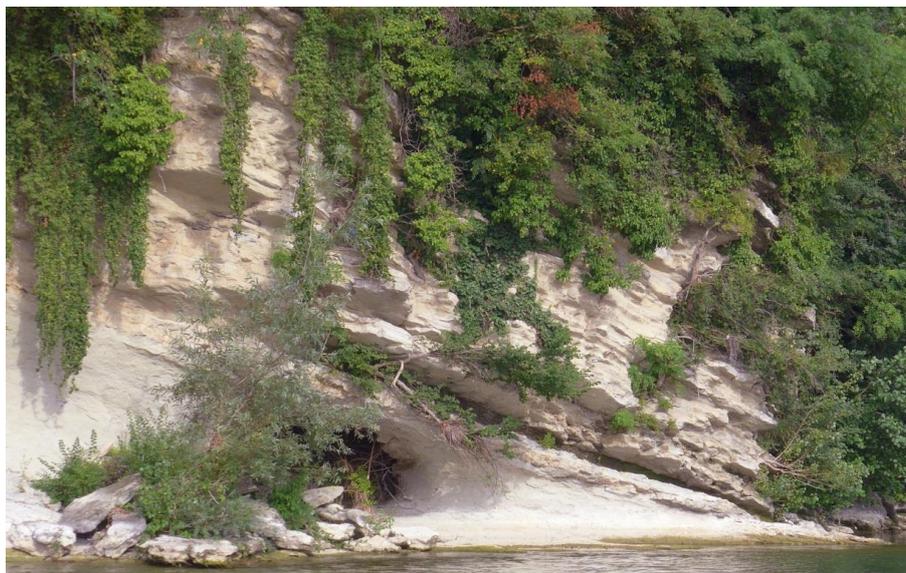
In prossimità della località Libarna è presente un intervallo di areniti e calcareniti gradate, risedimentate, con base erosionale (Figura 2). In fase di Progetto Definitivo questo intervallo di 10-15 m ca. di potenza è stato attribuito alla Formazione delle Arenarie di Serravalle, di cui ne rappresenterebbe la base. Tuttavia, data la presenza di un intervallo marnoso alla base e al tetto del suddetto livello, nonché la composizione dello stesso (calcareniti), si è ritenuto più opportuno riferirlo alla formazione delle Marne di Cessole, anche in accordo con la cartografia pregressa (Ghibaudo et. al., 1985; Boni & Casnedi, 1970).

Le Marne di Cessole sono interpretabili come depositi di piattaforma esterna passanti lateralmente a sedimenti di ambiente più profondo. Nella parte alta della formazione si trovano marne prevalenti a cui si intercalano livelli di arenarie gradate, a base erosiva, che rappresentano localizzati fenomeni di risedimentazione all'interno del bacino.

L'associazione a nannofossili calcarei è ricca e ben preservata e permette di riferire la formazione al Langhiano superiore.



**Figura 1:** Marne di Cessole lungo il T. Scrivia in prossimità della località Libarna. Sulla superficie dell'affioramento si osservano la stratificazione cm-dm, evidenziata da locali intervalli argillosi e ricchi di sostanza organica (grigio scuro) e un evidente sistema di giunti a spaziatura metrica.



**Figura 2:** Marne di Cessole lungo il T. Scrivia in prossimità della località Libarna. Base dell'intervallo calcarenitico risedimentato, sviluppato all'interno delle Marne di Cessole.

|   |  |
|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |
|   | IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>10 di 28</span>                 |

## 4.3 Unità pleistocenico-oloceniche

### 4.3.1 Depositi alluvionali del bacino del T. Scrivia

I depositi alluvionali del T. Scrivia occupano con continuità il fondovalle nel tratto compreso tra Rigoroso e Novi Ligure, mentre a nord di Novi Ligure essi formano un ampio conoide alluvionale che si apre a ventaglio sulla pianura alessandrina fino all'altezza di Tortona. Nell'area oggetto di 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 fondovalle principale.

Tali depositi 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 della posizione geometrica che essi occupano all'interno del bacino si sono potute distinguere in tre unità principali.

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

Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica più alta, compresa tra 305 e 225 m, è ubicato in prevalenza lungo i fianchi e in parte alla sommità dei rilievi collinari che sovrastano il conoide del T. Scrivia. Questi terrazzi sono modellati e delimitano arealmente i depositi fluviali antichi (fl1).

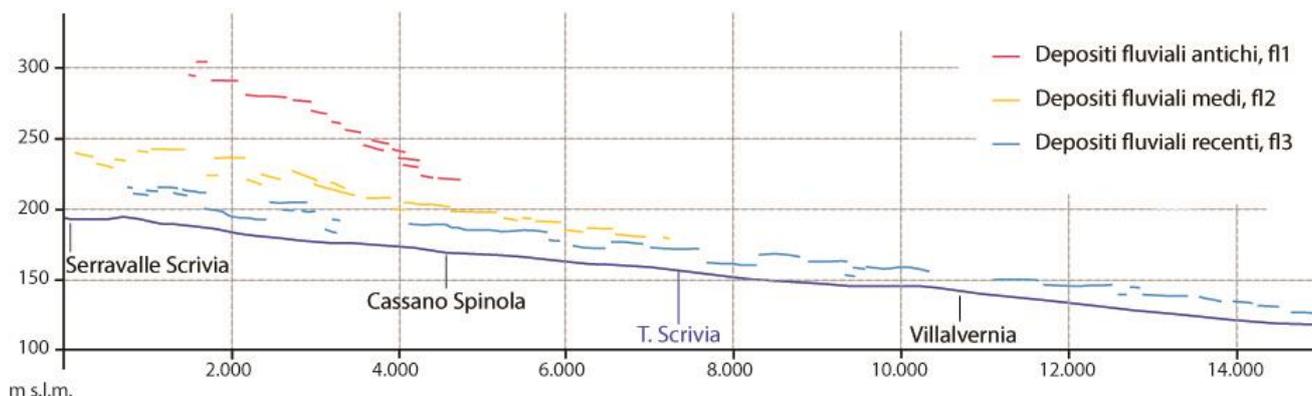
Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica intermedia, compresa tra 245 e 175 m, è ubicato in corrispondenza del conoide del T. Scrivia. Questi terrazzi delimitano le estese aree poco acclivi o pianeggianti sulle quali sorgono gli abitati di Serravalle Scrivia, Novi Ligure e, in parte, Pozzolo Formigaro. Questi terrazzi sono modellati e delimitano arealmente i depositi fluviali medi (fl2).

Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica inferiore, compresa tra 245 e 175 m, 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).

Nelle adiacenze dell'area di intervento, i depositi alluvionali risultano organizzati in due ordini di terrazzi principali:

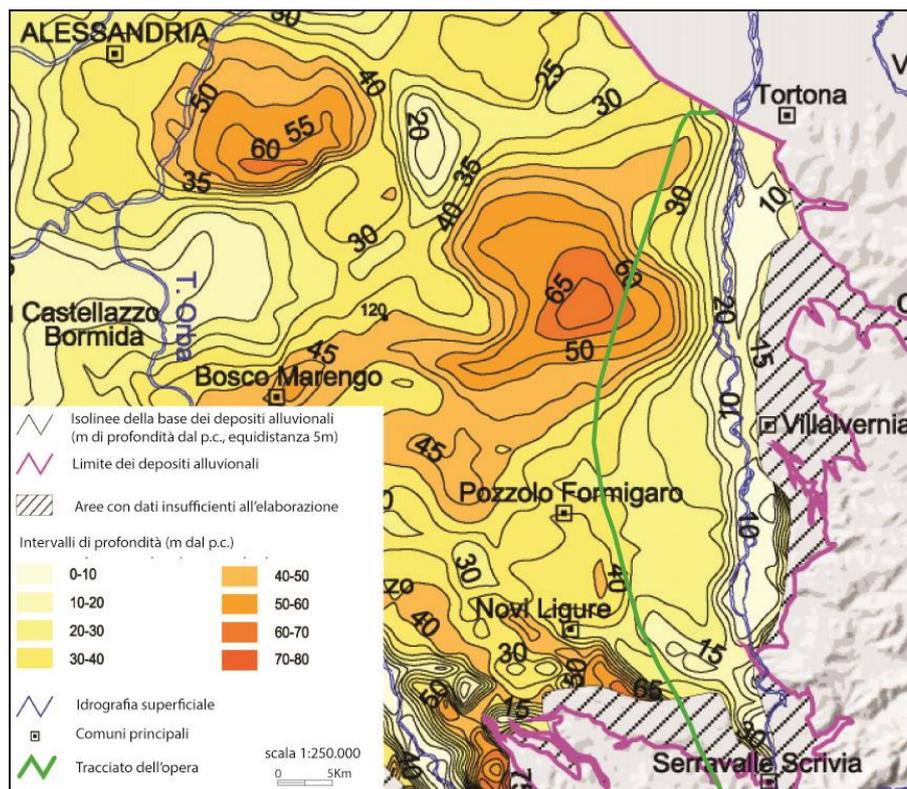
- i terrazzi più antichi, sopraelevati di 50-80 m ca. rispetto al fondovalle attuale, solo raramente sono associati a depositi, più frequentemente sono rappresentati esclusivamente da forme di erosione (lombi pianeggianti e/o in leggera contropendenza);
- i terrazzi più recenti, sopraelevati di 10-15 m ca. rispetto al fondovalle attuale, sono costituiti da depositi alluvionali recenti (fl3) con spessori che possono variare da pochi metri, in

prossimità del raccordo con i fianchi vallivi, a 10-15 m ca. in prossimità dell'asse vallivo principale.



m s.l.m.

**Figura 3: 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).**



**Figura 4: Carta schematica della profondità della superficie basale dei depositi alluvionali del settore alessandrino (adattato da Irace et al., 2009). Dalla carta emerge l'estrema irregolarità dell'andamento della superficie basale dei depositi alluvionali lungo il tracciato dell'opera (linea verde), da superficiale a mediamente profondo nei settori di Novi Ligure-Pozzolo Formigaro, con un evidente depocentro nel settore tra Villalvernia e Tortona.**

Nel complesso, i depositi fluviali del bacino dello Scrivia poggiano, da sud a nord, con una superficie di discontinuità stratigrafica sulle successioni sedimentarie del Bacino Terziario Piemontese, sulle successioni post-Messiniane e sui depositi "Villafranchiani" auct. La superficie di

|   |  |
|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |
|   | IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>12 di 28</span>                 |

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 4).

### **Depositi fluviali antichi (f1)**

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, molto 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.

### **Depositi fluviali medi (f12)**

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 (f12) 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 5).

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 (f12) da quelli recenti (f13). I depositi fluviali medi (f12) 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.

|  |  |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>13 di 28</span>   |



**Figura 5: Sondaggio XA301B111, dettaglio dell'unità fl2.**

### **Depositi fluviali recenti (fl3)**

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

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

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

La superficie di appoggio basale, di natura erosiva, è modellata sul substrato costituito dalle successioni post-messiniane (Argille di Lugagnano, aL; Sabbie d'Asti e successione Villafranchiana auct., vL e localmente sull'Unità Antola). I depositi fluviali recenti (fl3a) non si trovano mai in affioramento e sono sempre ricoperti dall'unità indicata come fl3b dei depositi fluviali recenti.

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

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.



**Figura 6: Sondaggio XA301C087, dettaglio dell'unità f13a.**



**Figura 7: Sondaggio XA301C087, dettaglio dell'unità f13b.**

|  |   |
|--|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV<br/>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |
|  | <p style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>15 di 28</p>  |

### 4.3.2 Depositi detritico-colluviali

Dai rilievi eseguiti in sito, supportati dai dati dei sondaggi di recente realizzazione (SI40, SI42, SI49, è emerso che nel settore interessato dall'opera, come lungo tutta la base del versante sinistro della valle, nel tratto compreso tra Rigoroso e Arquata Scrivia, è presente una coltre detritico-colluviale piuttosto potente, che ricopre in continuità la parte inferiore dei versanti e il loro raccordo con il fondovalle, poggiando in parte anche sui depositi alluvionali recenti (f13). Lo spessore dei depositi colluviali varia da pochi metri a 15-20 m circa (in prossimità della base del versante).

Si tratta di depositi marnosi, argillosi e argilloso-siltosi, contenenti clasti centimetrico-decimetrici delle unità sottostanti da cui hanno preso origine, per effetto di processi chimico-fisici che hanno portato all'alterazione delle porzioni più superficiali delle unità sedimentarie del BTP affioranti nell'area. Questi depositi di alterazione e disgregazione, si sono quindi accumulati nella parte inferiore dei versanti, in prossimità del raccordo con le superfici alluvionali terrazzate, per effetto di meccanismi di trasporto misto (gravità/ruscigliamento) a carattere molto localizzato.

Localmente, il materiale colluviale viene rimobilizzato dai corsi d'acqua effimeri (rii e ruscelli) che solcano i versanti, in occasione degli eventi piovosi più intensi, o anche, sporadicamente, attraverso processi di tipo "mud flow" lungo i pendii. La rielaborazione di tali depositi e la loro rideposizione al piede dei versanti dà origine a forme di accumulo molto poco accentuate e spesso difficilmente riconoscibili, riferibili a piccoli conoidi detritico-alluvionali; i depositi di questi conoidi possono risultare interdigitati, in profondità, con le alluvioni terrazzate del fondovalle principale.

Attualmente, la maggior parte dei versanti è estesamente vegetata e non vi sono in genere evidenze di processi erosivi particolarmente intenso e/o di fenomeni di dissesto quiescenti o attivi, come anche documentato dal catalogo ufficiale dei fenomeni franosi IFFI.

## 5 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Nel tratto adiacente al tracciato ferroviario, la valle principale si sviluppa su una piana alluvionale terrazzata con andamento NW-SE, larga mediamente 1 km e caratterizzata da un gradiente morfologico con drenaggio mediamente orientato verso NE.

L'area di intervento si colloca al raccordo tra il versante collinare e il terrazzo alluvionale subpianeggiante presente in sinistra idrografica del T. Scrivia; il terrazzo è separato dall'alveo di piena ordinaria da un'evidente scarpata di erosione fluviale situata a E della S.P. dei Giovi e dell'area archeologica di Libarna. L'area di intervento non è dunque interessata dalla dinamica del T. Scrivia, il cui alveo corre a oltre 1000 m di distanza, con l'interposizione dell'ampio terrazzo alluvionale.

Sulla valle principale si affacciano diversi piccoli impluvi che incidono i versanti collinari caratterizzati da un profilo trasversale molto dolce che si raccorda gradualmente con i fianchi vallivi.

Al raccordo con i versanti, un settore a debole pendenza che può risultare più o meno esteso, è caratterizzato dalla presenza di accumuli discontinui di depositi detritico-colluviali, derivanti dal progressivo smantellamento dei rilievi. Allo sbocco sulla piana alluvionale dello Scrivia, le valli laterali sviluppano in genere dei piccoli conoidi alluvionali a morfologia poco pronunciata, poggianti

|  |  |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>16 di 28</span>   |

sulla superficie del terrazzo alluvionale principale. Il limite effettivo delle diverse forme di accumulo non è determinabile con esattezza, data la loro morfologia poco pronunciata e la sostanziale omogeneità litostratigrafia e tessiturale dei depositi.

La dinamica del reticolato idrografico secondario è attualmente inibita da interventi di regimazione e canalizzazione correlati allo sviluppo agricolo della zona; nell'area di indagine non si evidenziano processi deposizionali e/o di esondazione attivi; i conoidi sopra citati sono per lo più dissecati da piccoli alvei con drenaggio verso N o NE, approfonditi anche di alcuni metri rispetto al piano campagna.

La dinamica di versante nell'area interessata dall'opera è pressoché irrilevante, data la bassa acclività dei pendii. In occasione di forti piogge possono localmente innescarsi piccole frane per fluidificazione dei terreni della coltre detritica superficiale, di cui tuttavia non è stata riscontrata traccia durante i rilievi di terreno; gran parte dei versanti è attualmente colonizzata da bosco o da prati e coltivi.

L'area in questione è adiacente alla zona industriale di Libarna ed è stata interessata, in passato, da attività estrattive che hanno riguardato sia le marne del substrato, sia presumibilmente i depositi alluvionali ghiaiosi, come si può ipotizzare per la presenza di alcuni laghetti di cava in cui affiora la falda.

## 5.1 Attività antropiche

Il settore interessato dall'opera in progetto è stato interessato in passato, oltre al normale uso agricolo del suolo tuttora praticato e che determina la parziale modificazione delle forme naturali preesistenti, anche da attività estrattive che localmente hanno completamente stravolto l'originaria morfologia dell'area.

I siti principali in cui si sono sviluppate delle attività estrattive che si sono potute documentare sono:

- la cava in località Masseria Mulinara, della quale sono ancora parzialmente visibili sia il fronte, sviluppato a valle della S.P. 161, sia l'adiacente piazzale di cava, in parte colmato da materiale di riporto. L'ex area estrattiva è stata parzialmente occupata, verso valle, da insediamenti industriali che ne mascherano probabilmente l'originaria estensione; non si esclude quindi che nell'area circostante si possano trovare depressioni di origine non naturale, colmate da materiale di riporto, così come accumuli di riporto vegetati e non individuabili da una semplice indagine sul terreno.
- la cava in località Cascina Muriassi, segnalata nel Foglio Alessandria della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

Il piazzale oggetto di intervento ricade quasi interamente all'interno dell'area occupata dalla ex cava di Masseria Mulinara.

|  |  |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>17 di 28</span>   |

### 5.1.1 Materiali di riporto

I materiali di riporto sono costituiti da detriti eterogenei, di varia natura, da grossolani a fini e sono localizzati soprattutto in corrispondenza di settori precedentemente interessati da attività estrattive. Prevalentemente si tratta di scarti di cava, per cui risultano costituiti principalmente da materiale naturale rimaneggiato; non è possibile però escludere, data la natura delle attività, che a tale materiale naturale siano frammisti materiali di altra natura e provenienza, tra cui scarti di edilizia, laterizi, materiali plastici o legnosi, in proporzioni e quantità non determinabili.

Data la loro estrema eterogeneità e variabilità, è evidente che si tratta di materiali da scartare sia come substrato di fondazione, sia come materiale per la formazione di rilevati e terrapieni; il loro eventuale reimpiego locale dovrà essere valutato in fase di cantierizzazione dell'area, previa verifica dell'effettiva composizione e comportamento geotecnico. Dovrà essere tra l'altro verificato accuratamente e costantemente, in fase di scavo, che tra i materiali di provenienza diversa non siano presenti residui di eternit.

## 6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche ritenute significative per la ricostruzione geologico-idrogeologica del settore d'interesse sono di seguito elencate:

| codice                  | Fase progettuale | Caratteristiche/Descrizione   |
|-------------------------|------------------|---|
| SI40                    | PE               | Materiale di riporto, depositi colluviali, Depositi alluvionali, Marne di Cessole |
| L2-S15<br>L2-S15 quater | PE               | Materiale di riporto, depositi colluviali, Depositi alluvionali, Marne di Cessole |
| L2-S15 bis              | PE               | Materiale di riporto, depositi colluviali, Depositi alluvionali, Marne di Cessole |
| L2-S15 ter              | PE               | Materiale di riporto, depositi colluviali, Depositi alluvionali, Marne di Cessole |

Per una descrizione dettagliata dei singoli sondaggi si rimanda ai relativi elaborati.

## 7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

### 7.1 Contesto idrogeologico generale

Nell'area di intervento, il contesto idrogeologico naturale è caratterizzato dalla presenza di terreni superficiali con grado di permeabilità variabile da basso a medio-alto, rappresentati i) dalla coltre

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02  | Foglio<br>18 di 28 |

detritico-colluviale (c) e ii) dai depositi alluvionali recenti (fl3); i depositi superficiali appoggiano su un substrato costituito da litofacies torbiditiche e marnose, caratterizzato da un grado di permeabilità variabile da basso a molto basso e costituito dalle marne di Cessole (mC).

L'area è anche interessata dalla diffusa presenza di terreni di riporto eterogenei, rappresentati sia da cumuli ben individuabili, sia da possibili riempimenti di depressioni o vecchi scavi, con spessore fino ad alcuni metri, connessi con le trasformazioni antropiche di cui si è accennato in precedenza.

Nel complesso la morfologia dell'area è fortemente condizionata dall'attività antropica recente e passata e questi condizionamenti si riflettono sul modello idrogeologico della zona.

In termini generali, il modello di riferimento prevede una circolazione idrica nel sottosuolo che avviene essenzialmente all'interno dei depositi superficiali (depositi colluviali e alluvionali, ± terreni di riporto) ed eventualmente, o localmente, nella parte superiore, detensionata e alterata, del substrato prequaternario; il substrato pelitico-marnoso inalterato e poco permeabile costituisce la base dell'acquifero superficiale, che viene alimentato dall'infiltrazione lungo i versanti collinari situati a W dell'area; questa infiltrazione è condizionata dalle trasformazioni antropiche subite dalle aree circostanti, che hanno modificato sia la geometria del substrato e dei depositi superficiali, sia i coefficienti di infiltrazione locali.

La falda presente nei depositi superficiali è assimilabile a una falda libera, delimitata verso il basso dal substrato poco permeabile. Nella zona al piede del versante collinare la falda è quindi ospitata principalmente in un acquifero litologicamente eterogeneo, comprendente depositi detritico-colluviali, substrato alterato, terreni di riporto e, in parte, depositi alluvionali recenti; nella zona pianeggiante terrazzata situata a E dell'area di intervento, la falda superficiale si localizza prevalentemente all'interno dei depositi alluvionali recenti terrazzati (fl3).

## 7.2 Complessi idrogeologici

### 7.2.1 Considerazioni generali

L'area di studio è stata suddivisa, in base alla litologia e alle caratteristiche di permeabilità, in diversi complessi idrogeologici a 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 del substrato prequaternario nell'area di interesse è molto spesso anisotropa e il flusso avviene preferenzialmente lungo discontinuità più o meno diffuse al suo interno. A rigore, in contesti di questo tipo dovrebbero essere definite le permeabilità lungo i sistemi di frattura, ma ciò di fatto non è realistico per i seguenti motivi:

- alla scala dei versanti e, ancora di più, alla scala delle singole unità litostratigrafiche, le permeabilità delle singole fratture o dei singoli sistemi di frattura non sono particolarmente

significative, poiché la circolazione sotterranea avviene sempre lungo percorsi misti, che sfruttano più sistemi di discontinuità variamente interconnessi.

- Per definire il grado di permeabilità dei singoli sistemi di frattura sarebbero necessari studi di estremo dettaglio sullo stato di fratturazione, che varia da zona a zona, studi evidentemente non realizzabili nell'ambito di opere lineari di lunghezza plurichilometrica.
- Le prove idrauliche in foro, strumento principale attraverso cui viene definito il grado di permeabilità, restituiscono valori medi calcolati in una camera di prova che comprende generalmente più fratture.

Per le precedenti ragioni 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 seguenti classi di permeabilità:

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

**Tabella 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).**

Si precisa che nel prosieguo di questo rapporto in luogo del termine "permeabilità" spesso, ove si fa riferimento a valori fisici numericamente definiti, 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 m<sup>2</sup>) sarebbe in realtà una proprietà intrinseca dell'acquifero indipendente dal 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 ammassi, senza specifici riferimenti a valori fisici numericamente definiti.

|  |   |
|--|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV<br/>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |
|  | <p>IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>20 di 28</p>  |

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

I valori di conducibilità idraulica forniti si riferiscono a una scala decametrica o pluridecametrica, significativa per la dimensione delle opere in progetto. A scala metrica o plurimetrica potrebbero essere incontrati valori anche più elevati di quelli indicati nel presente rapporto e negli elaborati correlati, dal momento che a tale scala la permeabilità potrebbe essere governata dalle caratteristiche idrauliche di singole fratture. Questi elementi tuttavia spesso risultano poco interconnessi a scala maggiore, risultando ininfluenti per considerazioni idrogeologiche a scala medio-grande quale quella di interesse per il presente lavoro.

Per la caratterizzazione idrogeologica di dettaglio della zona in oggetto si dispone di una serie di sondaggi realizzati nelle diverse fasi progettuali (PP, PD, PE), in cui sono state realizzate prove di permeabilità, installati piezometri e eseguite misure di monitoraggio della falda.

L'attribuzione del grado di permeabilità ai terreni che interessano la zona in oggetto è quindi basata sui dati di permeabilità misurati nei sondaggi e disponibili in letteratura. Laddove non siano disponibili valori misurati, la stima della permeabilità è stata effettuata da osservazioni di terreno e per analogia con formazioni aventi caratteristiche idrodinamiche simili.

I terreni testati presentano, nella maggior parte dei casi, un grado di permeabilità primario da medio a basso, per i depositi superficiali e da basso a molto basso per il substrato.

L'opera in progetto è interamente realizzata in superficie, al di sopra di terreni detritici di varia natura, che rappresentano un acquifero dalla produttività e dalla connettività idraulica relativamente elevate, ma che, data la natura dell'intervento, verrà interessato solo marginalmente.

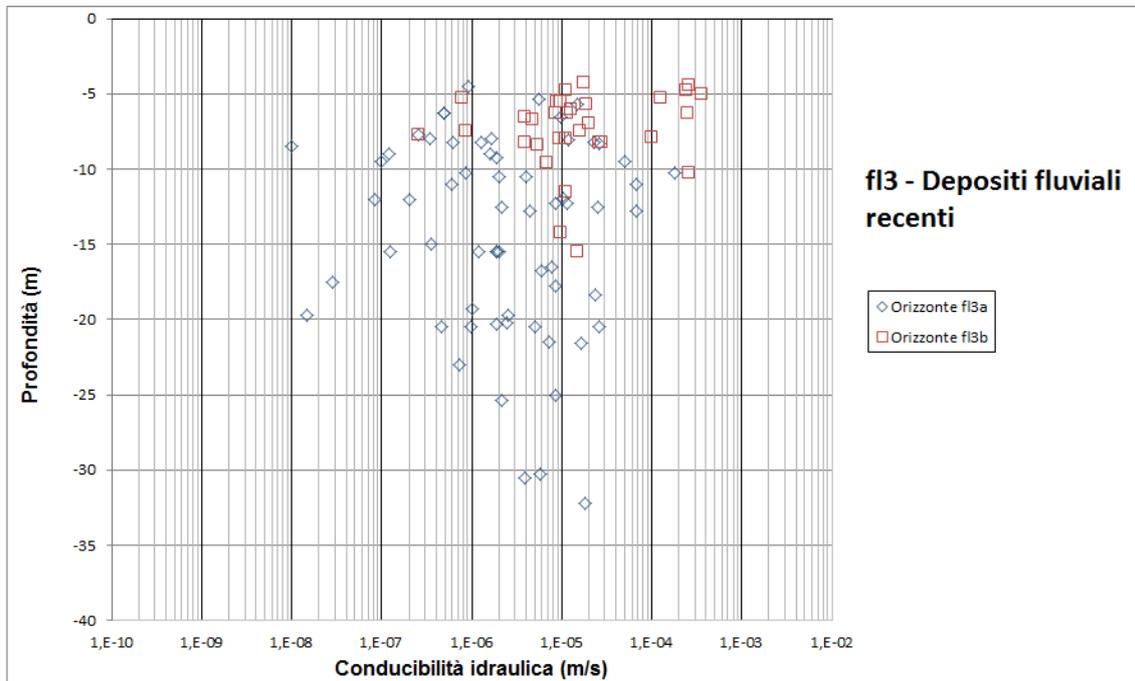
### 7.2.1 *Complesso 2 (f13)*

Questo complesso presenta una permeabilità primaria per porosità, trattandosi principalmente di depositi alluvionali a granulometria piuttosto grossolana che appartengono al livello litostratigrafico f13.

Per tale livello litostratigrafico f13, sulla base delle indagini eseguite (sondaggi, trincee, pozzetti esplorativi) è stato possibile introdurre una differenziazione tra un orizzonte, generalmente più profondo, meno permeabile, poiché composto da una più abbondante matrice limoso-argillosa (f13a), e un orizzonte maggiormente permeabile, costituito da una matrice sabbioso-ghiaiosa (f13b).

Alla luce di tale suddivisione litostratigrafica si giustifica quanto emerso dai test idraulici eseguiti, che suggeriscono una distribuzione bimodale della conducibilità idraulica. I depositi alluvionali f13a presentano in media conducibilità idrauliche comprese tra  $1E-07$  e  $1E-05$  m/s, mentre per i depositi f13b le conducibilità prevalenti si collocano nell'intervallo  $5E-06$  /  $5E-04$  m/s.

Non si possono escludere limitate variazioni verticali e laterali della permeabilità, principalmente per passaggi dei materiali grossolani a intercalazioni di materiali più fini, a granulometria sabbiosa. Effetti di compartimentazione sono comunque ritenuti possibili solo a scala locale.



**Figura 8. Grafico delle conducibilità idrauliche per i depositi alluvionali f13.**

Nell'area in oggetto i depositi f13 sono presenti con spessori ridotti al di sotto della coltre colluviale, in corrispondenza dell'opera in progetto e con spessori presumibilmente più elevati nell'area pianeggiante terrazzata posta a E dell'opera stessa.

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

Il complesso include depositi detritici di smantellamento e alterazione del substrato, la cui natura può variare da zona a zona, in funzione delle rocce del basamento da cui derivano: i litotipi ricchi in fillosilicati (es. argilloscisti) originano coltri detritiche e depositi gravitativi ricchi in matrice fine e, pertanto, caratterizzati da una permeabilità non particolarmente elevata; per contro, i litotipi ricchi in minerali quarzo-feldspatici o comunque non fillosilicatici originano coltri detritiche con granulometria più grossolana, meno ricchi in matrice fine e, pertanto, più permeabili.

Per i litotipi di questo complesso non esistono test di permeabilità, dal momento che perlopiù essi non interessano direttamente le opere in progetto. Tuttavia, sulla base delle considerazioni precedenti, si può ipotizzare che esista nell'area una distribuzione bimodale della permeabilità, con depositi a permeabilità elevata e depositi a permeabilità media, o comunque non particolarmente elevata.

La permeabilità è comunque sempre legata alla porosità primaria; pur in assenza di test idraulici si può stimare che i depositi a granulometria più grossolana abbiano conducibilità idrauliche

|  |  |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>22 di 28</span>   |

dell'ordine di 1E-03 - 1E-04 m/s. I depositi derivanti da litotipi ricchi in fillosilicati hanno invece, presumibilmente, conducibilità idrauliche dell'ordine di 1E-06 - 1E-08 m/s. Valori di conducibilità idraulica intermedi sono anche possibili, ma verosimilmente poco frequenti.

La coltre e i depositi detritici di versante hanno spessore variabile, compreso in genere tra 1 e 5 m, localmente fino a 15-20 m, a seconda della posizione rispetto al versante e del substrato da cui derivano. Essi non determinano quindi mai acquiferi di grande importanza, bensì acquiferi sottili, locali e discontinui.

I depositi detritici e colluviali appoggiano su un substrato disarticolato e alterato. Lo spessore dello strato d'alterazione del substrato può essere di alcuni metri fino ad alcune decine di metri. Idrogeologicamente, questo livello di alterazione può ancora essere considerato come parte del deposito detritico o colluviale, sebbene con l'aumentare della profondità si passi da un contesto a permeabilità quasi esclusivamente per porosità, ad un contesto misto di permeabilità per fratturazione e porosità, a seconda del grado di allentamento dell'ammasso roccioso.

I depositi colluviali dell'area di progetto, essendo principalmente sviluppati a spese di litotipi pelitico-marnosi (Marne di Cessole), presentano granulometria pelitica. Per questo motivo, in termini generali, il grado di permeabilità loro attribuito è medio-basso, dell'ordine di 1E-07 ÷ 1E-08 m/s.

Questi depositi sono stati testati con prove di permeabilità Lefranc, con i seguenti risultati: a 5.4 m di profondità  $K = 2,1E-08$ ; a 15 m di profondità la prova eseguita ha mostrato assorbimento nullo.

### 7.2.1 Complesso 9 (mA2, mC, mC1)

I litotipi facenti parte di questo complesso sono marne calcaree e calcareniti mediamente cementate, in cui è presente una componente di porosità primaria trascurabile e ove la permeabilità è sostanzialmente legata al grado di fratturazione dell'ammasso roccioso. Le fratture, sviluppandosi comunque in litotipi a componente marnosa, risultano perlopiù poco conduttive.

I test idraulici disponibili sull'intera area di progetto indicano per l'ammasso roccioso al di fuori delle zone di faglia, conducibilità idrauliche prevalenti variabili tra 1E-07 e 1E-09 m/s, meno frequentemente tendenti 1E-10 m/s, come evidenziato dal diagramma di **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** Questi ultimi valori possono essere riconducibili a situazioni locali in cui la frazione limoso-argillosa è predominante, abbassando ulteriormente i valori di conducibilità dell'ammasso roccioso.

Dall'analisi dei sondaggi è stata individuata un'unica zona di faglia ove sono state eseguite delle prove idrauliche (**Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.**). Dalle osservazioni di terreno e dall'unico dato disponibile si possono stimare valori di conducibilità idraulica dell'ordine di 1E-07/1E-09 m/s, compatibili con una variazione della conducibilità legata alla percentuale di materiale fine limoso-argilloso che può inoltre indurre un effetto di compartimentazione, sebbene di scarsa rilevanza data la bassa permeabilità media dell'ammasso.

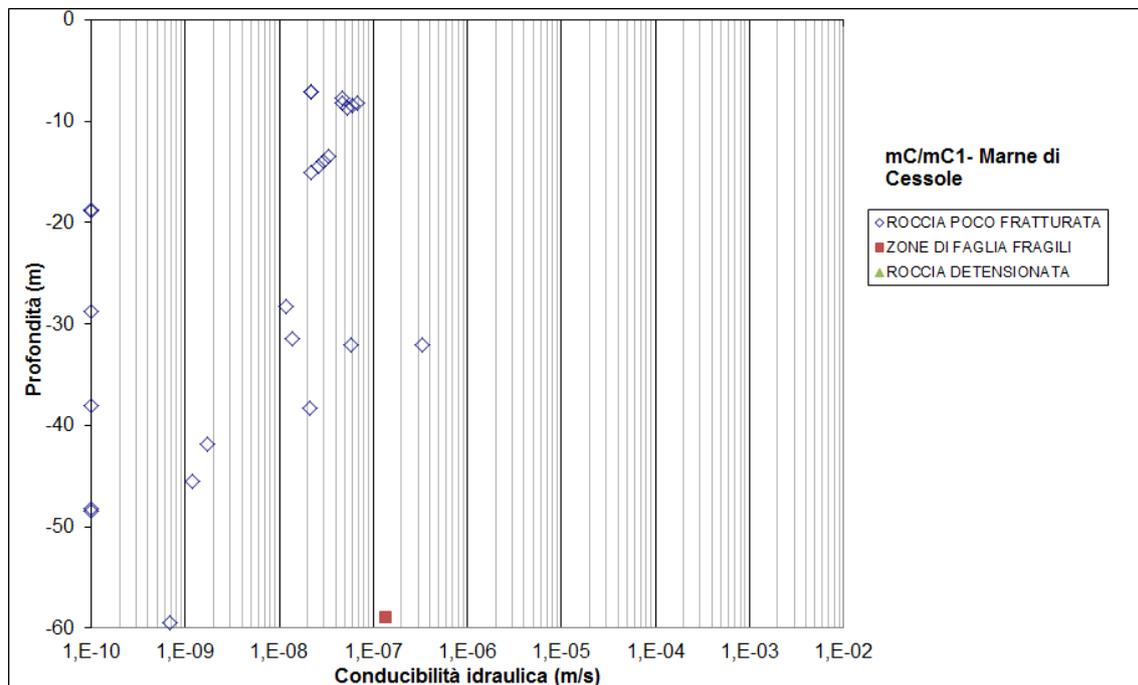


Figura 9. Grafico delle conducibilità idrauliche delle marne di Cessole.

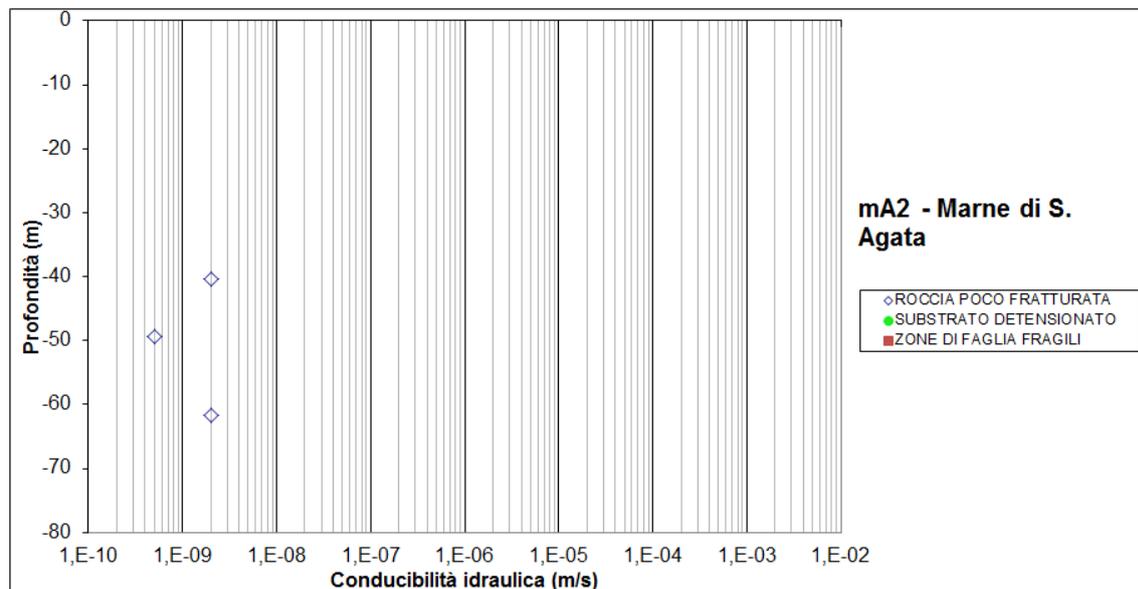


Figura 10. Grafico delle conducibilità idrauliche delle marne di Sant'Agata Fossili, livello mA2.

### 7.2.2 Terreno di riporto

Questi materiali non sono stati classificati come complesso idrogeologico, data la loro significatività pressoché nulla in tal senso.

Solo in relazione all'opera in progetto essi possono risultare di qualche interesse poiché la realizzazione del piazzale è prevista in corrispondenza di una ex area di cava, dove sono presenti riporti consistenti di materiale, di spessore di alcuni metri, che potrebbero risultare parzialmente

|  |  |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02  |
|  | Foglio<br>24 di 28   |

saturo e in connessione diretta con la falda ospitata nei depositi quaternari (complessi idrogeologici 1 e 2).

In ragione della loro eterogeneità composizionale, questi materiali hanno un grado di permeabilità difficilmente quantificabile, che si presume comunque alto o molto alto dato il loro forte rimaneggiamento; permeabilità relativamente basse, comunque significative, possono caratterizzare il materiale cavato da formazioni a forte componente siltoso-pelitica come le Marne di Cessole. In relazione al loro scarso stato di addensamento, il grado di permeabilità dei depositi antropici, pur se provenienti da terreni con permeabilità bassa o molto bassa, può essere stimato da molto alto ( $K > 1E-04$ ), a medio ( $K$  nell'ordine di  $1E-06$ ).

Non sono disponibili dati da prove di permeabilità in foro per i terreni di riporto presenti nella ex cava di località Masseria Mulinara; questi possono rappresentare un mezzo acquifero unicamente laddove raggiungano spessori elevati.

### 7.3 Assetto idrogeologico dell'area di intervento

Come descritto nel paragrafo dedicato all'inquadramento geomorfologico, l'area di intervento è situata alla base del versante sinistro della Valle Scrivia, al raccordo con il terrazzo alluvionale sinistro del T. Scrivia, a sua volta separato dall'alveo di piena ordinaria da una scarpata di erosione.

L'area è sufficientemente lontana dal T. Scrivia da non essere interessata dalla dinamica fluviale del corso d'acqua principale; alcuni piccoli impluvi con direzione di deflusso da NNW a SSE si immettono sul terrazzo alluvionale, che è a sua volta interessato da un reticolato idrografico secondario, parzialmente canalizzato in relazione allo sviluppo agricolo della zona.

Pur in mancanza, al momento, di dati piezometrici specifici relativamente al sito di intervento, si ipotizza in quest'area, per analogia con quanto riscontrato nelle vicinanze, la presenza di una falda libera residente nei depositi alluvionali e nella coltre detritico-colluviale e confinata, alla base, dal substrato rappresentato dalle Marne di Cessole, a permeabilità bassa - molto bassa. La falda è alimentata principalmente dal ruscellamento diffuso lungo il versante e per infiltrazione dal reticolato idrografico superficiale.

Nell'intorno dell'opera sono presenti circa 10 pozzi, ad uso principalmente irriguo e domestico, per alcuni dei quali sono disponibili informazioni sul livello statico della falda, la profondità e il tipo di utilizzo (Tabella 4). Dato il tipo di opera in progetto, che non prevede scavi e approfondimenti particolari e data la collocazione dei pozzi a quote superiori rispetto a quella del piazzale è prevedibile che non ci siano interferenze sostanziali con le risorse idriche presenti nell'intorno.

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
| IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02  |  | Foglio<br>25 di 28 |

| N  | Codice | X             | Y             | Comune        | Profondità | Livello statico falda | Fonte        | USO        | Quota | Monitoraggio ambientale |
|----|--------|---------------|---------------|---------------|------------|-----------------------|--------------|------------|-------|-------------------------|
| 1  | PSS09  | 1488388.07235 | 4950025.87161 | Serravalle S. | 8.2        | 5.2                   | Bollettinari | IRRIGUO    | 293   |                         |
| 2  | PSS10  | 1488426.49292 | 4950075.26594 | Serravalle S. | 4.0        | 0.5                   | Bollettinari | IRRIGUO    | 308   |                         |
| 3  | PSS17  | 1488582.68053 | 4950092.84062 | Serravalle S. | 4.0        | 0.5                   | Bollettinari | STAGIONALE | 278   |                         |
| 4  | PSS18  | 1488585.49383 | 4950128.69360 | Serravalle S. | 5.0        | 1.0                   | Bollettinari | IRRIGUO    | 279   |                         |
| 5  | PSS19  | 1488611.22241 | 4950137.42466 | Serravalle S. | 8.0        | 3.0                   | Bollettinari | IRRIGUO    | 275   |                         |
| 6  | PSS11  | 1488403.25085 | 4950160.25599 | Serravalle S. | 4.6        | 3.5                   | Bollettinari | IRRIGUO    | 342   | si                      |
| 7  | PSS16  | 1488617.15398 | 4950185.63620 | Serravalle S. | 5.0        | 2.2                   | Bollettinari | DOMESTICO  | 277   | si                      |
| 8  | PSS20  | 1488584.54319 | 4950196.22024 | Serravalle S. | 5.0        | 2.0                   | Bollettinari | IRRIGUO    | 291   | si                      |
| 9  | PSS30  | 1488488.46308 | 4950700.74621 | Serravalle S. | -          | -                     | Bollettinari | -          | 325   | si                      |
| 10 | PSS31  | 1488701.18851 | 4950896.00910 | Serravalle S. | -          | -                     | Bollettinari | -          | 322   |                         |

**Tabella 4 – Tabella riassuntiva dei pozzi presenti nella WBS in oggetto.**

## 8 PROBLEMATICHE CONNESSE CON LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

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

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

Dal punto di vista idrogeologico, è importante tenere conto del contesto antropizzato in cui andrà ad inserirsi l'opera e, in particolare, della la presenza di terreni di riporto nell'area della ex cava di Masseria Mulinara. I terreni di riporto formano cumuli irregolari, che colmano depressioni e vecchi scavi; essi sono inoltre molto eterogenei e molto permeabili nei confronti sia delle acque piovane, sia di eventuali acque o fluidi provenienti dalle aree di cantiere. In aggiunta, la falda libera si trova a pochi metri dalla superficie e risiede in terreni alluvionali relativamente permeabili.

Di conseguenza, la falda è 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<br/>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |
|  | <p style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>26 di 28</p>  |

## 9 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 style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN1J-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>27 di 28</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 e 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.
- 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 e 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-IN1J-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>28 di 28</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 e 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.
- 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 e 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.