

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**

**ADEGUAMENTO S.P. 160 DI VALLEMME**

**Geologia**

**Relazione geologico-geomorfologica ed idrogeologica**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. G. Guagnozzi	

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

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
	Emissione	Rocksoil <i>Emilio Maria</i>	03/09/2012	Ing. F. Colla <i>F. Colla</i>	05/09/2012	E. Pagani <i>E. Pagani</i>	07/09/2012	Dott. Geol. E. De Mattei 

n. Elab.:

File: IG5101ECVRGNV1500001A00

CUP: F81H92000000008



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVRGNV1500001A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 35</p>

## INDICE

INDICE.....	3
1.   PREMESSA .....	4
2.   NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	7
3.   SISMICITA' .....	8
4.   DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO E FASI DELLO STUDIO .....	9
5.   INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	10
6.   INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	12
7.   INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	23
7.1 Profilo e Sezioni stratigrafiche .....	24
8.   INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	32
9.   INDAGINI ESEGUITE .....	34
9.1.   Indagini geognostiche .....	34
9.1.1.   Campagna di indagine .....	34
9.2.   Rilievi geostrutturali.....	35

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGNV1500001A00
	Foglio 4 di 35

## 1. PREMESSA

Il presente documento è stato redatto a supporto della progettazione per la realizzazione di una serie di interventi di adeguamento della viabilità S.P. 160 di Vallemme.

L'intervento ricade nei Comuni di Voltaggio, Carrosio e Gavi e prevede un adeguamento e un miglioramento della viabilità ordinaria, consistenti nell'allargamento della piattaforma stradale, nella manutenzione straordinaria del corpo stradale con l'installazione di nuove barriere di sicurezza e nella realizzazione di un nuovo ponte sul T. Lemme in località "Maddalena" nel Comune di Gavi (AI). Tra le opere d'arte minori sono previsti muri di sostegno, opere a sbalzo, reti metalliche contro l'erosione superficiale della coltre detritica e dello strato d'alterazione della roccia e l'allargamento di due piccoli ponti esistenti.

E' importante precisare che, la presente nota revisiona, ove revisiona ed integra, ove ritenuto necessario, gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici eseguiti in precedenza e descritti in Progetto Definitivo con particolare riferimento alle sezioni stratigrafiche dei terreni in corrispondenza delle opere d'arte principali.

Rispetto alla fase di PD, alla data odierna, non sono disponibili nuove indagini per un affinamento della caratterizzazione geologica e geomorfologica dell'area.

Gli approfondimenti stratigrafici in corrispondenza delle opere sono stati quindi basati solo sui dati del rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio; questo comporta che i contatti stratigrafici riportati nelle sezioni geologico-geotecniche mantengano un certo grado di incertezza sul loro andamento nel sottosuolo e sulla profondità a cui sono stati ipotizzati.

Si descrivono, di seguito, nel documento le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del tratto di strada; inoltre vengono sinteticamente descritte le sezioni stratigrafiche tipo, ricostruite in corrispondenza delle opere d'arte principali.

La presente relazione descrive quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati:

- Profilo e sezioni geologico – geotecniche generale Tav. 1/8 (elaborato IG51-01-E-CV AZ NV 15 0 0 001 A00),
- Profilo e sezioni geologico – geotecniche generale Tav. 2/8 (elaborato IG51-01-E-CV AZ NV 15 0 0 002 A00),
- Profilo e sezioni geologico – geotecniche generale Tav. 3/8 (elaborato IG51-01-E-CV AZ NV 15 0 0 003 A00),
- Profilo e sezioni geologico – geotecniche generale Tav. 4/8 (elaborato IG51-01-E-CV AZ NV 15 0 0 004 A00),
- Profilo e sezioni geologico – geotecniche generale Tav. 5/8 (elaborato IG51-01-E-CV AZ NV 15 0 0 005 A00),
- Profilo e sezioni geologico – geotecniche generale Tav. 6/8 (elaborato IG51-01-E-CV AZ NV 15 0 0 006 A00),

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVRGNV1500001A00</p> <p>Foglio 5 di 35</p>

- Profilo e sezioni geologico – geotecniche generale Tav. 7/8 (elaborato IG51-01-E-CV AZ NV 15 0 0 007 A00),
- Profilo e sezioni geologico – geotecniche generale Tav. 8/8 (elaborato IG51-01-E-CV AZ NV 15 0 0 008 A00),
- Profilo e sezioni geologico – geotecniche generale Tav. 1/8 (elaborato IG51-01-E-CV AZ NV 15 0 0 001 A00),
- Profilo e sezioni geologico – geotecniche generale Tav. 1/8 (elaborato IG51-01-E-CV AZ NV 15 0 0 001 A00),
- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:1000 Tav. 1/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 001 A00),
- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:1000 Tav. 2/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 002 A00),
- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:1000 Tav. 3/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 003 A00),
- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:1000 Tav. 4/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 004 A00),
- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:1000 Tav. 5/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 005 A00),
- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:1000 Tav. 6/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 006 A00),
- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:1000 Tav. 7/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 007 A00),
- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:1000 Tav. 8/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 008 A00),
- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:1000 Tav. 9/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 009 A00),
- Carta idrogeologica con ubicazione indagini geognostiche e punti d’acqua in scala 1:1000 Tav. 1/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 010 A00),
- Carta idrogeologica con ubicazione indagini geognostiche e punti d’acqua in scala 1:1000 Tav. 2/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 011 A00),
- Carta idrogeologica con ubicazione indagini geognostiche e punti d’acqua in scala 1:1000 Tav. 3/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 012 A00),
- Carta idrogeologica con ubicazione indagini geognostiche e punti d’acqua in scala 1:1000 Tav. 4/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 013 A00),
- Carta idrogeologica con ubicazione indagini geognostiche e punti d’acqua in scala 1:1000 Tav. 5/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 014 A00),

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5101ECVRGNV1500001A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 6 di 35</p>

- Carta idrogeologica con ubicazione indagini geognostiche e punti d'acqua in scala 1:1000 Tav. 6/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 015 A00),
- Carta idrogeologica con ubicazione indagini geognostiche e punti d'acqua in scala 1:1000 Tav. 7/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 016 A00),
- Carta idrogeologica con ubicazione indagini geognostiche e punti d'acqua in scala 1:1000 Tav. 8/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 017 A00),
- Carta idrogeologica con ubicazione indagini geognostiche e punti d'acqua in scala 1:1000 Tav. 9/9 (elaborato IG51-01-E-CV G7 NV 15 0 0 018 A00).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVRGNV1500001A00</p> <p>Foglio 7 di 35</p>

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il presente lavoro sono state prese a riferimento le normative di legge vigenti in materia e più in particolare:

- 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 “Norme tecniche per terreni e fondazioni – istruzioni applicative”
- OPCM 3274 del 20.03.2003 e s.m.i.
- il progetto è stato analizzato nei confronti dei contenuti del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico PAI, approvato con DPCM 24/05/2001 e degli studi comunali di più recente aggiornamento.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGNV1500001A00 <span style="float: right;">Foglio 8 di 35</span>

### 3. SISMICITA'

La sismicità della zona in studio risulta essere di particolare interesse ai fini della realizzazione dell'opera e delle relazioni tra attività sismica e strutture tettoniche. A tal fine, nella tabella seguente è riportato il rischio sismico attribuito ai territori comunali lungo il tracciato in progetto, come indicato dalla classificazione proposta dal D.M. 14 luglio 1984 e s.m.i (vecchia classificazione sismica) e dalla successiva Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 (nuova classificazione sismica).

Regione	Comune	Vecchia classificazione sismica	Nuova classificazione sismica
Piemonte	Voltaggio	4	3A
Piemonte	Carrosio	4	3A
Piemonte	Gavi	4	3A

Dalla Tabella si può osservare come i comuni lungo il tracciato siano interessati da un rischio sismico variabile da 3 a 4, ad indicare una sismicità dell'area in studio tendenzialmente medio-bassa.

Questo risultato trova conferma nei terremoti registrati nel basso Piemonte dal gennaio 1982 fino al novembre 2000 (dati del "Catalogo sismico 1982-2000" edito dalla Regione Piemonte in collaborazione con l'Università di Genova), che indicano come l'area oggetto di studio sia interessata in maniera limitata da eventi sismici e come questi siano caratterizzati perlopiù da profondità e magnitudo medio-bassa.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVRGNV1500001A00</p> <p>Foglio 9 di 35</p>

#### 4. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO E FASI DELLO STUDIO

La definizione del quadro geologico-geotecnico della zona del progetto è stato eseguito mediante uno studio articolato nelle seguenti fasi:

- Ricerca e raccolta del materiale bibliografico, cartografico e tecnico già esistente circa le caratteristiche geologiche e geotecniche della zona in esame; più in dettaglio questa fase ha compreso le seguenti sottofasi:
  - ricerca presso gli uffici tecnici degli Enti locali competenti sul territorio di studi geologico-geotecnici di pianificazione;
  - ricerca del materiale geologico-geotecnico già allegato alla linea A.V./A.C. Milano Genova in fase di Progetto preliminare e Progetto Definitivo
- Rilevamento di superficie di tipo geologico – geostrutturale mirato ad acquisire informazioni sullo stato deformativo della roccia e sulla sua storia tensionale
- Ricostruzione dell’assetto geologico – strutturale sulla base di tutti i dati disponibili,
- Elaborazione dell’insieme dei dati raccolti e conseguente redazione della presente relazione e degli elaborati grafici di supporto.

Di seguito si riporta la documentazione di riferimento, presente nelle precedenti fasi progettuali di riferimento:

- Relazioni Geologiche e geomeccaniche dell’area in esame di Progetto Preliminare e Progetto Definitivo
- Carte geologico – geomorfologiche dell’area in esame di Progetto Preliminare e Progetto Definitivo
- Profilo geologici e geotecnici dell’area in esame di Progetto Preliminare e Progetto Definitivo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGNV1500001A00
	Foglio 10 di 35

## 5. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto d'intervento ricade nel bacino idrografico del Torrente Orba e più precisamente si sviluppa lungo il percorso del Torrente Lemme.

Il torrente Orba nasce dalle pendici settentrionali del Monte Reixa (m. 1183) che fa parte dello spartiacque ligure - padano del gruppo del Beigua.

La sua asta fluviale si estende per circa 22 Km prima di andare a confluire nel Fiume Bormida e successivamente nel Po.

Dalle sorgenti, il torrente scorre in provincia di Savona con un percorso tortuoso attraverso pascoli e faggete; il percorso del torrente da S. Pietro d'Orba è disseminato di gole, anche profonde, e di rapide, fino a Martina (m. 450). Qui entra in provincia di Genova, dove sviluppa un percorso di circa Km. 8. In comune di Tiglieto, nei pressi di Acquabianca, raccoglie in destra orografica il Carpescio : questo si origina dalla confluenza del Rio Rosto - che nasce e scorre in provincia di Savona - con il Rio Baracca, il cui percorso fa da confine tra le due Province. In seguito, l'Orba raccoglie, da destra, gli apporti di modesti affluenti: il Gerta ed il Masino. Quindi, le acque dell'Orba precipitano in una specie di "canyon", scavato tra ripide pareti di serpentino, per poi allargarsi nella piana di Badia, dove si originano numerosi laghetti. Oltre Tiglieto, l'Orba raccoglie, in sponda sinistra i rii Castelletto e Romito e poi origina un vasto meandro che prosegue per un tratto in territorio piemontese (provincia di Alessandria). Poco prima dell'ingresso nel bacino artificiale di Ortiglieto (confine interregionale), il torrente riceve il Rio dei Pastori e, all'uscita del bacino, il Ritano delle Brigne.

Quindi, il fondovalle costituisce, con un percorso meandriforme di circa Km. 4, il confine tra Liguria e Piemonte. Ricevuto da destra il Rio Vara, dopo un percorso di Km. 12 totalmente o parzialmente in provincia di Genova, l'Orba passa definitivamente in territorio piemontese (quota m. 250) per proseguire il suo cammino verso la confluenza con il Fiume Bormida.

Il torrente Lemme, invece, nasce dal Passo della Bocchetta e, per la precisione, alle falde del Monte Calvo, ad un'altitudine di circa 750 slm.

Il territorio geografico è quello dell'Appennino Ligure Piemontese e la zona di sorgente del torrente è in Piemonte, a qualche centinaio di metri dallo spartiacque appenninico, che delimita il confine amministrativo con la Regione Liguria.

La lunghezza totale del corso d'acqua è di circa 35 chilometri, alla fine dei quali si immette nel torrente Orba nel territorio del Comune di Predosa.

Il dislivello che deve percorrere il Lemme, dalle sorgenti alla sua confluenza nel torrente Orba, è di 550 metri circa e la pendenza maggiore si rileva nei primi 8 -10 chilometri del suo percorso, dove di fatto il torrente riceve i suoi maggiori affluenti, dei quali il principale è il rio Acque Striate in sponda orografica sinistra.

La portata del torrente è molto instabile, caratterizzata da piene addirittura catastrofiche (l'alluvione del 1978 distrusse nel solo comune di Carrosio tre ponti) e da periodi di magra che normalmente coincidono con il periodo estivo e che riescono a malapena a garantire il deflusso vitale delle acque;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRGNV1500001A00</p>	<p>Foglio 11 di 35</p>

tuttavia sia la flora sia la fauna presenti lungo il suo percorso, hanno mantenuto negli anni il loro difficile equilibrio di sopravvivenza.

La conformazione della Valle che percorre è, per i primi 15 Km, abbastanza impervia; gli spazi sono limitati e le zone di deposito alluvionale di scarsa entità.

Il torrente, nella sua prima fase di discesa verso la pianura, è in pura zona erosiva parzialmente mitigata da alcuni meandri che si sono formati nel corso degli anni a seguito del processo di erosione di parti tenere e friabili contrapposte a colline composte dal conglomerato di Savignone e da affioramenti di rocce sedimentarie e di marne che con la loro presenza hanno naturalmente deviato il percorso delle acque.

Gli aspetti paesaggistici hanno caratteristiche quasi selvagge sia per l'Alta Val Lemme, sia in particolare per il Rio Acque Striate, che fa parte del Parco naturale Capanne di Marcarolo.

Proporzionalmente agli spazi disponibili, l'alveo del torrente è ben evidenziato.

Appena a valle dell'abitato del Comune di Gavi, dopo aver percorso in forra un breve tratto, il Lemme si apre nella sua maggiore ampiezza percorrendo la piana alluvionale, che esso stesso ha realizzato con l'andare del tempo fino alla confluenza con l'Orba.

## 6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area esaminata si colloca nell'ambito geologico definito come "Dorsale alpi-appennini liguri". Tale ambito geologico è costituito da una catena orogenetica con assetto strutturale molto articolato. L'area è particolarmente significativa in quanto sono presenti, in contatto diretto, elementi di pertinenza alpina, ad ovest, e della catena appenninica settentrionale, verso est.

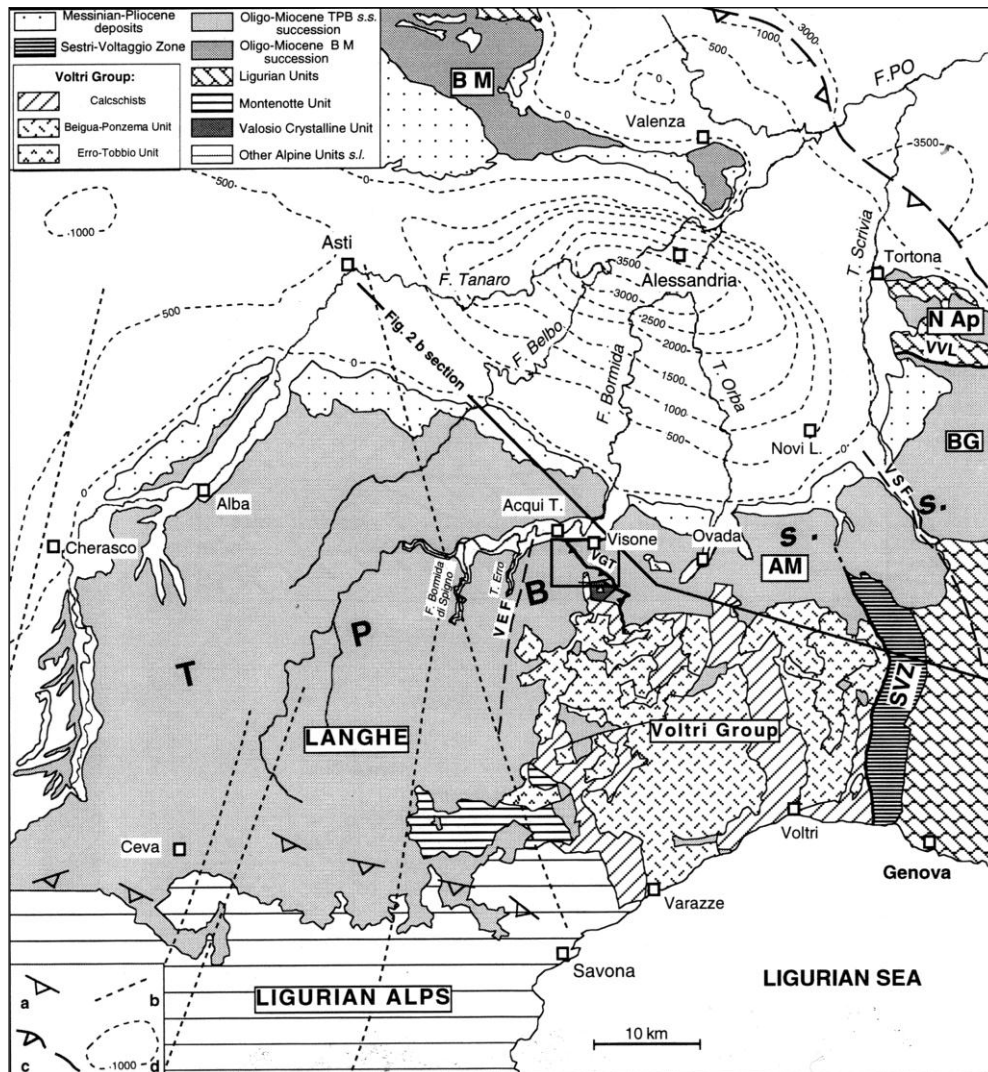


Fig. 6.1 – Schema geologico – strutturale

L'intervento previsto si sviluppa lungo un percorso che vede attraversare ben tre unità tettoniche con processi evolutivi ben distinti fra loro:

- 1) Bacino Terziario Piemontese (BTP): costituito da una successione sedimentaria conglomeratica-marnoso-arenacea formata a partire dal Cenozoico.

2) Unità di Monte Figogna (o di Timone-Bric Tejolo): costituita da una successione ofiolitica e meta vulcanica con associate facies di sedimentazione oceanica di età giurassica e dalle relative coperture stratigraficamente continue fino ai depositi di flysch del Cretaceo medio;

3) Unità di Cravasco-Voltaggio: costituita almeno da due diverse successioni di metaofioliti giurassiche e relative coperture, di età fino al Cretaceo inferiore;

Le ultime due unità tettoniche fanno parte della zona "Sestri-Voltaggio".

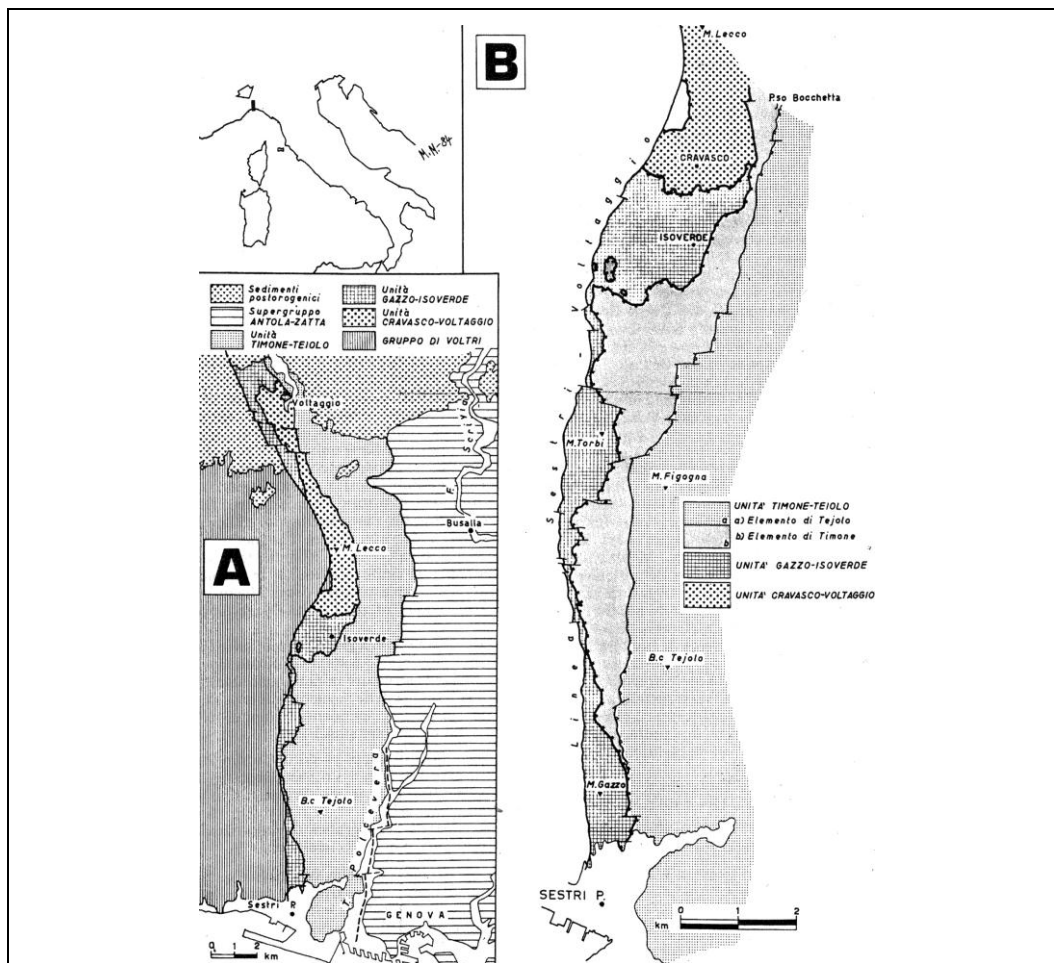


Fig. 6.2 - Schema strutturale della Zona Sestri – Voltaggio, da Marini (1984)

Tale zona, è sempre stata oggetto di studi da parte di numerosi geologi, in quanto ad essa viene assegnato un ruolo molto importante nell'interpretazione dell'evoluzione geologico - strutturale delle Alpi.

L'assetto strutturale si presenta articolato e complesso: le tre grandi unità geologico-strutturali del Gruppo di Voltri, della Zona Sestri-Voltaggio e delle Unità Liguri s.l., oltre a presentare una marcata deformazione a carattere duttile, sono strutturate in un sistema a falde generatesi durante eventi deformativi polifasici.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGNV1500001A00 <span style="float: right;">Foglio 14 di 35</span>

La “Zona Sestri-Voltaggio” si presenta come una fascia allungata in senso Nord-Sud, compresa tra le Unità Liguri s.l., ad Est, ed il “Gruppo di Voltri”, ad Ovest. Il contatto con quest’ultimo è caratterizzato dalla “linea Sestri-Voltaggio” definita da Cortesogno L. e Haccard D, come un contatto successivamente verticalizzato da una megapiegia ad asse N-S e vergenza Est.

Secondo il modello proposto, la complessa strutturazione tettonica interna alla “Zona Sestri-Voltaggio” è dovuta alla sovrapposizione di tre fasi plicative composite, sviluppatasi fra il Cretaceo medio-superiore (epoca in cui iniziarono i moti convergenti che portarono alla chiusura dell’oceano ligure-piemontese) e l’Oligocene medio.

- Fase 1: sprofondamento per meccanismi di tipo Benhoff (subduzione), delle varie unità tettonico-strutturali;
- Fase 2: risalita delle unità tettonico - strutturali, con ripiegamenti Est-vergenti e conseguente formazione di superfici di clivaggio e di scistosità;
- Fase 3: ultima fase importante, conclusasi con la risalita del complesso strutturale, portandolo successivamente all’erosione, a partire dal tardo Eocene.

Le successive deformazioni avvenute dall’Eocene, non hanno sostanzialmente modificato l’edificio strutturale già definitosi nella Fase 3; in tal modo la zona non ha risentito delle deformazioni mioceniche, che hanno invece interessato l’Appennino, rimanendo così solidale con le coperture oligoceniche, qui poco deformate. Esse fanno parte del Dominio delle Liguridi Interne, la cui tettonica si differenzia da quella delle Liguridi Esterne per la presenza di una maggiore deformazione delle strutture, associata ad una leggera impronta metamorfica (“*anchimetamorfismo*”).

L’evoluzione tettonica si può suddividere in 3 differenti fasi:

- la prima è caratterizzata da pieghe isoclinali e da una vergenza Europea;
- la seconda da un raccorciamento crostale che ha ripiegato i contatti tettonici formati in precedenza;
- la terza dalla presenza di superfici di taglio lungo le quali si sono verificati dei sovrascorrimenti (“*retrocarreggiamenti*”) che hanno portato alle geometrie rappresentate nella situazione attuale.

La catena appenninica in evoluzione viene suturata, a partire dall’Eocene Superiore, dai depositi clastici del Bacino Terziario Ligure Piemontese (BTLP). Esso è definito come un bacino molassico-episuturale di copertura tardo-post orogenetica interessato da un’ingressione marina proveniente dai settori Nord-orientali.

Il BTP si raccorda, attraverso una scarpata marina, con il dominio identificato dalla deposizione delle Arenarie di Ranzano ed i suoi primi depositi sono di origine continentale e fluvio-lacustri (Brecce di Costa Cravara e Formazione di Pianfolco).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGNV1500001A00 <span style="float: right;">Foglio 15 di 35</span>

Queste Formazioni sono interessate, insieme alla porzione basale della Formazione di Molare, da fasi tettoniche tardive e devono quindi essere più propriamente considerate come tardo-orogetiche.

Con l'Oligocene si accentua la trasgressione del mare Padano, sino a raggiungere le propaggini estreme sud-occidentali, interessando così le attuali rive del Mar Ligure. Il risultato dell'avanzamento marino è testimoniato dalla presenza dei conglomerati di Celle, Varazze, Cogoletto e Portofino.

La situazione morfologica caotica ed accidentata che caratterizza queste zone causa la nascita di diversi ambienti di piattaforma, molto eterogenei tra di loro.

Con il Miocene inizia la regressione marina facendo così emergere le porzioni continentali più meridionali: si assiste pertanto ad un innalzamento della catena montuosa ed al formarsi dello spartiacque Tirreno-Adriatico.

Tutto ciò avviene in sincrono con la rototraslazione del blocco Sardo-Corso (Oligocene superiore-Miocene inferiore) che porta all'apertura dell'oceano Baleare-Ligure ed all'inarcamento della catena Alpina.

Il BTP partecipa passivamente a questi eventi facendosi trasportare come bacino di Piggyback.

La successione sedimentaria prosegue quindi, con la deposizione delle marne di Cessole (Langhiano), arenarie di Serravalle (Serravalliano), marne di Sant'Agata Fossili (Tortoniano), conglomerati di Cassano Spinola e Formazione gessoso-solfifera (Messiniano); tutto ciò certifica una continua alternanza di trasgressioni e regressioni marine.

Il risultato di questa grande sedimentazione è testimoniato dal fatto che al giorno d'oggi, si riscontra la presenza di successioni di rocce sedimentarie che raggiungono potenze di oltre 4 Km.

Nel territorio in cui si inserisce la viabilità in esame sono presenti, dalla più antica a quella più recente, le seguenti formazioni geologiche:

- le formazioni delle Successioni Metamorfiche Mesozoiche Pre-Fase Mesoalpina e più in particolare:
  - "Serpentiniti e serpentinoscisti" (Se) dell'Unità Cravasco-Voltaggio
  - "Calcari di Voltaggio" (cV) dell'Unità Cravasco-Voltaggio
  - "Argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta" dell'Unità Timone-Bric Teiolo
- le formazioni della Successione sedimentaria pre-Fase Appenninica Miocenica precoce e più in particolare:
  - "Formazione di Molare" in una facies di passaggio tra il "Membro conglomeratico parzialmente cementato (FMp) ed il "Membro breccioso-conglomeratico basale" (FMbc) che comprende le "Brecce di Costa Cravara"
  - "Marne di Rigoroso" (mR)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGNV1500001A00
	Foglio 16 di 35

- "Formazione di Costa Areasa" (fC)
  - "Marne di Cessole" (mC)
- - le formazioni quaternarie dei depositi alluvionali antichi (fl1), recenti (fl3) ed attuali (a).

Di seguito una sintetica descrizione delle litologie presenti nell'area in esame.

### **Successioni Metamorfiche Mesozoiche Pre-Fase Mesoalpina**

#### *Serpentiniti (Giurassico superiore-medio)*

Rappresentano la base della sequenza dell'Unità del M. Figogna / Timone-Teiolo e presentano relitti dell'originaria composizione harzburgitica e lherzolitica, qualora non prevalgano tessiture scagliose o cataclastiche a seguito di deformazioni tettoniche. Le strutture primarie sono evidenziate da ortopirosseni e da spinello bruno cromifero, mentre l'olivina è completamente serpentizzata (Cortesogno & Haccard, 1984).

Il limite superiore con Basalti e Diaspri è talora stratigrafico, talora tettonico (sia pre/ sinmetamorfico, con marcati bordi di reazione, sia post-metamorfico). Filoni basaltici a grana grossa intrudono le serpentiniti a relitti lherzolitici, come ad esempio accade a S. Rocco di Panigaro. Nella stessa zona è segnalato anche un filone dioritico (Cortesogno & Haccard, 1984).

Gli spessori delle lenti di serpentiniti variano da pochi metri a 150-200 metri (Marini, 1998).

#### *Calcarei di Voltaggio (Necomiano)*

La formazione dei Calcarei di Voltaggio è costituita da calcari cristallini grigi con almeno due scistosità sovrapposte, spesso a grana grossa, con livelli sottili ricchi in fillosilicati (Marini, 1998).

Tale formazione è anche nota sotto il termine di "Calcaires pointillés" (Cortesogno & Haccard, 1979). Generalmente questi litotipi presentano abbondante frazione quarzosa e micacea, indicanti un'origine detritica.

Verso la parte basale della sequenza, al contatto coi Diaspri, si possono incontrare alcuni metri di calcari cristallini bianchi ricchi di quarzo microcristallino.

Il limite stratigrafico inferiore è determinato dai Diaspri o, in loro assenza, direttamente dall'unità basaltica; mentre il limite stratigrafico superiore è rappresentato dal passaggio graduale alle Metargilliti filladiche.

Lo spessore massimo degli affioramenti presenti nell'area oscilla fra 50 – 60 metri e 100 metri, ma, in considerazione delle diffuse deformazioni per pieghe e trasposizioni della stratificazione, lo spessore originario poteva anche essere inferiore.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRGNV1500001A00	Foglio 17 di 35

L'ambiente di deposizione delle originarie sequenze calcareo-silicee e calcareo-marnose era presumibilmente di tipo pelagico. I Calcari di Voltaggio presentano inoltre una spiccata analogia di facies con i Calcari a Calpionella dell'Appennino settentrionale (Cortesogno & Haccard, 1984).



**Fig. 6.3 – Affioramento presso la piccola cava lungo la S.P. della Bocchetta**

*Argille a Palombini del Passo della Bocchetta (Cretaceo inferiore)*

Questa formazione comprende metargilliti filladiche con intercalazioni di spessore da metrico a submetrico di calcari microcristallini per lo più scistosi. Il limite inferiore è definito dai Calcari di Erselli o dai Diaspri, o in assenza di entrambi dai Basalti; il limite superiore è rappresentato dalle Metargilliti Filladiche (Marini, 1998).

Le meta-argilliti si presentano come scisti nerastri o grigio scuri, spesso grafitosi, talvolta limoso/sabbiosi, a patine di alterazione brunastre, con scistosità accentuata e facile divisibilità in scaglie sottili; le superfici di scistosità appaiono grigio – nere o verdastre per la presenza di veli sericitici.

Le lenti di calcari micritici silicei sono di tipo “palombino”: raramente a grana grossa, sono calcari finemente arenacei e subordinati calcari marnosi; gli strati, di spessore da decimetrico a metrico, sono di colore grigio scuro, compatti, a frattura concoide, e possono presentare diversi gradi d’alterazione, giungendo ad essere addirittura completamente incoerenti e con una colorazione bruno-rossiccia. Queste intercalazioni non sono comunque distribuite in modo uniforme all’interno della formazione.

Lo spessore della sequenza non è definibile a causa dell’intensa tettonizzazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRGNV1500001A00	Foglio 18 di 35



**Fig. 6.4 – Strati calcarei lungo il Rio della Luce (Paveto)**

### ***Successione sedimentaria pre-Fase Appenninica Miocenica***

#### ***Formazione di Molare (Oligocene)***

La formazione di Molare, nota anche come Conglomerati di Savignone (Ghibaudo et al., 1985), rappresenta i depositi basali, trasgressivi sul substrato. Essa è costituita prevalentemente da conglomerati e conglomerati arenacei poligenici, a diverso grado di cementazione (Gnaccolini, 1982), costituenti una successione il cui spessore può raggiungere i 1500m.

L'unità è costituita in generale da conglomerati polimitici a grado di cementazione variabile, grossolani, spesso contenenti anche blocchi nella loro parte inferiore, con matrice arenacea in livelli non molto spessi e arenaceo-pelitica. Verso la Valle Scrivia (Est della Cima d'Alpe) i componenti principali sono costituiti da calcari arenacei, marnosi (provenienti dal Flysch a Elmintoidi) e ofioliti; marne, radiolariti e dolomie sono subordinate (Marini, 1998). Verso la Val di Lemme (Ovest della Cima d'Alpe) si osserva l'esclusiva presenza di termini ofiolitici provenienti dal Gruppo di Voltri (Marini, 1998).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGNV1500001A00
	Foglio 19 di 35



**Fig. 6.5 – Banchi conglomeratici lungo la strada per Voltaggio**

*Brecce di Costa Cravara (Lattorfiano)*

È l'unità basale della successione del BTLP in quanto poggia direttamente sulle unità di substrato del Gruppo di Voltri. Brecce analoghe sono descritte anche su pillows dell'Unità del M. Vigogna (brecce monogeniche ad elementi di basalti) e su Flysch a Elmintoidi delle Unità Liguri (brecce monogeniche a calcari ad Elmintoidi), (Cortesogno & Haccard, 1979).

La formazione è rappresentata da una breccia sedimentaria grossolana, essenzialmente monogenica; è costituita prevalentemente da elementi di rocce lherzolitiche più o meno serpentizzate (di pertinenza dell'unità Erro-Tobbio), talvolta anche in clasti pluridecametrici, cementati da una matrice della stessa natura. Localmente sono presenti clasti di metabasiti e/o dolomie. Una colorazione bruno-rossastra è caratteristica (Cortesogno & Haccard, 1984).

Le brecce poggianti sul Gruppo di Voltri sono deformate per piega e dislocate da faglie; si osservano in contatto tettonico con le unità della Zona Sestri-Voltaggio (Cortesogno & Haccard, 1979). Lo spessore può raggiungere i 100-200 metri; localmente la loro potenza può ridursi rapidamente a qualche metro.

La loro origine può essere attribuita ad accumuli di brecce di pendio in ambiente continentale e in condizioni di instabilità tettonica in clima tropicale ossidante (Haccard & Lorenz, 1979).

*Marne di Rigoroso (Miocene inferiore – Oligocene superiore)*

Questa formazione rappresenta una unità litostratigrafica eterogenea, costituita prevalentemente da marne argillose inglobanti, a diversi livelli stratigrafici, membri sabbiosi torbiditici (Membro di Variano; Arenarie di Gremiasco e di Nivione; Membro di Costa Montada) a geometria lenticolare (Ghibaudo et al., 1985).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRGNV1500001A00	Foglio 20 di 35

Dal punto di vista litologico la formazione in esame risulta costituita da marne e marne siltose emipelagiche prevalenti (mR), indicative di una sedimentazione di scarpata e/o bacinale, inglobanti corpi arenacei lenticolari da mettere in relazione ad un sistema deposizionale di conoide sottomarina.



**Fig. 6.6 – Marne di Rigoroso**

*Formazione di Costa Areeasa (Burdigalliano – Langhiano)*

Lungo la Val Lemme la Formazione di Costa Areeasa segue con normale contatto stratigrafico la Formazione di Rigoroso e passa con contatto in apparenza normale alle soprastanti Marne di Cessole.

La formazione in esame risulta costituita da alternanze di strati arenaceo-pelitico-torbiditici e livelli di emipelagiti, con rapporto arenaria/pelite-emipelagite all'incirca pari o inferiore all'unità. La parte superiore (circa 200 m) è invece essenzialmente costituita da marne e peliti siltose con rare e sottili intercalazioni di arenarie. Lo spessore complessivo è di circa 600 metri (Ghibaudo et al., 1985).

La successione sedimentaria appare caratterizzata dalla associazione di due facies distinte: una pelitico-arenacea ed una marnoso-calcareo (Ghibaudo et al., 1985).

La facies pelitico-arenacea è costituita da strati torbiditici (spessi da 10cm a 3m) con prevalenza della porzione pelitica. Le arenarie sono da medio-grossolane a molto fini; le peliti sono siltose, grigio scure e omogenee, in livelli dallo spessore variabile e generalmente superiore ai corrispondenti livelli arenacei.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRGNV1500001A00 <table border="1" data-bbox="1420 224 1532 286"> <tr> <td>Foglio 21 di 35</td> </tr> </table>	Foglio 21 di 35
Foglio 21 di 35		

La facies marnoso calcarea, in livelli spessi da pochi cm a qualche decina di cm, si trovano intercalati negli strati pelitico arenacei sopra descritti. Si tratta di marne calcaree debolmente siltose, compatte, omogenee e con frattura concoide.

Tale associazione di facies è ritenuta indicativa di una deposizione avvenuta in ambiente di pianura sottomarina, mentre la parte superiore della formazione, essenzialmente pelitica, potrebbe rappresentare un ambiente di scarpata non attiva (Andreoni et al., 1981; Ghibauda et al., 1985).



**Fig. 6.7 – Marne con patine d’alterazione rossastre**

*Marne di Cessole (Langhiano)*

La formazione delle Marne di Cessole presenta la massima potenza nel settore compreso tra la Val Lemme e la Val Scrivia, assottigliandosi poi verso NE. Quindi mentre ad Ovest dello Scrivia la successione dalla geometria tabulare raggiunge spessori dell'ordine dei 1000 metri, ad Est, nei pressi della linea Villalvernia-Varzi, essa assume una geometria cuneiforme assottigliandosi fino ad uno spessore di circa 100 metri (Ghibauda et al., 1985).

Litologicamente la formazione è rappresentata da marne siltose omogenee e siltiti a cui si intercalano arenarie fini bioturbate in strati sottili e rari livelli più calcarei o calcareo-marnosi.

Limitatamente alla parte sommitale si osservano frequenti intercalazioni di arenarie mediogrossolane, in strati medi e spessi, che determinano la transizione alle soprastanti Arenarie di Serravalle (Ghibauda et al., 1985). Dette intercalazioni arenacee sono più frequenti ad oriente della Val Scrivia e rappresentano una facies caratteristica denominata in letteratura come Membro di Monte Piasi.



**Fig. 6.8 – Marne con intercalazioni arenacee**

***Formazioni quaternarie dei depositi alluvionali antichi (f1), recenti (f3) ed attuali (a).***

*Fluviale antico (f1):*

questa formazione, costituita da ghiaie, in matrice pelitica, dominanti e da frequenti lenti ad affinità limoso-argillosa, presenta una permeabilità media piuttosto bassa ( $10^{-5} - 10^{-7}$  m/sec). E' tuttavia possibile, in corrispondenza dei livelli ghiaiosi "puliti" dalla matrice fine, dove si registra una permeabilità maggiore ( $10^{-3} - 10^{-5}$  m/sec), la presenza di acquiferi sfruttabili. I depositi del Fluviale antico sono sede degli acquiferi della zona collinare della provincia di Alessandria, che sono però solo minimamente utilizzati.

*Fluviale Medio (f2):*

anche il fluviale medio è caratterizzato da ghiaie di natura limoso-argillosa, poco attive dal punto di vista idrogeologico e dello sfruttamento acquifero.

*Fluviale Recente (f3):*

questa formazione, costituita da ghiaie generalmente prive di matrice fine, presenta una permeabilità elevata (classe di permeabilità da  $>10^{-3}$  a  $10^{-3} - 10^{-5}$  m/sec). Il flusso idrico all'interno di questi depositi risulta alimentato dai corsi d'acqua, con particolare riferimento al tratto iniziale del torrente Scrivia. Il Fluviale Recente è sede della falda superficiale della conoide dello Scrivia, che alimenta la quasi totalità dei pozzi in emungimento nella piana alessandrina.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGNV1500001A00 <span style="float: right;">Foglio 23 di 35</span>

## 7. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Gli aspetti morfologici del territorio sono essenzialmente in accordo con le condizioni climatiche attuali; non sono riconoscibili morfologie relitte riferibili ad andamenti climatici fortemente differenti, con particolare riferimento ai periodi glaciali.

Le Formazioni arenacee e marnose, molto diffuse in questa zona, danno luogo a forme dolci ed arrotondate, in particolar modo laddove i versanti costituiti da questo tipo di roccia hanno raggiunto attraverso movimenti successivi, angoli di equilibrio modesti, in prevalenza attorno ai 20°; ciò è testimoniato dalla modesta acclività dei colli che costeggiano la piana fluviale del Torrente Lemme.

Nei casi in cui, invece, le formazioni presentino strati più competenti e siano soggette ad azioni dilavanti di acque superficiali e incanalanti, si osserva una morfologia del paesaggio tipo Canyons con affioramenti della porzione più resistente e asportazione della parte più fine.

Per quanto riguarda le frane, i collassi di versante, le esondazioni ed i processi erosivi lungo i corsi d'acqua, si può affermare che questi fenomeni prendano solitamente l'avvio dal convergere di più fattori. Molti sono determinati da cause naturali, altri vedono il contributo dell'azione dell'uomo: i fattori scatenanti possono essere infatti legati a particolari aspetti geologici della zona e ad eventi idrometeorologici di eccezionale intensità; mentre in altri casi si osserva la marcata impronta dell'attività umana, con l'alterazione di equilibri a volte precari, l'eliminazione della vegetazione e di drenaggi naturali, l'edificazione in aree morfologicamente non idonee o la non corretta gestione del patrimonio forestale.

Le zone caratterizzate da roccia affiorante e subaffiorante, ovvero interessate da una copertura detritica eluvio-colluviale sottile con spessori fino a 0.5-1 metro, sono generalmente localizzabili sui versanti; mentre lungo la piana fluviale, gli spessori della coltre aumentano sensibilmente facendo registrare potenze >3 metri (coltri potenti). Tutto ciò è giustificato dalle alluvioni, sia antiche sia recenti, che il Torrente Lemme ha fornito, dando così origine anche a dei terrazzi fluviali di primo e secondo ordine. In particolar modo quelli di primo ordine si riscontrano su entrambe le sponde del Torrente stesso, per ampie tratte del suo percorso.

In generale gli ammassi rocciosi presenti sono caratterizzati da discrete caratteristiche meccaniche, talché questi sono stati classificati secondo la classificazione di Bieniawski come ammassi in classe III o IV a seconda della disposizione dei versanti rispetto alla giacitura degli strati e del grado di conservazione del substrato che in alcuni casi si presenta alterato e/o particolarmente fratturato.

In particolare, mentre per i litotipi a componente marnosa le condizioni geomeccaniche sono buone, si osservano ridotti fenomeni di alterazione e di fratturazione (si è registrata una sola famiglia di fratturazione) per le formazioni filladiche, le cui caratteristiche geomeccaniche sono scadenti con un forte grado di alterazione e di scistosità. Evidenti sono i markers lasciati dalle varie fasi tettoniche, con marcati assi di pieghe, pieghe ad "m" e isoclinali.

Comunque, localmente, anche nei litotipi arenacei - marnosi, si possono registrare cinematismi di blocchi isolati o di porzioni anche rilevanti dell'ammasso roccioso, che interessano gli strati più superficiali spesso alterati e decompressi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGNV1500001A00
	Foglio 24 di 35

Va sottolineato, infine, che l'elevata predisposizione alla disgregazione ed alterazione delle argilliti e in alcuni casi delle marne (Formazioni rocciose presenti in maniera marcata nell'area oggetto d'intervento), spesso non permette una distinzione netta tra il terreno di copertura ed il substrato roccioso. In tali terreni si riscontra generalmente la presenza di uno strato intermedio d'alterazione, il cappellaccio, talvolta di potenza elevata, le cui caratteristiche meccaniche sono scadenti e paragonabili a quelle dei terreni di copertura.

Per quel che riguarda l'erosione ed il dilavamento dei versanti, si può ricordare che sono dovuti a molteplici cause, quali la natura del materiale, i fattori morfologici, i fattori climatici, il tipo di copertura vegetale ed i fattori antropici. Nel territorio studiato sono intensi i processi erosivi dovuti alle acque dilavanti.

La strada in esame corre lungo la valle del Torrente Lemme in sinistra orografica al torrente stesso.

La valle, dopo un primo tratto piuttosto ampio in zona Voltaggio, diminuisce di ampiezza nel tratto scavato nella Formazione di Molare; in questo tratto il torrente incide ed erode, specialmente in corrispondenza alle anse, pareti spesso subverticali del conglomerato-breccia.

Dopo Carrosio la strada corre sui depositi alluvionali quaternari caratterizzati da una morfologia sub-pianeggiante o con pendenze molto blande con terrazzi fluviali di primo e secondo ordine.

Tramite il rilevamento di superficie sono state distinte, per le diverse formazioni, aree con roccia affiorante e aree con roccia sub-affiorante ovvero interessate da una copertura detritica eluvio-colluviale avente spessore inferiore a 3 m.

Ai piedi dei versanti sono state rilevate le aree di copertura colluviale di spessore medio presunto maggiore di 3m; i tagli stradali nelle coperture ne hanno evidenziato una natura limoso-sabbiosa con scheletro di clasti in genere spigolosi e con rari blocchi.

Le osservazioni sul terreno non hanno evidenziato, ad eccezione di situazioni locali, problematiche geomorfologiche di instabilità particolari dei terreni lungo lo sviluppo della strada.

Si segnalano comunque, sulle scarpate molto ripide in conglomerato presenti in diversi tratti sottostrada e spesso scalzate al piede dal torrente, fenomeni di erosione diffusa e concentrata della formazione a causa dei ruscellamenti non controllati delle acque provenienti da monte; quando più avanzati, tali fenomeni provocano lesioni e avvallamenti della sede stradale-

Le pareti in conglomerato, presenti in alcuni tratti sul lato monte della strada, sono caratterizzate da fenomeni di erosione superficiale con rilasci della matrice terrosa, di pietre e blocchetti.

Le scarpate stradali tagliate nelle coperture hanno evidenziato, in alcuni tratti, problemi di instabilità superficiali localizzate con conseguente accumulo al piede del materiale.

## 7.1 Profilo e Sezioni stratigrafiche

Come già evidenziato nella "Premessa" si evidenzia che, in assenza di nuove indagini di approfondimento, il profilo e le sezioni stratigrafiche sono state ricostruite (rif. elaborato tav. "Profilo e Sezioni geologiche-geotecniche"; la traccia delle sezioni ricostruite è riportata sugli elaborati "Carta



geologica-geomorfologica") sulla base dei dati del rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio; questo comporta che i contatti stratigrafici riportati nel profilo e nelle sezioni geologico-geotecniche mantengano un certo grado di incertezza sul loro andamento nel sottosuolo e sulla profondità a cui sono stati ipotizzati.

Le sezioni ricostruite riguardano gli interventi principali previsti dal progetto di adeguamento della strada; la numerazione delle sezioni è quella del PD.

Le sezioni 16 e 18 (cfr. figg. 7.1, 7.2, 7.3, 7.4) sono rappresentative di un tratto in cui è previsto un allargamento a monte con muro di controripa.

In questa situazione il taglio della scarpata di monte è ricavato in un detrito limoso-sabbioso con clasti e ciottoli su un piede in argilliti.

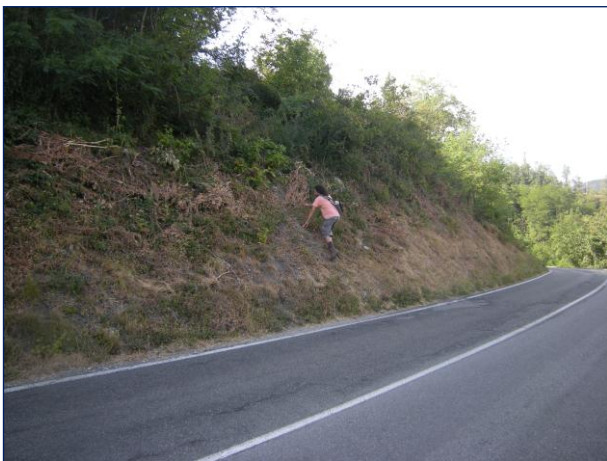


Fig. 7.1



Fig. 7.2



Fig. 7.3



Fig. 7.4

Le sezioni 26 e 28 (cfr. figg. 7.5, 7.6, 7.7, 7.8) sono rappresentative di un tratto in cui affiora il conglomerato sui lati monte e valle della strada.



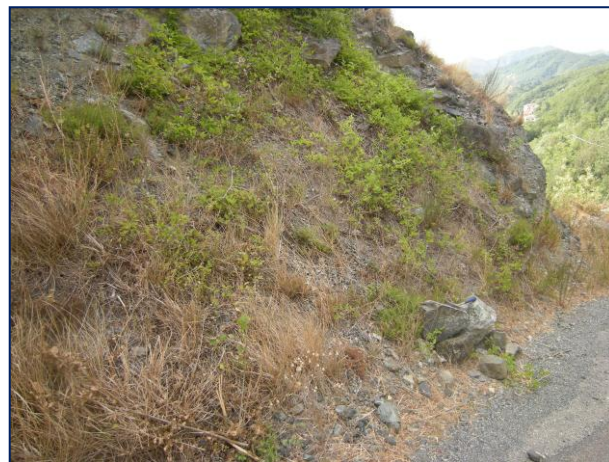
**Fig. 7.5**



**Fig. 7.6**



**Fig. 7.7**



**Fig. 7.8**

Nel tratto tra le sezioni 31 e 54 la strada è caratterizzata dalla presenza di una copertura detritica che maschera completamente la formazione conglomeratica di substrato; nel tratto tra le sezioni 49-54 (cfr. figg. 7.9, 7.10, 7.11, 7.12, 7.13, 7.14) il taglio in copertura manifesta alcuni problemi di stabilità, ancorchè superficiale (4^ fig. 7.12).



**Fig. 7.9**



**Fig. 7.10**



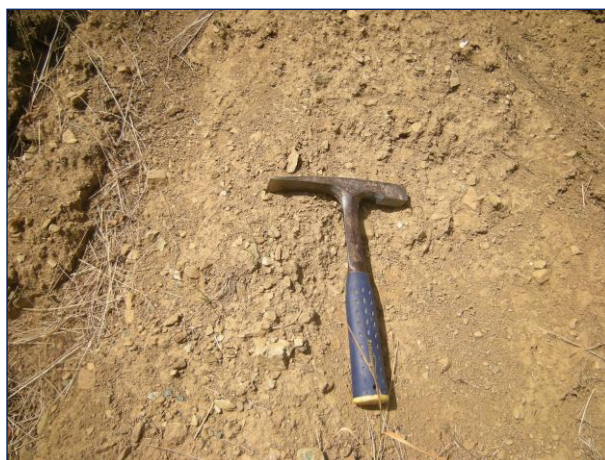
**Fig. 7.11**



**Fig. 7.12**



**Fig. 7.13**



**Fig. 7.14**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRGNV1500001A00	Foglio 28 di 35

Nel tratto tra le sezioni 60 e 71 (cfr. figg. 7.15, 7.16, 7.17, 7.18) la formazione di Molare, qui con aspetto più di una breccia, è sub-affiorante a monte, dove è presente una sottile copertura superficiale, e affiorante, a valle, lungo la scarpata che scende ripidamente verso il torrente Lemme.



**Fig. 7.15**



**Fig. 7.16**



**Fig. 7.17**



**Fig. 7.18**

A cavallo della sezione 95 (cfr. figg. 7.19, 7.20, 7.21, 7.22) la formazione di Molare affiora a monte e a valle della strada sottoforma di bancate di una ghiaia molto grossolana a spigoli vivi in matrice sabbiosa con clasti prevalentemente di serpentiniti e peridotiti alternate a orizzonti, da metrici a plurimetrici, più sabbiosi e livelletti di argilla marnosa.

Le scarpate a monte e a valle sono soggette a fenomeni di erosione diffusa e concentrata in solchi di scarico delle acque con possibili distacchi di carattere superficiale a matrice sostanzialmente terrosa.



Fig. 7.19



Fig. 7.20



Fig. 7.21



Fig. 7.22

Nel tratto subito successivo, compreso tra le sezioni 98-109 (cfr. figg. 7.23, 7.24, 7.25, 7.26, 7.27) la formazione di Molare è subaffiorante sul taglio lato monte strada e affiorante a valle della stessa; la scarpata a valle che degrada ripidamente a quota torrente, è caratterizzata da erosione diffusa e concentrata con distacchi superficiali.

La scarpata monte strada presenta indizi di ruscellamenti significativi che arrivano da monte e che provocano erosione e piccoli distacchi di pietre più o meno grossolani e locali distacchi della copertura superficiale.



**Fig. 7.23**



**Fig. 7.24**



**Fig. 7.25**



**Fig. 7.26**



**Fig. 7.27**

Dopo l'abitato di Carrosio la strada corre sui depositi alluvionali con brevi tratti in rilevato o in trincea (cfr. figg. 7.28, 7.29, 7.30, 7.31).

Al termine del tracciato la strada attraversa il T. Lemme con un ponte che sarà abbandonato e ricostruito.

In sponda destra e in alveo affiorano le Marne di Cessole.

Incrociando questo dato con quelli dei sondaggi SP222 e SP23 e della tomografia sismica T36, è stato possibile ricostruire il profilo stratigrafico del nuovo ponte; rimane non nota la profondità e l'andamento del substrato in corrispondenza della pila 2 dove la geofisica legge uno scalino dello stesso molto pronunciato.



Fig. 7.28



Fig. 7.29



Fig. 7.30



Fig. 7.31

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGNV1500001A00 <span style="float: right;">Foglio 32 di 35</span>

## 8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La circolazione dell'acqua nel sottosuolo esercita grande influenza sul regime idrologico di un bacino, diventando spesso determinante per una corretta interpretazione dei fenomeni in atto e per la loro previsione. È importante quindi individuare la capacità di immagazzinamento idrico dei litotipi affioranti nel bacino, evidenziandone, attraverso il tipo di permeabilità, la modalità di circolazione dell'acqua nel sottosuolo e quindi individuando, ove possibile, l'incidenza che tale presenza o circolazione ha sulla stabilità dei versanti e sulla circolazione superficiale delle acque.

In rapporto al tipo di circolazione, è importante segnalare che il meccanismo e la dinamica di infiltrazione influenzano la genesi di movimenti franosi. In particolare, mentre in condizioni di precipitazioni di normale entità si determina un'elevata infiltrazione d'acqua, in condizioni di piogge intense e concentrate la capacità di infiltrazione si riduce notevolmente e, lungo le discontinuità, si generano incrementi di pressione interstiziale che possono essere causa scatenante di movimenti franosi.

Le litologie caratterizzate da elevata permeabilità per fratturazione sono sede di circuiti idrici fortemente condizionati dall'andamento (orientazione e densità) e dalla persistenza delle discontinuità presenti.

Nei litotipi semipermeabili ed impermeabili, la circolazione idrica lungo le discontinuità è fortemente influenzata da fenomeni d'alterazione che interessano i materiali argillosi: i prodotti d'alterazione, infatti, tendono ad intasare le discontinuità presenti, rallentando e limitando i processi di circolazione idrica. Nell'ambito del bacino, quindi, l'infiltrazione in tali litologie va ad alimentare una circolazione idrica prevalentemente superficiale, caratterizzata da una rete di flusso discontinua. In particolare nelle argilliti e nell'ambito delle coperture detritiche eluvio-colluviali a prevalente matrice fine argillosa sono possibili circolazioni idriche di ridotta entità, riconducibili ad uno schema di flusso limitato che si realizza lungo orizzonti ben determinati, discontinui e spesso isolati.

In prossimità del substrato roccioso fenomeni di impregnazione idrica del terreno di copertura possono essere connessi con sorgenti poste nel substrato stesso, mentre, in corrispondenza del piano campagna, la circolazione idrica è in stretta connessione con gli apporti meteorici. Al verificarsi di eventi intensi e concentrati gli strati più superficiali dei terreni di copertura vengono, generalmente, a trovarsi in condizioni di elevata saturazione: tale condizione, oltre a ridurre l'infiltrazione verso orizzonti più profondi, è la principale causa innescante di fenomeni franosi superficiali.

Numerose sono le zone di ristagno ed imbibizione dei terreni, soprattutto in corrispondenza del limite fra accumuli detritici (coltri di alterazione, detriti di falda, coni di deiezione) e rocce a comportamento prevalentemente impermeabile.

Nell'area di indagine si segnala la presenza di una falda acquifera stabile nel materasso delle alluvioni attuali e recenti; questi terreni, caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità, hanno evidenziato, tramite le prove Lefranc eseguite nei sondaggi SP22 e SP23, un valore di permeabilità  $K > 10E-4$  m/s.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRGNV1500001A00</p>	<p>Foglio 33 di 35</p>

Le coperture detritiche sono permeabili per porosità; la matrice sostanzialmente da fine a medio-fine fa attribuire a tali terreni una permeabilità medio-bassa riconducibile ai seguenti valori:  $10E-5m/s < k < 10E-7m/s$ .

In queste coperture sono ipotizzabili circolazioni d'acqua di entità proporzionale alla piovosità stagionale; quando tali coperture sono sovrainposte ad un substrato argillitico, il confinamento idrogeologico del substrato stesso pressoché impermeabile può favorire l'instaurarsi di condizioni di saturazione nei periodi di piogge più intense e durature.

I conglomerati-brecce sono caratterizzati da una permeabilità per porosità, nei settori meno cementati e per fratturazione secondaria in quelli in cui la roccia è più compatta; la permeabilità misurata nelle prove Lefranc eseguite nel sondaggio SP15 hanno evidenziato valori dell'ordine di  $10E-06 m/s$

Le argilliti di substrato, rilevate in alcuni tratti del tracciato, hanno una permeabilità dell'ordine di  $10E-6m/s < k < 10E-8m/s$ .

Le Marne di Cessole, presenti nella zona del nuovo ponte a fine tracciato, hanno evidenziato, tramite una prova in foro, una permeabilità molto bassa o pressoché nulla.

## 9. INDAGINI ESEGUITE

Di seguito si descrivono sinteticamente le indagini pregresse eseguite:

- Campagne di indagini geognostiche, 2004-2005
- Rilievi geostrutturali di superficie

### 9.1. Indagini geognostiche

#### 9.1.1. Campagna di indagine

Sono stati eseguiti 7 sondaggi geognostici le cui profondità, posizioni relative e tecnica di carotaggio sono riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Tipo di carotaggio	Profondità (m)	EST	NORD	Quota
SP15	a carotaggio continuo verticale	30	49638,071	170982,7	332,619
SP18	a carotaggio continuo orizzontale	20	48952,293	171710,2	320,363
SP22	a carotaggio continuo verticale	22	47269,821	176104,3	225,348
SP23	a carotaggio continuo verticale	25	47350,17	175899,3	229,48
SP42	a carotaggio continuo verticale	16			
SP43	a carotaggio continuo verticale	15			
SP44	a carotaggio continuo verticale	15			

L'esame dei risultati scaturiti dai sondaggi ha evidenziato che le formazioni rocciose sub-affioranti, presenti nell'area, sono interessate da una copertura detritica di natura eluvio-colluviale di spessore medio maggiore di 3 metri.

Tali depositi sono costituiti da materiale limoso-sabbioso con scheletro costituito da clasti in genere spigolosi e con rari blocchi.

Nei sondaggi sono state eseguite le seguenti prove:

- Prelievo di campioni indisturbati, rimaneggiati o di spezzoni di carote lapidee, per le prove di laboratorio.
- Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile.
- Prove S.P.T

Per quanto riguarda le prove di laboratorio sono state eseguite le seguenti prove:

- analisi granulometriche,
- determinazione del contenuto naturale d'acqua e della massa volumica apparente,
- determinazione dell'indice di consistenza,
- misura dell'indice Point Load Is (50),
- prove di taglio diretto.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5101ECVRGNV1500001A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 35 di 35</p>

## 9.2. Rilievi geostrutturali

Per la descrizione e classificazione geomeccanica della formazione interagente con le opere a progetto si sono presi a riferimento i dati e le considerazioni già svolte nel corso degli studi precedenti.

Per ogni stop strutturale sono state rilevate le giaciture delle principali discontinuità (clivaggio, foliazione, giunti di frattura) e sono state rilevate le loro caratteristiche in termini di spaziatura media, apertura, JCS e JRC, persistenza lineare, volumi unitari dell'ammasso roccioso e infine l'intensità di fatturazione espressa come numero di discontinuità medio per metro lineare di stendimento.