

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

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

GALLERIA NATURALE - FINESTRA CASTAGNOLA - RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. P.P. Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R O	G N 1 5 M 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	GDP 	15/07/2013	Rocksoil 	15/07/2013	A. Palomba 	19/07/2013	

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00
-----------	---------------------------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00
	Foglio 3 di 24

INDICE

INDICE.....		3
1. PREMESSA		4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....		4
3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO.....		4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO		5
4.1. Inquadramento geologico regionale.....		5
4.2. Evoluzione strutturale.....		8
4.2.1. Gli eventi deformativi D1 e D2		8
4.2.2. L'evento deformativo D3		8
4.2.3. L'evento deformativo D4		9
4.2.4. Deformazione fragile.....		9
4.3. L'unità tettonometamorfica Figogna		10
4.3.1. Corrispondenza tra le unità descritte nel PD e le unità CARG.....		12
4.3.2. Le Argille a Palombini del Passo della Bocchetta aP, AGI, AGF (Cretaceo inf.)		12
5. ASSETTO GEOLOGICO LOCALE		14
5.1. Caratteri del substrato prequaternario nell'area di intervento		14
5.2. Assetto strutturale duttile		15
5.3. Zone di faglia		16
5.4. Depositi quaternari		16
5.5. Geomorfologia		17
6. CONDIZIONI GEOLOGICHE ATTESE LUNGO LO SVILUPPO DELLA FINESTRA 17		
7. ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA D'INTERVENTO.....		18
7.1. Modello idrogeologico generale.....		18
7.2. Portate attese lungo la finestra		19
7.3. Interferenze con le sorgenti		20
7.4. Sintesi delle problematiche idrogeologiche inerenti lo scavo della finestra		20
8. BIBLIOGRAFIA		23

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00</p> <p>Foglio 4 di 24</p>

1. PREMESSA

Il presente rapporto riguarda la realizzazione della Finestra Castagnola identificata dal codice WBS GN15N. L'intervento si inserisce nel quadro delle opere complementari previste dal Progetto Esecutivo del nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi".

La presente nota revisiona gli studi geologici eseguiti in precedenza e descritti nel Progetto Definitivo. Rispetto alla fase di PD sono stati eseguiti ex-novo alcuni rilievi geologici integrativi di superficie, tuttavia alla data odierna non sono ancora disponibili nuove indagini (geofisica o sondaggi) per un affinamento della caratterizzazione geologica lungo il tracciato dell'opera.

Questo rapporto descrive quanto rappresentato nei seguenti elaborati grafici allegati:

- Carta geologica e geomorfologica (IG51-02-E-CV-G6-GN15-M0-001-A00).
- Carta idrogeologica e dei punti d'acqua (IG51-02-E-CV-G6-GN15-M0-002-A00)
- Profilo geologico ed idrogeologico (IG51-02-E-CV-FZ-GN15-M0-002-A00)

Si ricorda che la Finestra Castagnola è già stata scavata fino alla pk 0+690. Il profilo geologico longitudinale allegato è stato redatto, oltre che sulla base dei nuovi rilievi eseguiti, anche tenendo conto dei dati raccolti in fase di scavo.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente rapporto fa riferimento alla seguente documentazione:

- D.M. 11.03.1988 e s.m.i. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e le scarpate, i criteri generali, e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- Circ. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 Legge 02/02/74, n.64 art.1. D.M. 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione".

3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO

Lo studio geologico-geomorfologico e idrogeologico del sito di intervento ha previsto:

- l'esecuzione di una ricerca bibliografica;
- il rilevamento di terreno e l'acquisizione dei dati geologici, geomorfologici ed idrogeologici relativi alle aree di intervento;
- l'analisi ed interpretazione delle immagini aeree disponibili;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 5 di 24</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'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. Luca Delle Piane (responsabile di progetto);
- supervisione e controllo elaborati: Dott. Geol. L. Delle Piane, Dott. Geol. Paolo Perello;
- rilevamento geologico-strutturale, sedimentologico-stratigrafico e geomorfologico: Dott. Geol. L. Delle Piane, Dott. Geol. P. Perello, Dott. Geol. Antonio Damiano, Dott.ssa Geol. Alessandra Giorza, Dott.ssa Geol. Alessia Musso, Dott. Geol. Dario Varrone;
- idrogeologia: Dott. Geol. Alessandro Baietto, Dott.ssa Geol. Laura Citerinesi;
- elaborazioni GIS e CAD: Dott.ssa Geol. A. Musso, Dott.ssa Geol. A. Giorza, I. Zatti.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1. Inquadramento geologico regionale

L'area di studio si colloca nella zona di giustapposizione tra i domini orogenici alpino e appenninico (Figura 1), nota in letteratura come "nodo collisionale ligure" (Laubscher *at. al.*, 1992); questo settore ad elevata complessità strutturale è stato recentemente oggetto di una dettagliata revisione cartografica con la realizzazione del nuovo foglio CARG n° 213-230 "Genova" in scala 1:50.000 (Capponi *et al.*, 2009).

Nell'area del Foglio Genova è possibile distinguere, da W verso E, tre settori caratterizzati dall'associazione di unità di crosta oceanica e di mantello, unità di margine continentale e unità costituite da flysch (Figura 1):

1. le **unità tettonometamorfiche¹ Voltri e Palmaro-Caffarella** ("*Gruppo di Voltri*" *auct.*): sono costituite dalle associazioni pre-cenomaniane di ofioliti e metasedimenti carbonatici del

¹ Con il termine di "unità tettonometamorfica" si intende un volume roccioso caratterizzato da incompatibilità metamorfiche e strutturali rispetto ai volumi adiacenti.

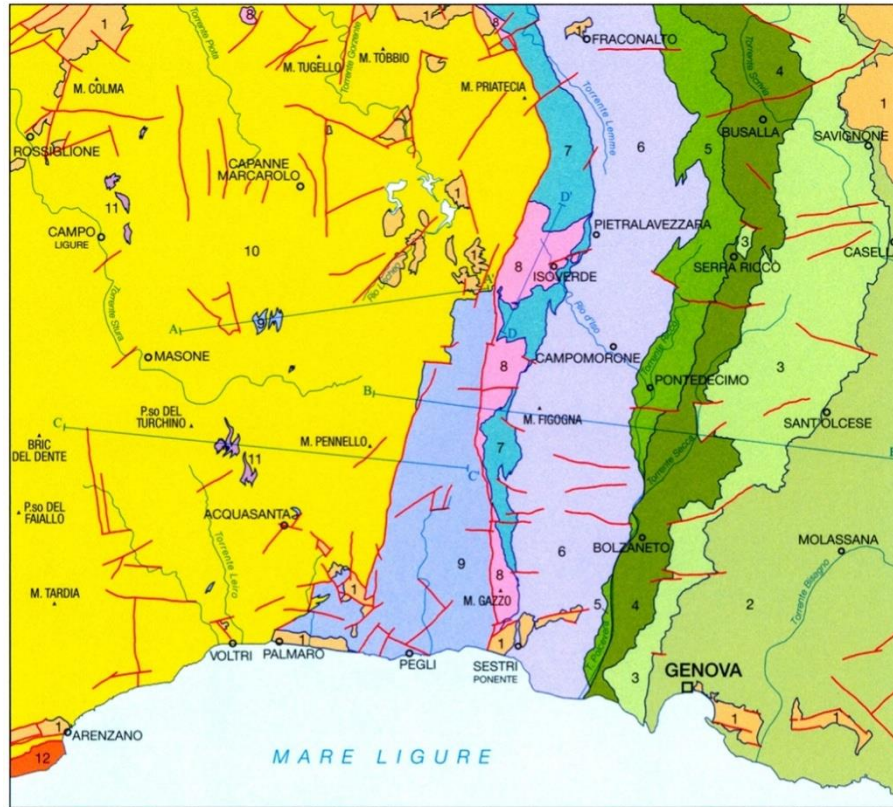
GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00 Foglio 6 di 24

dominio oceanico ligure-piemontese. I litotipi dell'Unità Voltri hanno registrato un piccolo metamorfico eclogitico mentre la riequilibratura metamorfica delle rocce dell'Unità Palmaro-Caffarella è limitata alla facies scisti-blu (Federico et al. 2004). La distinzione sicura tra i litotipi delle due unità è in genere possibile solo a scala microscopica, in base ai caratteri mineralogico-petrografici.

2. la **Zona Sestri-Voltaggio** *auct.* (nel seguito ZSV): è costituita da tre unità tettonometamorfiche, di cui due ofiolitiche (Cravasco-Voltaggio e Figogna) e una di margine continentale (Gazzo-Isoverde). Il livello del metamorfismo è progressivamente decrescente passando dalle unità Cravasco-Voltaggio e Gazzo-Isoverde (facies scisti blu) all'Unità Figogna (facies pumpellyite-actinolite).
3. Il **dominio dei Flysch Appenninici**: è rappresentato dalle quattro unità tettoniche Mignanego, Montanesi, Ronco e Antola, sovrapposte con vergenza europea. Procedendo verso est, il grado metamorfico decresce da basso a bassissimo nelle prime tre unità fino ad arrivare a condizioni di diagenesi per l'Unità Antola.

A est, la Zona Sestri-Voltaggio è in contatto con le unità tettoniche di basso grado che compongono il dominio dei Flysch Appenninici. A ovest, essa è invece in contatto con le unità tettonometamorfiche Voltri e Palmaro-Caffarella, lungo una discontinuità regionale con direzione N-S, nota in bibliografia come *Linea Sestri-Voltaggio*; questo lineamento strutturale è classicamente ritenuto il limite fisico tra la catena alpina e quella appenninica, anche se le interpretazioni sulla sua natura sono spesso state tra loro discordanti: faglia trascorrente (Elter & Pertusati, 1973), sovrascorrimento (Cortesogno & Haccard, 1984) o faglia estensionale (Hoogerduijn Strating, 1994). Attualmente la ZSV è ritenuta un canale di concentrazione preferenziale della deformazione tettonica che, lungo di essa, si è ripetutamente scaricata in momenti diversi della storia evolutiva della catena e in regimi tettonici corrispondenti a livelli strutturali differenti (Capponi et al. 2009).

SCHEMA TETTONICO



- 1 DEPOSITI TARDO- E POST-OROGENICI
Successione del Bacino Terziario Piemontese, depositi pliocenici e quaternari
 - 2 UNITÀ TETTONICA ANTOLA
Unità costituita da flysch, non metamorfica
 - 3 UNITÀ TETTONICA RONCO
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
 - 4 UNITÀ TETTONICA MONTANESI
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
 - 5 UNITÀ TETTONICA MIGNANEGO
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
 - 6 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA FIGOGNA
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies pumpellyite-actinolite
 - 7 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA CRAVASCO - VOLTAGGIO
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies Scisti Blu (albite, clorite, Na-anfibolo, Na-pirosseno, lawsonite, pumpellyite, epidoto), con retrocessione moderata
 - 8 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA GAZZO - ISOVERDE
Unità di margine continentale, a sovrainfronta metamorfica di alta pressione
 - 9 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA PALMARO - CAFFARELLA
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies Scisti Blu (giadrite, Na-anfibolo, lawsonite), con retrocessione in facies Scisti Verdi più o meno pervasiva
 - 10 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA VOLTRI
Unità di crosta oceanica e di mantello, a metamorfismo in facies Scisti Blu con eclogiti e riequilibratura in facies Scisti Verdi spesso pervasiva
 - 11 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA ANGASSINO - TERMA
Unità di margine continentale, a sovrainfronta metamorfica di alta pressione
 - 12 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA ARENZANO
Costituita da un Complesso di margine continentale, monometamorfico, a sovrainfronta metamorfica alpina da alta pressione a Scisti Verdi e da un Complesso di margine continentale, polimetamorfico, a metamorfismo pre-alpino in facies Anfibolitica e sovrainfronta metamorfica alpina da alta pressione a Scisti Verdi
- Limite stratigrafico
 — Contatto tettonico
 — Faglia
 A—A' Traccia di sezione geologica

Figura 1 - Schema tettonico dell'area interessata dal progetto (tratto dal foglio CARG "Genova").

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00 Foglio 8 di 24

Il tracciato della linea AC/AV Milano-Genova si sviluppa, in territorio ligure, a cavallo delle unità tettonometamorfiche Palmaro-Caffarella e Sestri-Voltaggio. A scala locale, il territorio in cui si collocano il sito di intervento e le zone limitrofe, è ubicato nell'areale di affioramento della ZSV e più precisamente entro la formazione delle "Argille a Palombini del Passo della Bocchetta" (aP), dell'unità tettonometamorfica Figogna.

4.2. Evoluzione strutturale

L'evoluzione strutturale che caratterizza le unità tettonometamorfiche presenti è definita da quattro eventi deformativi principali (Capponi & Crispini, 1997). Le associazioni strutturali legate a questi quattro eventi sono riferibili a traiettorie seguite dai volumi rocciosi attraverso livelli cristallini via via più superficiali.

4.2.1. Gli eventi deformativi D1 e D2

I primi due eventi, definiti D1 e D2, hanno caratteri geometrici simili e sono rappresentati da sistemi di pieghe isoclinali-traspositive a tutte le scale, cui si accompagna lo sviluppo di una superficie composita, pervasiva a scala regionale, che è generalmente quella più evidente alla scala dell'affioramento (scistosità principale o SP).

Le pieghe D1/D2 hanno assi orientati tra NNW-SSE e NNE-SSW e piani assiali immergenti a medio-alto angolo generalmente verso E; l'inclinazione della SP aumenta procedendo da W a E, fino a divenire subverticale in corrispondenza della Zona Sestri-Voltaggio.

Le pieghe D1/D2 sono distinguibili tra loro con certezza solo quando sono sovrapposte geometricamente e possono assumere geometrie variabili tra le pieghe cilindriche e le pieghe a guaina. Nell'unità Figogna, le paragenesi metamorfiche sin-D1/D2 sono quelle tipiche della facies a pumpellyite-actinolite (Crispini & Capponi, 2001).

4.2.2. L'evento deformativo D3

L'evento deformativo D3, sviluppatosi in condizioni metamorfiche comprese tra le facies scisti verdi e scisti verdi inferiore, è caratterizzato dalla coesistenza di sistemi di pieghe e zone di taglio, che testimoniano una progressiva transizione delle unità tettonometamorfiche verso livelli cristallini più superficiali (Capponi & Crispini, 2002).

Le pieghe D3 sono strutture aperte da decimetriche a pluriettometriche, con assi debolmente inclinati sia verso NNE che verso SSW. Questa fase deformativa verticalizza la foliazione regionale SP e i fianchi delle strutture D1/D2 ed si esprime in modo abbastanza eterogeneo.

Alle pieghe di piegamento D3 si associano, soprattutto in zona di cerniera e lungo i fianchi rovesciati, zone di taglio duttile-fragile, a basso angolo e con cinematismo inverso; queste zone sono subparallele ai piani assiali 3 con direzione WNW-ESE e hanno caratteri che testimoniano un'intensa attività di fluidi carbonatici tipica di sistemi idrotermali a controllo tettonico. L'azione

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 9 di 24</p>

metasomatica è stata tale da idratare e carbonatare le rocce trasformandole; le serpentiniti, ad esempio, sono state trasformate in scisti a clorite, tremolite e actinolite, oppure in serpentiniti carbonatate.

Queste zone di taglio si sono probabilmente sviluppate progressivamente, in un ampio intervallo di tempo: esse possono infatti sia tagliare le pieghe D3, sia essere piegate da queste. L'analisi cinematica condotta dagli autori citati suggerisce per l'evento D3 una direzione regionale di raccorciamento finito con direzione NW-SE.

4.2.3. L'evento deformativo D4

L'evento deformativo D4 è espresso omogeneamente da un'associazione strutturale di pieghe, sovrascorrimenti e sistemi di faglie.

Le pieghe D4 sono strutture aperte plurichilometriche, con assi suborizzontali diretti tra N-S e NW-SE. I piani assiali sono inclinati verso W e sono talora associati a clivaggi che sviluppano minerali della facies a zeoliti. Si tratta di strutture fortemente asimmetriche, con una marcata vergenza tra E e NE.

Le pieghe D4 deformano i livelli di età oligocenica del Bacino Terziario Piemontese (Capponi et al., 2001) senza tuttavia coinvolgere i termini del Miocene inferiore; grazie a questi vincoli stratigrafici è possibile delimitare l'evento D4 alle fasi iniziali del Miocene inferiore.

I fianchi delle pieghe D4 sono frequentemente riattivati come sovrascorrimenti, con direzione di trasporto tra E e NE, associati allo sviluppo di rocce di faglia di potenza fino a decametrica. Queste strutture sono caratterizzate da fronti con persistenza chilometrica e sono associate a mineralizzazioni a zeolite, clorite e carbonati, indicative di livelli crostali piuttosto superficiali.

4.2.4. Deformazione fragile

All'evento D4 vengono riferiti alcuni sistemi di faglie ad alto angolo, organizzati in due diversi domini strutturali (Capponi et al., 2009), a nord e a sud del settore di contatto tra l'Unità Voltri e la Zona Sestri-Voltaggio. Nel dominio settentrionale le faglie hanno direzioni NW-SE e NE-SW, mentre in quello meridionale sono presenti faglie dirette N-S e NE-SW. L'andamento della Zona Sestri-Voltaggio, delimitata da queste strutture, è caratterizzato a N da direzioni NW-SE, al centro da direzioni NNE-SSW e infine a S da direzioni N-S.

Gli indicatori cinematici forniscono sensi di movimento prevalentemente trascorrenti destri, molte volte con componente inversa. Nelle zone di faglia N-S e NW-SE sono inoltre comuni strutture "a fiore" positivo.

Le faglie del sistema NE-SW sono solitamente meno persistenti e possono tagliare i sistemi di faglie N-S e NW-SE. Queste strutture sono localmente molto frequenti, definendo zone di concentrazione della deformazione, che possono agire come svincoli meccanici (*tear faults*) dei sovrascorrimenti D4.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00
	Foglio 10 di 24

Sistemi minori di faglie normali dirette NNE-SSW e WSW-ENE ed E-W, con persistenza anche chilometrica, possono tagliare tutte le strutture precedenti. In tutti i sistemi di faglie sono comuni fenomeni di riattivazione tardiva con movimenti di tipo normale.

Le associazioni strutturali D4 (pieghe + faglie) sono geometricamente e cinematicamente congruenti con un raccorciamento regionale di direzione NE-SW, correlato all'instaurarsi di un regime transpressivo destro attivo fino all'inizio del Miocene inferiore. Questo quadro cinematico sarebbe in accordo con il contesto geodinamico oligocenico-miocenico di questo settore della catena alpina, caratterizzato da una tettonica transpressiva legata alla convergenza obliqua delle placche europea e adriatica. In particolare, la zona Sestri-Voltaggio rappresenterebbe un sistema di svincolo destro di ordine minore, necessario ad accomodare la trascorrenza regionale sinistra del bordo meridionale della placca Adria (Capponi et al. 2009).

4.3. L'unità tettonometamorfica Figogna

L'unità tettonometamorfica Figogna è costituita da un basamento metaofiolitico e dalla relativa copertura metasedimentaria; la successione-tipo presenta alcuni caratteri peculiari rispetto alle sequenze di crosta oceanica delle altre unità: nei basalti, generalmente con tessitura a *pillow*, sono presenti livelli di ialoclastiti e breccie più o meno rimaneggiate, filoni basaltici e dioritici. I gabbri, generalmente ben rappresentati nelle altre unità, sono volumetricamente molto ridotti.

L'unità Figogna corrisponde all'unità denominata "Timone - Bric Teiolo" dagli autori pre-CARG, denominazione adottata anche nel Progetto Definitivo (2004); essa include le seguenti formazioni:

Argille a Palombini del Passo della Bocchetta (aP) (suddivise nella cartografia CARG nelle due sottounità degli "argilloscisti di Murta, AGF" e degli "argilloscisti di Costagiutta, AGI");

Metacalcari di Erzelli;

Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia;

Metabasalti del M. Figogna;

Serpentiniti del Bric dei Corvi (zona di deformazione di Scarpino).

Uno schema sintetico dei rapporti stratigrafici all'interno dell'unità Figogna è presentato nella successiva

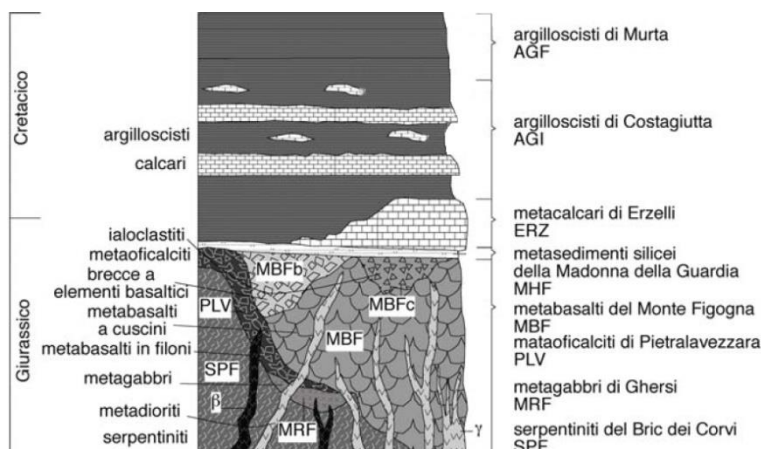


Figura 2 – Schema dei rapporti stratigrafici tra le varie formazioni che costituiscono l’unità tettonometamorfica Figogna (Capponi et al., 2008).

Nel Foglio CARG Genova l’unità Figogna è interpretata come una serie ofiolitifera rovesciata, posizionata lungo il fianco inverso di una piega plurichilometrica coricata, successivamente ripiegata a formare una struttura regionale sinforme; le fasi deformative più recenti riattiverebbero i contatti tra le singole formazioni, generando superfici di scollamento lungo cui si determina una strutturazione a sovrascorrimenti interni all’unità (Capponi et al. 2009).

I metabasalti, relativamente indisturbati, sono interessati, nel settore occidentale dell’unità, da numerose faglie transpressive dirette N-S e a vergenza W, che determinano dei raddoppiamenti (*duplex*) della sequenza serpentiniti-metabasalti. Queste strutture sviluppano, soprattutto nelle serpentiniti, tessiture cataclastiche che sembrano agire da orizzonte plastico, assorbendo la maggior parte della deformazione. Al limite occidentale dell’unità si osservano inoltre scaglie di termini sedimentari bacinali, pinzate tra le metabasiti e le adiacenti unità Cravasco-Voltaggio e Gazzo.

Secondo un’ipotesi coerente con alcune osservazioni inedite di terreno (dati non pubblicati), la parte occidentale dell’unità Figogna ricade all’interno di una potente fascia di deformazione tettonica, che arriva a comprendere le dolomie del M. Gazzo, ed è caratterizzata da due piani di deformazione cataclastica di estensione regionale, riferibili a un regime deformativo di tipo transpressivo: la *zona di deformazione di Timone*, coincidente con le “serpentiniti di Case Bardane” della cartografia CARG e la *zona di deformazione di Scarpino*, coincidente con le “serpentiniti del Bric dei Corvi” della cartografia CARG).

Sulla base di questa ricostruzione, appare verosimile che la presunta struttura a piega rovesciata ipotizzata da Capponi et al. (2009) potrebbe essere in realtà una zona a scaglie tettoniche, dove la sequenza dei litotipi è ripetuta per sovrascorrimento in un contesto regionale transpressivo, come del resto già messo in evidenza altrove dai rilievi CARG.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00	Foglio 12 di 24

4.3.1. Corrispondenza tra le unità descritte nel PD e PE e le unità CARG

All'interno dell'unità Figogna i limiti stratigrafici originari sono sovente trasposti ma localmente possono ancora essere considerati come contatti stratigrafici; di seguito viene riportata una tabella comparativa in cui vengono indicate le corrispondenze tra la terminologia geologica derivante dalle interpretazioni più aggiornate contenute nelle note illustrative del Foglio CARG "Genova" (Capponi et al., 2009) e la terminologia adottata in base agli studi pre-2009 e utilizzata nell'ambito del Progetto Definitivo (2004). Di queste formazioni, solo quella delle Argille a Palombini del Passo della Bocchetta (aP) interessa il settore in cui si situa l'intervento in progetto.

<i>definizione PD (2004) e PE (2013)</i>		<i>definizione CARG (2009)</i>	
- argille a Palombini del Passo della Bocchetta	aP	- argiloscisti di Costagiutta	AGI
		- argiloscisti di Murta	AGF
- calcari di Erselli	cE	- metacalcari di Erzelli	ERZ
- metabasalti	B'	- metabasalti del Monte Figogna	MBF
- Scisti silicei (d' nel PD); Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia (dM nel PE)	d' / dM	- Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia	MHF
		- serpentiniti di Bric dei Corvi	SPF
- serpentiniti, serpentinoscisti e oficalci	Se'	- metaoficalciti di Pietralavezzara	PLV

Tabella 1 - Corrispondenza tra la terminologia geologica adottata per l'unità Figogna ("unità Timone Bric - Teiolo" auct.) nel Foglio CARG "Genova" (Capponi et al., 2009), e la terminologia adottata nell'ambito del Progetto Definitivo (2004) e del Progetto Esecutivo.

4.3.2. Le Argille a Palombini del Passo della Bocchetta aP, AGI, AGF (Cretaceo inf.)

L'unità delle "Argille a Palombini del Passo della Bocchetta", descritta come un complesso litostratigrafico unico dagli autori pre-CARG e dal Progetto Definitivo, è stata successivamente suddivisa nel foglio CARG Genova in due sottounità:

- argiloscisti di Costagiutta (codice CARG: AGI);
- argiloscisti di Murta (codice CARG: AGF).

Per coerenza con il Progetto Definitivo e per evitare eccessive confusioni, si è scelto di mantenere la terminologia e il codice pre-CARG (aP), indicando, dove possibile, l'attribuzione dei litotipi affioranti all'una o all'altra delle due sottounità CARG sopra citate e distinguendo cartograficamente, sempre ove possibile, le due litofacies principali.

Le due sottounità AGI e AGF occupano posizioni strutturalmente e litostratigraficamente distinte: gli argiloscisti di Costagiutta in posizione soprastante, gli argiloscisti di Murta in posizione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00 Foglio 13 di 24

sottostante; i rapporti reciproci a scala regionale sono esemplificati dal profilo geologico di Figura 3, estratto dal foglio CARG “Genova”. Il profilo ha un’orientazione E-W e passa per la sommità del M. Figogna, a sud della Finestra Castagnola. I rapporti geometrico-strutturali tra le due unità sono complicati dalla presenza di sistemi di pieghe ovest-vergenti, riferibili in gran parte all’evento deformativo D3 (§ 4.2.2).

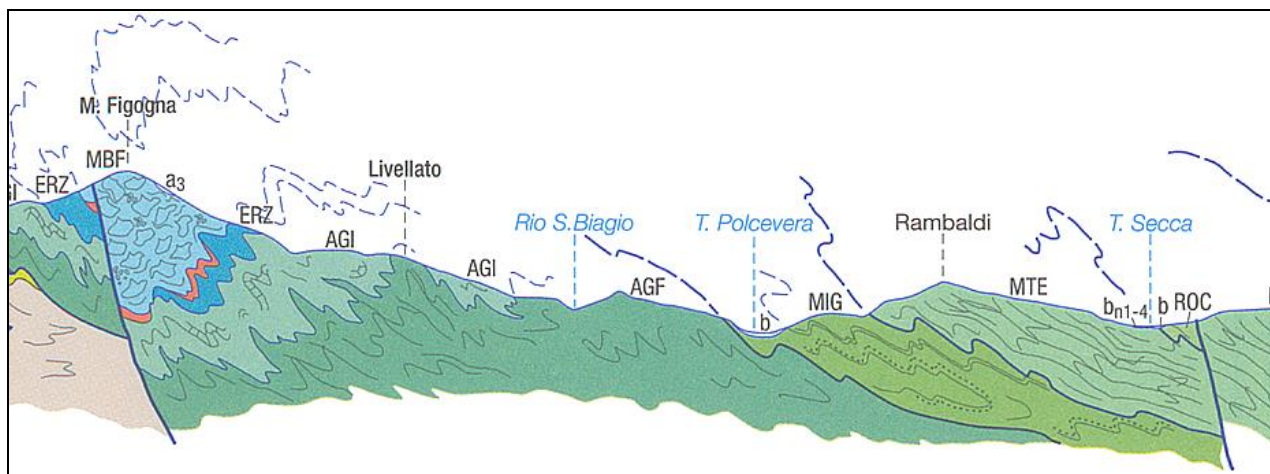


Figura 3 – Profilo geologico E-W attraverso la Val Polcevera e la dorsale del M. Figogna (Foglio CARG Genova; Capponi et al., 2007). Il profilo si colloca a S del tracciato della finestra Castagnola.

Dal punto di vista litostratigrafico, la sottounità degli **argilloscisti di Costagiutta** è costituita da alternanze di argilloscisti e di calcari cristallini (“Palombini” auct.), metapeliti scistose grigio-nerastre, più o meno siltose, metasiltiti e metaareniti in strati centimetrici, con intercalazioni di metacalcilutiti siltose più o meno marnose, di colore grigio o grigio-bruno in strati e banchi, più frequenti alla base della successione. I cosiddetti “Palombini” sono rappresentati da calcari cristallini comprendenti calcari micritici silicei, di colore grigio scuro tendente al grigio azzurro, a tessitura massiva, più raramente stratificata, calcari arenacei e meno frequenti calcari marnosi, che formano strati e banchi di potenza variabile da pochi cm a 1.5-2 m.

Lo spessore degli strati è generalmente centimetrico, ma nella parte alta della sequenza si osserva una stratificazione più irregolare con strati decimetrici e interstrati pelitici foliati. Sono frequenti noduli allungati e liste di quarzo microcristallino biancastro.

L'assenza di contenuto paleontologico non consente di determinare con precisione l'età della formazione che, per analogia con le Argille a Palombini delle successioni Liguri, è ipotizzata barremiano-albiana (Capponi et al., 2009).

Le giaciture individuate sono frequentemente la media di una stratificazione disturbata da serie di pieghe più o meno frammentate; la scistosità descrive frequentemente pieghe a ginocchio con cerniere più o meno acute e pieghe serrate, a scala da centimetrica a pluridecimetrica. Gli argilloscisti di Costagiutta affiorano diffusamente a E della dorsale del M. Figogna e, in misura minore, sul suo lato occidentale, dove sono in contatto tettonico con le unità Gazzo e Cravasco-Voltaggio. Nel settore meridionale del Foglio Genova affiorano soprattutto lungo il T. Chiaravagna e sono segnalati in scavi di fondazione e sondaggi; nel settore settentrionale si estendono diffusamente oltre il confine regionale, da Pietralavezzara a Fraconalto (AL).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00
	Foglio 14 di 24

Gli **Argilloscisti di Murta** a differenza dei precedenti sono privi dei caratteristici interstrati calcarei, i “Palombini” auct. che hanno dato il nome all’intera formazione. Sono rappresentati da un’alternanza di argilloscisti filladici color grigio scuro e grigio argenteo, a patina sericitica, con intercalazioni di sottili straterelli calcarei, di metasiltiti e di metaareniti fini, color grigio chiaro, nocciola in alterazione, con laminazioni piano-parallele localmente convolute. Gli strati hanno generalmente spessore da centimetrico a decimetrico; sono presenti orizzonti con strati fino a 30 cm di argilliti e metasiltiti.

Il rapporto stratimetrico metaareniti/metapeliti è di 1:2. Le superfici di strato su roccia fresca sono normalmente lucide, con veli di sericite talcosa al tatto, talvolta con tracce di scorrimento interstrato e aspetto vetrificato (fenomeni di dinamometamorfismo); possono essere presenti noduli allungati e liste di quarzo microcristallino biancastro. I contatti con le unità sopra- e sottostanti sono di tipo tettonico.

L’unità affiora in una fascia allungata N-S, da Sampierdarena a Campomorone e oltre, in territorio piemontese, separando verso est gli argilloscisti di Costagiutta dall’unità flyschoidi di Mignanego (dominio dei Flysch Appenninici). L’età presunta è cretacea.

Le giaciture della stratificazione sono vergenti ad E presso il contatto con il Flysch di Mignanego, mentre nella direzione opposta (verso W) le giaciture sono raramente significative, poiché la stratificazione è disturbata da fitte sequenze di pieghe strizzate alla macroscala con assi orientati circa NNE-SSW.

5. ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

5.1. Caratteri del substrato prequaternario nell’area di intervento

Il volume roccioso entro cui è previsto lo scavo della finestra si colloca sul fianco sinistro della Valle Scrivia, dove affiorano i litotipi che costituiscono la formazione delle “Argille a Palombini del Passo della Bocchetta” (aP; unità tettonometamorfica Figogna); secondo l’interpretazione strutturale suggerita dal Foglio CARG Genova (Capponi et al., 2007, 2009) il tracciato della finestra ricade in parte all’interno dell’unità degli Argilloscisti di Murta (AGF), e in parte all’interno dell’unità degli Argilloscisti di Costagiutta (AGI). In realtà la distinzione tra questi due litotipi in questo settore è estremamente difficoltosa, poiché essi risultano intimamente interdigitati a causa dei fenomeni traspositivi associati al piegamento. Pertanto nell’elaborato cartografico di progetto si è scelto di mantenere indifferenziati gli argilloscisti, tanto più che dal punto di vista geomeccanico essi non presentano differenze sostanziali.

Nel complesso gli affioramenti sono molto alterati nei primi metri dalla superficie, principalmente per ossidazione e per argillificazione parziale delle fasi feldspatiche, mentre con la profondità l’ammasso tende rapidamente a chiudersi.

Intercalati all’interno degli argilloscisti sono stati osservati corpi lenticolari, di estensione pluri-decimetrica fino a ettometrica, costituiti da metabasiti (B’) e da metasedimenti silicei (dM). Si tratta

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00	Foglio 15 di 24

probabilmente di elementi che all'origine si trovavano stratigraficamente intercalati, seppur con una certa discontinuità, agli argiloscisti, successivamente ridotti a corpi lenticolari a seguito dei fenomeni traspositivi sin-plicativi.



Figura 4 – Argiloscisti pieghettati con strati calcarei frammentati, affioranti lungo il rio Mainose.

5.2. Assetto strutturale duttile

L'assetto strutturale superficiale è caratterizzato da foliazioni immergenti sia verso ENE o NE sia verso WNW o NW, a causa di una fitta successione di pieghe da aperte a serrate, spesso con fianchi rovesciati, ad asse diretto da N-S a NNW-SSE (Figura 4). In superficie si osservano serie di pieghe decimetrico-metriche, più o meno disarmoniche, da serrate ad aperte (Figura 5), riferite all'evento deformativo D3; la deformazione è molto pervasiva e genera un clivaggio o una scistosità di piano assiale (S3) che localmente tende ad obliterare la precedente foliazione composita (S1+S2).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00
	Foglio 16 di 24

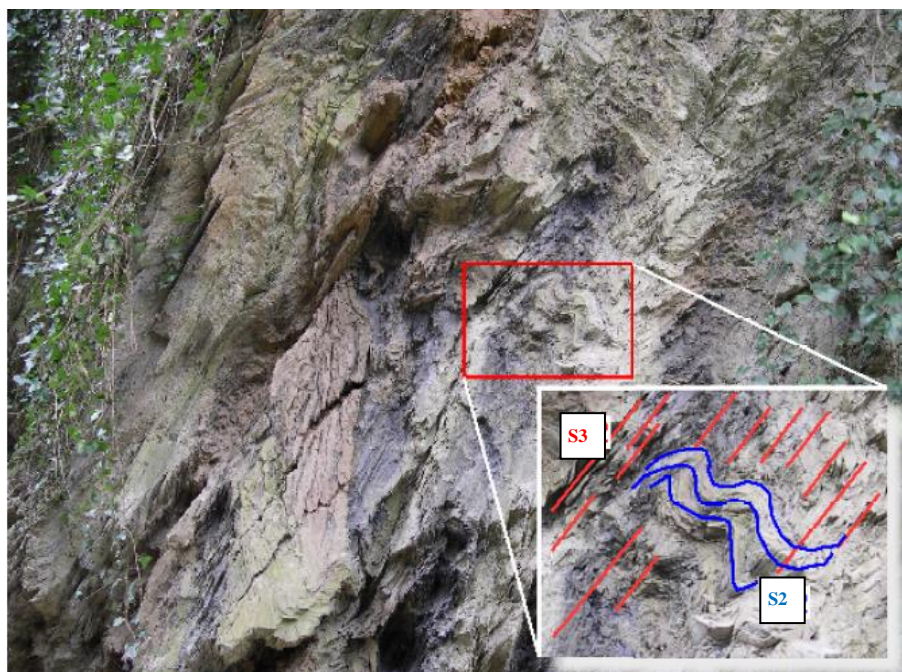


Figura 5 – Rapporti di sovrapposizione tra la scistosità composita principale (S1+S2) e clivaggi di piano assiale legati a pieghe aperte di fase D3 negli argilloscisti.

5.3. Zone di faglia

La discontinuità di affioramento nella zona della finestra non ha consentito l'osservazione diretta di strutture fragili, con l'eccezione di un unico caso. Si tratta di una faglia immergente a medio-alto angolo verso ESE che dovrebbe intersecare la finestra intorno alla progressiva 0+800m ca. Tale struttura è comunque un elemento minore, con zona di danneggiamento avente uno spessore variabile da 2 a 5m e caratterizzata principalmente da brecce tettoniche.

Le altre strutture riportate sulla carta geologica allegata (elaborato IG51-02-E-CV-G6-GN15-M0-001-A00) sono state ipotizzate esclusivamente sulla base di evidenze morfologiche. In tutti i casi si dovrebbe trattare di faglie minori ad alto angolo con direzione NW-SE o E-W. E' inoltre verosimile che siano caratterizzate da zone di danneggiamento di spessore metrico.

5.4. Depositi quaternari

Data la profondità media della tratta ancora da scavare della finestra, non sono prevedibili interazioni di alcun tipo con i terreni quaternari. Si segnala comunque la presenza di una zona in frana identificabile su base fotogeologica posta al di sopra dell'opera circa in corrispondenza della pk 0+800. Si tratta verosimilmente di un fenomeno di frana per scivolamento, di spessore pluri-metrico fino a decametrico.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00
	Foglio 17 di 24

5.5. Geomorfologia

Considerata la profondità a cui si colloca la tratta ancora da scavare della Finestra Castagnola, (100-500m) al di sotto della superficie topografica, è evidente che i fenomeni morfogenetici superficiali non hanno alcun tipo di influenza sull'opera.

6. CONDIZIONI GEOLOGICHE ATTESE LUNGO LO SVILUPPO DELLA FINESTRA

Litotipi attraversati e loro giacitura

L'assetto geolitologico lungo lo sviluppo del tracciato è relativamente semplice, dal momento che è previsto che gli scavi interessino con continuità gli scisti micaceo carbonatici (aP) dell'unità delle Argille a Palombini del Passo della Bocchetta. La presenza di bancate carbonatiche di spessore metrico-decamentrico, reologicamente più rigide rispetto alle facies scistose prevalenti, è anche possibile. Seppure non siano stati rappresentati sulla sezione geologica previsionale, è possibile che localmente, all'interno di questa monotona successione di scisti, vengano intersecati dei corpi di meta-basalti (B') e di scisti silicei (dM).

La giacitura della foliazione, a causa dei fenomeni di piegamento, varierà frequentemente sia a scala metrica che decamentrica. Si potranno verificare sia situazioni di scavo con direzione della scistosità sub-perpendicolare all'asse della galleria e immersione perlopiù a medio angolo, sia situazioni in cui la direzione della scistosità risulterà essere sub-parallela all'asse, sempre con immersione prevalente a medio angolo.

Presenza di faglie e stato medio di fratturazione dell'ammasso

E' prevista l'intersezione con alcune zone di faglia, poste all'incirca alle progressive 0+800, 1+350, 2+100 e 2+250. In tutti i quattro casi si tratterà di faglie a medio-alto angolo, caratterizzate da spessori di brecce tettoniche e fasce ad alta densità di fratturazione dell'ordine di alcuni metri, fino ad un massimo di una decina di metri. Gli angoli di intersezione con il tracciato risultano essere tutti piuttosto favorevoli.

La faglia posta alla pk 0+800 taglierà l'asse dell'opera con un angolo di incidenza in pianta di circa 45°, con intersezione prima sul paramento destro e successivamente sul paramento sinistro. Le due faglie poste alla pk 1+350 e 2+100 risultano avere direzione praticamente perpendicolare al tracciato e sono quindi orientate in modo favorevole. La faglia posta alla pk 2+250 attraverserà invece l'asse dell'opera con un angolo di circa 60°, con intersezione prima sul paramento sinistro e successivamente sul paramento destro.

Oltre alle strutture appena citate è comunque possibile la presenza di faglie minori, con persistenza metrico-decamentrica, caratterizzate da brecce tettoniche.

Lo stato di fratturazione generale dell'ammasso è caratterizzato da una densità delle superfici di discontinuità relativamente modesta; una densità di fratturazione media o medio-alta può essere

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00 Foglio 18 di 24

tuttavia presente nelle bancate più carbonatiche o nelle eventuali lenti di meta-basalti, reologicamente più competenti e rigide.

Rischi geologici

Lo scavo procederà in un ammasso caratterizzato da un' anisotropia meccanica elevata a causa della foliazione, che risulta essere molto pervasiva.

I fenomeni carsici e i fenomeni di dissoluzione sono improbabili, vista la composizione prevalentemente fillosilicatica dei litotipi. Non si possono comunque escludere locali e limitati settori con microcarsismo nelle bancate maggiormente carbonatiche e presenza di sottili livelletti di dissoluzione con materiale incoerente.

La presenza di fronti misti, con contatti litologici tra litotipi a differente competenza meccanica è ipotizzabile in tutto il settore qui considerato. Ciò dipende principalmente dalla possibile intersezione, all'interno degli argilloscisti, di scaglie di litotipi a differente competenza e più compatti, quali basalti e scisti silicei. Non si può inoltre escludere che, qualora intercettati, i contatti tra gli argilloscisti e tali corpi litologici presentino delle riattivazioni cataclastiche di modesta entità (livelli di gouge di spessore centimetrico), che comunque contribuirebbero a determinare un elemento di debolezza meccanica sul fronte. Fronti misti saranno sicuramente da prevedersi in corrispondenza delle zone di faglia citate in precedenza.

7. ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA D'INTERVENTO

7.1. Modello idrogeologico generale

L'elaborazione del modello idrogeologico concettuale in fase di Progetto Esecutivo ha portato alla revisione delle suddivisioni in complessi idrogeologici adottate nella fase di progettazione definitiva. Tale revisione è basata principalmente su un'analisi di maggior dettaglio delle prove idrauliche disponibili per i sondaggi del Progetto Preliminare e Progetto Definitivo.

Le nuove suddivisioni in complessi sono rappresentate nelle carte idrogeologiche di progetto e, con particolare riferimento all'opera oggetto del presente rapporto, nell'elaborato IG51-02-E-CV-G6-GN15-M0-002-A00.

Il complesso idrogeologico attraversato dalla finestra, riconducibile alla formazione delle "Argille a Palombini del Passo della Bocchetta" (aP), in condizioni di normale stato di fratturazione (ovverosia in assenza di faglie) presenta perlopiù una permeabilità per fratturazione bassa, dell'ordine dei $1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-8}$ m/s (cfr. Figura 6); tuttavia meno frequentemente si sono riscontrati anche valori di un ordine di grandezza inferiori (fino a 1×10^{-9} m/s) o superiori (fino al massimo a 1×10^{-6} m/s).

La permeabilità in zona di faglia all'interno di questo complesso non differisce di molto rispetto a quella dell'ammasso in normale stato di fratturazione, poiché l'abbondante frazione fillosilicatica previene lo sviluppo di larghe fasce di fratturazione. Le faglie dovrebbero comunque presentare conducibilità idrauliche dell'ordine dei 10^{-6} m/s equivalenti al limite massimo di permeabilità dell'ammasso non fagliato. Tale valore è valido per la zona di intensa fratturazione all'intorno della

zona di nucleo delle faglie; è invece probabile che quest'ultima sia un elemento compartimentante, ove si sono concentrati per scorrimento i minerali fillosilicatici, facendola risultare meno permeabile.

Qualora si dovessero intercettare lenti di meta-basalti è prevedibile che il grado di permeabilità per fratturazione possa essere leggermente più elevato, tuttavia ciò è poco influente, dal momento che si tratta di corpi idraulicamente imballati all'interno degli argillocisti e con poca ricarica.

Eventuali sistemi di flusso idrico sotterraneo negli argillocisti possono svilupparsi prevalentemente in corrispondenza di zone intensamente tettonizzate.

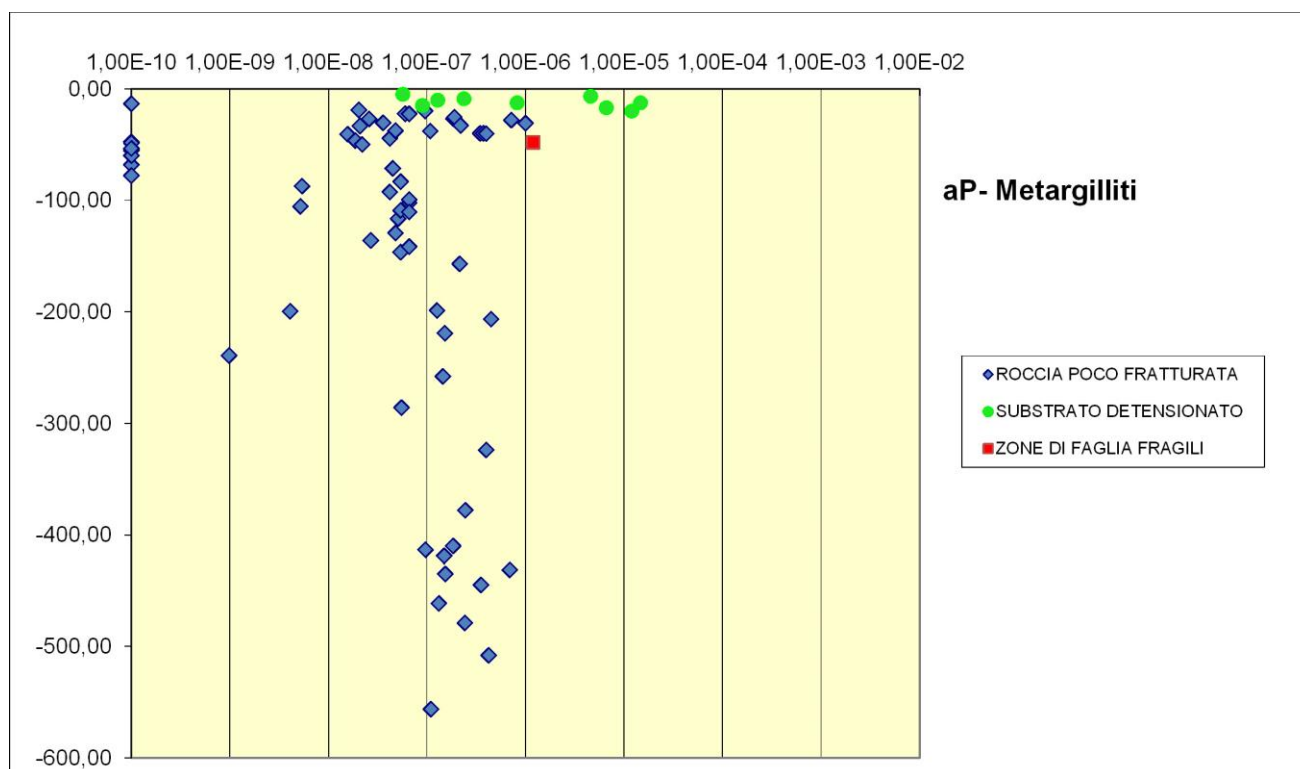


Figura 6 – Distribuzione dei valori di permeabilità ottenuti da prove in foro per gli argillocisti dell'unità aP.

7.2. Portate attese lungo la finestra

Dal momento che l'ammasso roccioso nel settore della finestra presenta permeabilità basse, non sono da attendersi venute d'acqua particolarmente elevate ne in regime transitorio (corso di scavo) ne tantomeno in regime stabilizzato.

Pur non essendo state condotte valutazioni analitiche specifiche per quest'opera si può ipotizzare che in fase di scavo, negli argillocisti non interessati da zone di faglia, si incontreranno stillicidi concentrati o, al più, venute concentrate dell'ordine di 1 l/s in rapida decrescita (abbattimento delle portate nel corso di pochi giorni o settimane). All'intersezione con le zone di faglia sono prevedibili venute localizzate, che al momento della prima intersezione con questi elementi geologici potranno attestarsi intorno ai 5-10 l/s, per poi decrescere rapidamente (giorni) fino a valori inferiori a 1 l/s.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 20 di 24</p>

Le venute stabilizzate complessive potranno attestarsi nell'ordine di alcuni litri per secondo, ma comunque non superiori ai 10l/s.

I carichi idraulici in regime imperturbato andranno ovviamente crescendo man mano che dall'imbocco si procede verso l'intersezione con le gallerie di linea. Una loro stima è resa difficoltosa dall'assenza di dati di livello d'acqua misurati in foro, poiché il sondaggio SC23, unico sondaggio ad oggi disponibile nei dintorni dell'opera, non è stato attrezzato con piezometro.

Cautelativamente si può comunque stimare che in prossimità dell'intersezione con le gallerie di linea, settore posto al di sotto della cresta spartiacque tra la Val Carbonasca e le Valli Scrivia e Polcevera, il carico idraulico alla quota dell'opera si attesti intorno ai 30-40 bar. Tale carico tenderà poi a ridursi procedendo verso l'imbocco fino ad annullarsi.

7.3. Interferenze con le sorgenti

Per quanto attiene alle valutazioni di interferenza con le sorgenti si può fare riferimento alla figura che segue. Nell'intorno dell'opera sono presenti circa 30 sorgenti che rientrano nella sua possibile area di influenza.

L'analisi della probabilità di impatto su queste sorgenti era già stata eseguita nel corso degli studi per il Progetto Definitivo ed è stata sostanzialmente confermata nel corso della progettazione esecutiva. L'analisi è stata effettuata con il metodo DHI (Dematteis et al., 1999) e mostra che la maggior parte delle sorgenti presenta un rischio di sterilità nullo. Tali sorgenti hanno dato valori di DHI compresi tra 0 e 0,2. Solo per tre sorgenti è stato ravvisato un rischio di sterilità basso. Due di queste sorgenti, SFR188 e SFR286 sono captate, mentre una, SVO0050916 non è captata. Le prime due sono da considerarsi a rischio soprattutto per la loro posizione molto prossima al tracciato e per il fatto che si trovano in un settore della discenderia dove la copertura topografica al di sopra dell'opera non è molto grande.

7.4. Sintesi delle problematiche idrogeologiche inerenti lo scavo della finestra

Gli argilloscisti che costituiscono la formazione delle "Argille a Palombini del Passo della Bocchetta" (aP) sono caratterizzati da permeabilità per fratturazione da bassa a molto bassa. La possibile presenza di interstrati calcarei relativamente più rigidi degli argilloscisti incassanti non modifica sostanzialmente la permeabilità globale dell'ammasso, dato il loro esiguo spessore. Gli argilloscisti non costituiscono un acquifero significativo.

Nel complesso quindi, lo scavo della finestra non presenta problematiche particolari dal punto di vista idrogeologico, fatte salve possibili condizioni di maggiore permeabilità legate alla presenza di zone di faglia, riguardo alle quali, allo stato attuale delle conoscenze e in assenza di sondaggi geognostici specifici, non è tuttavia possibile fare alcuna previsione precisa.

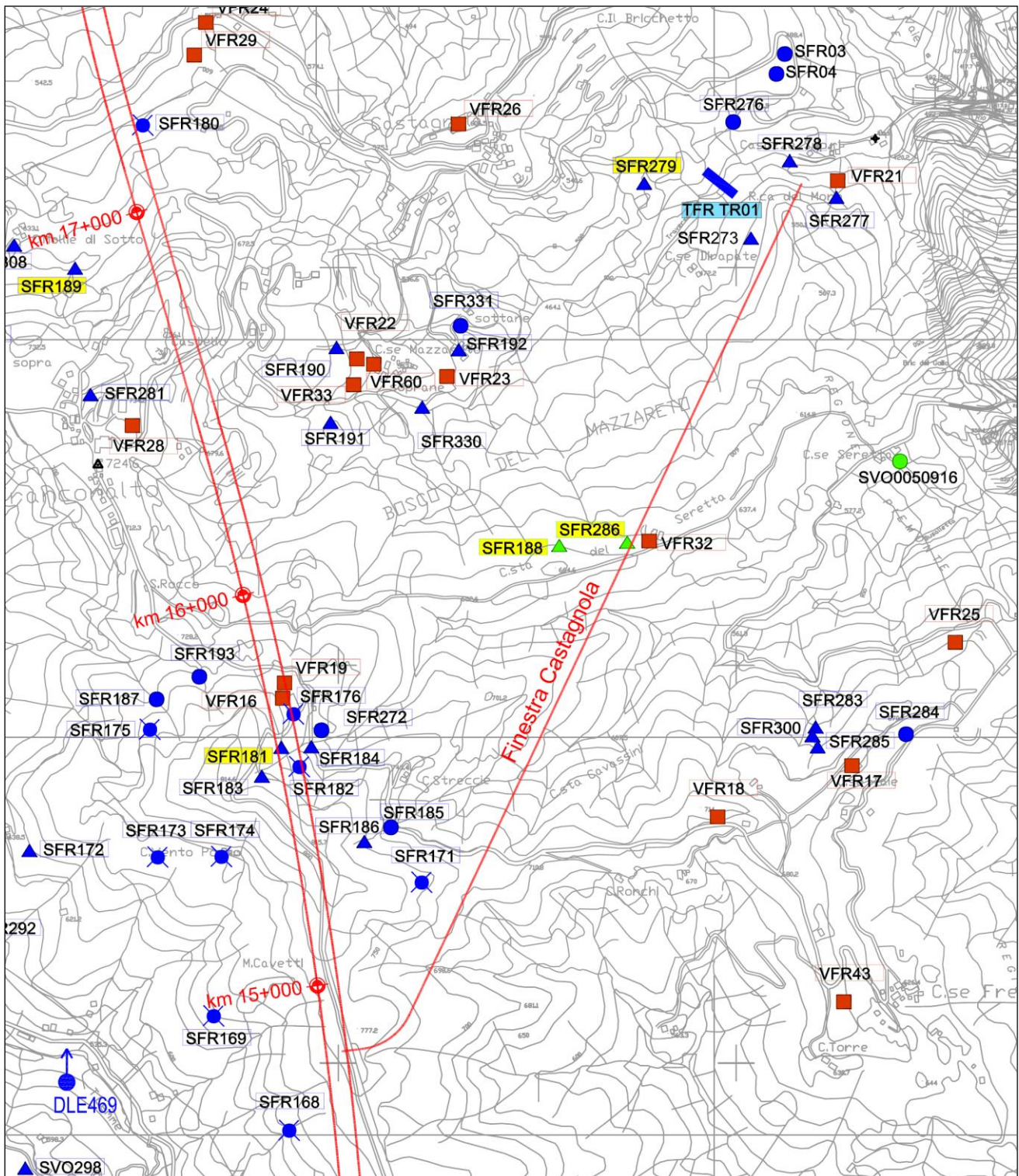





















Figura 7 – Carta di interferenza con le risorse idriche per la zona della finestra Castagnola. Per la legenda si faccia riferimento alla figura che segue.

LEGENDA

-  Punti di monitoraggio già definiti in ambito di progetto definitivo
-  Punti di monitoraggio definiti in ambito di P.E.
-  Punti di monitoraggio in alveo

Punti d'acqua e pericolosità d'isterilimento

Tipo punto d'acqua \ Pericolosità	Nessuna pericolosità riconosciuta	Bassa	Media	Alta
Sorgente captata				
Sorgente non captata				
Pozzi				
Punto d'acqua segnalato di cui non si conosce l'eventuale utilizzo				





-  Pozzi
-  Vasche connesse alle sorgenti
-  Opere di presa lungo i corsi d'acqua
-  Derivazioni

Figura 8 – Legenda della carta di interferenza con le sorgenti raffigurata nella figura precedente.

Non sono comunque attese situazioni idrogeologiche particolarmente critiche, considerata la bassa permeabilità dei litotipi attraversati e la composizione prevalentemente fillosilicatica che contraddistingue le zone di faglia, aspetto che tende a limitarne fortemente la permeabilità, confinando le fasce idraulicamente più trasmissive a uno spessore di pochi metri alle salbande di piani di taglio principali (*damage zone*).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00</p> <p>Foglio 23 di 24</p>

8. BIBLIOGRAFIA

- Barelli, V. (1835) - *Cenni di statistica mineralogica degli stati di S.M. il Re di Sardegna*. Tipografia Fodratti, Torino.
- Briano, G., Isella, L., Restagno, S., Rodino, A., Trimboli, M. & Vigo, M. (2011) - *Problematiche idrogeologiche, geotecniche e di gestione del rischio, associate alle vecchie aree estrattive in ambito urbano nei gessi di Isoverde*. Convegno di Geologia Urbana (Genova), Poster. <http://www.sggconsult.it>
- Capponi, G. & Crispini, L. (1997) - *Progressive shear deformation in the metasediments of the Voltri Group (Ligurian Alps, Italy): occurrence of structures recording extension parallel to the regional foliation*. Boll. Soc. Geol. It., 116, 267 - 277.
- Capponi, G. & Crispini, L. (2002) - *Structural and metamorphic signature of alpine tectonics in the Voltri Massif (Ligurian Alps, northwestern Italy)*. Eclogae geol. Helv., 95, 31-42.
- Capponi, G., Crispini, L., Giammarino, S., Bruzzo, D., Garofano, M., Lano, M., Piazza, M., Vigo, E., Del Tredici, S. & Pacciani, G. (2007) - *Carta Geologica d'Italia. Foglio 231-214 Genova*. Progetto CARG, Università di Genova/Dip.Te.Ris., Regione Liguria.
- Capponi, G., Crispini, L., Piazza, M. & Amandola, L. (2001) - *Field constraints to the Mid-Tertiary kinematics of the Ligurian Alps*. Ofioliti, 26(2b), 409-416.
- Capponi, G., Crispini, L., Cortesogno, L., Gaggero, L., Firpo, M., Piccazzo, M., Cabella, R., Nosengo, S., Bonci, M.C., Vannucci, G., Piazza, M., Ramella, A., Perilli, N., et alii (2009) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 213-230 - Genova*.
- Castellaro, S, Mulargia, F. (2007) - *Vs30, stimatore obbligatorio ma inefficace dell'amplificazione sismica*. NGTGS. Roma, 15 Novembre 2007
- 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. & Haccard, D. (1984) - *Note illustrative alla carta geologica della zona Sestri-Voltaggio*. Mem. Soc. Geol. It., 28, 115 - 150.
- Crispini, L. & Capponi, G. (2001) - *Tectonic evolution of the Voltri Group and Sestri Voltaggio Zone (southern limit of the NW Alps): a review*. Ofioliti, 26(2a), 161-164.
- 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. It., 12, 359-375.
- 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.
- Fusinieri, A., in AA.VV. (1831) - *Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto*. Tomo 1. Padova, tipografia del Seminario.
- 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 Palaeogene of the Alps-Appennine system*. Tectonophysics, 238, 255-273.
- Laubscher, H., Biella, G.C., Cassinis, R., Gelati, R., Lozej, A., Scarascia, S. & Tabacco, I. (1992) - *The collisional Knot in Liguria*. Geologische Rundschau, 81, 275-289.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-02-E-CV-RO-GN15-M0-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 24 di 24</p>

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.

Pagos, A. (2007) - *Notizie sulle cave di gesso di Isoverde.*

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.

Sanfilippo, N. (1950) - *Le grotte della Provincia di Genova e la loro fauna.* Memoria n. 2 del Comitato Scientifico Centrale del C.A.I.

Vezzolla, G. (2006) - *Parrocchia di Isoverde. Esecuzione di indagini geognostiche e prospezioni geofisiche per l'individuazione di cavità e la sistemazione del versante in prossimità della chiesa di Isoverde.* SGG s.n.c. di Cairo Montenotte (SV), relazione tecnica, n° rif. 13/05/RL/00.