

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 VALLEMME – POZZO DI VENTILAZIONE - RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E 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 G 0 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-GN1G-00-001-A00
-----------	---------------------------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00</p>	<p>Foglio 3 di 28</p>

INDICE

INDICE	3
1. PREMESSA.....	5
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO	5
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
4.1. Inquadramento geologico regionale	6
4.2. Evoluzione strutturale	9
4.2.1. Gli eventi deformativi D1 e D2.....	9
4.2.2. L'evento deformativo D3.....	9
4.2.3. L'evento deformativo D4.....	10
4.2.4. Deformazione fragile	10
4.3. L'unità tettonometamorfica Figogna	11
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.)	13
4.3.3. Caratteri del substrato prequaternario nell'area di intervento	14
4.3.4. Assetto strutturale.....	15
4.3.5. Zone di faglia.....	15
4.3.6. Condizioni geologiche attese in corrispondenza dell'opera	15
4.4. Depositi quaternari	16
4.5. Indagini geognostiche	16
4.6. Modello idrogeologico generale	16
4.6.1. Portate attese lungo la finestra.....	17
4.6.2. Interferenze con le sorgenti.....	18
4.6.3. Sintesi delle problematiche idrogeologiche inerenti lo scavo della finestra	20
5. GEOMORFOLOGIA	20
6. CENNI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA.....	21
6.1. Dati disponibili	21
6.2. Caratteri generali della sismicità regionale	21
1.1 Classificazione sismica dell'area di progetto.....	22
6.2.1. Stima delle proprietà sismiche dei terreni interessati dal progetto	25
7. CONCLUSIONI.....	26
8. BIBLIOGRAFIA.....	27

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00

Foglio
4 di 28

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00
	Foglio 5 di 28

1. PREMESSA

Il presente rapporto riguarda la realizzazione delle opere identificate dal codice WBS GN1G, che costituisce il pozzo di ventilazione della Finestra Vallemme. 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 e nel Progetto Esecutivo (Lotto 1), riguardanti la Finestra Vallemme; rispetto alla fase di PD e al Lotto 1 del PE sono stati eseguiti ex-novo alcuni rilievi geologici integrativi di superficie, tuttavia alla data odierna non sono ancora disponibili nuove indagini per un affinamento della caratterizzazione geologica e dell'ammasso roccioso alla quota alla quale si colloca l'opera in progetto.

Questo rapporto descrive quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati:

- Profilo geologico – idrogeologico generale;
- Carta geologica e geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche;
- Carta idrogeologica con ubicazione indagini geognostiche e punti d'acqua.

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;

<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-GN1G-00-001-A00</p> <p>Foglio 6 di 28</p>

- il rilevamento di terreno e l'acquisizione dei dati geologici, geomorfologici ed idrogeologici relativi alle aree di intervento;
- l'analisi ed interpretazione delle immagini aeree disponibili;
- la revisione critica dei dati della campagna geognostica del Progetto Definitivo approvato nel 2005, nonché delle relazioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del medesimo Progetto Definitivo (PD);
- l'esame dei dati dei sondaggi e delle indagini integrative richieste in sede di Progettazione Esecutiva (ove disponibili);
- 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.sa Geol. Alessandra Giorza, Dott.sa Geol. Alessia Musso, Dott. Geol. Dario Varrone;
- idrogeologia, modellazione idrogeologica numerica, idrogeochimica: Dott. Geol. Alessandro Baietto, Dott.sa Geol. Laura Citernesì;
- elaborazioni GIS e CAD: Dott.sa Geol. A. Musso, Dott.sa 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 et 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).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00 <div style="float: right;">Foglio 7 di 28</div>

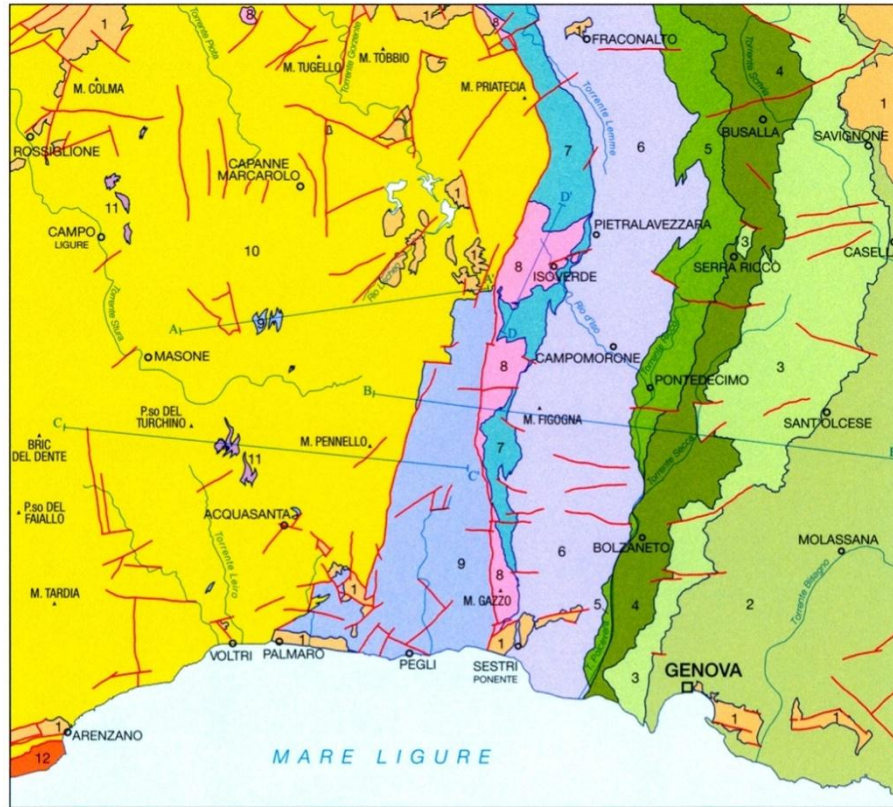
Nell'area del Foglio Genova è possibile distinguere, da W verso E, tre settori caratterizzati dall'associazione di unità di crosta oceanica e di mantello, unità di margine continentale e unità costituite da flysch (Figura 1):

1. le **unità tettonometamorfiche¹ Voltri e Palmaro-Caffarella** (*"Gruppo di Voltri" auct.*): sono costituite dalle associazioni pre-cenomaniane di ofioliti e metasedimenti carbonatici del dominio oceanico ligure-piemontese. I litotipi dell'Unità Voltri hanno registrato un picco metamorfico eclogitico mentre la riequilibrio 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).

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

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 sovrainpronta 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 VOLTTRI
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 sovrainpronta metamorfica di alta pressione
- 12** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA ARENZANO
Costituita da un Complesso di margine continentale, monometamorfico, a sovrainpronta metamorfica alpina da alta pressione a Scisti Verdi e da un Complesso di margine continentale, polimetamorfico, a metamorfismo pre-alpino in facies Anfibolitica e sovrainpronta 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").

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 9 di 28</p>

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 colloca il sito di intervento (GN14P) 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.

Le sigle e le età geologiche riportate a fianco dei nomi delle formazioni descritte fanno riferimento alla legenda adottata nel Progetto Definitivo della linea Milano-Genova (2004); viene inoltre riportato, per completezza, il corrispondente codice adottato nella cartografia CARG (Capponi et al. 2009).

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 crostali 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 crostali più superficiali (Capponi & Crispini, 2002).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00 Foglio 10 di 28

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 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 assili 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 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00 Foglio 11 di 28

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.

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 brecce 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).

Error! Reference source not found. - **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).

<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-GN1G-00-001-A00</p> <p>Foglio 12 di 28</p>

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.

4.3.1. *Corrispondenza tra le unità descritte nel PD 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
		- 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).

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 inferiore, gli argiloscisti di Murta in posizione superiore.

Dal punto di vista litostratigrafico, la sottounità degli **argiloscisti di Costagiutta** è costituita da alternanze di argiloscisti 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 successione si osserva una stratificazione più irregolare con strati decimetrici e interstrati pelitici foliati. Sono frequenti noduli allungati e liste di quarzo microcristallino biancastro.

<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-GN1G-00-001-A00</p> <p>Foglio 14 di 28</p>

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 pluridecametrica. 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).

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.

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 macroscale con assi orientati circa NNE-SSW.

4.3.3. Caratteri del substrato prequaternario nell'area di intervento

Il volume roccioso entro cui è previsto lo scavo del pozzo di ventilazione si colloca non distante dalla testata del rio Carbonasca, un affluente di destra del Lemme, dove affiorano i litotipi che costituiscono la formazione delle "Argille a Palombini del Passo della Bocchetta" (aP; unità tettonometamorfica Figogna) al cui interno sono spesso presenti, e distribuiti in modo non uniforme all'interno della formazione, livelli di calcari micritici silicei a grana fine, talora arenacei e marnosi, di spessore da decimetrico a metrico, di colore grigio scuro, compatti e a fratturazione concoide.

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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00 <table border="1" data-bbox="1420 235 1543 291"> <tr> <td>Foglio 15 di 28</td> </tr> </table>	Foglio 15 di 28
Foglio 15 di 28		

4.3.4. Assetto strutturale

L'assetto strutturale superficiale è caratterizzato da foliazioni immergenti sia (prevalentemente) verso E sia verso W, a causa di una fitta successione di pieghe da aperte a serrate, spesso con fianchi rovesciati, ad asse mediamente diretto NNE-SSW. In superficie si osservano serie di pieghe decimetrico-metriche, più o meno disarmoniche, da serrate ad aperte, 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).

Nel settore d'interesse i piani assiali D3 e la foliazione S3 associata immergono mediamente verso N120°E tra 50 e 70°; l'inviluppo delle giaciture della foliazione composita preesistente (S1+S2) immerge di preferenza tra N280°E e N70°E con inclinazioni molto variabili per effetto del piegamento D3 a grande scala; gli assi D3 immergono mediamente verso N180°E.

Allo stato attuale delle conoscenze, non si hanno dati per definire con precisione l'assetto geologico e strutturale in corrispondenza dell'opera, localizzato a circa 250-260 m circa dalla superficie topografica; gli unici dati disponibili sono quelli relativi ai sondaggi eseguiti lungo la linea o in asse alla finestra Vallemme. Rispetto a quanto si osserva in superficie e in sondaggio, quindi, potrebbero esservi significative differenze, soprattutto dal punto di vista dell'assetto strutturale (giacitura della stratificazione e presenza di zone di faglia al momento non note).

4.3.5. Zone di faglia

In superficie nell'area circostante l'opera in progetto non sono state osservate direttamente strutture di rilievo, infatti l'estensiva coltre detritico-colluviale che ricopre i versanti, lascia affiorare il substrato prequaternario solo in maniera sporadica; tuttavia, sulla base dell'osservazione di foto aeree dell'area, è stato osservato un lineamento piuttosto continuo che potrebbe essere associato ad una faglia (in accordo con quanto presentato in fase di Progetto Definitivo per la Finestra Vallemme). La struttura è stata quindi cutelativamente estrapolata a quota galleria.

Non si esclude quindi che l'ammasso roccioso, a livello del punto d'innesto con la galleria della Finestra Vallemme, possa essere interessato da strutture disgiuntive che, in base a quanto si osserva dai sondaggi, dovrebbero essere di potenza piuttosto ridotta, determinando un significativo peggioramento delle caratteristiche geomeccaniche per non più di alcuni metri all'intorno del piano di deformazione principale.

4.3.6. Condizioni geologiche attese in corrispondenza dell'opera

In assenza di indagini specifiche è impossibile definire con precisione l'assetto strutturale nel quale andrà ad inserirsi l'opera, tuttavia è comunque certo che l'ammasso roccioso sarà caratterizzato da una forte anisotropia, legata alla presenza di una fitta stratificazione con spaziatura da submillimetrica a centimetrico-decimetrica, con frequenti variazioni di giacitura legate a pieghe a

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 16 di 28</p>

tutte le scale e con lo sviluppo di clivaggi o di vere e proprie scistosità di piano assiale. Nel complesso quindi ci si attende un ammasso roccioso molto eterogeneo a scala locale, ma nel complesso caratterizzato da un comportamento globale abbastanza omogeneo se considerato alla scala dell'opera. Non si esclude inoltre la presenza di intercalazioni di metacalcari tipo "Palombini" e di lenti di metabasiti con associati livelli silicei.

4.4. Depositi quaternari

L'area, come indicato dal profilo in allegato, è caratterizzata dalla presenza di una coltre detritico colluviale di 1-2 metri di spessore circa, al di sotto della quale si trova una prima fascia di alcuni metri di substrato alterato (Argille a Palombini del Passo della Bocchetta, aP).

4.5. Indagini geognostiche

Allo stato attuale dei lavori i sondaggi geognostici a disposizione per la caratterizzazione dei litotipi e degli aspetti geomeccanici sono i seguenti: SA301G025, SA301G026, SP4, SP5, SP25, SLI12, realizzati in fase di Progetto Preliminare e Definitivo e i sondaggi SI22 e SI23 realizzati in fase di progetto Esecutivo (Lotto1).

4.6. 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.

Il complesso idrogeologico attraversato dall'opera, 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 1×10^{-7} – 1×10^{-8} m/s (cfr. Figura 3); 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 prossime 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 della faglia; è probabile che quest'ultima sia un elemento compartimentante, ove si sono concentrati per scorrimento i minerali fillosilicatici.

In corrispondenza delle principali intercalazioni di calcari (che peraltro non sono previste nell'ambito dei cameroni) è prevedibile che il grado di permeabilità per fratturazione possa essere leggermente più elevato, tuttavia ciò è influente dato il limitato spessore degli strati calcarei.

Eventuali sistemi di flusso idrico sotterraneo negli argillocisti possono svilupparsi prevalentemente in corrispondenza di zone intensamente tettonizzate; in base ai dati idrogeologici relativi alla Finestra Vallemme, risulta che l'intero tracciato della finestra presenta condizioni generalizzate di umidità e solo localmente stillicidi da deboli a diffusi, in particolare nelle zone con debole copertura, dove gli scisti sono alterati e maggiormente permeabili.

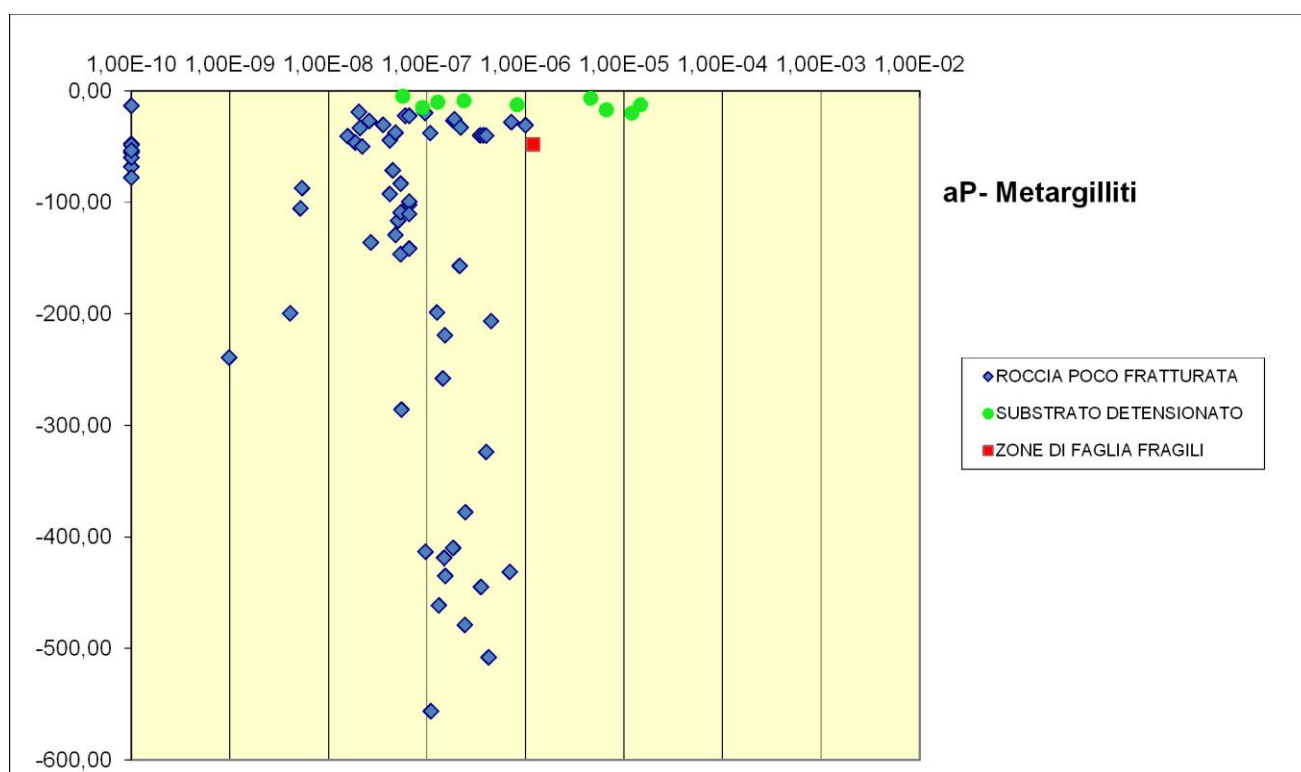


Figura 3 – Distribuzione dei valori di permeabilità ottenuti da prove in foro per gli argillocisti dell'unità aP.

4.6.1. Portate attese lungo la finestra

Dal momento che l'ammasso roccioso nel settore dell'opera 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.

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

4.6.2. Interferenze con le sorgenti

Per quanto attiene alle valutazioni di interferenza con le sorgenti si può fare riferimento a quanto stimato per l'intero tracciato della Finestra Vallemme nell'ambito del lotto 1 di progettazione esecutiva. In totale per la zona della finestra della Val Lemme sono state prese in considerazione 21 sorgenti censite e misurate nell'ambito della redazione del Progetto Definitivo, delle quali 13 sono state censite anche per il Progetto Esecutivo (Figura 4).

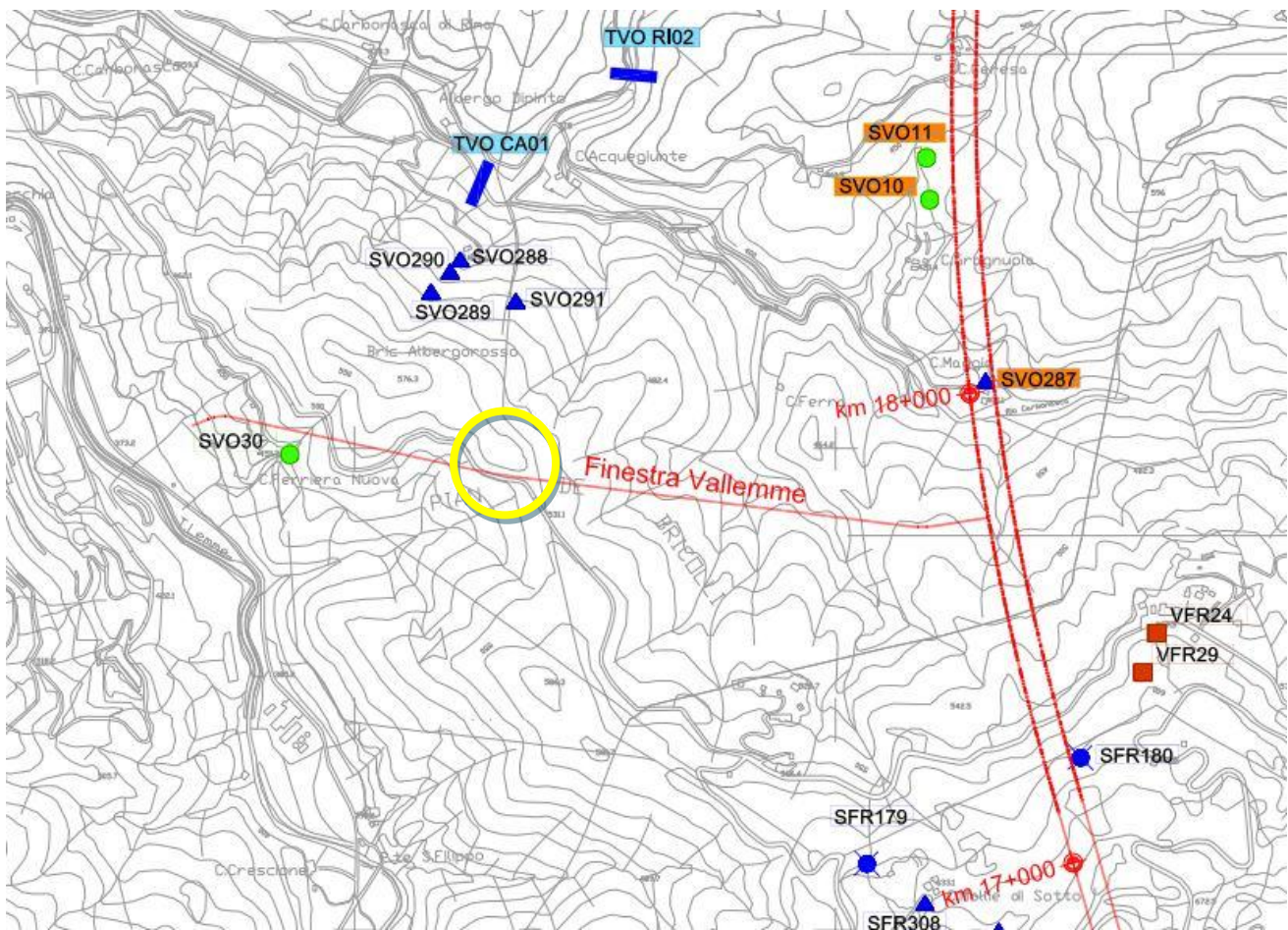

























Figura 4 – Carta di interferenza con le risorse idriche per la zona della finestra Vallemme. Per la legenda si faccia riferimento alla figura che segue . In giallo l’area interessata dall’opera.

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 20 di 28</p>

La totalità delle sorgenti è captata, in parte da privati e in minor parte da società e consorzi locali per l'approvvigionamento di acqua potabile. Il censimento effettuato durante il Progetto Esecutivo ha confermato i dati del Progetto Definitivo.

L'analisi della probabilità di impatto su queste sorgenti, effettuata con il metodo DHI (Dematteis et al., 1999) mostra che le sorgenti che presentano un rischio di isterilimento non nullo misurabile sono in generale localizzate in corrispondenza di aree a bassa copertura topografica o dove il particolare assetto strutturale determina un incremento della permeabilità (zone di faglia).

Nella carta dei punti d'acqua è stato indicato per ogni sorgente il grado di pericolosità d'isterilimento più elevato determinato in base al DHI.

Le sorgenti prese in considerazione per il calcolo del DHI nell'area della finestra Val Lemme hanno valori del DHI compresi tra 0 e 0,1, corrispondenti ad un rischio di isterilimento nullo.

4.6.3. 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, in corrispondenza di faglie invece si potranno incontrare condizioni di maggiore permeabilità, riguardo alle quali, allo stato attuale delle conoscenze e in assenza di sondaggi geognostici specifici, non è tuttavia possibile fare alcuna previsione precisa.

5. GEOMORFOLOGIA

L'area interessata dall'opera è situata in una zona di displuvio, in prossimità della sommità del bacino del Rio Carbonasca. Nell'area non sussistono condizioni di tipo geomorfologiche rilevanti ai fini della realizzazione dell'opera. Tuttavia a livello generale valgono le considerazioni svolte nella relazione geologica redatta a supporto della progettazione esecutiva della finestra Vallemme, cui si rimanda per eventuali approfondimenti.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00 Foglio 21 di 28

6. CENNI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

6.1. Dati disponibili

Il tracciato della nuova linea AV/AC Milano-Genova si sviluppa attraverso il territorio delle regioni Piemonte e Liguria. A livello bibliografico, per caratterizzare dal punto di vista generale la sismicità regionale, sono facilmente reperibili online le seguenti informazioni di base:

carta della sismicità in Italia, prodotta dal Centro Nazionale Terremoti dell'INGV;

mappa della pericolosità sismica di riferimento, prodotta dall'INGV per l'intero territorio nazionale e relativa alla nuova classificazione sismica dei comuni italiani;

nuova mappa della classificazione sismica dei comuni italiani aggiornata al 2010.

A livello normativo, l'OPCM n° 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" ("nuova classificazione sismica" in Tabella 2) ha ridefinito la classificazione sismica del territorio italiano proposta dal D.M. 14 luglio 1984 e s.m.i ("vecchia classificazione sismica" in Tabella 2).

La Regione Liguria ha fatto propria la classificazione di cui all'OPCM 3274, con alcune modifiche, attraverso l'adozione del D.G.R. 24/10/2008 n° 1308 "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria".

La Regione Piemonte ha a sua volta adeguato la classificazione sismica del proprio territorio con l'adozione della D.G.R. n° 11-13058 del 19/01/2010, entrata in vigore con la D.G.R. n° 4-3084 del 12/12/2011.

6.2. Caratteri generali della sismicità regionale

Il regime geodinamico attuale della catena alpina occidentale determina un'attività sismica di intensità generalmente modesta, rilevabile in gran parte solo a livello strumentale, ma legata a eventi ricorrenti con una frequenza piuttosto significativa.

Gli epicentri si concentrano lungo l'arco alpino seguendo due direttrici principali, corrispondenti rispettivamente al margine interno della catena (limite fra le unità pennidiche e la pianura padana) e all'allineamento dei massicci cristallini esterni (fronte pennidico).

Fra queste due zone e, in particolare, nel settore compreso tra Savona e La Spezia, è presente una fascia a frequenza sismica molto bassa, in cui ricade il settore interessato dal progetto della galleria di valico della linea AV/AC Milano-Genova. Questo canale a bassa frequenza dei sismi si traduce in una corrispondente fascia a più bassa pericolosità sismica, di direzione approssimativamente N-S, delineata nella mappa del territorio nazionale (Figura). La mappa stima l'*accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante* $a(g)$; tale parametro rappresenta l'*accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante che, in un intervallo di tempo di 50 anni, ha una probabilità*

<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-GN1G-00-001-A00</p> <p>Foglio 22 di 28</p>

del 10% di superare il valore indicato (cfr. scala colore), per effetto di sismi di intensità maggiore rispetto a quelli considerati per la classificazione del territorio.

A livello locale, una mappa più dettagliata di $a(g)$ è consultabile sul sito dell'istituto all'indirizzo "<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>" (Figura). Dall'analisi delle mappe si può in definitiva osservare che l'area interessata dal tracciato della tratta di valico della Linea AC/AV Milano-Genova presenta valori di $a(g)$ compresi tra 0,050 nel settore genovese e 0,100 g nel settore di spartiacque e piemontese.

1.1 Classificazione sismica dell'area di progetto

Sulla base della classificazione sismica dei comuni italiani contenuta entro l'Allegato 1 dell'OPCM n°3274 del 20/3/2003, con le rispettive delibere n°13058-790 del 19/1/2010 e n°1308 del 24/10/2008, le regioni Piemonte e Liguria hanno recepito le indicazioni contenute entro l'ordinanza ministeriale mediante le già citate D.G.R. 24/10/2008 n° 1308 (Regione Liguria) e 19/01/2010 n° 11-13058 (Regione Piemonte).

La seguente Tabella 2 riporta la classificazione sismica dei diversi comuni interessati dal progetto AC/AV Milano-Genova, in base alle normative sopra citate; tale classificazione fa riferimento ai valori di accelerazione sismica $a(g)$ con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, visualizzati mareograficamente in Figura 4 e Figura 5 così definiti:

- Zona 1: $a(g) > 0.25$ g
- Zona 2: 0.15 g $< a(g) \leq 0.25$ g
- Zona 3: 0.05 g $< a(g) \leq 0.15$ g
- Zona 4: $a(g) \leq 0.05$ g

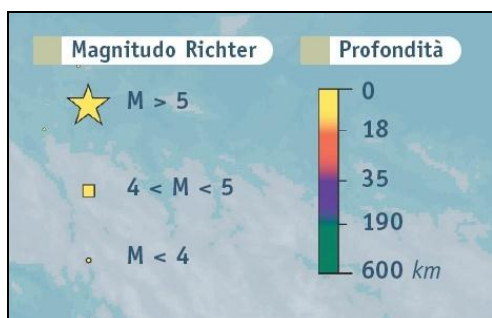
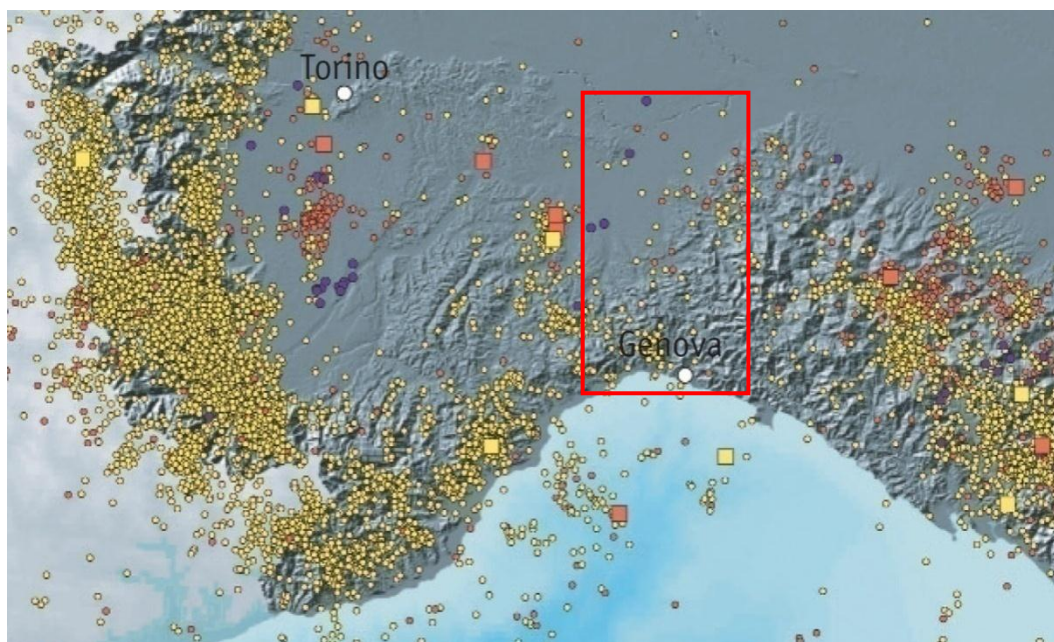


Figura 5 – Stralcio della Carta della sismicità in Italia tratta dal sito dell'INGV: <http://csi.rm.ingv.it/>
 Il rettangolo rosso individua l'area di progetto.

Regione	Comune	vecchia classificazione sismica	nuova classificazione sismica	D.G.R. Liguria 24/10/2008	D.G.R. Piemonte 19/01/2010
Piemonte	Arquata Scrivia	4	3		3
	Fraconalto	4	3		3
	Gavi	4	3		3
	Novi Ligure	4	4		3
	Pozzolo Formigaro	4	3		3
	Serravalle Scrivia	4	3		3
	Voltaggio	4	3		3
Liguria	Campomorone	4	4	3b	
	Ceranesi	4	4	3b	
	Genova	4	4	3b	
	Mignanego	4	4	3b	
	Ronco Scrivia	4	3	3b	

Tabella 2 - Elenco dei comuni interessati dal tracciato con indicazione del rischio sismico secondo la normativa nazionale e regionale.

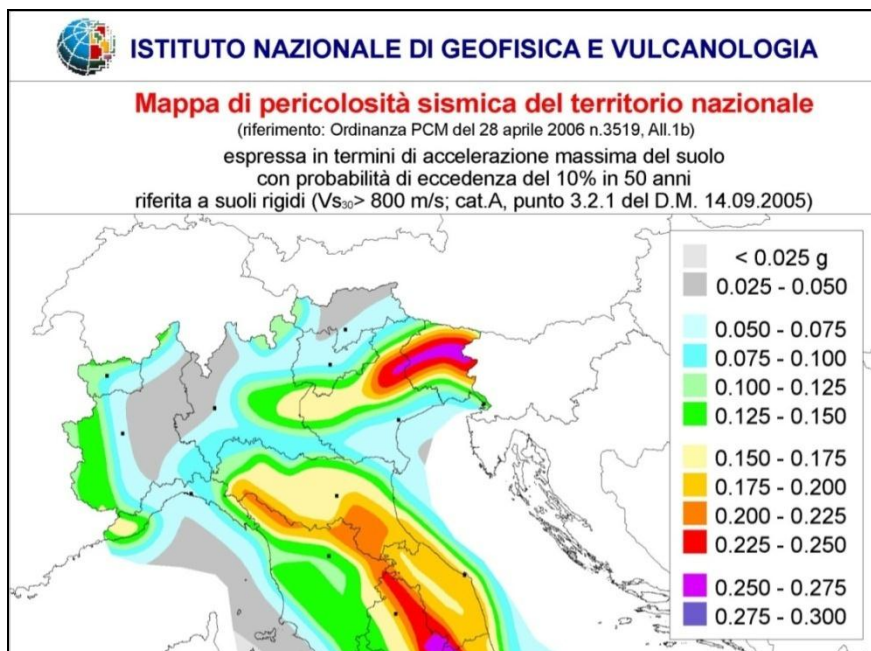


Figura 6 – Mapa di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale redatta dall'INGV. La figura è stata tratta dal sito dell'INGV: <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>

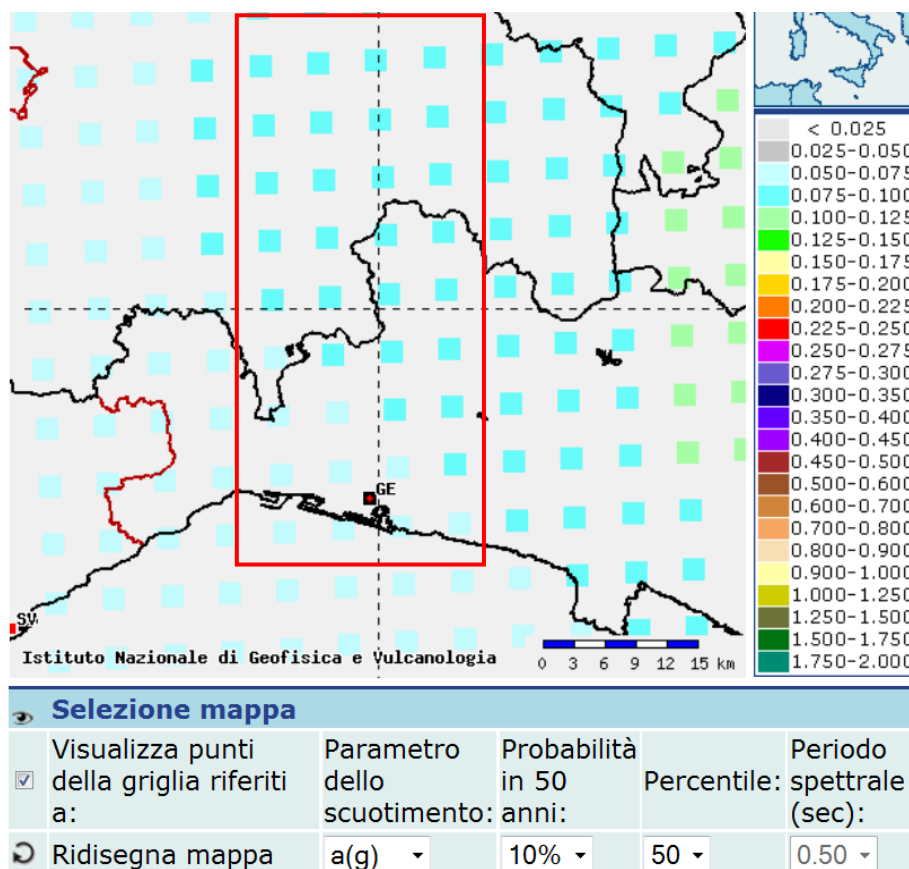


Figura 7 – Mappa di pericolosità sismica dell’area studiata redatta dall’INGV. La figura è stata tratta dal sito dell’INGV: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

Dalla Tabella 2 si osserva in generale un approccio più cautelativo nelle normative regionali rispetto alla classificazione nazionale, con il passaggio di alcuni comuni dalla zona 4 alla zona 3. Per il Comune di Ceranesi, dove si localizza l’opera in progetto, è stata istituita la classe 3b, corrispondente a valori di PGA = 0.100 g.

6.2.1. Stima delle proprietà sismiche dei terreni interessati dal progetto

L’area studiata è caratterizzata dalla presenza di un substrato roccioso costituito da scisti filladici e carbonatico-filladici (argilloscisti) con possibili rare intercalazioni di metacalcari e metacalcareniti di potenza da alcuni cm a 1-2 m.

Nella successione litostratigrafica sono assenti livelli altamente compressibili e/o potenzialmente soggetti a liquefazione; l’ammasso roccioso, generalmente degradato per alcuni metri dalla superficie, è da considerare essenzialmente sano e poco fratturato alla quota interessata dallo scavo.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 26 di 28</p>

Dato il quadro litostratigrafico generale, non è ipotizzabile la presenza di orizzonti di inversione della velocità sismica e non si ipotizzano quindi particolari interazioni tra le opere e specifici livelli stratigrafici o strutturali.

7. CONCLUSIONI

La geologia del tratto interessato dallo scavo dell'opera in progetto è sintetizzata nel profilo geologico interpretativo allegato.

Le opere previste nell'ambito della WBS saranno realizzate essenzialmente all'interno degli argiloscisti della formazione delle Argille a Palombini del Passo della Bocchetta (aP).

Lo stato di fratturazione dell'ammasso è basso o molto basso, con spaziatura dei giunti di ordine puridecimetrico o metrico, ma con una marcata eterogeneità strutturale, data sia dalla presenza di una scistosità molto pervasiva, con spaziatura submillimetrica o millimetrica, sia dall'intenso piegamento della foliazione legato all'evento deformativo D3, che determina continue brusche variazioni dell'orientazione della scistosità rispetto allo scavo, a scala da decimetrica a pluridecametrica.

Nel profilo geologico interpretativo allegato è stato ipotizzato un andamento medio dell'involuppo della foliazione con giacitura verso NW; tuttavia, la disarmonicità della deformazione e la forte variabilità di cui sopra potrebbe anche tradursi in orientazioni della foliazione molto diverse da quanto ipotizzato. Ciò anche in considerazione del fatto che, a scala regionale, i fianchi di piega prevalgono sulle zone di cerniera e la scistosità media quindi immerge prevalentemente tra E e SE.

L'eventuale presenza di zone tettonizzate, caratterizzate da comportamento geomeccanico scadente, non dovrebbe quindi rappresentare un fattore particolarmente critico nei confronti dello scavo. Considerazioni più precise in merito saranno possibili solo a valle della realizzazione di sondaggi geognostici mirati.

In virtù della bassa fratturazione, della composizione metapelitica e della conseguente bassa permeabilità degli argiloscisti, non sono ipotizzate al momento venute d'acqua significative. Le prove di permeabilità eseguite in sondaggio nella formazione delle Argille a Palombini e le valutazioni delle portate attese lungo il tracciato della finestra Vallemme indicano che le condizioni idrogeologiche nel tratto di interesse sono in media favorevoli, con possibile presenza di umidità e eventuali stillicidi localizzati e di bassa entità.

Non sono inoltre ipotizzabili interferenze con le sorgenti di superficie.

Il rischio sismico per l'area considerata è basso e non si configurano particolari problemi legati alla presenza di orizzonti di debolezza nell'ammasso roccioso.

Allo stato attuale delle conoscenze e con le informazioni disponibili non sono quindi ipotizzabili complicazioni di natura geologica, strutturale o idrogeologica. Ulteriori e più precise considerazioni potranno essere svolte solo a valle della realizzazione di sondaggi geognostici specifici, indirizzati a verificare l'assetto geologico e idrogeologico in corrispondenza dell'opera.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN1G-00-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 27 di 28</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*. GNGTS. 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-GN1G-00-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 28 di 28</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.