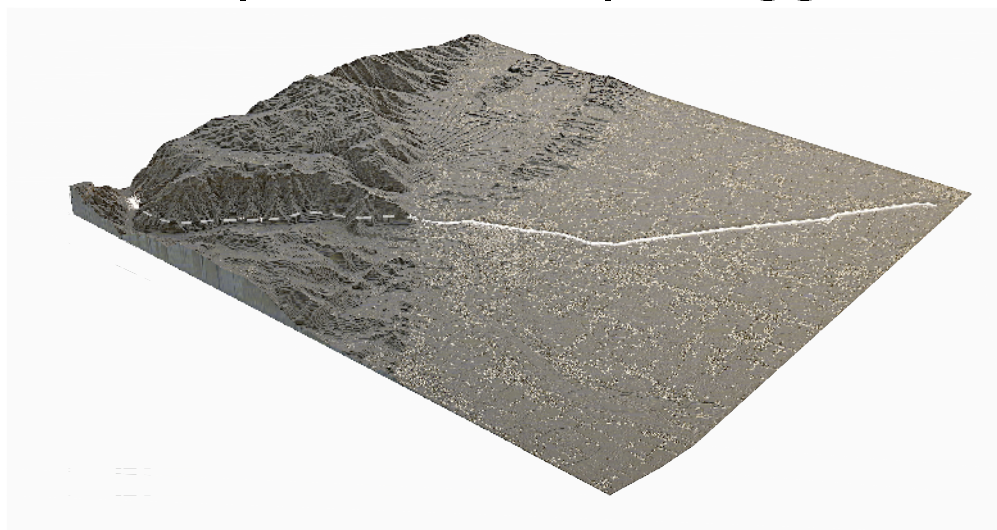




# Regione del Veneto

## Progettazione, costruzione e gestione Itinerario della Valsugana Valbrenta - Bassano Superstrada a pedaggio



### PROPOSTA DI FINANZA DI PROGETTO

ai sensi della L.R.V. n° 15 / 2002 e D.Lgs n° 163 / 2006  
avviso BURV n° 71 del 28/08/2009

## PROGETTO PRELIMINARE

PROPONENTE: COSTITUENDO CONSORZIO TRA



**PIZZAROTTI**



PROGETTAZIONE:

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  
Dott. Ing. Gianfranco ZOLETTO



Sistema di esazione a cura di:



### PROGETTO PRELIMINARE GALLERIE GALLERIE NATURALI - TIPICI Relazione tecnica generale

ALL N

B.03.01.RE.01

SCALA:

-

DATA:

Dicembre 2009

COMMESSA:

ACSF291C.000C

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	AUTORIZZATO
0	Dicembre 2009	Prima emissione	M. Zanchettin	L. Tesser	G. De Staola

## INDICE

<b>1. PREMESSE</b> .....	<b>1</b>
1.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO, RACCOMANDAZIONI E LINEE GUIDA .....	1
1.2 BIBLIOGRAFIA .....	2
<b>2. SOLUZIONI STUDIATE</b> .....	<b>3</b>
2.1 CARATTERISTICHE E DOTAZIONI DELLE GALLERIE.....	4
2.2 DESCRIZIONE DEL SISTEMA GENERALE DI GESTIONE DELLA SICUREZZA .....	4
2.2.1 <i>Impianto di ventilazione meccanica</i> .....	5
2.2.2 <i>Sistema di evacuazione e disponibilità di vie di fuga</i> .....	5
2.2.3 <i>Impianti di illuminazione e segnaletica luminosa</i> .....	6
2.2.4 <i>Impianti di sicurezza previsti in progetto</i> .....	6
2.2.5 <i>Sistema di controllo del traffico</i> .....	7
2.2.6 <i>Impianti di informazione all'utenza</i> .....	7
<b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO</b> .....	<b>8</b>
3.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI .....	9
3.1.1 <i>Tratta inizio galleria Pove del Grappa – ponte Solagna</i> .....	9
3.1.2 <i>Tratta ponte Solagna – Valle Lanari (Galleria Solagna)</i> .....	10
3.1.3 <i>Tratta Valle Lanari – Rivalta (Gallerie Fontanazzi e San Nazario)</i> .....	10
<b>4. SEZIONI DI SCAVO E SOSTEGNO</b> .....	<b>11</b>
4.1 PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO ALLO SCAVO .....	11
4.2 DEFINIZIONE BASE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO – ANALISI TENSIONALE .....	12
4.3 ANALISI GEOSTRUTTURALE .....	12
4.4 DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO E FASI ESECUTIVE.....	12
4.4.1 <i>Sezione Classe II</i> .....	13
4.4.2 <i>Sezione Classe IIIa</i> .....	14
4.4.3 <i>Sezione Classe IIIb</i> .....	14
4.4.4 <i>Sezione Classe IVa</i> .....	15
4.4.5 <i>Sezione Classe IVb</i> .....	16
4.4.6 <i>Sezione Classe V</i> .....	18
4.5 APPLICAZIONE DELLE SEZIONI DI SCAVO ALLE VARIE GALLERIE.....	20
4.5.1 <i>Galleria Pove del Grappa</i> .....	21
4.5.2 <i>Galleria Solagna</i> .....	22
4.5.3 <i>Galleria Fontanazzi</i> .....	22
4.5.4 <i>Galleria San Nazario</i> .....	23
<b>5. CENTRALI PER VENTILAZIONE SEMITRASVERSALE</b> .....	<b>24</b>
<b>6. IMBOCCHI</b> .....	<b>25</b>
6.1 GALLERIA POVE DEL GRAPPA .....	25
6.2 GALLERIA SAN NAZARIO .....	25
6.3 IMBOCCHI INTERMEDI.....	25
<b>7. PROGRAMMA DI INDAGINE</b> .....	<b>26</b>
<b>8. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA</b> .....	<b>27</b>

## 1. PREMESSE

La presente relazione fornisce il predimensionamento delle gallerie naturali la cui realizzazione è prevista nell'ambito della presente Proposta di Finanza di Progetto.

### 1.1 Normative di riferimento, raccomandazioni e linee guida

- [1] Decreto Ministeriale LL.PP. 11/3/1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate naturali, 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;
- [2] Circolare LL.PP. 24/9/1988 n.30483 - L.2.2.1974, n.64 - art.1 - Istruzioni per l'applicazione del D.M. 11/3/1988;
- [3] D.M. 04/05/90 "Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali";
- [4] D.M. 09.01.1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- [5] D.M. 16/01/96 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- [6] D.M. 16.01.1996 "Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- [7] Circolare 156 del 04.07.1996 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- [8] Decreto Ministeriale 16 Gennaio 1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" e relative istruzioni.
- [9] Eurocodice 1 "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Parte 1: Basi di calcolo", ottobre 1996;
- [10] Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- [11] Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Ponti a struttura composta;
- [12] Eurocodice 7 "Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali", aprile 1997;
- [13] Eurocodice 8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 1-1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture", ottobre 1997;
- [14] Eurocodice 8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici", febbraio 1998;
- [15] Raccomandazioni A.I.C.A.P. (1993) "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce".
- [16] A.F.T.E.S. Groupe de Travail n. 7 - Tunnel support and lining. - "Recommendations for use of convergence - confinement method".
- [17] ITALFERR "Linee guida per la progettazione esecutiva delle gallerie naturali". Roma, ottobre 1996.

- [18] Linee guida per al progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali redatto da ANAS S.p.A., nel Novembre 2006
- [19] Decreto Legislativo 5 ottobre 2006, n. 264 “Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea”.
- [20] D.M. 14 settembre 2005 – Norme di illuminazione delle gallerie stradali;
- [21] D.M. 5 giugno 2001 – Sicurezza nelle gallerie stradali;
- [22] Circolare del Ministero LL.PP. 7938 del 6 dicembre 1999 – Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano materiali pericolosi;
- [22] D.M. 5 novembre 2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade;
- [23] D.M. 22 aprile 2004 – Modifica del D.M. 5 novembre 2001, recante "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- [24] D.M. 19 aprile 2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali.

## 1.2 Bibliografia

- [A] LANCELLOTTA R. [1991] "Geotecnica" – Edizioni Zanichelli;
- [B] BROMS B.B., BENNERMARK H. [1967] “Stability of clay at vertical openings” – J. Soil Mechanics and Foundations, Div. Am. Soc. Civ. Eng., 93: 71-94;
- [C] PANET M., GUENOT A. [1982] “Analysis of convergence behind the face of a tunnel” – Tunnelling '82, Brighton, 197-204;
- [D] PECK R.B. [1969] “Deep excavations and tunnelling in soft ground” – Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Mexico city, 225-290;
- [E] MAIR R.J., TAYLOR R.N. [1997] “Bored tunnelling in the urban environment”, Proceedings of the 14th Int. Conf. On Soil Mech., Hamburg;
- [F] ORESTE P.P. [1999] “Aspetti Notevoli dell'Analisi e Dimensionamento dei Sostegni di Gallerie attraverso i Metodi di Calcolo Numerici”, Gallerie e Grandi Opere Sotterranee, Nr. 57, 1999, 39-50.

## 2. SOLUZIONI STUDIATE

Nell'ambito del presente progetto preliminare sono presenti le seguenti gallerie naturali:

- Galleria Pove del Grappa
- Galleria Solagna
- Galleria Fontanazzi
- Galleria San Nazario

Galleria	da km	a km	sviluppo	n. fornici	traffico	note
Pove del Grappa	6+550	9+409	2859	2	monodir.	Sezione tipo B con franco tecnico supplementare
Solagna	9+484	12+306	2822	2	monodir.	Sezione tipo B con franco tecnico supplementare
Fontanazzi	12+411	13+002	591	2	monodir.	Sezione tipo B franco tecnico supplementare
San Nazario	13+090	17+311	4221	2	monodir.	Sezione tipo B con franco tecnico supplementare. Discenderia carrabile con accesso dall'esterno alla progr. Km 14+850

Nei paragrafi seguenti si riportano i concetti fondamentali che sono stati seguiti per il predimensionamento delle sezioni definitive e di scavo e le caratteristiche tecniche delle gallerie.

Considerata la rilevanza dell'opera e lo sviluppo complessivo degli interventi previsti in sotterraneo, si è innanzitutto valutata l'opportunità di adottare tecniche di scavo meccanizzato con l'impiego di una fresa a sezione piena.

Nonostante le considerevoli dimensioni dei cavi da realizzare (con sezioni di ampiezza prossima al limite tecnologico delle attrezzature oggi comunemente impiegate) le caratteristiche geologiche e geomeccaniche (fino ad oggi conosciute) che si incontrano lungo il tracciato non escludono a priori tale ipotesi.

Noti i vantaggi delle tecniche di scavo meccanizzato, nel caso specifico si riscontrano tuttavia delle controindicazioni evidenti alla piena applicazione di queste tecnologie; si tratta essenzialmente di aspetti connessi alla geometria trasversale del cavo e alle fasi logistico-operative di avvio e trasferimento dell'insieme testa fresante e del relativo back-up.

- *Profilo di scavo.* Rappresentano una forte riduzione dei vantaggi conseguibili in termini di velocità di avanzamento tutte le variazioni di sezione trasversale richieste da una galleria stradale, tipicamente gli allarghi per le piazzole di sosta, la cui frequenza e dimensione costituiscono in questo caso forti soggezioni all'efficienza del processo di scavo e rivestimento della galleria;
- *Fasi logistico-operative.* Le interruzioni della continuità d'asse dei fornici, in particolare nel passaggio in viadotto sulle valli Lanari e Sarzè in corrispondenza della galleria Fontanazzi, costituiscono un ulteriore limite all'utilizzo della fresa; gli imbocchi consecutivi delle tre gallerie, posti in quota su versanti acclivi e collegate da viadotti, non si prestano alla complesse operazioni di assemblaggio del back-up e trasferimento del dispositivo.

Si è pertanto in questa fase optato per tecniche di scavo tradizionale, generalmente a sezione piena e con l'impiego di esplosivo (ad eccezione di eventuali tratti in classe V

ad oggi non identificate) con provvedimenti provvisori di sostegno del cavo e del fronte in funzione delle caratteristiche geomeccaniche delle rocce, secondo quanto riportato nelle successive descrizioni di dettaglio.

## **2.1 Caratteristiche e dotazioni delle gallerie**

Tutte le naturali sono a doppio fornice, ognuno dei quali contiene una carreggiata a senso unico di marcia.

Le carreggiate in galleria, pur rispettando nell'organizzazione della sede stradale le dimensioni previste dalla sezione B Extraurbane Principali (Soluzione base a 2+2 corsie di marcia), sono state previste di dimensioni maggiori (franco tecnico contraddistinto da una zebratura a strisce bianche di dimensione pari a 0,2 m in sinistra e 1,25 in destra) in modo tale da assicurare i seguenti benefici:

- la dimensione complessiva della banchina in destra è pari a 1,75 m + 1,25 m ovvero pari ai 3,0 m come una corsia di emergenza con evidenti benefici a livello di sicurezza per gli utenti in caso di incidente;
- i franchi necessari ad assicurare la visuale libera possono essere ricavati semplicemente organizzando in modo opportuno le corsie, senza prevedere allargamenti nella carpenteria della sezione in galleria stessa.

Tutte le gallerie sono caratterizzate dalle seguenti dotazioni minime:

- bypass pedonali ogni 300 ml (con dotazioni impiantistiche tali da renderli "luoghi sicuri")
- bypass carrabili e pedonali ogni 900 ml
- nicchie per impianti SOS ogni 150 ml;
- Piazzole di sosta: ogni 600 ml

## **2.2 Descrizione del sistema generale di gestione della sicurezza**

Le dotazioni di sicurezza previste in progetto sono le seguenti:

- Ventilazione meccanica longitudinale per gallerie di lunghezza compresa tra i 500 ml ed i 3000 ml (gallerie Pove del Grappa, Solagna e Fontanazzi);
- Ventilazione meccanica semitrasversale per le gallerie di lunghezza superiore a 3000 ml (Galleria San Nazario);
- Presenza di un centro di controllo unificato per la gestione di tutte le gallerie del lotto.
- Infrastrutture di sicurezza: vie di fuga attraverso i by-pass, nicchie nei piedritti per l'alloggiamento degli armadi SOS, corsia di emergenza (ovvero al carreggiata ha dimensioni tali da permetterne la realizzazione), piazzole di sosta;
- Illuminazione: illuminazione ordinaria, illuminazione di emergenza e segnaletica luminosa di evacuazione;
- Impianti di sicurezza e controllo: sistemi di monitoraggio del traffico, di incendio, del tasso di inquinamento dell'aria, semafori di corsia per l'interdizione del traffico, sistemi di comunicazione e di allarme ed impianto idrico antincendio;

- Impianti di informazione all'utenza: Pannelli messaggio variabile agli imbocchi e in galleria, segnaletica luminosa di allarme.

A questi è demandato il ruolo di rilevare eventuali situazioni anomale, di chiudere al traffico la galleria, di avvertire gli utenti presenti in galleria delle condizioni di rischio in atto e di inviare i segnali di emergenza agli organi preposti all'intervento, nonché mitigare le conseguenze degli eventi incidentali.

Apprestamenti speciali sono previsti per la galleria San Nazario, che supera i 4000 m di sviluppo. Per questa viene predisposta una discenderia carrabile di emergenza con accesso in carreggiata ovest e collegata alla viabilità ordinaria (SR 47) in località Valstagna. La discenderia, di sezione comprabile ad una via di corsa del tracciato principale, ospita in calotta i camini della centrale di ventilazione

### ***2.2.1 Impianto di ventilazione meccanica***

Le gallerie in esame dispongono di un impianto di ventilazione meccanica:

- di tipo longitudinale per le gallerie con lunghezza compresa tra i 500 ml ed i 3000 ml (Pove del Grappa, Solagna e Fontanazzi). Detto impianto è controllato tramite rilevatori di CO/OP presenti in tutte le gallerie, ed è predisposto per l'attivazione automatica di un regime di emergenza che spinge l'aria nel verso del traffico con velocità di circa 3 m/s dietro comando da parte dell'impianto di rilevamento d'incendio (TermoLaser); in alternativa, se i Vigili del Fuoco locali lo ritenessero opportuno, come già verificato nel caso di altre opere simili, esso è attivato dal Centro di controllo. Le gallerie sono inoltre attrezzate con anemometri ad ultrasuoni per la misura della velocità media dell'aria lungo tutto il tunnel, con indicazione del verso del flusso stesso.
- di tipo semitrasversale per la galleria San Nazario, con centrali di ventilazione reversibili separate per ciascuna via di corsa. La ventilazione semitrasversale in fase di esercizio assicura l'immissione di aria fresca in mandata dal canale ricavato in calotta (con espulsione dagli imbocchi). In fase emergenza (incendio) la centrale di ventilazione competente alla via di corsa interessata funziona in aspirazione; ad essa sono associati dei ventilatori longitudinali posti agli imbocchi che permettono il confinamento del punto di incendio. In corrispondenza degli imbocchi (per una lunghezza pari a 300 ml) la soletta in calotta è interrotta per permettere l'installazione dei ventilatori assiali. I sistemi di rilevazione sono simili a quelli descritti per il punto precedente.

### ***2.2.2 Sistema di evacuazione e disponibilità di vie di fuga***

Per le gallerie monodirezionali a doppio fornice le infrastrutture di sicurezza predisposte in progetto sono le seguenti:

- Corsia di emergenza (realizzata con il citato franco tecnico aggiuntivo);
- Piazzole di sosta;
- Nicchie per SOS;
- Vie di fuga attraverso i by-pass pedonali;
- Accessi carrabili (by-pass).

La corsia di emergenza è continua per tutto lo sviluppo delle gallerie, consentendo il temporaneo ricovero di veicoli affetti da guasto (senza intralcio della carreggiata) e l'accesso dei servizi di soccorso.

Sono previste postazioni SOS attrezzate con servizio di chiamata in viva voce con il Centro di Controllo con possibilità di comunicazione bidirezionale, 2 pulsanti di allarme d'incidente e 2 estintori, localizzati in nicchie nel piedritto presso le piazzole di

sosta e lungo la galleria ad interdistanza variabile (massimo 150 m). Ai pulsanti di allarme incidente verranno collegate tutte le dotazioni impiantistiche di emergenza.

Le gallerie sono dotate di vie di fuga rappresentate dai By-Pass pedonali tra le canne, posti a interdistanza massima di 300 m. I BPP, utilizzati come vie di fuga, sono attrezzati in modo tale da costituire anche "rifugi temporanei" (impianto di ventilazione per la messa in pressione a min. 80kPa, porte REI 120).

Nelle gallerie sono inoltre previsti accessi carrabili ad uso dei servizi di emergenza, realizzati come By-Pass carrabili tra le canne, disposti a interdistanza di circa 900m.

Sia gli accessi carrabili che le vie di fuga pedonali sono dotati di locale filtro e possono fungere da luogo sicuro (in modo analogo a quanto descritto per i by-pass di emergenza delle gallerie a doppio fornice).

Per la galleria San Nazario, oltre alle predisposizioni sopra descritte si prevede la realizzazione di una discenderia carrabile in via di corsa ovest, anch'essa dotata di zona filtro per consentire l'accesso alla carreggiata principale durante una eventuale fase di incendio.

### ***2.2.3 Impianti di illuminazione e segnaletica luminosa***

Gli impianti di illuminazione e segnaletica luminosa previsti in galleria sono i seguenti:

- Illuminazione permanente e di rinforzo;
- Illuminazione integrativa per le piazzole di sosta;
- Illuminazione interna dei By-Pass pedonali e carrabili;
- Illuminazione interna della discenderia;
- Segnaletica luminosa di evacuazione, comprensiva di illuminazione particolare per l'identificazione dell'ubicazione delle porte di accesso alle vie di fuga;
- Segnaletica verticale di emergenza.

### ***2.2.4 Impianti di sicurezza previsti in progetto***

In progetto sono previsti i seguenti impianti di sicurezza:

- Impianto di allarme mediante colonnina SOS azionate dagli utenti;
- Impianti di rilevamento automatico d'incendio:
  - Rilevamento di temperatura in galleria (con TermoLaser);
  - Rilevamento di fumo nei locali tecnici (con rilevatore ottico);
  - Rilevamento di fumo nei By-Pass (con sistema a barriere ottiche);
- Impianto di monitoraggio della qualità dell'aria (CO e fumi);
- Condotta idrica antincendio.

Tutti gli impianti di allarme, rilevamento e monitoraggio sono gestiti da un sistema di automazione e supervisione locale; questo sistema è in grado di rilevare i segnali di anomalie provenienti dai diversi apparati di controllo, attivare delle procedure automatizzate prestabilite ed inviare segnali di allarme al Centro di Controllo che può intervenire sugli impianti di ventilazione meccanica e sugli impianti di pressurizzazione della rete idrica antincendio presente nelle gallerie.



### ***2.2.5 Sistema di controllo del traffico***

Il sistema di controllo del traffico previsto nelle gallerie in progetto è costituito dai seguenti elementi:

- Impianto TVCC;
- Impianto di conteggio e classificazione veicoli (monitoraggio traffico);
- Impianto semaforico (indicatori di disponibilità) di corsia lungo tutto lo sviluppo delle gallerie.

Il sistema di TVCC adottato è composto da telecamere con passo di circa 150m, ottica del tipo auto Iris 5-50mm ed acquisizione immagini tramite Video Server, per il monitoraggio in continuo di situazioni quali: Incidente, mezzi fermi in galleria, Coda, Contromano e fumo in galleria, aumentando la velocità di risposta dei sistemi automatici di segnalazione e comunicazione.

L'impianto di conteggio veicoli, oltre che per tutte le funzioni statistiche, viene utilizzato dal sistema di automazione per la verifica di situazioni pericolose quali traffico bloccato.

### ***2.2.6 Impianti di informazione all'utenza***

In progetto sono previsti i seguenti sistemi di informazione all'utenza:

- pannelli a messaggio variabile (PMV) prima degli imbocchi e all'interno delle gallerie;
- indicatori di disponibilità corsia;
- impianto di ripetizione bande radio e GSM

I pannelli segnaletici sono attivati dai diversi sistemi di allarme secondo procedure prestabilite (segnale generico di pericolo) dalle colonnine SOS o direttamente dal Centro di controllo, così come gli indicatori di disponibilità di corsia.

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Il tracciato, in particolare le gallerie, si sviluppano nel settore prealpino interessando quasi esclusivamente formazioni calcareo-dolomitiche massive poco stratificate, in particolare la Dolomia Principale, in quanto il Calcarea grigio di Noriglio è interessato nel solo tratto iniziale del tracciato, fino all'altezza del primo ponte. Nel tratto successivo detta formazione caratterizza il massiccio carbonatico prealpino a quote maggiori rispetto a quelle dell'asse stradale.

La Dolomia principale è caratterizzata da una struttura molto competente. In affioramento generalmente si presenta con pareti molto massive, raramente stratificata e comunque in grossi banchi e poco alterata. I Calcari grigi presentano caratteristiche relativamente minori rispetto alla Dolomia e mostrano una evidente stratificazione, seppur in spessi banchi, una maggiore fratturazione e più sviluppati fenomeni carsici.

Chiaramente le caratteristiche della roccia sono legate allo stato di fratturazione, alle condizioni presentate dalle fratture, beanti o meno, dei riempimenti, dell'eventuale circolazione d'acqua nelle stesse, dalla resistenza ecc., tutti parametri che giocano un ruolo fondamentale nella classificazione dell'ammasso e che non possono che essere determinate in situ e con test in laboratorio su campioni.

Di seguito tenuto conto delle diverse situazioni geologiche formazionali presenti lungo il tracciato, delle diverse condizioni tettoniche presenti e del possibile comportamento litotecnico si fornisce un'indicazione delle possibili classi di qualità geomeccanica delle formazioni e/o complessi formazionali e quindi indirettamente dei possibili parametri geomeccanici, in base alla classificazione proposta da Bieniawski, riportata nella tabella a seguire.

RMR = $\sum ni$	0 – 20	21 – 40	41 – 60	61 – 80	81 – 100
Classe di roccia	V	IV	III	II	I
Descrizione della roccia	molto scadente	scadente	discreta	buona	ottima
c (KPa)	< 100	100 – 150	150 – 200	200 – 300	> 300
$\varphi$	< 30°	30° – 35°	35° – 40°	40° – 45°	> 45°
Giudizio sulle difficoltà di scavo	nessuna difficoltà	può essere scavato facilmente. Frammentazione notevole	discreta difficoltà	si scava con difficoltà. Frammenti di notevoli dimensioni	notevoli difficoltà di scavo
T L(m)	10 min 0,5	5 ore 1,5	1 settimana 3	6 mesi 4	10 anni 5

*Proprietà meccaniche e comportamento degli ammassi rocciosi (da Bieniawski Z.T., 1979)*

Sulla base delle osservazioni possibili, come mostra la tabella che segue, le classi di qualità individuate per le varie formazioni possono variare mediamente dalla II alla IV, cioè da una qualità buona ad una scadente.

FORMAZIONE (LITOLOGIA)	Dolomia Principale ( Trias sup.)	Calcari grigi ( Lias inf.-med.)
CLAS. DI BIENIAWSKI (RMR)	II III IV	II III IV

*Classi di qualità geomeccanica*

In funzione delle condizioni strutturali e litostratigrafiche locali le varie classi indicate variano percentualmente da buone a scadenti. Date le caratteristiche sia litotecniche che giaciture delle formazioni coinvolte dal tracciato, la classe IV (qualità scadente) appare poco significativa, mentre sono decisamente preminenti le classi II (qualità buona) e III (qualità discreta).

La distribuzione delle classi lungo il tracciato delle gallerie è riportata nel profilo geologico. Nelle zone caratterizzate da discontinuità (faglie e/o fasce fratturate principali) per un intorno significativo e comunque funzione dell'estensione del campo di fratture locale, è stato cautelativamente considerato un peggioramento qualitativo dell'ammasso, con un rapporto classe III/IV mediamente variabile da 70%/30% a 80%/20% ma che in occorrenza di lineamenti riconosciuti come faglie attive e/o zone caratterizzate da una maggiore frequenza di fratture/faglie può cautelativamente essere considerato pari a 50%/50%.

### **3.1 Caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi**

#### ***3.1.1 Tratta inizio galleria Pove del Grappa – ponte Solagna***

La galleria si inserisce nei primi rilievi montuosi a nord di Bassano caratterizzati dalla presenza delle formazioni geologiche appartenenti alla "Serie carbonatico-calcarea veneta". In particolare, in questo primo tratto, la galleria attraversa la sola formazione dei Calcari Grigi di Noriglio che si presentano ben stratificati.

L'assetto strutturale dell'area presenta nella prima parte una giacitura degli strati a frana poggio con inclinazioni anche elevate. Siamo infatti nell'area caratterizzata dalla presenza di una struttura tettonica compressiva che ha portato alla formazione di un anticlinale di rampa e alla conseguente verticalizzazione degli strati delle formazioni carbonatiche interessate. Successivamente le giaciture continuano ad essere a franapoggio ma con una pendenza meno elevata. La zona di imbocco è quindi caratterizzata da un'acclività del versante abbastanza elevata con la presenza di detrito di versante e, come già ricordato, con una giacitura degli strati a franapoggio e molto inclinati.

La litologia attraversata dalla galleria presenta mediamente buona qualità geomeccanica. Localmente, in corrispondenza di lineamenti tettonici importanti e/o di campi di fratture, la qualità dell'ammasso diminuisce, passando a scadente. In particolare, nell'area di imbocco a sud, il grado di fratturazione è sicuramente elevato in quanto i depositi sono al limite di un allineamento tettonico d'importanza regionale e alla fratturazione dell'ammasso roccioso si unisce la giacitura sfavorevole degli strati. L'area di imbocco nord presenta una situazione meno sfavorevole dal punto di vista

della giacitura degli strati che sono a reggi poggio, ma la presenza di detrito di versante deve indurre una certa cautela.

### ***3.1.2 Tratta ponte Solagna – Valle Lanari (Galleria Solagna)***

Le formazioni attraversate in questa tratta sono inizialmente ancora i Calcari Grigi di Noriglio e poi la Dolomia Principale. L'assetto strutturale di questa tratta è caratterizzato da una giacitura media degli strati a franapoggio con inclinazioni tuttavia non elevate. Il passaggio tra le due formazioni, in questo tratto, è ipotizzabile come stratigrafico. Entrambe le formazioni sono comunque interessate da zone di faglia, lineamenti tettonici e/o campi di fratture che deteriorano la qualità dell'ammasso roccioso, che da generalmente buono passa, in questi settori, a scadente.

La presenza e/o possibile di detrito di versante in prossimità degli imbocchi deve indurre particolare attenzione in particolare per quanto riguarda le opere di fondazione delle spalle dei ponti in progetto.

Oltre alla galleria naturale Solagna, in quest'area si prevede la realizzazione di due ponti (ponte Solagna e ponte valle Lanari) di lunghezza 40 e 96 metri rispettivamente.

### ***3.1.3 Tratta Valle Lanari – Rivalta (Gallerie Fontanazzi e San Nazario)***

Le litologie attraversate dalla galleria sono ancora rappresentate dalla Dolomia Principale. L'ammasso roccioso presenta in genere buona qualità geomeccanica. Tuttavia, localmente, in corrispondenza di lineamenti tettonici importanti e/o di campi di fratture, la qualità dell'ammasso diminuisce, passando a scadente.

La giacitura media delle stratificazioni è nel primo tratto a lieve franapoggio con tendenza ad un aumento della pendenza, fino alla progressiva 16+150. Nel tratto finale, per effetto della presenza di una blanda anticlinale, si ha una inversione della giacitura che diviene a reggipoggio. La zona di imbocco nord è caratterizzata dalla presenza di detrito di versante: cautelativamente per questi depositi si possono ipotizzare spessori fino a 10 m.

La parte conclusiva della tratta (Zona svincolo di Rivalta) è caratterizzata da depositi alluvionali grossolani, costituiti da ghiaie prevalenti e sabbie con ciottoli. Lo spessore è ipotizzabile nell'ordine dei 15-20 metri. Per suddetto deposito possono considerarsi caratteristiche geotecniche da discrete a buone. Essendo il tracciato prevalentemente a raso, non si ravvedono particolari problematiche per la realizzazione degli interventi. Per quanto concerne possibili interferenze con la falda, le quote della piezometria regolate dal livello del F. Brenta, sono tali da escluderle.

Oltre le gallerie naturali Fontanazzi e San Nazario, in quest'area si prevede la realizzazione del ponte Valle Sarzè di lunghezza 68 metri,

Nelle zone degli imbocchi delle gallerie, la presenza di pareti ad elevata pendenza deve indurre sempre ad una certa cautela e, qualora necessari, a prevedere disegni e chiodature e consolidamento delle pareti subverticali di attacco.

La tratta montana, come già segnalato e come ricavabile dal profilo geologico, è caratterizzata quindi da settori con ammassi rocciosi che possono presentare localmente scadente qualità geomeccanica. In questi settori, segnalati lungo il profilo geologico, sono previste chiodature e il rinforzo con centine metalliche.

La presenza nel massiccio calcareo dolomitico di circuiti carsici attivi che trovano proprio lungo i campi di frattura direzioni preferenziali di sviluppo e quindi

possibili vie di infiltrazione e circolazione idrica, richiede di prevedere l'impermeabilizzazione nelle tratte interessate dalle fratture. In fase di scavo potrebbero essere incontrate cavità carsiche. In questi casi si dovrà procedere all'eventuale svuotamento della cavità dall'acqua presente, dovrà essere definita la dimensione della stessa (con tecniche georadar e/o altri metodi adatti), le condizioni dell'ammasso roccioso di interposizione rispetto alla galleria e se ritenuto necessario alla sua messa in sicurezza.

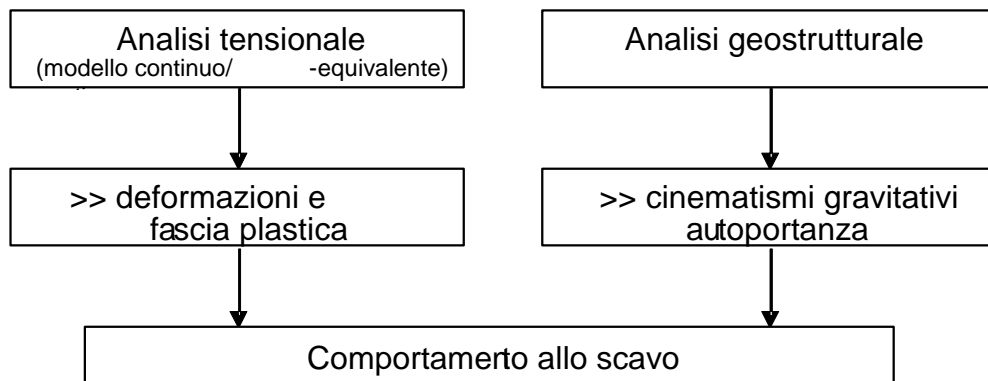
In tal senso nelle zone segnalate a bassa qualità geomeccanica potrebbe essere utile prevedere una preventiva indagine geofisica atta a verificare l'eventuale presenza di cavità carsiche associate.

## 4. SEZIONI DI SCAVO E SOSTEGNO

La scelta delle sezioni tipo di scavo e sostegno seguono lo studio del comportamento allo scavo della massa rocciosa, inteso anche come valutazione delle caratteristiche geostrutturali dell'ammasso e delle condizioni a contorno (coperture, stato tensionale, ecc. ecc.) caratterizzanti il cavo. In questo capitolo verrà dapprima riportata la previsione del comportamento allo scavo ed in seguito verranno presentate le sezioni di scavo e sostegno previste.

### 4.1 Previsione del comportamento allo scavo

Lo studio previsionale della risposta deformativa allo scavo dei diversi raggruppamenti geomeccanici è necessariamente articolato su analisi sia di tipo tensionale, sia geostrutturale.



Le analisi di tipo tensionale si basano su un modello geomeccanico continuo o continuo-equivalente e sono sostanzialmente mirate a definire indici classificativi in grado di esprimere la potenziale intensità dei fenomeni deformativi attesi. Nella pratica corrente si utilizzano spesso indici che rappresentano il rapporto tra le sollecitazioni che si sviluppano sul contorno del cavo e la resistenza mobilizzabile dall'ammasso, oppure indici, basati su uno sviluppo analitico più approfondito, che esprimono direttamente il comportamento atteso in termini deformativi e/o di sviluppo della fascia plastica.

Le analisi di tipo geostrutturale comprendono i metodi dell'equilibrio limite, generalmente utilizzati in presenza di un'approfondita conoscenza spaziale del reticolo fessurativo dell'ammasso, sia in termini giaciture, sia delle caratteristiche geomeccaniche, ed in senso lato anche quei metodi empirici che mediante la quantificazione dei parametri caratteristici dell'ammasso forniscano indicazioni sul comportamento atteso, soprattutto in termini di autoportanza (ad es. RMR System di Bieniawski, 1973 e seguenti).

## **4.2 Definizione base delle Categorie di Comportamento – Analisi tensionale**

Lo studio del comportamento allo scavo presuppone innanzitutto l'applicazione di metodi analitici e/o numerici per la classificazione dell'intensità dei fenomeni deformativi attesi, nell'ipotesi teorica di assenza di ogni intervento di stabilizzazione. Lo schema di riferimento utilizzato per tale inquadramento si basa in particolare sulla quantificazione della deformazione radiale al fronte di scavo e sullo sviluppo della fascia plastica nell'intorno del cavo in condizioni intrinseche (ovvero senza l'applicazione di alcun sostegno), distinguendo diverse possibili classi di comportamento in riferimento al gruppo geomeccanico presente ed alla copertura reale della galleria nello specifico tratto.

## **4.3 Analisi geostrutturale**

L'analisi geostrutturale si basa sulla classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi in accordo allo RMR system di Bieniawski. Quest'ultima è mirata a valutare l'influenza della struttura dell'ammasso sul comportamento, soprattutto in termini di autoportanza ed ha particolare rilievo per condizioni di copertura superficiali e poco profonde.

## **4.4 Definizione delle sezioni tipo e fasi esecutive**

La scelta tipologica degli interventi di stabilizzazione e quindi l'applicazione delle diverse sezioni tipo di scavo e sostegno è sviluppata nel rispetto della classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi in accordo allo RMR system di Bieniawski.

Nel seguito si descrivono le fasi realizzative e gli interventi previsti per ogni singola tipologia di sezione.

## **4.4.1 Sezione Classe II**

### **4.4.1.1 Interventi previsti**

- Modalità di scavo: Esplosivo.
- Lunghezza di sfondo: 4 m.
- Drenaggi in avanzamento: No
- VTR al fronte: No.
- Infilaggi: No.
- Jet-grouting: No.
- Spritz beton al fronte: No.
- Centine (caratteristiche e passo): No.
- Bulloni (lunghezza, passo e numero): 4,50m, 2,00m, 6/7.
- Spritz beton: 15 cm.
- Spritz beton regolarizzazione: 5 cm.
- Distanza arco rovescio dal fronte: Non vincolata.
- Impermeabilizzazione: Si.
- Spessore Rivestimento definitivo calcestruzzo in calotta: 50 cm.

### **4.4.1.2 Fasi esecutive**

- **fase 1 scavo:** lo scavo viene eseguito a piena sezione sagomando il fronte a forma concava, la lunghezza massima dello sfondo e' di 4.00m compreso l'eventuale disaggio.
- **fase 2 priverimento:** messa in opera dei bulloni disposti a quinconce a passo 2.00 x 2.00 m e da 20 cm di spritz beton fibrinforzato.
- **fase 3 getto arco rovescio:** in corso d'opera, il monitoraggio del cavo (misure di estrusione del fronte, convergenza del cavo) potra' indicare se risultera' necessario effettuare tale getto a distanze piu' restrittive dal fronte;
- **fase 4 impermeabilizzazione:** posa in opera dell'impermeabilizzazione eseguita prima del getto del rivestimento definitivo secondo le caratteristiche di progetto.
- **fase 5 : getto rivestimento definitivo:** la distanza di posa in opera dovra' essere regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

## **4.4.2 Sezione Classe IIIa**

### **4.4.2.1 Interventi previsti**

- Modalità di scavo: Esplosivo.
- Lunghezza di sfondo: 3 m.
- Drenaggi in avanzamento: No
- VTR al fronte: No.
- Infilaggi: No.
- Jet-grouting: No.
- Spritz beton al fronte: No.
- Centine (caratteristiche e passo): No
- Bulloni (lunghezza, passo e numero): 4,50m, 2,00m, 10/11.
- Spritz beton: 20 cm.
- Spritz beton regolarizzazione: 5 cm.
- Distanza arco rovescio dal fronte: Non vincolata.
- Impermeabilizzazione: Si.
- Spessore Rivestimento definitivo calcestruzzo in calotta: 50 cm.

### **4.4.2.2 Fasi esecutive**

- **fase 1 scavo:** lo scavo viene eseguito a piena sezione sagomando il fronte a forma concava, la lunghezza massima dello sfondo e' di 4.00m compreso l'eventuale disaggio.
- **fase 2 priverivestimento:** messa in opera dei bulloni disposti a quinconce a passo 2.00 x 2.00 m e da 25 cm di spritz beton fibrorinforzato.
- **fase 3 getto arco rovescio:** in corso d'opera, il monitoraggio del cavo (misure di estrusione del fronte, convergenza del cavo) potra' indicare se risultera' necessario effettuare tale getto a distanze piu' restrittive dal fronte.
- **fase 4 impermeabilizzazione:** posa in opera dell'impermeabilizzazione eseguita prima del getto del rivestimento definitivo secondo le caratteristiche di progetto.
- **fase 5 getto rivestimento definitivo:** la distanza di posa in opera dovra' essere regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

## **4.4.3 Sezione Classe IIIb**

### **4.4.3.1 Interventi previsti**

- Modalità di scavo: Esplosivo.
- Lunghezza di sfondo: 3 m.
- Drenaggi in avanzamento: No
- VTR al fronte: No.
- Infilaggi: No.



- Jet-grouting: No.
- Spritz beton al fronte: No.
- Centine (caratteristiche e passo): 2 IPN 180, 150cm.
- Bulloni (lunghezza, passo e numero) : No
- Spritz beton: 20 cm.
- Spritz beton regolarizzazione: 5 cm.
- Distanza arco rovescio dal fronte: Non vincolata.
- Impermeabilizzazione: Si.
- Spessore Rivestimento definitivo calcestruzzo in calotta: 50 cm.

#### 4.4.3.2 Fasi esecutive

- **fase 1 scavo:** lo scavo viene eseguito a piena sezione sagomando il fronte a forma concava, la lunghezza massima dello sfondo é di 4.00m compreso l'eventuale disaggio.
- **fase 2 priverivestimento:** messa in opera delle centine disposte ogni 150 cm e di 25 cm di spritz beton fibrorinforzato.
- **fase 3 getto arco rovescio:** in corso d'opera, il monitoraggio del cavo (misure di estrusione del fronte, convergenza del cavo) potrà indicare se risulterà necessario effettuare tale getto a distanze più restrittive dal fronte.
- **fase 4 impermeabilizzazione:** posa in opera dell'impermeabilizzazione eseguita prima del getto del rivestimento definitivo secondo le caratteristiche di progetto.
- **fase 5 getto rivestimento definitivo:** la distanza di posa in opera dovrà essere regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

### 4.4.4 Sezione Classe IVa

#### 4.4.4.1 Interventi previsti

- Modalità di scavo: Esplosivo.
- Lunghezza di sfondo: 2 m.
- Drenaggi in avanzamento: No
- VTR al fronte: No
- Infilaggi: No.
- Jet-grouting: No.
- Spritz beton al fronte: No.
- Centine (caratteristiche e passo): HEA 200, 1,00m.
- Bulloni (lunghezza, passo e numero) : 4,50m, 1,00m, 16/17.
- Spritz beton: 15 cm.
- Spritz beton regolarizzazione: 5 cm.
- Distanza arco rovescio dal fronte: Non vincolata.

- Impermeabilizzazione: Sì.
- Spessore Rivestimento definitivo calcestruzzo in calotta: 70 cm.

#### 4.4.4.2 Fasi esecutive

- **fase 1 scavo:** lo scavo viene eseguito a piena sezione sagomando il fronte a forma concava, la lunghezza massima dello sfondo è di 2.00m compreso l'eventuale disaggio.
- **fase 2 pririvestimento:** messa in opera dei bulloni a passo 1.50 x 1.00 m. intercalati alle centine. messa in opera del rivestimento di prima fase, costituito da centine metalliche passo 1.00m e da 20 cm di spritz beton fibrorinforzato. appena posate le centine dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.
- **fase 3 getto arco rovescio:** in corso d'opera, il monitoraggio del cavo (misure di estrusione del fronte, convergenza del cavo) potrà indicare se risulterà necessario effettuare tale getto a distanze più restrittive dal fronte.
- **fase 4 impermeabilizzazione:** posa in opera dell'impermeabilizzazione eseguita prima del getto del rivestimento definitivo secondo le caratteristiche di progetto.
- **fase 5 getto rivestimento definitivo:** la distanza di posa in opera dovrà essere regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

#### 4.4.5 Sezione Classe IVb

##### 4.4.5.1 Interventi previsti

- Modalità di scavo: Esplosivo.
- Lunghezza di sfondo: 2 m.
- Drenaggi in avanzamento: No
- VTR al fronte: n° 18, L= 18,00m, sovrapposizione 6,00m.
- Infilaggi: No.
- Jet-grouting: No.
- Spritz beton al fronte: No.
- Centine (caratteristiche e passo): HEA 200, 1,00m.
- Bulloni (lunghezza, passo e numero): 4,50m, 1,00m, 16/17.
- Spritz beton: 15 cm.
- Spritz beton regolarizzazione: 5 cm.
- Distanza arco rovescio dal fronte: Non vincolata.
- Impermeabilizzazione: Sì.
- Spessore Rivestimento definitivo calcestruzzo in calotta: 70 cm.

##### 4.4.5.2 Fasi esecutive

- **fase 1 preconsolidamenti al fronte:** esecuzione del preconsolidamento del fronte secondo la geometria di progetto con le seguenti modalità:

- perforazione eseguita a secco  $\varnothing > 120$  mm
- inserimento elemento strutturale in vtr
- cementazione dell'elemento strutturale in vtr con miscele cementizie espansive premiscelate.
- le fasi elencate dovranno essere ripetute per gruppi di 4-5 fori alla volta.
- **fase 2 scavo:** lo scavo viene eseguito a piena sezione sagomando il fronte a forma concava, la lunghezza massima dello sfondo e' di 2.00m compreso l'eventuale disaggio.
- **fase 3 pririvestimento:** messa in opera dei bulloni a passo 1.50 x 1.00 m. intercalati alle centine. messa in opera del rivestimento di prima fase, costituito da centine metalliche passo 1.00m e da 20 cm di spritz beton fibrorinforzato. appena posate le centine dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.
- **fase 4 getto arco rovescio:** in corso d'opera, il monitoraggio del cavo (misure di estrusione del fronte, convergenza del cavo) potra' indicare se risultera' necessario effettuare tale getto a distanze piu' restrittive dal fronte.
- **fase 5 impermeabilizzazione:** posa in opera dell'impermeabilizzazione eseguita prima del getto del rivestimento definitivo secondo le caratteristiche di progetto.
- **fase 6 getto rivestimento definitivo:** la distanza di posa in opera dovra' essere regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

## 4.4.6 Sezione Classe V

### 4.4.6.1 Interventi previsti

- Modalità di scavo: Martellone.
- Lunghezza di sfondo: 1 m.
- Drenaggi in avanzamento: n° 4, L=36 m, sovrapposizione 12 m.
- VTR al fronte: n° 51, L= 20,00m, sovrapposizione 11,00m.
- Infilaggi: n° 41, L= 12,00m, sovrapposizione 3,00m.
- Jet-grouting: No.
- Spritz beton al fronte: 15 cm.
- Centine (caratteristiche e passo): HEb 240, 1,00m.
- Bulloni (lunghezza, passo e numero) : No
- Spritz beton: 30 cm.
- Spritz beton regolarizzazione: No
- Distanza arco rovescio dal fronte: 850 cm..
- Impermeabilizzazione: Si.
- Spessore Rivestimento definitivo calcestruzzo in calotta: 70 cm.

### 4.4.6.2 Fasi esecutive

- **fase 1 preconsolidamenti al fronte:** sagomatura del fronte a forma concava. esecuzione, a completamento del campo di scavo o nel caso di fermo prolungato dell'avanzamento, sul fronte, di uno strato di spritz beton dello spessore di 15cm fibrorinforzato. esecuzione del preconsolidamento del fronte secondo la geometria di progetto con le seguenti modalita':
  - perforazione eseguita a secco  $\varnothing > 120$  mm
  - inserimento elemento strutturale in vtr
  - cementazione dell'elemento strutturale in vtr con miscele cementizie espansive premiscelate.
  - le fasi elencate dovranno essere ripetute per gruppi di 4-5 fori alla volta.
- **fase 2 preconsolidamenti al contorno:** tramite infilaggi.
- **fase 3 drenaggi al contorno:** esecuzione dei drenaggi al contorno secondo la geometria di progetto.
- **fase 4 scavo:** lo scavo viene eseguito a piena sezione, sagomando il fronte a forma concava. la lunghezza massima dello sfondo e' di 1.00m compreso l'eventuale disaggio. e' previsto per la sicurezza, l'esecuzione sistematica dello spritz beton di spessore  $\geq 15$ cm sul fronte e sul contorno di ogni singolo sfondo appena eseguito, prima di mettere in opera la centina.
- **fase 5 priverivestimento:** messa in opera del rivestimento di prima fase, costituito da centine metalliche passo 1.00m e da 30 cm di spritz beton fibrorinforzato. appena posate le centine dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene chiuse in arco rovescio.

- **fase 6 getto arco rovescio:** in corso d'opera, il monitoraggio del cavo (misure di estrusione del fronte, convergenza del cavo) potrà indicare se risulterà necessario effettuare tale getto a distanze più restrittive dal fronte.
- **fase 7 impermeabilizzazione:** posa in opera dell'impermeabilizzazione eseguita prima del getto del rivestimento definitivo secondo le caratteristiche di progetto.
- **fase 8 getto rivestimento definitivo:** la distanza di posa in opera dovrà essere regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

## 4.5 Applicazione delle sezioni di scavo alle varie gallerie

L'analisi preliminare delle condizioni geomeccaniche e strutturali dell'ammasso ha suggerito l'adozione di diverse sezioni tipo, caratterizzate da rinforzi ed opere di sostegno in misura sempre più incidente ad decrescere del grado di integrità dell'ammasso.

Sezione Tipo	Elementi della sezione	Natura dell'ammasso (RMR)
II	<p><b>Sostegno di prima fase</b> Messa in opera dei bulloni disposti a quinconce a passo 2.00 x 2.00 m e da 20 cm di spritz beton fibrorinforzato.</p> <p><b>Rivestimento definitivo</b> Cls Rck 30 MPa spessore minimo 50 cm, con arco rovescio spessore minimo 40 cm</p>	Roccia buona (60<GSI<80)
IIIa	<p><b>Sostegno di prima fase</b> Messa in opera dei bulloni disposti a quinconce a passo 2.00 x 2.00 m e da 25 cm di spritz beton fibrorinforzato.</p> <p><b>Rivestimento definitivo</b> Cls Rck 30 MPa spessore minimo 50 cm, con arco rovescio spessore minimo 50 cm</p>	Roccia mediocre (40<GSI<60)
IIIb	<p><b>Sostegno di prima fase</b> Messa in opera delle centine disposte ogni 150 cm e di 25 cm di spritz beton rinforzato</p> <p><b>Rivestimento definitivo</b> Cls Rck 30 MPa spessore minimo 50 cm, con arco rovescio spessore minimo 50 cm</p>	
IVa	<p><b>Sostegno di prima fase</b> Messa in opera dei bulloni a passo 1.50 x 1.00 m intercalati alle centine. Messa in opera del rivestimento di prima fase, costituito da centine metalliche passo 1.00 m e da 20 cm di spritz beton fibrorinforzato. Appena posate le centine dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.</p> <p><b>Rivestimento definitivo</b> Cls Rck 30 MPa spessore minimo 70 cm, con arco rovescio spessore minimo 70 cm</p>	Roccia scadente (20<GSI<40)
IVb	<p><b>Preconsolidamenti al fronte</b> Perforazione eseguita a secco <math>\phi &gt; 120</math> mm Inserimento elemento strutturale in VTR Cementazione dell'elemento strutturale in VTR con miscele cementizie espansive premiscelate Le fasi elencate dovranno essere ripetute per gruppi di 4-5 fori alla volta.</p> <p><b>Sostegno di prima fase</b> Messa in opera dei bulloni a passo 1.50 x 1.00 m intercalati alle centine. Messa in opera del rivestimento di prima fase, costituito da centine metalliche passo 1.00 m e da 20 cm di spritz beton fibrorinforzato. Appena posate le centine dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.</p> <p><b>Rivestimento definitivo</b> Cls Rck 30 MPa spessore minimo 70 cm, con arco rovescio spessore minimo 70 cm</p>	

<b>V</b>	<p><b>Preconsolidamenti al fronte</b>  Sagomatura del fronte a forma concava.  Esecuzione, a completamento del campo di scavo o nel caso di fermo prolungato dell'avanzamento sul fronte, di uno strato di spritz beton dello spessore di 15 cm fibrorinforzato. Esecuzione del preconsolidamento del fronte secondo le seguenti modalità:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perforazione eseguita a secco <math>\phi &gt; 120</math> mm</li> <li>- Inserimento elemento strutturale in VTR</li> <li>- Cementazione dell'elemento strutturale in VTR con miscele cementizie espansive premiscelate</li> </ul> <p>Le fasi elencate dovranno essere ripetute per gruppi di 4-5 fori alla volta.</p> <p><b>Sostegno di prima fase</b>  Messa in opera dei bulloni a passo 1.50 x 1.00 m intercalati alle centine. Messa in opera del rivestimento di prima fase, costituito da centine metalliche passo 1.00 m e da 20 cm di spritz beton fibrorinforzato. Appena posate le centine dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.</p> <p><b>Rivestimento definitivo</b>  Cls Rck 30 MPa spessore minimo 100 cm, con arco rovescio spessore minimo 110 cm</p>	Roccia molto scadente (0 < GSI < 20)
----------	--	---

#### 4.5.1 Galleria Pove del Grappa

Le formazioni incontrate sono caratterizzate quasi esclusivamente dai calcari grigi del Noriglio.

Tratto indicativo Progr. Km	Sezione Tipo %	Natura dell'ammasso
6+550 – 6+700	III 30 IV 70	Calcari del Noriglio
6+700 – 6+850	III 70 IV 30	
6+850 – 8+250	II 70 III 30	
8+250 – 8+550	III 70 IV 30	
8+550 – 9+300	II 70 III 30	
9+300 – 9+409	III 40 IV 60	

### 4.5.2 Galleria Solagna

La galleria interessa il passaggio tra il calcari del Noriglio e la dolomia principale.

Tratto indicativo Progr.	Sezione Tipo	Natura dell'ammasso
9+484 – 9+500	III 40 IV 60	Calcari del Noriglio (CAN)
9+550 – 10+050	II 70 III 30	
10+050 – 10+150	III 60 IV 40	
10+150 – 10+450	II 70 III 30	
10+450 – 10+500	III 80 IV 20	
10+500 – 10+600	III 80 IV 20	Dolomia principale (DOL)
10+600 – 11+050	II 80 III 20	
11+050 – 11+150	III 50 IV 50	
11+150 – 12+306	II 80 III 20	

### 4.5.3 Galleria Fontanazzi

Le formazioni incontrate sono caratterizzate quasi esclusivamente dalla Dolomia principale .

Tratto indicativo Progr.	Sezione Tipo	Natura dell'ammasso
12+411 – 12+430	III 60 IV 40	Dolomia principale (DOL)
12+430 – 12+950	II 80 III 20	
12+950 – 13+002	III 60 IV 40	



#### 4.5.4 Galleria San Nazario

Le formazioni incontrate sono caratterizzate quasi esclusivamente dalla Dolomia principale.

Tratto indicativo Progr.	Sezione Tipo	Natura dell'ammasso
13+090 – 13+120	III 60 IV 40	Dolomia Principale (DOL)
13+120 – 13+650	II 80 III 20	
13+650 – 13+750	III 80 IV 20	
13+750 – 14+050	II 80 III 20	
14+050 – 14+150	III 80 IV 20	
14+150 – 14+400	II 80 III 20	
14+400 – 14+500	III 80 IV 20	
14+500 – 14+700	II 80 III 20	
14+700 – 14+800	III 80 IV 20	
14+800 – 15+100	II 80 III 20	
15+100 – 15+200	III 80 IV 20	
15 + 200 – 15+650	II 80 III 20	
15+650 – 15+750	III 80 IV 20	
15+750 – 16+250	II 80 III 20	
16+250 – 16+350	III 80 IV 20	
16+350 – 16+950	II 80 III 20	
16+950 – 17+150	III 50 IV 50	
17+150 – 17+250	II 80 III 20	
17+250 – 17+311	III 50 IV 50	

## 5. CENTRALI PER VENTILAZIONE SEMITRASVERSALE

Come già accennato in precedenza, nella galleria S. Nazario, di lunghezza superiore a 3000 ml, è stata prevista una ventilazione semitrasversale.

Il funzionamento di tale sistema di ventilazione è il seguente:

- in esercizio: si utilizzano i ventilatori di centrale in mandata per iniettare aria pulita lungo la galleria, mentre i ventilatori longitudinali posti all'imbocco funzionano in estrazione solo in caso di necessità;
- in caso di incendio i ventilatori (di tipo reversibile) funzionano al contrario, ovvero quelli longitudinali posti agli imbocchi funzionano in immissione e quelli della centrale in aspirazione, concentrando il flusso nella zona oggetto di incendio mediante opportune manovre sulle griglie poste in calotta.

Tale ventilazione si realizza mediante la predisposizione delle seguenti opere civili:

- per tutta la lunghezza della galleria, ad eccezione dei primi 300 m in prossimità degli imbocchi, è stato ricavato un canale in calotta mediante la realizzazione di un controsoffitto in calcestruzzo dotato di serrande di dimensione pari a 1,5 x2,0 metri ogni 10 ml. Per poter permettere l'aspirazione localizzata dei fumi d'incendio, le serrande poste in volta sono manovrabili in emergenza così da permettere la chiusura di quelle lontane dal sito d'incendio e l'apertura di quelle poste in vicinanza al fuoco.
- in prossimità della mezzeria dello sviluppo galleria è stata prevista la realizzazione di una stazione di ventilazione (1 per canna oggetto di ventilazione semitrasversale) in caverna.

Tali centrali di ventilazione, all'interno delle quali sono posizionati due ventilatori reversibili ciascuna, sono collegate all'esterno mediante un condotto sub-orizzontale ricavato nella calotta della galleria di emergenza (discenderia S. Nazario) mediante controsoffittatura. La sezione del condotto di calotta è divisa in due parti uguali mediante apposito setto, ciascuna a servizio di una sola centrale di ventilazione. Un sistema di serrande ricavato nella controsoffittatura serve anche alla ventilazione della discenderia in caso di emergenza.

## **6. IMBOCCHI**

Le opere di imbocco costituiscono il raccordo del fornice con il versante di approccio e comprendono i brevi tratti da realizzare nelle formazioni detritiche di falda generalmente presenti nelle gallerie in progetto.

Le opere sono composte da paratie di sostegno provvisori per la formazione del fronte di attacco e da una galleria artificiale di breve lunghezza. Nel caso generale la sistemazione finale tende al ripristino della morfologia di versante mediante rinterro con pendenze di scarpata naturale oppure rinforzata, in funzione delle locali esigenze.

Nella successione di gallerie definita in progetto, si distinguono per caratteristiche particolari i due imbocchi di estremità (Pove sud e S. Nazario Nord) e gli imbocchi che si affacciano su brevi tratti all'aperto in corrispondenza delle incisioni maggiori del versante, generalmente caratterizzato da forte acclività.

Per una descrizione di maggior dettaglio si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

### **6.1 Galleria Pove del Grappa**

L'imbocco sud della galleria naturale è ubicato al km 6+550 ed interessa formazioni detritiche di versante.

La sagoma dell'imbocco viene realizzata tagliando il solido cilindrico del corpo galleria con un piano di pendenza concorde con quella del versante..

### **6.2 Galleria San Nazario**

La Galleria naturale di San Nazario è costituita da una coppia di fornici monodirezionali, uno per senso di marcia, e presenta uno sviluppo di 3'280m (canna Est), 3'240 (canna Ovest). L'imbocco alla progressiva 14+300 km è costituito da un tratto in galleria artificiale di circa 60 m per la realizzazione del quale si rende necessaria la realizzazione di un'opera di sostegno provvisoria costituita da una berlinese in micropali. La livelletta presenta in un primo tratto una pendenza del +1.25 %, presenta poi un valore di pendenza del -0.8 %; le due sono raccordate mediante un raggio verticale di 18'000 metri.

Allo sbocco di quest'ultima galleria, che termina con un tratto di 261 m (lato Est), 122 m (lato Ovest), in galleria tipo paramassi, il tracciato prosegue verso lo svincolo Rivalta. In questo tratto la superstrada passa sopra alla galleria della linea RFI TN-VE ed al sottopasso della rampa Est del sopra citato svincolo.

### **6.3 Imbocchi intermedi**

Gli imbocchi che affacciano sui ponti di Solagna, Valle Lanari e Valle sarzè sono punti notevoli e sensibili di impatto ambientale.

Si realizza, pertanto, una soluzione costituita da pareti in c.a. rivestite in pietra naturale locale solidarizzate ad un plinto di fondazione ammorsato su micropali, che adempie alla duplice funzione di imbocco e di spalla del ponte e consente un gradevole inserimento nell'ambiente.

## **7. PROGRAMMA DI INDAGINE**

Nelle successive fasi progettuali, al fine di definire in modo più dettagliato il contesto geologico e geomeccanico e le condizioni idrogeologiche degli ammassi interessati dagli scavi delle gallerie naturali, sarà necessario eseguire un'estesa campagna di indagini geognostiche.

A tal fine, si riportano di seguito delle indicazioni sulle indagini che sarà opportuno svolgere nelle successive fasi progettuali:

- sondaggi a carotaggio continuo di cui uno per ogni imbocco ed i restanti con distribuzione opportuna lungo il tracciato al fine di ricostruire l'assetto geologico e stratigrafico degli ammassi;
- prove in sito costituite in particolare da prove SPT, prove pressiometriche e/o dilatometriche e prove di permeabilità;
- prove di laboratorio sui campioni prelevati nel corso dei sondaggi, al fine di definire le caratteristiche fisiche dei materiali e le caratteristiche di resistenza e deformabilità degli stessi;
- Prove geofisiche costituite in particolare da indagini sismiche a rifrazione e prove sismiche in foro (cross-hole);
- Ricostruzione delle superfici piezometriche ed individuazione delle falde presenti negli ammassi interessati dallo scavo delle le gallerie naturali.

## 8. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Durante la realizzazione delle opere in sotterraneo si dovrà porre in opera un adeguato programma di monitoraggio, volto a verificare ed ottimizzare le scelte progettuali effettuate, in termini di intensità degli interventi di consolidamento e sconfinamento previsti e di successione delle fasi esecutive, in particolare: cadenze di scavo e distanze di getto dal fronte dei rivestimenti definitivi in funzione dei livelli deformativi del fronte e del cavo.

Questi adeguamenti progettuali fanno parte dell'approccio progettuale del "metodo osservazionale".

In linea generale, quali indicazioni di massima, per le gallerie in oggetto si prevede la predisposizione di:

- rilievi del fronte di scavo, per la restituzione delle caratteristiche geologiche/geostrutturali dell'ammasso al fronte di scavo; andranno previsti rilievi di tipo speditivo ogni 20-30 m, con rilievi più dettagliati, di tipo analitico, ogni 150-200 o in corrispondenza di passaggi particolarmente significativi;
- stazioni di misura delle convergenze a cinque chiodi, per il rilevamento tridimensionale degli spostamenti del profilo di scavo, disposte ad un interasse di 50-100 m in funzione del contesto geomeccanico; nelle tratte caratterizzate da ammassi alquanto scadenti, dove si prevede la esecuzione di consolidamenti in avanzamento, andranno ubicate ogni campo di avanzamento, al fine di calibrare l'intensità dei trattamenti;
- Stazioni di misura dell'estrusione al fronte mediante estrusometro, solo in ammassi spingenti con significative deformazioni estrusometriche al fronte; tale misura viene condotta mediante la posa di una colonna estensimetrica,
- Stazioni di misura dell'estrusione al fronte mediante estrusometro, solo in ammassi spingenti con significative deformazioni estrusometriche al fronte; tale misura viene condotta mediante la posa di una colonna estensimetrica, del tipo "sliding deformer", per una lunghezza in avanzamento di 30-40 m;
- Stazioni di misura dello stato tensionale nei rivestimenti mediante celle di carico al di sotto del piede della centina e/o barrette estensimetriche da posizionarsi sull'anima del profilato centinato;
- stazioni di misura dello stato tensionale nei rivestimenti definitivi mediante prove di martinetto piatto o mediante barrette estensimetriche annegate nei getti;
- stazioni di misura delle deformazioni e del livello di plasticizzazione al contorno del cavo, mediante estensimetri multibase, ubicati in corrispondenza della calotta e delle reni;
- stazioni di misura delle pressioni neutre al contorno del cavo, mediante posa di piezometri radiali con celle piezometriche; al fine di stimare le portate d'acqua in galleria si prevede infine l'impiego di misuratori di portata.