

S.S. 45bis - Gardesana Occidentale

Opere di costruzione della galleria in variante tra il km 86+567 e il km 88+800 finalizzata a sottendere le attuali gallerie ogivali a sezione ristretta

PROGETTO DEFINITIVO

COD. MI92

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA:

*Dott. Ing. Antonio Scalamandrè
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063*

IL GEOLOGO

*Dott. Geol. Serena Majetta
Ordine Geol. di Roma n. 928*

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

*Dott. Ing. Laura Troiani
Ordine Ing. di Roma n. 31890*

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio Quondam

ViSTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Giancarlo Luongo

PROTOCOLLO

DATA

01 - ELABORATI GENERALI

Relazione Generale

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	T00EG00GENRE01A.pdf			
DPMI0092	D 18	CODICE ELAB.	T00EG00GENRE01	A	-
D					
C					
B					
A	EMISSIONE		2020		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSE.....	5
2	ITER PROGETTUALE E PROCEDURE AUTORIZZATIVE.....	9
3	QUADRO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E PAESAGGISTICA.....	11
3.1	Strumenti di pianificazione esistenti.....	11
3.2	Sistema dei Vincoli e delle Tutele.....	13
4	CARTOGRAFIA.....	15
5	PROGETTO STRADALE.....	16
5.1	Analisi dello stato attuale.....	16
5.2	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica.....	21
5.2.1	Alternativa Zero.....	21
5.2.2	Alternativa 1.....	22
5.2.3	Alternativa 2.....	23
5.2.4	Alternative 3-4.....	23
5.3	Analisi propedeutica della scelta progettuale.....	24
5.4	Riferimenti Normativi.....	25
5.5	Intervento di Progetto.....	26
5.6	Elementi compositivi sede stradale.....	29
5.6.1	Asse Principale.....	29
5.6.2	Viabilità Locale.....	31
5.7	Pavimentazione.....	31
6	GEOLOGIA.....	32
6.1	Indagini geognostiche.....	32
6.1.1	Campagna Indagini 2017.....	32

6.1.2	Campagna Indagini 2019	34
6.2	Modello geologico di riferimento.....	36
7	GEOTECNICA.....	39
7.1	Caratterizzazione Geotecnica	39
7.1.1	Unità geotecnica A.....	40
7.1.2	Unità geotecnica B.....	40
7.1.3	Unità geotecnica C – Ammasso Calcereo	42
7.2	Parametri Geotecnici.....	45
7.3	Regime pressioni interstiziali.....	45
7.4	Sismicità.....	46
7.4.1	Valutazione dell'azione sismica	49
8	IDROLOGIA E IDRAULICA	51
8.1	Interferenze con il reticolo idrografico esistente	51
8.2	Interferenza tracciato con Piani di Bacino –vincoli di piano esistenti.....	53
8.3	Caratterizzazione Idrologica del territorio	57
8.4	Analisi idraulica.....	60
8.5	Sistema di smaltimento delle acque di piattaforma	64
9	OPERE D'ARTE.....	66
9.1	Galleria Naturale Muslone.....	66
9.1.1	Tratto in Naturale	67
9.1.2	Imbocco Sud	70
9.1.3	Galleria Artificiale	71
9.1.4	Imbocco Nord	72
9.2	Interventi sulle Gallerie esistenti.....	73
9.3	Interventi sulla Galleria Impianti	77

9.4	Tombino Valle della Torre	78
9.5	Opere di difesa a protezione del tracciato	80
9.5.1	Opere paramassi.....	80
9.5.2	Trincea chiodata all'imbocco nord della Galleria Muslone	83
10	IMPIANTI.....	85
10.1	Qualità dei materiali	86
10.2	Impianto Idrico-Antincendio	87
10.3	Impianto di ventilazione by-pass.....	88
10.4	Impianto di ventilazione longitudinale di Galleria.....	90
10.5	Impianti elettrici – Intersezione a rotatoria SS n.45bis	91
10.6	Impianto elettrico in galleria	92
10.7	Impianti di illuminazione in galleria.....	93
11	CANTIERIZZAZIONE	94
11.1	Cantieri base	95
11.2	Aree di stoccaggio temporaneo	98
11.3	Cantieri Operativi	98
11.3.1	Cantiere operativo imbocco Sud – CO 01.....	99
11.3.2	Cantiere operativo imbocco Nord – CO 02.....	101
11.4	Bilancio materie.....	103
11.5	Siti di destinazione finale dei materiali in esubero	106
11.6	Cronoprogramma e Fasi di cantiere	107
11.6.1	Fase 0 - Accantieramento	108
11.6.2	Fase 1 – Imbocchi	108
11.6.3	Fase 2 – Scavo Galleria Muslone	110
11.6.4	Fase 3 – Alesaggio Galleria Esistente.....	112

11.7	Viabilità interessate dalla movimentazione terre e materiali	112
12	INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO	115
12.1	Sistemazione paesaggistica della rotatoria	117
12.2	Inerbimento bordure ed aree intercluse	118
12.3	Inverdimento delle scarpate	119
12.4	Interventi di ripristino.....	121
12.5	Interventi di compensazione ambientale.....	122
13	ARCHEOLOGIA	124
13.1	Valutazione del Rischio archeologico	125
14	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE.....	127
15	ESPROPRI	130
15.1	Aree oggetto di Esproprio	130
15.2	Indennità di Esproprio	131
15.3	Determinazioni Estimative	133
16	INTERFERENZE	135
17	QUADRO ECONOMICO	136
18	ANALISI COSTI BENEFICI	138

1 PREMESSE

La S.S. 45 bis "Gardesana occidentale" rappresenta una delle due più importanti vie di comunicazione tra la provincia di Brescia e la provincia di Trento assieme alla ex S.S. 237 "del Caffaro" e può essere considerata, nel tratto tra Salò e Riva del Garda, l'unico asse di collegamento con la provincia di Trento che costeggia la sponda occidentale del Lago di Garda, con un percorso obbligato e senza alternative, attraversando i comuni di Gardone Riviera, Toscolano Maderno, Gargnano, Tignale, Tremosine sul Garda e Limone sul Garda.

La S.S. 45 bis "Gardesana occidentale" costituisce inoltre uno dei più importanti itinerari, ricadenti nel territorio della Regione Lombardia, dal punto di vista paesaggistico e turistico, in quanto attraversa località di valenza internazionale dotate di infrastrutture turistiche ed alberghiere che rappresentano una delle maggiori fonti economiche della provincia di Brescia.



Figura 1.1 - Tratto di Gardesana con gallerie parietali sul livello del Benaco

La strada statale fu costruita tra gli anni 1920 e 1930 e si è progressivamente trasformata in un'opera vetusta e di sezione insufficiente, in quanto, con il progressivo passare degli anni, l'aumento costante del volume di traffico e la crescente pressione di urbanizzazione della fascia costiera del Lago hanno portato ad una situazione pressoché insostenibile sia per il traffico di lunga percorrenza che per le popolazioni che vivono nei centri abitati che gravano e insistono lungo di essa.

1930 Oggi bellissima strada panoramica lungo il Lago di Garda, la Gardesana viene realizzata tra il 1929 e il 1932, sui tracciati delle antiche strade postali e collegando paesi come Tremosine e Limone, fino a quel momento raggiungibili solo tramite sentieri o via lago. In particolare il tratto tra Gargnano e Riva del Garda, costato 31 milioni di lire, è fortemente voluto da Gabriele D'Annunzio che già dal 1921 sta lavorando al suo Vittoriale. Il Vate stesso lo inaugura nel 1931 ribattezzando la strada "meandro" per le tortuosità e l'alternarsi tra il buio delle gallerie e l'azzurro delle acque del lago.
© ARCHIVIO FRATELLI ALINARI

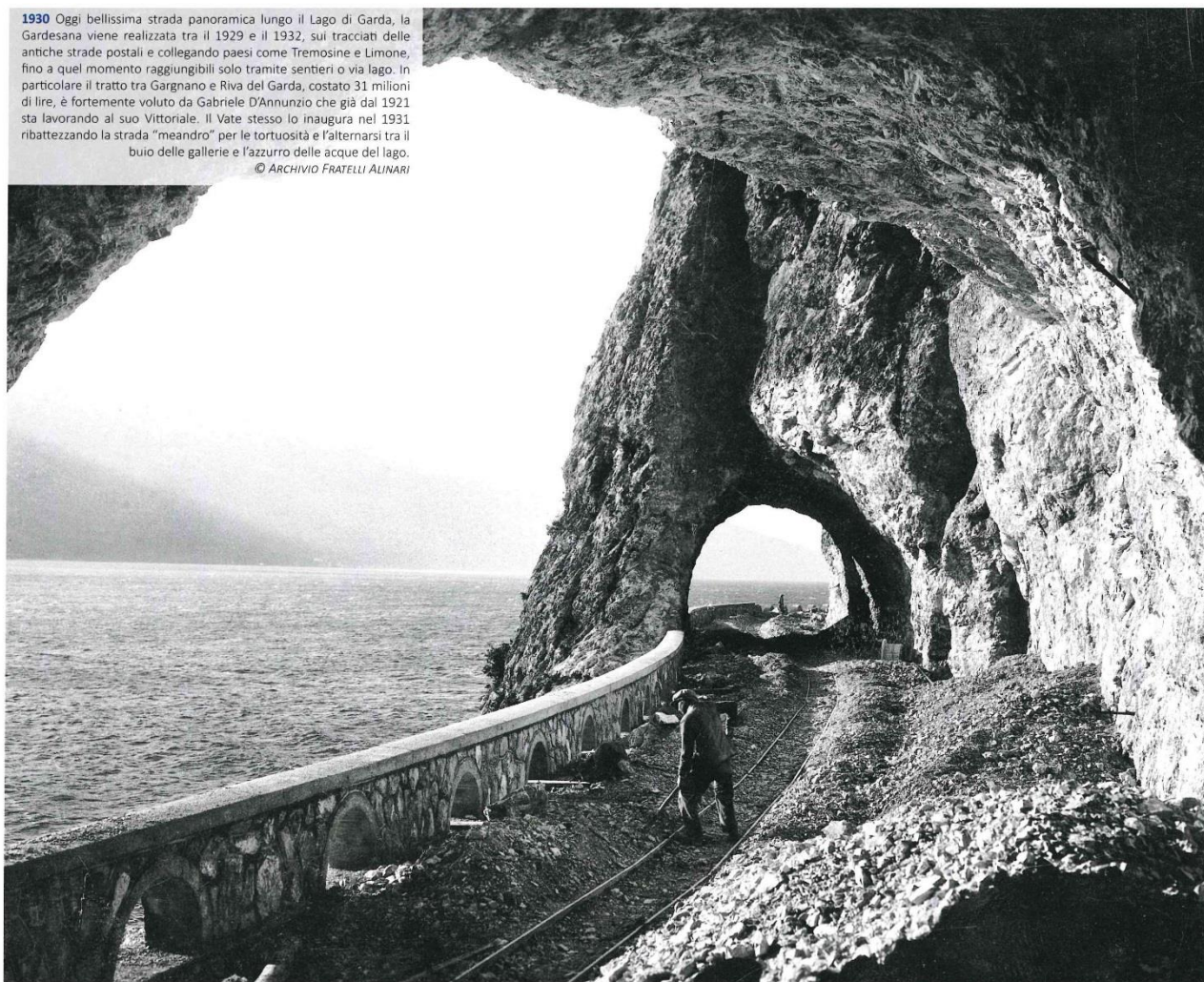


Figura 1.2 – Lavori di costruzione delle gallerie parietali

Una delle maggiori criticità esistenti lungo il tracciato tra Salò e Riva del Garda è rappresentata dalle gallerie di sezione ridotta, presenti nel Comune di Gargnano, tra le progressive km 86+567 e km 88+800, ed in particolare dalle gallerie ogivali "D'Acli" (di lunghezza pari a circa 930 metri), "Eutemia" (di lunghezza pari a 60 metri) e "Dei Ciclopi" (di lunghezza pari a 655 metri).

Le gallerie in questione si sviluppano in parete a breve distanza dal margine del costone roccioso della Cima Comero, con coltri di copertura che variano tra i 20 e gli oltre 100 m.

Essendo il rapporto tra le tensioni orizzontali e le tensioni verticali di gran lunga inferiore all'unità le gallerie furono scavate, con le tecniche realizzative di allora, facendo assumere una forma del cavo allungata nel verso delle tensioni verticali, sino al raggiungimento delle condizioni di equilibrio dell'ammasso roccioso. In alcune parti le gallerie si presentano con rivestimento definitivo in calcestruzzo tradizionale, in talune parti presentano un rivestimento con spritz-beton, ed in altre parti si presentano totalmente prive di rivestimento con roccia nuda a vista.

Per la loro particolare conformazione di gallerie parietali, di forma del cavo allungata in verticale, le gallerie limitano il passaggio contemporaneo dei mezzi pesanti direzioni opposte.



Figura 1.3 – Ingorgo galleria D'Acli in tratto rivestito

Per ragioni di sicurezza della circolazione Anas ha dovuto installare un impianto semaforico per il controllo e la regolamentazione del traffico pesante in corrispondenza delle sezioni ridotte delle gallerie ogivali. Detto impianto regola la circolazione stradale all'interno delle gallerie mediante l'impiego di spire, sensori conta assi e sensori ad ultrasuoni posti sugli imbocchi delle gallerie, comportando, in occasione delle fasi di "rosso", un sensibile incremento dei tempi di percorrenza della tratta interessata.

Quindi al fine di ridurre i tempi di percorrenza del tratto su cui insistono le gallerie e rendere la circolazione stradale più scorrevole, specialmente nei periodi estivi, ed eliminare le congestioni di traffico a causa anche della contemporanea presenza di bus turistici, si è convenuto di procedere con la redazione di un progetto di variante alla S.S. 45 bis tra il km 86+567 ed il km 88+800, che sottende e funge da by-pass alle attuali gallerie ogivali in sezione ristretta della strada statale, nonché a risolvere l'esistente criticità in corrispondenza dell'intersezione con la S.P. 38 per Tignale.

2 ITER PROGETTUALE E PROCEDURE AUTORIZZATIVE

A seguito della Convenzione tra Anas, la Provincia di Brescia e la Comunità Montana Parco Alto Garda Bresciano, è stata avviata da Anas la progettazione di fattibilità tecnica ed economica dell'intervento.

Il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE), in data 01/12/2017, è stato sottoposto a Conferenza di Servizi ai sensi dell'art. 27 c.3 del D.Lgs. 50/16 e contestualmente è stata avviata la procedura di Verifica preventiva dell'interesse archeologico ai sensi dell'art.25 del D.Lgs. 50/16.

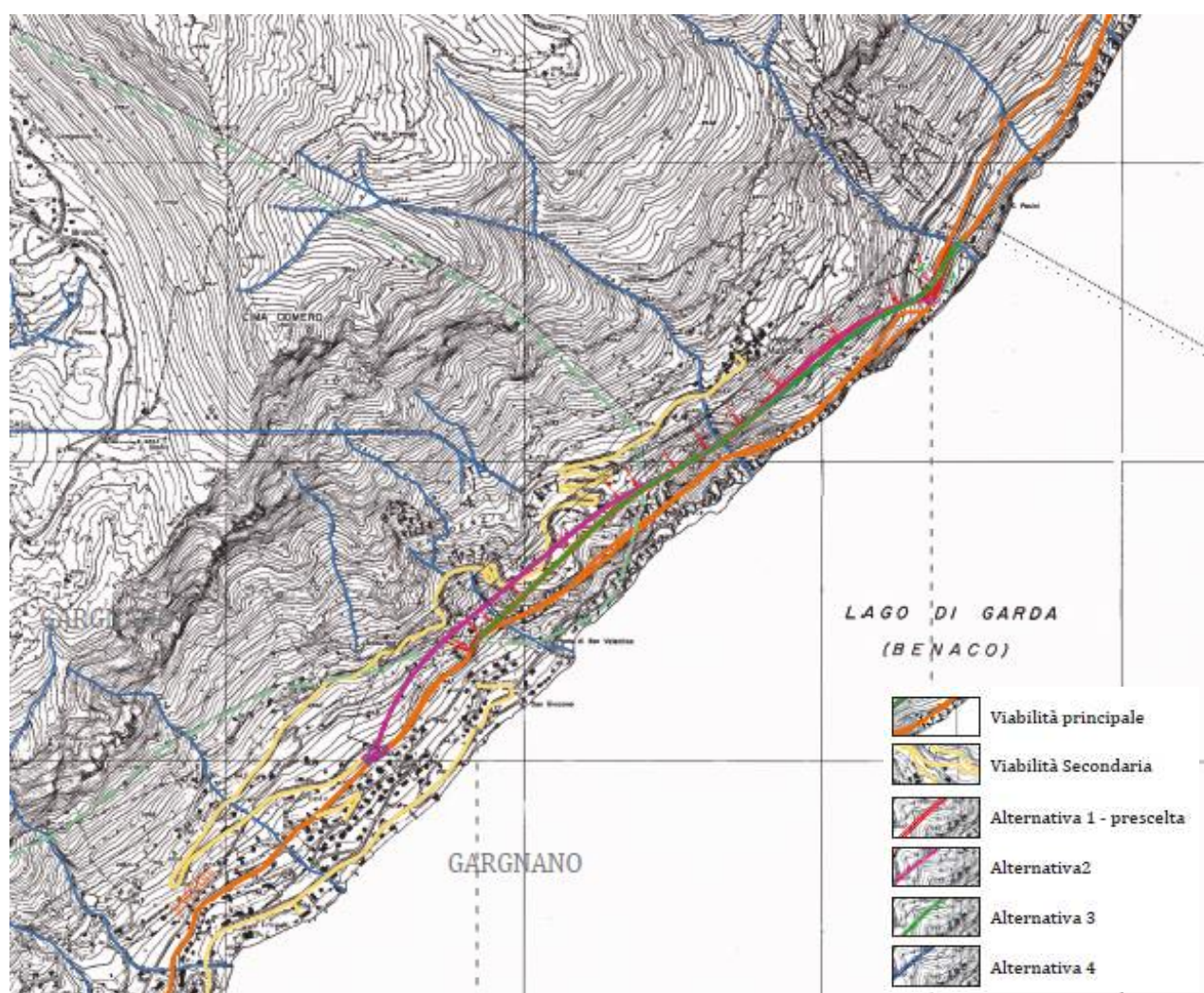


Figura 2.1 – Alternative del P.F.T.E.

Le risultanze della Conferenza di Servizi sono riportate nell'elaborato "Raccolta pareri - autorizzazioni - nulla osta Conferenza dei Servizi sul Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica" (cod. T00EG00GENET01A).

In data 24/07/2018 è stata trasmessa da Anas la Determinazione motivata di conclusione positiva della Conferenza di servizi preliminare ex art.14 L.241/90.

Il Progetto Definitivo dell'intervento deve essere sottoposto alle procedure di valutazione d'impatto ambientale, di valutazione d'incidenza e di localizzazione urbanistica.

Le successive fasi autorizzative previste sono:

1. acquisizione del parere obbligatorio da parte del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici ex art 215 D.Lgs. 50/16;
2. avvio della procedura di VIA nazionale ex art. 6 c. 7 lett. b) del D.Lgs. 152/06 e della VINCA ex art. 5 del D.P.R.357/1997;
3. nonché l'espletamento della Conferenza di Servizi decisoria ex art. 27 del D.Lgs. 50/16 ai fini del completamento del finanziamento, dell'apposizione del vincolo preordinato all'esproprio e della dichiarazione di pubblica utilità.

Il tratto di infrastruttura stradale oggetto della variante interessa unicamente il territorio del Comune di Gargnano. Sono previsti due cantieri logistici e due Aree di Stoccaggio nel Comune di Tignale nei pressi dell'abitato di Prabione.

3 QUADRO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E PAESAGGISTICA

3.1 Strumenti di pianificazione esistenti

Il contesto pianificatorio di riferimento preso in esame, in quanto utile a determinare informazioni ed elementi pertinenti all'opera di progetto viene riassunto di seguito:

Pianificazione ordinaria generale		
Ambito	Strumento	Estremi
Regionale	Piano Territoriale Regionale (PTR) della Lombardia con natura ed effetti di Piano Paesaggistico (PPR)	Approvato con DCR n.951 del 19/01/2010 e successivi aggiornamenti ¹
Provinciale	Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Brescia	Approvato con DCP n. 31 del 13/06/2014
Comunale	Piano di Governo del Territorio del Comune di Gargnano	Approvato con DCC n. 15 del 20/03/2014

Per quanto riguarda la pianificazione ordinaria generale, si può iniziare l'analisi dal Piano Territoriale Regionale della Lombardia, il quale ha tra i suoi obiettivi quelli di *"proteggere e valorizzare le risorse della Regione"*, *"riequilibrare il territorio lombardo"* e *"rafforzare la competitività dei territori della Lombardia"*, che sono in linea con quelli di progetto di *"conservare e promuovere la qualità dell'ambiente locale, percettivo e culturale per il riequilibrio territoriale"* e *"utilizzare le risorse ambientali in modo sostenibile minimizzandone il prelievo"*.

Nello specifico come dettato dall'art. 19 delle NTA del PTR viene prevista la *"Tutela e recupero paesaggistico unitario del tracciato dell'alta Gardesana, quale viabilità storica di elevato valore paesaggistico e ingegneristico di rilevanza regionale"*, di cui all'art. 26 commi 7 e 8; difatti nel caso di tracciati storici contraddistinti dalla specificità di un progetto ingegneristico organico e unitario, le modalità di intervento e recupero dovranno operare in modo coordinato secondo progetti generali di salvaguardia di detta specificità; il PTR riconosce in prima istanza di notevole rilevanza storica –ingegneristica a livello regionale, e quindi di prioritario interesse per interventi di recupero paesaggistico, tra i tracciati

¹ Il PTR è aggiornato annualmente mediante il Programma Regionale di Sviluppo, ovvero con il Documento Strategico Annuale. L'ultimo aggiornamento del PTR è stato approvato con D.C.R. n. 64 del 10 luglio 2018 (pubblicata sul Bollettino Ufficiale di Regione Lombardia, serie Ordinaria, n. 30 del 28 luglio 2018), in allegato al Programma regionale di Sviluppo (PRS) della XI legislatura. Con D.G.R. 1882 del 9 luglio 2019 è stato, inoltre, approvato un adeguamento del PTR ai sensi dell'art. 22, c. 1 bis della L.R. n.12 del 2005.

interprovinciali e interregionali, quello della Strada Gardesana Occidentale (ex s.s. 45bis) da Salò al confine regionale.

La coerenza con gli obiettivi di progetto esplicitati in relazione al PTR, si rileva anche per quanto riguarda il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Brescia, il quale ha tra i suoi macro-obiettivi quelli di *"garantire un equilibrato sviluppo socio-economico del territorio provinciale in un'ottica di competitività e miglioramento della qualità della vita"*, *"tutelare e valorizzare le risorse e le identità culturali e ambientali locali"*, *"migliorare la qualità ambientale e la resilienza del territorio contribuendo alla protezione delle risorse ambientali e alla prevenzione e contenimento dell'inquinamento e dei rischi"*, *"tutelare le risorse paesaggistiche"*, *"contenere il consumo di suolo"*, tutti in linea con gli obiettivi ambientali di progetto.

Inoltre nella tavola di PTCP 2.2 come da stralcio di seguito, si può apprezzare come in rosso tratteggiato sia presente la nuova viabilità di progetto, quindi compatibile con la prevista realizzazione.

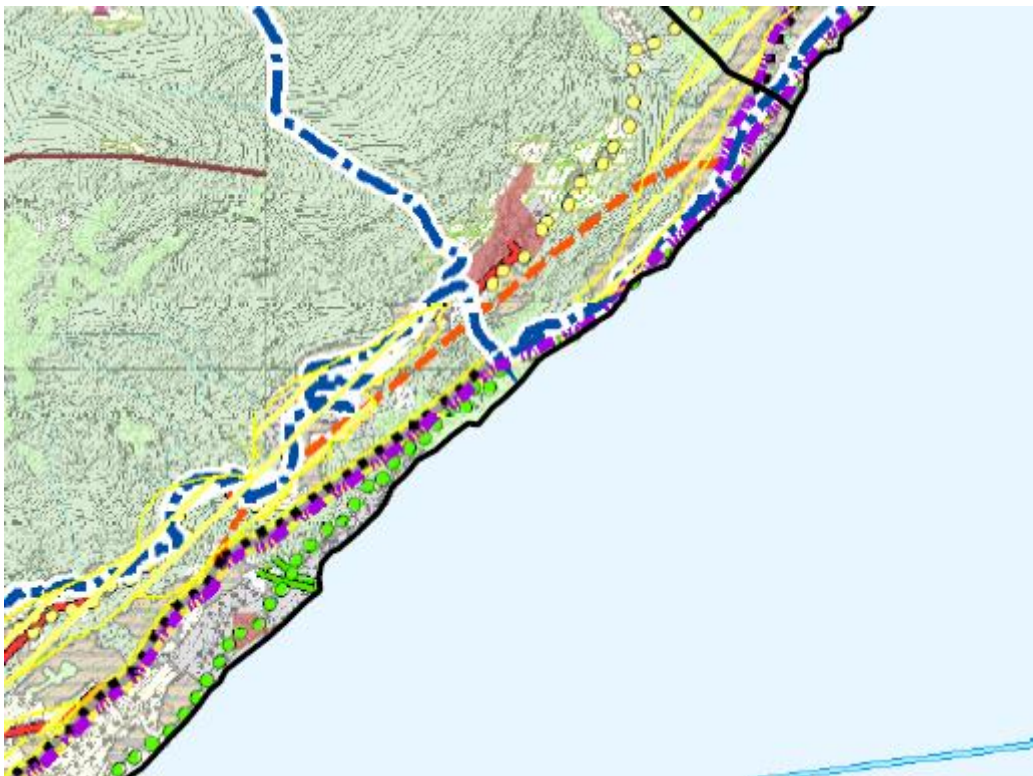


Figura 3.1 - Tav 2.2 di PTCP con indicazione della viabilità di progetto in rosso

In merito agli strumenti di pianificazione comunale, il PGT di Gargnano, tra gli obiettivi di piano, per quello che riguarda i trasporti, relativamente all'asse nord-sud, è preminente il problema della lentezza dei

collegamenti tramite la strada statale 45bis, elemento purtroppo insostituibile; il miglioramento dei collegamenti verso Limone, ora limitato dalla scarsa sezione delle gallerie, dovrebbe essere mirato non tanto a consentire il passaggio di autocarri e tir con evidenti ripercussioni negative su tutto l'asse ed interferenze con il sistema turistico, quanto al miglioramento della sicurezza dei trasporti pubblici e privati. Per quanto riportato quindi, l'obiettivo di piano risulta quindi in linea con la prevista realizzazione del nuovo tracciato.

Si rileva quindi coerenza tra gli obiettivi sia tecnici che ambientali dell'infrastruttura di progetto da realizzare e gli obiettivi della pianificazione analizzata, poiché quanto prefissato concorre al raggiungimento degli scenari prefigurati dagli strumenti di pianificazione. Stanti tali considerazioni, l'intervento di progetto risulta coerente con la pianificazione di settore.

3.2 Sistema dei Vincoli e delle Tutele

Per quanto concerne il sistema dei vincoli e la disciplina di tutela, l'elaborato "Carta dei **Vincoli e delle tutele**" (T00IA00AMBCT05A) che fa riferimento alla normativa vigente in materia di Beni culturali e Paesaggio, individua nell'area di studio:

- Beni culturali tutelati ai sensi del D.Lgs. 42/2004 e smi, Parte II:
 - Beni tutelati ai sensi dell'art. 10 (L. 1089/39)
- Beni paesaggistici tutelati ai sensi del D.Lgs. 42/2004 e smi, Parte III:
 - Aree di notevole interesse pubblico, c.d. bellezze d'insieme ai sensi dell'art. 136, comma 1 lettera c), d); Vincoli ex L.1497/39,
 - Aree tutelate per legge ai sensi dell'art. 142, comma 1, ex L.431/85;

Per la localizzazione dei vincoli paesaggistici, culturali e da pianificazione territoriale, in riferimento all'area oggetto di studio, sono state consultate le seguenti fonti:

- Geoportale della Regione Lombardia,
- Piano Territoriale Regionale della Lombardia
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Brescia.
- Piani di Governo del Territorio di Gargnano e Tignale

Per quanto attiene quindi ai beni paesaggistici succitati, analizzando la "Carta dei vincoli e delle tutele" (T00IA00AMBCT05A) è possibile osservare come nell'intorno dell'alternativa di progetto si possa rilevare la presenza di diversi elementi, ma dei quali soltanto alcuni, direttamente interferenti con la stessa.

Le interferenze dirette sono rappresentate da tematismi derivanti dal D.lgs. 42/2004 e smi:

- Area di notevole interesse pubblico, c.d. bellezze d'insieme, art. 136, c.1, lett. c) e d), "Zona sita nei comuni di Toscolano Maderno e Gargnano con panorami sul Garda ricca di rocce a picco e vegetazione mediterranea"; l'area interessa quindi più comuni e consta di alcuni tratti della strada che parte da Fornico e porta al crinale roccioso di monte Comer, con il crinale stesso e parte della mulattiera terminale che non sono individuabili con certezza sulla cartografia.
Inoltre per dei limitati tratti di adeguamento alla viabilità esistente viene interessata anche la Strada Gardesana Occidentale nell'ambito dei Comuni di Gargnano Tignale Tremosine Limone ricavata nella roccia a picco sul lago con panorami montagne e paesi.
- Aree tutelate per legge ai sensi dell'art. 142 comma 1 lettera b), i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi, relative al Lago di Garda,
- Aree tutelate per legge ai sensi dell'art. 142 comma 1 lettera f), i parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi, relative al Parco regionale dell'Alto Garda bresciano,
- Aree tutelate per legge ai sensi dell'art. 142 comma 1 lettera g), i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dall'articolo 2, commi 2 e 6, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 227; si tratta di poco meno di 100 metri boschi di latifoglie a densità media e alta, suddivisi tra gli imbocchi della galleria a nord e sud;

Le aree relative al cantiere base ed alle aree di stoccaggio interessano invece l'area del Parco regionale dell'Alto Garda Bresciano, tutelata ai sensi del D.Lgs. 42/04 art. 142, c.1 lett. f), i parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi.

Per completezza di analisi si riporta anche quanto analizzato in merito alla "Carta delle Aree protette" (T00IA20AMBCT07A del SIA), dalla quale si evince come solo una minima parte del tratto iniziale del tracciato interessa in maniera diretta un'area protetta, peraltro al suo margine, ossia la Zona a Protezione Speciale IT2070402 "Alto Garda Bresciano", mentre ricade interamente all'interno del territorio del Parco regionale dell'Alto Garda Bresciano, tutelato ai sensi della L.R. 86/83.

L'area del cantiere base e dell'area di stoccaggio, oltre ad interessare le suddette aree tutelate, interferiscono anche l'IBA 058 "Alto Garda Bresciano".

4 CARTOGRAFIA

Per la stesura del progetto definitivo sono state effettuate diverse campagne di indagini cartografiche e topografiche le cui risultanze ed il relativo collaudo sono riportati nella relazione sui rilievi cartografici (T00EG00CRTRE01A) e qui brevemente descritti:

Riprese Lidar

Riprese Lidar da elicottero in scala 1:2000 per un'area di circa 113 ha racchiusa in una fascia di 600 m per un'estensione di 2,9 km. La restituzione delle riprese per la redazione della cartografia e delle ortofoto digitali a scala 1:2000 è stata integrata con rilievi diretti a terra.

Rilievo celerimetrico in scala 1:500

Il rilievo, effettuato per una superficie totale di 4.85 ha, ha previsto la lettura di punti battuti lungo i cigli esterni di entrambe le carreggiate dell'attuale S.S. 45bis, lungo la striscia bianca di entrambe le carreggiate, in testa ed al piede di entrambe le scarpate del rilevato stradale. I rilievi sono stati integrati con i dati del rilievo Lidar e restituiti nello stesso sistema di coordinate.

Rilievo celerimetrico in scala 1:200

In corrispondenza della posizione prevista per gli imbocchi della nuova Galleria Naturale si sono effettuati rilievi in scala 1:200 e resi coerenti piano-altimetricamente con il rilievo in scala 1:500

Rilievo topografico in scala 1:200 di opere d'arte

Si è eseguito il rilievo topografico di n°2 opere d'arte esistenti con restituzione in scala 1:200. Per ogni opera si sono prodotte 1 sezione longitudinale e almeno 2 sezioni trasversali atte a garantire un'esauritiva descrizione geometrica dell'opera.

Rilievo in scala 1:200 di sezioni idrauliche

Si sono eseguiti rilievi celerimetrici in scala 1:200 di 4 sezioni idrauliche relative al Fosso Valle della Torre, che hanno compreso l'alveo di magra, le aree golenali e le opere idrauliche presenti.

Rilievi laser-scanner

È stato effettuato un rilievo laser-scanner in modalità "dinamica" delle gallerie D'Alci, Eutenia e Dei Ciclopi tramite l'utilizzo di un laser a scansione integrato in un autoveicolo. Per la galleria storia attualmente dismessa è stato effettuato un rilievo laser-scanner in modalità "statica".

5 PROGETTO STRADALE

5.1 Analisi dello stato attuale

L'infrastruttura esistente nel tratto sotteso dall'intervento è rappresentata dalla tratta di S.S.45 bis dal km 86+567 al km 88+800, in cui la piattaforma pavimentata risulta quasi totalmente in galleria (fatta esclusione di limitati tratti all'aperto localizzati sostanzialmente ad inizio e fine intervento), nello specifico con opere di forma ogivale quali la galleria "D'Acli" (di lunghezza pari a circa 930 metri), "Eutemia" (60 metri) e "Dei Ciclopi" (655 metri). Tali opere si sviluppano lungo la parete rocciosa a breve distanza dal margine del costone roccioso, con coltri di copertura che variano dai 20 agli oltre 100 m. La piattaforma pavimentata varia tra 6,20 a 7,40 m, presentando una corsia per senso di marcia, di modulo circa 3,00 - 3,25 m e banchine pressoché inesistenti o al massimo pari a 0,25 m.

Inoltre data la forte acclività dei versanti, per i tratti all'aperto sono presenti importanti opere di sostegno (muri rivestiti in pietra locale), in alcuni casi prive di adeguati dispositivi di ritenuta a protezione. All'interno delle opere in sotterraneo la sezione stradale risulta ridotta, in particolare nella Galleria "D'Acli" e nel primo tratto della terza Galleria "Dei Ciclopi": la piattaforma pavimentata registra una larghezza non superiore a 5,25 m con margini inadeguati a tergo del pavimentato, sprovvista di protezioni all'urto laterale e di un'opportuna segnaletica orizzontale che allerti delle criticità presenti (**Figura 5.1** 5.1). Inoltre si registra per circa 150 m della galleria n.3 "Dei Ciclopi" che la sezione stradale non è rivestita, presentando la "roccia viva" a margine della piattaforma, limitando ulteriormente il franco libero nella banchina, criticità non trascurabile per la circolazione dei veicoli, in particolare i pesanti. Un'altra criticità da aggiungersi alle precedenti è rappresentata dal fatto che lungo l'intera tratta sono presenti diverse aperture della galleria lato lago (vale a dire delle finestre dell'opera in sotterraneo di lunghezza anche 15 m) che generano spigoli vivi a stretto margine del pavimentato, con potenziale urto frontale dei veicoli in marcia (Fig.5.2).



Figura 5.1 – Sezione attuale Gallerie



Figura 5.2 – Dettaglio finestre lato Lago

Stante quanto suddetto relativamente alle dimensioni della piattaforma, si sottolinea che la conformazione dell'opera ogivale riduce il franco altimetrico in banchina esterna a circa 3,50 – 4,00 m e tale criticità diventa di emergenza durante il passaggio contemporaneo di mezzi pesanti in una direzione e nell'altra (Fig. 5.3): ciò ha determinato un urgente intervento da parte di Anas, seppur a carattere provvisorio, di limitazione del traffico nel senso bidirezionale. Nello specifico è stato difatti necessario installare un impianto semaforico prima della Galleria "D'Acli" (Fig. 5.4) per il controllo e regolamentazione del traffico pesante in corrispondenza del tratto di sezione ridotta delle suddette gallerie ogivali: detto impianto, mediante l'impiego di spire, sensori conta assi e sensori ad ultrasuoni posti sugli imbocchi delle gallerie, determina le fasi semaforiche che a sua volta generano, in occasione del "rosso", un sensibile incremento dei tempi di percorrenza della tratta interessata e la formazione di code da un lato e l'altro.



Figura 5.3 – Attuale passaggio contemporaneo mezzi pesanti



Figura 5.4 – Impianto semaforico prima della galleria d’Acli

Il tratto interessato da tale limitazione si sviluppa per circa 2 km, ovvero prima dell’imbocco della Galleria “D’Acli” fino a quando la statale esce all’aperto nei pressi dell’intersezione con la strada provinciale S.P.38 che collega il Comune di Tignale e le sue frazioni, di cui si attestano le numerose strutture alberghiere e turistiche caratteristiche della tratta ai piedi del Lago di Garda.

Attualmente la provinciale, che registra una pendenza in discesa anche maggiore del 10%, si attesta sulla statale oggetto dell’intervento con un’intersezione a raso con “STOP” (Fig. 5.5); inutile evidenziare la criticità della frenata nei periodi invernali o con clima avverso di cui abbondanti precipitazioni, purtroppo soventi nella zona a ridosso delle montagne lombardo-trentine.

Considerate tutte le criticità sopraelencate, nonostante il tracciato sia sostanzialmente rettilineo, in tale tratto è stato imprescindibile prevedere un limite di velocità di 50 km/h con divieto di sorpasso anche nei tratti all’aperto (Fig. 5.6), che in alcuni casi più critici è stato ridotto anche a 40 km/h; ciò tuttavia la sola limitazione della velocità non ha per nulla risolto la pericolosità della tratta, percorsa spesso ad una velocità maggiore della massima consentita, con buona probabilità causata anche dalla frustrazione dell’utenza (imputabile ai tempi di attesa dell’impianto semaforico).



Figura 5.5 – Intersezione attuale con Tignale



Figura 5.6 – Limitazione della velocità nella tratta

5.2 Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica

In considerazione delle criticità dello stato attuale dei luoghi, al fine di ridurre i tempi di percorrenza del tratto sopra descritto e rendere più sicura ed agevole la circolazione nel doppio senso di marcia (spesso congestionata nei periodi estivi per la contemporanea presenza di bus turistici ambo i sensi di marcia), si è convenuto di procedere con la redazione di una variante alla S.S. 45 bis tra il km 86+567 ed il km 88+800, che sottende le attuali gallerie ogivali di sezione ristretta, nonché di risolvere l'attuale criticità dell'intersezione a T con la provinciale S.P. 38 (in direzione Tignale).

Nell'anno 2017 Anas ha condotto uno studio di Fattibilità tecnico economica al fine di valutare una possibile variante al tracciato dell'attuale statale S.S.45 bis con sezione tipo C. Questo è stato sottoposto a Conferenza di Servizi ai sensi dell'art. 27 c.3 del D.Lgs. 50/16, le cui risultanze sono riportate nell'apposito elaborato "Raccolta pareri – autorizzazioni"; nello specifico tale studio prevedeva diverse soluzioni tra cui l'alesaggio in sede delle gallerie ogivali esistenti, soluzione non percorribile sia per motivi strutturali che per l'impossibilità di chiudere l'infrastruttura al transito per periodi medio-lunghi, scelta progettuale che arrecherebbe forti disagi all'intera tratta turistica del Lago di Garda. Si riporta di seguito una disamina delle alternative studiate.

5.2.1 Alternativa Zero

Comunemente denominata "opzione Zero" la soluzione progettuale che mantiene inalterata la situazione allo stato di fatto (o pressoché inalterata con l'esecuzione di interventi limitati), atti a recuperare al massimo il tracciato e le opere d'arte esistenti, eliminando nel contempo la criticità.

Nel caso in esame l'aspetto più critico è rappresentato dalla presenza di una sezione ristretta e dal fatto che l'intervento, seppur provvisorio di installazione dell'impianto semaforico, determina una forte penalizzazione del livello di servizio della statale in oggetto e un forte ritardo nei tempi di percorrenza. Nella fase progettuale del PFTE è stata, pertanto, studiata un'ipotesi di intervento piuttosto impattante, che prevedeva l'allargamento della sagoma delle gallerie esistenti per tutto il loro sviluppo, in modo da guadagnare i franchi verticali minimi e realizzare così una sezione corrispondente ad una sezione tipo C2 (secondo il DM 05/11/2001). Tuttavia l'alesaggio della sagoma attuale della galleria potrebbe rappresentare una valida soluzione alla suddetta criticità solo nell'eventualità di interruzione totale della viabilità, in quanto l'ipotesi di effettuare un allargamento sotto traffico non è percorribile, dati i tempi di

avanzamento assai lenti e gli spazi a disposizione troppo esigui per una parzializzazione della sezione attuale per la posa dello scudo di protezione del traffico.

Allo stesso tempo l'ipotesi d'interruzione dell'esercizio della attuale S.S. 45 bis, per un periodo stimato di circa 1 anno (o dilazionato di due periodi di sei mesi ciascuno), è stata già respinta preventivamente dalle comunità locali, in conseguenza dei forti disagi cui verrebbero sottoposte per un periodo relativamente lungo, considerato inoltre il fatto che il collegamento è vitale anche ai fini turistici.

5.2.2 Alternativa 1

L'Alternativa 1 prevede la realizzazione di una nuova infrastruttura di categoria C1 ai sensi del DM 05/11/01 in variante all'attuale S.S.45bis per una lunghezza complessiva di intervento di 2.030 m. Tale variante è costituita da una nuova galleria naturale di lunghezza pari a circa 1800 m, con origine in corrispondenza del km 86+570. La galleria sarà collegata mediante by-pass alle gallerie esistenti, le quali saranno utilizzate come cunicolo di sicurezza. Nello sviluppo dell'intervento sono previsti un by-pass carrabile, impiegato anche per l'alloggiamento di parte degli impianti lato Gargnano e n.5 by-pass pedonali, equidistanti tra di loro per l'intero sviluppo ed in corrispondenza delle piazzole di sosta. Subito all'uscita dal tratto in sotterraneo l'infrastruttura si attesta su una nuova rotatoria in progetto, con diametro esterno di 28 m, localizzata al km 88+650 sul sedime dell'intersezione a raso esistente con la provinciale S.P.38 per Tignale.

Tale soluzione tuttavia non risolve la criticità in termini di sicurezza stradale dovuta al fatto che gli utenti in uscita dalla nuova galleria percorsa a Vp max, si troveranno costretti a rallentare per l'imminente presenza della rotatoria stessa; la distanza di circa 30 m dall'imbocco dell'opera comporta altresì un potenziale rischio all'utenza, dovuto all'imprescindibile abbagliamento nel tratto all'aperto.

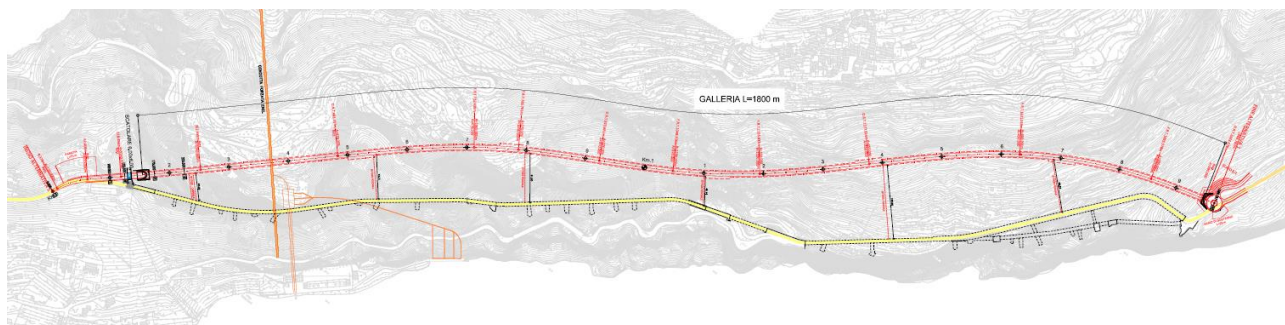


Figura 5.7 – Alternativa 1 P.F.T.E.

5.2.3 Alternativa 2

L'Alternativa 2 come la precedente prevede la realizzazione di una nuova infrastruttura di categoria C1 ai sensi del DM 05/11/01 in variante all'attuale S.S.45bis; l'origine dell'intervento è anticipata al km 86+080, circa 500 m prima della precedente soluzione, nei pressi dell'intersezione esistente della statale S.S. 45 bis con la strada comunale per Muslone. L'intervento prevede uno sviluppo complessivo di circa 2.500 m ed ha origine in una nuova rotonda di progetto, con diametro esterno di 28 m, per poi entrare in galleria naturale per un tratto di 2.400 m. Come per la soluzione precedente, terminata l'opera in sotterraneo con curva di raggio 800 m, è prevista una rotonda sul sedime dell'attuale intersezione con la S.P.38 per Tignale, di cui la medesima criticità nel tratto terminale.

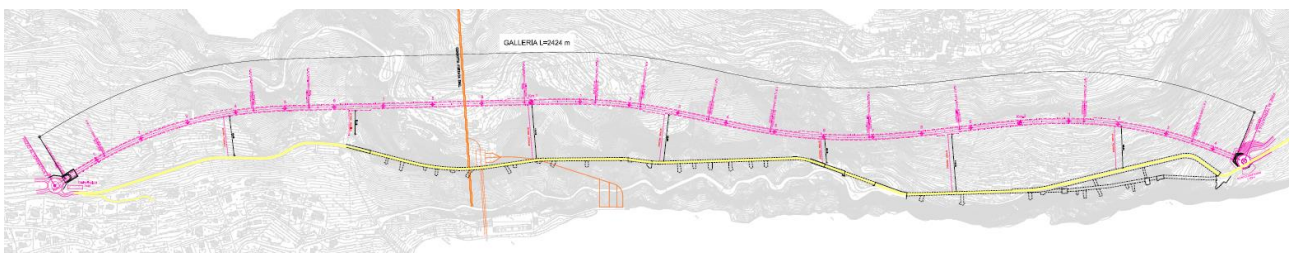


Figura 5.8 – Alternativa 2 P.F.T.E.

5.2.4 Alternative 3-4

Le Alternative 3 e 4 differiscono dalle precedenti 1 e 2 solo per la risoluzione dell'intersezione di fine intervento in località Tignale, per la quale è stata ipotizzata una soluzione alternativa alla rotonda. In particolare nella tratta finale il tracciato si è previsto un ulteriore tratto in galleria artificiale di lunghezza circa 75 m, in prosecuzione dell'opera in naturale, sul quale è prevista la realizzazione di un'intersezione a livelli sfalsati. Tale soluzione, che presenta necessariamente una lunghezza maggiore rispetto alle alternative precedenti, prevede comunque la realizzazione di una nuova rotonda, di diametro limitato in quanto localizzata sul sedime esistente della S.S.45bis (km 88+750) da cui hanno origine n.2 rampe di svincolo: queste seppur percorribili a velocità non superiore a 30 km/h dati gli spazi limitati e le forti pendenze altimetriche, consentono dalla rotonda tutte le manovre da e per Tignale, ricollegandosi sul sedime esistente della provinciale S.P.38 passando sulla calotta della nuova galleria. La realizzazione di tale intersezione a livelli sfalsati comporta l'ausilio di importanti opere di contenimento degli scavi e di sostegno dei rilevati lato lago, con riflessi sui costi di costruzione e non di meno sull'impatto paesaggistico in quanto collocate lato Lago di Garda; vanno inoltre considerati le ripercussioni che comporta la realizzazione di tali

opere, specialmente in merito all'imprescindibile interruzione al transito sia della statale S.S. 45 bis che della S.P.38.

Nello specifico, l'Alternativa 3 prevede l'inizio dell'intervento in corrispondenza del km 86+570 e lo stesso tracciato piano altimetrico dell'Alternativa 1, a meno dell'intersezione sopra descritta, mentre l'Alternativa 4 prevede lo stesso tracciato della Alternativa 2 con inizio intervento al km 86+080 ed intersezione finale a livelli sfalsati.

5.3 Analisi propedeutica della scelta progettuale

La fase di progettazione definitiva ha meglio analizzato le alternative proposte nel P.F.T.E. al fine di confermare il corridoio dell'infrastruttura e raggiungere una configurazione che non presenti criticità in termini di sicurezza stradale. In particolare, considerata la morfologia dei luoghi che presenta versanti molto acclivi, non è risultato possibile incrementare (se non per pochi metri) la distanza prevista tra l'imbocco della galleria naturale e la rotatoria finale per l'intersezione verso Tignale, la quale rappresenta per l'utenza in direzione Nord una forte criticità in termini di coda in galleria e di cambiamento delle condizioni al contorno per l'utenza in approccio alla rotatoria all'aperto (aspetto peraltro attenzionato anche nel par. 2 del D.Lgs.264/2006). Inoltre per problemi di carattere geotecnico-geologico è stata esclusa l'ipotesi di prevedere la rotatoria in galleria (in modo tale da evitare di effettuare le manovre in condizioni di luce/buio) mentre a causa di forti criticità ambientali-paesaggistiche si è esclusa un'eventuale tratto in artificiale della zona di intersezione.

Pertanto nella fase di progettazione definitiva si è studiata un'ulteriore alternativa di tracciato che risulta sicuramente meno impattante e vantaggiosa sia per la sicurezza stradale dell'infrastruttura (in riferimento al sistema uomo-veicolo-strada) sia in termini di analisi Benefici/Costi. Tale soluzione prevede la galleria di nuova realizzazione nel solo senso di marcia direzione Brescia (in modo da scongiurare la manovra di ingresso in rotatoria nel tratto immediatamente all'aperto) correlato alla riqualifica ed adeguamento dei tratti di galleria esistenti per il senso opposto: ciò si configura come un adeguamento dell'attuale S.S.45bis e pertanto in tal senso è stata redatta apposita Relazione di sicurezza ai sensi dell'Art. 4 del DM 22/04/04.

Nello specifico si è condotta una verifica dell'infrastruttura esistente in termini di velocità e successivamente in termini di visibilità; si rimanda alla apposita "Relazione di sicurezza ai sensi dell'art.4 del DM 22/04/04" per un maggior dettaglio della suddetta analisi.

Pertanto, al fine di eliminare l'impianto semaforico e ridurre così i tempi di percorrenza della tratta incrementando la sicurezza dell'utenza, l'intervento di progetto prevede l'adeguamento della statale esistente alle caratteristiche funzionali di una strada extraurbana secondaria.

In tal senso si è previsto l'adeguamento del tratto esistente modificando il regime di circolazione attuale, vale a dire operando una separazione fisica dei sensi di marcia, indirizzando l'utenza in direzione Trento sul sedime esistente dell'attuale S.S.45bis (riorganizzando la sezione in galleria per un senso monodirezionale e ampliandola ove necessario) mentre il traffico in direzione Brescia transiterà nella galleria di nuova realizzazione (sempre monodirezionale). Come descritto di seguito tale soluzione, a differenza delle alternative studiate nella Fattibilità Tecnico Economica, risulta migliorativa in termini di sicurezza stradale, in particolar modo per l'utenza in uscita dalla galleria data l'immediata vicinanza della rotatoria per Tignale e soprattutto vantaggiosa ai fini del recupero dell'infrastruttura esistente e dell'abbattimento dei volumi e movimentazione delle materie dovuti allo scavo della galleria naturale.

5.4 Riferimenti Normativi

In merito agli interventi previsti sulle gallerie attuali, trattandosi di un adeguamento in sede di infrastruttura esistente, l'intervento previsto esula dall'applicazione rigorosa dei criteri propri del DM 05/11/2001 in base alle modifiche introdotte dal DM 22/04/04: in riferimento all'art. 4 di detto Decreto, è stata prodotta "specifica relazione di analisi degli aspetti connessi con le esigenze di sicurezza" di cui si rimanda all'elaborato "T00PS00TRARE02A".

L'asse della galleria di nuova realizzazione è perfettamente rispondente ai dettami del DM 19-04-2006, in considerazione del fatto che il suo tracciato può classificarsi come una rampa monodirezionale diretta, con Vp pari a 50-80 Km/h.

Stante quanto suddetto i riferimenti normativi relativi agli aspetti stradali dell'infrastruttura sono i seguenti:

- ✓ D.Lgs. 30-04-1992, n. 285 e s.m.i.: "Nuovo Codice della Strada";
- ✓ D.P.R. 16-12-1992 n. 495 e s.m.i.: "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice della Strada";
- ✓ DM 05-11-2001, n. 6792 e s.m.i.: n. 6792: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", aggiornato dal DM 22-04-04 che rende le citate norme di riferimento per gli adeguamenti delle strade esistenti;
- ✓ DM 18-02-1992, n. 223: "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione,

l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza", così come recentemente aggiornato dal DM 21/06/04: "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";

- ✓ DM 19-04-2006: "Norme funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", pubblicato sulla G.U. n° 170 del 24-07-06.

5.5 Intervento di Progetto

Stante la valutazione degli aspetti di sicurezza stradale di cui apposito elaborato ai sensi del DM 22/04/2004, l'intervento di progetto si configura come l'adeguamento in sede dell'attuale S.S. n. 45 bis "Gardesana", dal km dal km 86+567 al km 88+800. Lo stesso prevede la separazione delle direzioni di marcia, ovvero una galleria di nuova realizzazione per l'utenza diretta da Nord a Sud e la riqualifica dei tratti di gallerie esistenti per la direzione opposta. Nello specifico tale configurazione progettuale, a differenza di quanto previsto nel P.F.T.E. (unica galleria con sezione tipo C) riesce a soddisfare funzionalmente la domanda di traffico richiesta, prevedendo una nuova galleria e la riqualifica con mantenimento in esercizio anche dei tratti di infrastruttura esistente che altrimenti verrebbe dismessi o declassificati a cunicolo di sicurezza.

L'intervento di progetto prevede lo scavo e realizzazione di una nuova galleria per una lunghezza 1800 m, con sezione di scavo ridotta rispetto alle alternative del P.F.T.E ma comunque adatta a contenere una piattaforma stradale di 7,00 m. Tale dimensione trasversale è tale da consentire la percorribilità a doppio senso durante le fasi di cantiere o in caso di emergenza, mentre in fase finale di esercizio sarà regolamentata a senso unico.

A differenza della fase progettuale precedente, tale scelta prevede il mantenimento in esercizio del sedime esistente, intervenendo puntualmente sulle criticità e gli aspetti legati alla sicurezza dell'utenza, riqualificando l'infrastruttura in termini di dispositivi di ritenuta, segnaletica, pavimentazione, idraulica e impianti. Sarà inoltre previsto l'allargamento della sezione ove strettamente necessario ovvero nel tratto non rivestito della galleria "Dei Ciclopi".

Nel dettaglio l'intervento di progetto ha origine al km 86+567 del sedime esistente della S.S. 45 bis "Gardesana", tratto della statale che si trova alle pendici del versante roccioso lato monte e delimitato da un muro di sostegno lato valle. A livello normativo si è fatto riferimento ad una rampa monodirezionale diretta ai sensi del DM 19/04/2006, con intervallo di velocità di progetto pari a 50-80 km/h; coerentemente con l'andamento dei sensi di circolazione l'asse della nuova infrastruttura in galleria è tracciato da Nord a

Sud (ciglio destro di separazione tra la corsia di 4,00 m e la banchina di calibro 2,00 m), mentre l'asse della galleria esistente segue le attuali progressive crescenti della statale (direzione Nord).

Superata l'interferenza idraulica con il fosso Valle della Torre (per il quale è necessario il prolungamento dell'opera idraulica esistente), ad una distanza di circa 150 m dall'inizio intervento è prevista la separazione delle traiettorie prevedendo per l'asse della nuova galleria una curva sinistrorsa di raggio 450 m dove è localizzato l'imbocco in galleria artificiale (progressiva 1+821) per poi entrare in galleria naturale alla prg. 1+805 riprendendo l'andamento in rettilineo. Il tracciato prosegue in sotterraneo con una curva in destra di ampio raggio 1.650 m seguita mediante un flesso da una curva sinistrorsa di raggio 1.100 m e sempre mediante un flesso prevede un'altra curva destrorsa di raggio 1.000 m su cui è previsto l'imbocco Nord (prg. 0+015) nelle immediate vicinanze dell'intersezione a rotatoria finale, collocata sul sedime esistente della statale stessa, dove attualmente è prevista un'intersezione a T con la S.P.38 in direzione Tignale.

La realizzazione di una nuova intersezione rende necessaria la rivisitazione della geometria della suddetta provinciale per garantire la corretta posizione dell'ingresso in rotatoria (variante di circa 100 m sia planimetrica che altimetrica).

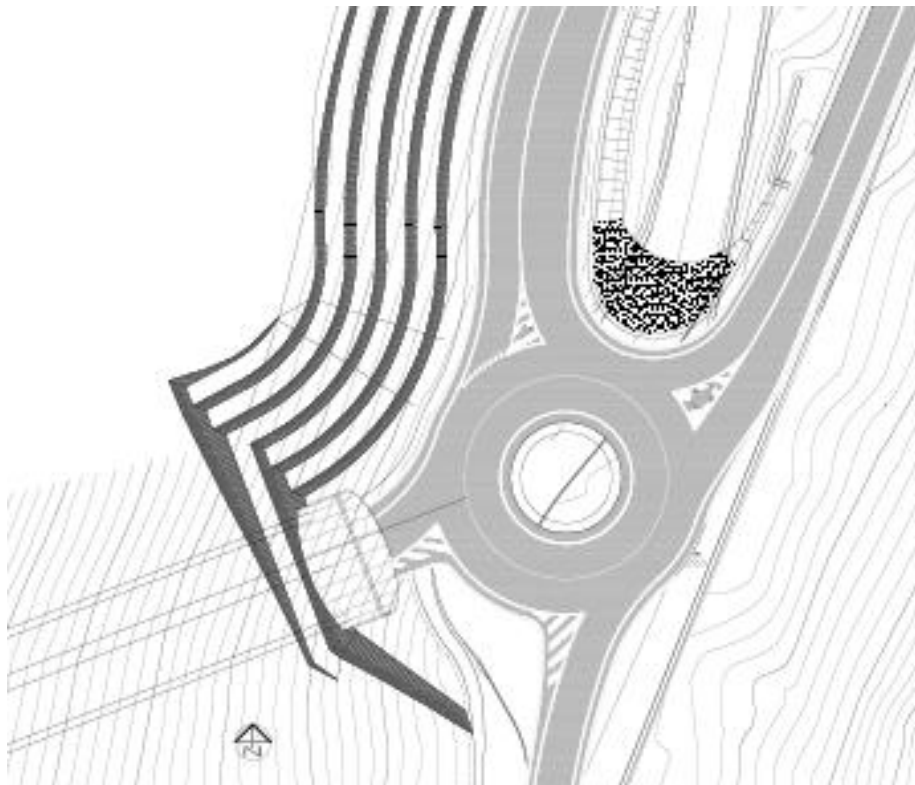


Figura 5.9 – Nuova rotatoria – intersezione con S.P.38 per Tignale.

La nuova configurazione dell'infrastruttura, con due assi monodirezionali separati, risulta molto importante ai fini della sicurezza stradale, come argomentato in maniera più dettagliata nell'apposta Relazione "T00PS00TRARE02A". L'adeguamento dell'asse esistente a senso unico in direzione Nord, oltre a scongiurare l'effetto abbagliamento per gli utenti in direzione Trento, migliora la percezione dell'intersezione incrementando la distanza fra l'uscita dalla galleria esistente e la rotatoria. La fase di ingresso in rotatoria può avvenire non solo forzatamente tramite segnaletica ma anche attraverso una riduzione dinamica della velocità, considerate le curve del sedime esistente in approccio alla rotatoria.

Il collegamento fra la nuova galleria naturale ed i tratti di galleria esistente sarà garantito dalla realizzazione di n.4 by-pass pedonali e uno carrabile (a metà dello sviluppo dell'intero tracciato) con tutti gli accorgimenti impiantistici e di sicurezza in galleria ai sensi della Normativa cogente e delle Linee Guida Anas.

Per quanto concerne l'adeguamento dei tratti di galleria esistente si sono previsti interventi diffusi, in particolare per le opere ogivali con sezione "ristretta" per le quali è previsto l'alesaggio per garantire i franchi altimetrici minimi. Analogamente alla precedente si è prevista la configurazione di rampa diretta con asse di tracciamento collocato sul ciglio destro; in considerazione dell'attuale andamento planimetrico del sedime esistente e dei vincoli al contorno, la Vp dovrà necessariamente essere limitata a 50 km/h.

Nello specifico l'intervento prevede:

- ✓ introduzione di profili redirettivi su tutta la lunghezza ed ambo i lati, con particolari accorgimenti nei punti angolosi;
- ✓ estensione del profilo suddetto per un'altezza di minimo 2,00 m con funzione antiribaltamento per i tratti in cui sono previste aperture lato lago;
- ✓ nuova segnaletica orizzontale e verticale con l'ausilio di elementi supplementari/integrativi (limiti pitturati sul pavimentato, marker retroriflettenti, delimitatori speciali etc.);
- ✓ nuova pavimentazione per garantire la corretta sopraelevazione in curva;
- ✓ sistema di smaltimento delle acque di piattaforma;
- ✓ impianti di nuova generazione.

In via riepilogativa, il tracciato prevede per la direzione Brescia una galleria naturale "Muslone" in variante alle gallerie esistenti per uno sviluppo totale di 1790 m (di cui 16 m in artificiale per l'imbocco sud) ed un'opera idraulica in continuità con il ponte ad arco esistente. In direzione opposta è previsto l'adeguamento del sedime esistente con interventi diffusi ed onerosi, che tuttavia evitano la dismissione di

un'infrastruttura seppur datata ma funzionalmente ancora in grado di svolgere la propria funzione. Tale scelta progettuale permette, inoltre, una sezione di scavo minore per la nuova galleria, con significativi riflessi sui costi di realizzazione, movimentazione materie, fasi di traffico, gestione di condizioni di emergenza e manutenzione anche ordinaria. La larghezza della piattaforma pavimentata di 7.00 m consente infatti un transito provvisorio della nuova infrastruttura a doppio senso di marcia, sia in fase di intervento sulla sede esistente che nelle future manutenzioni, in modo da non incorrere nella chiusura della viabilità esistente.

5.6 Elementi compositivi sede stradale

5.6.1 Asse Principale

La sezione tipo adottata per l'asse della galleria di nuova realizzazione, riferibile ad una rampa monodirezionale in riferimento al DM 19/04/2006, presenta una piattaforma pavimentata di larghezza pari a 7,00 m (fig.4.10), costituita dai seguenti elementi:

- ✓ banchine in sinistra da 1,00 m;
- ✓ corsia monodirezionale di calibro 4,00 m;
- ✓ banchina in destra da 2,00 m;
- ✓ profilo redirettivo con riempimento di magrone a tergo.

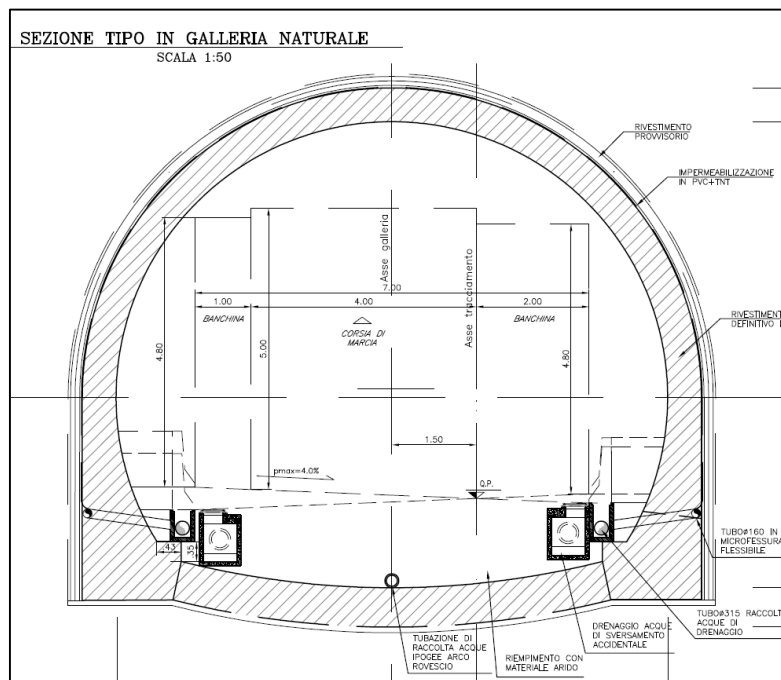


Figura 5.10 – Sezione tipo galleria nuova realizzazione.

Per quanto concerne gli interventi di adeguamento delle gallerie ogivali esistenti questi sono stati progettati con l'obiettivo di incrementare la sicurezza dell'infrastruttura organizzando la piattaforma pavimentata disponibile in riferimento ad una rampa monodirezionale (fig.4.11), costituita dai seguenti elementi:

- ✓ banchine in destra e sinistra minimo 0,75 m;
- ✓ corsia monodirezionale di calibro 3,75 m;
- ✓ profili redirettivi con riempimento di magrone a tergo (per un'altezza di minimo 2,00 m con funzione antiribaltamento per i tratti con finestre sul lago).

La scelta di tali elementi è stata frutto di specifica analisi dei diversi tratti di gallerie esistenti ed in particolare per garantire il franco altimetrico minimo di 5,00 m in corsia (4,60 m in limitati tratti); in particolare le scelte progettuali hanno attenzionato i dispositivi di ritenuta (prevedendo profili redirettivi su tutta la lunghezza ed ambo i lati), l'idraulica di piattaforma, la nuova pavimentazione, la segnaletica, gli impianti, etc.

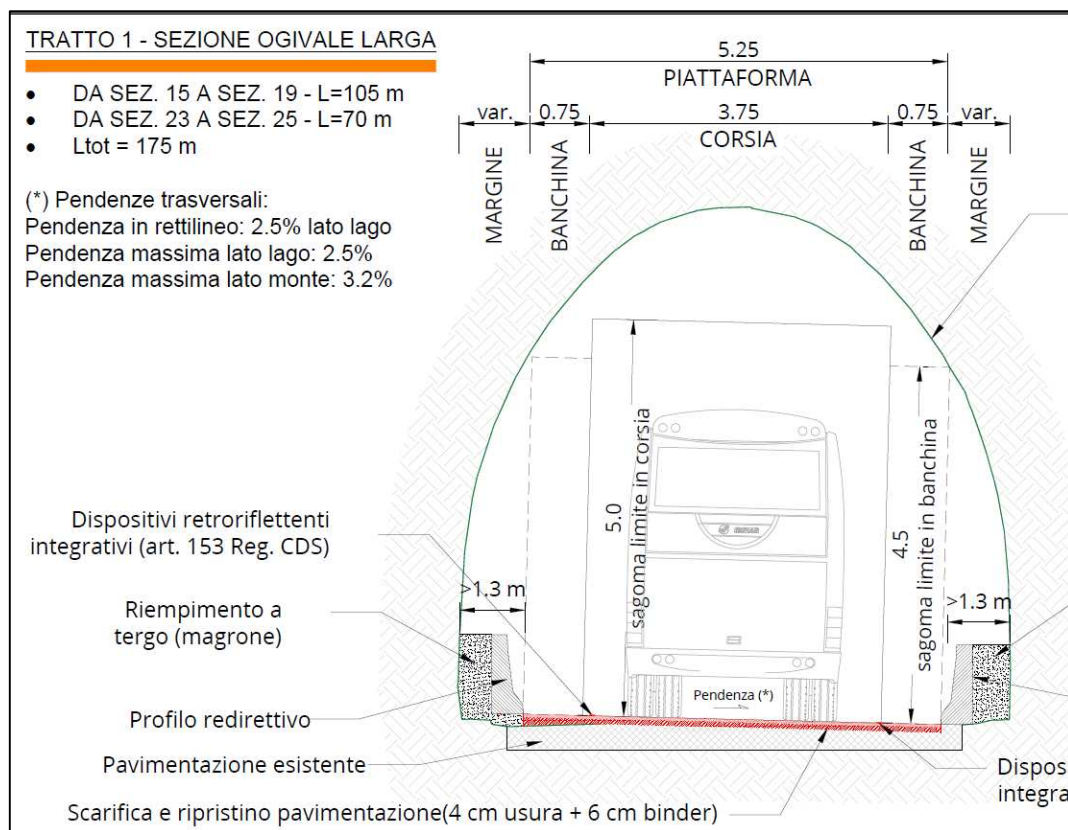


Figura 5.11 – Sezione tipo adeguamento galleria esistenti.

5.6.2 Viabilità Locale

L'unica viabilità secondaria prevista nell'intervento è l'adeguamento in sede per un modesto tratto della strada provinciale S.P.38 in direzione Tignale; l'intervento si limita ad adeguare il tratto terminale del sedime esistente per geometrizzare l'innesto nella rotatoria di nuova realizzazione. In riferimento al par. 3.5 del DM 05/11/2001 tali viabilità locali possono intendersi come strade a destinazione particolare e pertanto esulano dai criteri dello stesso DM in quanto rappresentano sostanzialmente una "ricucitura" della rete locale esistente. Ciò suddetto per tale viabilità provinciale è stata prevista una sezione tipo afferente alla categoria F2 del DM 05/11/2001 costituita dai seguenti elementi:

- ✓ banchine in destra e sinistra da 1,00 m;
- ✓ corsie di calibro 3,25 m;
- ✓ arginello in rilevato da 1,25 m;
- ✓ cunetta alla francese in scavo da 1,00 m.

5.7 Pavimentazione

L'intervento in oggetto per l'asse principale, prevede un pacchetto di 52 cm totali così composto:

- ✓ 4 cm strato di usura chiusa (bitume modificato "soft");
- ✓ 6 cm strato di collegamento binder (bitume modificato "soft");
- ✓ 12 cm strato di base in misto bituminoso;
- ✓ 30 cm strato di fondazione in misto granulare stabilizzato.

Tra lo strato di usura e quello di collegamento sarà interposta una mano di attacco impermeabilizzante.

6 GEOLOGIA

6.1 Indagini geognostiche

L'ammasso roccioso/terroso interessato dal progetto della variante in galleria è stato oggetto di due campagne di indagini geognostiche e geofisiche tale da definirne in maniera accettabile, i parametri necessari per la progettazione:

- Campagna indagini 2017, condotta preliminarmente alla redazione del PTFE (Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica).
- Campagna indagini 2019, condotta a integrazione della campagna 2017, finalizzata dalla Progettazione Definitiva, oggetto del presente studio.

6.1.1 Campagna Indagini 2017

I sondaggi eseguiti nell'area d'intervento sono 5 e di seguito se ne riporta la descrizione sommaria:

Sond.	Inclinazione (azimut/inclinaz.)	Ubicazione - pK.	Caratteristiche sondaggio			
			L tot (m)	carotaggio continuo (m)	distruzione nucleo (m)	Piezom. tubo aperto (m)
S1_h	N47°/0° (oriz.)	0+065	120	120	-	-
S2_h	N322°/9°	1+070	70	30	40	-
S3_in	N319°/25°	1+145	80	40	40	-
S4_in	N331°/78°	1+485	125	45	80	-
S5_pz	90° (vert.)	1+755	100	40	60	100

Nei fori di sondaggio sono state eseguite prove di permeabilità in avanzamento di tipo "Lugeon" utilizzata per la valutazione della permeabilità, o anche solo della fatturazione degli ammassi rocciosi e prove dilatometriche in risalita.

Le prove di permeabilità sono state condotte in corrispondenza di tutti e 5 i sondaggi:

- Nel sondaggio S1h sono state effettuate 8 prove.
- Nel sondaggio S2h sono state effettuate 2 prove.
- Nel sondaggio S3in sono state effettuate 3 prove.
- Nel sondaggio S4in sono state effettuate 3 prove.
- Nel sondaggio S5 sono state effettuate 3 prove.

Le prove dilatometriche effettuate sono 6 (da D1 a D6) e hanno interessato solamente il sondaggio S1h. Per tutte le prove eseguite sono stati calcolati i seguenti moduli sia singolarmente (per ogni trasduttore), sia sul valore medio delle deformazioni (media delle misure ai tre trasduttori):

- Modulo di deformazione: calcolato in fase di carico tra la minima pressione di prova e la massima pressione raggiunta a ogni ciclo;
- Modulo di scarico (elastico): calcolato in fase di scarico tra la massima pressione raggiunta a ogni ciclo e la minima pressione di prova;
- Modulo di primo carico: calcolato in fase di carico tra la massima pressione raggiunta nel ciclo in esame e quella raggiunta nel ciclo precedente;
- Modulo di ricarico: calcolato tra la minima pressione del ciclo in esame ed il massimo raggiunto nel ciclo precedente.

Contestualmente a ciascuna prova sono state condotte anche prove di creep, nelle quali si mantiene la pressione costante e si misurano le deformazioni diametrali a intervalli prefissati.

Dalle cassette catalogatrici sono stati prelevati campioni rimaneggiati di terreno e campioni di roccia (spezzoni di carote) da sottoporre a prove di laboratorio; inoltre sono stati eseguiti rilievi geomeccanici di dettaglio delle discontinuità che caratterizzano l'ammasso roccioso.

Dal sondaggio S1h sono stati prelevati 2 campioni di terreno rimaneggiati CR1 e CR2 sui quali sono state condotte le seguenti analisi:

- Apertura e descrizione del campione, compresa fotografia.
- Analisi granulometrica per setacciatura.
- Analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro.
- Determinazione del peso specifico dei granuli.

Dai 5 sondaggi sono stati prelevati spezzoni di carota di lunghezza tale da poter eseguire le seguenti prove:

- Prove di compressione a carico concentrato (Point Load Test).
- Prova di compressione uniassiale con e senza rilievo di deformazioni.
- Prova di compressione triassiale.
- Analisi micropaleontologica (non rilevante ai fini della caratterizzazione geomeccanica).

In particolare, sotto il dettaglio del numero di carote estratte:

- Dal sondaggio S1h sono state estratti 12 spezzoni di carota.
- Dal sondaggio S2h sono state estratti 8 spezzoni di carota.
- Dal sondaggio S3in sono state estratti 8 spezzoni di carota.
- Dal sondaggio S4in sono state estratti 7 spezzoni di carota.
- Dal sondaggio S5 sono state estratti 7 spezzoni di carota.

Il rilievo geomeccanico di dettaglio è stato effettuato sugli spezzoni di carota contenuti nelle cassette catalogatrici successivamente all'esecuzione delle foto delle stesse.

È stato stimato il grado di fratturazione dell'ammasso roccioso per ogni metro di perforazione tramite il calcolo dell'indice R.Q.D. (Rock Quality Designation), definito come la percentuale di recupero di carotaggio in roccia di spezzoni con lunghezza superiore ai 10 cm rispetto alla lunghezza perforata.

Le indagini geofisiche sono state effettuate in sismica a riflessione mediante l'esecuzione di n.4 linee di rilievo.

ID Sezione	Lunghezza (m)
SR1a	289
SR1b	306
SR2a	355
SR2b	355

Le linee SR2a e SR2b sono sovrapposte di 55 m, pertanto è stato possibile restituire il risultato mediante l'unione delle stesse in un'unica sezione di rilievo della lunghezza totale di circa 655 m.

6.1.2 Campagna Indagini 2019

Nell'ambito del Progetto Definitivo, è stata realizzata, nel mese di maggio 2019, un'ulteriore campagna di indagini geognostiche e geofisiche corredate da prove di laboratorio, per approfondimenti puntuali in corrispondenza degli interventi precedentemente non investigati, come l'incisione della Valle della Torre all'imbocco sud, l'imbocco nord della galleria in progetto e la trincea di scavo lungo la SP per Tignale.

Sono stati condotti complessivamente 8 sondaggi, dei quali, 3 all'aperto nelle zone d'imbocco e 5 all'interno delle gallerie esistenti.

Di seguito si riporta la descrizione sommaria dei sondaggi all'aperto:

- Sondaggio S10, verticale, posto in corrispondenza dell'imbocco sud, lungo 18 m, a carotaggio continuo.
- Sondaggio S7, orizzontale, posto in corrispondenza dell'imbocco nord, lungo 10 m, a carotaggio continuo.
- Sondaggio S9, verticale, posto in corrispondenza dell'imbocco nord, lungo 2.1 m, a carotaggio continuo.

Di seguito si riporta la descrizione sommaria dei sondaggi in galleria:

- Sondaggio S2, verticale, all'interno della galleria D'Acli, lungo 2.7 m, a carotaggio continuo.
- Sondaggio S8, inclinato a 18° verso la verticale, all'interno della galleria D'Acli, lungo 1.5 m, a carotaggio continuo.
- Sondaggio S4, verticale, all'interno della galleria Eutenia, orizzontale, lungo 2.5 m, a carotaggio continuo.
- Sondaggio S5, verticale, all'interno della galleria Dei Ciclopi lungo 3.8 m, a carotaggio continuo.
- Sondaggio S6, verticale, all'interno della galleria Dei Ciclopi, lungo 4.2 m, a carotaggio continuo.

Il materiale prelevato durante le perforazioni eseguite a carotaggio continuo è stato depositato, in modo continuo e ordinato, in apposite cassette catalogatrici in PVC.

Dalle cassette catalogatrici sono stati prelevati campioni rimaneggiati di terreno e campioni di roccia (spezzoni di carote) da sottoporre a prove di laboratorio; inoltre sono stati eseguiti rilievi geomeccanici di dettaglio delle discontinuità che caratterizzano l'ammasso roccioso.

Dal sondaggio S10 sono stati prelevati 4 campioni di terreno rimaneggiati sui quali sono state condotte le seguenti analisi:

- Analisi granulometrica per sedimentazione.
- Determinazione del peso specifico dei granuli.

Su 2 dei quattro campioni estratti sono state effettuate prove di taglio CD.

Dai sondaggi sono stati prelevati spezzoni di carota di lunghezza tale da poter eseguire le seguenti prove:

- Prove di compressione a carico concentrato (Point Load Test).
- Prova di compressione uniassiale con e senza rilievo di deformazioni.

Il rilievo geomeccanico di dettaglio è stato effettuato sugli spezzoni di carota contenuti nelle cassette catalogatrici con le medesime modalità precedentemente descritte per la Campagna 2017.

Sono stati eseguiti 3 rilievi geomeccanici areali al fine di descrivere le proprietà meccaniche dell'ammasso quali le caratteristiche della roccia intatta e le caratteristiche delle discontinuità:

- In corrispondenza del tratto della Galleria Dei Ciclopi non rivestito.
- In corrispondenza dell'imbocco nord della Galleria Dei Ciclopi.
- In corrispondenza dell'imbocco sud della Galleria D'Acli.

Per il rilievo sono state caratterizzate tutte le discontinuità in una finestra rettangolare di dimensioni pari a 1.5 x 1.5 m.

6.2 Modello geologico di riferimento

Sulla base delle informazioni ottenute dalla bibliografia, dei dati del rilevamento e dalle indagini, è stato definito il modello geologico del sottosuolo riferito al piano dei centri della Galleria Naturale in progetto, con particolare riferimento alle litologie attraversate, alle zone tettonizzate e alle condizioni idrogeologiche.

- Galleria Naturale in progetto (L=1.800 m)

	Tratto (pk)	
Indagini di riferimento		Sondaggi S1_h, S2_h, S3_in, S4_in, S5_pz e stese sismiche a riflessione SR1a, SR1b ed SR2 (anno 2017); sondaggi S7_h ed S10 e stese sismiche a rifrazione/riflessione Linea1 e Linea2 (anno 2019).
Previsione di scavo	0+015 ÷ 0+620	Formazione del <u>Medolo (FM)</u> : Calcari, per lo più marnosi, di colore chiaro o scuro, ad evidente stratificazione, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, con letti e noduli di selce e con intercalazioni più o meno abbondanti di marne, fino ad argilliti grigio verdastre. Il tratto compreso tra le pp.kk 0+15 e 0+25 risulta essere intensamente fratturato.
	0+620 ÷ 1+805	Formazione di <u>Concesio (FC)</u> : Calcari, anche marnosi e talora più o meno detritici, da grigiastri a nocciola, frequentemente selciosi, a stratificazione evidente, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, con intercalazioni di marne grigio verdastre talora abbondanti. Il tratto compreso tra le pp.kk 1+795 e 1+805 risulta essere intensamente fratturato.

Faglie ed altri elementi tettonici derivate da rilevamento	0+673 0+715 0+772 0+830 0+985	<p>Piani di faglia e sovrascorrimenti individuati da rilevamento geologico di campagna, con associate zone di fratturazione (cataclasite) di spessore variabile compreso tra 12 metri e 22 metri.</p>
Faglie ed altri elementi tettonici definite da indagine geofisica	0+190 0+330 0+413 0+522 1+151 1+247 1+537 1+589	<p>Piani di faglia individuati da indagine sismica a riflessione, con associate zone di fratturazione (cataclasite) di spessore variabile compreso tra 22 metri e 32 metri.</p>
Problematiche idrogeologiche		<p>Limitatamente al sondaggio S5, è stata riscontrata la presenza di falda contenuta all'interno della formazione del Medolo, alla quota assoluta di circa 160 m slm. Seppur non è stata riscontrata la presenza di una falda principale che possa interferire con l'opera in progetto, si ritiene plausibile la presenza di modeste falde sospese in corrispondenza di contrasti di permeabilità fra le diverse litologie presenti.</p> <p>A seguito di precipitazioni meteoriche, sono possibili venute d'acqua e stillicidi in corrispondenza, rispettivamente, dei piani di faglia e delle zone cataclate caratterizzate da alta permeabilità.</p> <p>L'ammasso roccioso con permeabilità definita medio-alta, può risultare bagnato nelle aree di imbocco della galleria a seconda dei diversi periodi dell'anno.</p> <p>Le restanti porzioni di terreno in cui verrà realizzata la galleria sono caratterizzate da permeabilità variabile, da medio a medio-alta, e risultano sostanzialmente asciutte o umide.</p>
Condizioni degli imbocchi	Condizione imbocco Sud	<p>Si riscontra la presenza dell'ammasso roccioso, con strati immergenti a NW aventi inclinazione poco superiore ai 20°, con alto grado di fratturazione per uno spessore di circa dieci metri a partire dal punto di imbocco. L'ammasso roccioso ha una permeabilità medio-alta e può presentare circolazione idrica in occasione di precipitazioni meteoriche.</p>
	Condizione imbocco Nord	<p>L'ammasso roccioso presenta strati immergenti a NW aventi inclinazione di circa 30° e un alto grado di fratturazione. La fascia maggiormente fratturata è compresa tra le pp.kk. 0+15 – 0+25. L'ammasso roccioso ha una permeabilità medio-alta e può essere interessato da circolazione idrica in occasione di eventi piovosi.</p>

- S.P. per Tignale – Ramo 1

<p>Indagini di riferimento</p>	<p>Sondaggio S9 e stesa sismica a rifrazione/riflessione Linea1 (anno 2019).</p>
<p>Previsione di scavo</p>	<p>Formazione del <u>Medolo (FM)</u>: Calcari, per lo più marnosi, di colore chiaro o scuro, ad evidente stratificazione, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, con letti e noduli di selce e con intercalazioni più o meno abbondanti di marne, fino ad argilliti grigio verdastre.</p> <p>Dalla pk. 0+43 la formazione calcarea è ricoperta da una coltre di detrito cementato, con spessore che aumenta verso la fine del ramo fino ad oltre i 2 m; essa è rappresentata da ghiaie e sabbie, con ciottoli e trovanti, soggetti a cementazione che fornisce al deposito consistenza litoide o pseudolitoide.</p> <p>Da pk. 0+43 a pk. 0+86 le formazioni litoidi o pseudolitoidi sottostanti sono ricoperte da una coltre detritica sciolta, eterometrica ed eterogenea, di modesto spessore</p>

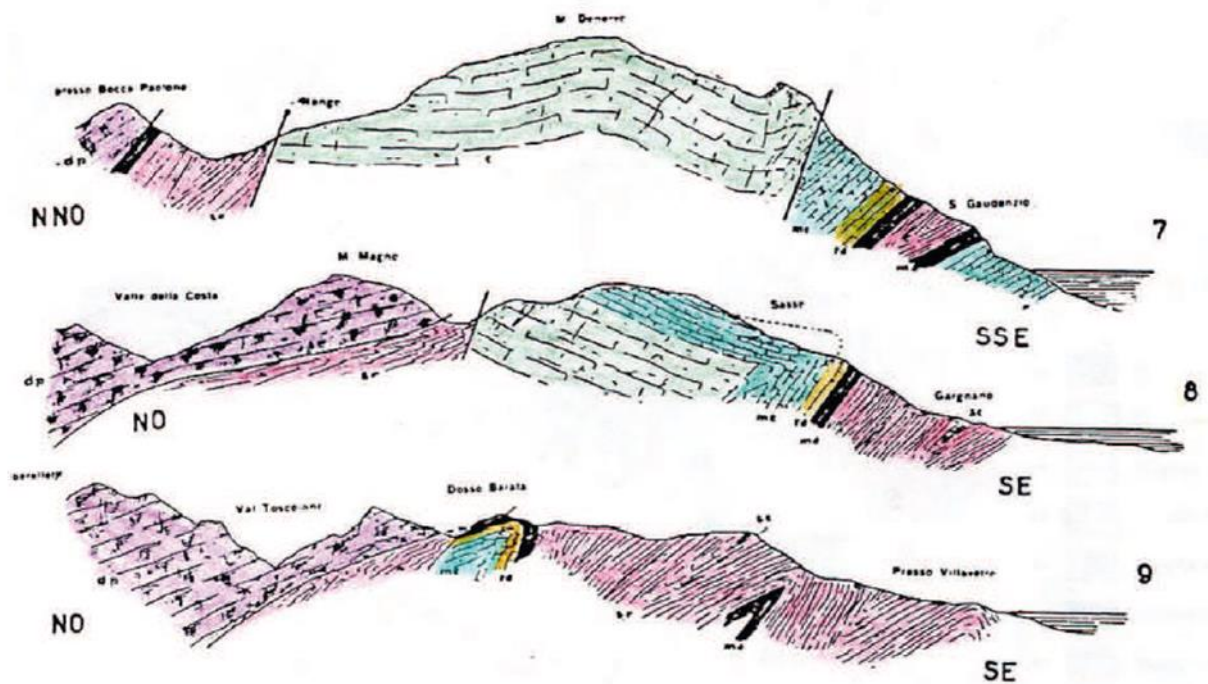


Figura 6.1 – Sezioni geologiche.

7 GEOTECNICA

Il progetto prevede lo scavo di una galleria naturale che ospiterà la carreggiata in direzione Nord-Sud della futura S.S.45 bis. La sede attuale della viabilità sarà impiegata esclusivamente come carreggiata in direzione Sud-Nord.

In corrispondenza dell'imbocco Sud della galleria è prevista la realizzazione di un tombino scatolare in cemento armato. mentre in corrispondenza dell'imbocco Nord sarà realizzata una rotatoria dove convergeranno entrambe le corsie dell'attuale Strada Provinciale per Tignale, la futura carreggiata Sud-Nord in sede all'attuale S.S.45 bis e la nuova carreggiata Nord-Sud.

Nell'area d'intervento, inoltre, In alcune aree considerate esposte al rischio caduta massi, saranno realizzate opere di protezione impiegando tecnologie di difesa passiva e attiva, costituite da reti metalliche in aderenza rinforzate con funi e opportunamente chiodate alle pareti e barriere paramassi dislocate nei pendii a valle dei costoni lapidei.

7.1 Caratterizzazione Geotecnica

Sulla base delle indagini condotte, descritte nel paragrafo 6.1 emerge che le unità geotecniche interessate dalle opere previste in progetto sono sostanzialmente tre, una di natura terrosa e due di natura rocciosa:

- Unità A, costituita dalla Coltre eluvio-colluviale e detriti di conoide.
- Unità B, costituita dal Detrito cementato a comportamento essenzialmente litoide.
- Unità C, costituita dall'Ammasso calcareo interessato dalle opere, nel quale rientrano il Medolo e la formazione di Concesio.
- Unità D nella quale sono raggruppate Scaglia rossa, Maiolica, Selcifero Lombardo e Formazione di Navone. Per questa unità non viene fornita caratterizzazione in quanto le non interessata dalle opere in progetto.

In particolare, la galleria in esame è interessata principalmente dall'unità geotecnica C e in misura minima, solo in corrispondenza dell'imbocco sud dall'unità geotecnica A.

L'unità geotecnica B è presente in corrispondenza della trincea a monte della sistemazione della SP che conduce all'abitato di Tignale.

Il tombino idraulico previsto in corrispondenza dell'imbocco sud interessa l'unità A.

L'unità D non è interessata dalle opere in oggetto.

7.1.1 Unità geotecnica A

La coltre eluvio colluviale e i detriti di conoide presenti in corrispondenza dell'imbocco Sud della galleria di progetto costituiscono l'unità A e la caratterizzazione in termini granulometrici, di resistenza e rigidezza è stata condotta con riferimento al sondaggio S10_2019, un sondaggio verticale e posto nella zona del piazzale antistante il futuro imbocco sud della galleria di progetto. Anche il sondaggio orizzontale S1h_2017 ha interessato l'unità in oggetto, ma non sono stati estratti campioni utili per la caratterizzazione.

La coltre eluvio colluviale e i detriti di conoide si presentano come sabbia ghiaiosa, ghiaia e sabbia e ghiaia. Si tratta pertanto di depositi sostanzialmente granulari caratterizzabili da un peso dell'unità di volume pari a 20 kN/m³.

Per caratterizzare il comportamento delle terre a rottura è stato utilizzato il criterio di Mohr-Coulomb, che schematizza l'ammasso come mezzo continuo ed isotropo.

Il criterio di rottura è definito dalla seguente relazione nel piano τ - σ :

$$\tau = \sigma \tan \phi + c$$

Dove c è la coesione, determinata dall'intercetta della retta d'involuppo con l'ordinata, e ϕ l'angolo di attrito interno, determinato dall'angolo che forma la retta d'involuppo dei cerchi con l'ascissa.

Al fine di determinare le caratteristiche di resistenza sono state effettuate prove di taglio diretto su due campioni rimaneggiati estratti dal sondaggio S10_019. Dalle risultanze di tali prove sono stati determinati i parametri di resistenza dell'unità geotecnica A. In via cautelativa si assume un valore di calcolo per l'angolo d'attrito pari a 32° per l'intera unità e coesione nulla.

La caratterizzazione della rigidezza dell'unità A si è basata sull'esito della prova sismica Down-Hole eseguita all'interno del sondaggio S10_2019 lungo 18 m.

7.1.2 Unità geotecnica B

L'unità B è costituita da Detrito cementato presente a ricoprimento dell'ammasso calcareo in corrispondenza della trincea all'imbocco nord e la caratterizzazione in termini di resistenza e rigidezza è stata condotta con riferimento al sondaggio S9_2019.

L'ammasso roccioso è schematizzato attraverso un mezzo continuo equivalente a comportamento isotropo. Tale assunzione risulta lecita essendo le dimensioni dei blocchi, individuati dai giunti e dalle discontinuità che caratterizzano l'ammasso roccioso, piccole rispetto alle dimensioni della galleria.

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso si è fatto riferimento al criterio di rottura sviluppato da Hoek-Brown nella formulazione del 2002 (Hoek, Carranza, Torres et al.) nel quale la resistenza al taglio è rappresentata da un involucro di rottura non lineare e fortemente curvilineo in presenza di bassi livelli tensionali.

Dal sondaggio S9_2019 è stato estratto un solo campione in corrispondenza del detrito cementato, sul quale è stata effettuata una prova di Compressione Uniassiale, dalla quale sono stati ricavati la resistenza a compressione uniassiale e il modulo elastico della roccia intatta.

La resistenza a compressione è risultata essere pari a: $\sigma_{ci} = 8 \text{ MPa}$.

Il modulo elastico è risultato essere pari a: $E_i = 3.9 \text{ GPa}$.

Il GSI (Geological Strength Index), è un indice che caratterizza la qualità intrinseca dell'ammasso roccioso, ovvero la qualità dell'ammasso indipendentemente dalla specifica opera da realizzare.

Il GSI è ottenuto come somma di 5 indici parziali, stimati sulla base di:

- Resistenza a compressione uniassiale, σ_c – Indice R1;
- Indice di qualità, RQD (Rock Quality Designation) – Indice R2;
- Spaziatura delle discontinuità, J_s – Indice R3;
- Condizione delle discontinuità (persistenza, apertura, scabrezza, riempimento, alterazione delle pareti) – Indice R4;
- Condizioni idrauliche – Indice R5.

I dati necessari alla valutazione del GSI sono stati ricavati tramite rilievo geomeccanico di dettaglio in cassetta per il sondaggio S09_2019. In particolare il detrito cementato è presente nel primo metro di sondaggio. Per l'unità geotecnica B si è stimato un valore di GSI pari a 45.

7.1.3 Unità geotecnica C – Ammasso Calcareo

La formazione di Concesio e la formazione denominata Medolo e costituiscono l'unità C.

È importante sottolineare, che, ai fini del progetto delle opere che interessano l'unità C, si è scelto di definire degli intervalli di variabilità dei parametri che la caratterizzano. In questi intervalli, i valori di minimo si posizionano in prossimità dei minimi riscontrati tramite le prove delle campagne geognostiche. I valori massimi, invece, non coincidono con i valori massimi riscontrati tramite le prove, bensì con i valori medi. Di conseguenza, l'assunzione di parametri di progetto prossimi a questi ultimi possono comunque essere considerati accettabilmente cautelativi.

L'ammasso roccioso è schematizzato attraverso un mezzo continuo equivalente a comportamento isotropo. Tale assunzione risulta lecita essendo le dimensioni dei blocchi, individuati dai giunti e dalle discontinuità che caratterizzano l'ammasso roccioso, piccole rispetto alle dimensioni della galleria.

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso si è fatto riferimento al criterio di rottura sviluppato da Hoek-Brown nella formulazione del 2002 (Hoek, Carranza, Torres et al.) nel quale la resistenza al taglio è rappresentata da un involucro di rottura non lineare e fortemente curvilineo in presenza di bassi livelli tensionali.

Mediante le prove di Compressione Uniassiale e Rottura a compressione tipo Point Load Test eseguite sui campioni lapidei prelevati durante le due campagne d'indagine, è stata ricavata la resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta dell'unità geotecnica in esame.

L'esito delle PLT è stato utilizzato solamente al fine di avere un termine di confronto qualitativo e non quantitativo, considerata la maggiore affidabilità delle prove di compressione diretta, uniassiale. I valori di resistenza a compressione ricavati dalle prove tipo PLT sono stimati ipotizzando un rapporto cautelativo tra la resistenza stessa e l'indice di punzonamento pari a 20, tarato tramite confronto con le prove di compressione uniassiale effettuate.

La resistenza ricavata dalle prove a compressione uniassiale varia tra i 30-35 MPa e i 105-110 MPa (escludendo il valore massimo isolato dove si raggiungono i 155 MPa). La maggior parte dei valori si addensa in una fascia a cavallo dei 50 MPa.

Per l'unità in esame si assume il seguente intervallo:

$$\sigma_c = 30 \div 60 \text{ MPa}$$

Il GSI (Geological Strength Index), è un indice che caratterizza la qualità intrinseca dell'ammasso roccioso, ovvero la qualità dell'ammasso indipendentemente dalla specifica opera da realizzare.

Il GSI è ottenuto come somma di 5 indici parziali, stimati sulla base di:

- Resistenza a compressione uniassiale, σ_c – Indice R1;
- Indice di qualità, RQD (Rock Quality Designation) – Indice R2;
- Spaziatura delle discontinuità, J_s – Indice R3;
- Condizione delle discontinuità (persistenza, apertura, scabrezza, riempimento, alterazione delle pareti) – Indice R4;
- Condizioni idrauliche – Indice R5.

I dati necessari alla valutazione del GSI sono stati ricavati tramite rilievo geomeccanico di dettaglio in cassetta per ciascun sondaggio e tramite rilievi areali su ammassi affioranti.

Nella tabella di seguito si riporta una sintesi dei valori notevoli (valore minimo, valore medio e valore massimo) dei valori stimati per i GSI per tutti i sondaggi.

Sondaggio	Orientazione sondaggio	Ubicazione sondaggio	GSI minimo	GSI massimo	GSI medio
S1h_2017	Orizzontale	IMBOCCO SUD	29	54	39
S2h_2017	Orizzontale	CORPO GALLERIA	31	56	45
S3in_2017	Inclinato	CORPO GALLERIA	34	53	43
S4in_2017	Inclinato	CORPO GALLERIA	29	48	41
S5_2017	Verticale	IMBOCCO NORD	27	54	39
S10_2019	Verticale	IMBOCCO SUD	35	45	40
S7_2019	Orizzontale	IMBOCCO NORD	40	54	45
S9_2019	Orizzontale	IMBOCCO NORD	40	46	43
S2_2019	Orizzontale	CORPO GALLERIA	38	47	42
S4_2019	Orizzontale	CORPO GALLERIA	34	44	38
S5_2019	Orizzontale	CORPO GALLERIA	46	55	52
S6_2019	Orizzontale	CORPO GALLERIA	27	35	31
S8_2019	Subverticale	CORPO GALLERIA	39	39	39

Le distribuzioni di GSI calcolati e stimati si presentano piuttosto omogenee sia lungo lo sviluppo della galleria che al variare della profondità. La maggior parte dei valori si addensa in una fascia intorno a 40, considerato rappresentativo dell'intera unità.

Per l'unità in esame si assume il seguente intervallo: **GSI = 27 ÷ 45**

Per quanto riguarda la rigidità della roccia intatta, si è fatto riferimento alle prove di compressione monoassiale sugli spezzoni di roccia normalizzati. Per l'unità in esame si assume il seguente intervallo per il valore di modulo elastico della roccia intatta: **Ei = 27 ÷ 50 GPa**

Nell'ambito delle campagne di indagine sono state condotte anche prove dilatometriche e prove sismiche (rifrazione e Down-Hole), che hanno fornito indicazioni sulla rigidità dell'ammasso a una scala più ampia rispetto a quella interessata dalle prove di schiacciamento sui provini.

Per definire i parametri di resistenza e deformabilità caratteristici dell'ammasso roccioso secondo il criterio di rottura assunto, sono state utilizzate le seguenti relazioni:

- Parametri di resistenza (Hoek-Brown 2002):

$$mb = mi \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}\left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3}\right)$$

$$\sigma'_{cm} = \sigma_{ci} \frac{(m_b + 4s - a(m_b - 8s))(m_b/4 + s)^{a-1}}{2(1+a)(2+a)}$$

- Parametri di deformabilità dell'ammasso roccioso:

- Hoek et al.2002:

$$E_m (GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{((GSI-10)/40)}$$

se $\sigma_{ci} < 100$ MPa

$$E_m (GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot 10^{((GSI-10)/40)}$$

se $\sigma_{ci} > 100$ MPa

- Hoek et Diederichs 2006:

$$E_{rm} = E_i \left(0.02 + \frac{1 - D/2}{1 + e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$$

con E_i modulo di rigidità della roccia intatta

Nelle espressioni sopra riportate compare il parametro D che rappresenta un indice legato al disturbo apportato dal sistema di scavo all'ammasso roccioso. D varia da 0 (assenza di disturbo) a 1 (massimo disturbo).

Dovendo svolgere alcune calcolazioni geotecniche con riferimento al criterio di rottura di Mohr-Coulomb, risulta essenziale poter definire i valori dell'angolo d'attrito φ' e della coesione c' equivalenti.

I parametri c' e φ' equivalenti all'ammasso roccioso, vengono determinati in rapporto alle caratteristiche della roccia intatta e dell'ammasso roccioso, secondo quanto proposto da Hoek (2002), in funzione del livello tensionale caratteristico del problema geotecnico in esame

7.2 Parametri Geotecnici

Sulla base di quanto esposto nei paragrafi precedenti, per le unità geotecniche **A**, **B** e **C** si possono assumere gli intervalli di parametri riepilogati nella tabella seguente.

SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI								
Unità	Peso dell'unità di volume (kN/m ³)	Resistenza a compressione monoassiale roccia intatta σ_{ci} (MPa)	GSI	m_i	Modulo elastico roccia intatta E_i (GPa)	Coesione drenata c' (kPa)	Angolo d'attrito ϕ'	Modulo elastico ammasso E_m (MPa)
A	20					0	32	35
B	24	8	46	20	3.9			
C	26	35 ÷ 50	27 ÷ 45	8	27 ÷ 50	102 ÷ 548	30 ÷ 51	500-3100

Si sottolinea che, per l'unità **C**, i valori di minimo delle forchette sono posti in prossimità dei minimi riscontrati tramite le prove delle campagne geognostiche, mentre i valori massimi non coincidono con i valori massimi riscontrati tramite le prove, ma con i valori medi.

L'elevata variabilità dei valori di angolo d'attrito e coesione efficace relativi all'unità **C** scaturisce dall'altrettanto ampia variabilità delle coperture che caratterizzano la morfologia dell'ammasso interessato dalle opere, in particolare dalla galleria naturale. Per il dettaglio dei parametri assunti in funzione delle classi di copertura si rimanda alla relazione geomeccanica e di calcolo della galleria.

7.3 Regime pressioni interstiziali

Dalle campagne d'indagini condotte, è stata riscontrata presenza di falda solamente nel sondaggio S5_2017, all'interno della formazione del Medolo.

Tale falda è posta a una quota assoluta di circa 160 m s.l.m., ben al di sotto della quota di scavo, si ritiene pertanto che non possa interferire con le opere in progetto.

7.4 Sismicità

L'inquadramento sismico dell'area di interesse per il tracciato è redatto in accordo alle prescrizioni fornite dalle NTC2018.

La Lombardia è caratterizzata da una modesta attività sismica egualmente distribuita sul territorio regionale; dalla mappa della sismicità storica (Figura 6-1), estratta dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani del 2015 (CPTI15) consultabile dal sito dell'INGV, è possibile evincere che sul territorio sono stati registrati un numero di eventi inferiori a quelli registrati in altre regioni limitrofe, come ad esempio l'Emilia Romagna. Gli eventi storici registrati mostrano intensità variabili con magnitudo momento compresa tra 3.7 e 5.68.

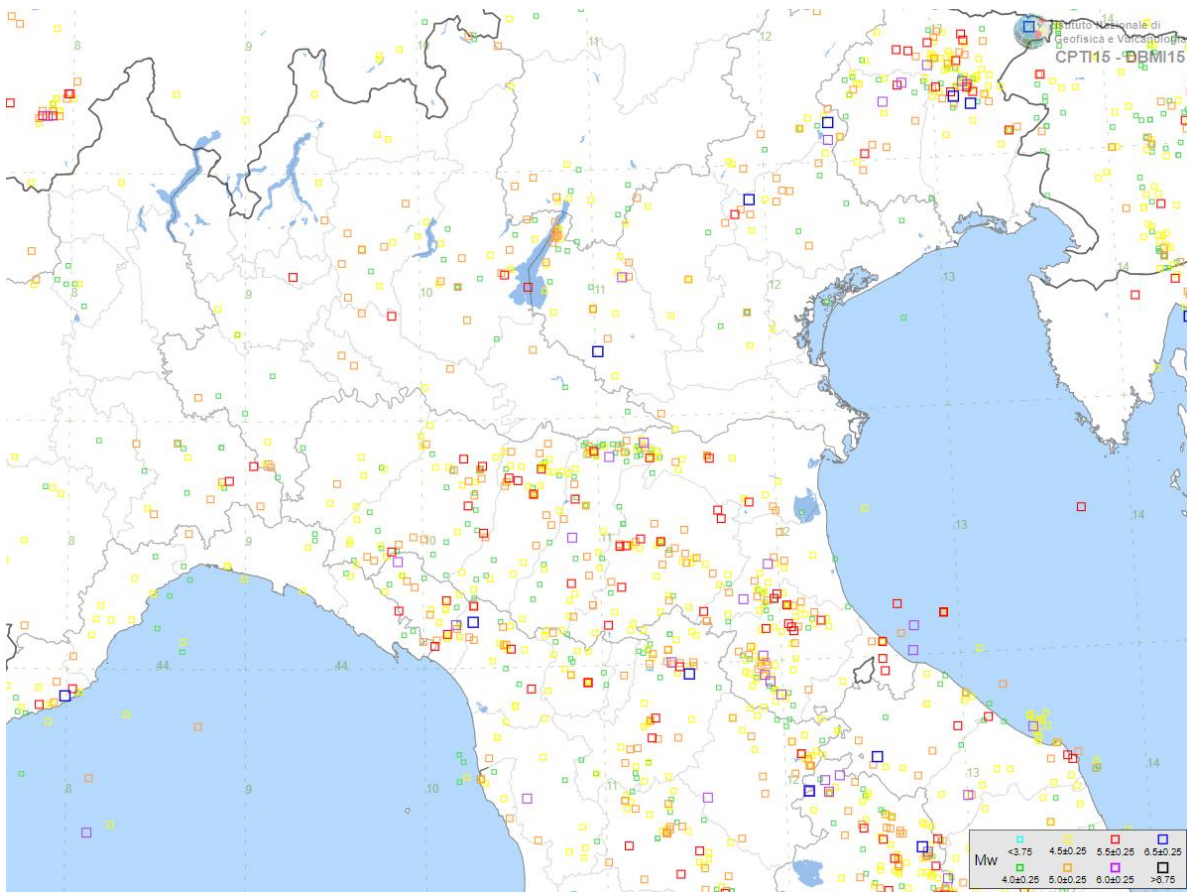


Figura 7.1 . Terremoti con intensità massima ≥ 4.0 d'interesse per la Lombardia nella finestra temporale 1000-2014

Nel Comune di Gargnano sono stati registrati 24 eventi sismici, di cui la maggior parte con una magnitudo compresa tra 4.5 e 5.5. Nonostante il catalogo sismico ricopra un intervallo tempo di oltre 1000 anni, tutti gli eventi registrati si sono concentrati nell'arco di due secoli, tra il 1866 e il 2004, anche per via della maggiore accuratezza e della completezza dei documenti storici rinvenuti.

La Figura 7.2 mostra la distribuzione areale degli eventi sismici registrati.

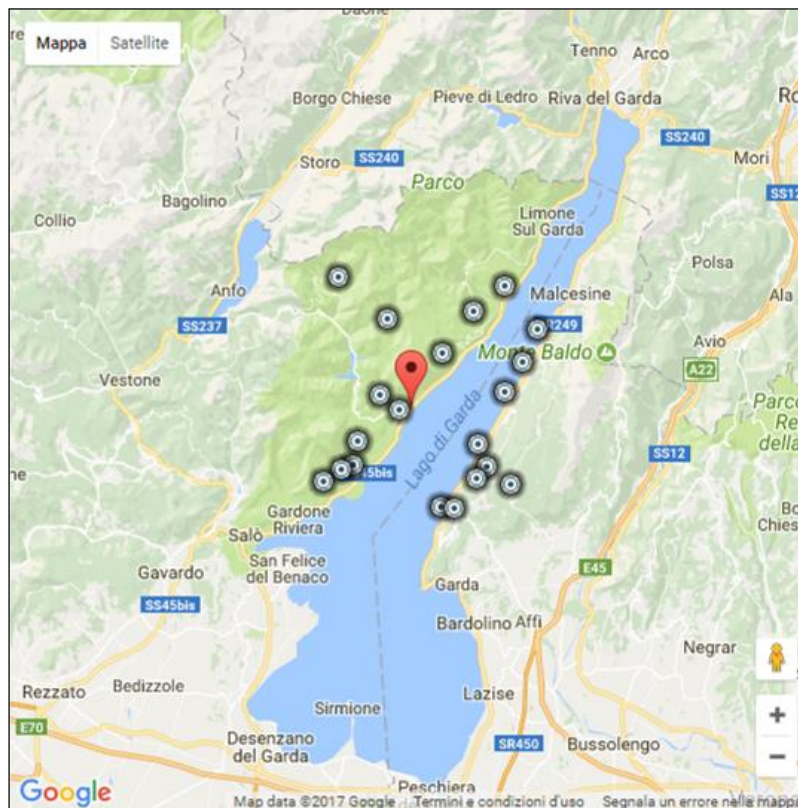


Figura 7.2 . Distribuzione areale degli eventi sismici riferiti all'area di studio

La pericolosità sismica è da intendersi come "grado di probabilità che si verifichi, in una determinata area ed in un determinato periodo di tempo, un evento sismico dannoso con l'insieme degli effetti geologici e geofisici ad esso connessi, senza alcun riguardo per le attività umane". L'analisi del livello di pericolosità distingue quindi due fasi: la definizione della pericolosità sismica di base, in condizioni di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), in assenza di discontinuità stratigrafiche e/o morfologiche; l'analisi della pericolosità locale, ossia della modificazione locale dello scuotimento sismico

prodotta dalle reali caratteristiche del terreno, dalla successione litostratigrafia locale, dalle condizioni morfologiche.

La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale" dell'Italia, elaborata secondo l'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519.

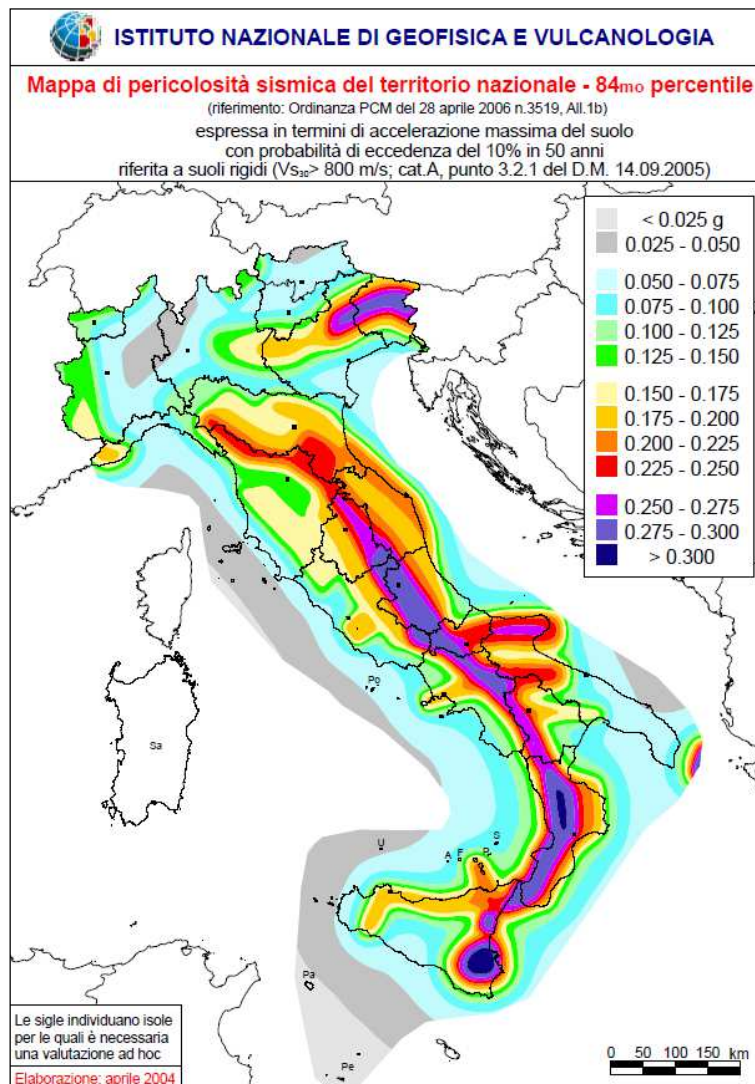


Figura 7.3 . Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) viene

effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento.

L'approccio "sito dipendente" della nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa. In quest'ottica la classificazione sismica del territorio rimane utile, dal punto amministrativo, per la gestione pianificativa e di controllo dello stesso.

Il valore massimo della PGA (peak ground acceleration, componente orizzontale) su roccia nella zona di interesse progettuale è strettamente dipendente dal periodo di riferimento dell'opera e dalla probabilità di eccedenza connessa allo stato limite selezionato. Le mappe interattive redatte dall'INGV permettono di identificare i valori di accelerazione corrispondenti ad una determinata probabilità di eccedenza in 50 anni. Nel caso in esame, le costruzioni avranno una VR > 50 anni, pertanto allo SLV la frequenza di superamento sarà inferiore a 0.0021 1/anni (corrispondente a Tr 475 anni). Ne consegue che l'accelerazione su suolo rigido sarà superiore all'intervallo di valori 0.150g - 0.175g

7.4.1 Valutazione dell'azione sismica

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Il dimensionamento delle opere è stato effettuato con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia alla vita (SLV, "la costruzione subisce crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali").

Al fine della valutazione dell'azione sismica di progetto sono stati definiti i seguenti parametri prestazionali richiesti:

- Vita nominale: l'opera in progetto ricade all'interno del tipo di costruzione 2: "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari".
- Classe d'uso.
- Periodo di riferimento dell'azione sismica: le azioni sismiche vengono valutate in relazione al periodo di riferimento VR che si ricava moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU della costruzione:

$$V_R = V_N \times C_U$$

Le probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è pari al 10% nel caso dello stato limite ultimo SLV.

Nel caso in esame per le opere definitive si è assunto:

- Vita nominale: 50 anni
- Classe d'uso: IV
- Coefficiente d'uso: 2
- Periodo di riferimento: 100 anni

Mentre per le opere provvisionali:

- Vita nominale: 10 anni
- Classe d'uso: IV
- Coefficiente d'uso: 2
- Periodo di riferimento: 35 anni

Il tracciato si sviluppa in territorio montano, con un paesaggio molto eterogeneo che passa da particolarmente aspro in corrispondenza dei rilievi dolomitico-carbonatici, a forme più smussate e arrotondate in corrispondenza delle litologie marnose più erodibili o delle coperture quaternarie. Dai rilievi geomorfologici è emerso che l'inclinazione media dei pendii è superiore a 15°, pertanto si assume:

Categoria topografica: T2

L'intervento in progetto, come già visto, ricade in territorio montano con affioramenti rocciosi diffusi lungo il percorso. L'evidenza sperimentale porta a classificare il sito, secondo quanto riportato nella tabella 3.2. II del DM 17/01/2018, come categoria variabile in funzione della posizione e dell'opera prevista.

In particolare si assume una differente categoria di sottosuolo per le strutture in corrispondenza dell'imbocco sud e per galleria/imbocco nord, in funzione della presenza delle unità interessate dal volume significativo interessato dalle opere:

Opera	Categoria di sottosuolo
Imbocco Sud	Categoria E
Galleria/Imbocco Nord	Categoria B

8 IDROLOGIA E IDRAULICA

8.1 Interferenze con il reticolo idrografico esistente

Il tracciato in progetto determina un'interferenza idraulica alla pr. 1+830 del nuovo tracciato (tratto scoperto in sede ordinaria) con un vallone denominato "Valle della Torre", il quale attualmente sottoattraversa la viabilità esistente al km 86+705 circa mediante un ponticello ad arco avente larghezza di base 10.0 m ed altezza circa 6 m (in mezzeria).

Attualmente, a monte del ponticello esistente, il fosso risulta tombato per un tratto di circa 17m mediante n. 2 tombini in cls DN 1000 mm, posti uno sopra l'altro (Figura 6.1, Figura 6.2). Al di sopra del tombamento risiede un'area di proprietà ANAS attualmente in disuso (Fig. 6.3).



Figura 8.1 – Imbocco tombamento esistente del Fosso Valle della Torre.



Figura 8.2 – Sbocco tombamento esistente del Fosso Valle della Torre.

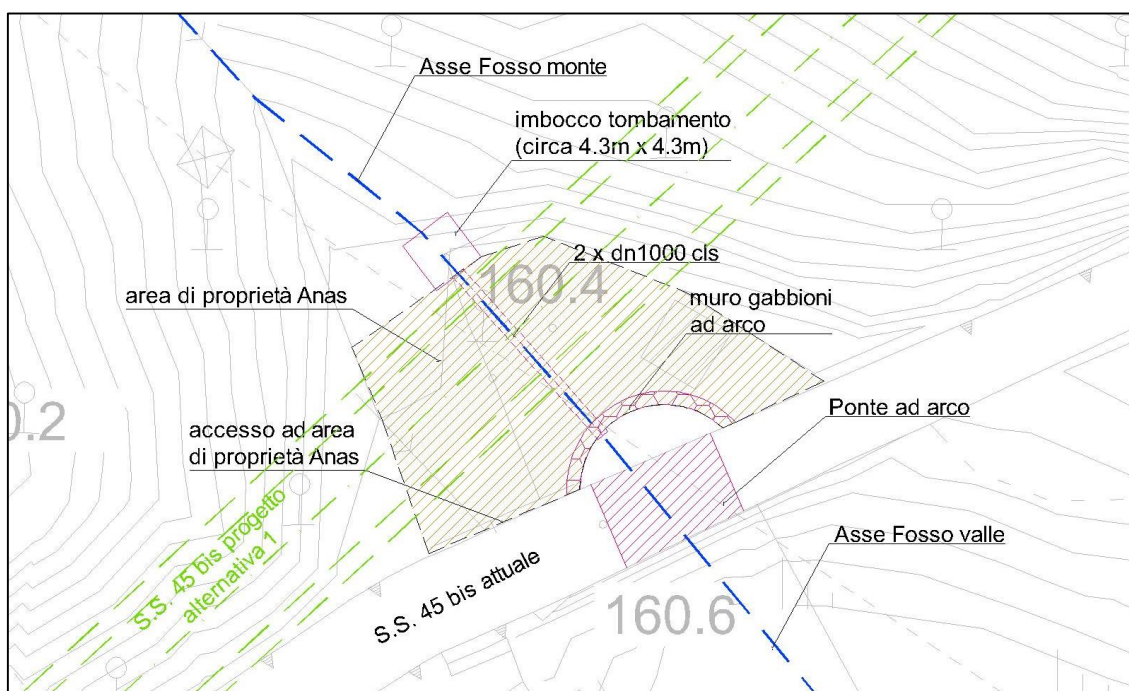


Figura 8.3 – Ricostruzione attraversamento attuale sotto la SS45 bis - pianta

Per la realizzazione della variante alla SS45 bis si dovrà pertanto procedere alla demolizione del tombamento esistente precedentemente descritto ed alla realizzazione di un nuovo attraversamento idraulico con sezione scatolare di 4 m di base e altezza variabile da 2 m a 4,5 m di lunghezza pari a circa 22 m.

A monte dell'opera è prevista una adeguata opera di imbocco, con gradonature di dissipazione in c.a., stante la forte pendenza longitudinale del corso d'acqua (Figura 8.4)

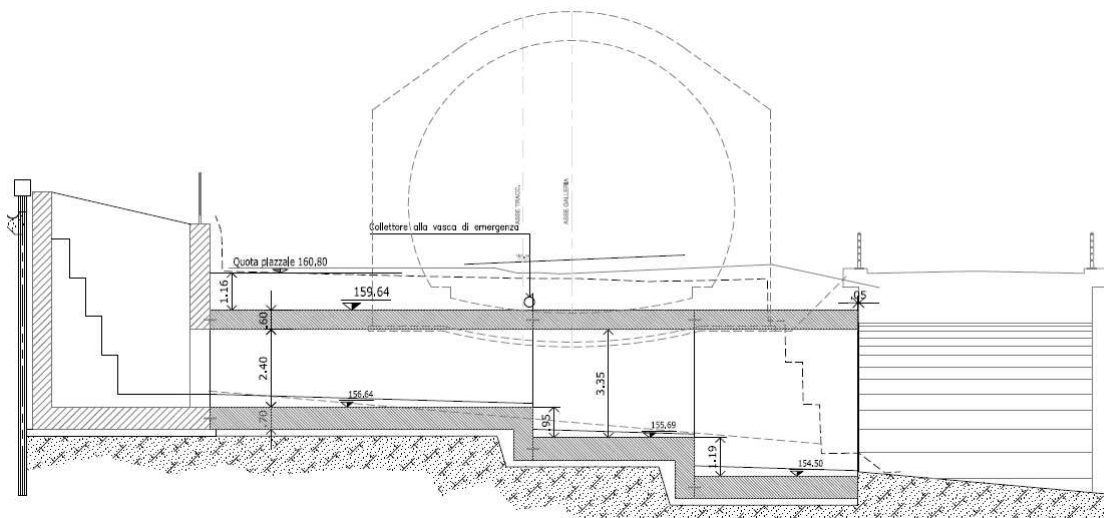


Figura 8.4 – Nuova opera in progetto per il fosso "Valle della Torre".

8.2 Interferenza tracciato con Piani di Bacino –vincoli di piano esistenti

Nell'ambito dello studio idrologico condotto nel presente progetto definitivo, dalla sovrapposizione tra il tracciato in esame e le mappe prodotte nell'ambito del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) si è rilevata la presenza, in corrispondenza dell'attuale attraversamento sotto la SS 45 bis del fosso Valle della Torre di aree a diverso livello di pericolosità idraulica e rischio idraulico.

Si riportano di seguito le mappe della pericolosità e del rischio idraulico (fonte Geoportale Regione Lombardia – ambito PGRA Autorità di Bacino del fiume Po:



Figura 8.5 – Stralcio mappatura Pericolosità Idraulica del Valle della Torre (imbocco sud).



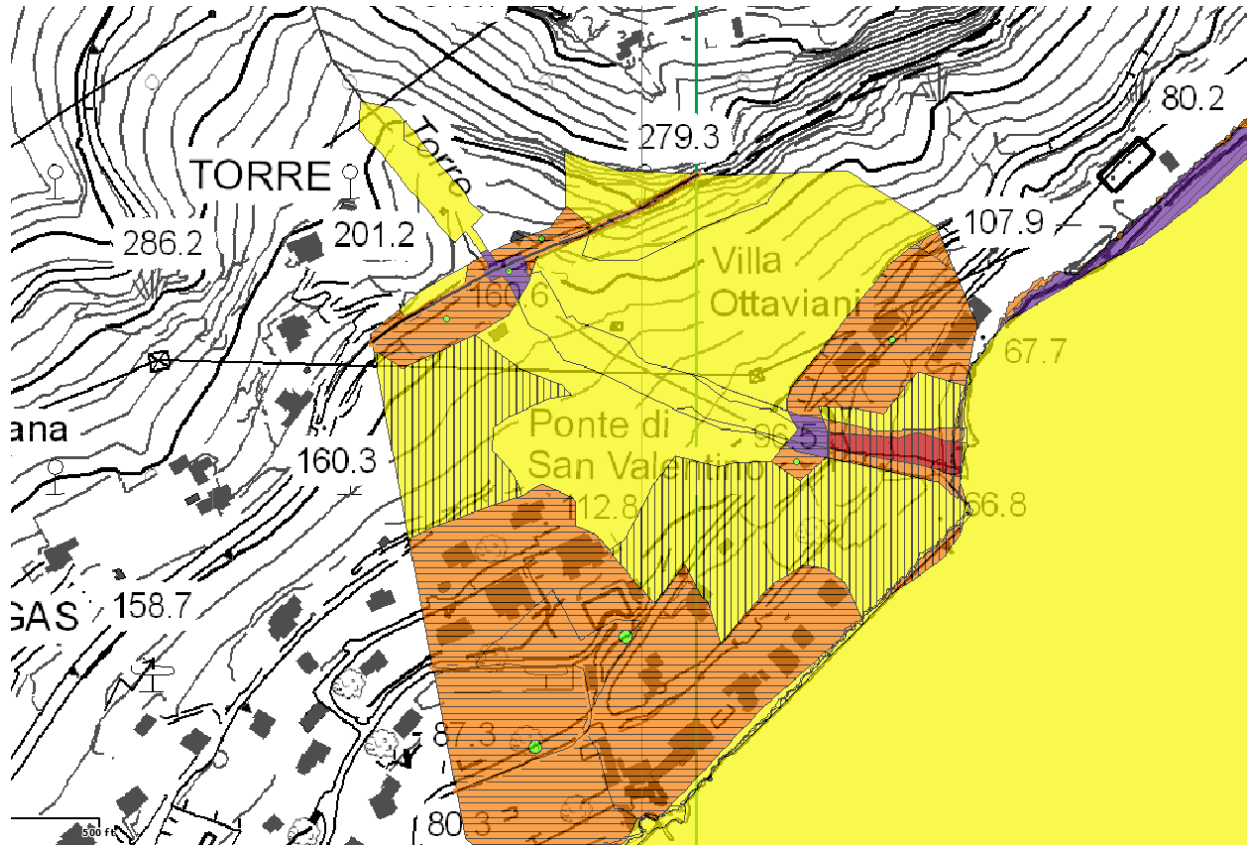
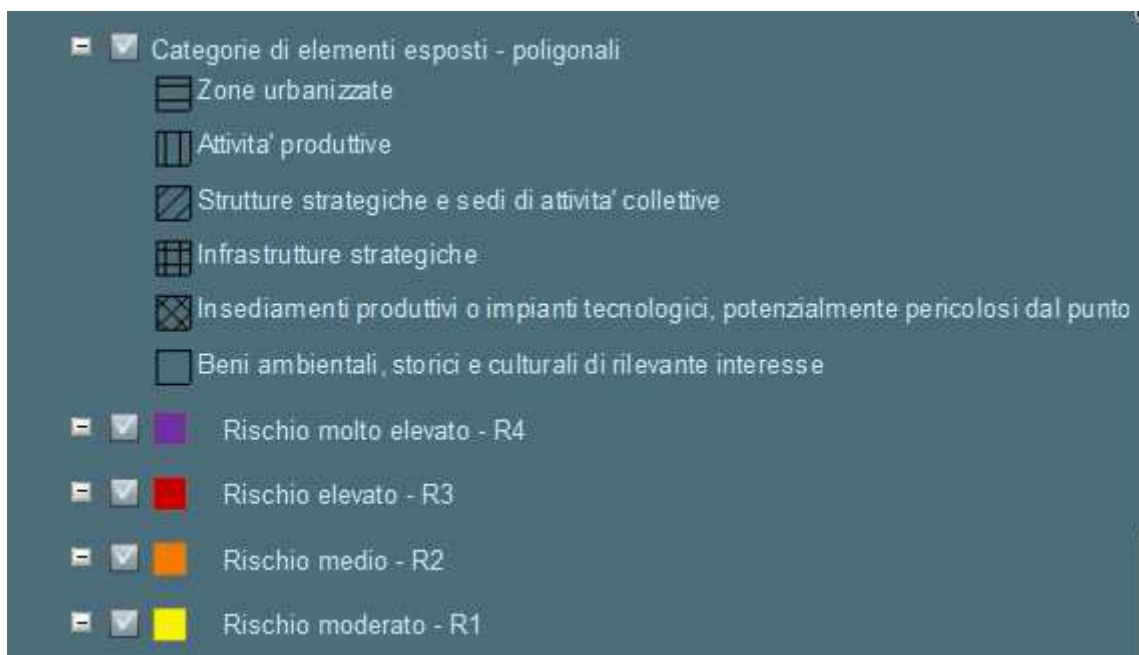


Figura 8.6 – Stralcio mappatura Rischio Idraulico del Valle della Torre (imbocco sud).



Per il reticolo secondario collinare e montano e per le aree costiere lacuali è stato adottato un metodo di analisi semplificato, che prevede l'utilizzo degli elementi conoscitivi, risultanti generalmente dagli studi di adeguamento al PAI degli strumenti di pianificazione locale (PRG, PTCP) derivanti da analisi di tipo geomorfologico e storico-inventariale e solo localmente di tipo idrologico ed idraulico.

Nel caso specifico la perimetrazione della pericolosità è evidentemente stata effettuata con criterio di tipo geomorfologico, come si evince dalla seguente carta dei vincoli redatta nell'ambito dello Studio Geologico del Piano di Governo del Territorio del Comune di Gargnano:

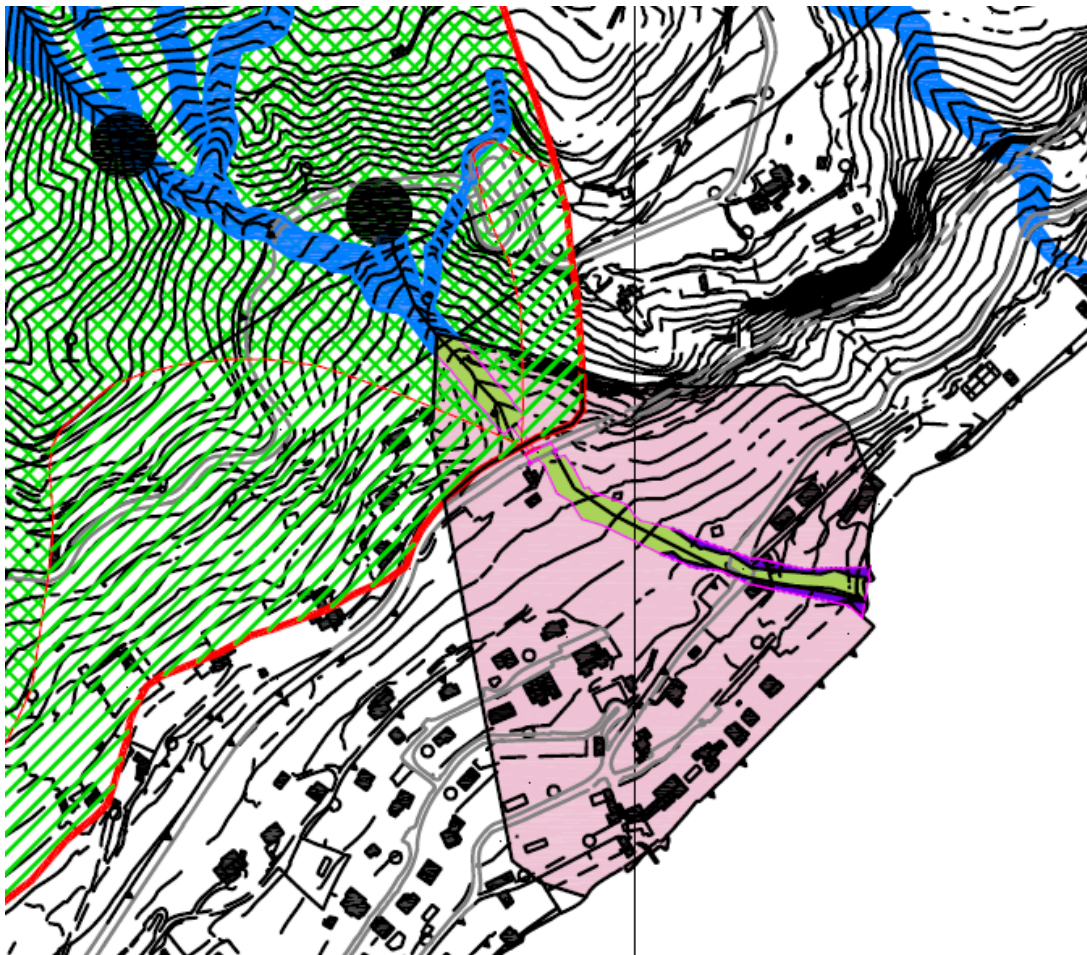


Figura 8.7 – Stralcio Carta dei vincoli esistenti – (PGT del Comune di Gargnano).

Occorre considerare che le perimetrazioni indicate sono riferite allo stato attuale, secondo cui l'attraversamento esistente sotto la SS45 bis "Gardesana", come descritto nel precedentemente, presenta a monte un tombamento che evidentemente determina un ostacolo al libero deflusso delle acque nel Vallone, creando una sorta di diga a monte dello stesso.

La realizzazione della nuova infrastruttura determinerebbe la demolizione dell'attuale tombamento, e costruzione di una nuova opera scatolare che andrebbe a ridurre le problematiche connesse a possibili rigurgiti verso monte, o tracimazioni del sedime stradale attuale.

8.3 Caratterizzazione Idrologica del territorio

La perimetrazione dei bacini idrografici è stata individuata su apposita carta tecnica regionale e riportata nella corografia allegata alla presente (elab. T00ID000IDRCO01A), di cui si riporta il seguente stralcio:

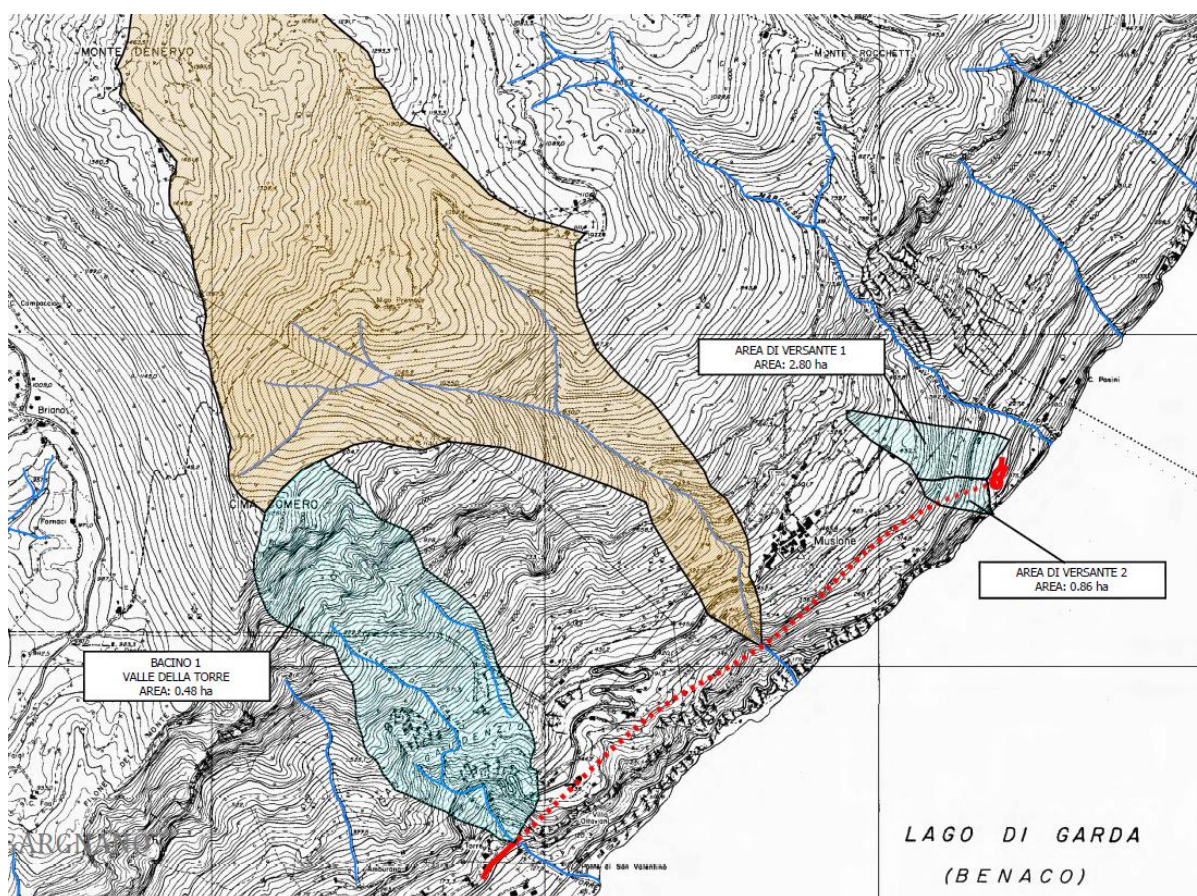


Figura 8.8 – Stralcio Corografia dei Bacini.

L'indagine idraulica per lo studio ed il dimensionamento delle opere atte a risolvere le interferenze con il reticolo idrografico superficiale è stata condotta sulla base dei risultati ottenuti dallo studio idrologico, riportati nella Relazione Idrologica (T00ID00IDRRE01A) e di seguito brevemente sintetizzati:

Curve di possibilità pluviometrica

La successione cronologica degli eventi pluviometrici, benché costituisca il punto di partenza di ogni elaborazione, non sempre è adeguata a sistematiche ricerche data la irregolarità con la quale generalmente tali eventi si presentano. Si ricorre, pertanto, a rappresentazioni cartesiane, ottenute attraverso un'analisi statistica dei dati disponibili, dove in ascissa sono riportati i tempi ed in ordinata le intensità di precipitazione o le altezze totali di precipitazione per assegnati tempi di ritorno.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo:

$$h_{(t,T_r)} = a \cdot t^n$$

in cui i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Nel presente lavoro sono stati presi come riferimento sia i parametri indicati nella Direttiva 2 del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po che quelli forniti dall'ARPA Lombardia, utilizzando, cautelativamente, come parametri di progetto quelli maggiori:

	Tr (anni)									
	25		50		100		200		500	
	a	n	a	n	a	N	a	n	a	n
t > 1h	46.58	0.287	52.09	0.287	57.60	0.287	63.15	0.287	70.55	0.287
t < 1h	48.81	0.465	54.58	0.465	60.36	0.465	66.17	0.465	73.93	0.465

Precipitazioni massime

Il tempo di corrivazione, inteso quale tempo intercorrente fra l'inizio della pioggia efficace (cioè che dà luogo ai deflussi superficiali) ed il colmo della piena, ritenuto uguale al tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino pervenga alla sezione di chiusura, costituisce un parametro del modello indipendente dalla portata e dal tempo. Nel presente progetto, date le limitate estensioni dei bacini, è stata utilizzata la formula di Kirpich.

Una volta determinata la durata della pioggia critica sul bacino in esame, assunta pari al tempo di corrivazione, si può procedere alla stima delle altezze massime di precipitazione sul bacino in funzione dei diversi tempi di ritorno, adottando i parametri a ed n precedentemente individuati.

Bacino	T _c (ore)	h (T _r =50anni) (mm)	h (T _r =100anni) (mm)	h (T _r =200anni) (mm)	H (T _r =500anni) (mm)
Valle della Torre	0.167	23.7	26.2	28.7	32.1

Modelli di trasformazione Afflussi/Deflussi

Il metodo razionale costituisce una schematizzazione del fenomeno di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino; di seguito si riassumono sinteticamente le principali ipotesi su cui fonda.

Si ipotizza che il bacino fornisca una risposta di tipo lineare tra le piogge in ingresso e la portata defluente dalla sezione di chiusura. La pioggia di progetto viene assunta costante nel tempo e uniformemente distribuita sull'intero bacino.

La massima portata al colmo di piena, in funzione dei parametri morfometrici del bacino e della pioggia che genera la piena, si ottiene mediante la seguente espressione, che costituisce una semplice forma di bilancio idrologico:

$$Q_c = (P_n * A) / (3,6 * t_c)$$

dove:

- Q_c è il valore della massima portata al colmo (m³/s);
- t_c è il tempo di corrivazione (ore);
- P_n(t_c, T_r) è l'altezza di pioggia netta (mm), corrispondente alla durata pari al tempo di corrivazione (t_c), dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica di tempo di ritorno assegnato (T_r);
- A è l'area del bacino (km²).

Il calcolo della pioggia netta, ovvero del volume della piena, è stato effettuato in base al metodo del Curve Number, formulato dal Soil Conservation Service nel 1972 (SCS-CN)

Il valore del CN varia a seconda dell'utilizzo e della gestione del suolo, poiché ciascun tipo di terreno può essere caratterizzato da un diverso grado di sfruttamento: basso, medio, alto. Inoltre, a seconda delle

condizioni idrauliche del terreno, si può avere un suolo asciutto (condizione I), un suolo medio (o AMC II) ed infine un suolo completamente saturo (condizione AMC III).

Utilizzando i valori dei diversi parametri precedentemente stimati si sono determinate le portate di piena al colmo per il bacino del fosso Valle della Torre per i tempi di ritorno prefissati. I valori vengono riportati nella tabella seguente:

NOME BACINO	Tempo di corrivazione	Portata al Colmo	Portata al Colmo	Portata al Colmo	Portata al Colmo
	Tc (ore)	Q (Tr=50anni) (m ³ /s)	Q (Tr=100anni) (m ³ /s)	Q (Tr=200anni) (m ³ /s)	Q (Tr=500anni) (m ³ /s)
Valle della Torre	0.17	5.04	6.09	7.21	8.79

8.4 Analisi idraulica

Le verifiche idrauliche compiute sono finalizzate a determinare che il deflusso relativo agli eventi di piena di riferimento siano compatibili con il funzionamento delle opere di attraversamento senza interessare l'infrastruttura stradale.

Come precedentemente descritto il nuovo attraversamento idraulico avrà una sezione scatolare di 4 m di base e altezza variabile da 2 m a 4,5 m di lunghezza pari a circa 22 m.

La verifica è stata effettuata utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS, sviluppato dall' U.S. Army Corp of Engineers, attraverso cui è possibile ricostruire il profilo longitudinale della corrente in moto permanente, identificandone le principali caratteristiche idrodinamiche.

L'analisi è stata condotta su per un esteso tratto a monte e a valle dell'attraversamento. La modellazione consente di individuare i valori di tirante e velocità in corrispondenza dell'opera di progetto e di valutare gli effetti dell'interferenza in termini di variazione di livello, velocità e area della sezione bagnata in rapporto alle condizioni attuali.

I principali risultati dell'analisi (profili, tabelle e franchi idraulici) sono riportati nella Relazione Idraulica (T00ID00IDRRE02A).

Le simulazioni idrauliche sono state realizzate in moto monodimensionale permanente in regime di corrente mista per la portata duecentennale definita nella relazione idrologica, pari a 7,21 m³/s.

Simulazioni Ante operam

In figura 6.9 è rappresentata la planimetria del tratto di corso d'acqua analizzato, con l'indicazione planimetrica delle tracce delle sezioni implementate nel modello idraulico.

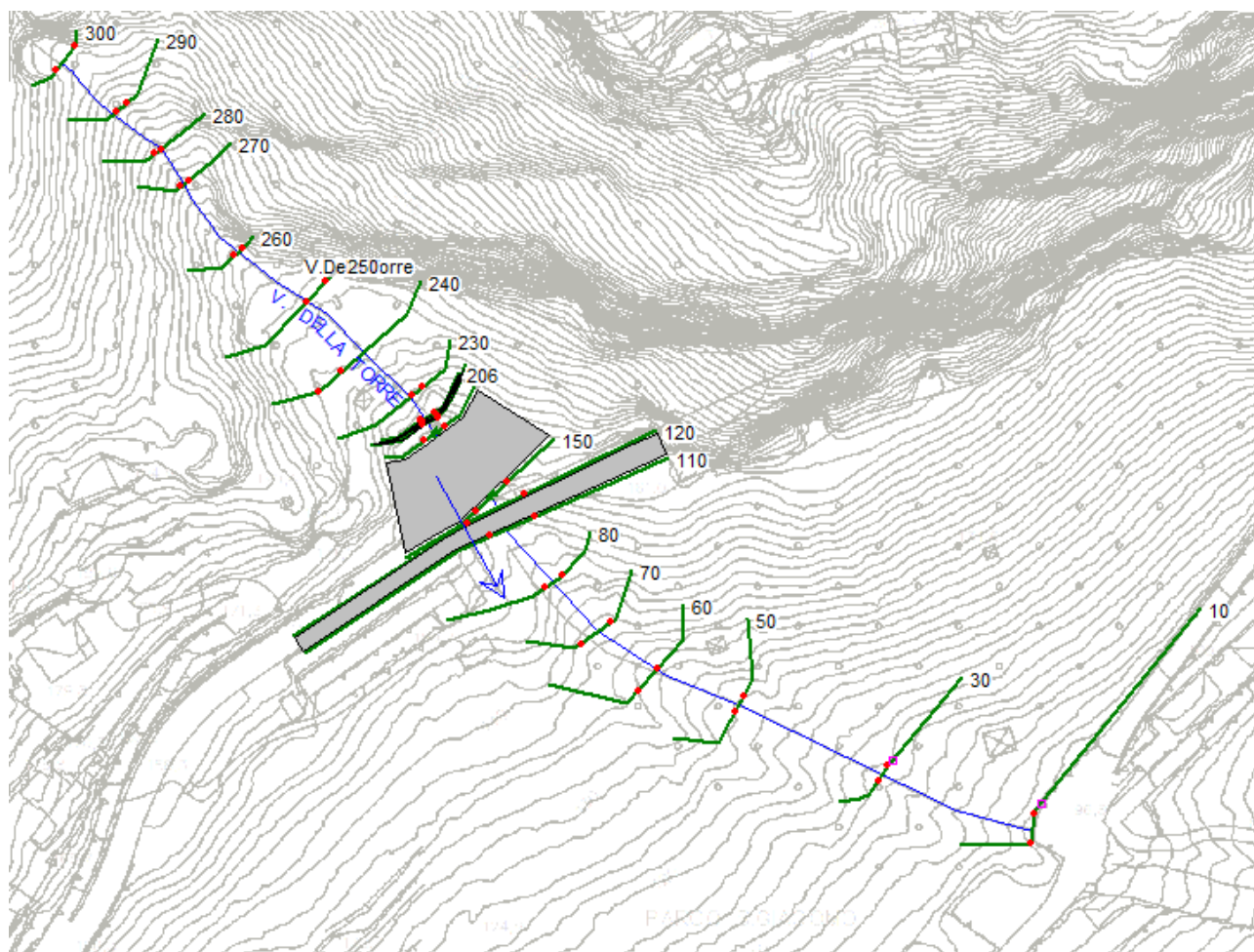


Figura 8.9 – Sezioni utilizzate per il modello di calcolo, simulazione Ante operam.

Sezione di calcolo	Opera	descrizione
155	Due collettori circolari in cls DN1000	Opera preesistente
115	Ponte ad arco	Opera preesistente

In figura 6.10 è rappresentato il profilo idrico in corrispondenza dell'attraversamento del fosso Valle della Torre. Come precedentemente descritto, l'attuale tombamento con 2 collettori circolari DN1000 determina un ostacolo al libero deflusso delle acque nel Vallone, creando una sorta di diga a monte dello stesso.

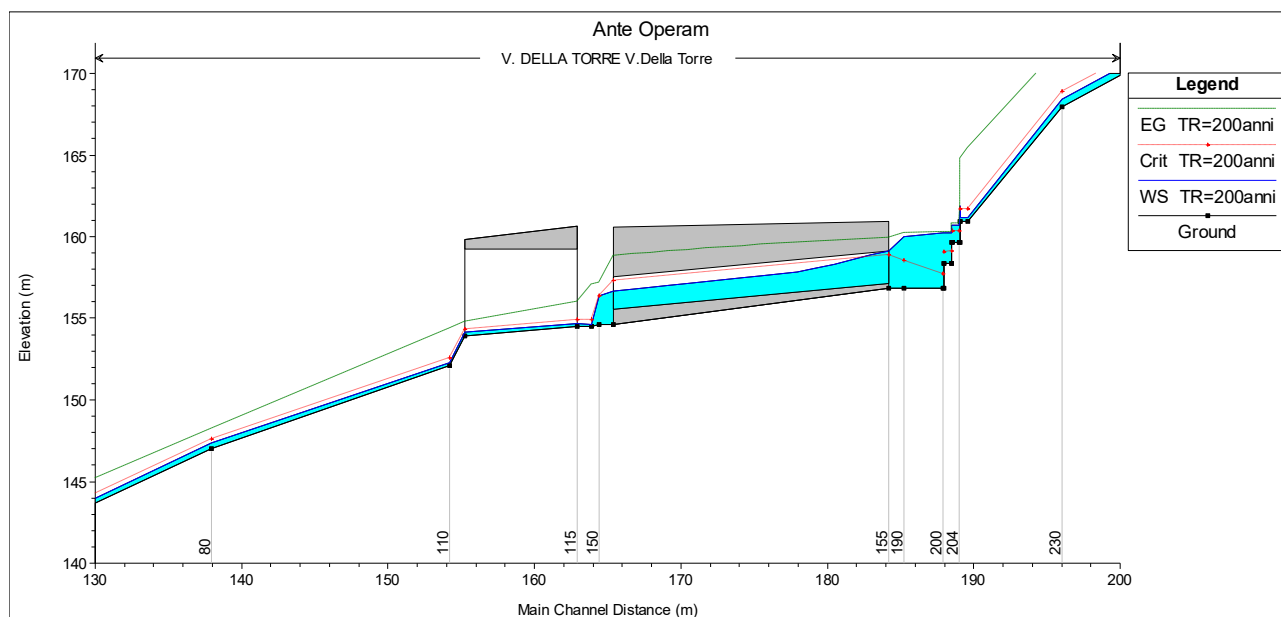


Figura 8.10 – Profilo idrico, simulazione Ante operam (TR=200 anni).

Simulazioni post operam

In figura 6.11 è rappresentata la planimetria del tratto di corso d'acqua analizzato, con l'indicazione planimetrica delle tracce delle sezioni implementate nel modello idraulico nella simulazione Post operam. Nella configurazione post operam è prevista la sistemazione dell'imbocco mediante gradonatura in c.a. e la sostituzione dell'attuale opera di attraversamento, costituita da due tombini DN1000, con uno scatolare a gradoni di luce L=4 m ed altezza rastremata da 2 m a 4,50 m.

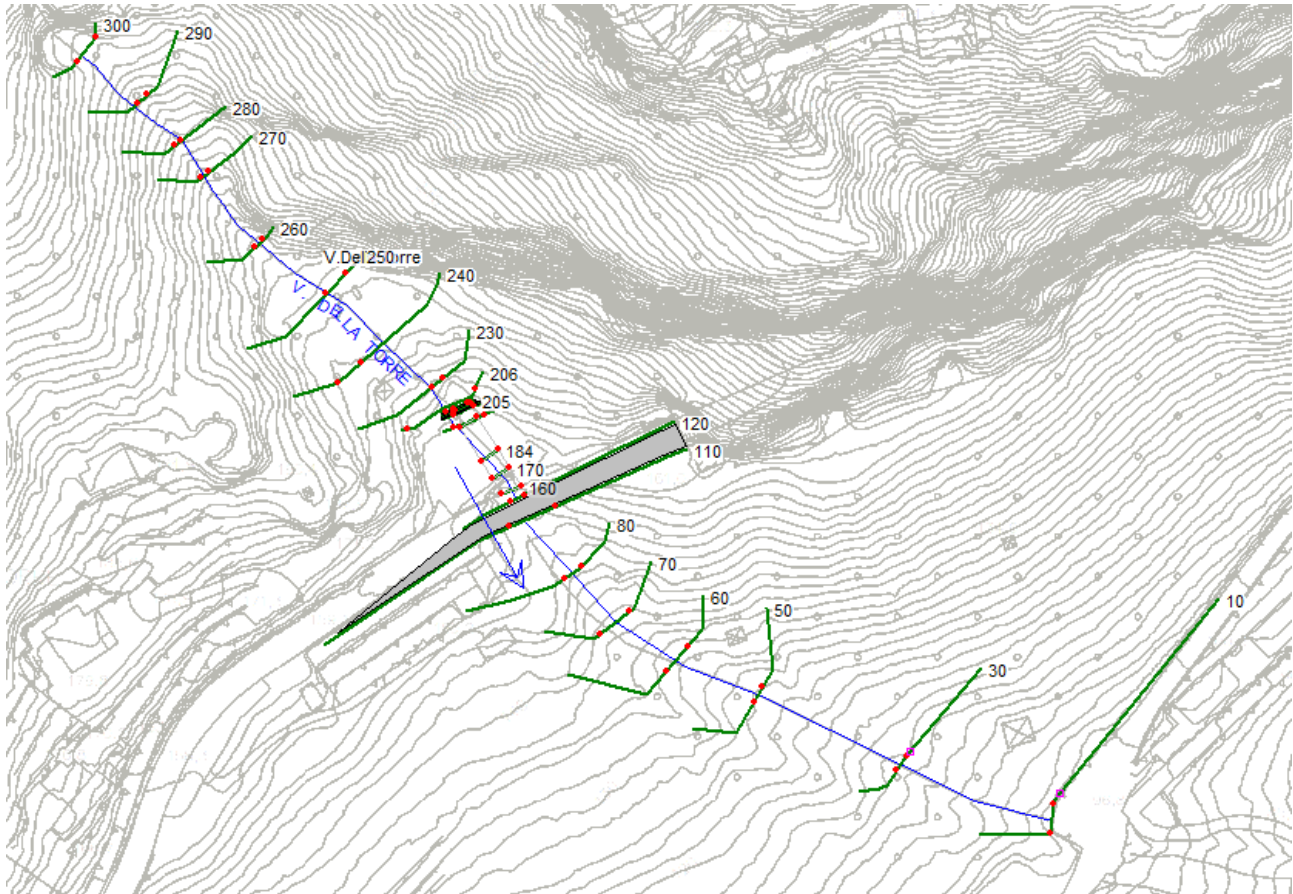


Figura 8.11 – Sezioni utilizzate per il modello di calcolo, simulazione Post operam

Sezione di calcolo	Opera	descrizione
Da 187 a 160	Tombino scatolare	Opera di progetto
115	Ponte ad arco	Opera di progetto

In figura 6.12 è rappresentato il profilo idrico in corrispondenza dell'attraversamento del fosso Valle della Torre. Sulla scorta delle verifiche precedentemente esposte si ritiene che l'opera idraulica di attraversamento prevista per l'alternativa di tracciato prescelta è idonea a smaltire la portata al colmo di piena per Tr 200 anni, con adeguati franchi di sicurezza rispetto all'intradosso degli scatolari ed al piano stradale di progetto.

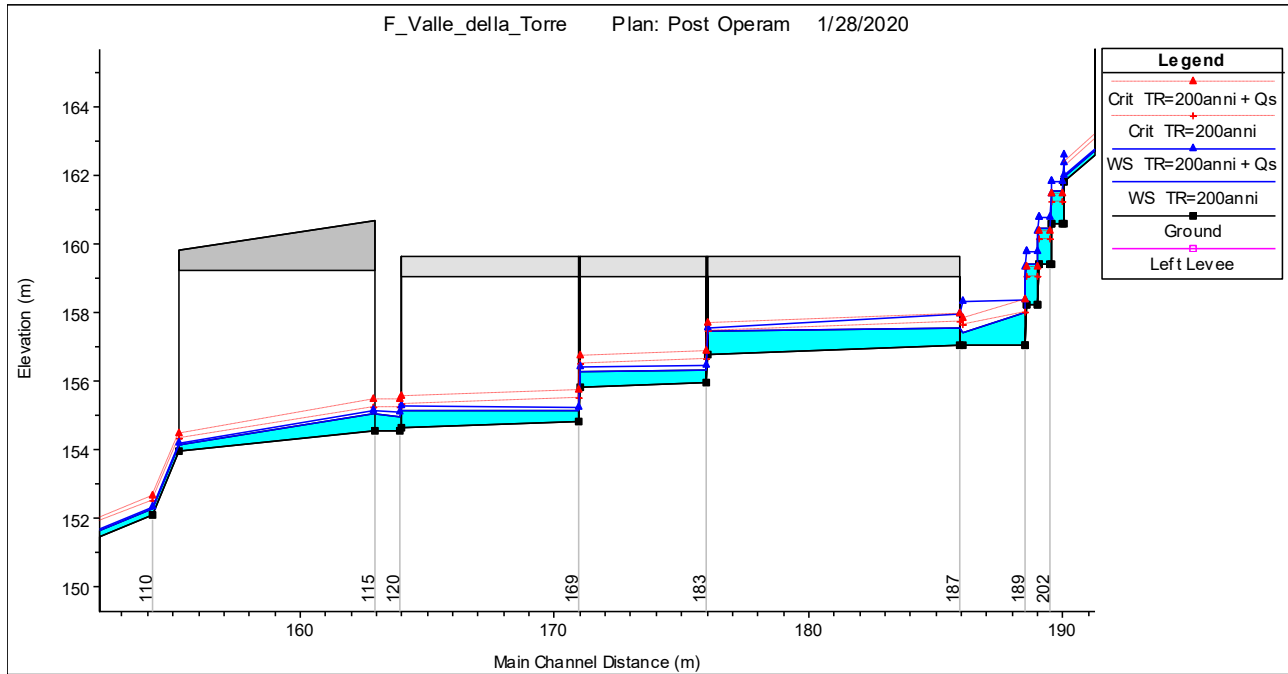


Figura 8.12 – Profilo idrico, simulazione Post operam (TR=200 anni).

8.5 Sistema di smaltimento delle acque di piattaforma

Il tracciato stradale si sviluppa per la quasi totalità in galleria, dove il sistema di drenaggio assume anche il ruolo di impianto di sicurezza. Il suo dimensionamento garantisce la rapida intercettazione e l'allontanamento dei liquidi defluenti in carreggiata, siano essi liquidi infiammabili originati da sversamenti accidentali, reflui dei lavaggi, reflui dell'impianto antincendio, acque di percolazioni o infiltrazione, nonché acque meteoriche in prossimità degli imbocchi. Le tipologie di sistema di drenaggio previste per i diversi tratti di galleria sono riportate nell'elaborato T00ID00IDRPC01A e riassunte nella seguente tabella:

	Sversamento accidentale	Acque di ammasso	Raccolta arco rovescio
Galleria Nuova	- Collettore PEAD DN315 - pozzetto frangifiamma (i=25m)	- Tubo drenaggio microfessurato PVC DN160 - Collettore PVC DN200 con pozzetto (i=50m)	- Tubazione cls DN400
Galleria dei Ciclopi tratto alesato	- Collettore PEAD DN315 - Pozzetto frangifiamma (i=25m)	- Tubo drenaggio microfessurato PVC DN160 - Collettore PVC DN200 con pozzetto (i=50m)	-
Galleria dei Ciclopi	- Collettore PEAD DN315 - Pozzetto frangifiamma (i=25m)	-	-

La rete idraulica di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma in galleria è separata dal sistema di raccolta dei drenaggi a tergo del rivestimento definitivo, con collettori disposti in prossimità dei margini della carreggiata al fine di agevolare le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria.

Per le acque di lavaggio, conformemente a quanto esposto nelle "Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo le normative vigenti" (ANAS,2009), sono previsti vasche di intercettazione ed accumulo degli sversamenti accidentali in galleria. Le vasche, prevista in c.a. (vedi elaborato grafico T00ID00IDRPC02A), saranno posizionata all'esterno della galleria in area ad accesso carrabile e garantire semplicità di ispezione e manutenzione.

Per quanto riguarda i tratti all'aperto, al fine di assicurare lo smaltimento delle acque meteoriche interessanti sia la sede viaria sia i versanti limitrofi è risultato necessario prevedere un sistema di drenaggio a gravità in grado di convogliare, con un margine di sicurezza adeguato, le precipitazioni intense verso i recapiti finali.

Sulla base delle pendenze longitudinali e trasversali della piattaforma stradale e dell'andamento del terreno nelle condizioni post-operam sono state individuate e definite le modalità di trasferimento dell'acqua fino ai recapiti.

Lo smaltimento delle acque meteoriche della sede stradale sarà adeguato, per quanto possibile, al sistema di drenaggio esistente (caratterizzato da cunette ed eventuali griglie di raccolta lato monte, e deflusso libero attraverso aperture a passo costante nei muri a margine della carreggiata).

I recapiti principali saranno costituiti essenzialmente dalle incisioni vallive esistenti (Valle della Torre e Valle della Piazza) e dal Lago di Garda.

9 OPERE D'ARTE

9.1 Galleria Naturale Muslone

L'intervento ha inizio sulla rotatoria di progetto nella quale convergono i due rami di progetto monodirezionali della S.P.45bis, la S.P.38 per l'abitato di Tignale e la prosecuzione a doppio senso della S.p.45bis direzione Ovest.

La galleria è compresa tra progressive 0+009.00 e 1+821.00 e ha quindi uno sviluppo totale di 1812 m, di cui:

- 1790 m in naturale.
- 6 m in galleria artificiale in corrispondenza dell'imbocco Nord.
- 16 m in galleria artificiale in corrispondenza dell'imbocco Sud.

Si tratta di una galleria a canna unica, caratterizzata, nella sezione corrente, da un raggio interno di 4.90 m, con un pavimentato di larghezza complessiva pari a 7.00 m, comprendenti:

- la corsia di marcia da 4.00 m;
- le due banchine laterali da 1.00 e 2.00 m ciascuna.

Queste ultime sono delimitate, come previsto dalla vigente normativa, da New Jersey a ridosso dei piedritti della galleria stessa, con a tergo il vano per l'alloggiamento dei cavidotti per gli impianti.

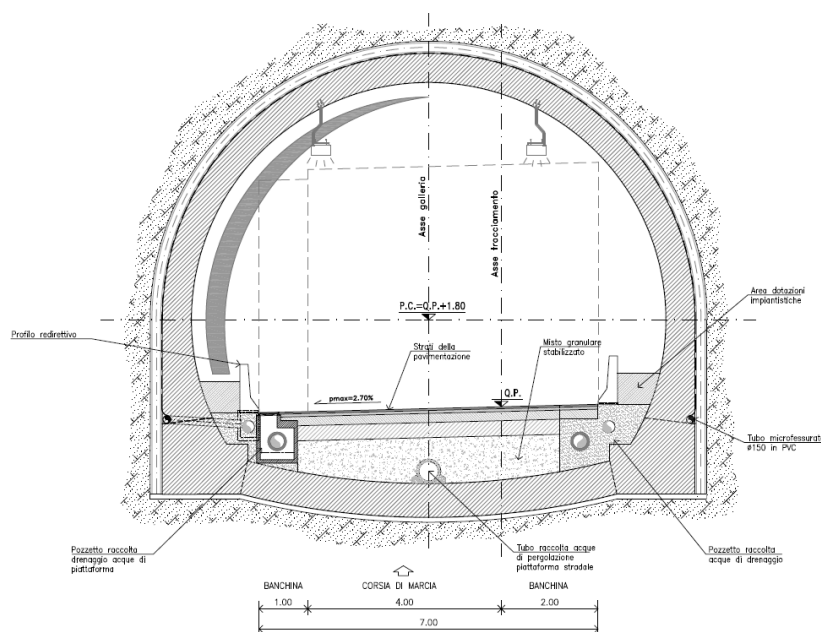


Figura 9.1 – Sezione d'intradosso galleria

Ai fini della sicurezza stradale, è prevista la realizzazione di due piazzole di sosta tra loro distanti 600 m, e di cinque by-pass di collegamento con le gallerie naturali esistenti posti ogni 300 m circa, dei quali 4 pedonali e quello centrale carrabile/pedonale.

L'imbocco Nord è di tipo diretto, mentre l'imbocco Sud verrà realizzato con l'ausilio di una paratia di micropali multitirantata.

9.1.1 Tratto in Naturale

Il tratto in naturale interessa sostanzialmente l'ammasso calcareo marnoso (unità C), a meno di un breve tratto all'imbocco Sud dove è prevista la presenza di coltre eluvio-colluviale (Unità A) nella parte alta della sagoma del cavo.

La copertura litostatica varia tra un minimo di circa 4 m agli imbocchi fino ad un massimo di 170 m nel settore centrale.

La tipologia di avanzamento prevede lo scavo a piena sezione con la realizzazione di consolidamenti al contorno e/o al fronte nelle zone a maggior fratturazione e in corrispondenza degli imbocchi e solo con centine e spritz o solo chiodi e spritz dove l'ammasso presenta coperture adeguate e migliori caratteristiche geomeccaniche.

Lo scavo avverrà con l'impiego di esplosivo/mezzi meccanici per i tratti a sufficiente distanza dalle gallerie esistenti e in porzioni di ammasso con caratteristiche geomeccaniche migliori, con martellone (o con mezzi meccanici alternativi) nei restanti tratti. Inoltre, nei tratti di affiancamento alle gallerie esistenti e per i by-pass si dovrà impiegare mezzo di scavo meccanico con limitazione dei mezzi di produzione, al fine di non arrecare danni alle preesistenze.

Per lo scavo della Sezione Corrente della galleria sono previste 4 sezioni tipo di scavo e consolidamento:

- **Sezione A1:** sezione cilindrica utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui lo scavo interessa l'Unità C1 in condizioni di galleria profonda. Si prevede di eseguire lo scavo mediante esplosivi, in vicinanza della galleria esistente mediante martellone. La sezione è caratterizzata da:
 - Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 3 m;
 - 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, L=36 m, sovrapp. =18 m, rivestiti con calza TNT;
 - impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
 - intervento di presostegno del cavo mediante 11/12 chiodi tipo Swellex, L=4.5 m, disposti a quinconce con maglia 1.50 m x 1.50 m;
 - prerivestimento composto da uno strato di 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato;

- strato (eventuale) di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
 - arco rovescio in c.a. di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
 - rivestimento definitivo di calotta in c.a. dello spessore 60 cm.
- **Sezione A2:** sezione cilindrica e viene utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui lo scavo interessa l'Unità C1 in condizioni di galleria profonda. Si prevede di eseguire lo scavo mediante esplosivi, in vicinanza della galleria esistente mediante martellone. La sezione è caratterizzata da:
 - Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 1.20 m;
 - 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, L=36 m, sovrapp. = 18 m, rivestiti con calza TNT;
 - impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
 - prerivestimento composto da doppie centine IPN180 con passo 1.20 m e da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
 - strato (eventuale) di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
 - arco rovescio in c.a. di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
 - rivestimento definitivo di calotta in c.a. dello spessore 60 cm.
- **Sezione B1:** sezione troncoconica e viene utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui lo scavo interessa l'Unità C2 in condizioni di galleria profonda. Si prevede di eseguire lo scavo mediante martellone. La sezione è caratterizzata da:
 - Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 1.0 m;
 - 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, L=36 m, sovrapp. = 27 m, rivestiti con calza TNT;
 - impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
 - intervento di presostegno del cavo mediante infilaggi metallici costituiti da 37 tubi Φ 114.3 e spessore 10 mm, L=15.0 m, sovrapposizione minima 6.0 m, valvolati;
 - prerivestimento composto da doppie centine IPN200 con passo 1.0 m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
 - strato di 10 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
 - arco rovescio in c.a. di spessore 80 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 1.5 diametri;
 - rivestimento definitivo di calotta in c.a. di spessore variabile da 60 a 105 cm gettato ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.
- **Sezione B2:** sezione troncoconica e viene utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui lo scavo interessa l'Unità C2 in condizioni di galleria profonda. Si prevede di eseguire lo scavo mediante martellone. La sezione è caratterizzata da:
 - Scavo a piena sezione con sfondo massimo variabile da 0.80 a 1.2 m;
 - 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, L=36 m, sovrapp. = 27 m, rivestiti con calza TNT;
 - impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
 - intervento di consolidamento del fronte mediante la posa in opera di $44 \pm 10\%$ elementi strutturali in vtr L=18.0 m, sovrapposizione minima 9.0 m, cementati in foro con miscele espansive;

- intervento di presostegno del cavo mediante infilaggi metallici costituiti da 37 tubi Φ 114.3 e spessore 10 mm, L=15.0 m, sovrapposizione minima 6.0 m, valvolati;
- prerivestimento composto da doppie centine IPN200 con passo variabile da 0.80 a 1.2 m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- strato di 10 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
- arco rovescio in c.a. di spessore 80 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 1.5 diametri;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. di spessore variabile da 60 a 105 cm gettato ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

Per lo scavo della Piazzola è prevista 1 sezione tipo di scavo e consolidamento:

- **Sezione Piazzola:** sezione cilindrica e viene utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui si prevede l'inserimento di una piazzola di sosta e lo scavo interessa l'Unità C1 in condizioni di galleria profonda. Si prevede di eseguire lo scavo mediante esplosivi. La sezione è caratterizzata da:
 - Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 1.0 m;
 - 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, L=36 m, sovrapp. = 18 m, rivestiti con calza TNT;
 - impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
 - prerivestimento composto da doppie centine IPN200 con passo 1.0 m e da uno strato di 30 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
 - strato (eventuale) di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
 - arco rovescio in c.a. di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
 - rivestimento definitivo di calotta in c.a. dello spessore 60 cm.

Per lo scavo del By-Pass carrabile/pedonale è prevista 1 sezione tipo di scavo e consolidamento:

- **Sezione By-Pass Carrabile:** sezione cilindrica utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui si prevede l'inserimento del By-Pass carrabile di collegamento tra la galleria Muslone e la galleria esistente e lo scavo interessa l'Unità C1 in condizioni di galleria profonda. Si prevede di eseguire lo scavo mediante martellone (o con mezzi meccanici alternativi ma con limitazione dei sistemi di produzione) per minimizzare gli effetti sulle gallerie esistenti. La sezione è caratterizzata da:
 - Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 1.2 m;
 - 3+3 drenaggi (eventuali) in avanzamento, rivestiti con calza TNT;
 - impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
 - prerivestimento composto da doppie centine IPN180 con passo 1.2 m e da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
 - strato (eventuale) di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
 - arco rovescio in c.a. di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
 - rivestimento definitivo di calotta in c.a. dello spessore 60 cm.

Per lo scavo dei By-Pass pedonali è prevista 1 sezione tipo di scavo e consolidamento:

- **Sezione By-Pass Pedonale:** sezione cilindrica utilizzata nei tratti di galleria naturale in cui si prevede l'inserimento dei By-Pass pedonali di collegamento tra la galleria Muslone e la galleria esistente e lo scavo interessa l'Unità C1 in condizioni di galleria profonda. Si prevede di eseguire lo scavo mediante martellone (o con mezzi meccanici alternativi ma con limitazione dei sistemi di produzione) per minimizzare gli effetti sulle gallerie esistenti. La sezione è caratterizzata da:
 - Scavo a piena sezione con sfondo massimo pari a 1.0 m;
 - impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
 - priverivestimento composto da doppie centine IPN160 con passo 1.0 m e da uno strato di 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
 - strato (eventuale) di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato al fronte;
 - arco rovescio in ca di spessore 40 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri;
 - rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 40 cm gettato ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

9.1.2 Imbocco Sud

Vista la presenza della coltre eluvio-colluviale sul substrato roccioso di base, all'imbocco sud della Galleria Muslone è previsto un tratto di galleria artificiale tradizionale in c.a., da realizzarsi in scavo previa esecuzione di una paratia di micropali multitirantata.

La paratia di micropali presenta le seguenti caratteristiche:

- Altezza massima di scavo: 15 m circa
- Diametro perforazione: $\phi 240$ mm.
- Lunghezza: variabile da 12 m a 21 m.
- Interasse: 40 cm.
- Armatura: tubi in acciaio dn193.7 mm sp10 mm.

I tiranti sono provvisori, sono previsti in acciaio armonico e presentano le seguenti caratteristiche:

- Attivi a 3-4-5 trefoli.
- Inclinati di 0°-25°-35° rispetto all'orizzontale
- Posti a un interasse orizzontale di 2.4m.

Le travi portatiranti degli ordini intermedi sono costituite da profilati in acciaio tipo HEB180 accoppiati.

9.1.3 Galleria Artificiale

La galleria artificiale è policentrica, è lunga 11 m, presenta la medesima sagoma d'intradosso della galleria naturale. È sormontata da un muretto in c.a. che spicca dal piedritto lato lago e risvolta al di sopra del portale d'imbocco e che è necessario per il contenimento laterale del terreno di ricoprimento della struttura.

Lo spessore del ricoprimento della galleria varia da un minimo di 50 cm a un massimo di circa 4 m in asse struttura.

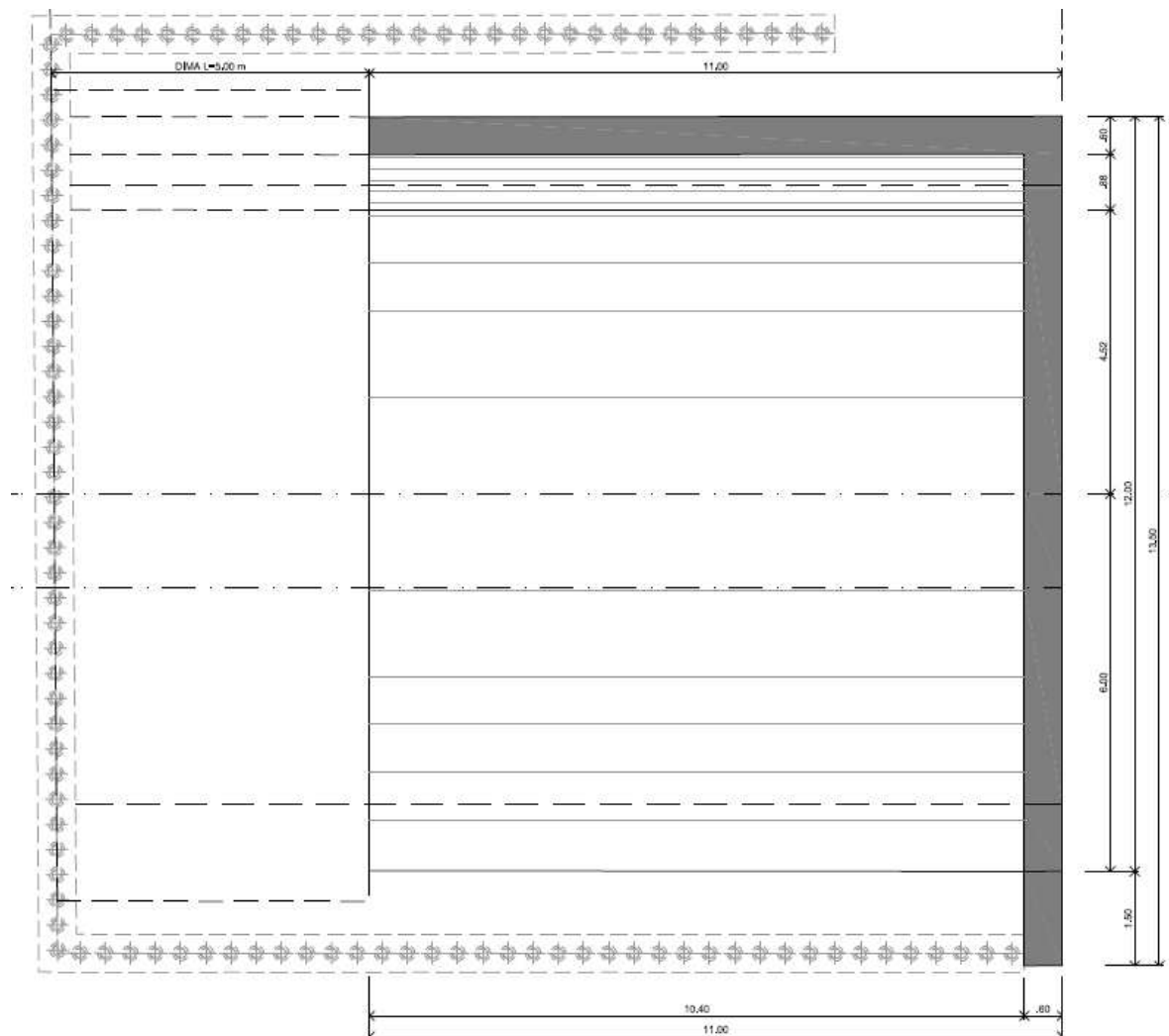


Figura 9.2 – Planimetria galleria artificiale

9.1.4 Imbocco Nord

Alla luce della morfologia e delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei litotipi interessati dalle opere, dal lato Nord, per la galleria Muslone è previsto imbocco diretto con scavo in trincea su parete rocciosa da consolidare, in discesa, tramite sistema combinato chiodature con barre di ancoraggio passive.

Le opere d'imbocco si limitano pertanto alla presenza di un becco capovolto in c.a. e struttura di transizione con la galleria naturale, costituita dalla dima con sottostante concio di attacco.

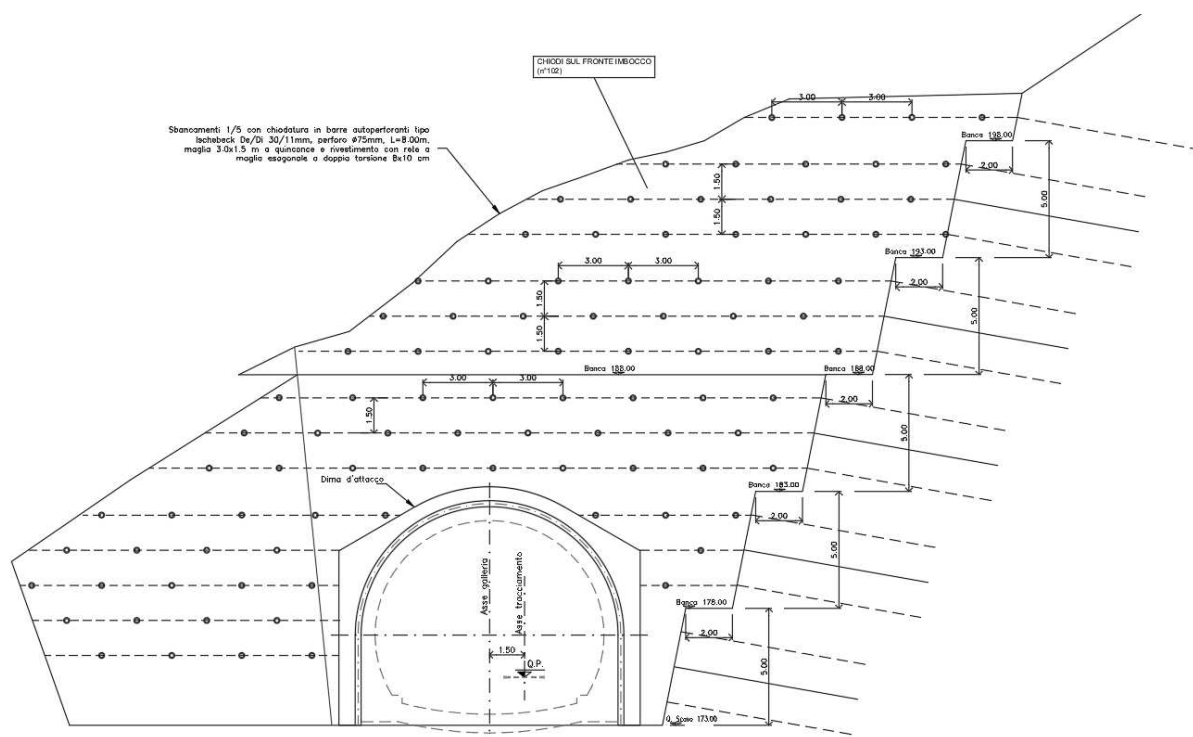


Figura 9.3 – Prospetto imbocco Nord

Le lavorazioni di messa in sicurezza della parete rocciosa prevedono la realizzazione di una diffusa maglia di rinforzo costituita da chiodatura con barre di ancoraggio passive cave, a filettatura continua, disposte su maglia a quinconce ad interasse 3.0 m (h) x 1.5m (v), di lunghezza pari a 8 m, alloggiato e intasato con malta cementizia su tutta la lunghezza all'interno di perfori di diametro $\phi = 75$ mm.

La massima altezza di chiodatura del fronte roccioso risulta pari a circa 27 m.

Le scarpate chiodate vengono profilate con scarpa di progetto pari a 5/1 V/O (80° sull'orizzontale), interponendo delle banche con funzione rompitratta (ogni 5m di altezza della scarpata viene eseguita una berma di larghezza L=2m), che riducono l'acclività della scarpata effettivamente gravante.

La previsione operativa è quella di eseguire lo scavo alternando l'uso del martello demolitore, nelle porzioni più tenaci e competenti dell'ammasso, a quello della benna rinforzata da roccia, per le parti più tenere.

L'intervento di consolidamento è completato da un rivestimento in teli di rete a doppia torsione con maglia tipo 8x10, e filo del diametro pari a 3.0mm, zincato, necessario per evitare fenomeni di instabilizzazione di detrito tra due chiodi adiacenti, e dalla formazione del reticolo di funi in acciaio disposte longitudinalmente e diagonalmente tra le varie file di ancoraggi.

9.2 Interventi sulle Gallerie esistenti

La messa in sicurezza delle gallerie naturali esistenti consiste nell'esecuzione di due interventi:

- Alesaggio e rivestimento del tratto non rivestito della galleria Dei Ciclopi.
- Realizzazione di setti in c.a. in corrispondenza delle aperture lato lago ("finestre") delle gallerie, al fine di fornire un contrasto ai dispositivi di ritenuta di progetto previsti.

La galleria Dei Ciclopi presenta un tratto a roccia vista per una lunghezza di circa 175 m. La messa in sicurezza di questo tratto di galleria consiste nella realizzazione di un rivestimento definitivo in c.a., da realizzare previa fresatura dell'ammasso.

Di seguito si riportano le 7 fasi esecutive previste per la realizzazione dell'intervento. Le fasi da 1 a 4 dovranno essere ripetute ogni 9 m.

- Fase 1 – Consolidamento del cavo mediante chiodature in VTR

Al fine di consolidare l'ammasso e sostenere eventuali blocchi di ammasso instabili si provvederà all'esecuzione del consolidamento al contorno mediante 7/8 tubi in VTR Ø60/40 cementati ad aderenza migliorata di lunghezza pari a 6 m lato monte e 4 m lato valle disposti a interasse longitudinale pari a 1.5 m e trasversale pari a 1.5 m a quinconce.

- Fase 2 – Rimozione rete metallica

Successivamente agli interventi di consolidamento si procederà alla rimozione della rete metallica attualmente presente sul contorno del cavo.

- Fase 3 – Fresatura ammasso fino a nuova sagoma di progetto e taglio eventuali chiodi metallici di ancoraggio rete metallica

In questa fase si procederà con la fresatura dell'ammasso di una profondità sufficiente a realizzare il rivestimento di progetto secondo gli elaborati di carpenteria. Ove presenti si procederà al taglio dei chiodi di ancoraggio della rete metallica.

- Fase 4 – Regolarizzazione del contorno del cavo previa getto di 5 cm di spritz-beton

Al termine di ogni campo si procederà all'immediata posa in opera dello spritz-beton fibrorinforzato di regolarizzazione di spessore pari a 5 cm.

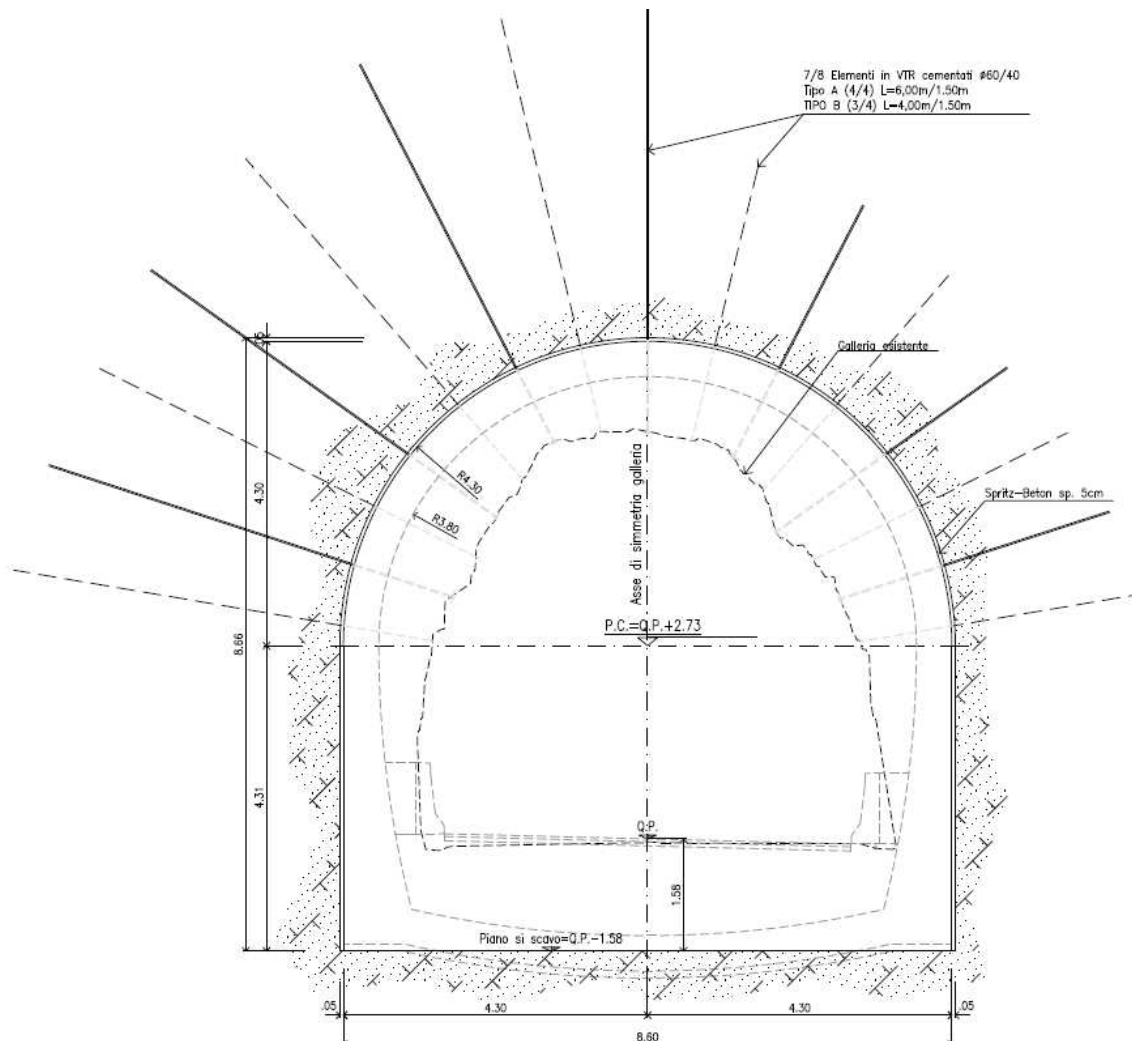


Figura 9.4 – Alesaggio ammasso e posa spritz

• Fase 5 – Posa armature e getto arco rovescio e murette

Una volta realizzato lo spritz, si procederà alla posa delle armature e al getto di arco rovescio e murette. Si prevede uno spessore minimo pari a 50 cm con incidenza armatura pari a 80 kg/m³

• Fase 6 – Posa impermeabilizzazione

All'intorno del cavo a contatto con lo spritz si prevede la messa in opera di uno strato protettivo di tessuto non tessuto e di un telo impermeabilizzante in PVC.

• Fase 7 – Posa armature e getto piedritti e calotta

Una volta posata l'impermeabilizzazione si procederà alla posa delle armature e al getto del rivestimento definitivo di completamento della struttura (calotta e piedritti). Si prevede uno spessore minimo pari a 50 cm con incidenza armatura pari a 80 kg/m³

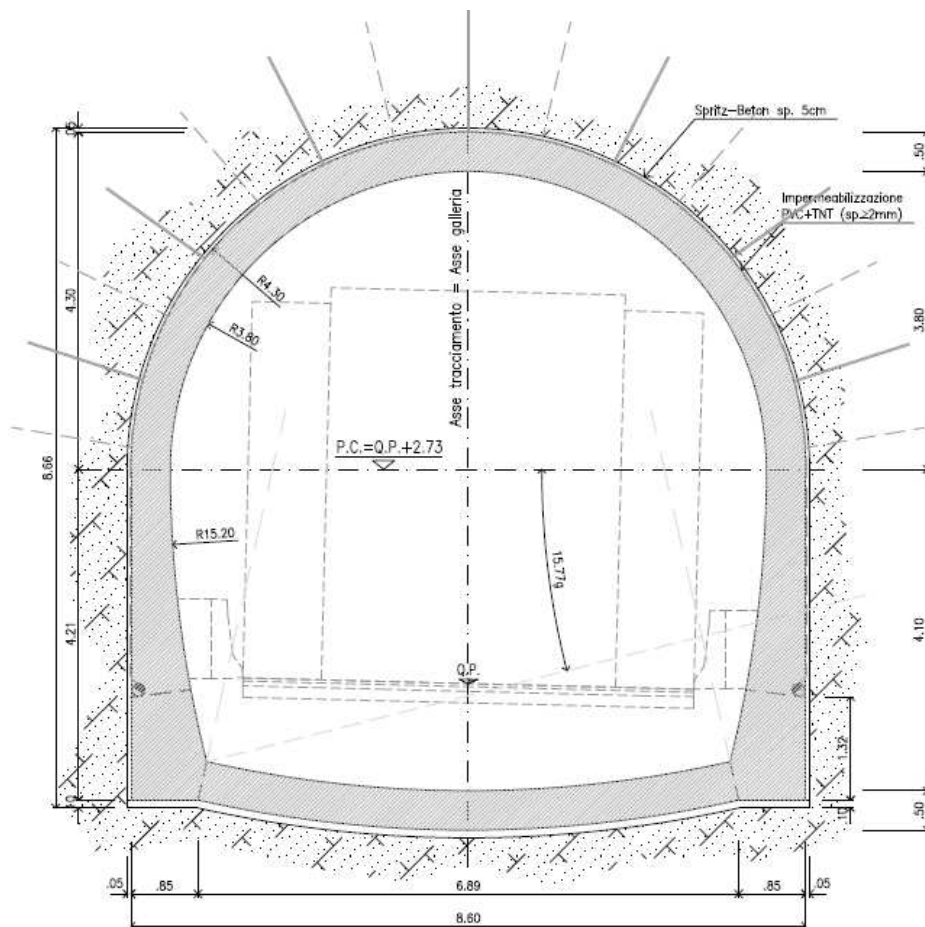


Figura 9.5 – Realizzazione rivestimento definitivo in c.a.

Il progetto stradale di sistemazione della carreggiata esistente come rampa monodirezionale Nord-Sud, prevede la posa in opera di due New-Jersey addossati ai piedritti delle gallerie.

Lo stato di fatto mette in luce la presenza, per le tre gallerie esistenti, di un totale di 26 aperture sul lago (finestre) di sviluppo variabile tra 3.8 m e 6.4 m. In corrispondenza di queste finestre, il piedritto lato valle si interrompe, di conseguenza, il dispositivo di ritenuta previsto in progetto risulta privo di contrasto a tergo.

Per ovviare a questa problematica è prevista la realizzazione di setti in c.a. da inghisare ai fianchi della finestra, sul rivestimento definitivo, tramite la posa in opera di barre di armatura previa perforazione e con l'impiego di resine epossidiche.

I setti presentano altezza pari a 2.0 m dal piano viario e spessore variabile da 50 a 70 cm in funzione della larghezza dell'apertura.

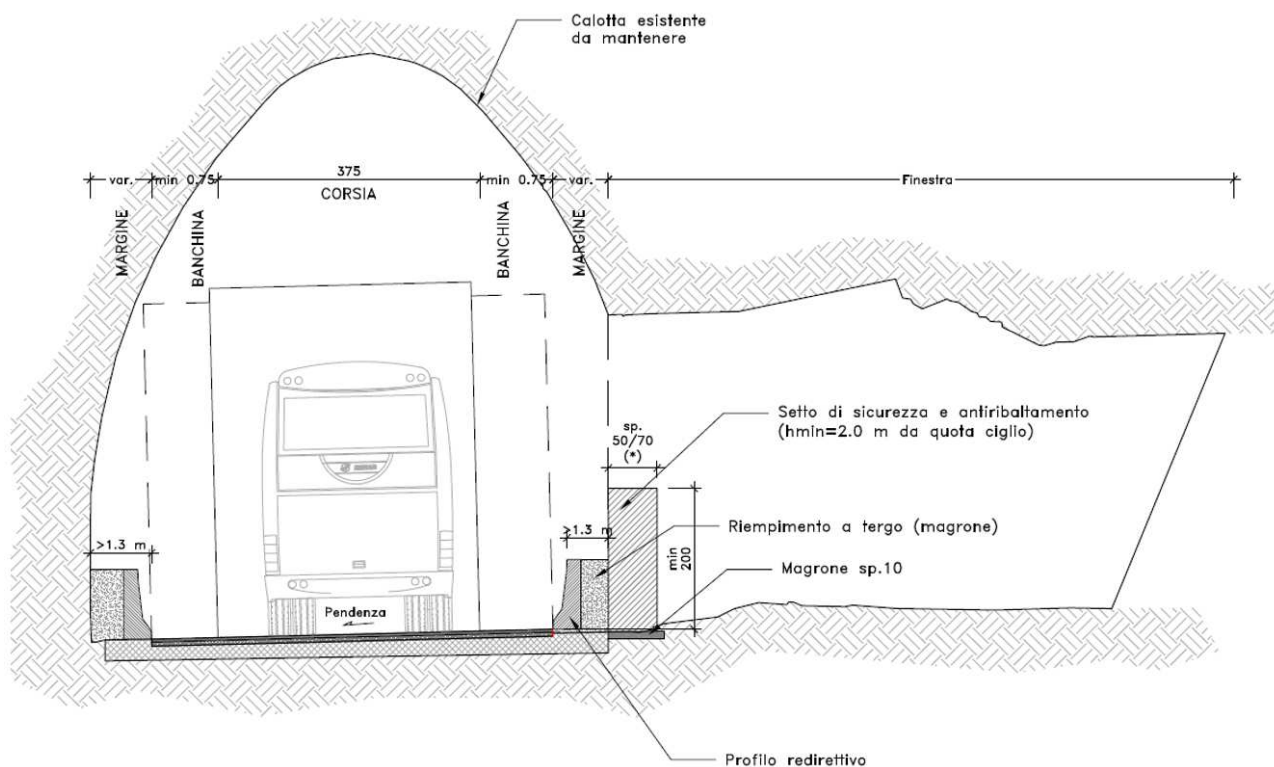


Figura 9.6 – Sezione trasversale galleria ogivale in corrispondenza di una finestra

9.3 Interventi sulla Galleria Impianti

Per consentire la realizzazione delle strutture della cabina elettrica e della vasca di sicurezza e l'installazione degli impianti necessari per la messa in esercizio della Galleria Muslone, è prevista la realizzazione di una galleria artificiale in c.a. nella porzione di Galleria Impianti priva di rivestimento definitivo, da gettare contro le centine, previa getto di Spritz-Beton armato dello spessore totale massimo pari a 25cm.

Le caratteristiche geometriche della galleria artificiale di progetto sono le seguenti:

- Lunghezza 35 m.
- Spessore piedritti pari a 50 cm.
- Spessore copertura pari a 50 cm.
- Fondazioni dirette di base 1.0 m e altezza 50 cm.

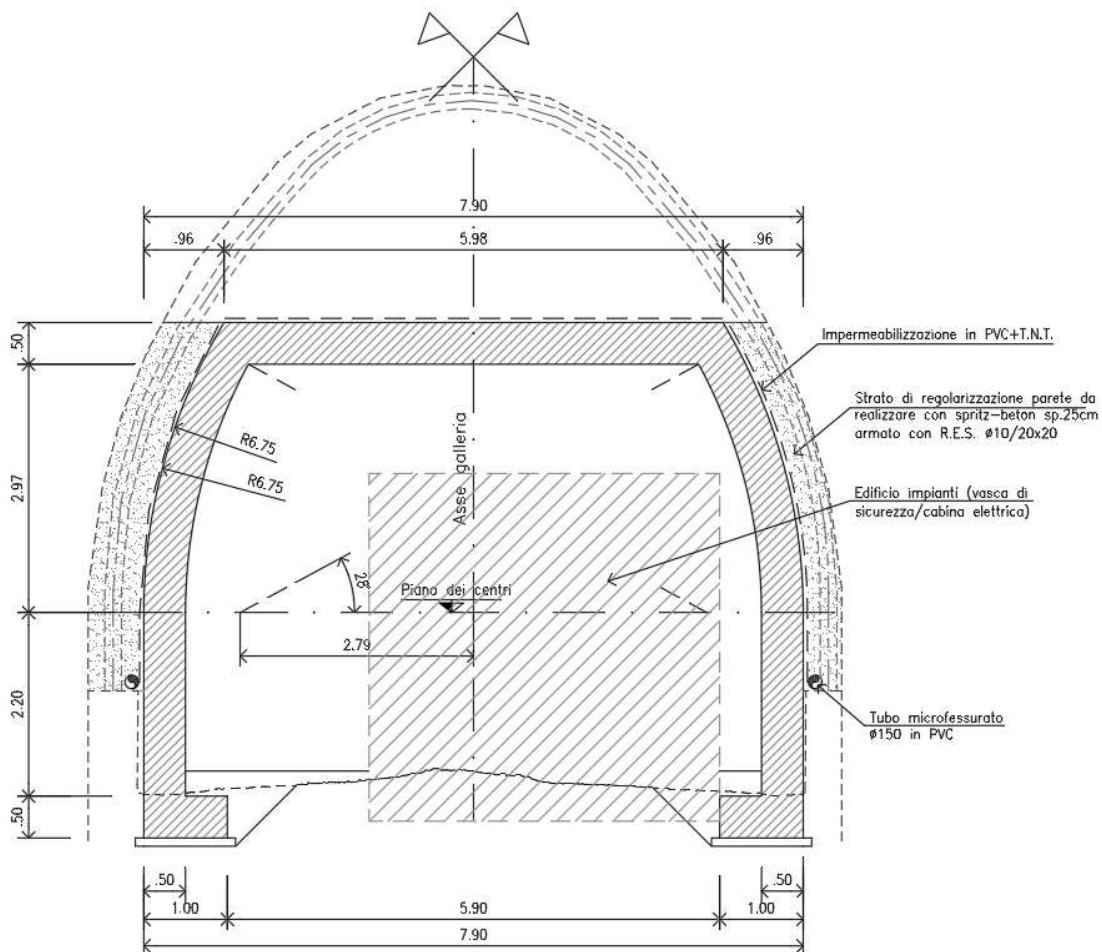


Figura 9.7 – Sezione trasversale galleria di progetto

Al di sopra della copertura è previsto l'intasamento dello spazio tra l'estradosso della soletta e l'intradosso del cavo della Galleria Impianti, con argilla espansa e resina espandente in maniera da evitare che l'eventuale distacco di porzioni di ammasso impattino in maniera dinamica sulla galleria artificiale.

Per contenere il materiale d'intasamento sono previsti paramenti verticale di chiusura a inizio e fine galleria.

9.4 Tombino Valle della Torre

Il tracciato in progetto determina un'interferenza idraulica alla pr. 1+830 del nuovo tracciato (tratto scoperto in sede ordinaria) con un vallone denominato "Valle della Torre", il quale attualmente sottoattraversa la viabilità esistente al km 86+705 circa mediante un ponticello ad arco avente larghezza di base 10.0 m ed altezza circa 6 m (in mezzeria).

Per la realizzazione della variante alla SS45 bis si dovrà pertanto procedere alla demolizione del tombamento esistente ed alla realizzazione di un nuovo attraversamento idraulico.

A monte dell'opera è prevista una adeguata opera di imbocco, con gradonature di dissipazione in c.a., stante la forte pendenza longitudinale del corso d'acqua.

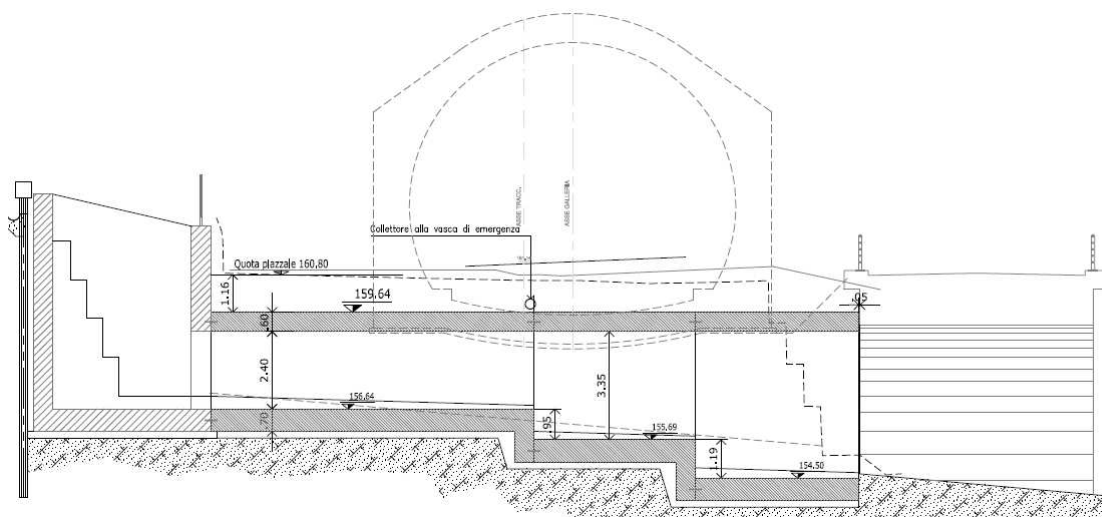


Figura 9.8 – Nuova opera in progetto per il fosso "Valle della Torre".

Il tombino è realizzato con una struttura scatolare in c.a. avente lunghezza totale di circa 21.9 m e larghezza netta costante pari a 4.0 m; l'altezza interna varia da un minimo di 2.40 m ad un massimo di 4.53 m in corrispondenza del soprastante attraversamento stradale della S.S. 45.

I piedritti ed il traverso superiore sono realizzati con spessore di 60 cm, mentre la zattera di fondazione, che non presenta risvolti laterali, ha un'altezza di 70 cm.

Si riportano di seguito i parametri di progetto e la geometria del tombino in esame, il cui dimensionamento è effettuato per la sezione trasversale più sollecitata, ovvero quella di massima altezza.

Caratteristiche materiali e terreno

Calcestruzzo armato - Peso specifico	γ	25	kN/m ³
Calcestruzzo armato - Tipo		C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R_{ck}	37	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f_{ck}	30.7	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E	33000	N/mm ²
Pacchetto stradale - Peso specifico	γ	24	kN/m ³
Terreno del rilevato - Peso specifico	γ	20	kN/m ³
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ	32	°
Terreno di fondazione	K_w	7000	kN/m ³
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione		aggressive	

Ricoprimento

Spessore pacchetto stradale	H_p	0.12	m
Spessore del rinterro	H_r	1.30	m

Geometria

Spessore soletta superiore	S_s	0.60	m
Spessore soletta di fondazione	S_f	0.70	m
Spessore piedritti	S_p	0.60	m
Altezza netta	H_{int}	4.55	m
Larghezza netta	L_{int}	4.00	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L_r	0.00	m

Come modello di calcolo si è assunto lo schema statico di telaio chiuso, analizzato attraverso un'analisi elastico-lineare. Tale telaio viene discretizzato con elementi "frame" di larghezza unitaria, mentre il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler. La soletta inferiore è divisa in 12 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno struttura.

L'analisi dei carichi agenti è stata condotta sulla base delle prescrizioni di norma (D.M. 17-01-2018) e dell'effettiva destinazione e geometria dell'opera.

I risultati delle analisi e delle verifiche sono riportati nella relativa relazione tecnica e di calcolo (T00TM01STRRE01A).

9.5 Opere di difesa a protezione del tracciato

Il progetto prevede il ricorso a degli interventi di difesa volti a mitigare le situazioni di rischio derivanti dai pendii rocciosi, naturali e artificiali, incumbenti sul tracciato.

Le opere di difesa comprendono:

- opere paramassi;
- consolidamento con chiodatura (trincea chiodata all'imbocco nord della Galleria Muslone).

9.5.1 Opere paramassi

Le opere di mitigazione del rischio di caduta massi sono previste in due distinte aree riconosciute come critiche rispetto a tale problematica:

- area prossima all'imbocco sud della nuova galleria Muslone;
- area ricadente nel tratto fra gallerie esistenti D'Acli e dei Ciclopi.

Le seguenti immagini illustrano le aree di intervento.

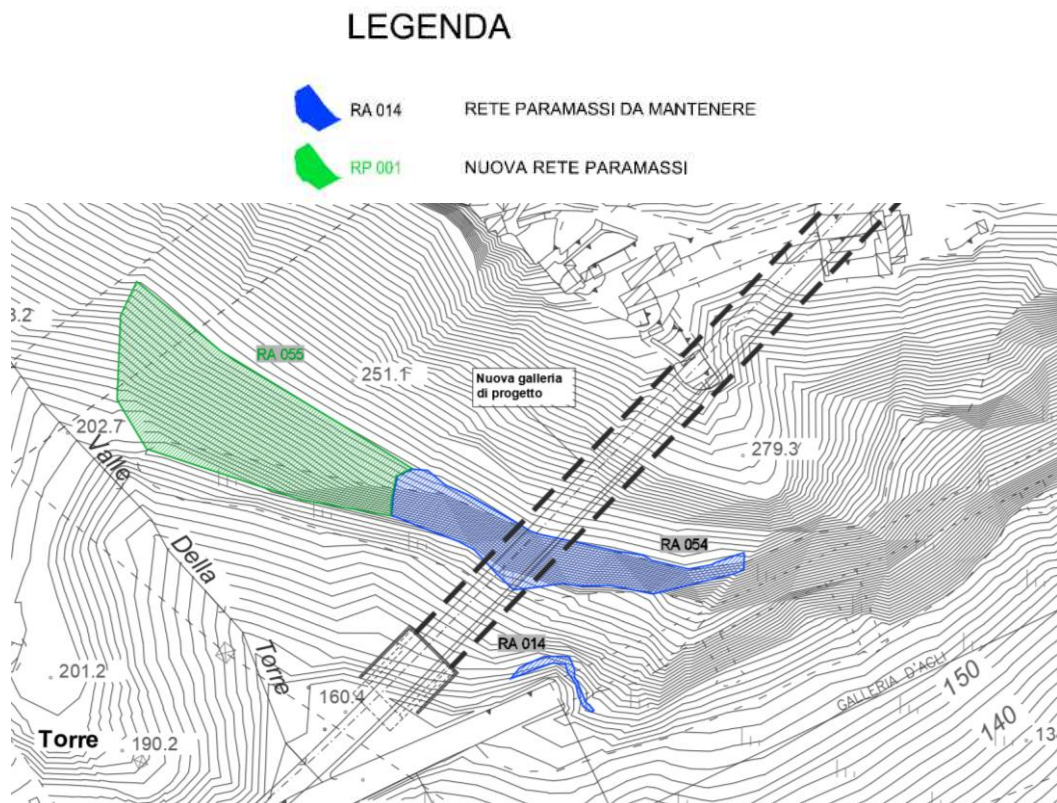


Figura 9.9 – Opere paramassi: zona imbocco sud della nuova galleria Muslone.

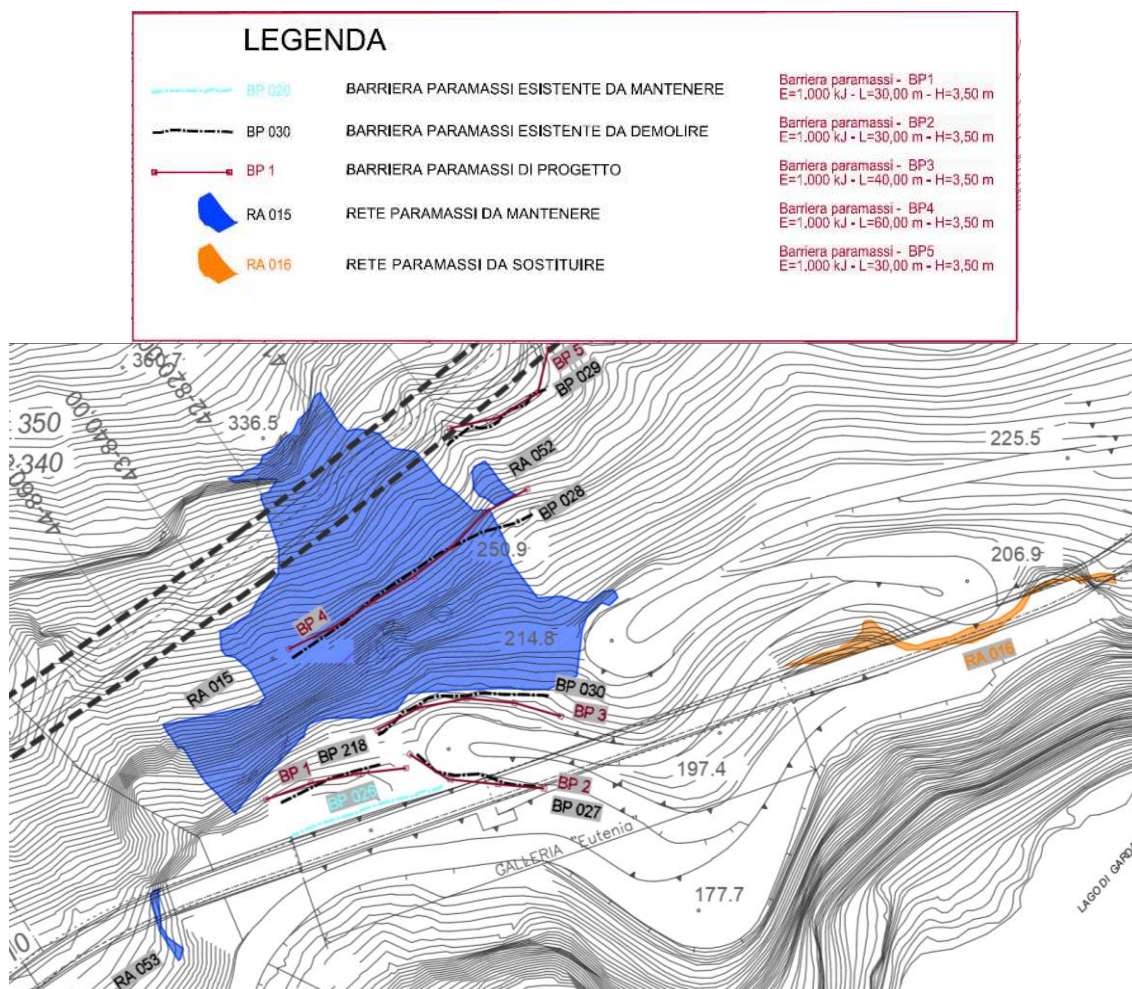


Figura 9.10 – Opere paramassi: zona fra gallerie esistenti D'Acli e dei Cicliopi.

L'intervento di consolidamento risulterà dalla combinazione di tecnologie di difesa attiva e passiva, intendendo di porre in atto sistemi di stabilizzazione capaci di prevenire l'innescio di fenomeni di instabilità agendo direttamente sul fronte roccioso nel caso attivo, di controllarne lo sviluppo a seguito del verificarsi del dissesto nel caso passivo, in entrambi casi finalizzati alla protezione e alla fruizione sostenibile delle aree di valle.

I consolidamenti di tipo "attivo" consistono nel rivestimento delle pareti rocciose tramite la posa di reti metalliche in aderenza, rinforzate con funi e opportunamente chiodate con armature in barre di acciaio (interventi "RA" nelle planimetrie), con interventi sia di tipo "esteso" che "puntuale", questi ultimi costituiti dall'imbracatura di porzioni instabili circoscritte.

Alla categoria degli interventi "passivi" fanno capo le barriere paramassi elastiche ad alto assorbimento di energia (interventi "BP" nelle planimetrie).

Detti consolidamenti avvengono in aree in cui già in passato sono state installate opere paramassi di vario genere, alcune delle quali ormai tecnicamente superate o fuori uso.

L'individuazione delle aree e delle opere che presentano problematiche è avvenuta sulla scorta di sopralluoghi, del censimento delle opere esistenti con associata compilazione di una scheda di valutazione del grado di obsolescenza, di rilievi laser scanner terrestre e fotogrammetrici da drone, di analisi geostrutturali, cinematiche e traiettografiche 2-D e 3-D di caduta massi.

Sulla base di tale quadro conoscitivo, sono state individuate le principali criticità relative sia allo stato di conservazione delle opere di protezione esistenti, sia alla presenza di porzioni rocciose potenzialmente instabili.

Per maggiori dettagli sulle opere paramassi si rimanda alla relativa relazione tecnica e di calcolo (T00GE00GETRE04A).

9.5.2 Trincea chiodata all'imbocco nord della Galleria Muslone

L'intervento di chiodatura verrà eseguito in corrispondenza della trincea prevista presso l'imbocco nord della galleria Muslone.

L'esecuzione della chiodatura sugli scavi è a carattere definitivo e necessaria per ottenere l'adeguamento della rete viaria esistente. Segnatamente, gli scavi chiodati vengono eseguiti per consentire l'allargamento verso monte della viabilità, realizzato attraverso una rotatoria in cui convergeranno le corsie dell'attuale S.P. per Tignale, la futura carreggiata Sud-Nord in sede all'attuale S.S.45 bis e la nuova carreggiata Nord-Sud.

Nella seguente immagine viene illustrata la sezione tipologica degli interventi in progetto.

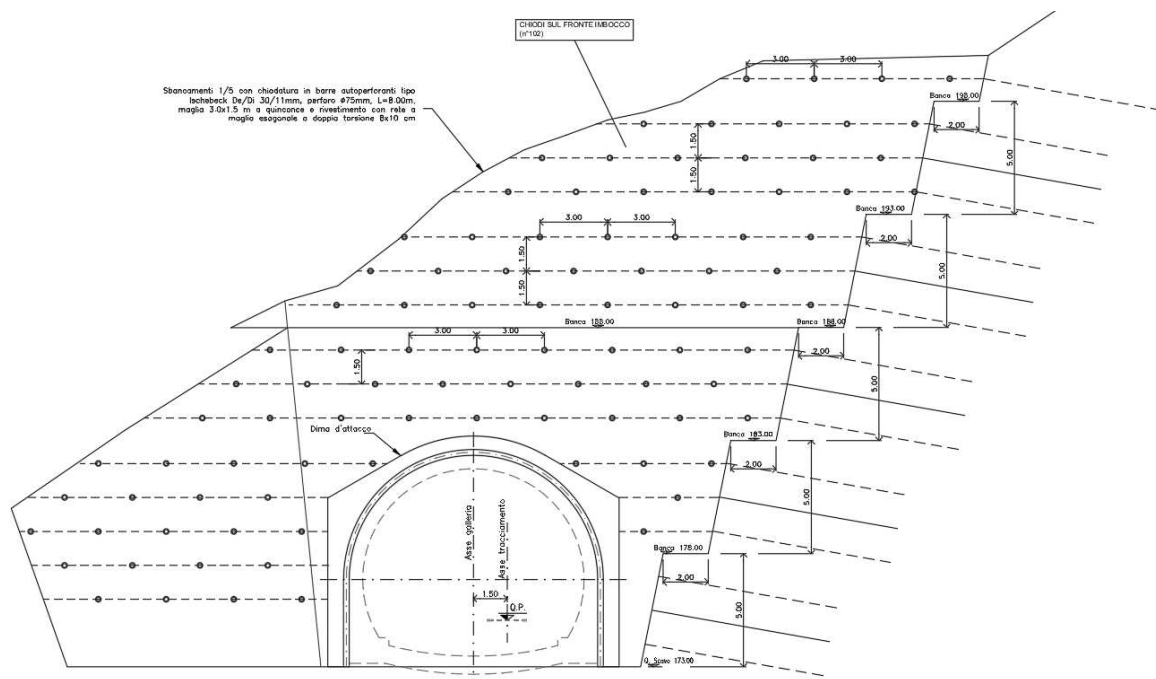


Figura 9.11 – Imbocco Nord galleria Muslone: intervento con chiodatura e rete metallica.

Le lavorazioni di messa in sicurezza della parete rocciosa prevedono la realizzazione di una diffusa maglia di rinforzo costituita da chiodatura con barre di ancoraggio passive cave autoproforanti, di diametro esterno nominale $de=30\text{mm}$, diametro interno nominale $de=11\text{mm}$, in acciaio a grano fine S460NH, a filettatura continua, disposte su maglia a quinconce ad interasse $3.0\text{ m (h)} \times 1.5\text{ m (v)}$, di lunghezza pari a 8.0m , alloggiare e intasate con malta cementizia su tutta la lunghezza all'interno di perfori di diametro $\varphi=75\text{mm}$.

La massima altezza di chiodatura del fronte roccioso risulta pari a circa 27.0m .

Le scarpate chiodate vengono profilate con scarpa di progetto pari a 5/1 V/O (80° sull'orizzontale), interponendo delle banche con funzione rompitratta (ogni 5m di altezza della scarpata viene eseguita una berma di larghezza L=2m), che riducono l'acclività della scarpata effettivamente gravante.

La previsione operativa è quella di eseguire lo scavo alternando l'uso del martello demolitore, nelle porzioni più tenaci e competenti dell'ammasso, a quello della benna rinforzata da roccia, per le parti più tenere.

L'intervento di consolidamento è completato da un rivestimento in teli di rete a doppia torsione con maglia tipo 8x10, in filo zincato del diametro pari a 3.0mm, e dalla formazione del reticolo di funi in acciaio, del diametro $\varphi=12\text{mm}$, disposte longitudinalmente e con orditura romboidale.

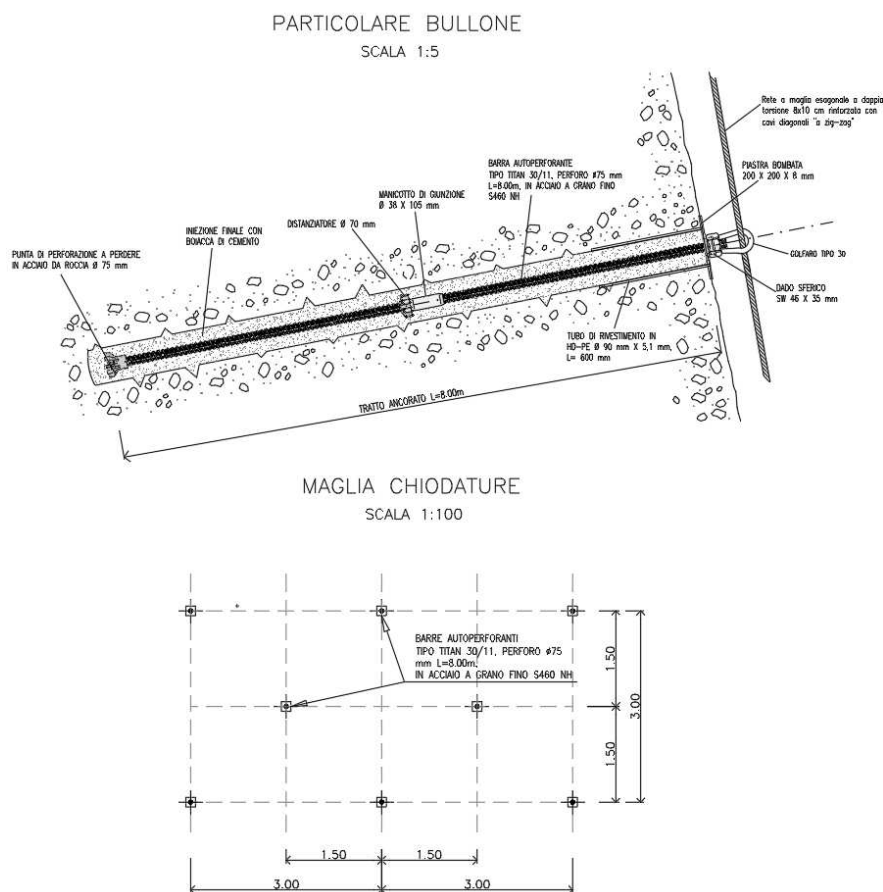


Figura 9.12 – Imbocco Nord galleria Muslone: intervento con chiodatura e rete metallica, particolari.

10 IMPIANTI

Al fine di dimostrare la rispondenza del progetto alle finalità dell'intervento ed il rispetto del livello qualitativo richiesto, quanto scritto nelle pagine seguenti illustra, con riferimento alla sicurezza, la funzionalità e l'economia di gestione, i criteri utilizzati per le scelte progettuali di base e per la progettazione degli impianti previsti, nonché i materiali prescelti e le caratteristiche prestazionali dei differenti equipaggiamenti che saranno installati.

I lavori impiantistici sono costituiti essenzialmente da:

- Realizzazione della nuova galleria "Muslone";
- Modifica dell'attuale del senso di marcia delle attuali gallerie "D'Acli", "Eutenia" e "dei Ciclopi";
- Realizzazione di nuovi by-pass pedonabili e carrabili di collegamento tra la galleria di nuova realizzazione e le gallerie esistenti;
- Realizzazione di una nuova situata presso l'uscita della galleria dei Ciclopi direzione nord;
- Realizzazione nuova cabina elettrica CE1;
- Realizzazione nuova cabina elettrica CE2 e nuova stazione antincendio AI1

A servizio delle opere precedentemente indicate, le opere da realizzare a livello impiantistico generale (cabine – locali tecnici – by pass - gallerie – rotatoria - ecc...), saranno composte essenzialmente da:

- Impianti elettrici speciali:
 - Distribuzione generale e linee di alimentazione principale;
 - Quadri elettrici di distribuzione primaria e secondaria;
 - Impianto elettrici e speciali all'interno dei locali tecnici;
 - Impianto elettrici e speciali in galleria;
 - Impianto di illuminazione normale e di emergenza all'interno delle gallerie e della rotatoria.
- Impianti di ventilazione;
- Impianto idrico-antincendio.

Il progetto degli impianti della galleria è stato sviluppato in funzione di precise scelte progettuali di base. Tali scelte sono state definite in accordo alla normativa di riferimento ed in relazione alle seguenti priorità:

- Sicurezza;
- Continuità di servizio;
- Manutenzione.

Sicurezza

Il fattore sicurezza è stato valutato in condizioni di normale esercizio e di evento anomalo (incidente e incendio).

Le singole apparecchiature dovranno quindi rispettare precise prescrizioni tecniche con riferimento alla normativa adottata.

Continuità di servizio

La continuità di servizio sarà assicurata mediante UPS e/o G.E..

Il dimensionamento del sistema UPS garantirà l'alimentazione delle utenze che richiedono, in funzione della sicurezza e della normativa di riferimento, una continuità di servizio.

I G.E., invece, dovranno permettere una presa di carico istantanea delle utenze alimentate da UPS ed alimentare le parti di impianto necessarie ad ottenere sufficienti livelli di sicurezza e funzionalità.

Manutenzione

Al fine di rendere rapidi ed agevoli gli interventi di manutenzione, le cabine elettriche sono state ubicate all'esterno dei portali principali ed il numero di apparecchiature all'interno della galleria è stato minimizzato.

Il posizionamento dell'equipaggiamento è stato studiato in modo da ottimizzare la gestione delle gallerie durante gli interventi manutentivi (i.e. al fine di evitare l'interruzione del traffico per interventi manutentivi all'impianto idrico antincendio, le relative tubazioni sono state posizionate al di sotto dei marciapiedi senza coinvolgere la zona sottostante la carreggiata).

Infine, le caratteristiche degli apparati previsti nel presente progetto, sono state uniformate in modo da ridurre il numero e la tipologia delle parti di ricambio.

10.1 Qualità dei materiali

Tutti i materiali e le apparecchiature impiegati per la realizzazione degli impianti in oggetto dovranno essere adatti all'ambiente di installazione

Gli impianti elettrici e speciali dovranno essere tutti rispondenti alle relative norme UNI e CEI-UNEL, ove esistano. Inoltre, tutti i suddetti componenti dovranno presentare il Marchio CE e quelli per i quali ne sia

prevista la concessione dovranno essere muniti del Marchio Italiano di Qualità (IMQ) e/o del contrassegno CEI o di altro Marchio o Certificazione equivalente.

In ogni caso materiali ed apparecchiature dovranno essere nuovi, di alta qualità, di sicura affidabilità e completi di tutti gli elementi accessori necessari per la loro messa in opera e per il corretto funzionamento, anche se non espressamente citati nella documentazione progettuale.

10.2 Impianto Idrico-Antincendio

L'erogazione idrica in galleria deve provvedere all'alimentazione dell'impianto idrico antincendio. Il sistema di alimentazione idrica deve essere in grado di garantire la continuità di erogazione idrica per almeno due ore. L'impianto idrico antincendio è costituito da una rete fissa di idranti chiusa ad anello in prossimità degli imbocchi, mantenuta permanentemente in pressione e può essere interrata sotto marciapiede o staffata a vista collocata sulla volta lato corsia di marcia della galleria ed opportunamente protetta con appositi dadi in calcestruzzo.

L'erogazione idrica in galleria deve provvedere all'alimentazione dell'impianto idrico antincendio. Il sistema di alimentazione idrica deve essere in grado di garantire la continuità di erogazione idrica per almeno due ore. L'impianto idrico antincendio è costituito da una rete fissa di idranti chiusa ad anello in prossimità degli imbocchi, mantenuta permanentemente in pressione e può essere interrata sotto marciapiede o staffata a vista collocata sulla volta lato corsia di marcia della galleria ed opportunamente protetta con appositi dadi in calcestruzzo.

L'impianto idrico antincendio deve essere in grado di garantire valori di portata uniformi tra i differenti idranti e comunque non inferiori a 120 l/min per gli idranti DN 45 e 300 l/min per gli idranti DN 70.

L'impianto idrico antincendio deve essere dotato di:

- Idranti UNI 45 con relativo corredo di tubazione flessibile da 20m e lancia erogatrice, con idranti che devono essere previsti nelle stazioni di emergenza o in prossimità delle stesse entro appositi armadietti in acciaio inox almeno AISI 304;
- Idranti UNI 70 con relativo corredo di tubazione flessibile da 20m e lancia erogatrice, con idranti che devono essere previsti agli imbocchi dei fornic;
- Attacchi di mandata per autopompa agli imbocchi dei fornic, con attacchi di immissione che devono essere due ed avere diametro DN 70.

Gli idranti DN 45 devono essere posizionati sul lato di marcia, con interdistanza visibile all'interno degli elaborati grafici. La rete fissa di idranti deve essere chiusa ad anello ed alimentata da una stazione di pompaggio dotata di:

- Gruppo di pompaggio;
- Serbatoio di riserva gettato in opera.

La rete fissa di idranti non deve essere esposta direttamente al fuoco dovendo garantire il servizio per un tempo non inferiore alle due ore nel corso delle operazioni di spegnimento. L'impianto è dimensionato in modo da garantire il simultaneo funzionamento di almeno 4 idranti DN 45 con 120 l/min cadauno e pressione residua non inferiore a 0,2MPa e 1 idrante DN 70 con 300 l/min e pressione residua non inferiore a 0,4MPa, nella posizione idraulicamente più sfavorevole.

La rete fissa di idranti deve essere protetta dal gelo, da possibili urti meccanici, dalla corrosione e consentire le dilatazioni termiche. Ogni pompa antincendio dovrà essere alimentata con propria linea esclusiva, derivata a monte dell'interruttore generale BT dell'impianto elettrico, in modo che l'energia elettrica sia disponibile anche in caso di condizione di aperto di tutti gli interruttori dell'impianto. Le linee di alimentazione devono essere protette contro i cortocircuiti ed i contatti indiretti, ma non contro il sovraccarico, a favore della continuità e sicurezza di esercizio.

L'impianto deve essere alimentato dalla normale rete di distribuzione di energia elettrica e da una fonte di energia elettrica di emergenza.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relativa Relazione Tecnica (T00IM00IMPRE01A)

10.3 Impianto di ventilazione by-pass

Il tunnel è dotato di by-pass, realizzati per consentire la fuga delle persone in caso di emergenza, che devono poter essere classificati come via di fuga protette. Il by-pass ha la funzione di separazione tra i due fornici, pur assicurandone la comunicazione; in caso di incendio in un fornice, esso deve evitare che il fornice contiguo sia invaso dal fumo in occasione dell'apertura delle porte tagliafuoco. In sintesi, il by-pass deve essere in grado di garantire all'incendio la stessa separazione di un muro tagliafuoco privo di aperture. Il by-pass deve essere delimitato da strutture con resistenza al fuoco non inferiore a 120 minuti, dotato di due o più porte munite di congegni di auto-chiusura con resistenza al fuoco REI non inferiore a 120 minuti. Inoltre, i by-pass devono essere dotati di un impianto di ventilazione e pressurizzazione in grado di

prelevare aria dal fornice non interessato dall'incendio allo scopo di evitare che vi sia apporto di sostanze tossiche all'interno della via di fuga protetta.

Per adempiere alle succitate prescrizioni occorre assicurare la pressurizzazione del filtro mediante un idoneo sistema di pressurizzazione, alimentato in continuità assoluta. Il sistema di ventilazione, su ognuno dei due lati di ogni by-pass, sarà costituito da:

- Una griglia di presa d'aria sulla parete che separa il bypass dal fornice;
- Un canale di presa aria in lamiera d'acciaio;
- Filtro posto a monte della presa di aspirazione dell'aria;
- n. 2 ventilatori di sovrappressione completi di serranda tagliafuoco;
- Un sistema di serrande, costituito da n.1 serranda di sovrappressione e n.2 serrande tagliafuoco.

Come rilevabile dagli elaborati grafici, per ciascuno dei cinque by-pass a servizio delle gallerie, è installato un impianto di pressurizzazione che lavora secondo le seguenti configurazioni:

- **Fase di emergenza – scenario n.1:** n.4 porte del filtro chiuse. L'impianto di pressurizzazione deve garantire una differenza di pressione positiva (+ 50 Pa) tra la via di fuga protetta e la galleria (ove si è verificato l'evento incendio).
- **Fase di evacuazione – scenario n.2:** n.2 porte del filtro aperte. L'impianto di pressurizzazione deve garantire una portata d'aria tale da ottenere una velocità dell'aria, attraverso ciascuna porta aperta, pari a 0,75 m/s. Ciò, al fine di evitare la propagazione dei fumi dalla galleria (ove si è verificato l'evento incendio) all'interno del filtro e della via di fuga protetta.
- **Fase di spegnimento VVF – scenario n.3:** n.2 porte del filtro aperte. L'impianto di pressurizzazione deve garantire una portata d'aria tale da ottenere una velocità dell'aria, attraverso ciascuna porta aperta, pari a 2 m/s. Ciò, al fine di consentire l'accesso dei Vigili del Fuoco all'interno della galleria stradale interessata dall'incendio.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relativa Relazione Tecnica (T00IM00IMPRE01A)

10.4 Impianto di ventilazione longitudinale di Galleria

L'impianto di ventilazione meccanica in galleria deve portare alla definizione di una configurazione impiantistica ottimale in grado di garantire:

- La diluizione delle emissioni dei veicoli all'interno della galleria in condizione di esercizio (ventilazione sanitaria);
- La compatibilità ambientale della struttura;
- La gestione e il controllo dei fumi in caso di eventi incidentali possibili individuati come rilevanti (ventilazione di emergenza).

La ventilazione sanitaria deve avere il compito di:

- Diluire gli inquinanti emessi dagli autoveicoli in ogni regime di traffico;
- Diluire gli inquinanti emessi dagli autoveicoli in caso di arresto del traffico conseguente all'accadimento di un incidente non rilevante.

La ventilazione di emergenza, invece, avrà il compito di:

- Disperdere l'energia termica generata dal focolaio di incendio;
- Gestire e controllare il moto dei fumi;
- Diluire le sostanze tossiche ed infiammabili.

La gestione ed il controllo dell'impianto di ventilazione è legato all'integrazione dello stesso con tutti quei dispositivi per la misura dei parametri ambientali all'interno della galleria:

- Velocità e direzione del vento (anemometro);
- Concentrazione di CO, NO, NO₂ e grado di opacità dell'aria (opacimetro);
- Strumento di misura della temperatura e dei fumi.

La gestione della ventilazione sarà affidata al PLC che riceve i segnali provenienti dai sensori presenti in campo (rilevatori di CO-OP, anemometri, cavo fibrolaser) e dai quadri di potenza (MCC).

Nella galleria di nuova realizzazione saranno installate opportune dotazioni dedicate alla misurazione della qualità dell'aria e della velocità e direzione del flusso di ventilazione. Il valore misurato di velocità è fondamentale per la corretta regolazione del sistema di ventilazione ed è essenziale per il controllo del

flusso di ventilazione in caso di evento incendio, quando la velocità dell'aria diventa il parametro di controllo del sistema.

Nello specifico, all'interno della galleria, con distribuzione omogenea lungo la galleria, verranno installati apparecchi per il rilievo di:

- Monossido di carbonio (CO), misurato in p.p.m. [parti per milione] mediante analizzatori di CO, in numero 5 sezioni (come visibile sugli elaborati grafici);
- Particolato o fumi emessi dalla combustione del gasolio e da polveri dovute al traffico, che danno luogo ad una riduzione della visibilità; tale parametro viene misurato come coefficiente di estinzione $k [m^{-1}]$, mediante opacimetri (OP), in numero 5 sezioni (come visibile sugli elaborati grafici);
- Misuratori di velocità dell'aria (anemometri), in numero 5 sezioni (come visibile sugli elaborati grafici).

In aggiunta a quanto sopra, la galleria di nuova realizzazione sarà corredata, in corrispondenza di entrambi i portali, di quadri di comando locale dell'impianto di ventilazione, a servizio dei VV.F. in caso di emergenza.

10.5 Impianti elettrici – Intersezione a rotatoria SS n.45bis

A servizio dello svincolo, le opere da realizzare a livello impiantistico saranno composte essenzialmente da:

- Distribuzione generale e linee di alimentazione principale;
- Quadro elettrico di distribuzione illuminazione svincolo;
- Impianto di illuminazione normale.

Gli aspetti illuminotecnici assunti nella progettazione sono stati dedotti dalle attuali normative UNI EN 11248. In particolare, per l'identificazione della classe d'illuminamento si è fatto riferimento a quanto prescritto dalla norma citata, mentre per la definizione dei parametri illuminotecnici da conseguire con l'impianto a progetto si è applicata la norma EN 13201 – Parte 2.

Per quanto riguarda i calcoli illuminotecnici, riportati nella specifica Relazione Tecnica (T00IM00IMPRE01A) ci si è avvalsi dei programmi software DIALUX e OXYTECH con l'inserimento di apparecchi illuminanti di produzione FIVEP. Resta dunque inteso che gli specifici apparecchi illuminanti impiegati nei calcoli non costituiscono una scelta obbligata per l'Impresa esecutrice, ma unicamente l'individuazione delle caratteristiche costruttive generali tecnico-qualitative degli apparecchi, nonché dei valori illuminotecnici da conseguire.

Sarà pertanto possibile in fase di esecuzione proporre l'impiego di prodotti equivalenti di altri Costruttori che, ovviamente, dovranno possedere i requisiti costruttivi richiesti e conseguire i risultati illuminotecnici prescritti.

10.6 Impianto elettrico in galleria

A servizio delle gallerie, le opere da realizzare a livello impiantistico, saranno composte essenzialmente da:

- Distribuzione generale e linee di alimentazione principale MT/BT;
- Quadri elettrici di distribuzione primaria e secondaria;
- Impianto elettrici e speciali all'interno dei locali tecnici;
- Impianto di illuminazione normale e di emergenza all'interno delle gallerie;

Gli interventi consistono nella realizzazione degli impianti a servizio della nuova galleria, e delle gallerie D'Acli, Eutenia e dei Ciclopi, compresi gli impianti elettrici e speciali a servizio dei locali tecnici.

A tale scopo l'impianto elettrico per gli impianti di cui sopra interesserà:

- Nuova cabina elettrica MT/BT CE1 a servizio del 50% della galleria di nuova realizzazione e della galleria D'Acli;
- Nuova cabina elettrica MT/BT CE2 a servizio del rimanente 50% della galleria di nuova realizzazione, della galleria Eutenia, della galleria dei Ciclopi e della rotatoria.

La fornitura di energia elettrica per ogni cabina elettrica CE1 e CE2 dovrà avvenire in media tensione a 20kV (da confermarsi previo accordi con ente erogatore locale), frequenza 50 Hz, sistema TN-S trifase + neutro per BT e terra separate con potenza adeguata al carico installato.

Per entrambe le cabine è previsto un UPS dedicato per l'illuminazione di emergenza in galleria in tal modo in mancanza rete è possibile alimentare senza soluzione di continuità metà dei circuiti permanenti di illuminazione per un tempo non inferiore a 30'.

Per ognuna delle suddette cabine di seguito si elencano i locali previsti:

- Locale Ente fornitore energia elettrica;
- Locale misure;
- Locale MT/BT;
- Locale quadri elettrici;
- Locale impianti speciali.

10.7 Impianti di illuminazione in galleria

La Norma UNI 11095:2011 costituisce il riferimento per l'illuminazione delle gallerie stradali e ne specifica i requisiti illuminotecnici dell'impianto di illuminazione, al fine di assicurare al conducente di un veicolo, sia di giorno sia di notte, l'entrata, l'attraversamento e l'uscita dal tratto coperto a velocità locale in condizioni adeguate di comfort visivo, con un grado di sicurezza non inferiore a quello presente nei tratti di strada di cui fa parte la galleria.

In funzione dei parametri caratteristici di base, valutati nella Relazione Tecnica Impianti (T00IM00IMPRE01A), gli impianti di illuminazione permanente e di rinforzo sono stati previsti con i seguenti apparecchi illuminanti:

- Illuminazione permanente:
 - apparecchio illuminante in alluminio, classe II, IP66, Led (Potenza Led=740 W – Potenza lampada= 53 W), 230 V, 4000 k, tipo Palazzoli modello TIGUA LED o similare equivalente;
- Illuminazione di rinforzo:
 - apparecchio illuminante in alluminio, classe II, IP66, Led (Potenza varia in base alla zona di installazione), 230 V, 4000 k, tipo Palazzoli modello TIGUA LED o similare equivalente;

L'impianto di illuminazione in galleria è costituito da corpi illuminanti a Led posati su passerella metallica forata in acciaio inox AISI 304, collegati a cassetta di derivazione tramite spina CEE 2P 16A 230V IP65 ed alimentati tramite dorsale di opportuna sezione. Nel caso dei circuiti afferenti l'illuminazione permanente si utilizzeranno cassette di derivazione con grado di protezione non inferiore a IP65 secondo CEI EN 60529, grado di resistenza agli urti minimo IK07.

All'interno delle gallerie sarà inoltre presente un impianto di illuminazione di emergenza, definito come parte dell'illuminazione che persiste in caso di mancanza dell'alimentazione normale dell'energia elettrica, garantendo livelli minimi di luminanza, consentendo agli utenti che si trovano in galleria di poterne uscire in sicurezza, eventualmente a velocità ridotta.

L'illuminazione di emergenza sarà costituita dall'illuminazione della galleria in condizioni di interruzione di erogazione dell'energia elettrica attraverso il 50% delle lampade utilizzate per l'illuminazione permanente e quindi in grado di garantire un livello minimo di luminanza di 1 cd/mq sull'intera galleria per un tempo minimo di 30 minuti. L'emergenza deve essere segnalata agli utenti della galleria tramite l'indicazione "Galleria non illuminata".

11 CANTIERIZZAZIONE

Per ottimizzare l'esecuzione dei lavori e allo stesso tempo minimizzare gli impatti negativi sul territorio e sulla rete stradale esistente, il sistema di cantierizzazione studiato prevede di affrontare le lavorazioni su diversi fronti operativi al fine di ridurre il più possibile le tempistiche di realizzazione.

Data la conformazione del territorio e la mancanza di spazi utili, agli imbocchi della galleria è previsto l'allestimento di due cantieri operativi. I cantieri base e le aree di stoccaggio materiali saranno invece ubicati nel comune di Tignale, in località Prabione a circa 10 km di distanza dall'imbocco Nord.



Figura 11.1 – Ubicazione Aree di Cantiere e di Stoccaggio temporaneo.

L'organizzazione ed il dimensionamento di ogni cantiere è stato basato sulla tipologia d'opera, sulla sua estensione, sui caratteri geometrici delle stesse, sulle scelte progettuali e di costruzione quali il numero di fronti d'attacco della galleria ed i metodi di scavo di adoperato.

I cantieri previsti per la costruzione della nuova galleria si possono suddividere in 2 categorie:

- Cantieri Operativi CO-01 e CO-02
- Cantieri base CB-01 e CB-02

I cantieri operativi contengono gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione dell'opera. Essi sono ubicati in prossimità degli imbocchi della galleria.

Nei cantieri base invece sono allocate le baracche per l'alloggiamento delle maestranze, le mense e gli uffici e tutti i servizi logistici necessari per il funzionamento del cantiere.

Nella tabella successiva si riportano la stima delle dimensioni delle aree dei cantieri previsti.

Cantiere n	Area	Campo base	Area tecnica	Area stoccaggio	Impianto di cls
CB 01	6200 m ²		X	X	X
CB 02	3300 m ²	X			
CO 01	1180 m ²		X	X	
CO 02	790 m ²		X	X	
AS 01	1700 m ²			X	
AS 02	7800 m ²			X	

11.1 Cantieri base

Le aree di cantiere base sono ubicate a Tignale, una di fronte all'altra. In particolare, la prima area (CB 01) ha dimensioni di 6200 mq ed è adibita ad area tecnica industriale, ove difatti verranno collocati gli impianti di produzione di cls, frantumazione e vagliatura, mentre la seconda area (CB 02), di dimensioni pari a 3300 mq, è adibita allo svolgimento della funzione di campo base, ove verranno collocati i baraccamenti e gli uffici necessari all'organizzazione logistica.

Le attrezzature a cielo aperto previste nelle aree di cantiere base sono:

- Box guardiania N° 1,
- Box in lamiera N° 4,

- Uffici N° 3,
- Mensa N° 3,
- Infermeria N° 2,
- Spogliatoi N° 5,
- Vasca lava ruote N° 1,
- Gruppo elettrogeno N° 1,
- Parcheggi per mezzi d'opera,
- Parcheggi autovetture,
- Impianto per la distribuzione dell'acqua,
- Fossa Imhoff,
- Cassone metallico N° 10,
- Serbatoio fuori terra N° 1,
- Impianto mobile di betonaggio che dovrà essere adeguatamente isolato contro il gelo e prevedere appositi impianti per il riscaldamento degli inerti,
- Impianto di frantumazione e vagliatura,
- Depositi per il materiale frantumato e vagliato,
- Area di stoccaggio temporaneo terre,
- Fossa di raccolta e decantazione acque di lavorazione,
- Pesa per i mezzi d'opera.

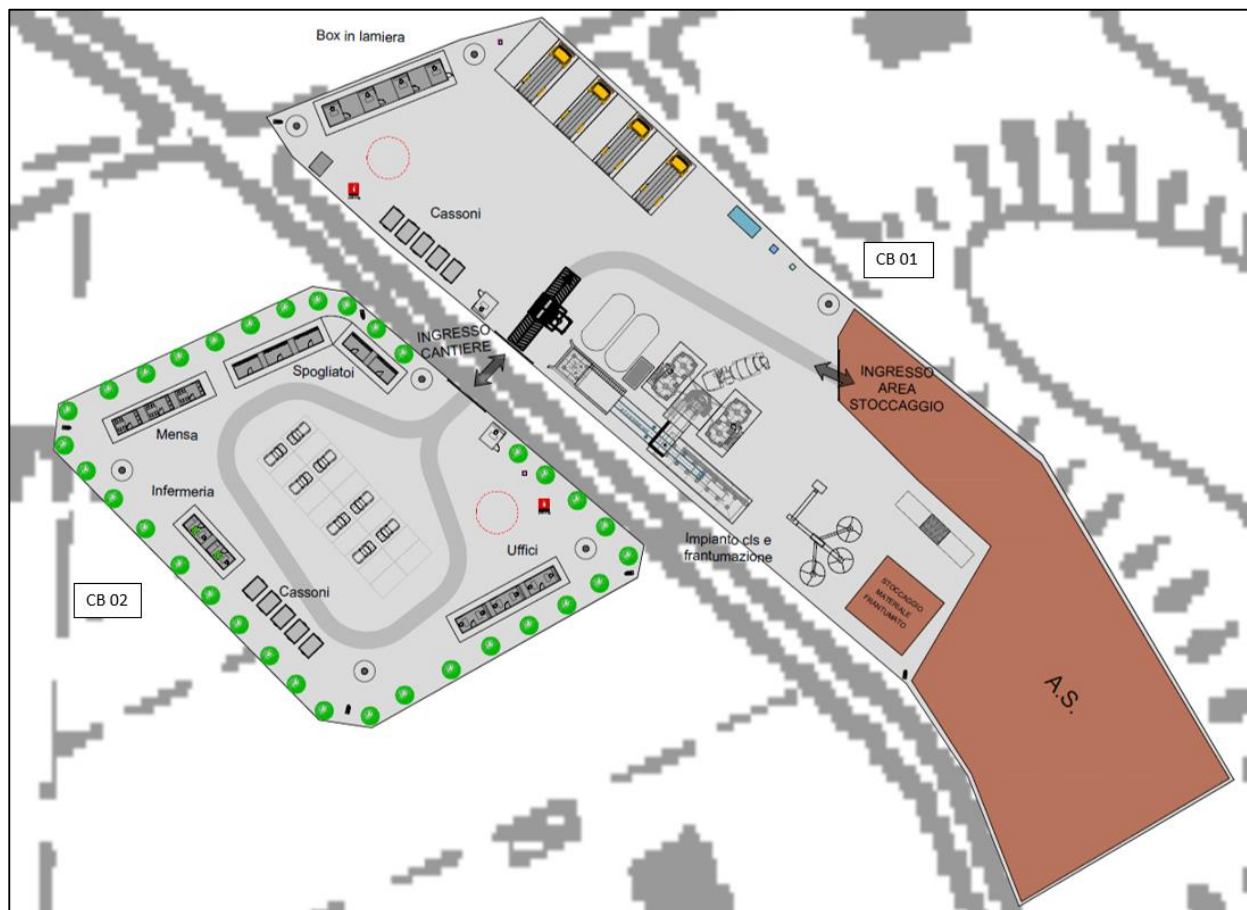


Figura 11.2 – Layout cantieri base CB 01 e CB 02.

Saranno previsti, al termine dei lavori, i ripristini di tutte le aree temporaneamente occupate, sia come aree di cantiere che come piste di cantiere. Tutte le superfici verranno ripulite da rifiuti, materiali inerti residui, conglomerati, materiale bituminoso o altri materiali estranei. In particolare, si prevede il ripristino delle aree di cantiere (ripristino suolo agrario, idrosemina o vegetazione a macchia arbustiva).

Particolare attenzione è data al suolo ed al sottosuolo delle aree di cantiere, i layout degli stessi sono stati progettati individuando aree idonee per la raccolta, il deposito e lo stoccaggio di oli e carburanti, al fine di evitare ogni percolazione possibile. Verrà effettuata la manutenzione sui macchinari e sui mezzi, le operazioni di carico e scarico carburante saranno svolte in apposite aree individuate nel layout di cantiere.

Nell'area del cantiere base, prima dell'inizio delle lavorazioni, è previsto il compattamento del terreno in modo da rendere meno permeabili i suoli oggetto dell'intervento.

11.2 Aree di stoccaggio temporaneo

Le aree di stoccaggio temporaneo sono ubicate a Tignale, una a fianco all'altra. In particolare, la prima area (AS 01) ha dimensioni di 1700 mq mentre la seconda area (AS 02) ha dimensioni di 7800 mq. Il dimensionamento è funzione del bilancio materie al quale si rimanda per approfondimenti.

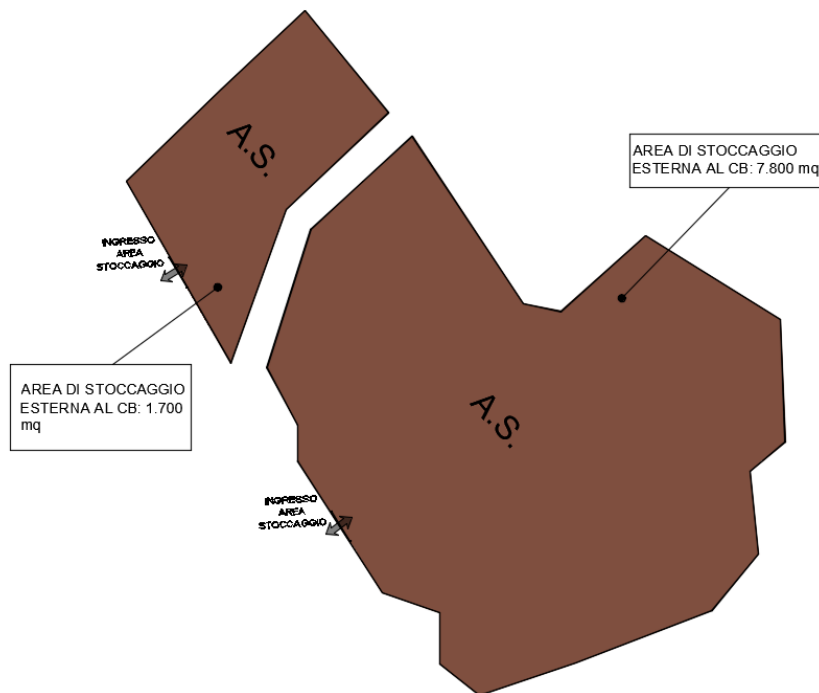


Figura 11.3 – Layout e dimensioni aree di stoccaggio temporaneo.

Saranno previsti, al termine dei lavori, i ripristini di tutte le aree temporaneamente occupate dalle aree di stoccaggio. Tutte le superfici verranno ripulite da rifiuti, materiali inerti residui, conglomerati, materiale bituminoso o altri materiali estranei. In particolare, si prevede il ripristino delle aree a suolo agrario, mediante idrosemina, o vegetazione a macchia arbustiva.

11.3 Cantieri Operativi

I cantieri operativi contengono gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle opere, essi sono ubicati in prossimità degli imbocchi.

Nel caso di un cantiere per lavori sotterranei l'allestimento del cantiere si divide in attrezzature a cielo aperto ed attrezzature sotterranee.

Le prime sono:

- Infrastrutture generali (baracche per infermeria, servizi, guardiania),
- Installazioni tecniche esterne (gruppo elettrogeno, macchina per pali, impianti di alimentazione, ecc.).

Le Attrezzature sotterranee invece prevedono:

- Installazioni tecniche relative allo scavo di avanzamento (jumbo, chiodatrici, dumper),
- Installazioni tecniche relative all'alimentazione (energia elettrica, acqua, aria compressa, aerazione del cantiere di scavo),
- Sistemi di trasporto per materiale di scavo, calcestruzzo, betoncino proiettato e materiale da costruzione, ecc.,
- Installazioni tecniche per il rivestimento (casseri, armature, macchine per la messa in opera di betoncino proiettato).

Oltre alle attrezzature a cielo aperto, saranno presenti anche:

- Impianti di separazione e depurazione: le acque di deflusso provenienti da galleria vengono per lo più contaminate dalla sabbia e dalle polveri del materiale di scavo nonché dagli additivi chimici impiegati per lo spritz-beton (gunita), ecc. Queste contaminazioni sia fisiche che chimiche dovranno essere eliminate o neutralizzate in modo da evitare un danno a lungo termine ai corsi d'acqua. Lo stesso tipo di problema potrà esservi nel caso di fuoriuscite di acque naturali acide provocata dai lavori di perforazione.
- Ventilatori d'aerazione del cantiere di scavo: in corrispondenza del portale della galleria verranno predisposte le installazioni per l'aerazione della galleria. I ventilatori di aerazione vanno collocati in modo da non ostacolare il traffico del cantiere e da permettere di aspirare sempre aria fresca. Si deve evitare altresì di creare corto-circuiti con l'aria di scarico della galleria o con gli scarichi dei motori diesel delle attrezzature di cantiere.

11.3.1 Cantiere operativo imbocco Sud – CO 01

Nell'area del cantiere operativo CO 01 avviene la realizzazione della paratia di imbocco e le opere provvisorie necessarie allo scavo dell'opera idraulica dello scatolare Valle della Torre. Oltre la paratia e l'opera idraulica, in quest'area verranno realizzate una barriera paramassi, una vasca antincendio interrata ed una galleria artificiale. Quest'area rappresenta uno dei due fronti di attacco della galleria, da cui verranno smarinati i volumi dell'imbocco sud e del tronco sud.

In particolare, di seguito si rappresenta il layout previsto per il cantiere operativo CO 01, per il quale si prevede:

- Box guardiania N° 1,
- Box in lamiera N° 2,
- Uffici N° 2,
- Infermeria N° 1,
- Spogliatoi N° 2,
- Vasca lava ruote N° 1,
- Bagno chimico portatile N° 4,
- Gruppo elettrogeno N° 1,
- Cassone metallico N° 2,
- Serbatoio fuori terra N° 1,
- Impianto di aggotamento e trattamento acque provenienti dal fronte di scavo,
- Impianto di ventilazione per la galleria,
- Impianto di aspirazione mobile,
- Gruppo di pressurizzazione antincendio,
- Serbatoio per riserva idrica,
- Nastropressa per abbattimento fanghi delle acque di lavorazione,
- Fossa di raccolta e decantazione acque di lavorazione,
- Area di stoccaggio temporaneo terre.

Il seguente layout verrà predisposto a valle della realizzazione delle opere idrauliche sopracitate.

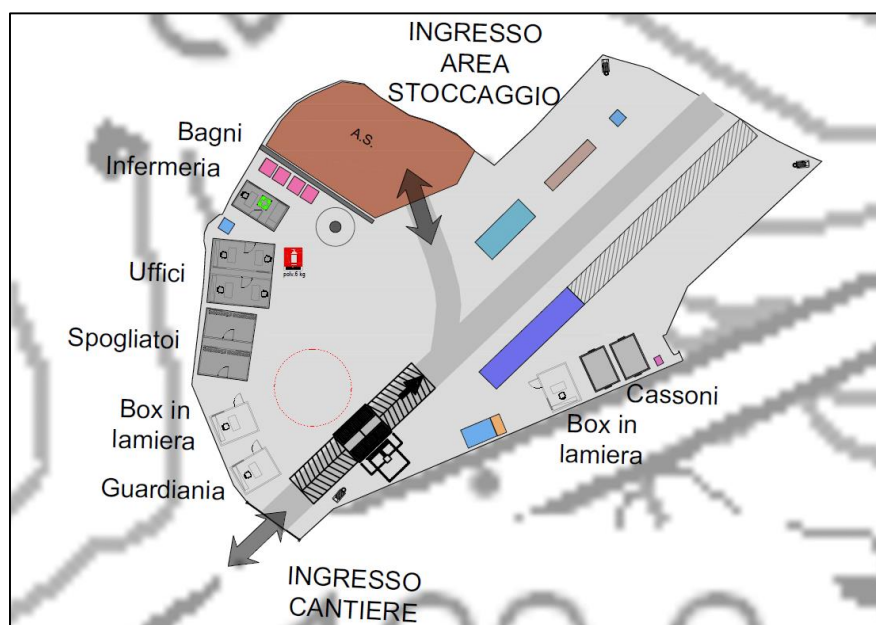


Figura 11.4 – Layout cantiere operativo all'imbocco sud (CO 01).

11.3.2 Cantiere operativo imbocco Nord – CO 02

L'area di cantiere posta all'imbocco Nord prevede la realizzazione della trincea di accesso all'imbocco, lo scavo dell'imbocco, dell'intero Tronco Nord rappresentando il secondo fronte di attacco della galleria. Saranno inoltre realizzate la trincea nord, la nuova sede della SP 38 e la rotatoria di raccordo tra le due viabilità principali.

In particolare, durante la Fase di lavoro 0 verrà realizzata la pista di cantiere per la trincea nord cui layout prevede l'installazione di 2 uffici, 1 infermeria, 2 bagni chimici portatili, 1 serbatoio ed 1 gruppo elettrogeno. Durante le Fasi di lavoro successive il layout previsto per il cantiere operativo CO 02 prevede:

- Box guardiania N° 1,
- Box in lamiera N° 2,
- Uffici N° 2,
- Infermeria N° 1,
- Vasca lava ruote N° 1,
- Bagno chimico portatile N° 4,
- Gruppo elettrogeno N° 1,
- Cassone metallico N° 2,
- Serbatoio fuori terra N° 1,
- Impianto di aggettamento e trattamento acque provenienti dal fronte di scavo,
- Impianto di ventilazione per la galleria,
- Impianto di aspirazione mobile,
- Gruppo di pressurizzazione antincendio,
- Serbatoio per riserva idrica,
- Nastropressa per abbattimento fanghi delle acque di lavorazione,
- Fossa di raccolta e decantazione acque di lavorazione,
- Area di stoccaggio temporaneo terre.

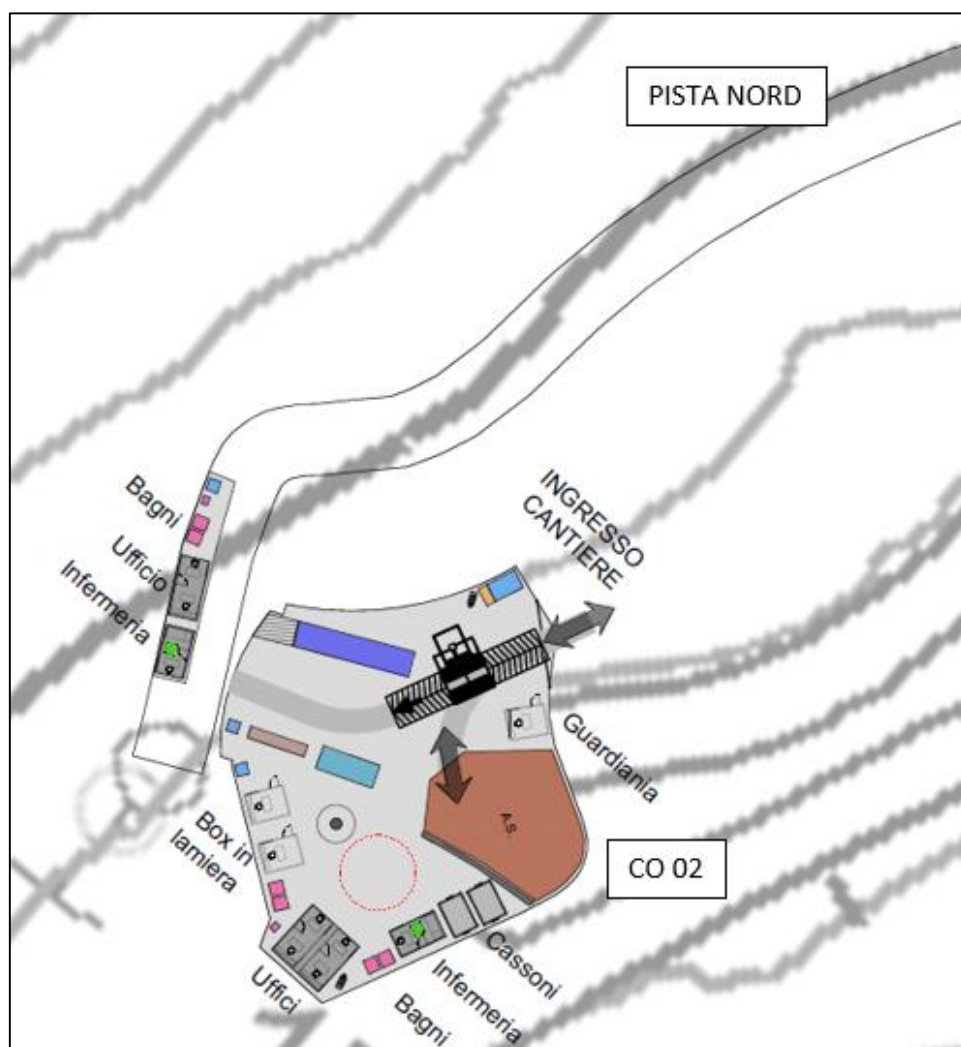


Figura 11.5 – Layout cantiere operativo all'imbocco nord (CO 02).

11.4 Bilancio materie

Il bilancio materie elaborato ha previsto di massimizzare il riutilizzo in sito dei materiali provenienti dagli scavi, tuttavia a causa della tipologia di opere da realizzare (quasi esclusivamente scavi in sotterraneo) si avrà una forte preponderanza di scavi rispetto ai possibili riporti. Altra criticità del progetto è l'esigua disponibilità di aree di cantiere/depositi intermedi per lo stoccaggio temporaneo dello smarino a causa della morfologia acclive dei luoghi in cui si sviluppa l'opera.

In ogni caso, con le limitazioni di cui sopra, la previsione del bilancio dei materiali è stata elaborata allo scopo di:

- Ridurre il ricorso a cave di prestito per gli approvvigionamenti;
- Mitigare l'impatto nell'utilizzo di risorse naturali di cava, e mitigare quello conseguente alla movimentazione e trasporto dei materiali in corso d'opera;
- Ridurre i materiali da destinare a deposito/rifiuto, con indubbi vantaggi in termini economici per la corrispondente riduzione dei costi diretti.

Si riportano qui di seguito le tabelle relative al bilancio terre distinguendo i fabbisogni dei materiali necessari per la realizzazione dell'opera, i materiali di scavo prodotti e potenzialmente riutilizzabili nell'ambito dello stesso progetto e quelli in esubero.

Le valutazioni eseguite riguardano quindi:

- Produzione totale dei materiali provenienti dagli scavi (galleria, imbocchi, realizzazione di fondazioni dirette e profonde delle principali opere d'arte);
- Fabbisogno di materiali occorrenti limitati, vista la tipologia di opera da realizzare, al riempimento dell'arco rovescio e rinterro agli imbocchi della galleria.
- Il fabbisogno di inerti per calcestruzzi

Inoltre, per una corretta valutazione del bilancio delle terre, i quantitativi volumetrici di terreno scavato (mucchio) sono ottenuti dai volumi di scavo geometrico considerando un rigonfiamento percentuale per effetto della modalità di escavazione ed in funzione della litologia interessata. La percentuale di rigonfiamento del materiale smosso, per effetto dello scavo sul materiale in banco è stata stimata variabile fra il 30% e il 60%, la percentuale maggiore è stata applicata in corrispondenza di roccia litoide.

Per valutare i volumi di materiale riutilizzato (volume geometrico ricompattato) si è adottato un fattore di compattazione, partendo dal volume di materiale sciolto, per tener conto del costipamento effettuato per

la messa in opera dei materiali inerti. Si è considerato pertanto un coefficiente variabile fra 1,10 (per l'abbancamento nei siti di deposito de-finitivo) e 1,20 (nelle parti d'opera) ed un riutilizzo di inerti pari a 1,2 m3 smosso per 1 m3 di CLS geometrico.

I volumi e le modalità di gestione dei materiali di scavo che concorrono al bilancio materie sono sinteticamente riportati nelle seguenti tabelle:

PRODUZIONE COMPLESSIVA MATERIALE DA SCAVO			
Attività	Volume complessivo banco (m ³)	Coef. rig.	Volume smosso (m ³)
Alesaggio gallerie esistenti	6.563	1,6	10.501
Scavo gallerie naturali	182.600		292.160
Scavo 4 by-pass pedonali	7.500		12.000
Scavo 1 by-pass carrabile	4.000		6.400
Trincea sud	2.100	1,3	2.730
Scavo imbocco sud	2.022	1,5	3.033
Scavo tombino imbocco sud + vasca	1.569	1,3	2.040
Imbocco nord + trincea nord	30.001	1,5	45.002
Scavo pali	150	1,3	195
Edificio Impianti	---	---	---
Galleria Impianti	1.350	1,3	1.755
TOTALE	237.855		375.815

FABBISOGNO INERTI			
Attività	Volume smosso (m ³)	Attività	Volume smosso (m ³)
Riempimento arco rovescio gallerie esistenti	1050	Cls galleria esistente	3600
Riempimento arco rovescio galleria Muslone	22584	Cls Galleria Muslone	58956
Ritombamenti imbocco sud	532,8	Cls imbocco Sud	806,4
Ritombamento tombino	364,8	Cls tombino	532,8
Ritombamento imbocco nord	181,2	Cls imbocco nord	52,8
---	---	Cls edificio impianti	121,2
---	---	Cls galleria impianti	810
TOTALE	24.713	TOTALE	64.879

Produzione materiali da scavo	Fabbisogno inerti	Esubero
m ³	m ³	m ³
375.815	89.592	286.223

Un volume di 195 m³ di terre e rocce da scavo risultano non idonee poiché prodotte dagli scavi dei pali della paratia dell'imbocco sud e sarà dunque gestito in regime di rifiuto ai sensi della Parte IV del D.Lgs 152/06 presso impianti di recupero e/o discariche.

La gestione delle terre e rocce da scavo del presente Progetto Definitivo, prevede un sito di produzione dei materiali di scavo (la galleria Muslone e le zone di imbocco), un sito di riutilizzo (stesso cantiere) e 6 siti di deposito definitivo individuati in cave attive che accettano terre e rocce da scavo in qualità di sottoprodotto per rimodellamento morfologico. Soltanto una porzione ridotta sarà gestita come rifiuto e destinata ad impianto di recupero/discarica.

Con riferimento al fabbisogno per la produzione dei calcestruzzi gettati in opera saranno prodotti nel cantiere stesso, per cui l'area di cantiere CB 01 prevede difatti la frantumazione, vagliatura e produzione di

calcestruzzo coprendo così il fabbisogno dell'intero cantiere. Per i conglomerati bituminosi, per la realizzazione della pavimentazione stradale, invece il progetto prevede il loro approvvigionamento in forma preconfezionata.

11.5 Siti di destinazione finale dei materiali in esubero

Come indicato precedentemente i lavori di costruzione della variante in galleria della S.S. 45bis "Gardesana occidentale" porteranno alla produzione complessiva di circa 286.233 m³ (volume in mucchio) di terre e rocce da scavo in esubero che saranno destinate al riutilizzo esterno in qualità di sottoprodotto per il rimodellamento morfologico in 5 cave attive (le stesse indicate per gli approvvigionamenti) e 1 cava a fossa dismessa. I titolari di questi impianti si sono espressi con lettera di intenti, dichiarando le volumetrie disponibili annue; tali volumi sono stati riferiti ai tre anni circa di esecuzione dell'opera stimando quindi la disponibilità complessiva per tutta la durata dell'opera di ciascun impianto selezionato

Una modesta quantità (circa 195 m³ in mucchio) verrà destinata ad impianto di recupero inerti/discarda in regime di rifiuto autorizzato con codice CER 17.05.04.

QUANTITATIVI DA CONFERIRE ALL'ESTERNO COME SOTTOPRODOTTI (m ³ smossi)	OPERATORE	UBICAZIONE SITO	TIPOLOGIA MATERIALI	VOLUMI DISPONIBILI DICHIARATI	VOLUMI DISPONIBILI PER LA DURATA LAVORI 3 ANNI	VOLUMI CHE SI PREVEDE CONFERIRE		DISTANZA SITO/CANTIERE km	PRINCIPALE VIABILITA' INTERESSATA
				(m ³ banco)	(m ³ banco)	(m ³ smossi)	(m ³ ricompattati)		
286.028 m ³	Tignale Scavi	Località Sopravie di Prabione (Tignale - BS)	Terra e rocce da scavo (sottoprodotto)	50.000/anno	150.000	142.705	129.732	10	SP38
	Tassi Srl	Località Clibbio - Sabbio Chiese (BS)	Terra e rocce da scavo (sottoprodotto)	50.000/anno	150.000	68.200	62.000	32	SS 45bis - SS237
	Gestione Cave	Località Marsina (Gavardo - BS)	Terra e rocce da scavo (sottoprodotto)	150.000 (attuali)	100.000	50.000	45.455	31	SS 45bis - SP26 - SP116
	Meloni Guido & Figli Snc	Calvagese della Riviera (BS)	Terra e rocce da scavo (sottoprodotto)	50.000/anno	150.000	25.123	22.839	34	SS 45bis - SP26
	Moreni Raffaele & C. Snc	Calvagese della Riviera (BS)	Terra e rocce da scavo (sottoprodotto)	50.000/anno	150.000	Impianto di riserva	---	34	SS 45bis - SP26
	Panni Srl	Località Fenilazzo (Bedizzole - BS)	Terra e rocce da scavo (sottoprodotto)	50.000/anno	150.000	Impianto di riserva	---	41	SS 45bis
TOTALE				400.000	850.000	286.028	260.025		
QUANTITATIVI DA CONFERIRE COME RIFIUTI (m ³ smossi)	OPERATORE	UBICAZIONE SITO	TIPOLOGIA MATERIALI	VOLUMI DISPONIBILI DICHIARATI	VOLUMI DISPONIBILI PER LA DURATA LAVORI 3 ANNI	VOLUMI CHE SI PREVEDE CONFERIRE		DISTANZA SITO/CANTIERE km	PRINCIPALE VIABILITA' INTERESSATA
				(m ³ banco)	(m ³ banco)	(m ³ smossi)	(m ³ ricompattati)		
195 m ³	MDC srl	Calvagese della Riviera (BS)	Rifiuto CER 170504 CER 170302	150.000	100.000	195	177	34	SS 45bis - SP26
	Edilquattro srl	Borgosatollo (BS)	Rifiuto CER 170504 CER 170302	2.800/anno	28.000	Impianto di riserva	---	57	SS45bis

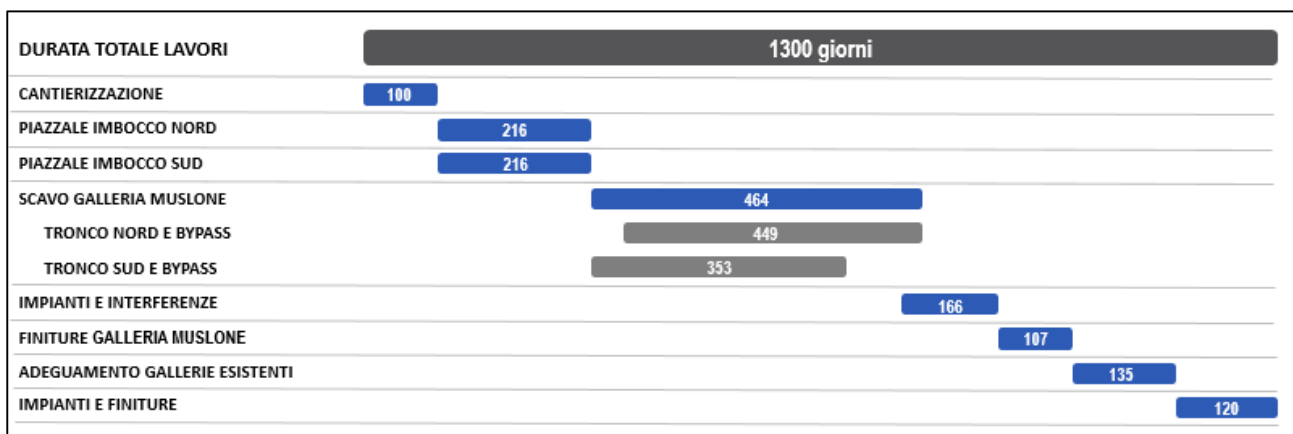
11.6 Cronoprogramma e Fasi di cantiere

Il sistema di cantierizzazione e la fasistica di realizzazione delle opere sono stati studiati allo scopo di limitare le interferenze con il contesto urbanizzato e con la viabilità, abbattendo drasticamente gli impatti derivanti dalla movimentazione delle materie durante la fase di scavo.

Tale sistema prevede che i materiali di scavo quelli che serviranno per la produzione del cls ed i ritombamenti saranno trasportati lungo la SP38, mentre tutto lo scavo dell'imbocco e del tronco sud verranno trasportati direttamente alle cave di deposito. Sgravando le gallerie ogivali attuali dal passaggio dei mezzi, i quali verranno interessati per buona parte solo dal passaggio delle betoniere, ma in un periodo relativamente breve vedranno anche il passaggio dei mezzi di smarino del tronco nord. Per poi giungere così ad una terza fase dove i traffici di cantiere saranno gestiti all'interno delle gallerie esistenti, una volta deviato il flusso di traffico all'interno della nuova galleria.

È stato ottimizzato il cronoprogramma di realizzazione delle opere ed è stata modificata, rispetto alle progettazioni precedenti, l'organizzazione dei fronti di scavo. La scelta dell'attacco in contemporanea delle due aree nord e sud ha comportato una organizzazione della gestione del materiale funzionale rispetto alle zone di reimpiego nell'ambito del cantiere e vantaggiosa per la viabilità esistente.

Per la visione dettagliata cronoprogramma, di cui si riporta una breve sintesi, si rimanda all'elaborato T00CA00CANCRO1.



11.6.1 Fase 0 - Accantieramento

La FASE 0, prevede l'accantieramento delle aree CB 01/ CB 02 campi base, delle due aree di stoccaggio temporaneo AS 01/AS 02, del cantiere operativo CO 01 per l'imbocco sud e contemporaneamente l'inizio della realizzazione della pista di cantiere per l'accesso alla trincea nord.

Come evidenziato la FASE 0 prevede le seguenti lavorazioni:

- allestimento dei cantieri;
- parzializzazione della SP 38;
- realizzazione della pista di cantiere per la trincea nord.

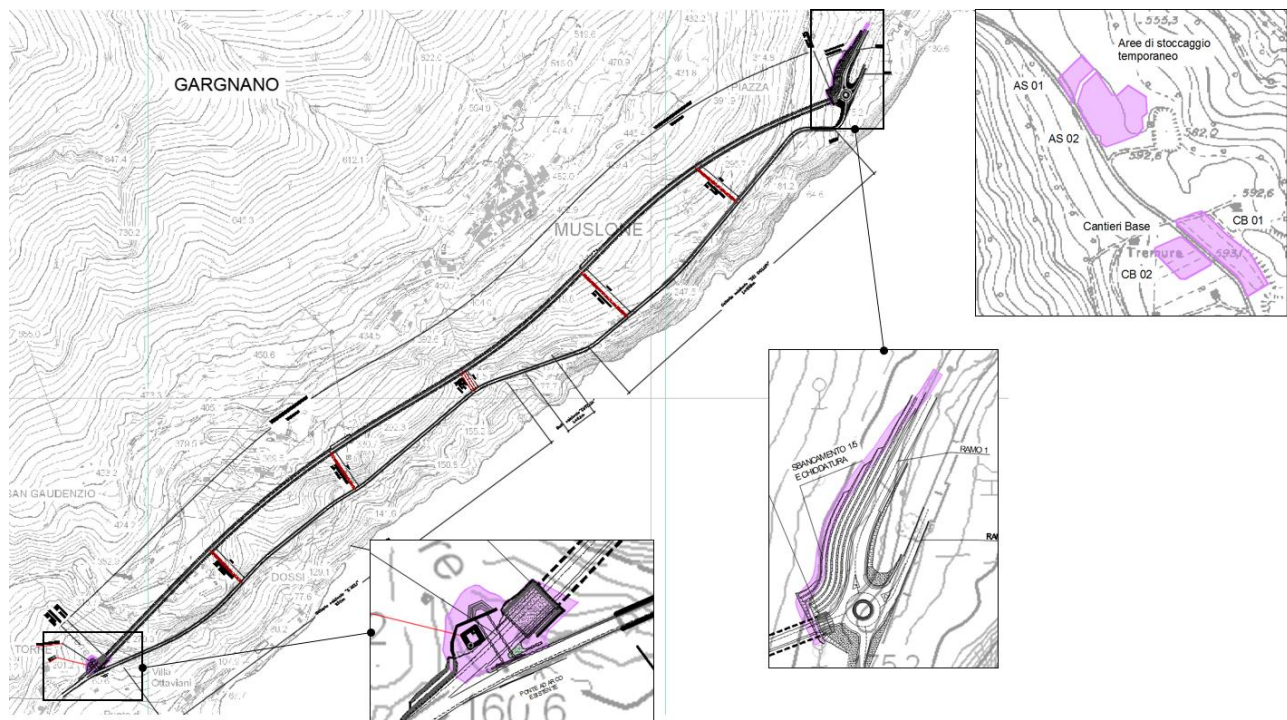


Figura 11.6 – Stralcio rappresentativo della Fase 0

11.6.2 Fase 1 – Imbocchi

Nella FASE 1 le cui attività principali saranno legate alla realizzazione delle opere di accesso alle aree di imbocco. Le lavorazioni degli imbocchi verranno effettuate contemporaneamente sia sul versante del Cantiere Operativo 01(SUD) che del versante Cantiere Operativo 02(NORD).

Prima delle lavorazioni all'imbocco sud saranno realizzati i lavori di sostituzione e messa in opera delle paramassi localizzate sopra il nuovo imbocco, tra le gallerie esistenti utilizzando come viabilità di accesso la panoramica e trasferendo tutto il materiale sulla vecchia SS 45bis.

Le lavorazioni dell'area Sud prevedono la realizzazione di tutte le opere provvisionali sia dell'imbocco che dell'opera idraulica denominata Scatolare Valle delle Torre. In prima battuta si procederà con la realizzazione di tutti i pali delle opere di sostegno, poi agli scavi e demolizione dell'opera idraulica esistente. Successivamente si realizzerà il getto dello scatolare ed il ritombamento per creare il piazzale per l'attacco dell'imbocco da effettuarsi una volta realizzata la Dima. Sarà inoltre realizzata la vasca antincendio posta all'imbocco sud.

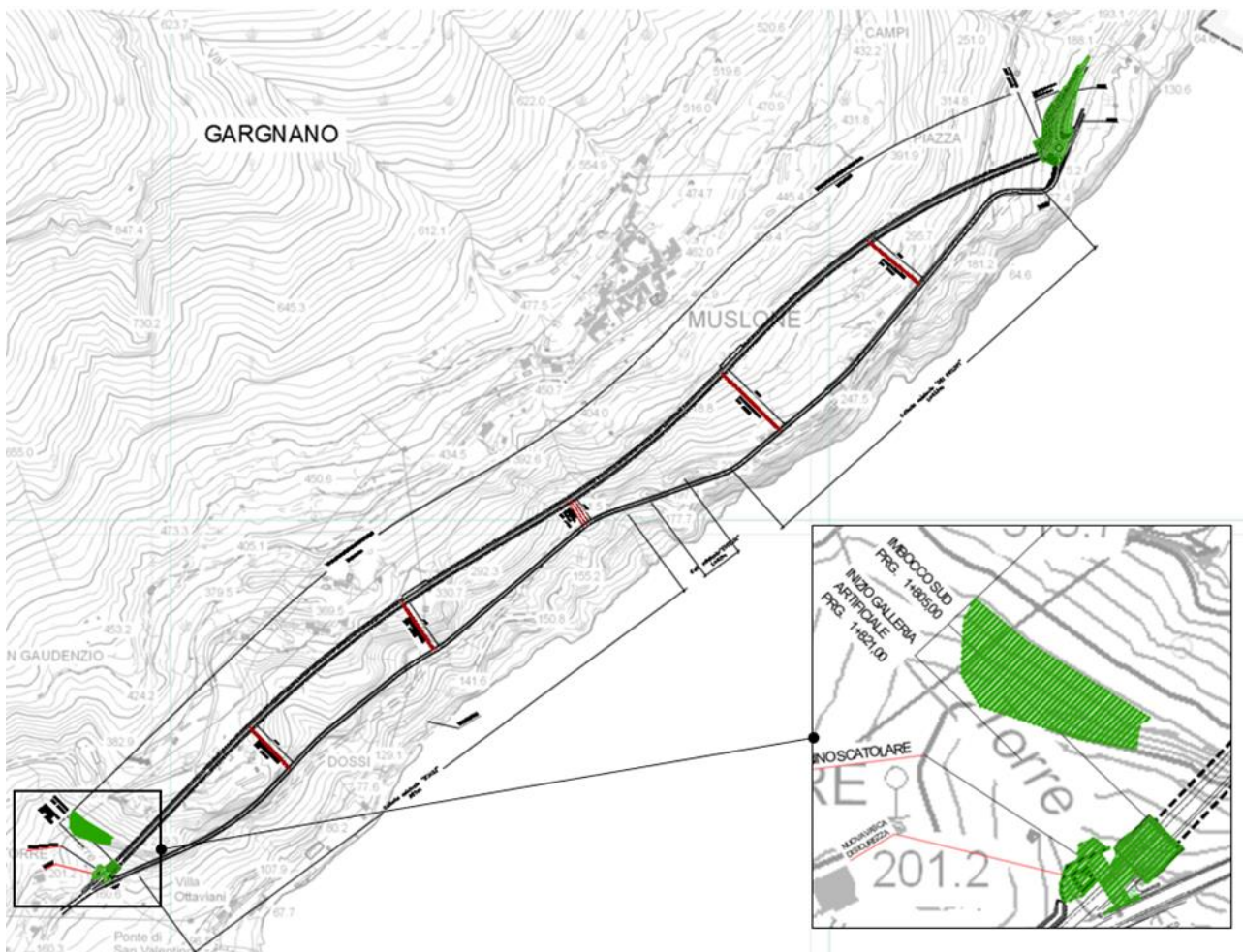


Figura 11.7 – Stralcio rappresentativo della Fase 1- Piazzale Sud

Le lavorazioni dell'area a Nord invece prevedono il completamento della pista, per raggiungere la sommità della trincea da realizzarsi con scavo verticale 5:1, le fasi successive saranno quelle di deviazione della SP38, completamento della trincea e scavo della futura rotonda, per così giungere alla quota del nuovo imbocco. La SP38, che rimarrà sempre in esercizio, verrà così configurata nella sua conformazione definitiva mentre si inizierà a scavare il tronco nord della galleria Muslone. Sarà inoltre realizzata la vasca antincendio posta all'imbocco nord.

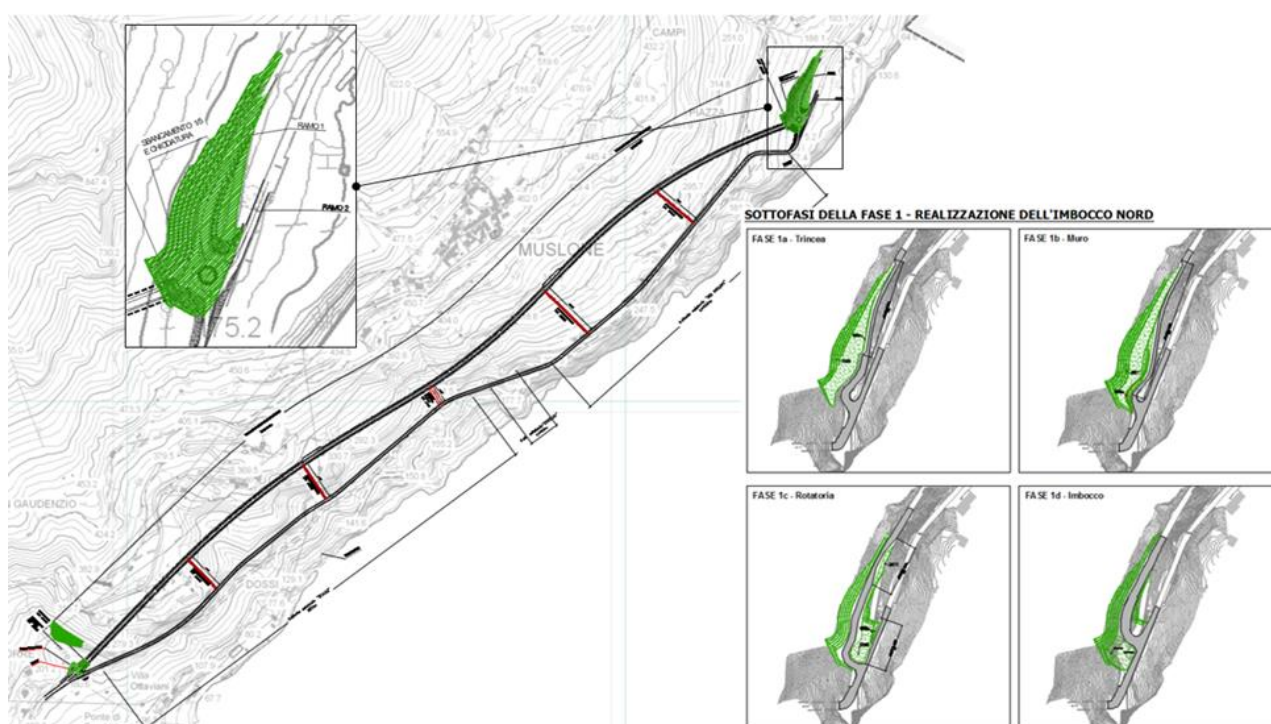


Figura 11.8 – Stralcio rappresentativo della Fase 1- Piazzale Nord

11.6.3 Fase 2 – Scavo Galleria Muslone

La FASE 2 prevede la realizzazione della galleria Muslone attaccata da entrambi i fronti. A seconda delle sezioni di avanzamento, si scaverà o con fresa puntuale o con esplosivi, diversificando così una produzione di 2 ml lineari giorno per la fresa e 3 ml per gli esplosivi.

All'interno del tronco verranno realizzati anche i bypass pedonali e l'unico bypass carrabile presente nel progetto. Tali bypass verranno realizzati con scavo con fresa, sino ad una certa vicinanza dall'attuale sede delle gallerie ogivali della SS45 bis. Oltre alle lavorazioni degli scavi naturalmente vi saranno le lavorazioni relative ai rivestimenti di prima e di seconda fase, da realizzarsi a distanza di tre diametri per lo scavo con

fresa e 5 diametri dal fronte scavo. A queste da aggiungersi vi saranno quelle relative al riempimento e getto dell'arco rovescio.

Il bypass, con il relativo rivestimento, verranno completati nella fase 3. In questa fase verrà svuotata e realizzata la cabina impianti posta nell'attuale galleria impianti posta in sinistra alla galleria dei Ciclopi. Una volta completate le opere la galleria verrà messa in esercizio con deviazione di tutta la viabilità della SS 45 bis.

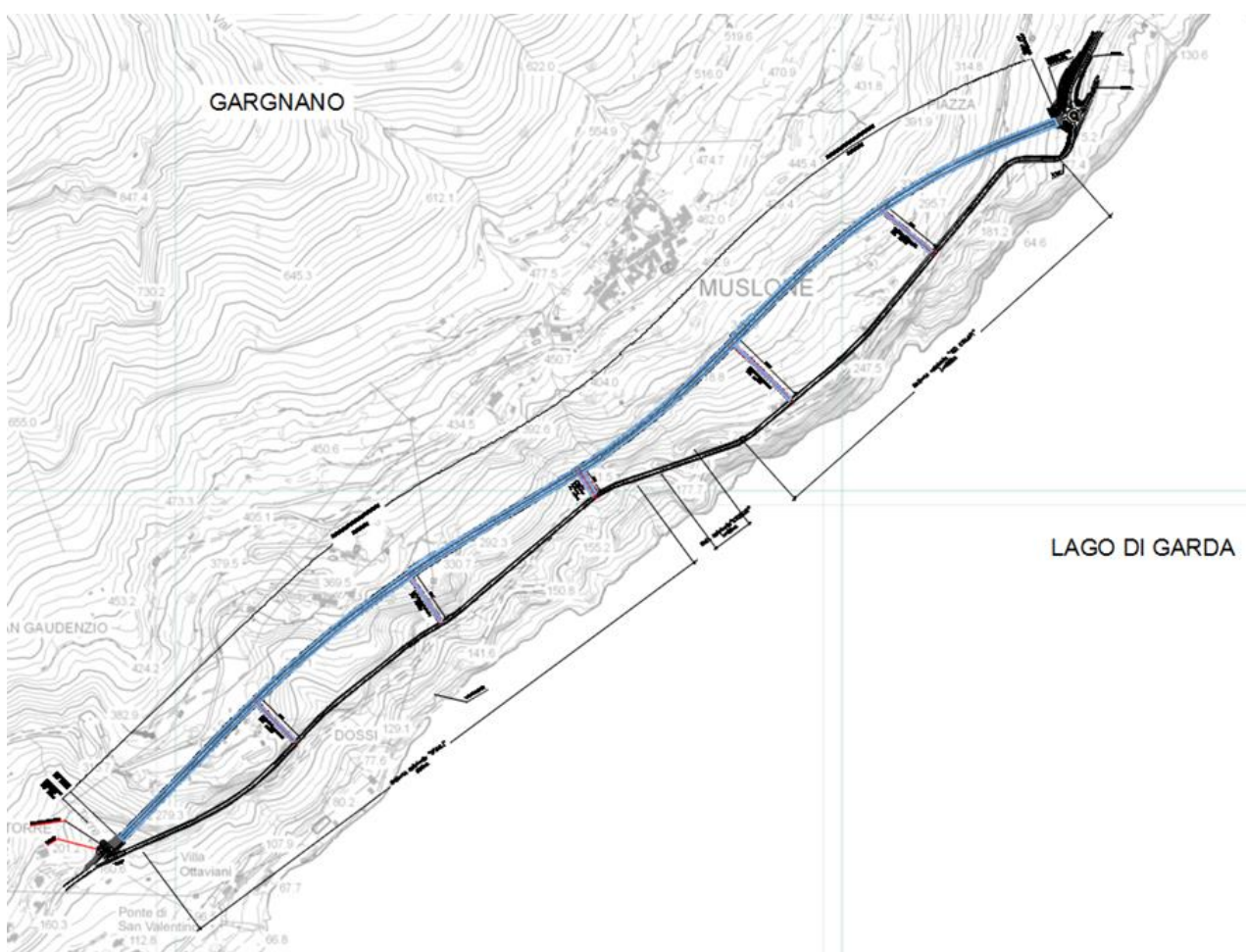


Figura 11.9 – Stralcio rappresentativo della Fase 2

11.6.4 Fase 3 – Alesaggio Galleria Esistente

La FASE 3 prevede, una volta spostato il traffico nella nuova Galleria Muslone, il completamento in contemporanea dei by pass e l'alesaggio della galleria dei Ciclopi, con scavo dell'arco rovescio. Completati i getti dell'arco rovescio, verranno realizzate le opere di finitura delle gallerie esistenti e dei by pass.

Parallelamente a queste lavorazioni verranno realizzati i lavori di sostituzione delle paramassi tra le gallerie esistenti utilizzando come viabilità di accesso la panoramica e trasferendo tutto il materiale sulla vecchia SS 45bis.

11.7 Viabilità interessate dalla movimentazione terre e materiali

I percorsi attraverso i quali avviene la movimentazione dei materiali da scavo dal luogo di produzione al sito di deposito temporaneo, e da quest'ultimo al sito di destinazione finale (rimodellamenti morfologici, deposito ultimo) nel caso specifico del presente intervento sono individuabili con la viabilità esistente.

Tutti i mezzi d'opera con capacità massima di 18 m³, si atterranno al Codice della Strada e saranno opportunamente coperti per evitare interferenze tra il materiale trasportato e gli agenti atmosferici o eventuali altri materiali con cui potrebbero venire in contatto.

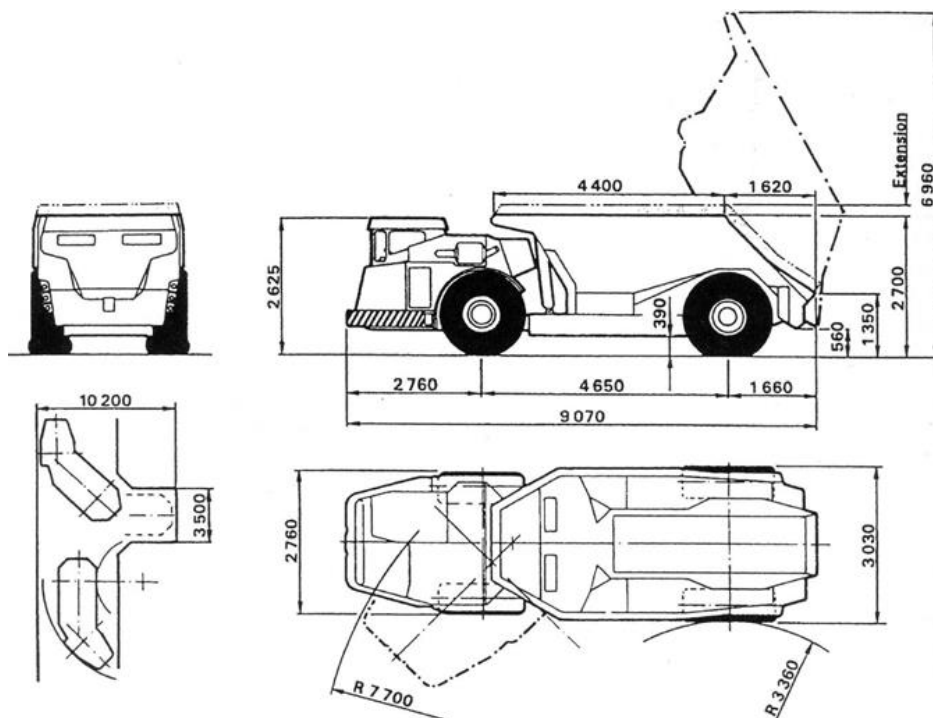


Figura 11.10 – Autocarro a cassone ribaltabile, volume di carico 18 m³

Si precisa che, nel caso in cui si renda necessario impegnare la viabilità esterna al cantiere, il trasporto del materiale escavato sarà accompagnato dalla documentazione indicata dall'Allegato 7 al D.P.R. 120/2017 (Documento di Trasporto), che conterrà le informazioni anagrafiche del sito di produzione, gli estremi del Piano di Utilizzo in oggetto (codifica e durata del PUT), le informazioni anagrafiche del sito di destinazione e del sito di deposito intermedio nonché le informazioni inerenti le condizioni di trasporto (anagrafica della ditta che effettua il trasporto, targa del mezzo utilizzato, numero di viaggi previsti, quantità e tipologia del materiale trasportato, data e ora del carico, data e ora di arrivo).

Le principali viabilità di cantiere interesseranno la SS 45 bis la Gardesana Occidentale, tutti i collegamenti interni tra i due cantieri operativi avverrà proprio sulla SS 45 bis mentre il collegamento tra i due ed il campo base avviene parte in SS 45 bis e parte sulla SP 38 per circa 9 Km.

La viabilità di collegamento tra i vari cantieri vedrà circolare i mezzi d'opera per lo smarino del materiale di risulta della galleria, per l'approvvigionamento di centine, ferri ed ogni altra fornitura ed infine le autobetoniere che porteranno il calcestruzzo in cantiere per le opere d'arte gettate in opera e per le opere di consolidamento della galleria.



Figura 11.11 – 11.7 Viabilità interessate dalla movimentazione terre e materiali

Per la determinazione dei flussi di traffico dei mezzi di cantiere, sono stati considerati Dumper con capacità di 18 m³ per il trasporto del materiale da scavo e betoniere da 12 m³ per il trasporto del calcestruzzo. Le viabilità interessate sono la SP38 per Tignale, la S.S.45bis attuale (nel tratto delle gallerie esistenti) e la S.S.45bis in direzione Salò.

I percorsi attraverso i quali avviene la movimentazione dei materiali da scavo e di fabbisogno sono stati suddivisi per le diverse fasi di lavorazione individuate nel cronoprogramma. Nella tabella sono riportati i mezzi giorno andata e ritorno nelle diverse fasi.

	durata	N° mezzi tot A/R	n° mezzi giorno A/R
FASE 1			
SP 38 per Tignale	216	5.290	24
SS 45bis verso Salò	216	868	4
SS 45bis tratto Gallerie Esistenti	216	270	2
FASE 2			
SP 38 per Tignale	464	29.094	64
SS 45bis verso Salò	464	15.058	32
SS 45bis tratto Gallerie Esistenti	464	4.576	10
FASE 3			
SP 38 per Tignale	135	2.544	20
SS 45bis verso Salò	135	-	-
SS 45bis tratto Gallerie Esistenti	135	-	-

12 INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO

A fronte del ruolo di primaria importanza rivestito dalla componente vegetale nel processo di riqualificazione paesaggistica, la progettazione delle opere a verde è stata formulata con l'obiettivo di integrare l'intero progetto infrastrutturale con il paesaggio ed il sistema naturale. Tale fase ha tenuto conto sia dei condizionamenti di natura tecnica determinati dalle caratteristiche dell'opera da realizzare che delle caratteristiche paesaggistiche in cui è inserita l'infrastruttura, prevedendo di mitigare e ridurre i possibili impatti sulle porzioni di territorio necessariamente modificate dall'opera e su tutte quelle operazioni indispensabili alla sua realizzazione.

Le opere di mitigazione sono infatti concentrate dove il livello degli impatti previsti sul sistema antropico e sull'ambiente naturale risulta maggiore e pertanto riguarda il tracciato principale ed i siti di cantiere.

L'insieme degli interventi di inserimento paesaggistico-ambientale oggetto della presente relazione sono stati perfezionati con l'obiettivo di:

- integrare le opere strutturali con il contesto paesaggistico circostante attraverso la sistemazione a verde di strutture pertinenti il tracciato stradale quali ad esempio la rotatoria, il fronte della trincea stradale;
- inerbire le superfici di pertinenza stradale che competono al progetto infrastrutturale sia per motivi funzionali (antierosivi e di stabilizzazione in genere), sia per motivi naturalistici di potenziamento, sia per mitigare gli effetti de-gli interventi sul paesaggio. In tali aree si prevede il riporto di terreno vegetale e la formazione di copertura erbacea.

Nel caso in esame, il progetto si colloca in un contesto che possiamo chiamare "di transizione" tra due centri urbani: quello di Gargnano e di Tignale, in una zona piuttosto naturale con vista aperta sul lago e circondata da vegetazione mediterranea. Sulla base di tali elementi è stata concepita una rotatoria in cui concorressero congiuntamente elementi antropici e naturali, armonizzando i due ambienti al fine di rappresentare una sorta di "biglietto da visita" per la città.

Il disegno dell'aiuola centrale prevista sulla rotatoria è scaturito dall'analisi dei segni territoriali, ove il principale elemento naturalistico che contraddistingue la zona è il lago di Garda caratterizzato da essenze arbustive ed arboree tipiche della macchia mediterranea. La progettazione ambientale della rotatoria ha tenuto conto di una molteplicità di aspetti, impostati in un contesto sistemico che combina le

caratteristiche geometriche per requisiti di capacità e di percezione dello spazio stradale come segno distintivo sul territorio.

L'arredo dell'aiuola centrale è un elemento importante per la percezione, riconoscimento e "lettura" a distanza dell'intersezione a rotatoria; il suo allestimento è stato concepito per distinguersi su fattori di geometria che richiama-no all'incremento della sicurezza del traffico per induzione ulteriore ad una maggior moderazione delle velocità dei veicoli in approccio sull'intersezione stessa.

La rotatoria è stata pensata come elemento distintivo del luogo a cui appartiene, ricalcando gli elementi strutturali del paesaggio che sono stati armonizzati per potersi appieno integrare nel contesto specifico.

Altra misura di mitigazione è prevista in corrispondenza delle scarpate stradali, in prossimità degli imbocchi della galleria. Tale intervento prevede che il fronte roccioso delle scarpate venga rinverdito con essenze arbustive rampicanti poste alla base delle banche sagomate della trincea. La crescita vegetativa delle rampicanti tappezerà le pareti verti-cali della trincea coprendole. Il sesto di impianto sarà lineare con essenze vegetali poste ogni 2,5 m.

Gli interventi di inerbimento delle superfici di pertinenza stradale si localizzano in corrispondenza degli imbocchi della galleria e si trovano ai bordi del tracciato stradale. La morfologia e l'esigua estensione delle superfici considerate fanno sì che l'inerbimento possa essere effettuato mediante la tecnica della semina a spaglio. Tale metodologia di semina consiste nell'aspersione manuale della miscela di sementi di specie erbacee selezionate e idonee al sito (Loietto, Festuca rossa, Festuca, Erba fienarola, Agrostis, Agrostis tenue), aggiunta di ammendante e concime al terreno sulle superfici piane o leggermente inclinate. Il tutto verrà distribuito in un'unica fase mediante metodologie che non danneggino i semi e che garantiscano l'omogeneità della miscela di semi seguendo le opportune procedure di irrigazione successiva per le fasi di attecchimento.

Al termine dei lavori tutte le superfici temporaneamente occupate nella fase di cantiere verranno ripulite da rifiuti, materiali inerti residui, conglomerati, materiale bituminoso o altri materiali estranei. Per il ripristino delle aree si procederà al dissodamento del terreno, apporto di terreno agrario e semina finalizzata alla restituzione dell'uso attuale.

Per il contenimento delle ripercussioni ambientali del progetto in esame sono state quindi previste le seguenti tipologie di intervento:

- Interventi di mitigazione attraverso le opere a verde:
 - A. Sistemazione paesaggistica della rotatoria mediante inserimento di essenze di arredo;
 - B. Inerbimento bordure e aree intercluse;
 - C. Inverdimento delle scarpate;
- Interventi di ripristino:
 - D. Ripristino aree di cantiere;
- Interventi di compensazione ambientale:
 - E. Compensazione economica a seguito della trasformazione del bosco.

12.1 Sistemazione paesaggistica della rotatoria

L'intervento all'interno della rotatoria, si caratterizza per avere funzione ornamentale richiedente una struttura ad hoc con funzione di arredo urbano che non crei però interferenze con le visuali e la percorribilità dell'infrastruttura. L'inserimento di individui arbustivi all'interno delle rotatorie è stato progettato seguendo dei criteri di identificazione nel territorio che richiamano una porzione del sedime lacuale.

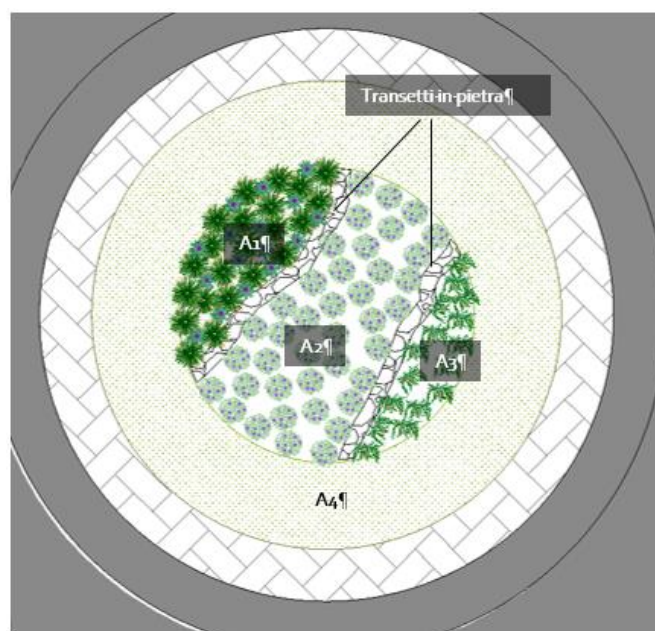


Figura 12.1 – Planimetria della rotatoria con opere a verde

Tutte le essenze individuate hanno ottima valenza ecologica e paesaggistica e contemporaneamente si prestano ad essere impiegate con la funzione di arredo urbano. Tra tutte le specie scelte, considerando che il Porraccio ha una fase fenologica che non copre l'intero anno, per garantire e mantenere l'effetto ornamentale nella sezione dell'aiuola dedicata alla piantumazione di questa specie, si è scelto integrare il numero di specie inserendo anche la graminacea perenne *Stipa tenuissima*.

Per una descrizione più dettagliata delle specie erbacee utilizzate si rimanda alla specifica Relazione (T00IA01AMBRE01A).

12.2 Inerbimento bordure ed aree intercluse

L'inerbimento risulta un intervento fondamentale atto a consentire la creazione di una copertura vegetale permanente con un effetto consolidante, inoltre rappresenta una soluzione ideale dal punto di vista dell'inserimento estetico-paesaggistico ed ecologico di un intervento. Nel caso specifico, l'inerbimento previsto dal presente progetto è mirato alla copertura a prato di:

- superfici delle bordure stradali,
- aree intercluse e di quelle oggetto di attività di lavorazione.

Considerando la morfologia pianeggiante o di lieve pendenza delle superfici e la loro esigua estensione, l'inerbimento potrà essere effettuato mediante semplice semina a spaglio in base alla tipologia di intervento da realizzare. L'attività di semina sarà preceduta da una lavorazione superficiale del terreno per la preparazione alla semina, che potrà spingersi fino a profondità dell'ordine dei 20-40 cm, in questo modo sarà possibile ottenere un effetto temporaneo di rapida attivazione che, se ben realizzato, permette la protezione dell'area di intervento in tempi molto brevi. Ad attecchimento avvenuto, con la formazione del cotico erboso, l'azione consolidante esercitata dagli apparati radicali di opportune specie vegetali che fissano e sostengono il terreno fornirà ottime prestazioni per quanto riguarda la capacità di contrastare fenomeni di erosione e di denudazione superficiale grazie anche alla difesa che fornisce contro la dilavazione causata dalle piogge.

Per una descrizione più dettagliata delle specie erbacee utilizzate si rimanda alla specifica Relazione (T00IA01AMBRE01A).

12.3 Inverdimento delle scarpate

Tale azione ricade nell'ambito degli interventi di inserimento paesaggistico ambientale delle opere in progettazione ed è localizzato in corrispondenza delle scarpate realizzate in prossimità degli imbocchi. Le scarpate seguono parallelamente il tracciato stradale e risultano sagomate a gradoni. Nel caso specifico la piantumazione di rampicanti prevista è mirata alla rinaturalizzazione, mascheramento e miglioramento dell'inserimento paesaggistico dell'opera in contesti ad alta valenza storico culturale. Il sesto d'impianto è di tipo lineare e segue l'andamento delle scarpate nei suoi livelli gradonati. Ciascun gradone si sviluppa in altezza formando un fronte roccioso, in tal modo si prevede di piantumare le specie a distanza di 2, 50 m. La scelta di utilizzare specie vegetali rampicanti sempreverdi soddisfa la necessità di mascherare e ricoprire con il suo sviluppo vegetativo la parete rocciosa della trincea migliorando l'inserimento paesaggistico dell'opera. L'alloggio e la messa a dimora delle rampicanti verrà predisposta in corrispondenza di un ulteriore scavo eseguito ai piedi del fronte roccioso di ciascun gradone. Lo scavo sarà idoneo ad accogliere il terreno vegetale nel quale verranno alloggiate le rampicanti.

Prima di disporre la sistemazione del terreno e successivamente delle piante nello scavo di alloggio, si procederà a di-sporre di un tubo drenante continuo lungo tutta la lunghezza dello scavo, dopo la posa del drenaggio questo andrà rinterrato prestando attenzione che resti sul fondo dello scavo nella posizione corretta (senza torsioni, piegature, ecc.). Il terreno per il rinterro dovrà essere asciutto, fine, privo di inerti o di zolle, posato in strati di 20 – 25 cm, costipati manualmente dall'operatore. Dopodiché si potrà disporre a colmare di terreno vegetale e alla messa a dimora delle piante che seguiranno la disposizione del sesto lineare così come di seguito specificato.

Gli esemplari arbustivi rampicanti dovranno essere posti a dimora a regola d'arte al fine di ottenere le massime garanzie di attecchimento e assicurare le condizioni ideali di sviluppo. Dovranno essere forniti arbusti rampicanti autoctoni a radice nuda, in zolla, in contenitore o in fitocella. Piantumati previa formazione di buca con mezzi manuali o meccanici di dimensioni prossime al volume radicale per la radice nuda o dimensioni doppie nel caso di fitocelle, vasetti o pani di terra (zolla). La dimensione minima dello scavo è comunque fissata in 40 cm di profondità e 30 di larghezza – ove necessario il fondo dello scavo viene riempito con terra mescolata ad ammendante. Il terreno deve riempire la buca fino al colletto della pianta e deve essere compattato in modo che la pianta opponga resistenza all'estrazione. Successivamente viene formata una piccola concavità intorno all'arbusto per una migliore captazione dell'acqua (formella di impluvio). Dovranno essere inoltre effettuati:

- allontanamento dei materiali di risulta dello scavo se non idonei;
- posizionamento del tubo drenante nella parte più bassa dello scavo;
- il riporto di fibre organiche quali paglia, torba, cellulosa, ecc. nella parte superiore del ricoprimento, non a contatto con le radici della pianta;
- il rinalzo con terreno vegetale con invito per la raccolta d'acqua;
- ammendante (15 litri terriccio torboso);
- bagnatura con 15 litri di acqua.

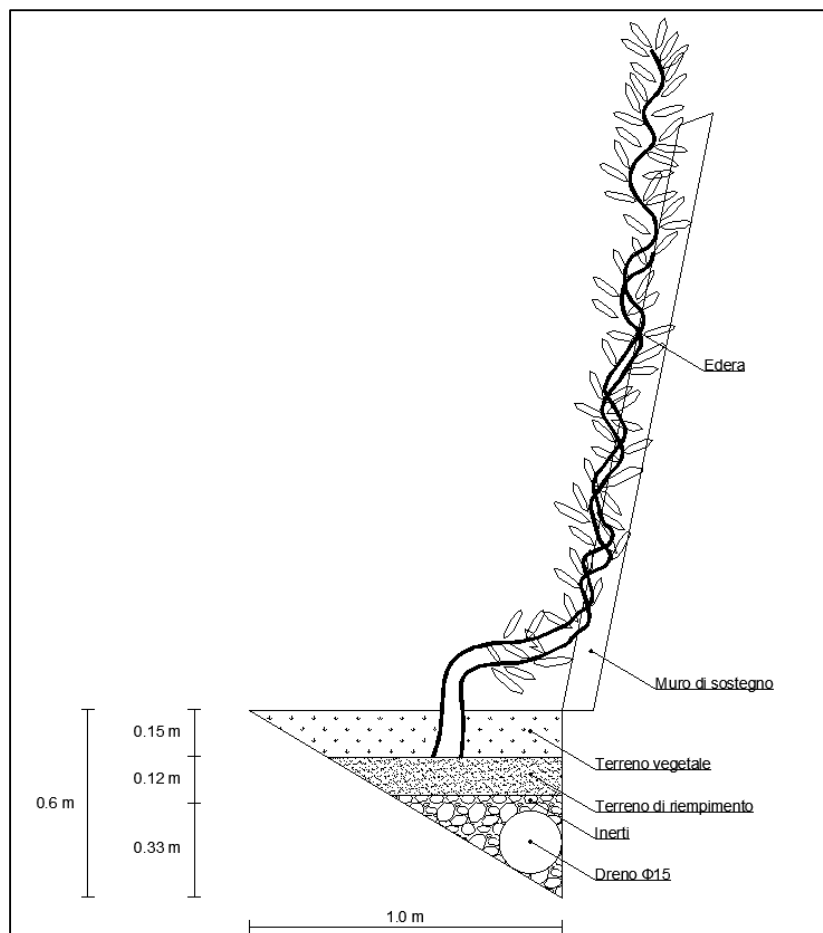


Figura 12.2 – Dettaglio posa in opera del rampicante

Per una descrizione più dettagliata delle specie erbacee utilizzate si rimanda alla specifica Relazione (T00IA01AMBRE01A).

12.4 Interventi di ripristino

Nell'ambito del progetto sono state individuate le aree di cantiere base e di stoccaggio, si tratta di quattro aree vicine tra loro e precedentemente descritte nel Capitolo 11.

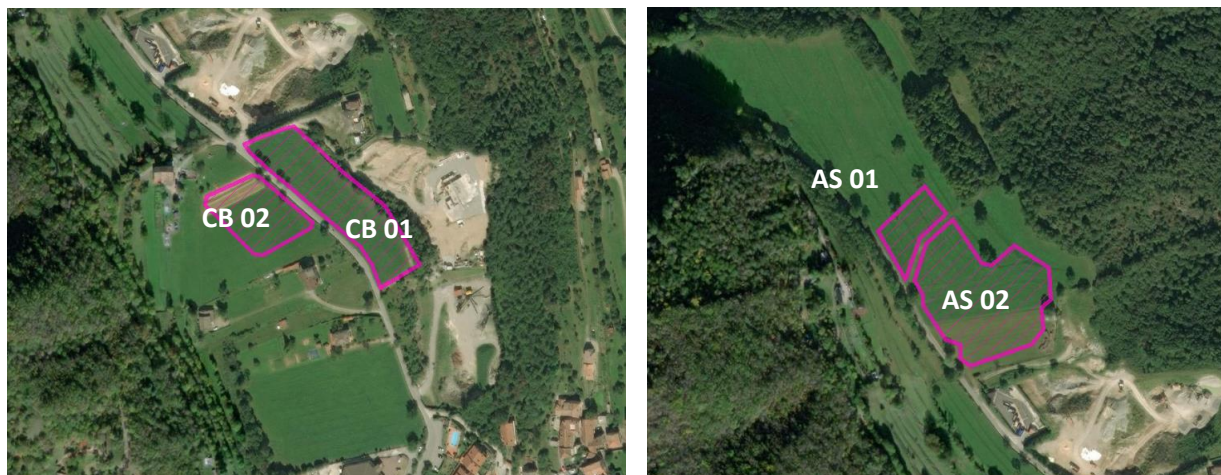


Figura 12.3 – Inquadramento Aree di cantiere (CB) e di stoccaggio (AS)

Tali aree sono localizzate in ambito extraurbano, con un attuale uso del suolo inquadrato come superficie agricola di "Prati permanenti in assenza di specie arboree e arbustive" corrispondenti all'habitat 6510. Prima di allestire il cantiere e le aree di stoccaggio, al fine di consentire un ripristino delle aree all'attuale stato dei luoghi, verrà effettuato uno scotico con mezzi meccanici del terreno vegetale attraverso il quale verranno asportati i primi 30 cm di terreno che verranno accantonati in loco per poi essere ripristinati al termine delle fasi di cantiere. Lo strato di terreno superficiale destinato deve essere separato, conservato in cumuli e coperto con una geostuoia. I movimenti terra (rimozione del suolo, deposito temporaneo e ridistribuzione del suolo) devono essere effettuate solo quando il suolo è adeguatamente asciutto e in condizioni climatiche idonee. Al termine dei lavori, le aree di cantiere saranno tempestivamente smantellate, sarà effettuato lo sgombero e lo smaltimento del materiale di risulta derivante dalle opere di realizzazione, evitando la creazione di accumuli permanenti in loco. Si procederà a fare lavorazioni del terreno sgomberato dal cantiere sul quale verrà poi ripristinato il terreno precedentemente rimosso con lo scotico. Nella stagione utile precedente allo sgombero del cantiere verrà effettuata la raccolta del fiorume dai prati limitrofi che presentano le stesse caratteristiche e la stessa tipologia di habitat, il fiorume se necessario verrà stoccato in luogo fresco e asciutto per essere poi steso sul terreno di scotico ripristinato.

12.5 Interventi di compensazione ambientale

La normativa regionale e nazionale stabiliscono che chi viene autorizzato a "trasformare" un bosco (ossia, ad eliminarlo per far posto a edifici, strade, servizi pubblici, terreni agricoli o altro ancora) deve realizzare interventi di compensazione.

Gli interventi compensativi si attuano tramite attività selvicolturali di miglioramento dei boschi e dell'equilibrio idrogeologico così come definito dalla LR 31/2008 e dal Piano di Indirizzo Forestale (PIF), in alternativa la DGR 675/2005 prevede la possibilità di monetizzare l'intervento compensativo, a discrezione dell'Autorità Forestale e secondo i criteri previsti dalla stessa.

La Regione Lombardia definisce infine la superficie minima di trasformazione del bosco oltre la quale è necessario attuare interventi di compensazione pari o superiori al valore del bosco andato distrutto. Tale valore è pari a 100 mq e sale a 2.000 mq limitatamente al territorio delle Comunità Montane o ai Comuni classificati montani ai sensi della DGR 10443 del 30.09.2002.

Le aree oggetto del presente intervento che interessano superfici forestali ricadono in corrispondenza dei due imbocchi della nuova galleria. Il territorio interessato risulta avere una copertura prevalente di orno-ostrieti e querceti.

L'interferenza si registra con le tipologie degli orno-ostrieti e in particolare, secondo i risultati delle indagini svolte in campo, si è identificata la variante con leccio che è considerata una formazione di particolare valore naturalistico. Si tratta di una formazione di contatto con le formazioni rupicole a leccio (leccete primitive) dalle quali si arricchisce appunto di *Quercus ilex*. Solitamente la presenza del leccio all'interno di questi popolamenti è contenuta, tuttavia sussistono ambiti stazionali in cui il leccio diventa la specie principale, a tratti dominante.

Le superfici boschive che saranno oggetto di trasformazione definitiva a causa della realizzazione della nuova galleria ammontano a 2.165 mq ripartiti tra i due imbocchi e rispettivamente: per le opere inerenti l'imbocco sud 1.350 mq e per le opere inerenti l'imbocco nord 815 mq. Da queste superfici secondo le indicazioni del PIF è stato stabilito il "costo di compensazione". Per approfondimenti di rimanda alla relazione tecnico forestale dedicata alla tematica della trasformazione del bosco (T00IA02AMBRE01A).

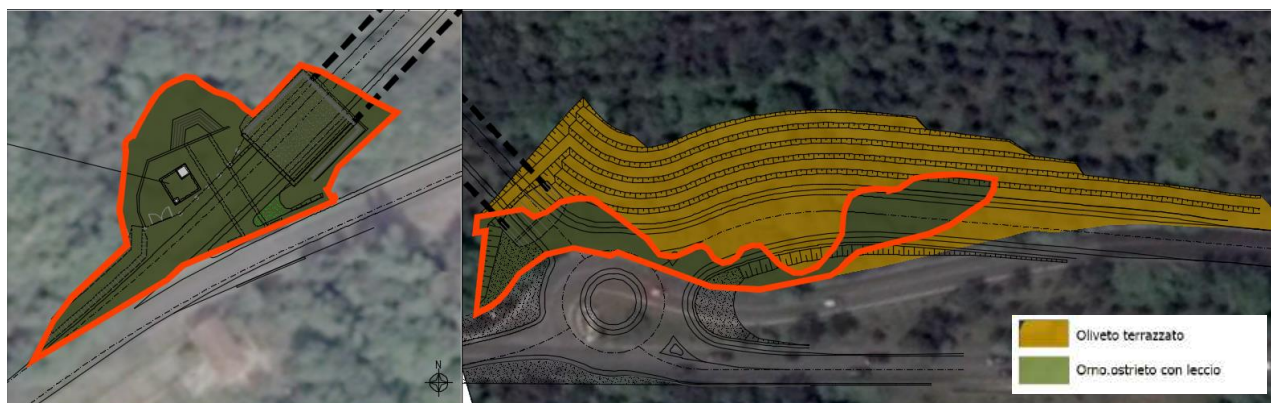


Figura 12.4 – Rappresentazione aree taglio boschi)

13 ARCHEOLOGIA

Nell'ambito del progetto di fattibilità tecnica ed economica (PFTE) è stato redatto dalla dott.ssa Eleonora Iacopini della Società SO.IN.G. srl.², lo studio archeologico di cui al comma 1 dell'art. 25 del d.lgs. 50/2016. Lo stesso è stato trasmesso alla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le Province di Bergamo e Brescia con nota prot. CDG-0340563-P del 26/06/2018 la quale, valutato un rischio archeologico medio-basso, si è espressa con parere favorevole (rif. nota prot. CDG-0383016-A del 17-07-2018) prescrivendo la sorveglianza archeologica in corso d'opera alle operazioni di scavo e movimento terra nell'area di cantiere e stoccaggio del comune di Tignale.

Lo studio archeologico ha interessato nello specifico l'alternativa 1 prescelta, ovvero la realizzazione di una nuova infrastruttura di categoria C1 ai sensi del DM 05/11/01 in variante all'attuale S.S.45bis per una lunghezza complessiva di intervento di 2.030 m, costituita da una nuova galleria naturale di lunghezza pari a circa 1.800 m, con origine in corrispondenza del km 86+570. Subito all'uscita dal tratto in sotterraneo l'infrastruttura si attesta su una nuova rotatoria in progetto, con diametro esterno di 28 m, localizzata al km 88+650 sul sedime dell'intersezione a raso esistente con la provinciale S.P.38 per Tignale.

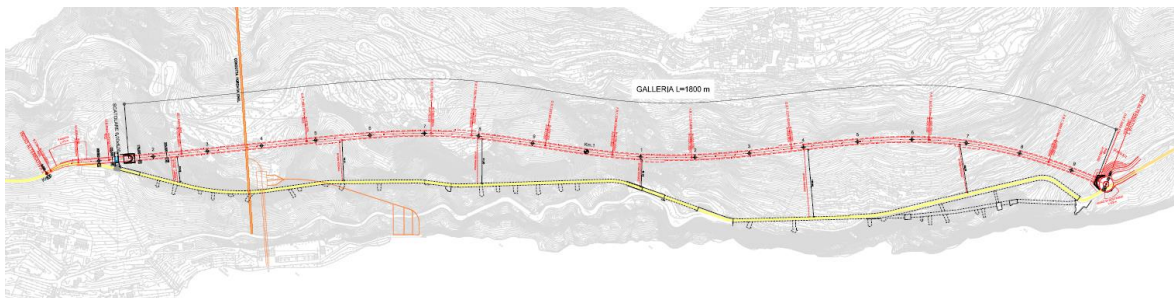


Figura 13.1 - Alternativa 1 P.F.T.E.

L'approfondimento della presente fase progettuale ha introdotto delle modifiche sul tracciato stradale e l'individuazione di nuove aree di cantiere. Al fine di verificare la compatibilità archeologica del nuovo tracciato di progetto, è stata elaborata una planimetria di confronto tra progetto di fattibilità tecnica ed economica e progetto definitivo (T00SG00AMBPL01A Planimetria di confronto PFTE-PD), nonché una relazione descrittiva (T00SG00AMBRE01A Relazione archeologica). I suddetti elaborati saranno trasmessi ufficialmente alla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le Province di Bergamo e Brescia per le opportune valutazioni di competenza.

² Iscritta con il n. 3178 all'elenco degli operatori abilitati alla redazione del documento di verifica preventiva dell'interesse archeologico e pertanto in possesso dei requisiti previsti dalla normativa vigente.

13.1 Valutazione del Rischio archeologico

Come meglio approfondito dalla Relazione Archeologia redatta in fase di fattibilità ed allegata al presente progetto, i siti archeologici evidenziati nel territorio di Gargnano (Figura 13.2) sono poco numerosi ed ubicati ad una distanza notevole rispetto all'opera in progetto (distanza media di 2 km), tanto da non costituire un elemento di rischio alla realizzazione dell'opera; inoltre, la natura prevalentemente sotterranea del progetto esclude eventuali siti che possano trovarsi sulla superficie del rilievo attraversato dalla galleria, il quale tuttavia risulta geomorfologicamente poco appetibile all'insediamento umano a causa della ripidità e della franosità dei versanti. Sulla base di queste considerazioni è stato assegnato all'intero tracciato un grado di rischio basso. Inoltre, il processo di definizione e approfondimento progettuale non ha comportato variazioni significative di tracciato il quale rimane per la maggior parte confermato nella sua forma preliminare e si configura di fatto come l'adeguamento in sede dell'attuale S.S. n. 45 bis "Gardesana", dal km dal km 86+567 al km 88+800.

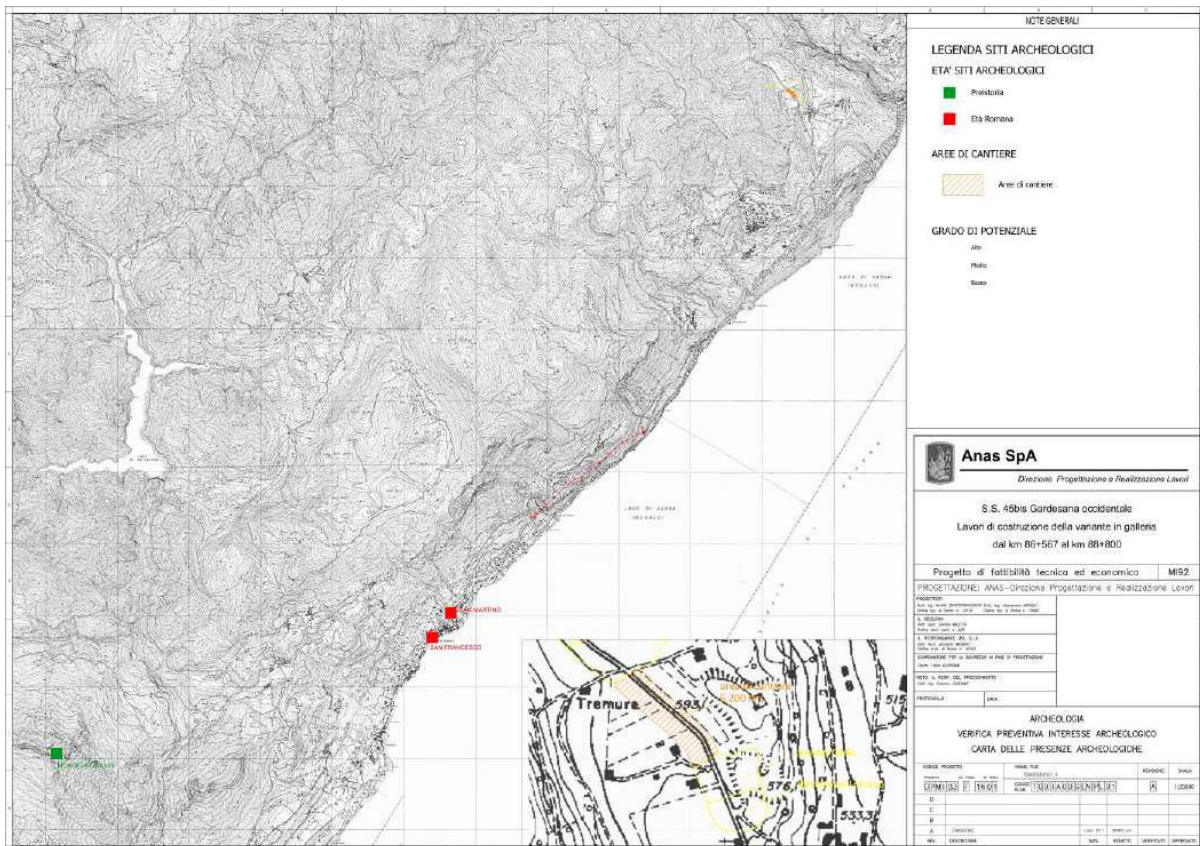


Figura 13.2 - Carta delle presenze archeologiche (studio archeologico 2018)

Come riportato nella relativa "Planimetria di confronto PFTE-PD" (T00SG00AMBPL01A), l'immagine seguente evidenzia le principali modifiche tra il progetto di fattibilità (in rosso) e il progetto definitivo (in bianco).



Figura 13.3 - Planimetria di confronto PFTE (rosso) PD (bianco)

Ad eccezione della riqualifica ed adeguamento dei tratti di galleria esistente che si configura come un adeguamento dell'attuale S.S.45 bis e che in ogni caso non comporta scavi a quote diverse da quelle già impegnate dall'opera esistente, il tracciato ricalca sostanzialmente le scelte progettuali previste nell'ambito dello studio di fattibilità.

Al contempo, è necessario evidenziare l'introduzione di un nuovo Cantiere Base (CB02) e delle due nuove aree di stoccaggio (AS01 e AS02, riportate in azzurro) nel comune di Tignale (Figura 13.4), oggetto peraltro della prescrizione in essere.

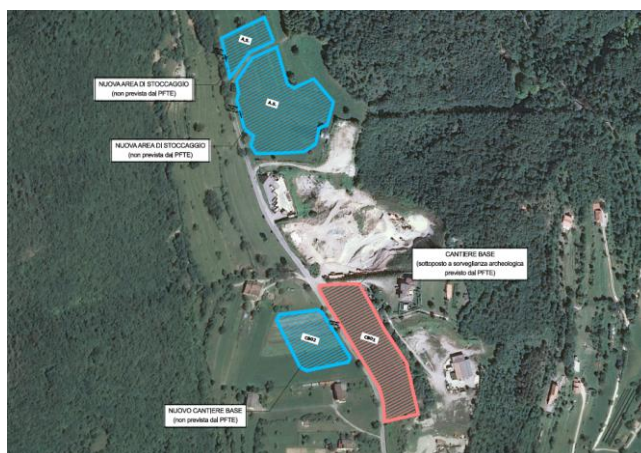


Figura 13.4 - Planimetria di confronto aree di cantiere già previste dal PFTE (rosa) ed introdotto nel PD (azzurro)

Nell'area comunale di Tignale, infatti, come meglio evidenziato nella relazione archeologica, si segnalano tre importanti insediamenti rupestri San Giorgio in Varolo, Grotta di Sant'Erculiano e Grotta delle Streghe. Tra questi quello più importante è San Giorgio in Varolo databile a partire dall'XI secolo, il quale presenta una fase monumentale con dipinti murali. Sia la Grotta di Sant'Erculiano, sia l'insediamento di San Giorgio, sono stati danneggiati in occasione della costruzione della Gardesana negli anni nel 1929-31.

La Grotta di Sant'Erculiano dista dall'area interessata dalle lavorazioni ca. 1,5 km, mentre quella di San Giorgio ca. 3 km. Oltre alla notevole distanza evidenziata, l'assenza di risultati a seguito di ricognizioni di superficie e di fotointerpretazione nell'area di cantiere e nelle zone circostanti, ha permesso di valutare per l'area un rischio archeologico relativo basso.

Al netto di quanto sopra riportato, si ritiene che possano considerarsi valide le analisi archeologiche e la valutazione di rischio svolte nell'ambito del progetto di fattibilità ai fini della "verifica preventiva dell'interesse archeologico" dalla Dott.ssa Elenora Iacopini e si resta in attesa di eventuali ulteriori osservazioni spettanti alla competente soprintendenza.

14 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

In termini generali, il monitoraggio ambientale è volto ad affrontare, in maniera approfondita e sistematica, la prevenzione, l'individuazione ed il controllo dei possibili effetti negativi prodotti sull'ambiente dall'esercizio di un'opera in progetto e dalla sua realizzazione.

Lo scopo principale è quindi quello di esaminare il grado di compatibilità dell'opera stessa, intercettando, sia gli eventuali impatti negativi e le cause per adottare opportune misure di riorientamento, sia gli effetti positivi segnalando azioni meritevoli di ulteriore impulso.

Gli obiettivi principali si possono riassumere quindi come segue:

- documentare la situazione attuale al fine di verificare la naturale dinamica dei fenomeni ambientali in atto;
- individuare le eventuali anomalie ambientali che si manifestano nell'esercizio dell'infrastruttura in modo da intervenire immediatamente ed evitare lo sviluppo di eventi gravemente compromettenti la qualità ambientale;
- accertare la reale efficacia dei provvedimenti adottati per la mitigazione degli impatti sull'ambiente e risolvere eventuali impatti residui;

- verificare le modifiche ambientali intervenute per effetto dell'esercizio degli interventi infrastrutturali, distinguendole dalle alterazioni indotte da altri fattori naturali o legati alle attività antropiche del territorio;
- fornire agli Enti di Controllo competenti gli elementi per la verifica della corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio.

Il Piano di monitoraggio ambientale è articolato in tre fasi temporali, ciascuna delle quali contraddistinta da uno specifico obiettivo, così sintetizzabile:

Fase	Descrizione	Obiettivi
Ante Operam	Periodo che precede l'avvio delle attività di cantiere.	Obiettivo del monitoraggio risiede nel conoscere lo stato ambientale della porzione territoriale che sarà interessata dalle azioni di progetto relative alla realizzazione dell'opera ed al suo esercizio, prima che queste siano poste in essere.
Corso d'Opera	Periodo che comprende le attività di cantiere per la realizzazione dell'opera quali l'allestimento del cantiere, le specifiche lavorazioni per la realizzazione dell'opera, lo smantellamento del cantiere, il ripristino dei luoghi.	Le attività sono rivolte a misurare gli effetti determinati dalla fase di cantierizzazione dell'opera in progetto, a partire dall'approntamento delle aree di cantiere sino al loro funzionamento a regime. L'entità di tali effetti è determinata mediante il confronto tra i dati acquisiti in detta fase ed in quella di Ante Operam
Post Operam	Periodo che comprende le fasi di esercizio e quindi riferibile: <ul style="list-style-type: none"> • al periodo che precede l'entrata in esercizio dell'opera nel suo assetto funzionale definitivo; • all'esercizio dell'opera eventualmente articolato a sua volta in diversi orizzonti temporali (breve, medio, lungo periodo). 	Il monitoraggio è finalizzato a verificare l'entità degli impatti ambientali dovuti al funzionamento dell'opera in progetto, e ad evidenziare la eventuale necessità di porre in essere misure ed interventi di mitigazione integrative.

La durata delle attività inerenti al monitoraggio Ante Operam e Post Operam sarà pari ad un anno solare in modo da considerare le dinamiche temporali per le varie stagioni, mentre per la fase di Corso d'Opera il monitoraggio avrà la durata della costruzione.

Al fine di rispondere agli obiettivi propri del monitoraggio ambientale, il primo passaggio in tale direzione è stato quello di definire le componenti ambientali ed i temi che, sulla base dei risultati delle analisi condotte, si ritiene debbano essere oggetto del monitoraggio nel caso del progetto in esame.

Nel caso dell'infrastruttura viaria di studio, le componenti ambientali oggetto di monitoraggio sono:

- **Atmosfera:** 8 stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria;
- **Acque superficiali:** 2 stazioni di monitoraggio della qualità delle acque;
- **Suolo:** 4 aree di monitoraggio della qualità e fertilità del suolo;
- **Vegetazione:** 5 aree di monitoraggio della qualità e del grado di conservazione degli habitat;
- **Fauna:** 6 aree di monitoraggio per la fauna;
- **Rumore:** 2 stazioni di monitoraggio del rumore stradale e 3 del rumore indotto dal cantiere;
- **Vibrazioni:** 4 stazioni di monitoraggio delle vibrazioni
- **Paesaggio:** 2 punti di monitoraggio della percezione visiva

Per maggiori dettagli sul piano di monitoraggio ambientale si rimanda alla relativa Relazione specialistica (T00MO00MOARE01A) e alla Planimetria di localizzazione dei punti di monitoraggio (T00MO00MOAPL01A).

15 ESPROPRI

La Relazione giustificativa sulla valutazione delle indennità di Esproprio (T00ES00ESP01A) illustra i criteri utilizzati per la definizione e la valorizzazione delle aree da includere nella procedura di esproprio per Pubblica Utilità, in quanto ricadenti nel percorso individuato per la realizzazione della sede stradale in variante, in continuità con il tratto dell'attuale statale SS 45 bis "Gardesana Occidentale" ricadente nella provincia di Brescia, nei Comuni di Gargnano e Tignale.

Nell'elenco delle Ditte sono distinte le varie proprietà interessate dalla procedura espropriativa di che trattasi, con l'indicazione dei dati catastali (foglio, particella, superficie del bene, natura, destinazione urbanistica, qualità catastale, etc.), nonché la superficie interessata dalla realizzazione delle opere ed il corrispondente titolo espropriativo.

Le colture individuate sono quelle di: Pascolo, Seminativo, Prato, Orto Irriguo, Bosco, Incolto sterile e Coltivo abbandonato e relative varietà delle medesime.

I cespiti inclusi nell'Elenco Ditte fanno parte di un comprensorio a vocazione prevalentemente agricola che si distribuiscono in sinistra idraulica del Lago di Garda, con la presenza, minore, di aree urbane.

Le particelle ricadenti nelle aree da espropriare relative a canali irrigui, opere d'arte intestate al Demanio dello Stato, così come quelle interessate da canali di scolo e strade, sono elencate e riportate solo per memoria.

15.1 Aree oggetto di Esproprio

Le aree oggetto di esproprio, di occupazione temporanea e di asservimento ricadono nei Comuni di Gargnano e Tignale ed interessano una superficie complessiva di 14.281,00 mq. Da espropriare e di 22.254,00 mq. da occupare in via temporanea per l'allestimento del cantiere base e per deposito materiale di scavo della galleria.

Le aree interessate dall'esecuzione dei lavori ricomprendono le diverse qualità colturali sopra individuate, e le stesse saranno verificate durante la fase dell'immissione nel possesso dei cespiti inclusi nel Piano di Esproprio; per la definizione delle indennità da includere nell'Elenco Ditte saranno richiesti, all'Ente Comunale, i Certificati di Destinazione Urbanistica dei cespiti oggetto di ablazione, onde verificarne le attuali caratteristiche intrinseche.

L'individuazione delle particelle con le relative superfici soggette a procedura di esproprio è avvenuta tenendo da conto il criterio di seguito descritto:

- su entrambi i lati del corpo stradale, compresi gli svincoli, rotatorie, la strada statale e provinciale, a partire dal limite più esterno del fosso di guardia (o dell'arginello), di rilevati e trincee, è stata individuata una fascia di 3.00 m., o in misura ridotta per esigenze di natura planimetrica.

Nella definizione delle aree da includere nel Piano di Esproprio, infatti, si è anche tenuto considerazione dell'urbanizzazione esistente sul sito, sia quella agricola che quella residenziale.

15.2 Indennità di Esproprio

Nel caso di area edificabile, l'indennità di esproprio è determinata nella misura pari al valore venale del bene (art. 37, 1° comma) (così come sostituito dal comma 89 dell'art. 2 della L. 24 dicembre 2007 n. 244, a seguito della Sentenza della Corte Costituzionale n. 348 del 22-24 ottobre 2007 in G.U. 31 ottobre 2007 n. 42 - Prima serie speciale).

Indennità da offrire alla Ditta = Valore Venale

Qualora sia condivisa l'indennità provvisoria (di cui all'art.37-1°comma), l'indennità di esproprio sarà pari a:

Indennità definitiva = Valore Venale aumentato del 10%

Nel caso in cui l'area edificabile sia utilizzata a scopi agricoli, dovrà essere riconosciuta al proprietario coltivatore diretto un'indennità aggiuntiva pari al valore agricolo medio corrispondente al tipo di coltura effettivamente praticato. La stessa indennità spetterà al fittavolo, al mezzadro o al partecipante che, per effetto della procedura di espropriazione, sia stato costretto ad abbandonare in tutto o in parte il fondo direttamente coltivato, da almeno un anno, con il lavoro proprio e di quello dei suoi familiari (Art. 37, 9°comma).

Nel caso di area non edificabile, per la determinazione dell'indennità provvisoria, non sarà applicato più il criterio riconducibile al VAM (Valore Agricolo Medio) ma si terrà conto del criterio del Valore Venale o reale, effettivo o di mercato dell'area oggetto di esproprio.

Infatti, a seguito della recente Sentenza della Corte Costituzionale n. 181 del 10 giugno 2011 (pubblicata sulla G.U. prima serie speciale n. 26 del 15 giugno 2011), sono stati dichiarati incostituzionali i commi 2° e 3° dell'art. 40 del T.U. ove si prevedeva che i criteri di calcolo dell'indennità provvisoria di esproprio fossero

ancorati ai valori agricoli medi della coltura effettivamente praticata sul fondo o della coltura prevalente nella zona.

Pertanto, a seguito del mutato scenario normativo di riferimento, per la determinazione dell'indennità di esproprio, si dovrà distinguere se l'area non edificabile è destinata effettivamente all'agricoltura oppure se essa è destinata ad utilizzazioni extra-agricole.

Pertanto, qualora l'area sia destinata all'agricoltura, l'indennità è calcolata ai sensi dell'art. 40, 1° comma, del D.P.R. n. 327/2001 e sarà commisurata al valore agricolo reale, tenuto conto delle colture effettivamente praticate sul fondo e del valore dei manufatti edilizi legittimamente realizzati, anche in relazione all'esercizio dell'azienda agricola.

L'indennità provvisoria è quindi pari a:

$$\text{INDENNITÀ} = \text{Valore Agricolo Reale} \times \text{Superficie}$$

Qualora l'area non sia effettivamente coltivata, l'indennità sarà commisurata al valore reale effettivo dell'area (valore venale).

L'indennità provvisoria da offrire alle Ditte sarà quindi pari a:

$$\text{INDENNITÀ} = \text{Valore venale} \times \text{Superficie}$$

La citata Sentenza della Corte Costituzionale ha conseguentemente travolto anche il sistema delle maggiorazioni previste per il caso di condivisione dell'indennità provvisoria.

Al proprietario coltivatore diretto o imprenditore agricolo a titolo principale viene comunque riconosciuta un'indennità aggiuntiva, determinata in misura pari al valore agricolo medio corrispondente al tipo di coltura effettivamente praticata (Art. 40, 4° comma).

È prevista, inoltre, un'indennità aggiuntiva anche a favore del fittavolo, del mezzadro o del compartecipante, che, per effetto della procedura espropriativa o della cessione volontaria, abbia dovuto abbandonare in tutto o in parte l'area direttamente coltivata, da almeno un anno, prima della data in cui è stata dichiarata la pubblica utilità.

Il Testo Unico disciplina, all'art. 40 quarto comma, il regime delle indennità aggiuntive per i proprietari coltivatori diretti o imprenditori agricoli a titolo principale; l'Art. 42, 1° comma, disciplina il regime dell'indennità da riconoscere al fittavolo, al mezzadro o al compartecipante.

L'articolo 40 prevede, appunto, che al proprietario coltivatore diretto o imprenditore agricolo sia corrisposta una indennità (parametrata al VAM) sulla base del valore della coltura effettivamente praticata.

In base alle risultanze dell'Agenzia del Territorio della Provincia di Bergamo, si è fatto riferimento ai V.A.M. pubblicati nel 2019 (Regione Agraria n.7 – SubZona 1 e 2).

L'art. 45 del T.U. dispone che fin da quando è dichiarata la pubblica utilità dell'opera e fino alla data in cui è eseguito il decreto di esproprio, il proprietario ha il diritto di stipulare con il soggetto beneficiario dell'espropriazione un atto di cessione del bene o della sua quota di proprietà.

Per le recinzioni, i cancelli, le siepi, le aree di corte che saranno oggetto di demolizione è previsto il riconoscimento di una indennità pari al valore desunto dal prezzario Regionale.

Parimenti, è previsto il riconoscimento di una indennità per la dismissione di condutture, impianti di irrigazione, migliorie fondiari (realizzate nei termini di legge), frutti pendenti e piante abbattute.

Per quanto attiene altri manufatti realizzati con diverse tipologie di materiali (lamiera, legno, prefabbricati, fabbricati rurali, cls.a., etc.) la valutazione è effettuata singolarmente in base al tipo di struttura e condizione manutentiva, anche mediante ausilio di ricerca sul mercato immobiliare e/o tramite acquisizione prezzari tipologici per realizzazione opere, previa applicazione di opportuni coefficienti di vetustà ed obsolescenza.

Nel caso di occupazione temporanea non preordinata all'esproprio dei beni interessati le indennità sono calcolate secondo l'Art.50 del DPR 327/2001, T.U. in materia di espropriazioni, e quindi pari ad un dodicesimo di quanto sarebbe dovuto nel caso di esproprio dell'area per ogni anno di occupazione e, per ogni mese o frazione di mese, una indennità pari ad un dodicesimo di quella annua.

15.3 Determinazioni Estimative

Sono state condotte le indagini di mercato mediante modalità di rilevazione diretta (Agenzia Entrate, studi notarili, imprenditori agricoli, ingegneri ed agronomi del posto ed operatori locali, agenzie immobiliari di zona). La rilevazione è stata effettuata mediante comparazione con altre aree e con altre zone di analoghe caratteristiche.

Tale ricerca ha circoscritto il Valore Venale Unitario da applicare ai terreni oggetto di valutazione in un intervallo di valori compreso tra un minimo di 2,00 €/mq. (per la coltura di Incolto-Bosco ceduo) ed un massimo di 15,00 €/mq. (per la coltura di Uliveto).

Per tutto quanto precede, il calcolo dell'indennità da offrire ai proprietari è costituito dalle seguenti voci:

- a. Indennità Base
- b. Indennità Aggiuntive ex lege
- c. Indennità per asservimento aree
- d. Indennità per Soprassuoli
- e. Indennità per Occupazione Temporanea non Finalizzata all'Esproprio:
- f. Indennità per Occupazione d'urgenza:
- g. Indennità per Deprezzamento aree
- h. Indennità per aree legittimamente edificate

per un fabbisogno complessivo stimato pari ad € **700.000,00**

16 INTERFERENZE

Nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica sono stati coinvolti gli enti gestori delle reti tecnologiche così da acquisire le necessarie informazioni in merito all'esistenza di reti interferenti ed ai costi presunti per la loro risoluzione.

Le risposte che sono pervenute non evidenziano particolari interferenze con il progetto stradale in itinere. Nella planimetria di risoluzione delle interferenze (T00IN01INTPL01A) è riportato sia il censimento delle interferenze rilevate, sia la planimetria di risoluzione delle stesse.

Al riguardo si rappresenta che i costi di risoluzione sono a carico dell'ente gestore in quanto l'attuale rete fibra ottica insiste all'interno dell'esistente sede stradale della SS. 45 bis – Gardesana. Pertanto ai sensi del disposto art. 28 c. 2 "l'onere relativo allo spostamento dell'impianto è a carico del gestore del pubblico servizio".

Nel caso in cui a seguito della fasizzazione dei lavori si rendessero necessari spostamenti provvisori, si ritiene opportuno prevedere un importo cautelativo stimabile in € 90.000,00 comprensivi di oneri per la sicurezza e spese tecniche.

17 QUADRO ECONOMICO

Per la valutazione economica dell'intervento il computo metrico estimativo è stato redatto con i prezzi previsti dal Prezzario ANAS 2019 Aggiornamento – Nuove Costruzioni e Manutenzione Straordinaria.

L'importo complessivo dell'intervento ammonta a € 65.226.599,41 così suddivisi:

- Totale Lavori: € 50.453.459,48
- Somme a disposizione: € 7.525.739,99
- Oneri di investimento: € 7.247.399,93

L'IVA per memoria è pari ad € 11.617.848,53

Di seguito è riportato il quadro economico.

QUADRO ECONOMICO SS 45 Bis Gardesana Progetto Definitivo			
A) Lavori a base di Appalto			
a1	Sommario i Lavori a Corpo e a Misura		€ 46.759.059,63
a2	Monitoraggio ambientale corso operam		€ 385.399,85
a3	a sommare oneri relativi alla sicurezza non soggetti a ribasso		€ 3.310.000,00
a4	Totale lavori più servizi	a1+a2+a3	€ 50.453.459,48
a5	a detrarre Oneri relativi alla Sicurezza non soggetti a ribasso		€ 3.310.000,00
a6	Importo lavori soggetto a ribasso	a4-a5	€ 47.143.459,48
B) Somme a disposizione della stazione appaltante			
b1	Interferenze		€ 90.000,00
b2	Rilievi , accertamenti ed indagini		€ 50.000,00
b3	Allacciamenti ai pubblici servizi		€ 300.000,00
b4	Imprevisti		€ 4.116.822,84
b5	Acquisizione Aree ed Immobili Imposte di registro, ipotecarie e catastali		€ 700.000,00
b6	Fondo art. 113 c. 2 D.Lgs. 50/2016		€ -
b7	Spese tecniche per attività di collaudo	0,150%	€ 75.791,10
b8	per i Commissari di cui all'art.205 c. 5 e 209 c. 16 D.Lgs. 50/2016	0,10%	€ 50.453,46
b9	spese per Commissioni giudicatrici art. 77 c. 10 D.Lgs. 50/2016	0,10%	€ 50.453,46
b10	Copertura assicurativa art.24 c. 4 D.Lgs. 50/2016	0,40%	€ 201.813,84
b11	Spese per Pubblicità e ove previsto per opere artistiche		€ 80.000,00
b12	Contributo ANAC		€ 800,00
b13	Spese per prove di laboratorio e verifiche tecniche	1,30%	€ 607.854,78
b14	Oneri per lo svolgimento delle attività istruttorie, di monitoraggio e controllo relative ai procedimenti di valutazione ambientale DM(MINAMB) 245/2016 (solo nel caso in cui questa voce ricorra andrà applicato a tutti gli importi esclusi espropri e oneri di legge su spese tecniche)		€ 36.506,66
b15	Oneri di legge su spese tecniche (4% di b7, b9, b9)		€ 7.067,52
b16	Protocollo di legalità (non soggetto a ribasso)	0,3%	€ 151.360,38
b17	Attività di sorveglianza e indagini archeologiche		€ 20.000,00
b18	Monitoraggio ambientale ante e post operam		€ 606.761,01
b19	Monitoraggio geotecnico		€ 175.792,28
b20	Fornitura corpi illuminanti		€ 106.652,68
b21	Scalfica ordigni bellici legge 177/12		€ 97.630,00
b22	Totale Somme a Disposizione		€ 7.525.739,99
C) Oneri d'investimento			
		12,5%	€ 7.247.399,93
	Totale Importo Investimento	a4+b22+C	€ 65.226.599,41
D) IVA per memoria			
		22%	€ 11.617.848,53

18 ANALISI COSTI BENEFICI

Nell'ambito del presente Progetto Definitivo è stato sviluppato uno studio finalizzato alla stima dei traffici attesi, alla verifica di funzionalità ed all'Analisi Costi Benefici per la valutazione di sostenibilità economica del progetto di variante alle gallerie ogivali dal km 86+567 al km 88+800 della SS45bis.

Tale analisi, a cui si rimanda per maggiori dettagli (Elab. T00EG00GENRE02A) ha determinato per l'opera:

- un Saggio di Rendimento Interno – SRIE - pari al 3,86%;
- un VANE, applicando un tasso annuo di attualizzazione del 3%, pari ad 4.908.423€;
- un rapporto tra Benefici e Costi B/C pari a 1,128 al tasso di attualizzazione utilizzato

evidenziando la sostenibilità economica dell'intervento, pur se ai limiti di quanto suggerito dalle attuali norme.

Ai fini della verifica della stabilità degli indicatori economici della ABC, è stata fatta una analisi di sensitività, verificando la variazione del Saggio di Rendimento Interno Economico SRIE del progetto al variare del - 20%/+40% dei benefici complessivi e del Quadro Economico dell'opera.

I risultati evidenziano come il SRIE:

- rimane superiore al 3% a parità di costi ed anche a fronte di una riduzione del 20% dei benefici;
- a parità di benefici il SRIE scende sotto il 3% a fronte di un incremento del 20% del Quadro Economico;
- la riduzione del 10% dei Benefici, combinata con l'incremento del 10% del Quadro Economico riporta un SRIE del 2,9%, poco al di sotto del limite di sostenibilità dell'intervento.

		Variazione Costi					
		-20%	-10%	0%	10%	20%	40%
Variazione Benefici	-20%			3,1%	2,3%	1,9%	
	-10%			3,4%	2,9%		
	0%	5,1%	3,9%	3,86%	3,3%	2,9%	2,2%
	10%			4,3%			
	20%			4,8%			