

Provincia di Cuneo
S.S. 28 del Colle di Nava
Lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir – 564 e al casello A6 "Torino–Savona" – III Lotto (Variante di Mondovì)

PROGETTO DEFINITIVO

COD. TO08

PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



MATILDI+PARTNERS

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

*Ing. Andrea Renso – TECHNITAL
Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2413*

IL GEOLOGO:

*Geol. Emanuele Fresia – TECHNITAL
Ordine Geologi Veneto n. A501*

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

*Ing. Paolo Barrasso – MATILDI + PARTNERS
Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A9513*

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Giuseppe Danilo Malgeri

PROTOCOLLO:

DATA:

IL PROGETTISTA:

*Ing. Carlo Vittorio Matildi
Bologna–n.A6457*

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E PROGETTAZIONE STRADALE:

*Ing. Carlo Vittorio Matildi – MATILDI + PARTNERS
Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. 6457/A*

COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E

COORDINATORE STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE:

Ing. Edoardo Piccoli – TECHNITAL

Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A3381

OPERE D'ARTE MAGGIORI GALLERIA:

Ing. Corrado Pesce – TECHNITAL

Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A1984

OPERE D'ARTE MAGGIORI PONTI E MINORI:

Ing. Stefano Isani – MATILDI + PARTNERS

Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A4550

GEOTECNICA:

Ing. Alessandro Rizzo – TECHNITAL

Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. A19598

IDROLOGIA ED IDRAULICA:

Ing. Simone Venturini – TECHNITAL

Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2515

01 – INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

Relazione generale descrittiva

CODICE PROGETTO		NOME FILE		PROGR. ELAB.	REV.	SCALA:
DPT000008D16		01.03_P00_EG00_GEN_RE01_B		01.03		
		CODICE ELAB. P00EG00GENRE01			D	/
D	Istruttorie CSLPP e VIA	Aprile 2021	Matildi+Partners	Barrasso	Isani	Matildi
B	Istruttoria ANAS	Maggio 2020	Matildi+Partners	Barrasso	Isani	Matildi
A	EMISSIONE	Marzo 2020	Matildi+Partners	Barrasso	Isani	Matildi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1	INQUADRAMENTO.....	1
1.1	Asse principale.....	2
1.2	Asse secondario.....	3
1.3	Valutazione tracciati alternativi rispetto al progetto preliminare.....	4
1.3.1	Asse principale.....	4
1.3.2	Asse secondario – collegamento Rione Borgato.....	8
2	STUDI ED INDAGINI.....	14
2.1	Geologia, geomorfologia e idrogeologia.....	14
2.2	Geognostica e geotecnica.....	19
2.3	Indicazioni sul riutilizzo dei materiali.....	21
2.4	Sismica.....	22
2.5	Idrologia e idraulica.....	24
2.6	Archeologia.....	26
3	PROGETTO STRADALE.....	28
3.1	Descrizione degli interventi.....	28
3.1.1	Asse principale.....	28
3.1.2	Asse Borgato.....	29
3.2	Criteri di progettazione stradale.....	29
3.2.1	Inquadramento normativo e criteri progettuali.....	29
3.3	Caratteristiche di piattaforma del tracciato.....	30
3.3.1	Sezioni stradale tipo – Asse principale.....	30
3.3.2	Asse Borgato.....	31
4	OPERE D'ARTE DI PROGETTO.....	33
4.1	Riferimenti normativi.....	33
4.2	Viadotto Ellero.....	33
4.3	Ponte sul torrente Ermena.....	38

4.4	Galleria Naturale.....	41
4.5	Opere d'arte minore.....	44
4.5.1	Galleria artificiale – sovrappasso faunistico.....	44
4.5.2	Opere di sostegno. Asse principale - Muri.....	45
4.5.3	Opere di sostegno. Asse secondario - Paratia.....	45
5	INSERIMENTO AMBIENTALE.....	46
6	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE.....	48
7	INTERFERENZE.....	51
8	ESPROPRI.....	54
9	IMPIANTI.....	55
10	CANTIERIZZAZIONE E CRONOPROGRAMMA.....	56
10.1	Individuazione e localizzazione delle aree di cantiere.....	56
10.2	Tempi.....	57
11	CARATTERISTICHE ECONOMICHE DELL'OPERA.....	58
11.1	Prezzi unitari.....	58
11.2	Importo dei lavori e quadro economico.....	58
12	PROGETTAZIONE ESECUTIVA.....	58

1 INQUADRAMENTO

La nuova tangenziale di Mondovì (Cuneo) rientra nel piano di riordino del sistema viario del Piemonte Sud Occidentale. La circonvallazione si svilupperà interamente nel territorio comunale di Mondovì e drenerà il flusso di traffico proveniente dal quadrante Sud-Est collegando la S.S. 28, la S.P. 5 e la S.S. 564 con l'Autostrada A6 Torino-Savona presso lo svincolo di Mondovì.

La progettazione e realizzazione della suddetta arteria stradale è stata suddivisa in 3 lotti funzionali, Figura 1, dei quali i primi due sono stati già completati e pienamente operativi, mentre il terzo è oggetto della presente progettazione.

Il lotto n° 3 di cui al presente Progetto Definitivo è lungo 2.667 m circa e, con una direzione sostanzialmente Ovest-Est, assicura a Sud del centro abitato il collegamento fra la S.P. 5 Villanova – Mondovì e la S.S. 28 del Colle di Nava.

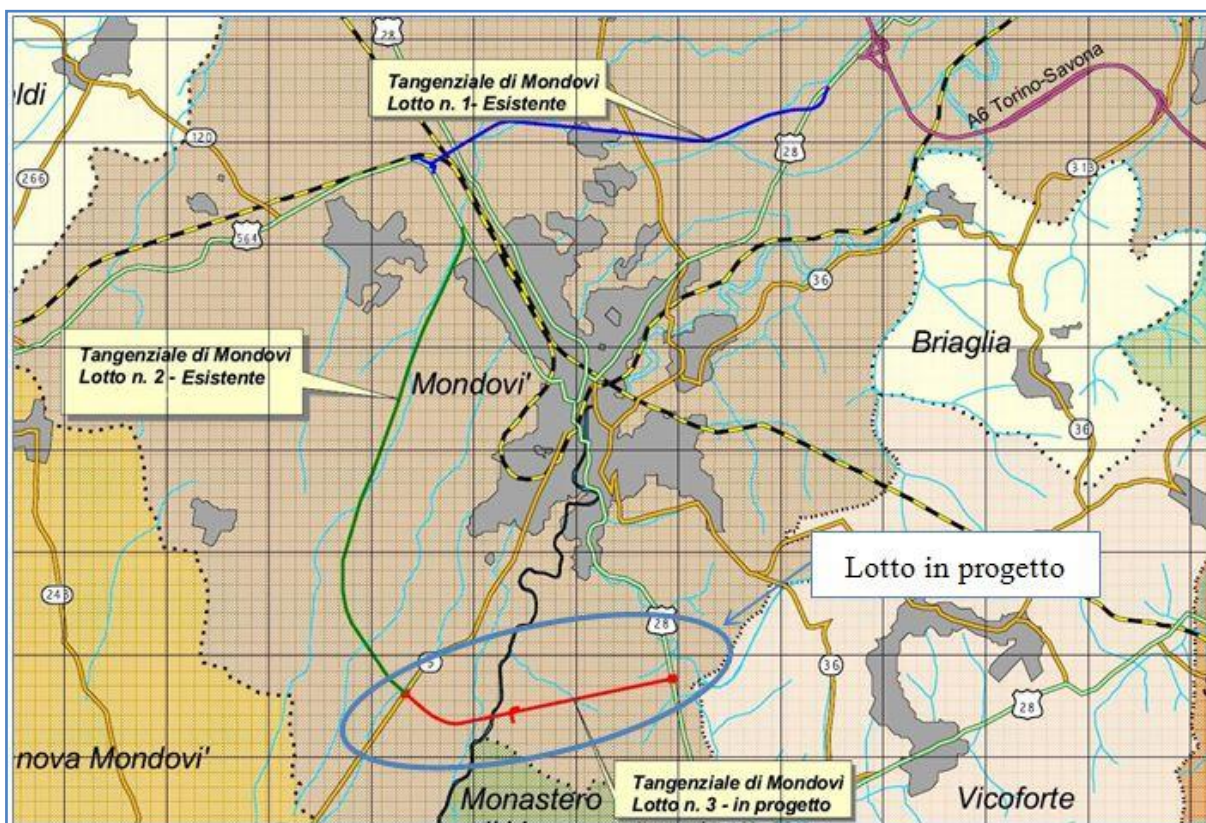


Figura 1 Tangenziale di Mondovì. Inquadramento geografico a grande scala

1.1 Asse principale

L'arteria, in analogia con i lotti precedenti, è una identificabile come strada di classe C1 a doppio senso di marcia con corsie da 3,75 m, banchine laterali da 1,5 m ed elementi marginali secondo normativa per una velocità di progetto minima di 60 Km/h e massima di 100 Km/h.

L'intervento ha inizio sull'esistente rotatoria nella S.P. 5 Villanova – Mondovì, termine del 2° lotto già realizzato, e prosegue verso Est. Dopo un tratto in rilevato, trincea e galleria artificiale lungo circa 700 m scavalca il Torrente Ellero tramite un viadotto che raggiunge in sponda destra il piede della collina monregalese di S. Lorenzo, ad una quota inferiore rispetto a Via Vecchia di Frabosa. Al viadotto fa pertanto seguito la galleria naturale S. Lorenzo, che attraversa una dorsale collinare allungata in direzione Nord – Sud. L'opera in sotterraneo sottopassa non solo Via Vecchia di Frabosa ma anche altre due viabilità ad essa parallele, poste a quota assai maggiore, Via delle Oche e Via Vecchia di Monastero. Al termine della galleria il tracciato prosegue verso oriente con un breve tratto all'aperto lungo circa un centinaio di metri e si collega, tramite una rotatoria, con la S.S. 28.

La progettazione del tracciato ha inteso perfezionare i principi informatori del progetto preliminare, a parità di localizzazione delle sezioni iniziali e finali grazie alla definizione di un ampio andamento curvilineo con raggio minimo di 700 m, più sicuro rispetto al lungo rettilineo con una curva di 400 m di raggio al termine presente nel preliminare, riuscendo al contempo a ridurre significativamente l'intrusione visiva dell'intervento grazie ad una riduzione di quota del viadotto Ellero di oltre 10 m.

Le opere d'arte presenti sono, di conseguenza, la nuova galleria artificiale alla progr. km 0+375 con sezione rettangolare ed uno sviluppo di 150 m, il confermato Viadotto Ellero alla progr. km 0+735, composto da quattro campate per una lunghezza totale di 240 m, e la galleria S Lorenzo, anch'essa confermata, alla progr. km 1+125 con uno sviluppo totale di circa 1.412 m comprensivi dei tratti in artificiale agli imbocchi di lunghezza pari a circa 60 m lato Ovest e 55 m sul lato Est. La copertura della galleria naturale varia tra un minimo di circa 10 m in zona imbocco fino ad un massimo di 110 m nel settore centrale.

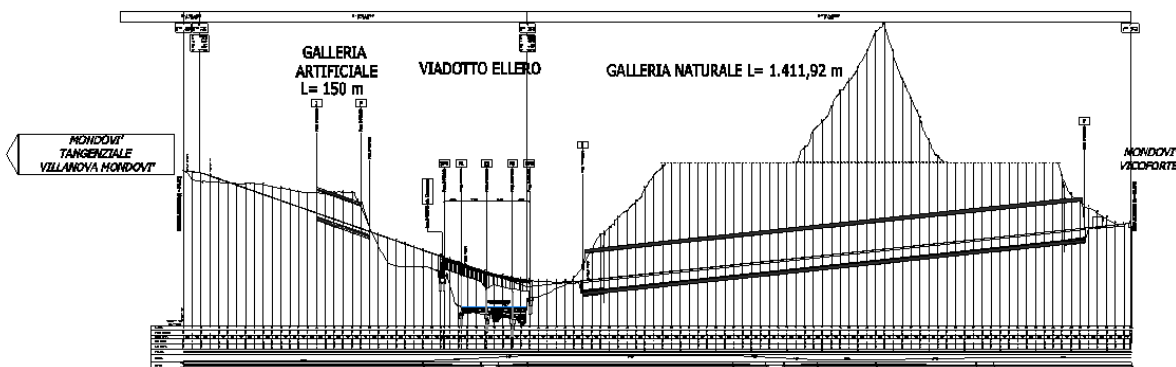


Figura 2 Profilo di progetto

1.2 Asse secondario

Il Progetto Preliminare prevedeva anche uno svincolo sulla Via Vecchia di Frabosa, fra il viadotto Ellero e la Galleria S Lorenzo, per il collegamento con il Rione Borgato di Mondovì. Lo stesso Comune di Mondovì, con nota prot 22002 del 05-07.2018, ha richiesto una modifica al Progetto Preliminare con la soppressione del citato svincolo e la realizzazione, in sua vece ed in posizione distaccata rispetto al tracciato principale (circa 1,5 Km a nord), di un collegamento fra il rione Borgato ed il Km 31 della S.S.28 mediante un ponte che scavalca il torrente Ermena in ambito urbano.

La scelta progettuale è stata fortemente influenzata dalla corografia dei luoghi, dall'assetto geomorfologico nonché dalla antropizzazione marcata del territorio.

L'intervento si inserisce nella viabilità esistente, sia lato S.S.28 che lato rione Borgato, tramite due rotonde; il nuovo tratto di strada compreso tra le due ha uno sviluppo di circa 107 m di cui 84 m sono rappresentati dal ponte che scavalca il torrente Ermena con due luci.

L'intervento prevede inoltre la riorganizzazione della viabilità del Rione Borgato e ampliamento del parco comunale, previo l'inglobamento del tratto terminale di via Vecchia di Monastero, a presidio della cappella della Annunziata.

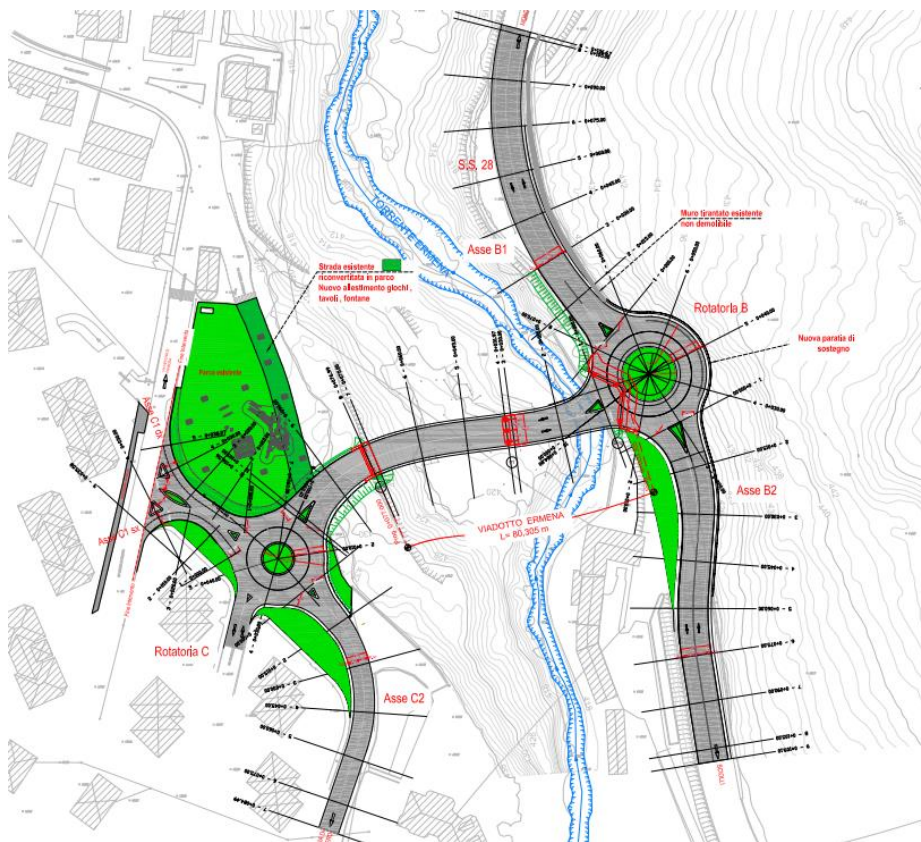


Figura 3 Asse secondario – Collegamento Rione Borgato con S.S.28

1.3 Valutazione tracciati alternativi rispetto al progetto preliminare

1.3.1 Asse principale

In sede di progettazione definitiva si sono studiate alcune possibili varianti al tracciato di progetto preliminare al fine di ridurre la pericolosità geomorfologica che caratterizza l'imbocco ovest della galleria S. Lorenzo.

Qui, infatti, il sondaggio S3 eseguito nel 2003 aveva evidenziato uno spessore di circa 20 m di sabbie limose (unità di Cassano Spinola) in appoggio sul substrato marnoso delle Marne di S. Agata oltre ad alcuni evidenti fenomeni deformativi che ricadono all'interno di una più ampia ed antica frana quiescente che interessa l'intero versante ovest del rilievo. Trattasi in particolare di due frane di scivolamento ritenute (da parte della documentazione bibliografica consultata) almeno in parte attive. Il tracciato di progetto preliminare impegnava entrambe queste frane con l'asse principale e con le piste di svincolo, gravando quindi su aree potenzialmente instabili. Un primo miglioramento progettuale si è avuto con la soppressione dello svincolo sostituito, come da richiesta del Comune di Mondovì, con il ponte sul Rione Borgato.

In tale contesto il progetto definitivo ha studiato ed indagato, oltre alla soluzione del progetto preliminare, anche due possibili varianti, passanti rispettivamente a nord e sud, che mantengono immutati i punti di inizio e fine intervento, apportando una variante planoaltimetrica in corrispondenza dell'imbocco ovest della galleria; in entrambi i casi si è scelto di abbassare la quota di scavalco del torrente Ellero per ridurre la lunghezza del viadotto, minimizzare l'impatto paesaggistico dell'intervento e ricercare terreni più stabili al piede del versante interferito.

In questa ottica, nell'ambito della campagna geognostica del progetto definitivo effettuata in una prima fase e svoltasi nella primavera del 2019, sono stati eseguiti 4 sondaggi, S5 – S5bis – S5ter ed S13, disposti lungo un allineamento nord – sud parallelo a via Vecchia di Frabosa, al fine di verificare quale tracciato fosse in grado di evitare in modo migliore le perimetrazioni di frana e/o imboccare la galleria San Lorenzo con i minori spessori possibili delle coperture potenzialmente instabili. Ottenuti ed interpretati i risultati dei carotaggi, unitamente a quelli dell'indagine geofisica concentrata nelle medesime aree, i rimanenti sondaggi sono stati realizzati lungo il nuovo tracciato individuato (variante nord – alternativa 2) secondo un allineamento disposto circa est – ovest parallelo allo sviluppo dell'asse stradale.

Il sondaggio S5-pz del 2019, posto accanto al vecchio sondaggio S3 2003 ha confermato uno spessore di oltre 20 m di sabbie limose poggianti sul substrato marnoso.

I sondaggi rispettivamente S13-i 2019 ed S5bis-i 2019 più a sud, ed S6-i 2019 a nord, hanno invece riscontrato spessori nell'ordine di 10 m di sabbie limose. I medesimi valori sono sostanzialmente confermati anche da una serie di tomografie sismiche condotte sempre nel 2019, le quali mettono anche in luce un

approfondimento dei terreni più lenti, e quindi meno addensati, al piede del versante in corrispondenza del tracciato di preliminare e della variante sud. L'opzione di tracciato a sud inoltre è risultata interferire planimetricamente con una frana potenzialmente attiva segnalata da molta documentazione bibliografica, mentre il tracciato più a nord non interferisce con perimetrazioni note.

In tale contesto, e fermo restando che a parità di terreni anche la soluzione nord non può ritenersi del tutto esente da una pericolosità geomorfologica, pur sensibilmente ridotta, il progetto definitivo ha sviluppato la soluzione in variante nord, ritenuta migliorativa sia dal punto di vista geomorfologico sia stradale rispetto al tracciato di preliminare poiché fra le altre cose, come scritto, è stata abbassata la livelletta stradale garantendo comunque i franchi sulla massima piena e si è ottenuto un migliore inserimento del viadotto sull'Ellero; è stata inoltre inserita una curva in galleria con raggio superiore a 1000 m che elimina il lungo e pericoloso rettilineo del preliminare ed è stato allungato il tratto all'aperto a fine intervento, compreso fra l'imbocco est della galleria e la rotonda sulla SS28, per garantire una sufficiente visibilità all'immissione nella rotatoria.

Per maggiore chiarezza di seguito si riporta il tracciato adottato nel progetto definitivo, variante nord – alternativa 2, confrontato con la soluzione del progetto preliminare (alternativa 1) e con la succitata variante sud (alternativa 3). Nella medesima figura sono riportate sinteticamente le indagini eseguite nel 2019 e quelle pregresse, reperite da bibliografia o ereditate dalla precedente fase progettuale.

Nella figura di seguito sono invece rappresentate le diverse opzioni di tracciato analizzate montate sulla scheda SIFRAP redatta da Arpa e contenente le perimetrazioni di frana censite sul territorio regionale. Come si può osservare la soluzione adottata evita le frane poste in prossimità dell'imbocco ovest che invece la soluzione di preliminare intercettava ampiamente.

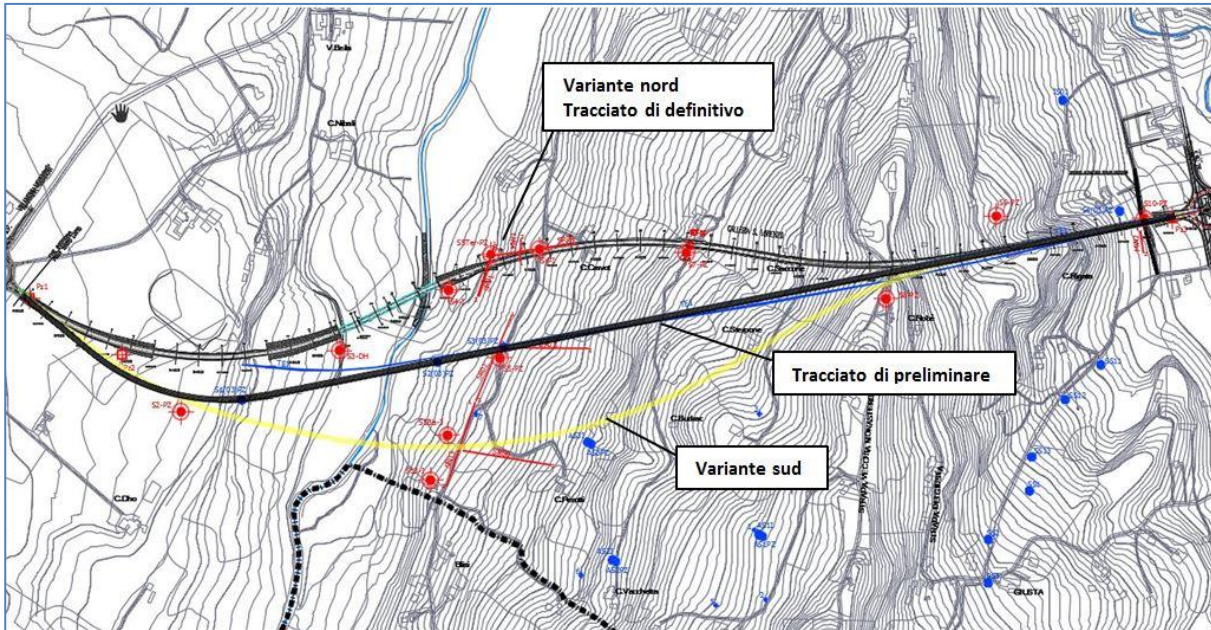


Figura 4 Varianti di tracciato studiate in sede di progettazione definitiva. Alla soluzione di preliminare è stata preferita la variante nord in quanto ritenuta migliorativa dal punto di vista stratigrafico e geomorfologico. In rosso sono riportate le indagini di progetto definitivo ed in blu quelle pregresse

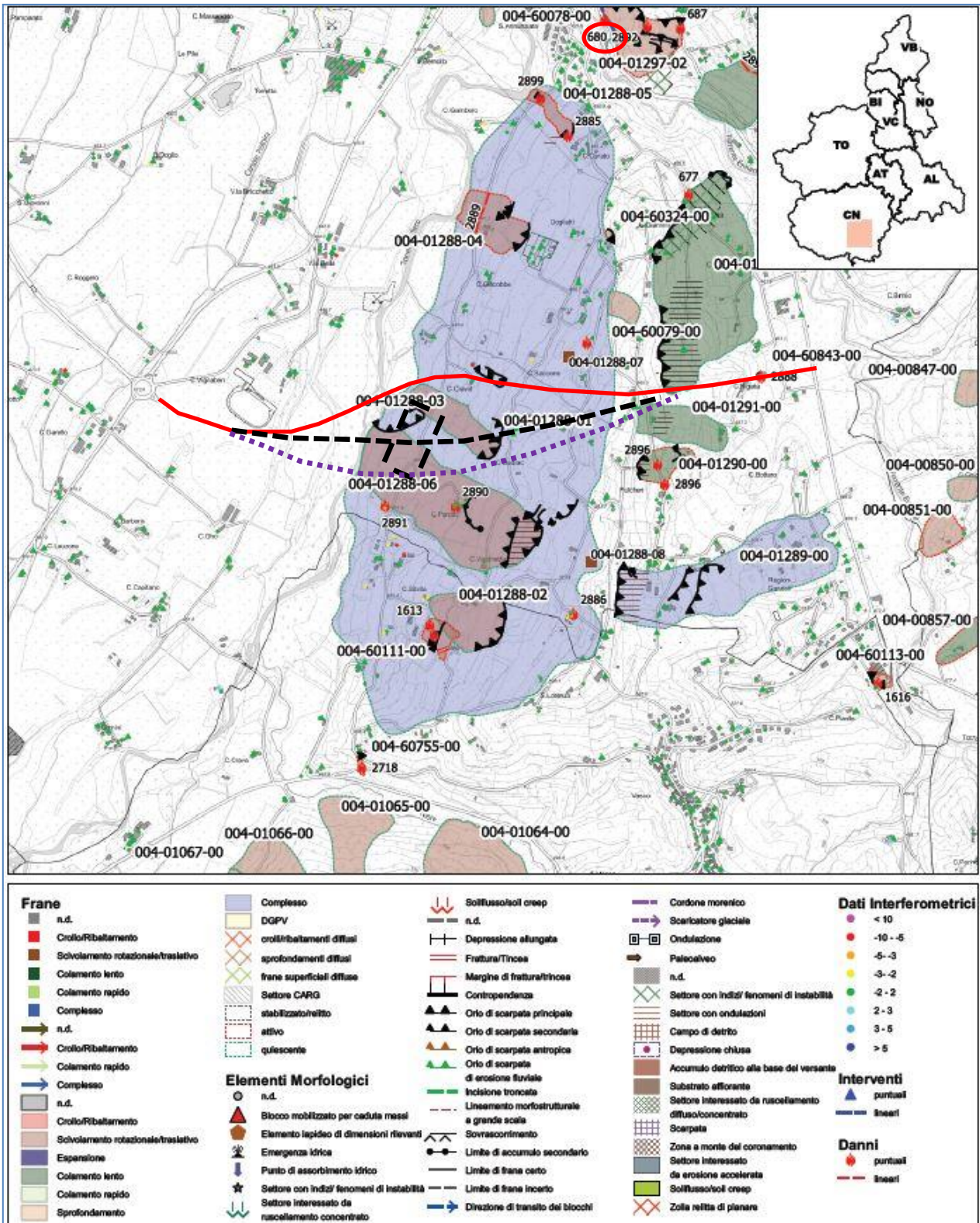


Figura 5 Opzioni di tracciato montate sulla scheda Sifrap redatta dall'Arpa riportante la perimetrazione delle frane censite. Al centro tratteggiato nero il tracciato di preliminare con l'area impegnata dallo svincolo. In alto e in rosso la variante nord (tracciato di progetto definitivo) che evita l'interferenza con le frane censite. In basso puntinato viola la variante sud

1.3.2 Asse secondario – collegamento Rione Borgato

In ottemperanza a quanto richiesto dal Comune di Mondovì, overosia valutare la possibilità di analizzare un collegamento mediante un nuovo ponte sul torrente Ermena fra il rione Borgato ed il Km 31 della SS28, in una prima fase preliminare, si sono analizzate 4 possibili soluzioni, sviluppate a partire delle prime indicazioni fornite dal Comune stesso.

Tutte le ipotesi sono state informate dalla volontà di ottenere il miglioramento del collegamento stradale tra i due versanti, collegamento oggi fornito solo da un ponte storico inadeguato e proibito al traffico pesante nonché a senso unico di marcia, limitando in ogni caso le interferenze sia con la cappella della S.S. Annunziata che con la viabilità esistente e gli accessi carrai privati presenti in sinistra orografica.

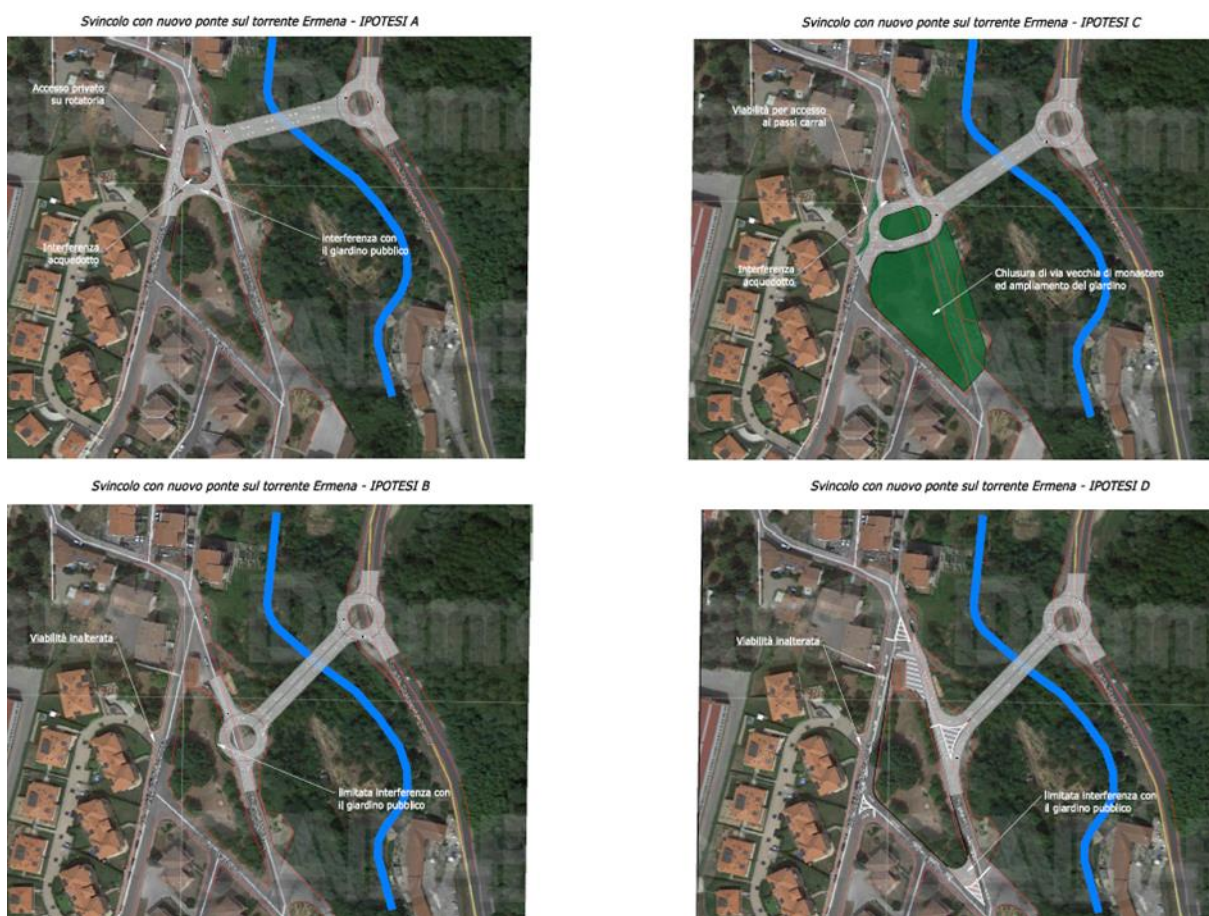


Figura 6 Asse secondario – Collegamento Rione Borgato con S.S.28 – Ipotesi preliminari

Ipotesi A

Rappresenta la soluzione base proposta dal comune di Mondovì. L'innesto in rotatoria su via Fabrosa è caratterizzato dall'inglobamento all'interno della rotatoria stessa della Cappella della S.S. Annunziata.

In loco si è inoltre riscontrato la presenza di un accesso privato carrabile che sarebbe di difficile risoluzione, se non facendolo immettere direttamente in rotatoria, soluzione non ideale.

Inoltre, ma come del resto in quasi tutte le opzioni, una parte del parco pubblico viene sacrificata per la realizzazione della nuova viabilità.

Svincolo con nuovo ponte sul torrente Ermena - IPOTESI A



Figura 7 - Nuovo Collegamento Borgato – Ipotesi A

Ipotesi B

Sulla base del sopralluogo effettuato, è stata individuata un'area in via Vecchia di Monastero in cui potenzialmente sembra possibile inserire una rotatoria.

Questa soluzione ha il merito di non interferire con la cappella della S.S. Annunziata e con la viabilità locale in via Frabosa, lasciando inalterato l'accessibilità esistente ai civici in via Frabosa, oltre che limitare al minimo l'interferenza con il giardino pubblico.

Di contro però, il collegamento con via Fabrosa, che durante il sopralluogo è sembrata essere la strada più utilizzata delle due, avverrebbe però tramite la viabilità esistente.

Svincolo con nuovo ponte sul torrente Ermena - IPOTESI B



Figura 8 - Nuovo Collegamento Borgato – Ipotesi B

Ipotesi C

Ulteriore ipotesi che tende a salvaguardare la cappella della S.S. Annunziata migliorando il collegamento diretto con via Frabosa, mantenendo per quanto possibile la viabilità privata di accesso ai civici di via Frabosa, è di realizzare la rotonda a tergo della chiesetta a scapito del giardino esistente.

L'area a verde pubblico però potrebbe essere incrementata rispetto a quella esistente inglobando un tratto di via Vecchia di Monastero.

Svincolo con nuovo ponte sul torrente Ermena - IPOTESI C



Figura 9 - Nuovo Collegamento Borgato – Ipotesi C

Ipotesi D

Infine, un'ipotesi di minimo impatto, prevede di creare un incrocio a T, in corrispondenza di via Vecchia di Monastero e, mediante l'istituzione di sensi unici, sfruttare la viabilità esistente come "rotatoria" esistente.

Anche in questo caso rimarrebbe inalterata la viabilità locale di accesso ai civici di via Frabosa, oltre che

Svincolo con nuovo ponte sul torrente Ermena - IPOTESI D



praticamente inalterato il giardino pubblico.

Figura 10 - Nuovo Collegamento Borgato – Ipotesi D

L'ipotesi A, ottimale dal punto di vista stradale, è stata scartata perché inglobava all'interno della rotatoria in sinistra orografica la cappella della SS Annunziata, rendendone ardua la fruizione.

L'ipotesi B, migliore dal punto di vista della accessibilità alla cappella, risultava inadeguata per l'eccessiva pendenza dell'attraversamento, superiore al 10%.

L'ipotesi C, pur migliorando lievemente la pendenza longitudinale del ponte, occupava l'area absidale della cappella, laddove trova oggi sede un'attrezzatura a servizio dell'acquedotto, rendendo inoltre più complesso lo sbarco in via di Fabrosa, per la presenza di innumeri passi carrai.

L'ipotesi D, infine, presentava le stesse problematiche dell'ipotesi B, appena mitigate dall'eliminazione della rotonda in sinistra orografica, a prezzo, tuttavia, di una peggiore funzionalità dell'intersezione.

In ogni caso, tutte queste ipotesi progettuali hanno evidenziato in destra orografica un posizionamento non ottimale della rotonda sulla S.S. n. 28, risultando la stessa posta in corrispondenza di un alto muro intirantato a presidio del versante instabile realizzato con non poche difficoltà durante i lavori di rettifica della statale negli anni '70.

Alla luce delle sopracitate problematiche, attentamente analizzate anche con i tecnici del Comune che ha richiesto questo intervento, è stata individuata la soluzione finale di seguito rappresentata, che individua la posizione della rotonda sulla statale S.S. 28 circa 50 m a monte, senza interferire con il muro intirantato, e attraversa l'alveo del torrente Ermena pressoché in modo perpendicolare al suo scorrimento, ponendo la rotonda in sinistra orografica al lembo meridionale dell'area a parco, senza disturbare la fruizione della cappella della SS Annunziata. L'intervento prevede quindi la riorganizzazione della viabilità del Rione Borgato, attraverso l'inglobamento del tratto terminale di via Vecchia di Monastero al parco comunale, che diviene così a completo presidio della cappella della Annunziata. La posizione planimetrica della rotonda è stata vincolata dalla presenza delle intersezioni esistenti, dagli accessi privati, dagli edifici attigui e dalla necessità di mantenere l'area a verde pubblico.



Figura 11 Asse secondario – Collegamento Rione Borgato con S.S.28

2 STUDI ED INDAGINI

Nei successivi paragrafi sono descritte le principali caratteristiche dell'ambito territoriale interessato dalla realizzazione delle opere stradali di progetto rimandando per elementi più approfonditi alle relazioni specialistiche.

2.1 Geologia, geomorfologia e idrogeologia

Nell'ambito dello studio geologico, sono definiti i lineamenti geologici e geomorfologici dell'area in esame. Rimandando allo Studio Geologico e alle carte di sintesi ad esso allegate per maggiori dettagli, si riporta di seguito una sintesi della caratterizzazione geologico-strutturale.

A grande scala l'area in studio si colloca nel settore meridionale del Bacino Terziario Piemontese (BTP), un vasto ambiente posto nella zona di transizione fra le Alpi Occidentali e l'Appennino settentrionale la cui evoluzione si condensa fra l'Oligocene ed il Pliocene attraverso una potente successione terziaria marina cui fa seguito, nel Quaternario, un'emersione con conseguente deposizione in ambiente continentale. Il BTP di fatto documenta l'instaurarsi di una depressione, che costituisce la parte terminale del Golfo Padano, bordata dai rilievi emersi della catena alpina dove si instaura una deposizione per correnti di torbidità in facies di flysch e molassa, tipicamente rappresentate dall'associazione di arenarie variamente cementate, conglomerati, peliti e marne, per spessori complessivi superiori a 4.000 m.

Ad una scala di maggiore dettaglio il sedime di progetto ricade nel Foglio 80 Cuneo della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 il quale, pubblicato nell'ormai lontano 1935, adotta potenti unità cronostratigrafiche secondo un modello geostratigrafico concettuale ormai superato. Infatti successive revisioni della Carta Geologica d'Italia (che non hanno purtroppo riguardato il foglio 80 Cuneo ma hanno coinvolto i fogli adiacenti comunque ricadenti nel BTP) istituiscono nuove unità Formazionali pressoché clastiche, costituenti fasce allungate in direzione NE-SW, la cui distinzione e datazione è stata resa possibile in base al contenuto micropaleontologico. Nel corso degli anni l'approfondimento degli studi geologici porta ad un'ulteriore integrazione e approfondimento del modello geologico concettuale generale che ben si palesa nei nuovi Fogli della Carta Geologica in scala 1:50.000, che però in Piemonte copre solamente il 20% del territorio senza includere il monregalese. Ulteriori informazioni sono state tratte dalla consultazione della carta geologica del PRG di Mondovì e dalla carta Geologica del Piemonte in scala 1:250.000, redatta in collaborazione fra CNR, ARPA, Dipartimento di Scienze della Terra (DST) e Politecnico di Torino, pubblicata nel 2017 e visualizzabile su WebGIS, ravvisando spesso incongruenze fra le diverse fonti.

La successione stratigrafica di questo settore del BTP inizia nel Miocene inferiore (Aquitano - Burdigaliano) e medio (Elveziano) con la deposizione di potenti unità marnose, arenacee e sabbiose cui

seguono, nel Miocene superiore (Tortoniano e Messiniano) marne grigie più o meno argillose o sabbiose di un mare che tende progressivamente a ritirarsi per la chiusura dello stretto di Gibilterra. Durante questo ampio arco temporale si registra una deposizione in condizioni di mare tranquillo dove termini ora marnosi o marnoso sabbiosi ora arenacei si alternano con caratteri sostanzialmente analoghi, risultando fra loro difficilmente distinguibili se non su base micropaleontologica. Nel Pliocene una nuova trasgressione marina porta ad una diffusa sommersione del Piemonte con la deposizione di Argille Grigio Azzurre relativamente omogenee prive di stratificazione che testimoniano un mare relativamente profondo. Il livello marino torna quindi a diminuire portando alla deposizione di sabbie giallastre astiane. Il Pliocene segna la chiusura del Terziario e l'inizio del Quaternario, e con quest'ultimo periodo si registra la definitiva scomparsa del mare piemontese che lascia il posto ad una definitiva emersione rappresentata da un complesso Villafranchiano prevalentemente granulare, espressione di sistemi deposizionali continentali, deltizi e costieri, dove il lento sollevamento dovuto alle spinte verso nord del continente africano disegna gli attuali sistemi collinari. L'ultimo contributo alla deposizione ed alla modellazione del territorio è fornito dall'alternarsi delle fasi glaciali e interglaciali che, con il loro importante trasporto delle acque e del vento rimodellano il territorio e permettono la deposizione di coltri alluvionali e fluvioglaciali prevalentemente granulari.

In tale contesto l'approccio allo studio di questa porzione di territorio ha incontrato non poche difficoltà per la mancanza di una cartografia geologica di riferimento recente e univoca e per la presenza di un modello stratigrafico in facies di flysch e molassa dove si alternano depositi ora prevalentemente arenacei ora prevalentemente marnosi fra loro spesso molto simili, e nei quali la distinzione fra una e l'altra unità stratigrafica richiederebbe un sistematico approccio multidisciplinare su base cronostatigrafica e micropaleontologica che esula dagli scopi del presente lavoro. In campagna la presenza di depositi di copertura e l'alterabilità dei terreni, resa evidente anche dalle basse pendenze naturali dei versanti, comporta una sostanziale e generalizzata assenza di affioramenti, fatto questo che rende difficile la comprensione del modello geologico e giustifica le incongruenze rilevate fra le diverse fonti bibliografiche consultate. Le indagini geognostiche eseguite, specialmente quelle dirette (sondaggi) costituiscono quindi il cardine per il riconoscimento stratigrafico fornendo informazioni spesso mancanti nei precedenti studi accademici. Quanto sopra premesso le unità stratigrafiche previste nell'area in studio sono le seguenti, elencate dall'alto verso il basso:

- Alluvioni attuali e recenti degli alvei ghiaioso sabbioso limose con ciottoli e grossi blocchi arrotondati di natura prevalentemente quarzítica o quarzoarenitica (Quaternario);
- Alluvioni terrazzate sabbioso limoso a tratti ghiaiose (Quaternario);
- Alluvioni antiche ghiaiose in matrice limoso sabbiosa (Quaternario);

- Marne grigio azzurre consistenti (Pliocene);
- Formazione di Cassano Spinola. Alternanza di sabbie limose, limi sabbiosi e sabbie ghiaiose con locali blocchi lapidei quarzoarenitici (Miocene superiore – Messiniano);
- Formazione delle Marne di S Agata Fossili. Marne sabbiose più o meno argillose da molto consistenti a debolmente lapidee di colore grigio sulle superfici fresche, talvolta fossilifere (molluschi), di ambiente marino con subordinate intercalazioni arenacee, calcaree o conglomeratiche più frequenti nella porzione inferiore dell'unità (Miocene superiore);
- Formazione di Lequio. Arenarie variamente cementate di colore grigio in profondità, e bruno giallastro nei rarissimi affioramenti, con intercalazioni di marne, marne calcaree, calcari, conglomerati, sabbie e quarziti (Miocene medio e superiore).

Fermo restando la validità del modello stratigrafico e geotecnico, dedotto da specifiche e puntuali indagini in sito e di laboratorio, le unità marnoso arenacee che costituiscono il substrato sono state attribuite in questo lavoro alle arenarie di Lequio ed alle marne di S. Agata Fossili per coerenza con quota parte della documentazione bibliografica consultata (fra cui il PRG). Questo senza però escludere che le medesime unità possano invece essere attribuite rispettivamente alle più antiche Arenarie di Serravalle ed alle marne della Formazione di Murazzano o ancora, come riportato in alcuni recenti lavori, ad eteropie laterali fra le marne di S. Agata e l'unità arenacea di La Morra.

Dal punto di vista geomorfologico il tracciato ha uno sviluppo circa Est Ovest e si caratterizza per la presenza della dorsale di San Lorenzo, avente forma allungata circa nord sud, che divide la piana alluvionale del Fiume Ellero ad ovest da quella del torrente Ermena ad Est. La piana dell'Ellero si contraddistingue per la presenza di terrazzi aventi andamento parallelo al corso d'acqua (nord sud) che raccordano l'antica piana alluvionale a quota più elevata con l'alveo inciso attuale. Sul lato opposto il fine intervento si colloca in prossimità del punto di raccordo, per la verità poco evidente e sfumato, fra l'estrema piana dell'Ellero e il piede della collina.

Lungo la collina di San Lorenzo la documentazione bibliografica consultata (PRG comunale, PAI, catalogo IFFI, schede SiFrap ecc) ed i rilievi di campo condotti in fase progettuale hanno evidenziato diffuse condizioni di pericolosità geomorfologica imputabili ad una serie di cause che possono essere così brevemente riepilogate:

- versante occidentale: copertura di materiali sabbioso limosi variamente argillosi (Formazione di Cassano Spinola) poggianti su un substrato marnoso (Marne di S Agata) avente giacitura a franapoggio;

- versante occidentale: presenza di un'ampia perimetrazione di frana quiescente (paleofrana?) i cui limiti ripercorrono in parte quelli dell'unità di Cassano Spinola al cui interno si riconoscono più modeste perimetrazioni di frane, alcune delle quali potenzialmente attive;
- versante orientale: presenza di una diffusa coltre superficiale di alterazione marnoso argillosa;
- rete di drenaggio naturale assai poco evoluta e scarsamente organizzata gerarchicamente che limita il deflusso naturale favorendo la penetrazione delle acque nel sottosuolo;
- versanti a modesta pendenza con evidenti contropendenze e ristagni idrici;
- condizioni di falda spesso prossima piano campagna favorita dal limite di permeabilità rappresentato dalle marne di S Agata.

Lungo il versante orientale della collina la pericolosità geomorfologica è diffusa seppur meno accentuata con perimetrazioni di frana generalmente per colata esterne al tracciato di progetto o comunque superficiali rispetto all'asse stradale, sviluppato in galleria naturale. I depositi alluvionali sabbioso limosi poggianti sul substrato marnoso, o le coltri di alterazione superficiale dello stesso substrato marnoso, sono comunque interessati da fenomeni deformativi riconoscibili sul terreno. Tale instabilità potenziale interessa anche le coltri che gravano in zona d'imbocco dove è stato documentato un recente dissesto, per quanto assai superficiale e poco esteso.

Sul versante occidentale, occupato dai depositi sabbioso limoso argillosi della Formazione di Cassano Spinola in appoggio sul substrato marnoso è presente un'ampia perimetrazione di frana quiescente all'interno della quale sono censite alcune e più piccole frane, quiescenti o potenzialmente attive (anche in funzione della fonte bibliografica consultata) generalmente per scivolamento o traslazione. Due di queste ricadono in prossimità dell'imbocco ovest della galleria. La frana più settentrionale non dispone di pregressi monitoraggi e dai rilievi di campo viene interpretata come quiescente o stabilizzata nelle porzioni intermedie e sommitali mentre nella porzione inferiore, a valle di Via Vecchia di Frabosa, sono osservabili fenomeni deformativi superficiali tipo creep o colata a carico di ciò che rimane del relativo accumulo. Per la frana meridionale un monitoraggio inclinometrico effettuato da ARPA ha evidenziato possibili fenomeni deformativi stagionali, di modesta entità e concentrati entro i primi 4 m di profondità, quantomeno nei settori intermedi e superiori, confermati dagli spostamenti registrati su una rete di caposaldi topografici e lesioni su fabbricati esistenti. Nella porzione inferiore non vi sono evidenze di fenomeni attivi significativi anche se le condizioni di stabilità, a livello dei terreni superficiali, possono essere ricondotte ad una condizione prossima all'equilibrio limite.

Il riconoscimento di condizioni di elevata pericolosità geomorfologica con perimetrazioni di frana gravanti in particolar modo sull'imbocco ovest della galleria S Lorenzo ha portato il progetto definitivo ad una variante planoaltimetrica che, fra le altre cose, sposta il tracciato di preliminare verso nord evitando le perimetrazioni di frane riportate in bibliografia e riconosciute sul terreno. Tale soluzione permette inoltre di

imboccare la galleria con minori spessori delle coperture (10 m nel definitivo contro i 20 m di preliminare). Nel contempo la richiesta del Comune di Mondovì di un nuovo ponte sul Rione Borgato ha reso possibile l'eliminazione dello svincolo interposto fra viadotto Ellero e galleria S. Lorenzo, che per buona parte gravava su aree potenzialmente instabili appesantendole con opere in rilevato e viadotto.

Una frana potenzialmente attiva è cartografata anche in sponda destra del torrente Ermena all'altezza del Ponte sul Rione Borgato. Tale perimetrazione, evidenziata anche da recente documentazione bibliografica (sistema informativo frane della Regione Piemonte) è delimitata al piede da un muro tirantato realizzato a seguito dell'allargamento verso monte della S.S.28. Il ponte non interessa direttamente il perimetro di frana che viene però parzialmente intercettato dalla rotatoria di innesto fra le nuove opere e la SS28.

Dal punto di vista idrogeologico i piezometri installati nelle diverse fasi progettuali (progetto preliminare e definitivo) hanno spesso riscontrato condizioni di falda a modesta profondità.

Per quanto attiene l'interazione funzionale e geometrica tra le opere e i terreni procedendo nel senso delle progressive crescenti da inizio intervento fino all'Ellero, il tracciato si sviluppa in rilevato, trincea e galleria artificiale interferendo le alluvioni antiche ghiaioso sabbioso in matrice limoso sabbiosa, in appoggio sul Cassano Spinola o sulle Argille Grigie, quest'ultime non interessate dagli scavi.

Il fiume Ellero viene scavalcato da un viadotto lungo 240 m il cui terreno di sedime è dato da alluvioni attuali e recenti grossolane, con anche grandi blocchi, poggianti sul Cassano Spinola, sulle Argille Grigie e sulle Marne di S. Agata. Le relative fondazioni sono state previste su pali di diametro pari a 880 mm da eseguirsi con una attrezzatura che sia in grado di risolvere l'eventuale, per quanto localizzata e subordinata, intercettazione di orizzonti di natura lapidea (anche quarzoarenitica).

In sponda destra un brevissimo tratto all'aperto immette nella galleria naturale; qui è presente uno spessore da metrico a decametrico di sabbie limose del Cassano Spinola in appoggio sulle marne di S. Agata. In quest'area condizioni di potenziale pericolosità geomorfologica hanno portato alla previsione di un imbocco costituito da una paratia di pali di grande diametro durante la cui esecuzione, analogamente all'attraversamento dell'Ellero, potranno essere intercettati elementi lapidei, specie nei livelli superficiali. In attesa dei riscontri inclinometrici, in un approccio prudenziale, il progetto ha considerato potenzialmente instabile l'intero spessore della coltre limoso sabbiosa poggiante sul sottostante substrato marnoso. Per la gestione della falda lungo la paratia sono stati previsti drenaggi disposti a più livelli, mentre alcune trincee drenanti sono previste sul pendio a monte delle opere, esternamente alle aree di stretta pertinenza progettuale, laddove i rilievi di campo hanno individuato locali fenomeni di colata o creep.

La galleria naturale S Lorenzo si sviluppa ai due estremi nelle marne di S Agata e nella porzione intermedia nelle sottostanti arenarie di Lequio, intercettate dai sondaggi più profondi. Lungo la galleria i sondaggi hanno individuato possibili livelli di breccie mentre una tomografia elettrica ha messo in luce evidenti

contrasti laterali di resistività, elementi questi compatibili con possibili faglie e/o eteropie laterali di facies e/o variazioni del grado di saturazione dell'ammasso. Le marne sono materiali poco permeabili per porosità il cui scavo produrrà condizioni di umidità o stillicidio variamente intenso. Nelle arenarie, permeabili per porosità e fratturazione, sono attese condizioni di stillicidio più intenso e diffuso con possibili venute concentrate laddove il materiale è maggiormente fratturato o sciolto. All'imbocco est una coltre limoso sabbiosa poggia sulle marne di S Agata localizzate a profondità nell'ordine di alcuni metri da p.c. La presenza di un dissesto, seppur localizzato e di modeste dimensioni, ha portato a prevedere una paratia di pali di grande diametro sostanzialmente analoga a quella prevista sul versante opposto.

In corrispondenza del ponte sul Rione Borgato i sondaggi hanno individuato il substrato attribuito alle marne di S. Agata già a modesta profondità da piano campagna. Su di esso poggiano alluvioni terrazzate sabbioso limose con ciottoli. Per il ponte sono previste fondazioni su pali di grande diametro che nell'attraversamento delle marne potranno intercettare locali e subordinate intercalazioni lapidee, secondo la medesima tecnologia già prevista sull'asse principale.

Per l'interconnessione del viadotto con la SS28 è prevista la realizzazione di una rotatoria il cui posizionamento richiede uno scavo al piede del pendio che interferisce con il limite estremo occidentale di una perimetrazione di frana. Stante la scelta di evitare sbancamenti non sostenuti tale scavo sarà gestito tramite una paratia di pali di grande diametro con drenaggi frontali volti ad intercettare ed abbassare i livelli di falda che si palesano attraverso la presenza di una piccola sorgente e trincee drenanti a monte.

2.2 Geognostica e geotecnica

Il progetto definitivo è stato redatto con il supporto di una nutrita documentazione geognostica in parte pregressa o reperita e in parte specificamente eseguita in sede di progettazione definitiva. Sono disponibili in particolare:

- n° 6 sondaggi profondi 15 m eseguiti da Arpa per l'installazione di una strumentazione di monitoraggio (inclinometri e piezometri) lungo il versante occidentale della dorsale di S Lorenzo, a sud dell'imbocco della galleria;
- esiti del monitoraggio inclinometrico, piezometrico e topografico eseguito da Arpa lungo la collina di S Lorenzo a partire dal 1992 sino al 2019;
- n° 12 sondaggi profondi 15-30 m eseguiti da Snam nell'ambito della posa di nuove condotte del metanodotto lungo il versante orientale, a sud dell'imbocco della galleria;
- n° 1 stratigrafia di pozzo per acqua profondo 270 m ubicato a nord dell'imbocco orientale della galleria;

- n° 4 sondaggi profondi 25 m attrezzati con piezometro eseguiti in sede di progettazione preliminare, con sistematiche prove SPT in avanzamento, oltre ad 1 tomografia elettrica lunga 2.172 m che partendo dalla sponda sinistra dell'Ellero attraversa la collina di S Lorenzo;
- n° 14 sondaggi eseguiti in sede di progettazione definitiva di profondità compresa fra 20-120 m con prove in sito e di laboratorio su campione. Di questi n° 4 sono strumentati con inclinometro, n° 8 con piezometro e n° 2 con tubazione per prova down hole. I sondaggi sono integrati da n° 4 pozzetti esplorativi, n° 6 traverse sismiche a rifrazione e n° 2 Masw.

Mancando precedenti prove di laboratorio (in sede di progetto preliminare non erano stati prelevati campioni) la caratterizzazione dei terreni è stata desunta dalle indagini e prove specificamente eseguite in sede di progettazione definitiva, mentre il modello stratigrafico è stato ricavato dall'intero quadro informativo disponibile. In tale ambito i sondaggi costituiscono il riferimento principale mentre le indagini geofisiche (sismiche e geoelettriche) integrano le informazioni puntuali.

Tutti i sondaggi eseguiti in sede di progettazione definitiva sono strumentati. Le prove down hole sono localizzate in corrispondenza dei viadotti Ellero ed Ermena, gli inclinometri sono posizionati al piede della collina di S Lorenzo nell'intorno dell'imbocco ovest della galleria mentre i piezometri sono distribuiti lungo il tracciato.

Le traverse sismiche si concentrano all'imbocco ovest della galleria dove hanno integrato le informazioni fornite dai sondaggi e contribuito alla definizione del tracciato.

I pozzetti hanno permesso il riconoscimento dei terreni superficiali e l'esecuzione di prove di carico con piastra da cui risultano valori di modulo intorno a 5 Ma al primo ciclo di carico e 20 MPa al secondo ciclo, riconducibili a terreni poco addensati discretamente costipabili. I valori di CBR su campioni prelevati dagli stessi pozzetti sono mediamente bassi (nel campo 6-10).

Nel corso dei sondaggi si è determinato sui terreni del substrato (marne e arenarie) il valore del parametro RQD (Rock Quality Designation) per una prima valutazione del grado di fratturazione ed alterazione dei terreni. Le prove in sito sono rappresentate da n 18 prove SPT mentre lungo i tratti in galleria sono state condotte:

- n 2 prove pressiometriche,
- n 8 prove dilatometriche
- n 7 prove di permeabilità tipo Lugeon nelle marne e nelle arenarie.

Nel corso dei sondaggi si sono prelevati:

- n 9 campioni indisturbati,
- n 59 campioni rimaneggiati

- n 49 campioni litoidi

buona parte dei quali stati sottoposti a prove di laboratorio fra cui peso di volume, contenuto naturale d'acqua, granulometria, limiti di Atterberg, contenuto di sostanza organica, compressione semplice, trazione, point load, taglio diretto, triassiale CD, UU, CU. La tabella seguente riepiloga i sondaggi eseguiti in sede di definitivo con relative profondità e condizionamenti, le prove in sito ed i campioni prelevati.

Il monitoraggio sui piezometri è stato condotto durante tutto il corso delle indagini ed ha fornito un quadro informativo di riferimento già in questa fase. La misura di zero sugli inclinometri è stata eseguita nel gennaio 2020 al termine della campagna d'indagine, ed al momento non è ancora disponibile un periodo di osservazione ritenuto significativo. Il monitoraggio dei piezometri e inclinometri proseguirà con cadenza trimestrale per almeno un anno ed i relativi esiti saranno acquisiti quando disponibili per confluire in ogni caso nella successiva fase progettuale. Si protrarrà inoltre, insieme successivamente, nella fase ante operam, in corso d'opera e post operam al fine di verificare l'effettiva interazione opere terreni.

Le indagini di progetto definitivo hanno fornito un inquadramento geostratigrafico e geotecnico adeguato al livello progettuale e per molti versi innovativo rispetto al progetto preliminare il quale, ad esempio, non individuava le arenarie soggiacenti le marne lungo lo sviluppo della galleria e non forniva una precisa attribuzione ai depositi limoso sabbiosi posti al di sopra delle stesse marne.

2.3 Indicazioni sul riutilizzo dei materiali

Per quanto attiene le possibilità di riutilizzo, gli scavi delle alluvioni antiche in sinistra idrografica dell'Ellero, e delle alluvioni attuali e recenti in zona di alveo, sono rappresentati da materiali prevalentemente granulari di buona qualità e come tali reimpiegabili nell'ambito dei lavori. Il Cassano Spinola è un deposito molto eterogeneo nel quale si alternano terreni qualitativamente buoni e come tali recuperabili ed altri francamente più scadenti. Pur ammettendo una possibilità di parziale riutilizzo per la difficoltà di gestione in questa fase è stato considerato interamente non reimpiegabile. Stesso dicasi per le alluvioni terrazzate dell'Ermena dove si riscontra una componente limosa spesso importante. I volumi provenienti dagli scavi entro i depositi marnosi non sono in alcun modo reimpiegabili e saranno allontanati dai lavori. Le arenarie intercettate nella parte centrale della galleria dalle analisi granulometriche eseguite su campioni rimaneggiati sembrano materiali mediocri. L'ispezione delle cassette con relativa documentazione fotografica mostra invece un terreno arenaceo a consistenza lapidea o pseudolapidea per il quale si stima una possibilità di reimpiego per almeno il 30-40% del volume.

Per i ritombamenti sulle opere, preso atto che gli stessi insistono sulle carreggiate stradali, si prevede l'impiego di materiale arido steso e compattato in analogia a materiale da rilevato.

2.4 Sismica

Dal punto di vista sismico il territorio di Mondovì si caratterizza per una bassa pericolosità resa evidente dalle normative succedutesi nel tempo. In particolare, fino al 2003 il Comune di Mondovì viene considerato non sismico.

Un riordino della normativa in materia inizia in Italia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n 3274 del 20 marzo 2003, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", che fissa le regole per l'identificazione del grado di sismicità in tutti i comuni italiani, anche quelli precedentemente dichiarati non sismici, e definisce nuove norme costruttive. Nella citata norma il territorio nazionale è suddiviso in 4 zone sismiche, di cui la prima è quella a maggiore pericolosità. L'Ordinanza n. 3274 conferma la modesta pericolosità sismica del territorio comunale inserendo Mondovì in zona 4, la più bassa su scala nazionale e nella quale sono generalmente accorpati i comuni precedentemente classificati come non sismici.

Dal database dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, che raccoglie i terremoti registrati nei vari comuni nazionali, si evince come la modesta pericolosità di questa porzione di territorio derivi da un ridotto numero di eventi registrati cui compete, di norma, un'intensità al sito modesta. Peraltro, buona parte degli eventi registrati sono "sismi indiretti", i cui epicentri sono localizzati al di fuori del Piemonte e ben s'inquadrano e giustificano su basi geologiche e tettoniche mentre la sismicità prettamente locale è assente o ha carattere limitato

In Piemonte l'elenco delle zone sismiche viene prima aggiornato con DGR 11/13058 del 19.01.2010 e successivamente precisato dalla DGR 65/7656 del 21.05.2014. In quest'ambito il Comune di Mondovì viene inserito in zona 3 a bassa sismicità, confinante a Nord e ad Est con comuni in zona sismica 4 (Carrù, Bastia Mondovì, Cigliè, Briaglia) ed a Sud e Ovest con comuni in zona sismica 3 (Monastero di Vasco, Villanova di Mondovì, Magliano Alpi).

In congruenza con quanto sopra la consultazione del database Ithaca delle faglie capaci, e del catalogo DISS delle faglie sismogenetiche, non ha evidenziato la presenza di strutture potenzialmente degne di nota e tali da produrre effetti significativamente risentibili nelle vicinanze del territorio comunale.

Secondo l'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) di cui al Decreto del 17/01/2018 pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, ed in coerenza con le precedenti NTC 2008, le azioni sismiche debbono essere determinate in relazione al periodo di riferimento VR, che si ricava moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU, rispettivamente come da tabella 2.4.I e 2.4.II delle N.TC.

$$VR = VN * CU$$

Il progetto preliminare redatto nel 2003 non faceva alcun cenno al periodo di riferimento dell'azione sismica.

In sede di progettazione definitiva in accordo sia, con il DPCM del 21 Ottobre 2003 individua le strade statali come "opere infrastrutturali di interesse strategico, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile", sia con le NTC2018 che definiscono la opere ricadenti in classe IV, limitatamente per i ponti come "Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico" così come evidenziato anche dal CSLP, l'opera in oggetto viene classificata come ricadente in classe d'uso IV

$$VR = VN \times CU = 50 \times 2 = 100 \text{ anni}$$

Un ulteriore elemento di valutazione è rappresentato dall'effetto locale prodotto dal contesto geologico-geomorfologico che caratterizza l'area in studio. Ciò significa valutare le differenze di intensità massima al suolo dovute alle specifiche situazioni stratigrafiche e morfologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce la risposta sismica locale (RSL).

Per quanto attiene gli effetti stratigrafici le indagini effettuate hanno permesso di evidenziare come la successione stratigrafica dei terreni sia da un punto di vista sismico sostanzialmente regolare, con velocità progressivamente crescenti verso il basso, con contatti geometrici suborizzontali senza marcati contrasti laterali particolarmente marcati e in assenza di un evidente bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s), almeno nell'ambito dei primi 30-40 m da p.c. Ciò ha permesso un approccio semplificato nell'ambito delle categorie definite dalla tabella 3.2.III delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (NTC 2018) basato sulla velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . Le indagini eseguite, rappresentate da prove Masw e down hole in foro hanno evidenziato l'appartenenza in tutti i casi ad una categoria di suolo di fondazione tipo B che compete a: *"Depositi a grana grossa molto addensati caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"*.

Per quanto attiene gli effetti topografici le aree di progetto sono sostanzialmente sub pianeggianti o caratterizzate da morfologie dolci ed arrotondate (collina di S. Lorenzo) di modesta altezza e con ampie basi, modellate dalle caratteristiche e dalla spiccata erodibilità dei terreni, dove le principali accentuazioni di pendenza sono riconducibili ai terrazzi fluviali incisi dell'Ellero e dall'Ermèna. Con riferimento alle categorie topografiche di cui alla tabella 3.2.IV delle NTC 2018 si riscontra generalmente una categoria topografica T1 cui compete un fattore di amplificazione unitario.

2.5 Idrologia e idraulica

Il progetto della nuova *Tangenziale di Mondovì – III lotto* interseca in due punti la rete idrografica superficiale. Nello specifico si prevede l’attraversamento del fiume Ellero con un viadotto lungo 240 metri formato da quattro campate che poggiano sulle spalle dei versanti e su tre pile che trovano fondazione sul letto del fiume. L’altro attraversamento è previsto con un’opera secondaria nei pressi di Rione Borgato con un ponte a due campate e la pila posta in una parte golenale molto alta rispetto all’alveo.

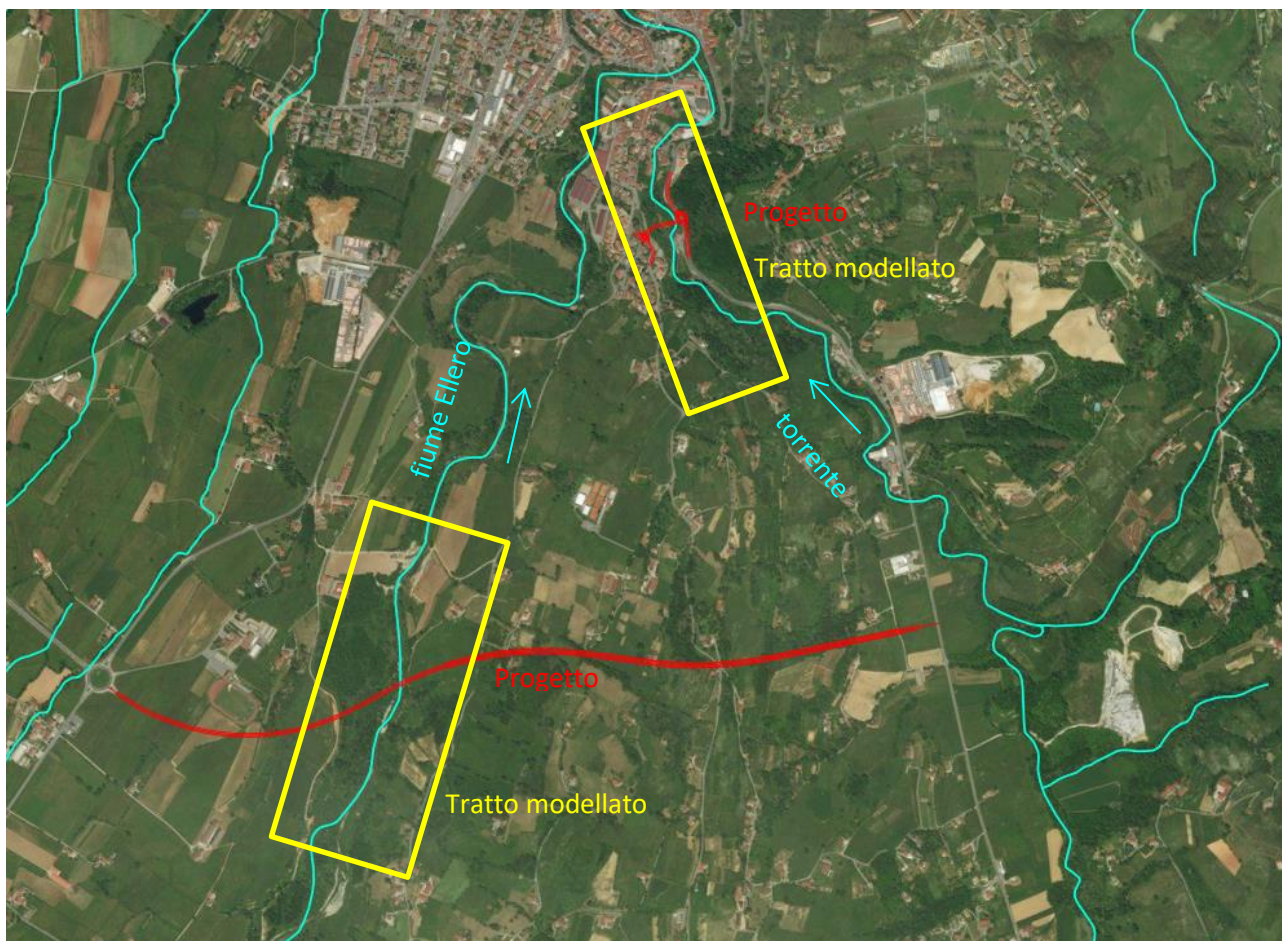


Figura 12: Inquadramento delle opere di attraversamento con messa in evidenza dell’opera prevista di progetto e il tratto di fiume modellato.

Nei pressi di questi due attraversamenti è stato modellato l’andamento del fiume sottostante con specifici software per determinare l’influenza delle opere sull’andamento del profilo idraulico e per garantire un franco di sicurezza.

Particolare attenzione è stata posta nello studio specialistico dell’Ellero nell’ intorno del viadotto di progetto ed è stato sviluppato in tre parti principali:

- Descrizione morfologica del corso d’acqua e granulometria del materiale in alveo;
- Simulazione a “fondo fisso”: analisi del campo di moto che si instaura in occasione degli eventi di piena, rispetto allo scenario attuale e di progetto. Le principali grandezze idrodinamiche saranno valutate

attraverso un modello numerico bidimensionale. L'assetto geometrico di riferimento dell'alveo sarà quello attuale (condizione ideale "a fondo fisso");

- Simulazione a "fondo mobile": Analisi delle tendenze evolutive del corso d'acqua attraverso l'implementazione di un modello numerico morfologico-idraulico a "fondo mobile". Anche in questo caso verrà analizzato lo scenario attuale assieme a quello di progetto.

Le simulazioni sono state svolte con il codice di calcolo BASEMENT, software sviluppato dai ricercatori dell'ETH di Zurigo. BASEMENT che permette di sviluppare analisi di evoluzione dei corsi d'acqua naturali, attraverso la risoluzione accoppiata delle equazioni di bilancio della parte fluida e della parte solida.

Entrambe le modellazioni danno esito positivo per l'interazione tra l'opera di progetto e la rete idrica intercettata. Infatti, in tutte e due le modellazioni risulta rispettato un franco di sicurezza di gran lunga maggiore a 1,5 m con una portata duecentennale, nello specifico per il Viadotto Ellero il franco minimo è pari a 5.96m mentre il il Ponte sul fiume Ermena pari a 7,30m

Dove si prevedono attraversamenti di corsi d'acqua, per opere d'arte le cui strutture possono essere interessate dalla corrente, si prevede di intervenire attraverso la realizzazione di una protezione spondale, realizzata con scogliere opportunamente estese sia a monte, sia a valle delle strutture in progetto.

Nell'attraversamento del fiume Ellero le pile P2 e P3 possono essere soggette a fenomeni di scalzamento per piene duecentennali, essendo poste in golena. Per minimizzare gli effetti dovuti ad eventuali fenomeni di scalzamento si sono ammorsati i plinti di fondazione nel substrato marnoso (bedrock) che è può essere eroso dalla corrente con processi evolutivi molto più lenti rispetto a quelli caratteristici dei materiali granulari e in tempi di ordine superiore a quella della vita utile dell'opera. Si è previsto comunque di proteggere il plinto di fondazione con uno doppio strato di massi ciclopici. L'estensione planimetrica delle protezioni è stata pensata considerando la profondità massima di scavo e la classica forma lasciata dall'erosione. La protezione molto ampia in massi sciolti è appoggiata direttamente sullo strato marnoso. Quindi in corrispondenza delle pile si provvede di proteggere il fondo alveo andando a realizzare una doppia fila di massi ciclopici che saranno posati attorno alla pila e sopra il plinto di fondazione. I massi in questo caso saranno sciolti. Tale configurazione consente di avere una protezione flessibile che bene si adatta al fondo. I massi saranno appoggiati sullo strato marnoso. In corrispondenza della sponda destra a protezione spalla S2, lato est, del nuovo impalcato è prevista la realizzazione di una scogliera in massi ciclopivi. La protezione si estende per un tratto di circa 215 m, di cui circa 155 m a monte del nuovo attraversamento e i restanti 60 m a valle. Il tratto a monte è così esteso per inglobare tutta l'ansa che l'alveo fa appena prima dell'attraversamento. La scogliera sarà prolungata sotto il talweg per ammorsarsi con il piede all'interno dello strato marnoso riscontrato nei sondaggi, in questo modo si fornisce una buona stabilità al piede dell'opera di protezione anche nel caso vi fosse un abbassamento del fondo a causa di una evoluzione erosiva dell'alveo. Nel tratto in corrispondenza della spalla S2 per una larghezza a cavallo della stessa di circa 40 m, con la finalità di garantire una maggiore protezione contro lo scalzamento si è previsto di rafforzare la difesa con una doppia fila di massi sulla scarpata. Nel tratto non interessato dal livello idrico di piena (2 m sopra il livello di TR200) si realizzerà una scarpata più pendente del 3 su 2 per ricostruire

l'andamento del terreno esistente. In questo modo sarà possibile garantire il passaggio del personale per le ispezioni.

Le acque provenienti dalle piattaforme stradali vengono intercettate mediante caditoie grigliate e poi coltate verso lo scarico attraverso tubature in PEAD di vario diametro. Primo dello scarico nel corpo ricettore finale le acque saranno condotte in una vasca disoleatrice.

L'intera progettazione ha previsto lo scarico delle acque di piattaforma nei rispettivi corpi idrici superficiali vicini alle opere sia sul fiume Ellero che sul torrente Ermena. Prima di questo scarico sono stati previsti due disoleatori per trattare tutta l'acqua in continuo. Per il tratto in galleria naturale, è stata anche prevista una vasca di raccolta degli sversamenti accidentali collegata ai pozzetti tagliafuoco.

2.6 Archeologia

In accordo con quanto riportato nell'art. 25 D.Lgs. 50/2016 si sono svolte tutte le attività propedeutiche per la verifica preventiva dell'interesse archeologico. in relazione al progetto definitivo per la realizzazione del terzo lotto della tangenziale di Mondovì. Si rimanda alla relazione archeologica (elab. 06.01_P00_IA00_AMB_RE01_A) del progetto definitivo e relative elaborazioni grafiche allegate per la trattazione completa ed esaustiva.

Le opere in progetto non risultano interessate da specifici vincoli archeologici, l'analisi per la determinazione del rischio archeologico ha preso in considerazione l'inquadramento geomorfologico e storico dell'area, la distribuzione dei siti archeologici individuati tramite la ricerca bibliografico/archivistica dei dati editi ed inediti con buffer di 2500 m attorno al perimetro delle opere in progetto, i risultati della ricognizione archeologica di superficie (survey), buffer di 150 m attorno al perimetro delle opere in progetto - eseguita nei mesi di ottobre 2019 (con condizioni meteorologiche discrete) e febbraio 2020 (con condizioni meteorologiche buone), l'analisi dei toponimi presenti e l'interpretazione delle fotografie aeree.

Il risultato principale di questo lavoro si è concretizzato nella stesura di una "carta del potenziale archeologico" che illustra, all'interno dell'area di studio, in maniera schematica i dati raccolti e la valutazione del potenziale archeologico assoluta effettuata e 2) di una "carta del rischio archeologico" relativa all'areale specifico dell'opera in oggetto e agli interventi ad essa connessi, entrambe allegate alla relazione archeologica.

Le opere in progetto attraversano degli ambiti territoriali con caratteristiche morfologiche diverse passando da un ambito di alta pianura a margine di terrazzi fluviali, a un ambito di alveo fluviale, a uno di fondovalle collinare fino a quello di versante collinare. I terreni interessati sono a prevalente destinazione agricola (prativo e cerealicoltura vernina) e presentano numerose tracce di paleolavei più o meno recenti (basti ricordare i disastrosi eventi alluvionali del 1994 e 1996).

La possibile presenza, nell'area pianiziale, di una centuriazione romana fa supporre l'esistenza di un sistema di nuclei insediativi sparsi legati allo sviluppo e allo sfruttamento agricolo del territorio. Tale tipologia di insediamento potrebbe essere confermata anche dalla presenza di un asse viario che costeggia il torrente Ellero ed al quale potrebbero essere legati gli ambiti funerari ben documentati dai vari rinvenimenti di epigrafi sporadiche effettuati in passato in tutta quest'area.

Il panorama dei rinvenimenti specificamente archeologici nell'area di studio è particolarmente scarso e frammentario.

I dati raccolti nell'ambito del Foglio 80 dell'IGM hanno permesso di censire 409 siti sulla cui distribuzione spaziale è stata eseguita un'analisi di densità (con *buffer radius* a 500 m). E' stata così prodotta una mappa di concentrazione dei siti (cfr. Tav. 07 della relazione archeologica e di seguito riportata) dalla quale si possono delineare delle aree di maggiore presenza di evidenze archeologiche e quindi a potenziale rischio archeologico maggiore. Ovviamente tale analisi si basa solo sui dati bibliografico-archivistici noti.

La carta di densità dei siti (Tav. 07) evidenzia che il 3° lotto della Tangenziale di Mondovì in progetto (aree 1a e 1b) si colloca in una zona a densità praticamente nulla, mentre l'intervento nel rione Borgato è situato a margine di un'area ad elevata densità coincidente con il rione Piazza.

Va fatto notare, comunque, che l'agro centuriato è caratterizzato da una frequentazione/insediamento diffuso anche se non particolarmente addensato e quindi l'analisi di densità dei siti noti, non derivando da una ricerca sistematica ed esaustiva del territorio, potrebbe non rappresentare esattamente la reale estensione del popolamento antico (in particolar modo romano).

L'analisi delle fotografie aeree non ha fornito elementi particolarmente significativi e la maggior parte delle anomalie riscontrate può essere ricondotta a fenomeni fluviali più o meno recenti e ad attività antropiche moderne.

Sulla base della ricerca bibliografica ed archivistica si è potuto evidenziare che il tracciato delle opere in oggetto non intercetta direttamente nessun sito noto, per queste motivazioni e per l'assenza di ritrovamenti archeologici nelle immediate vicinanze si può ritenere che il rischio archeologico dell'area sia medio / basso.

Nel complesso quindi lo studio ha rilevato che non vi sono evidenze archeologiche note che interferiscono direttamente con la realizzazione dell'opera, anche se l'area di studio presenta un buon grado di potenzialità archeologica.

Sulla base dei dati raccolti non vi sono elementi per poter suggerire l'esecuzione di sondaggi preliminari di verifica archeologica in fase preventiva alla realizzazione delle opere, tuttavia potrebbe essere opportuna un'attività di sorveglianza archeologica durante le opere di scavo previste. Ogni ulteriore decisione in

merito sotto il profilo archeologico spetta comunque alla competente "Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Alessandria, Asti e Cuneo".

3 PROGETTO STRADALE

Di seguito si illustrano le caratteristiche geometriche del progetto stradale dell'asse principale e dell'asse secondario in termini di rispondenza normativa e fruibilità ai flussi di traffico.

3.1 Descrizione degli interventi

3.1.1 Asse principale

Il progetto di realizzazione della tangenziale di Mondovì prevede il completamento del 3° lotto che congiungerà la S.P. Villanova-Mondovì con la SS 28 a Sud dell'abitato di Mondovì.

Il tracciato dell'asse principale ha una lunghezza complessiva di 2667 m circa e il suo andamento ha una direzione sostanzialmente Ovest-Est. Ha inizio in corrispondenza dello svincolo esistente a rotatoria sulla S.P. 'Villanova-Mondovì, termine del II lotto, e prosegue spostandosi ad Est, superando il fiume Ellero, fino a giungere all'innesto sulla Statale 28 tramite svincolo a rotatoria.

Il tracciato di progetto si stacca dall'attuale S.P. 'Villanova-Mondovì e dopo l'innesto sulla rotatoria esistente prosegue fino ad affacciarsi alla valle determinata dall'incisione del torrente Ellero con un'ampia curva di $R=700,00$ m e con pendenza (3,49%) in trincea fino al termine della galleria artificiale posta tra la progressiva 0+375 e la progressiva-0+525. Esso continua con un tratto in rilevato e alla progressiva 0+725, per superare il torrente Ellero, ha inizio il viadotto omonimo di 240,00 m di lunghezza, al termine del quale si ha un tratto di circa 150,00 m in rilevato prima di arrivare alla progressiva 1+125 dove inizia la galleria naturale che si sviluppa planimetricamente con una doppia curva di $R = 1100$ m con interposta cloide di flesso.

La galleria San Lorenzo attraversa la omonima collina monregalese fino al versante a Oriente di tale dorsale. Dopo 130,00 m dall'uscita s'innesta sulla S.S. 28 con uno svincolo a rotatoria.

L'altimetria del tracciato è stata definita tenendo conto della quota determinata dal franco idraulico del Torrente Ellero e dalle quote di innesto sulle viabilità esistenti al fine di intestare lo scavalco del torrente alla minore quota possibile pur mantenendo pendenze longitudinali non eccessivamente accentuate.

L'andamento altimetrico a partire dalla rotatoria inizia, di conseguenza, in leggera salita con una pendenza dell'ordine del 0.5% e poi scende fino al torrente con pendenza (3,49%), dopo un raccordo concavo $R = 7000$ si prosegue, infine, con pendenza costante in salita del 1,5 % fino a raggiungere la SS 28 esistente a fine lotto.

L'asse principale è stato progettato secondo gli standard di una strada extraurbana secondaria tipo C1 del DM 5/11/01 cui è associato l'intervallo di velocità di progetto $60 \div 100$ km/h, adottando la medesima sezione stradale utilizzata nei due lotti precedenti.

3.1.2 Asse Borgato

L'intervento prevede un nuovo tratto stradale che mette in collegamento la SS 28 al km 31, attraversando il torrente Ermena, con la zona a sud dell'abitato di Mondovì in corrispondenza della chiesetta dell'Annunziata in località Rione Borgato.

Il tracciato stradale proposto si innesta sulla SS 28 subito dopo una piazzola di sosta, realizzata in occasione della rettifica che il tracciato ha avuto negli anni settanta, con una intersezione a rotatoria a tre rami di diametro esterno mt. 36,50, attraversa il torrente Ermena con un viadotto di 80,00 m di lunghezza al termine del quale, si ha un tratto di circa 30m in rilevato prima di arrivare seconda rotatoria di diametro mt. esterno 29,50.

Il tratto stradale in oggetto avrà le caratteristiche geometriche di una strada locale extraurbana di tipo C2, così come specificate nel D.M. 05/11/2005 e si è associato una velocità di progetto 30 ÷ 50 km/h.

3.2 Criteri di progettazione stradale

3.2.1 Inquadramento normativo e criteri progettuali

I principali riferimenti normativi relativamente agli aspetti stradali di tutte le infrastrutture in progetto sono:

- D.Lgs. 30/04/92, 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";
- D.M. 05/11/01, n. 6792 e s.m.i.: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (di solo riferimento nel caso di adeguamento di strade esistenti secondo il D.M. 22-04-04).
- D.M. 19/04/2006: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (di solo riferimento nel caso di adeguamento di intersezioni esistenti).

3.3 Caratteristiche di piattaforma del tracciato

3.3.1 Sezioni stradale tipo – Asse principale

La sezione tipo adottata, in conformità alla categoria C1 del DM 5/11/01, presenta una piattaforma pavimentata di larghezza pari a 10,50 m; in dettaglio la sezione è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in sinistra e destra da 1,50 m;
- n° 2 corsie (1 per senso di marcia) da 3,75 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

Sia in viadotto che in galleria, la piattaforma manterrà la larghezza di 10,50 m.

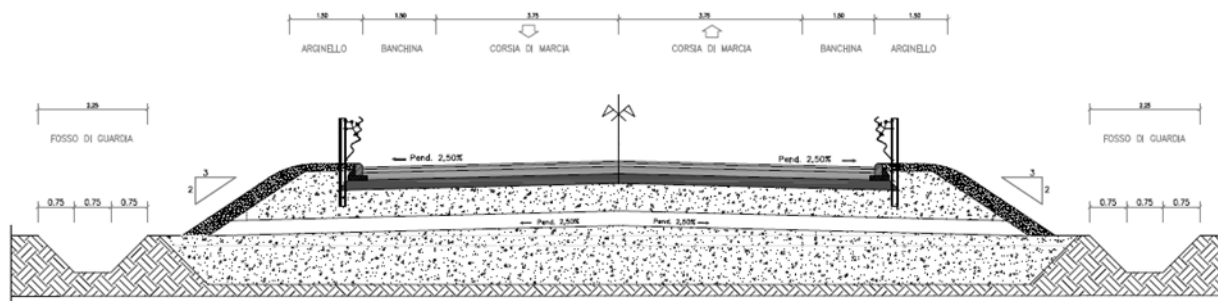


Figura 13: Asse principale – Sezione tipo rilevato

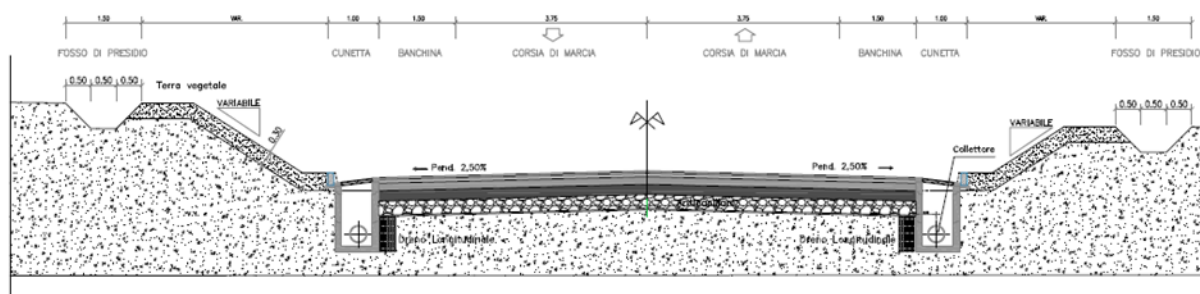


Figura 14: Asse principale – Sezione tipo rilevato

Rotatoria asse principale

In corrispondenza della fine intervento per la connessione tra la variante e l'attuale S.S. 28 è prevista una rotatoria di progetto.

La rotatoria presenta un diametro esterno della corona giratoria di 49 m, organizzata con un'unica pseudocorsia di larghezza pari a 6 m con banchine in dx e sx di 1,00 m. I due rami ad essa afferenti (Ramo A e Ramo B) presentano due corsie da 3,50 m e banchine in dx e sx da 1,50 m.

Essa è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in interna ed esterna da 1,50 m;
- corsia circolante di 6,00 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;

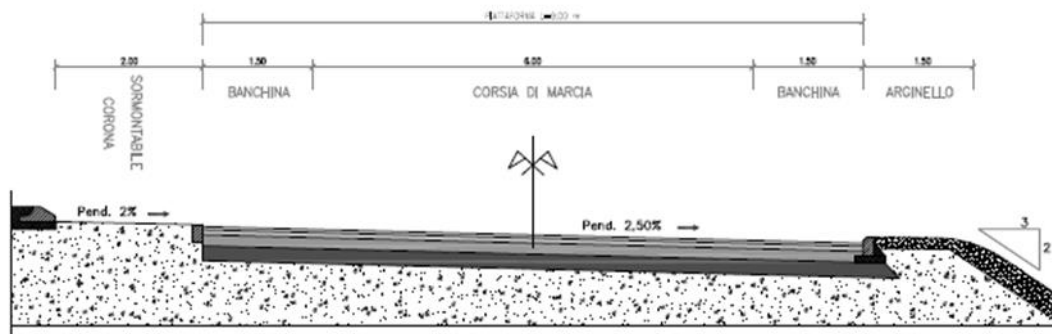


Figura 15: Rotatoria – Sezione tipo rilevato

Viabilità locale e rami di innesto

Per quanto riguarda la progettazione delle viabilità secondarie interferite con l'asse principale, considerando che si tratta di strade esistenti, essendo già esclusa tale tipologia di intervento dal rispetto delle indicazioni contenute nel DM 5.11.2001, secondo quanto previsto all'art. 4 della suddetta norma, la progettazione sarà improntata alla risoluzione dell'interferenza senza determinare pericolose ed inopportune discontinuità e realizzando una sezione tipo che mantenga quanto più possibile il calibro della sezione esistente, adottando comunque dimensioni non inferiori.

Nell'ambito delle viabilità interferita sono state incluse anche le strade a destinazione particolare, per le quali le caratteristiche compositive fornite dalla tabella 3.4.a del D.M 5.11.2001 e caratterizzate dal parametro "velocità di progetto" non sono applicabili. Si tratta, in ambito extraurbano, di strade agricole, forestali, consortili e simili, nelle quali le dimensioni della piattaforma vanno riferite in particolare all'ingombro dei veicoli di cui è previsto il transito.

3.3.2 Asse Borgato

La sezione tipo adottata, in conformità alla categoria C2 del DM 5/11/01, presenta una piattaforma pavimentata di larghezza pari a 9,50 m; in dettaglio la sezione è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in sinistra e destra da 1,25 m;
- n° 2 corsie (1 per senso di marcia) da 3,50 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

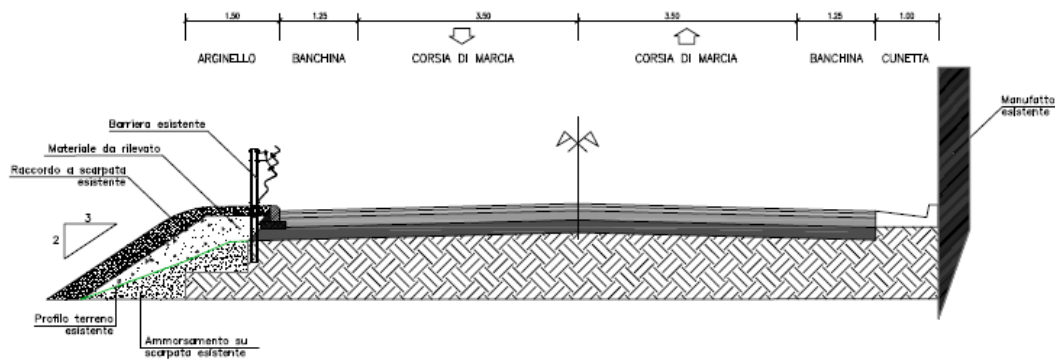


Figura 16: Asse secondario – Sezione tipo

Rotatorie asse secondario

La rotatoria presenta un diametro esterno della corona giratoria di 49 m, organizzata con un'unica pseudo-corsia di larghezza pari a 6 m con banchine in dx e sx di 1,00 m. I due rami ad essa afferenti (Ramo A e Ramo B) presentano due corsie da 3,50 m e banchine in dx e sx da 1,25 m.

Esse è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in interna ed esterna da 1,50 m;
- corsia circolante di 6,00 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;

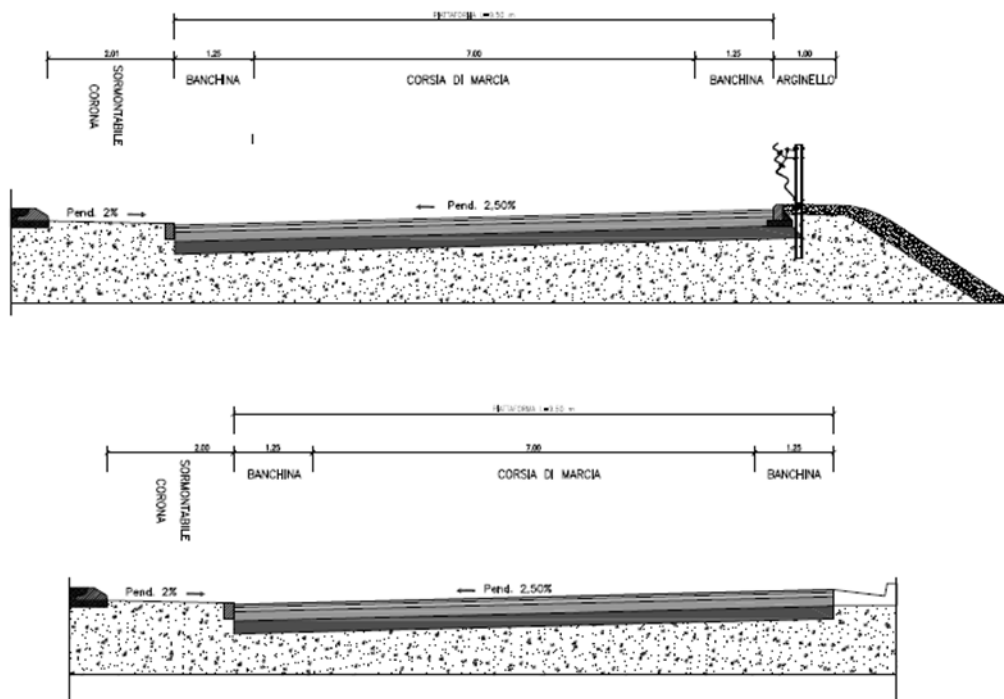


Figura 17: Rotatoria – Sezione tipo

Per gli elementi tecnici stradali si rimanda ai contenuti della relativa relazione specialistica.

4 OPERE D'ARTE DI PROGETTO

Il presente capitolo descrive le principali caratteristiche delle opere d'arte maggiori e minori presenti in progetto.

4.1 Riferimenti normativi

I principali riferimenti normativi relativamente agli aspetti stradali di tutte le infrastrutture in progetto sono:

D.M. 17-01-2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni";	[NTC18]
CIRCOLARE 27/07/2018 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17-01-2018;	[C- NTC18]
UNI EN1991-2 "Azioni sulle strutture: carichi da traffico su ponti";	[EC1-2]
UNI EN1991-1-5 "Azioni sulle strutture: azioni in generale-azioni termiche"	[EC1-1-5]
UNI EN1992-1-1 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo: regole generali e regole per gli edifici"	[EC2-1]
UNI EN1993-1-1 "Progettazione delle strutture in acciaio: regole generali e regole per gli edifici";	[EC3-1]
UNI EN1993-1-5 "Progettazione delle strutture in acciaio: elementi strutturali a lastra";	[EC3-1-5]
UNI EN1993-1-8 "Progettazione delle strutture in acciaio: progettazione dei collegamenti";	[EC3-1-8]
UNI EN1993-1-9 "Progettazione delle strutture in acciaio: fatica";	[EC3-1-9]
UNI EN1993-2 "Progettazione delle strutture in acciaio: Ponti di acciaio";	[EC3-1-8]
UNI EN1994-1-1 "Progettazione delle strutture in composte acciaio-calcestruzzo: progettazione dei collegamenti"	

4.2 Viadotto Ellero

Il viadotto Ellero scavalca l'omonimo fiume in corrispondenza della progressiva 0+735,6 km dell'asse principale, essendo l'esordio delle progressive previsto in corrispondenza del termine del lotto 2 già eseguito.

L'opera in oggetto è costituita complessivamente da quattro campate con la seguente scansione di luci 48 m + 72 m + 72 m + 48 m per una lunghezza complessiva di 240 m, al netto dei retrotrave, con schema

statico a trave continua. La sezione trasversale conforme al progetto dell'intervento prevede una sede stradale costituita da due corsie di larghezza pari a 3.75 m, completate da banchine di larghezza pari a 1.50 m e cordoli che ospitano i guard-rail di larghezza pari a 0.75 m; pertanto la sezione trasversale ha una larghezza complessiva pari a 12.00 m.

Lo sviluppo planimetrico dell'impalcato è caratterizzato da una doppia curvatura in clotoide di flesso tra due curve con raggio di 700 m e 1100 m; sulla spalla Sp1 la pendenza longitudinale è del 3.49% che si riduce lungo lo sviluppo per l'inserimento di un raccordo altimetrico concavo con raggio di 7000 m.

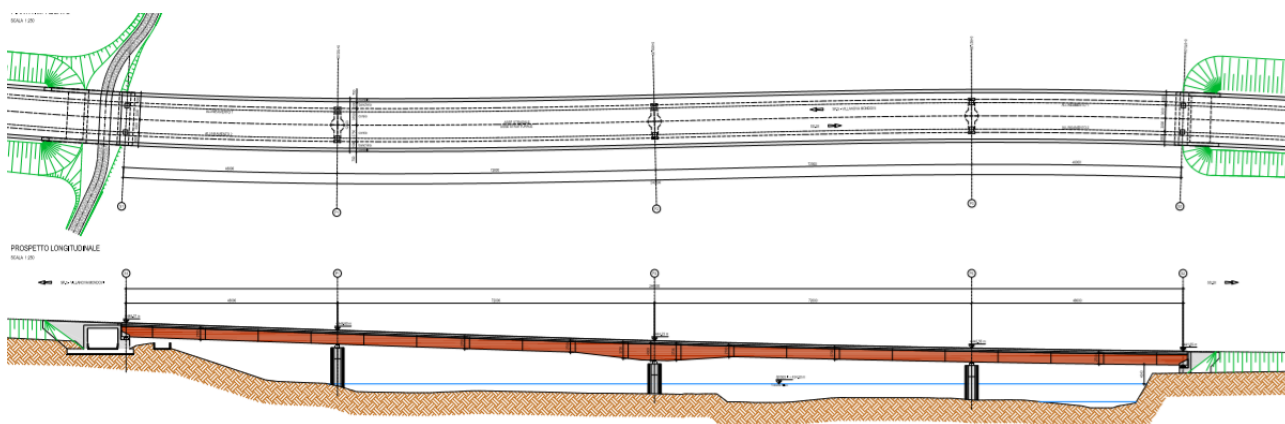


Figura 18: Viadotto Ellero - planimetria e profilo longitudinale

Un ponte in sistema misto con luci di 48-72 m costituisce il campo ottimale di applicazione di questa tecnologia, applicabile tra i 35 m e i 120 m, laddove il limite inferiore è costituito dal limite superiore della tipologia delle travi prefabbricate in semplice appoggio e il limite superiore è costituito dal limite inferiore delle tipologie adeguate alle grandi luci cioè i ponti strallati e sospesi ed in misura minore i ponti in acciaio in piastra ortotropa; limite superiore comunque superabile anch'esso in situazioni specifiche.

Il progetto preliminare prevedeva un viadotto, su 13 campate da 43,5m di luce, con impalcato in semplice appoggio sulla singola campata. L'impalcato era previsto anch'esso in struttura mista acciaio-calcestruzzo con sezione metallica realizzata con tre cassoni chiusi in acciaio Corten.

L'abbassamento della livelletta del nuovo tracciato stradale, unito ad una opportuna rimodulazione della scansione delle pile e un conseguente incremento della luce delle singole campate, ha permesso di adottare solo 3 pile, riducendo così il numero di sottostrutture che incidono in golenia dall'alveo, con un notevole beneficio nell'interferenza idraulica del viadotto con il fiume Ellero.

L'impalcato in struttura mista acciaio-calcestruzzo è realizzato con due travi in acciaio auto-protetto tipo Corten in acciaio S355, di sezione a doppio T con anima verticale, trasversalmente connesse da diaframmi reticolari di campata (disposti ad interasse tipico di 6m), mentre in corrispondenza delle spalle e delle pile sono presenti diaframmi ad anima piena con sezione a doppio T e dotati di passo d'uomo.

La scelta di progettare un cassone aperto equivalente (con controventatura inferiore) risponde alla principale criticità connessa all'adozione di un cassone metallico chiuso, che riguarda il rischio che

all'interno si formi un microclima umido foriero di corrosione delle lamiere. L'impalcato è previsto in acciaio CORTEN o più propriamente patinabile (essendo la prima denominazione un marchio commerciale), materiale per il quale l'onere della verniciatura è superato da una composizione chimica che rende la ruggine stabile e in grado di proteggere il materiale sottostante dal procedere della ossidazione. Questo fenomeno avviene in presenza di circolazione di aria quindi vanno evitate per quanto possibile le sezioni chiuse laddove per sezioni chiuse si intendono sezioni di piccole dimensioni e caratterizzate da aperture minime.

Le travi in acciaio hanno altezza costante pari a 2.70 m ad eccezione dei conci a cavallo della pila 2 dove, in corrispondenza delle luci maggiori, hanno un'altezza variabile da 2.70m a 4.00m.

SEZIONE TRASVERSALE TIPICA - SU DIAFRAMMA CORRENTE H=2.70m

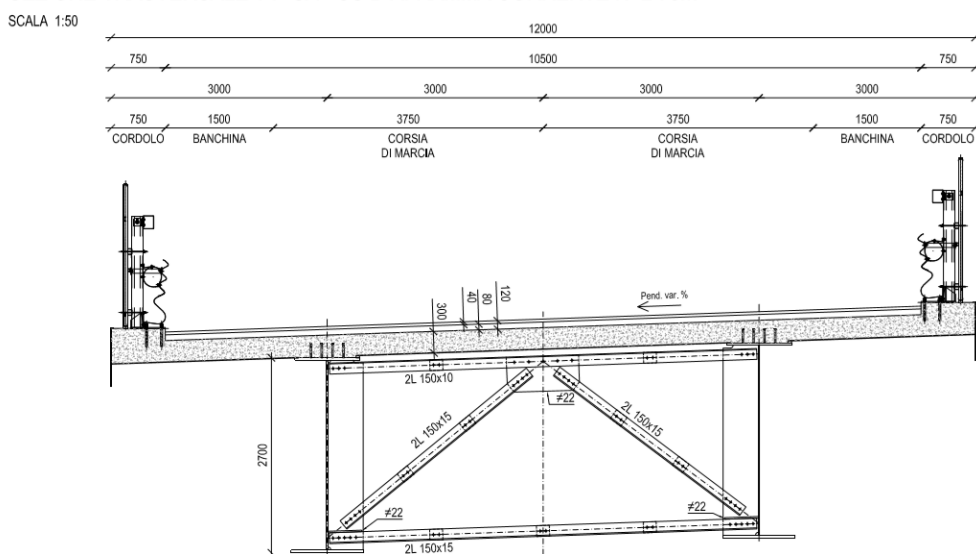


Figura 19: Viadotto Ellero - sezione trasversale corrente

Su queste luci il sistema misto risulta economico anche poiché fino a che l'altezza della trave rimane inferiore a 3 m l'anima della stessa è realizzabile con una sola lamiera e l'intera trave è trasportabile su strada finita in conci lunghi 12 m; questo riduce le operazioni in cantiere alla mera giunzione dei conci di trave tra loro ed al collegamento degli elementi secondari, operazioni estremamente rapide.

La soluzione bullonata è di sicuro la più semplice e veloce da realizzare però richiede oneri maggiori di ispezione e manutenzione, in ragione del significativo numero di bulloni presenti nelle giunzioni di continuità del cassone la sola ispezione visiva, che va condotta all'interno ed all'esterno risulta indubbiamente onerosa.

Si è pertanto scelto di prevedere giunti saldati che comporta qualche onere in più in sede costruttiva ma consente una drastica riduzione degli oneri di ispezione e manutenzione. Oggi poi, come noto, la saldatura in cantiere è una pratica ormai consueta e di efficacia garantita grazie anche allo sviluppo di capacità tecnologiche evolute e consolidate e non richiede neppure un rallentamento eccessivo delle attività.

Nella scelta del materiale costituente il cassone, una volta definita resistenza e patinabilità, si curerà anche, per ogni elemento, la necessaria resilienza afferendo ai gradi normalizzati della norma UNI EN 10025 (J0, J2, K2, KK2) al fine di garantire la necessaria caratterizzazione funzionale in relazione alle caratteristiche di saldabilità e, di conseguenza, garanzia dell'efficacia del risultato.

L'impalcato è completato da una soletta gettata in c.a., gettata su lastre metalliche tralicciate (poggianti sulle ali delle travi in acciaio e ad esse collegate da saldature a cordone d'angolo) di spessore pari a 5 mm; in ogni caso è stato individuato uno spessore minimo necessario staticamente di 2.5 mm, pari alla metà dello spessore presente alla costruzione; durante la vita utile dell'opera posizionata in classe di corrosione C2 (semirurale) la perdita di spessore massimo sarà inferiore a 1 mm.

Il fondo in acciaio corten, adeguatamente reso continuo da saldature, permette di configurare la predalle come armatura di intradosso, grazie alla diffusa presenza di pioli connettori, e così è possibile ridurre lo spessore della soletta parità di caratteristiche di resistenza riducendo il peso proprio del ponte.

Attraverso l'utilizzo della predalle metallica si ottengono i seguenti vantaggi importanti. Da un lato l'eliminazione di ogni fessurazione dell'intradosso attraverso la quale possono inserirsi i fenomeni di degrado più gravi per la soletta poiché l'estradosso è impermeabilizzato dalla pavimentazione e dagli strati impermeabilizzanti veri e propri.

Dall'altro lato induce una riduzione del peso della struttura ed una conseguente riduzione delle sollecitazioni su sottostrutture e fondazioni.

Il sistema di vincolamento risponde adeguatamente alle azioni verticali e orizzontali consentendo al contempo le dilatazioni termiche sia in condizioni statiche che sismiche.

In corrispondenza delle pile sono previsti dispositivi isolatori elastomerici, mentre sulle spalle sono presenti dispositivi di appoggio multidirezionali ed unidirezionali. Questa scelta preclude il rischio di movimenti trasversali dei giunti, incrementandone la vita utile. Si ha, quindi, che le azioni trasversali sono ripartite fra spalle e pile, mentre le sollecitazioni longitudinali insistono solo sulle pile con un comportamento, in ogni caso, tale da contenere l'entità delle pur ridotte azioni sismiche.

La spalla A del viadotto Ellero è posta al margine del pianoro ivi presente in destra orografica che ospita il canale Carassone di irrigazione e produzione di energia elettrica; al suo margine di monte è sita una strada di manutenzione che viene spostata localmente a tergo della spalla stessa, passando all'interno di uno scatolare con luce di 7 m e altezza di 4,5 m posto senza soluzione di continuo col muro frontale della struttura.

La spalla B, di esecuzione ordinaria, ha una altezza media di 5,8 m e una lunghezza del plinto di fondazione di 8 m. In entrambi i casi sono presenti due velette laterali di protezione dei vincoli.

Le fondazioni sono profonde e poggiano su pali trivellati rivestiti a tutta altezza con diametro 880 mm e lunghezza 24m (Spalla A) e di 15 m (Spalla B), in numero di n°16 per la spalla A e n°12 per la spalla B collegati alla elevazione con una platea di spessore pari a 1,2 m.

Le pile, in numero di tre, sono state studiate con una sezione circolare con diametro di 3 m, in grado di minimizzare l'interferenza idraulica, e hanno una altezza dei fusti di 11,5m per lapila P1 e di 10 m per le pile P2 e P3.

La coppia di travi metalliche portanti, con un interasse di 6 m, poggia su un pulvino prismatico lungo 8 m largo 1,5 m e con spessore massimo di 2,5 m.

Le fondazioni profonde hanno forma circolare di diametro di 7,6 m e sono intestate su 24 pali trivellati rivestiti a tutta altezza con diametro 880 mm e lunghezza pari a 27.0 m per la Pila 1, 28.0 m per la Pila 2 e 19.0 m per la Pila 3. In particolare, si prevedono pali trivellati di grande diametro eseguiti con asportazione del terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato mediante perforazione a rotazione con impiego, per il sostegno delle pareti del foro, del tubo di rivestimento ("camicia metallica giuntata inserita a rotazione") per tutta la lunghezza del palo (non è permesso l'impiego di fanghi bentonitici per il sostegno delle pareti del foro).

Per minimizzare gli effetti dovuti ad eventuali fenomeni di scalzamento si sono ammorsati i plinti di fondazione nel substrato marnoso (bedrock) che è può essere eroso dalla corrente con processi evolutivi molto più lenti rispetto a quelli caratteristici dei materiali granulari e in tempi di ordine superiore a quella della vita utile dell'opera. Si è previsto comunque di proteggere il plinto di fondazione con uno doppio strato di massi ciclopici. L'estensione planimetrica delle protezioni è stata pensata considerando la profondità massima di scavo e la classica forma lasciata dall'erosione. La protezione molto ampia in massi sciolti è appoggiata direttamente sullo strato marnoso. Quindi in corrispondenza delle pile si provvede di proteggere il fondo alveo andando a realizzare una doppia fila di massi ciclopici che saranno posati attorno alla pila e sopra il plinto di fondazione. I massi in questo caso saranno sciolti. Tale configurazione consente di avere una protezione flessibile che bene si adatta al fondo. I massi saranno appoggiati sullo strato marnoso. In corrispondenza della sponda destra a protezione spalla S2, lato est, del nuovo impalcato è prevista la realizzazione di una scogliera in massi ciclopivi. La protezione si estende per un tratto di circa 215 m, di cui circa 155 m a monte del nuovo attraversamento e i restanti 60 m a valle. Il tratto a monte è così esteso per inglobare tutta l'ansa che l'alveo fa appena prima dell'attraversamento. La scogliera sarà prolungata sotto il talweg per ammorsarsi con il piede all'interno dello strato marnoso riscontrato nei sondaggi, in questo modo si fornisce una buona stabilità al piede dell'opera di protezione anche nel caso vi fosse un abbassamento del fondo a causa di una evoluzione erosiva dell'alveo. Nel tratto in corrispondenza della spalla S2 per una larghezza a cavallo della stessa di circa 40 m, con la finalità di garantire una maggiore protezione contro lo scalzamento si è previsto di rafforzare la difesa con una doppia fila di massi sulla scarpata. Nel tratto non interessato dal livello idrico di piena (2 m sopra il livello di TR200) si realizzerà una scarpata più pendente del 3 su 2 per ricostruire l'andamento del terreno esistente. In questo modo sarà possibile garantire il passaggio del personale per le ispezioni.

4.3 Ponte sul torrente Ermena

L'opera in oggetto è costituita complessivamente da due campate di luci pari a 39 m e 45 m per una lunghezza complessiva di 84 m con schema statico a trave continua. In sezione trasversale l'opera si compone di una sede stradale di tipo C2 e cordoli che ospitano i guard-rail di larghezza pari a 0.75 m.

Anche in questo caso, come specificato nel precedente paragrafo riguardante il Viadotto Ellero, siamo quindi nel campo di applicazione ottimale della soluzione in sistema misto acciaio-clt, soluzione che, appunto, è stata in questa sede sviluppata.

La sezione trasversale tipo ha, pertanto, una larghezza complessiva pari a 11.00 m ($0.75 + 1.25 + 3.50 + 3.50 + 1.25 + 0.75 = 11.00$ m).

Nel tratto iniziale dell'opera, in corrispondenza della spalla SpA, l'impalcato ha una geometria peculiare determinata dalla presenza della rotonda di inserimento sulla S.S. n. 28, con un significativo aumento della larghezza dell'impalcato.

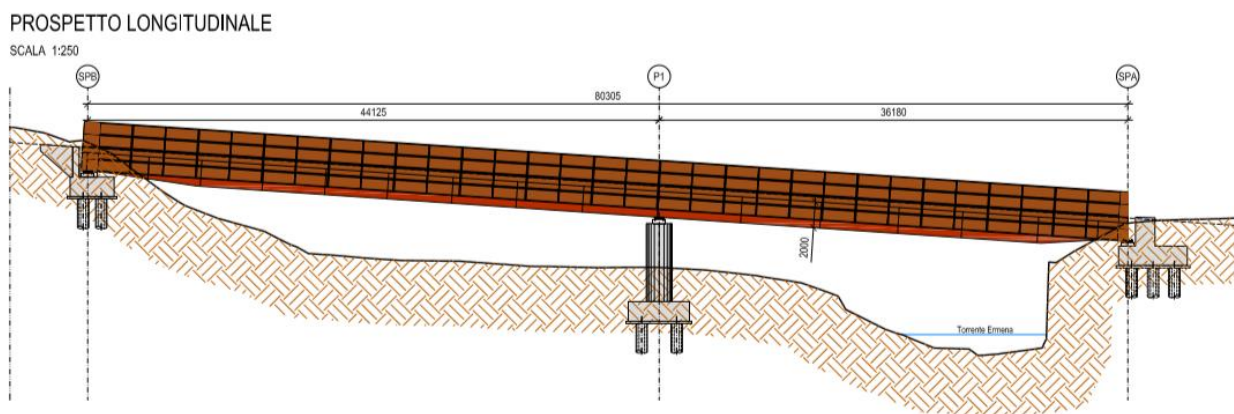


Figura 20: Ponte sul Torrente Ermena - Profilo longitudinale

L'impalcato in struttura mista acciaio-calcestruzzo è realizzato con travi in acciaio auto-protetto tipo Corten, con sezione a doppio T, trasversalmente connesse da diaframmi, anch'essi con sezione a doppio T (disposti ad interasse tipico di 6 m), sia in campata sia in corrispondenza della pila e sulle spalle.

L'impalcato del ponte sul torrente Ermena si configura con una sezione a graticcio.

Tale soluzione è stata scelta in quanto maggiormente adattabile alla significativa variabilità della larghezza dell'impalcato stesso ed al suo andamento planimetrico, permettendo, oltre alla gestione dell'interasse delle travi, la possibilità di inserire dove necessario degli elementi di supporto intermedi alla soletta, costituiti dalle travi di spina.

Il numero delle travi varia in ragione della larghezza trasversale dell'impalcato:

- nel tratto attiguo alla spalla SpA la sezione trasversale si allarga fino ad uno sviluppo del traverso di spalla superiore ai 25 m, pertanto si sono adottate 4 travi principali, con altezza variabile da 1400 mm a 2000 mm (altezza minima in corrispondenza dell'asse degli appoggi), e due travi di spina di altezza costante pari a 600 mm;
- proseguendo nello sviluppo del viadotto, fino alla pila, la sezione è caratterizzata da tre travi principali di altezza costante pari a 2000 mm e due travi di spina di altezza costante pari a 600 mm;
- nel tratto restante, fino alla spalla SpB, la sezione presenta due travi principali di altezza pari a 2000 mm, che si riduce fino a 1400 mm in appoggio, e una trave di spina di altezza costante pari a 600 mm.

PIANTA IMPALCATO
SCALA 1:250

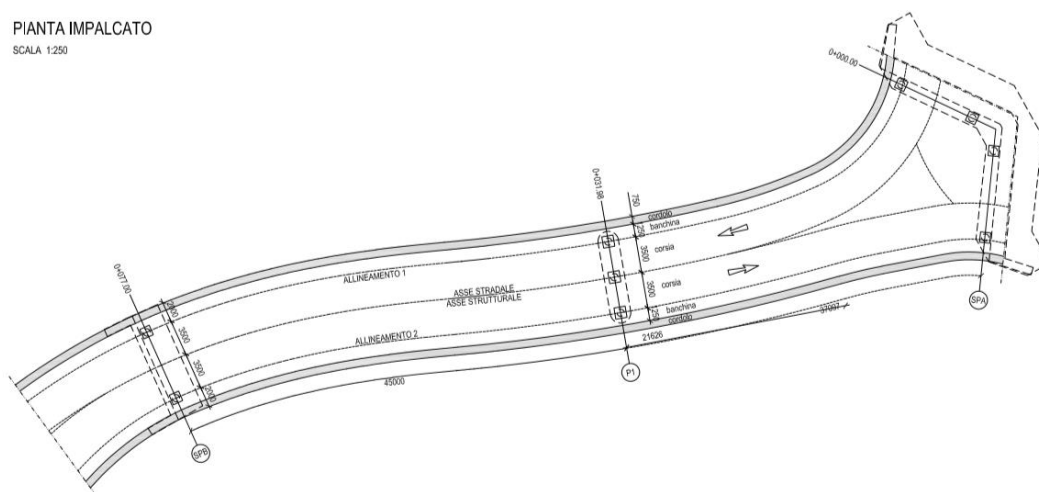


Figura 21: Ponte sul Torrente Ermena - pianta

L'impalcato è completato da una soletta gettata in c.a., gettata su lastre metalliche tralicciate (poggianti sulle ali delle travi in acciaio e ad esse collegate da saldature a cordone d'angolo) di spessore pari a 5 mm; in ogni caso è stato individuato uno spessore minimo necessario staticamente di 2.5 mm, pari alla metà dello spessore presente alla costruzione; durante la vita utile dell'opera posizionata in classe di corrosione C2 (semirurale) la perdita di spessore massimo sarà inferiore a 1 mm.

Le considerazioni inerenti i specifici vantaggi ottenuti prevedendo l'utilizzo dei predelle metalliche descritte nel precedente paragrafo sono, chiaramente, valide anche per quanto concerne il Ponte sul torrente Ermena.

Lo schema di vincolamento prevede in corrispondenza della spalla SpA due appoggi fissi (posti opportunamente in corrispondenza delle due travi centrali, quindi ad una distanza minima in modo da escludere problemi legati a dilatazioni termiche trasversali) e due appoggi multidirezionali in corrispondenza delle travi esterne. In corrispondenza della pila P1 sono previsti un appoggio unidirezionale scorrevole in direzione longitudinale in posizione centrale e due appoggi multidirezionali in corrispondenza delle travi esterne mentre sulla spalla SpB sono presenti due appoggi multidirezionali in corrispondenza delle travi e una guida unidirezionale scorrevole in direzione longitudinale in posizione centrale.

La scelta di posizionare sulla spalla SpA il vincolo fisso longitudinale discende dal fatto che essa si trova all'interno della rotatoria ed ha un andamento bilatero con vertice al limite della aiuola centrale; il vincolo fisso permette di porre un giunto di sottopavimentazione invisibile agli utenti con la massima sicurezza per il traffico stradale.

Entrambe le spalle hanno fondazioni profonde intestate su pali trivellati rivestiti a tutta altezza con diametro 880 mm e lunghezza di 24 m.

L'unica pila del viadotto ha una sezione a setto coi bordi stondati larga 2 m e lunga 10 m per ospitare le tre travi poste a un interasse di 3,5 m; la fondazione, profonda, si intesta su 10 pali trivellati rivestiti a tutta altezza con diametro 880 mm e lunghezza di 24 m.

Poiché il ponte sorge in area urbana il progetto prevede di disporre sui bordi della soletta un elemento di mascheramento delle barriere di sicurezza e dell'impalcato.

Il carter metallico in acciaio Corten, al fine di minimizzarne gli oneri di manutenzione, ha una superficie microforata capace di mitigare la vista delle parti nascoste pur mantenendo una discreta permeabilità visiva laterale agli utenti della strada.



Figura 22: Esempio di carter in lamiera corten microforata

4.4 Galleria Naturale

La galleria naturale San Lorenzo è compresa tra progressive 1+125,00 e 2+537,150 ed ha quindi uno sviluppo totale di 1412,15 m, di cui 1296,23 m in naturale ed i restanti in galleria artificiale, con 60 m in corrispondenza dell'imbocco ovest e 55,92 m in quello est.

Si tratta di una galleria a canna unica, caratterizzata, nella sezione corrente, da un raggio interno di 6,45 m, in modo da contenere una carreggiata di tipo C1 con le stesse caratteristiche geometriche di quella presente all'esterno, con una larghezza complessiva di 10,50 m, comprendenti le due corsie di marcia da 3,75 m ciascuna e le due banchine laterali da 1,50 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.

E' prevista la realizzazione di piazzole di sosta ogni 600 m per ciascun senso di marcia, poste sfalsate nelle due direzioni, e di un cunicolo di emergenza al di sotto del piano stradale con accessi diretti in corrispondenza di ciascuna piazzola di sosta e quindi ad un interasse di 300 m, come previsto dalla Linee Guida ANAS.

Gli imbocchi vengono realizzati con l'ausilio di paratie tirantate caratterizzate da pali di diametro 900 mm ed interasse di 1,10 m e saranno poi, in esercizio, parzialmente tombate o rivestite in pietra per inserirle nel modo migliore da un punto di vista ambientale.

La copertura litostatica varia tra un minimo di circa 4 m agli imbocchi fino ad un massimo di 110 m nel settore centrale e gli ammassi interessati sono costituiti essenzialmente dalle marne sabbiose più o meno argillose della formazione delle Marne di S. Agata e dalle arenarie sabbioso marnose della formazione di Lequio.

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

Le verifiche effettuate hanno escluso potenziali interferenze fra gli scavi in sotterraneo e alcuni fabbricati posti in prossimità dei due imbocchi. Cautelativamente il progetto ha comunque previsto un monitoraggio degli stessi fabbricati e delle paratie d'imbocco al fine di verificare l'effettiva interazione opere/terreni.

Il progetto della galleria l'adozione di 3 sezioni tipo fondamentali, descritte di seguito, la tipo B0, B0V e B2V; nelle quattro piazzole di sosta si utilizzeranno, a seconda dei casi, le 3 sezioni tipo P0, P1 e P2 equivalenti rispettivamente alle B0, B0V e B2V correnti. Di seguito si illustrano le tipologie delle sezioni, rimandando agli elaborati progettuali per le fasi realizzative delle stesse.

Sezione tipo B0

La sezione tipo B0 si applica lungo la galleria dove l'ammasso roccioso presenta una struttura massiva tale da non richiedere alcun intervento di preconsolidamento del fronte o della chiave.

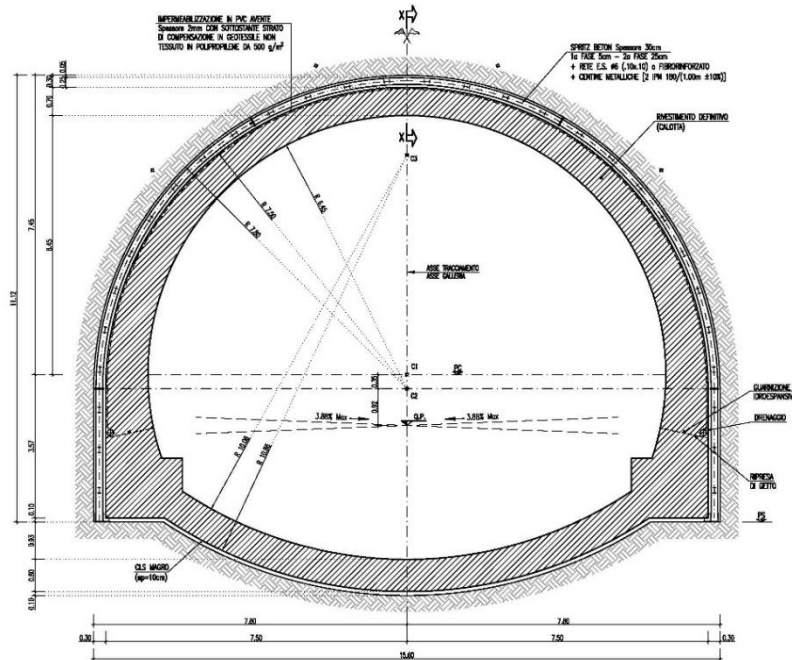


Figura 23: – Sezione tipo B0

Sezione tipo B0V

La sezione tipo B0V si applica in corrispondenza dei tratti in cui l'ammasso roccioso arenaceo presenta uno stato di fratturazione diffusa.

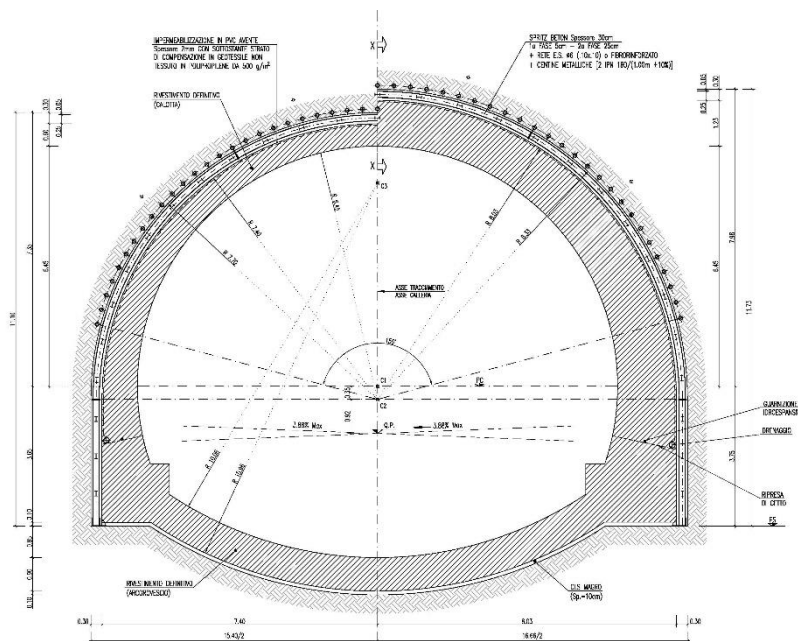


Figura 24: – Sezione tipo B0V

Sezione tipo B2V

La sezione tipo B2V si applica in corrispondenza dei tratti di imbocco, dove la copertura litostatica è ridotta ed il fronte potrà interessare parzialmente materiali sciolti di copertura (Formazione di Cassano Spinola) ed in corrispondenza delle zone di massima copertura interessate dalle Marne di S. Agata.

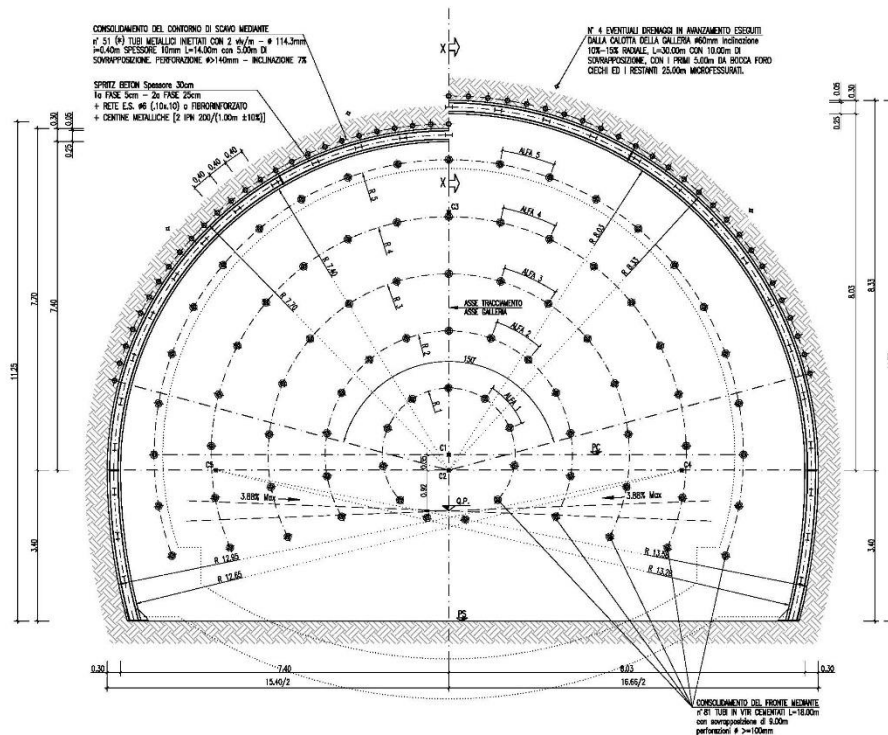


Figura 25: – Sezione tipo B2V

4.5 Opere d'arte minore

4.5.1 Galleria artificiale – sovrappasso faunistico

La galleria artificiale posta alla progressiva km 0+375 ha uno sviluppo di 150 m.

Essa è inserita al fine di ricostruire la continuità territoriale del bordo della pianura prospiciente la valle incisa del torrente Ellero in destra orografica; alla urgenza ambientale si somma, in ragione non irrilevante, la presenza del campo sportivo che dista 25 m dal ciglio stradale e la cui fruizione non è così disturbata significativamente dal traffico che interessa il nuovo asse viario.

In assenza di limiti geometrici specifici, relativamente agli scavi, la struttura è costituita da una sezione scatolare con altezza interna di 7,35 m, in funzione dell'andamento curvilineo dell'asse con pendenza trasversale del 5,18%; la curva impone anche un allargamento di 95 cm per una larghezza totale interna di 13,15 m.

SEZIONE STRATIGRAFICA B-B

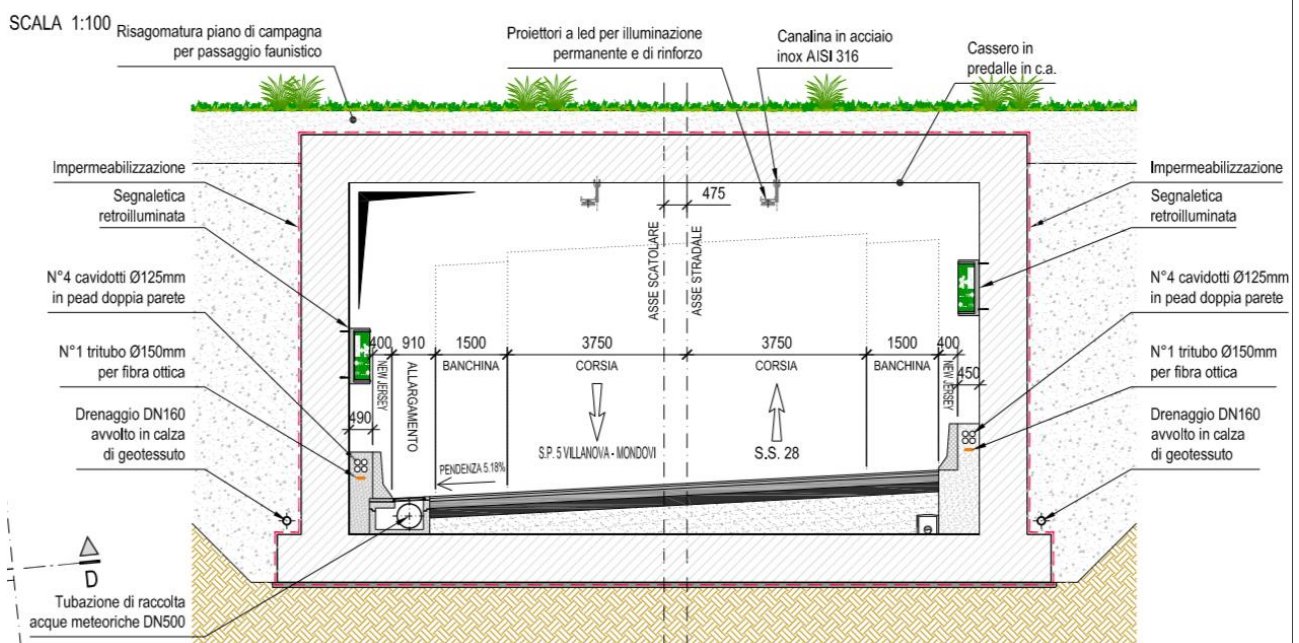


Figura 26: – Sezione tipo Galleria artificiale

La sezione scatolare è prevista in conglomerato cementizio, col solaio gettato in opera su predelle prefabbricate puntellate in fase di getto, e spessore delle pareti di 1 m; posteriormente ai profili redirettivi sono presenti vani di 45 cm destinati a ospitare gli impianti e cavidotti di linea.

L'illuminazione è prevista con due allineamenti di fari a LED.

Per garantire la continuità del piano di campagna la struttura, interamente impermeabilizzata al contorno è ricoperta di terreno vegetale con uno spessore medio di 1 m; a metà del suo sviluppo è ricostituita la continuità dello stradello già presente.

I muri di imbocco sono paralleli all'asse stradale a ovest, sulla scarpata di discesa all'alveo del torrente Ellero, per accompagnare al meglio l'inserimento paesaggistico dell'opera mentre sono perpendicolari ad esse nell'imbocco est sito in trincea, al fine di contenerne l'ingombro.

4.5.2 Opere di sostegno. Asse principale - Muri

In corrispondenza dell'imbocco est della galleria naturale, vista la natura dei terreni presenti, sono previste delle opere di sostegno a presidio del corpo stradale. L'intervento prevede l'installazione di muri di sostegno di controripa, gettati in opera, che si sviluppano per una lunghezza rispettivamente di 15,10 m sul lato sinistro e di 51,00 m sul lato destro. L'altezza del muro frontale è variabile in funzione della riprofilatura da effettuarsi da 1,55 m a 2,35 m sul lato sinistro e da 1,55 m a 3,75 m sul lato destro. I muri, di modesta geometria, hanno una soletta di fondazione di spessore pari a 0,40 m sul lato sinistro e 0,50 m sul lato destro e uno spessore del muro 0,30 m sul lato sinistro e 0,40 m sul lato destro.

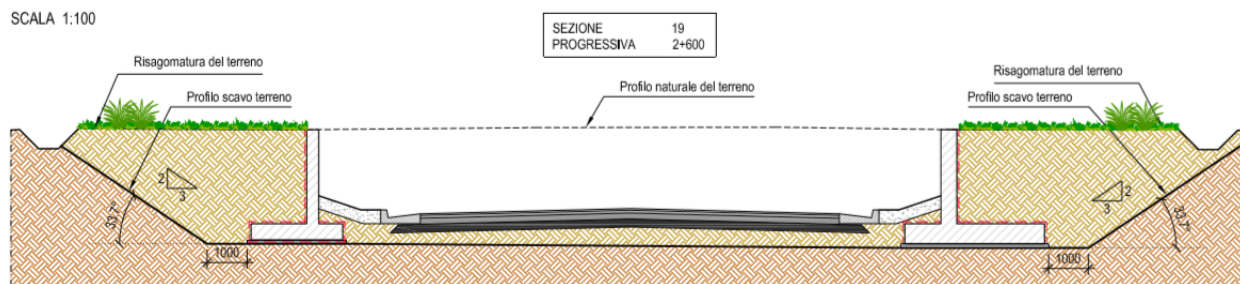


Figura 27: – Muri di sostegno

4.5.3 Opere di sostegno. Asse secondario - Paratia

A monte della futura rotatoria, a sostegno del versante, è prevista una paratia di pali di sviluppo circa 130 m che va a raccordarsi prima e dopo a due muri esistenti.

In particolare, essendo in prossimità di un versante con problematiche di stabilità locali, è stata adottata una soluzione con una doppia fila di pali di diametro 880 mm e interasse 1.10 m, a cavalletto, al luogo di una possibile soluzione con tiranti. Questo inoltre per non interferire con i tiranti già presenti sul muro esistente e di cui non si conosce la loro geometria. La paratia di pali a cavalletto ha uno sviluppo di circa 50 m mentre i restanti 80 m in cui la paratia presenta uno sbalzo minore di 4.50 m dal piano viabile, a singola fila e sempre con pali di diametro 880 mm e 1.10 m di interasse. Infine, i pali verranno opportunamente rivestiti mediante una predalle prefabbricata ed un getto integrativo a tergo.

Per facilitare il drenaggio delle acque, probabile causa dei precedenti movimenti del versante, si prevedono n°2 file di drenaggi in senso verticale, di diametro 125 mm e lunghezza 25.0 m ciascuno posti ad interasse longitudinale pari a 9.90 m ed a quinconce in senso trasversale.

5 INSERIMENTO AMBIENTALE

Il progetto di Inserimento Paesaggistico Ambientale riporta il complesso degli interventi e delle misure di mitigazione individuate per conservare, valorizzare e ripristinare aspetti significativi e caratteristici del paesaggio, del territorio e dell'ambiente, con l'obiettivo di ottimizzare l'inserimento dell'opera nel contesto circostante

Per l'inquadramento iniziale si è scelto di far riferimento alla carta della copertura del suolo relativamente all'ambito di progetto ed al suo intorno. I dati utilizzati sono tratti dal Geoportale della Regione Piemonte.

Il contesto è a prevalente vocazione antropica, in quanto, come si ricava dalla sottostante immagine, la categoria prevalente è la 1 Superfici artificiali, seguono le 2 Superfici agricole utilizzate e le 5 Corpi idrici.

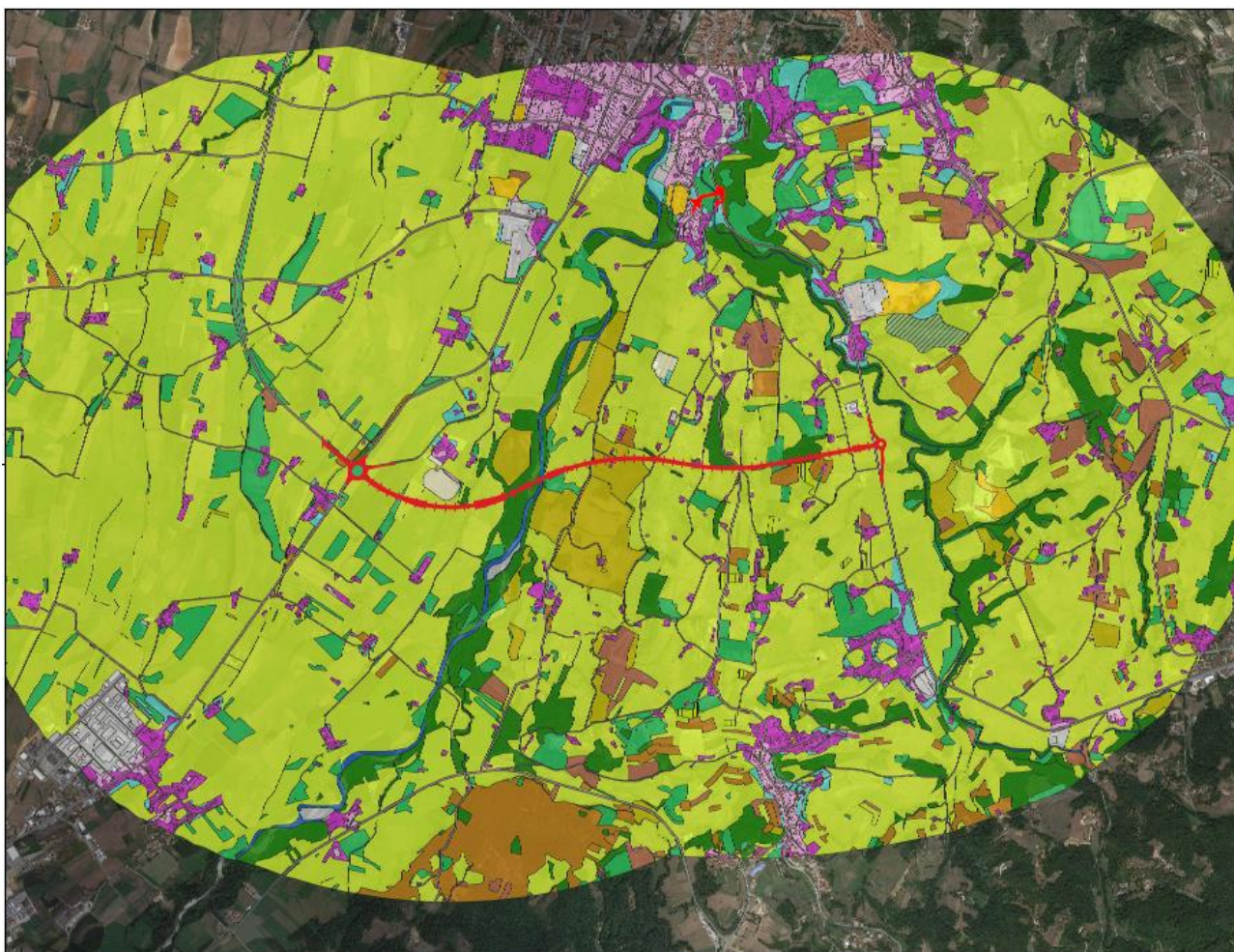


















Figura 28 Carta dell'uso del suolo.

Copertura del suolo - Corine Land Cover 2010

	111 - Zone residenziali a tessuto continuo
	112 - Tessuto urbano discontinuo
	121 - Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati
	122 - Reti stradali, ferrovie e infrastrutture tecniche
	131 - Aree estrattive
	141 - Aree verdi urbane
	142 - Aree ricreative e sportive
	211 - Terreni arabili in aree non irrigue
	212 - Seminativi in aree non irrigue
	221 - Vigneti
	222 - Frutteti
	224 - Altre colture permanenti
	231 - Superfici a copertura erbacea: graminacee non soggette a rotazione
	311 - Boschi di latifoglie
	322 - Brughiere e cespuglieti
	511 - Corsi d'acqua, canali e idrovie

L'analisi e lo studio dell'inserimento ambientale è stato sviluppato analizzando i seguenti aspetti:

- Morfologia del paesaggio. Attraverso il modello digitale del terreno è stato possibile analizzare specifici aspetti afferenti la morfologia del paesaggio (fasce altimetriche, carta dell'esposizione dei versanti, carta delle pendenze o clivometria)
- Inquadramento geologico e geomorfologico.
- Inquadramento idrologico
- Inquadramento floristico ed ecosistemico
- Inquadramento paesaggistico

6 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il PMA indica l'insieme dei controlli, effettuati periodicamente o in maniera continua, da attuarsi durante le fasi ante-corso-post operam, attraverso la rilevazione e misurazione nel tempo di determinati parametri biologici, chimici e fisici che caratterizzano le componenti ambientali potenzialmente impattate, in modo significativo e negativo, dalla realizzazione e/o dall'esercizio dell'intervento in progetto.

Alla luce del contesto territoriale attraversato e della tipologia di lavorazioni da effettuare per la costruzione dell'infrastruttura in oggetto, le componenti che si ritiene significativo monitorare sono:

- atmosfera
- acque superficiali
- acque sotterranee
- suolo
- vegetazione
- fauna
- ecosistemi
- rumore e vibrazioni
- paesaggio

La scelta della localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio è stata effettuata sulla base delle analisi e delle valutazioni condotte nell'ambito del progetto. Si è tenuto conto di:

- eventuale presenza di recettori sensibili,
- presenza di aree sensibili o vulnerabili nel contesto di progetto,
- punti e aree rappresentative delle aree potenzialmente interferite in corso d'opera ed in post operam.

Si precisa che la localizzazione effettiva dei punti di monitoraggio potrà essere rimodulata in funzione delle esigenze riscontrate in fase di cantiere.

Il monitoraggio si compone di due tipologie distinte di attività:

- monitoraggio "esteso": sviluppato lungo tutto il tracciato di progetto per una fascia di indagine sufficientemente ampia attorno ad esso;
- monitoraggio "puntuale": limitato a specifiche aree con presenza di potenziali impatti all'interno delle quali possono essere svolte una o più differenti tipi di indagine.

Di seguito è sintetizzata la tipologia di monitoraggio applicata per ogni componente:

Componente ambientale	Monitoraggio areale	Monitoraggio puntuale
Atmosfera		X
Acque superficiali		X
Acque sotterranee		X
Suolo	X	
Vegetazione	X	
Fauna	X	
Ecosistemi	X	
Rumore/vibrazioni		X
Paesaggio	X	

Monitoraggio Ante Operam (MAO), verrà eseguito prima dell'avvio dei cantieri con lo scopo di:

- fornire una descrizione dello stato dell'ambiente prima della lavorazione;
- fungere da base per la previsione delle variazioni che potranno intervenire durante la costruzione, proponendo le eventuali contromisure. Tali dati dovranno essere rappresentativi delle diverse stagionalità;
- costituire, per quanto possibile, il livello iniziale di riferimento cui rapportare gli esiti delle campagne di misura in corso d'opera (stato 'di bianco').

Per il MAO sono previsti 6 mesi di monitoraggio.

Monitoraggio In Corso d'Opera (MCO), verrà eseguito per tutta la durata del cantiere con l'obiettivo di:

- documentare l'evolversi della situazione ambientale ante operam al fine di verificare che la dinamica dei fenomeni ambientali sia coerente rispetto alle previsioni dello studio d'impatto ambientale;
- segnalare il manifestarsi di eventuali criticità ambientali affinché sia possibile intervenire nei modi e nelle forme più opportune per evitare che si producano eventi irreversibili e gravemente compromissivi della qualità dell'ambiente;
- garantire il controllo di situazioni specifiche, affinché sia possibile adeguare la conduzione dei lavori a particolari esigenze ambientali.

Il MCO si svolgerà durante tutta la durata della fase di costruzione, ovvero per circa 3,5 anni e le attività seguiranno l'avanzamento del cantiere, con diverse ripetizioni a seconda dalla componente.

Si specifica che la fase in corso d'opera nel suo complesso dura 3,5 anni circa e comprende sia la fase di cantiere del tracciato principale sia la fase di cantiere dell'opera a rione Borgato. Come esplicitato nel cronoprogramma (elaborato 17.20_P00_CA00_CAN_CR01_A), la fase di cantiere dell'asse principale dura circa 2,5 anni, mentre la fase di cantiere di rione Borgato dura circa 1 anno e praticamente si sviluppano in

maniera consequenziale, senza quasi sovrapposizione fra le due fasi, come indicato nel succitato cronoprogramma.

Monitoraggio Post Operam o in esercizio (MPO), ha l'obiettivo di:

- verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione ambientale e delle metodiche applicate;
- stabilire i nuovi livelli dei parametri ambientali;
- verificare le ricadute ambientali positive, a seguito dell'aumento di servizio del trasporto pubblico.

Per il MPO sono previsti dai 6 ai 12 mesi di monitoraggio, con diverse ripetizioni a seconda della componente.

7 INTERFERENZE

Durante la fase di progettazione sono stati acquisiti i documenti relativi alle reti e impianti esistenti attraverso una apposita richiesta a ciascun Ente o Società incidente nell'area; in base a queste informazioni si è proceduto quindi ad ipotizzare la risoluzione delle interferenze stesse che andranno però concordate con gli enti Competenti durante le successive fasi della progettazione.

Risultano, allo stato dei fatti, più reti interferenti con il tracciato di progetto, ovvero:

- Mondo Acqua S.p.A.
 - Acquedotto
 - Fognatura
- E-Distribuzione S.p.A.
 - Linea elettrica MT e BT (interrata e Aerea)
- Consorzio Irriguo Canale Pistoira
- Consorzio Brobbio Pesio
- TIM S.p.A.
- Illuminazione
- SNAM S.p.A.

A seguito di specifica richiesta, non risultano, invece, interferenze con le seguenti reti:

- Vodafone Italia S.p.A.
- Italgas S.p.A.
- 2i Rete Gas S.p.A.

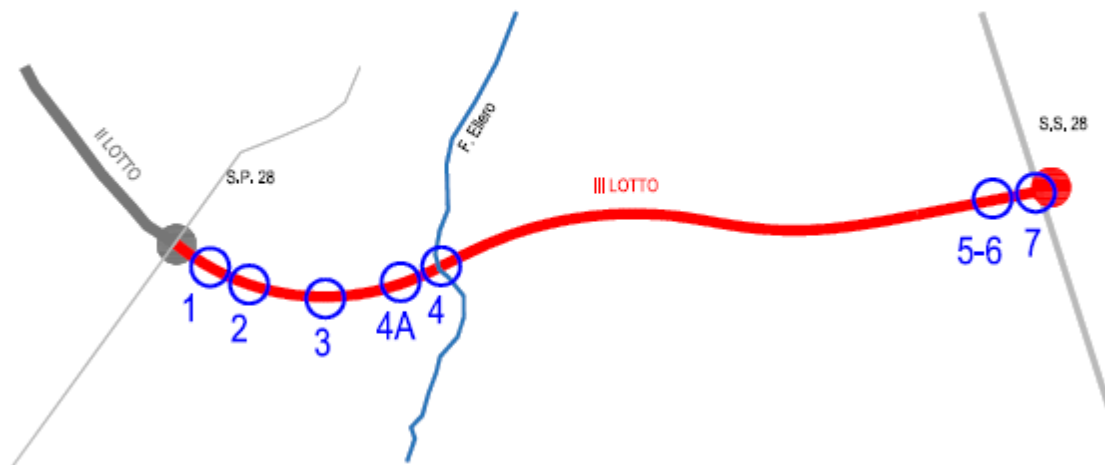


Figura 29: Individuazione delle interferenze lungo l'asse principale

Per le reti di cui non risultano note le quote e le dimensioni delle linee interratae indicate negli elaborati, si è proceduto ad ipotizzare la risoluzione con le informazioni ad oggi disponibili.

Sono stati identificate 7 interferenze delle reti con il progetto lungo il tracciato principale, e 3 interferenze nel Rione Borgato.

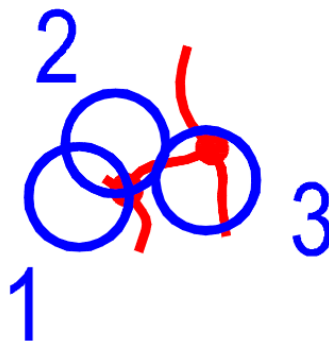


Figura 30: Individuazione delle interferenze a Rione Borgato

Asse principale (in tabella interferenze cod. A):

L'interferenza 1 viene risolta mediante l'inserimento di un tombino idraulico opportunamente dimensionato di progetto al fine di garantire la continuità irrigua precedente.

L'interferenza 2 viene risolta mediante la deviazione lungo il reticolo dei fossi di progetto.

L'interferenza 3 viene risolta mediante la deviazione del fosso esistente sopra la galleria di progetto al fine di garantire la continuità irrigua precedente

L'interferenza 4 viene risolta mediante l'arretramento della Spalla Ovest in modo da evitare interventi di modifiche al canale Carassona. La viabilità esistente sarà deviata all'interno dello scatolare posto a tergo della spalla.

Le interferenze 4A vengono risolte mediante l'inserimento di nuovi tombini idraulici di attraversamento al fine di garantire la continuità idraulica precedente

L'interferenza 5 viene risolta mediante la deviazione dell'acquedotto esistente lungo il nuovo tracciato di progetto della viabilità locale a lato dell'imbocco della galleria.

L'interferenza 6 viene risolta mediante la deviazione delle linee elettriche lungo il nuovo tracciato di progetto della viabilità locale a lato dell'imbocco della galleria.

L'interferenza 7 viene risolta proteggendo la rete esistente con adeguata protezione in cls per il tratto interferente.

Rione Borgato (in tabella interferenze cod. RB):

L'interferenza 1 viene risolta deviando e integrando la linea esistente lungo la nuova linea di illuminazione della rotatoria di progetto.

Le interferenze 2 vengono risolte proteggendo le reti esistenti con adeguate protezioni in cls per il tratto interferente.

L'interferenza 3 viene risolta deviando la rete esistente aerea su rete apposita attraverso il viadotto di progetto.

N°cod. interferenza	Asse stradale	Posizione	Tipologia Interferenza	Tipologia materiale	RISOLUZIONE
CANALE IRRIGUO (Ente gestore- Canale Irriguo Consorzio Pistoira)					
A1	Asse Principale	Pk. 0+050.00	Attraversamento	ND	NUOVO TOMBINO IDRAULICO L=30.00m
A2	Asse Principale	Pk. 0+190.00	Attraversamento	ND	DEVIAZIONE DEI FOSSI
A3	Asse Principale	Pk. 0+400.00	Attraversamento	ND	DEVIAZIONE FOSSO L=130.00M
CANALE IRRIGUO (Ente gestore- Canale Irriguo Consorzio Brobbio Pesio – Canale Carassona)					
A4	Asse Principale	Pk. 0+740.00	Attraversamento	ND	-
A4A	Asse Principale	Pk. 0+630 – 0+720	Attraversamento	ND	NUOVI TOMBINI IDRAULICI
ACQUEDOTTO (Ente gestore- - Mondo Acqua s.p.a)					
A5	Asse Principale	Pk. 2+540.00	Parallelismo	DN40 (1"1/2) FERRO	DEVIAZIONE ACQUEDOTTO L=300.00M
RB2a	Rione Borgato	Rotatoria Ovest	Parallelismo	ND	PROTEZIONE IN CLS L= 40.00M
RB2b	Rione Borgato	Rotatoria Ovest	Parallelismo	DN63 - POLIETILENE	PROTEZIONE IN CLS L= 30.00M
RB2c	Rione Borgato	Rotatoria Ovest	Parallelismo	ND	PROTEZIONE IN CLS L= 40.00M
LINEE ELETTRICA AEREA (Ente gestore- E-Distribuzione s.p.a)					
A6a	Asse Principale	Pk. 2+600.00	Attraversamento	BT 380 V	DEVIAZIONE LINEA ELETTRICA L=300.00M
LINEA ELETTRICA INTERRATA (Ente gestore- E-distribuzione s.p.a)					
A7	Asse Principale	Pk. 2+660.00	Attraversamento	ND	PROTEZIONE IN CLS L= 30.00M
RB2d	Rione Borgato	Rotatoria Ovest	Parallelismo	ND	PROTEZIONE IN CLS L= 30.00M
RB3	Rione Borgato	Viadotto	Attraversamento	ND	DEVIAZIONE LINEA ELETTRICA L=250.00M
LINEE ELETTRICA AEREA (Ente gestore- Comune di Mondovì)					
A6b	Asse Principale	Pk. 2+600.00	Attraversamento	ND	DEVIAZIONE LINEA ELETTRICA L=300.00M
RB1	Rione Borgato	Rotatoria Ovest	Parallelismo	ND	DEVIAZIONE LINEA ELETTRICA L=90.00M

8 ESPROPRI

Le aree interessate dall'intervento sono determinate in aree da espropriare su cui avverrà la realizzazione delle opere di progetto, aree oggetto di occupazione temporanea definite da: aree di cantiere e relativa viabilità provvisoria, aree da destinarsi a depositi – provvisori - di materiali di risulta etc., aree oggetto di servitù definite da: aree da asservire per la realizzazione di strade di accesso ai fondi interclusi.

Nella definizione delle aree, si è cercato di adeguare i limiti dalle aree di occupazione coinvolte ai limiti di proprietà catastale secondo i criteri indicati:

- Acquisizione dell'intera particella nel caso in cui la superficie interessata superi la metà della superficie costituente la particella stessa e comunque nel caso di particelle residue di poche decine di metri;
- Evitare la costituzione di particelle residue intercluse;
- Limitare il coinvolgimento delle corti degli edifici, le aree urbane e le pertinenze di qualsiasi tipo, ove non strettamente necessarie.

Per la definizione geometrica delle sezioni trasversali di ingombro delle aree si è operato secondo i seguenti criteri:

- Nelle situazioni normali di rilevato la fascia di esproprio è pari a 3,00 m a destra e a sinistra della sede stradale, ove per sede stradale si intende il limite esterno del fosso di guardia o comunque ultima opera Anas. Questa fascia è stata ridotta nel caso in cui fossimo in prossimità di edifici esistenti;
- In caso di viadotto è stata considerata una fascia di esproprio pari a 5.00 m rispetto alla proiezione dell'ingombro del viadotto per ciascun lato;
- Per la galleria artificiale è stata considerata una fascia di esproprio pari a 3.00 m dal filo muro;
- Per la galleria naturale è stata considerata una fascia di esproprio definitivo pari a 10.00 m di contorno agli imbocchi e per i primi 10.00 m di ricoprimento; oltre i 10 m di ricoprimento non sono stati considerati espropri.

L'occupazione temporanea viene valutata in base alle ubicazioni previste dei cantieri e della relativa viabilità interna e di accesso alle aree di lavoro. In linea di massima è stata identificata una fascia di occupazione provvisoria localizzata in corrispondenza dei Cantieri individuati (Cantiere Base, C. Operativo 1, C. Operativo 2 e C. Operativo 3, quest'ultimo afferente al Rione Borgato), e alle viabilità di accesso alle aree di lavoro, come la Pista A1 per l'accesso alla pila Ovest del Viadotto Ellero)

9 IMPIANTI

Il progetto dell'infrastruttura prevede la realizzazione di due cabine elettriche MT/BT, collocate in prossimità degli imbocchi della galleria naturale S. Lorenzo, in grado di alimentare e gestire l'intero asse principale, costituito dalla galleria naturale di 1410 m, la galleria Artificiale di 150 m e le parti all'aperto.

La galleria naturale, essendo di lunghezza superiore a 500 m, rientra nell'ambito di applicazione del DPR 151/2011 per le attività soggette a prevenzione incendi. Rientra, inoltre, nell'ambito di applicazione dei criteri impiantistici di cui alle Linee Guida ANAS 2009 nonché delle norme CEI 64-20 "Impianti elettrici nelle gallerie stradali".

La galleria artificiale, essendo di lunghezza inferiore a 500 m non rientra nell'ambito di applicazione del DPR 151/2011 per le attività soggette a prevenzione incendi. Rientra, comunque, nell'ambito di applicazione dei criteri impiantistici di cui alle Linee Guida ANAS 2009 nonché delle norme CEI 64-20 "Impianti elettrici nelle gallerie stradali".

Lungo l'asse secondario di Rione Borgato è previsto un quadro elettrico di fornitura in BT presso la rotatoria ad ovest, che alimenterà l'impianto di illuminazione delle due rotatorie e del tratto stradale di collegamento tra di esse.

Quindi, Gli impianti tecnologici sono previsti all'interno dei seguenti ambiti di tratta:

Cabine elettriche

- Cabina Est;
- Cabina Ovest.

Gallerie

- Galleria naturale, di lunghezza 1410 m;
- Galleria artificiale, di lunghezza 150 m.

Svincoli e viabilità esterna

- Viabilità e rotatoria lato est (imbocco est galleria naturale);
- Viabilità di imbocco ovest galleria naturale;
- Viadotto e collegamento tra le 2 gallerie;

10 CANTIERIZZAZIONE E CRONOPROGRAMMA

Nei documenti di progetto relativi alla cantierizzazione, vengono individuate e caratterizzate le aree di cantiere ed i siti di deposito temporaneo, con la relativa viabilità di servizio, previsti per la realizzazione dell'infrastruttura stradale di progetto e delle opere d'arte comprese.

10.1 Individuazione e localizzazione delle aree di cantiere

Le aree di cantiere previste sono di due tipologie:

- Cantiere base, con funzione logistica, localizzato in un'area facilmente raggiungibile e collegato con le principali arterie di comunicazione della zona
- Cantieri Operativi posizionati in corrispondenza delle opere più importanti e strategici ai fini di una corretta cantierizzazione di tutto l'intervento.

Tutte le aree di cantiere si rapporteranno in modo sinergico, attraverso la rete delle piste di cantiere e la viabilità esistente.

È prevista la realizzazione delle seguenti piste e viabilità di cantiere principali:

- Pista A: La pista si distacca dalla S.P. 5 "Villanova" in prossimità dell'intersezione a rotatoria esistente e si sviluppa con direzione da Ovest verso Est parallelamente all'asse principale.
- Pista A1: La pista prolunga una viabilità secondaria esistente che si dirama dalla S.P. 5 "Villanova" sino a consentire il raggiungimento della spalla SA del viadotto sul fiume Ellero.
- Pista B: La pista si distacca dalla viabilità esistente denominata via Vecchia di Frabosa sino a raggiungere il cantiere operativo 1, posto a margine dell'imbocco Ovest della galleria naturale.

Lungo l'asse della tangenziale di Mondovì (asse principale), si prevede la realizzazione di un unico cantiere base posto in corrispondenza della rotatoria esistente lungo la S.P. 5 "Villanova".

Il cantiere base sarà diviso in tre aree distinte: una area per il deposito del terreno vegetale, una area di deposito dei materiali e una area con uffici, laboratori, magazzini, impianti, spogliatoi.

Il cantiere operativo 1 sarà realizzato in prossimità dell'imbocco Ovest della galleria naturale. L'accesso avverrà da Nord mediante via Vecchia di Frabosa. Tale cantiere sarà principalmente impiegato per la realizzazione della galleria naturale (Lato Ovest) e per la realizzazione del viadotto sul fiume Ellero (Lato Est).

Il cantiere operativo 2 sarà realizzato in prossimità dell'imbocco Est della galleria naturale, a ridosso della S.S. 28 Sud. L'accesso avverrà quindi direttamente dalla viabilità principale esistente. Tale cantiere sarà principalmente impiegato per la realizzazione della galleria naturale (Lato Est) e per la realizzazione della nuova rotatoria sulla S.S. 28.

Il cantiere operativo 3 sarà realizzato in corrispondenza dell'area attualmente destinata a parco pubblico, delimitata da via Vecchia di Monastero, via F. Castellino e via Vecchia di Frabosa e ubicata

a Sud dell'abitato di Rione Borgato. Tale cantiere sarà principalmente impiegato per la realizzazione del viadotto sull'alveo del Fiume Ermena e per la costruzione delle due nuove rotatorie poste ai capi del nuovo asse viario.

Si riassumono di seguito schematicamente le fasi di costruzioni previste:

- 1) Accantieramento;
- 2) Monitoraggi ante operam,
- 3) Monitoraggi in fase di costruzione (per tutta la durata del cantiere);

Asse principale:

- 4) Costruzione del corpo stradale dell'asse principale da S.P. 5 a galleria artificiale;
- 5) Costruzione della galleria artificiale, del viadotto sul fiume Ellero e della galleria naturale;
- 6) Costruzione del corpo stradale da imbocco Est della galleria naturale a fine intervento;
- 7) Completamento e finiture;

Rione Borgato:

- 8) Costruzione del ponte sul torrente Ermena;
- 9) Costruzione della rotatoria Ovest;
- 10) Costruzione della rotatoria -Est;
- 11) Completamento e finiture;
- 12) Rimozione cantiere;
- 13) Monitoraggio Post – operam.

10.2 Tempi

Il programma delle tempistiche realizzative dell'opera stradale è stato pianificato in coerenza con il processo di cantierizzazione. La durata complessiva dei lavori è pari a 1960 giorni naturali e consecutivi. Per maggior dettaglio sulle tempistiche si rimanda allo specifico elaborato.

11 CARATTERISTICHE ECONOMICHE DELL'OPERA

11.1 Prezzi unitari

Per la valutazione economica dell'intervento è stato redatto il computo metrico estimativo adottando i prezzi previsti dall'Elenco Prezzi ANAS 2019 ed introducendo, ove non presenti in elenco, appositi nuovi prezzi

11.2 Importo dei lavori e quadro economico

Per l'importo complessivo dei lavori e del quadro economico con stima dei costi suddivisi per lavori e somme a disposizione si rimanda agli elaborati della documentazione tecnica economica e nello specifico al 20.04_P00_CM00_CMS_EE01A.

12 PROGETTAZIONE ESECUTIVA

La redazione del progetto esecutivo, come tempi, sarà concordata con ANAS in base alle sue esigenze e la sua composizione sarà conforme al DPR 207 del 5 ottobre 2010.