

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J47I09000030009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

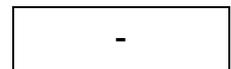
POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE

OPERE PRINCIPALI – GALLERIE ARTIFICIALI

Galleria artificiale di scavalco Tangenziale Ovest da km 5+106 a km 5+156

Relazione descrittiva scelte progettuali

SCALA:



COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

N M 0 Z 1 0 D 2 6 R G G A 0 1 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva		Novembre 2018	F. Coppini S. Mirabella	Novembre 2018	S. Borelli	Novembre 2018	F. Sacchi Novembre 2018	

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD
Dott. Ing. Francesco Sacchi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Piacenza
n. 25172 Sez. A

File: NM0Z10D26RGGGA0100002A.doc

n. Elab.: X

**PROGETTO DEFINITIVO****POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA****QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA****FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE****RELAZIONE DESCRITTIVA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26 RG	GA0100 002	A	2 DI 25

Sommario

1	Scopo del Documento	3
1.	STATO DI FATTO E VINCOLI PROGETTUALI.....	4
2.	SCELTA PROGETTUALE	6
3.	ANALISI DEVIAZIONI PROVVISORIE TANGENZIALE	9
4.	ANALISI VIABILISTICA CON SPINTA A PIENO	11
4.1.	<i>Fase 1</i>	12
4.1.1.	<i>Micro-fase 1A</i>	12
4.1.2.	<i>Micro-fase 1B</i>	13
4.2.	<i>Fase 2</i>	14
4.3.	<i>Fase 3</i>	15
5.	ANALISI VIABILISTICA CON SPINTA A VUOTO	17
6.	ANALISI DEI PRO E CONTRO DELLE SOLUZIONI.....	18
6.1.	Soluzione con Diaframmi e solettone, metodo Milano.....	18
6.2.	Soluzione con spinta a pieno “Tipo istrice”.....	20
6.3.	Soluzione con spinta a pieno con solette di protezione.	20
6.4.	Soluzione con spinta a vuoto.	22
7.	CONCLUSIONI.....	25

	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</p> <p>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</p> <p>FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE</p>										
<p>RELAZIONE DESCRITTIVA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>10</td> <td>D 26 RG GA0100 002</td> <td>A</td> <td>3 DI 25</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	10	D 26 RG GA0100 002	A	3 DI 25
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
NM0Z	10	D 26 RG GA0100 002	A	3 DI 25							

1. SCOPO DEL DOCUMENTO

Nell'ambito degli interventi di potenziamento della linea Milano – Genova, si prevede il quadruplicamento della linea ferroviaria nella tratta Milano Rogoredo-Pavia fra le stazioni di Milano Rogoredo e Pieve Emanuele.

Il quadruplicamento in oggetto, a partire dall'uscita della stazione Milano Rogoredo, prosegue in affiancamento alla linea storica e su una nuova sede e si sviluppa a sud di Milano, estendendosi per circa 30 km lungo l'attuale linea ferroviaria tra i nodi di Milano Rogoredo e Pavia.

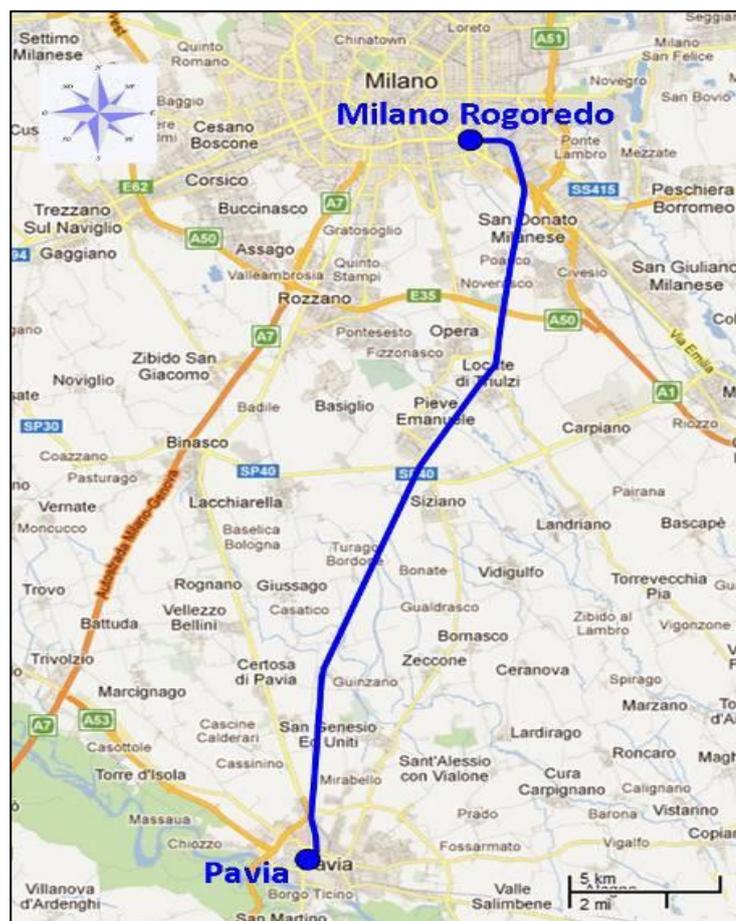


Figura 1 – Inquadramento

La presente relazione chiarisce le scelte progettuali effettuate nella progettazione dell'interferenza del nuovo tracciato con la tangenziale Ovest di Milano .

2. STATO DI FATTO E VINCOLI PROGETTUALI

Ad oggi l'attuale linea storica Milano-Genova, tratta Milano Rogoredo-Pavia a doppio binario passa sotto la Tangenziale Ovest di Milano alla progressiva 5+130 m circa (vedi Figura 2). L'attraversamento è costituito da 2 carreggiate superiori separate da un giunto longitudinale in corrispondenza dello spartitraffico per una larghezza trasversale complessiva di 32.0 m; suddivisa in 3+3 corsie, 2 corsie di emergenza, spartitraffico centrale e barriere di sicurezza laterali.



Figura 2 – Vista satellitare attraversamento Tangenziale Ovest A50 – Linea FS Storica MI-GE.

L'opera di scavalco della linea storica è costituita da un cavalcavia a singola campata semplicemente appoggiato di luce pari a 20.0 m leggermente obliquo (12.5°), sostenuto da 2 spalle laterali in c.a. fondate su pali tronco-conici infissi di lunghezza $L=12.0$ m, poste ad una distanza reciproca di 19.0 m (Figura 3).

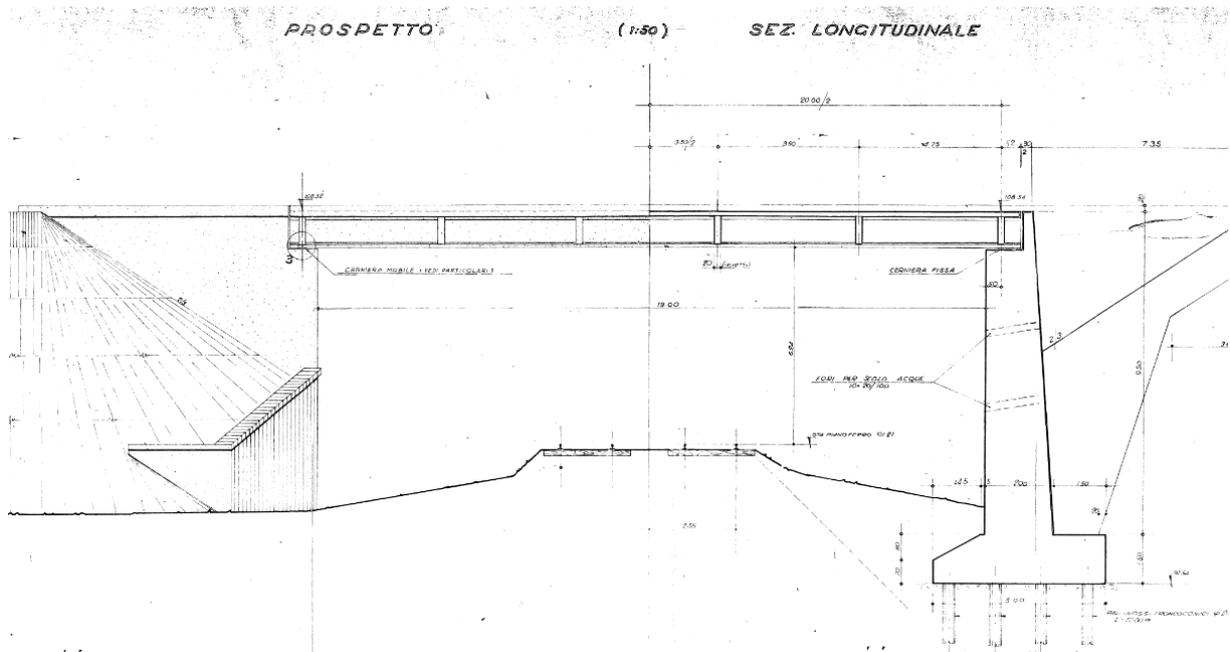


Figura 3 – Pianta/Sezione longitudinale dell'attraversamento storico.

L'impalcato è costituito da travi in c.a.p. a doppio T $h=90$ cm solidarizzate in opera (vedi Figura 4) da una soletta sovrastante $sp=18$ cm e traversi precompressi di testata e di campata ad interasse variabile (3.50 – 4.75 m).

Pertanto, vista la natura dell'opera esistente e l'ingombro in pianta, il nuovo quadruplicamento della linea non ha spazio sufficiente per essere inserito al suo interno (nuova coppia di binari); da qui la necessità di creare un nuovo fornice nel rilevato autostradale alato, ad una distanza tale da non interferire sia con le opere di elevazione della spalla limitrofa che delle sue supposte fondazioni.

Il rilevato autostradale in destra rispetto alla direzione delle pk crescenti (da Milano Rogoredo a Pavia) presenta le seguenti quote:

- Quota della carreggiata in corrispondenza dell'opera esistente circa 108.8 m s.l.m. decrescente allontanandosi dal manufatto (lo scavalco della linea storica rappresenta un dosso per la tangenziale).
- Quota del piano campagna variabile da 100.0 a 99.0 m s.l.m. tra entrata ed uscita dei binari.
- Per un delta di 8.80-9.80 m totali.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DESCRITTIVA	PROGETTO NM0Z	LOTTO 10	CODIFICA D 26 RG	DOCUMENTO GA0100 002	REV. A

Mentre il PF della linea storica è posto ad una quota media di circa 101.20 m s.l.m.

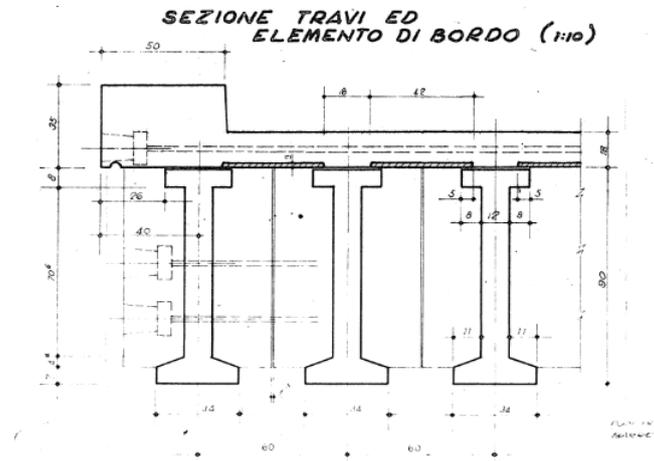


Figura 4 – Sezione trasversale impalcato con elemento di bordo.

3. SCELTA PROGETTUALE

Viste le geometrie in gioco e tenuto conto dei delta quota tra piano viario, piano ferro e piano campagna, la soluzione più conveniente risiede nel realizzare una Galleria Artificiale Nuova ad una distanza congrua di circa 27.00 m circa (asse tracciato) sulla destra dell'attuale tracciato (vedi Figura 5), ovvero lato Ovest.

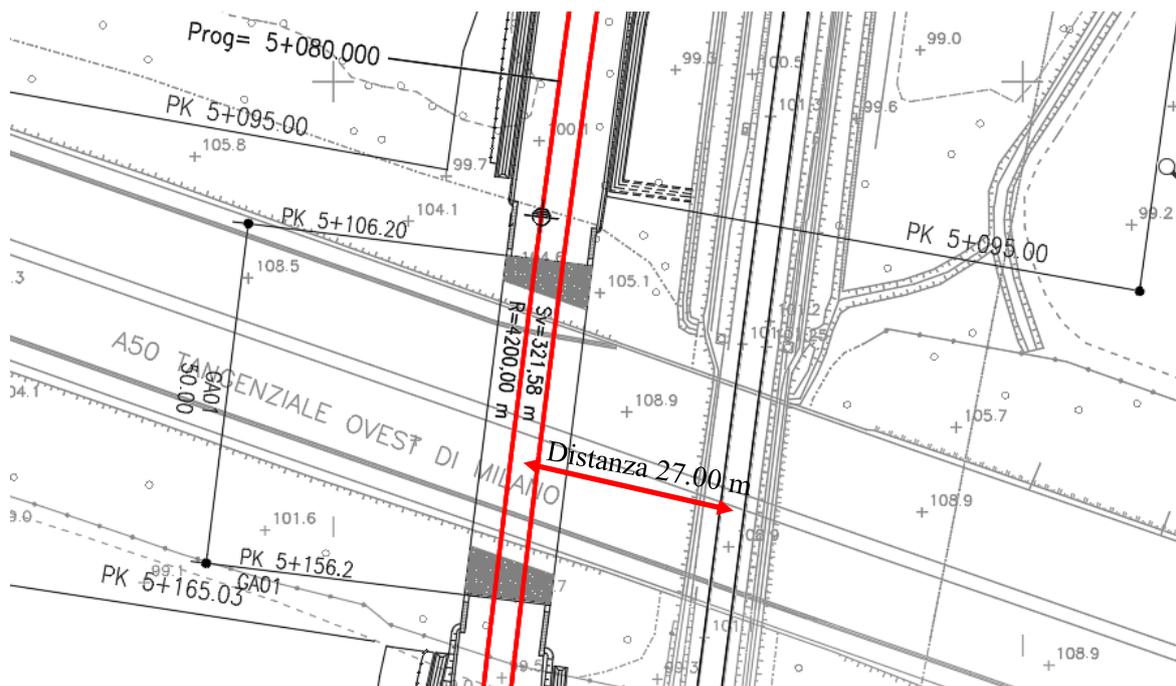


Figura 5 – Planimetria di progetto nuovo quadruplicamento.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DESCRITTIVA	PROGETTO NM0Z	LOTTO 10	CODIFICA D 26 RG	DOCUMENTO GA0100 002	REV. A

Secondo il Manuale di Progettazione RFI una galleria artificiale a doppio binario con $V \leq 200$ km/h presenta una sezione trasversale tipo con ingombro netto interno 10.20 x 6.80 m rispetto a PF, in cui è presente un franco elettrico superiore di 1.70 m sopra il piano teorico della linea di contatto (posta a 5.10 m dal PF) per l'inserimento delle sospensioni standard (vedi Figura 6).

Nel caso in esame, dovendo affrontare un sotto-attraversamento di una viabilità esistente ed essendo vincolati ad un preciso range di quote sia rispetto al piano ferro della attuale linea storica che del piano campagna, dopo un'attenta analisi dell'elettificazione si è potuto scendere ad una altezza non minore di 6.10 m dal PF, ottenendo una sezione trasversale con ingombro interno netto di 10.50x6.17 m su PF, con 6.17 m l'altezza minima lungo tutta la sezione longitudinale(vedi Figura 7 e Figura 8).

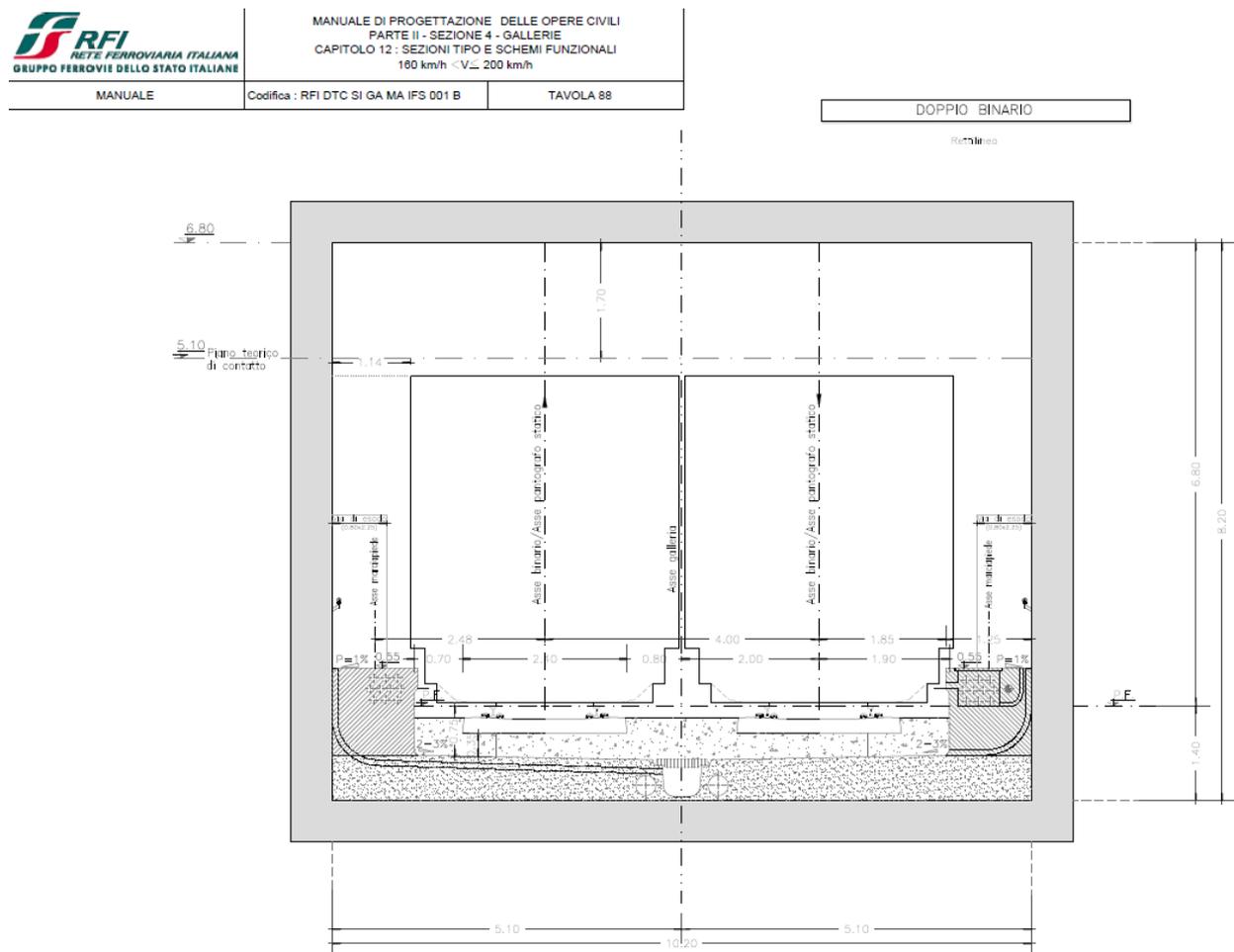


Figura 6 – Manuale di progettazione RFI – Sezione tipo GA per linee a $V \leq 200$ km/h.

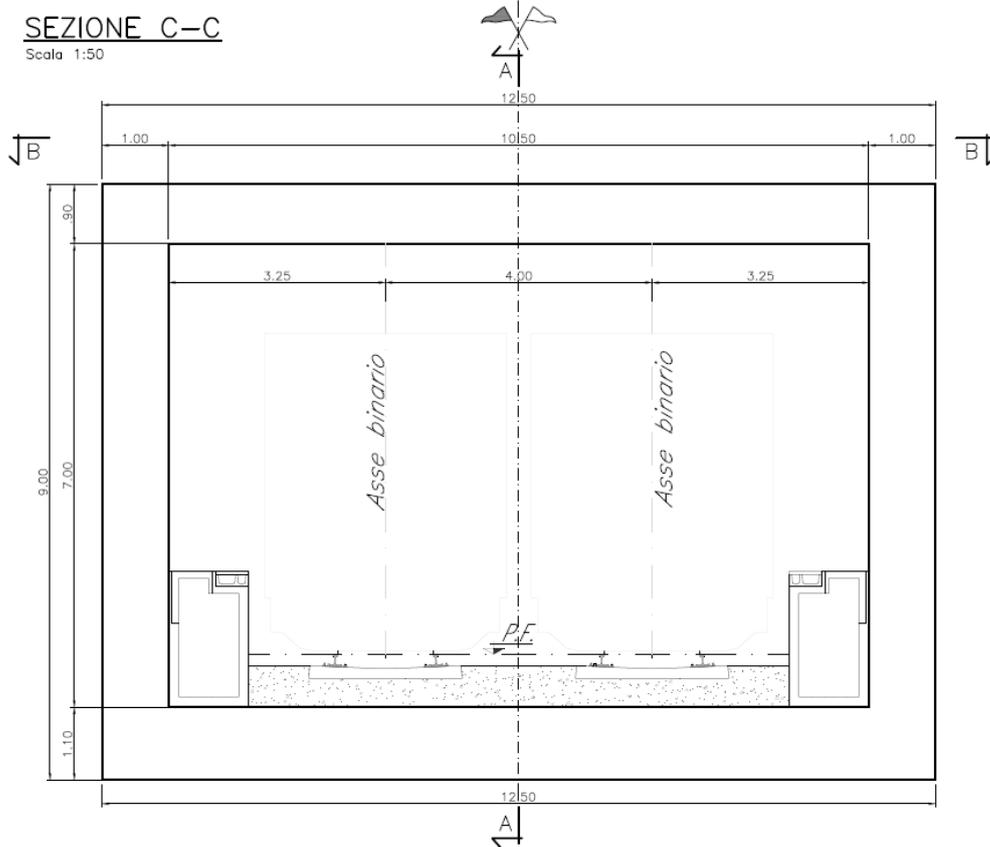


Figura 7 – Sezione trasversale di riferimento per il sotto-atteveramento della Tangenziale Ovest.

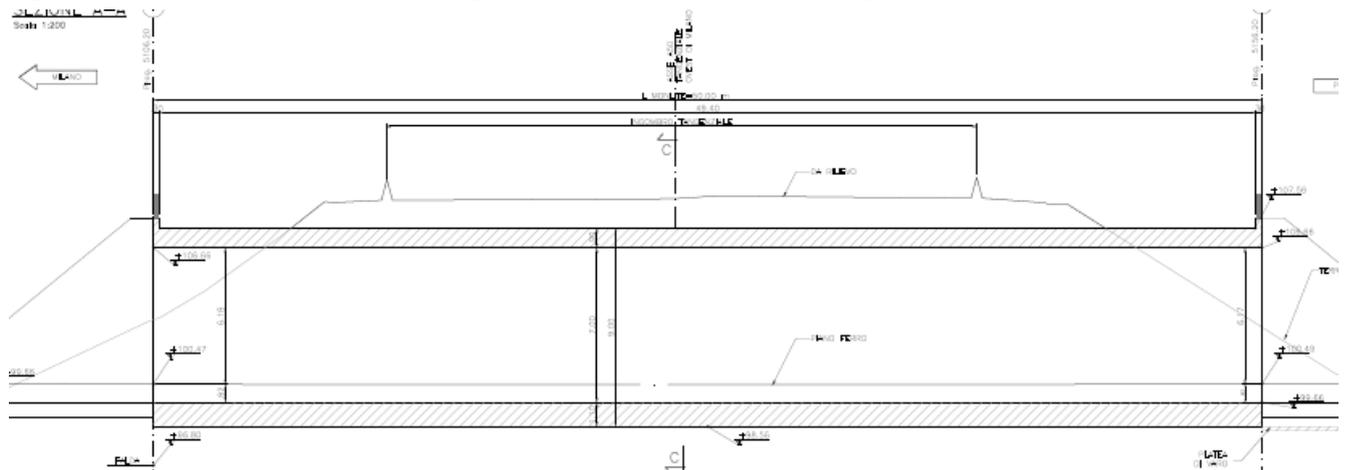


Figura 8 – Sezione longitudinale.

Fissati questi input progettuali occorre valutare la metodologia costruttiva rispetto ai seguenti scenari:

1. Costruzione della GA con “*diaframmi e solettoni con metodologia Milano*”; realizzando delle deviazioni provvisorie della tangenziale per fare spazio alla messa in opera dall’alto dei diaframmi

**PROGETTO DEFINITIVO****POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**

QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA

FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE

RELAZIONE DESCRITTIVA

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26 RG	GA0100 002	A	9 DI 25

e del solettone di copertura. Per poi andare a scavare dal basso, senza più interferenza con il traffico veicolare e completare l'intervento con la soletta inferiore e tutte le predisposizioni del caso.

2. Costruzione della GA fuori opera con “*spinta del monolite scatolare*” mediante tre diverse metodologie di spinta alternative:
 - a. Utilizzo di una metodologia “*tipo istrice*”, ovvero con predisposizioni che durante la spinta evitino il trascinamento del manto stradale, esecuzione dello scavo interno man mano che si spinge, in una condizione sempre a pieno (ossia con infissione del monolite nel rilevato e successivamente esecuzione dello scavo).
 - b. “*Spinta a pieno del monolite*” previa realizzazione di solettoni superiori di sicurezza (anti-sgrottamento e anti-trascinamento), realizzati preventivamente con deviazione per fasi delle carreggiate.
 - c. “*Spinta a vuoto*” del monolite con chiusura totale della tangenziale, previo scavo strettamente necessario alla spinta, e successivo rapido rinterro e ripavimentazione; per limitare al minimo indispensabile il fermo esercizio della tangenziale.

In ogni caso, al fine di non porre nessun condizionamento alla scelta costruttiva, si è pensato, comunque, di operare un abbassamento di quota del tracciato dei nuovi binari; abbassamento necessario in tutti i casi sopra menzionati. Infatti, la configurazione altimetrica del tracciato di progetto prevede una quota pari a circa 100.47 m s.l.m. (rispetto agli attuali 101.20 m della linea storica); per un delta massimo tra piano viario e piano ferro di $108.8 - 100.47 = 8.33$ m (pensando ad una livelletta costante del piano autostradale di 108.80 m s.l.m. tra i due manufatti: esistente e di progetto, da livellare in fase di rifacimento del manto superficiale). Tale delta quota consente di avere un franco tra estradosso monolite e piano viario di $8.33 - 6.17 - 0.90 = 1.25$ m compatibile con qualsiasi pacchetto stradale richiesto e/o predisposizioni di spinta (es. solettoni di protezione provvisori $sp=60$ cm della soluzione 2.b).

4. ANALISI DEVIAZIONI PROVVISORIE TANGENZIALE

La Tangenziale Ovest viene interferita dalla nuova linea tra lo svincolo per la SS412 della Val Tidone (uscita 8 Milano Vigentina) e lo svincolo per l'A1 in prossimità di San Giuliano Milanese (vedi *Figura 9*).

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DESCRITTIVA	PROGETTO NM0Z	LOTTO 10	CODIFICA D 26 RG	DOCUMENTO GA0100 002	REV. A



Figura 9 – Corografia zona di interferenza A50.

Attraverso vari contatti con l'Ente gestore della Tangenziale (Società Serravalle S.p.A.) sono stati recuperati i vincoli progettuali necessari al dimensionamento degli interventi di deviazione provvisoria e/o di chiusura parziale e totale della stessa. In particolare, è stato segnalato:

- È possibile una chiusura totale della tangenziale per pochi giorni da concentrare nel mese di agosto, a cavallo di Ferragosto (es. 7-10 gg), previa individuazione di percorsi alternativi per il traffico veicolare residuo del periodo estivo e di emergenza, e previa effettuazione di uno studio di traffico che dimostri la compatibilità di questo assetto infrastrutturale provvisorio con i flussi di traffico previsti in tale periodo nei due sensi di marcia.
- Sempre nel mese di agosto è possibile una chiusura parziale con limitazione a 2+2 carreggiate per circa 20 giorni (per effetto dei flussi di traffico comunque ridotti in questo mese).
- Nella restante parte dell'anno devono essere sempre garantite 3+3 corsie di dimensioni 3.50 (veicoli lenti), 3.25, 3.25 m (sorpasso), con uno spartitraffico centrale minimo di 1.00 m. Per un totale di 21.0 m trasversali minimi.
- Le deviazioni provvisorie di corsia/carreggiata devono essere progettate per una velocità minima di cartello pari a 80 km/h, inoltre devono tener conto delle condizioni trasversali della carreggiata.

Con questi vincoli si sono studiate varie soluzioni di fasi che permettessero, comunque, uno sviluppo più ampio possibile del cantiere. Tuttavia, è apparso chiaro fin da subito che l'attuale manufatto di

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DESCRITTIVA	PROGETTO NM0Z	LOTTO 10	CODIFICA D 26 RG	DOCUMENTO GA0100 002	REV. A

attraversamento rappresentava un forte vincolo alla traslazione delle varie corsie, limitando la piattaforma su cui operare gli spostamenti a soli 32.0 m.

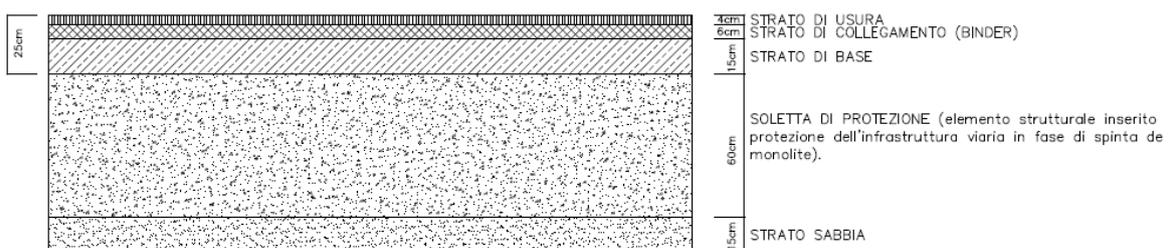
In questo senso, non volendo inserire una ulteriore variabile legata alla realizzazione di nuove opere di scavalco dell'attuale linea storica (che avrebbero rappresentato: o false spese o comunque opere di notevole impatto economico e temporale per il programma lavori), la soluzione a diaframmi con metodo Milano è apparsa di difficile attuazione per le seguenti motivazioni:

- non sono presenti sufficienti ingombri trasversali sia costruttivi che operativi, tenendo conto sia degli spessori strutturali delle opere che le grosse dimensioni delle macchine dei diaframmi;
- particolari criticità si ravvedono per quelle fasi che richiedono un cantiere ad isola centrale, dovute alle difficoltà di alimentazione del cantiere;
- data la complessità delle opere da realizzare dalla sede stradale (corree e diaframmi in c.a., scavo e getto del solettone superiore), i tempi di realizzazione delle stesse sono molto lunghi (mesi), con un impatto molto importante sulle soggezioni all'esercizio stradale.

Per tali motivazioni gli studi si sono successivamente orientati nella ricerca di una soluzione che permettesse di porre in opera le opzioni con spinta del monolite: con particolare riguardo per quella di *spinta a pieno* che necessita di solette di protezione superiori, e quella di *spinta a vuoto* con la chiusura totale della tangenziale.

5. ANALISI VIABILISTICA CON SPINTA A PIENO

A garanzia di un flusso veicolare continuo sul tratto di tangenziale interferente il progetto di quadruplicamento ferroviario, l'analisi prevede tre differenti fasi di lavorazioni così da ridurre al minimo la turbolenza dovuta alla presenza dei lavori. Per l'intero tratto di interesse, verrà posizionata una soletta in CLS a protezione dell'infrastruttura viaria in fase di spinta del monolite. Secondo le caratteristiche dimensionali dell'elemento strutturale a protezione, di cui sotto



l'altezza della soletta prevista è di 60 cm. Al di sotto della stessa sarà allocato uno spessore di 15 cm di sabbia in modo che si possa agevolare lo slittamento del monolite. Al di sopra il pacchetto stradale adoperato risulta essere 4 cm di strato di usura drenante, 6 cm di strato di collegamento (Binder) e 15 cm di base. Laddove è prevista la soletta la pavimentazione autostradale assume caratteristiche semi-rigide.

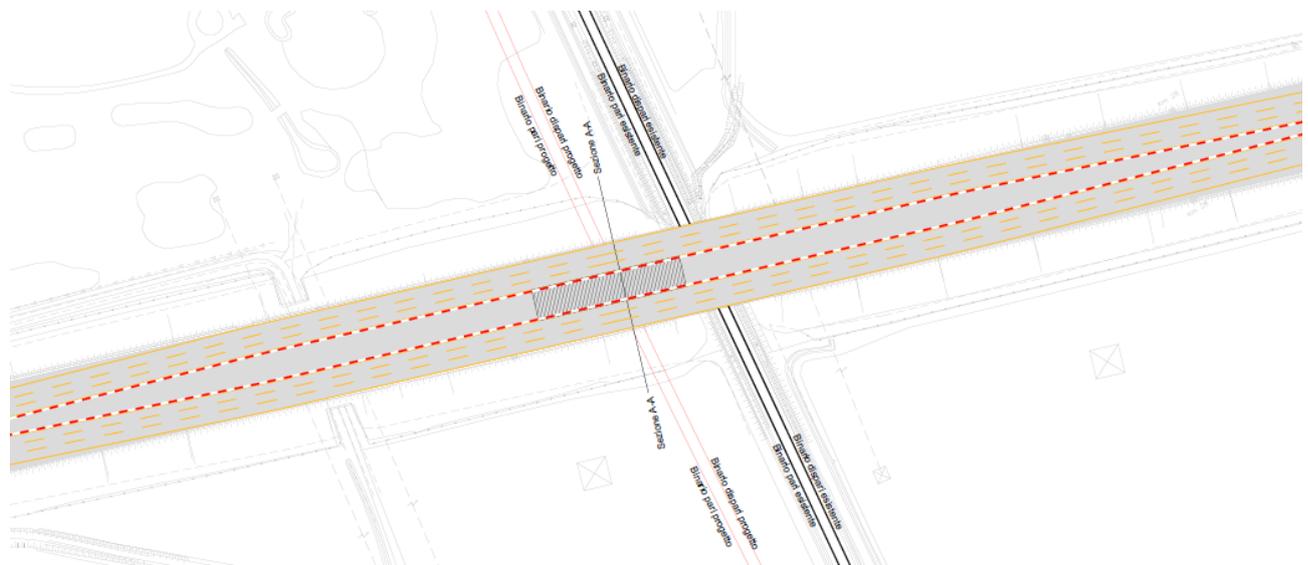
5.1. FASE I

Detta fase sarà suddivisa in due micro-fasi, di seguito descritte. Lo sviluppo planimetrico del cantiere in entrambe le fasi sarà di circa 680m e di carattere prettamente rettilineo. Tale scelta è volta al fine di evitare dislivelli trasversali tra le due carreggiate.

5.1.1. MICRO-FASE 1A

Prima fase caratterizzata dalla chiusura parziale della carreggiata centrale prevedendo una larghezza trasversale di 9.00m misurata nella zona dei lavori. In detta zona verranno posate le già menzionate solette di protezione.

Verranno garantite 3 corsie per senso di marcia (3.50m corsia lenta e 3.25 le due corsie veloci), riducendo l'attuale velocità di cartello da 90km/h a 80km/h, con la posa di new-jersey in CLS a protezione del cantiere centrale.



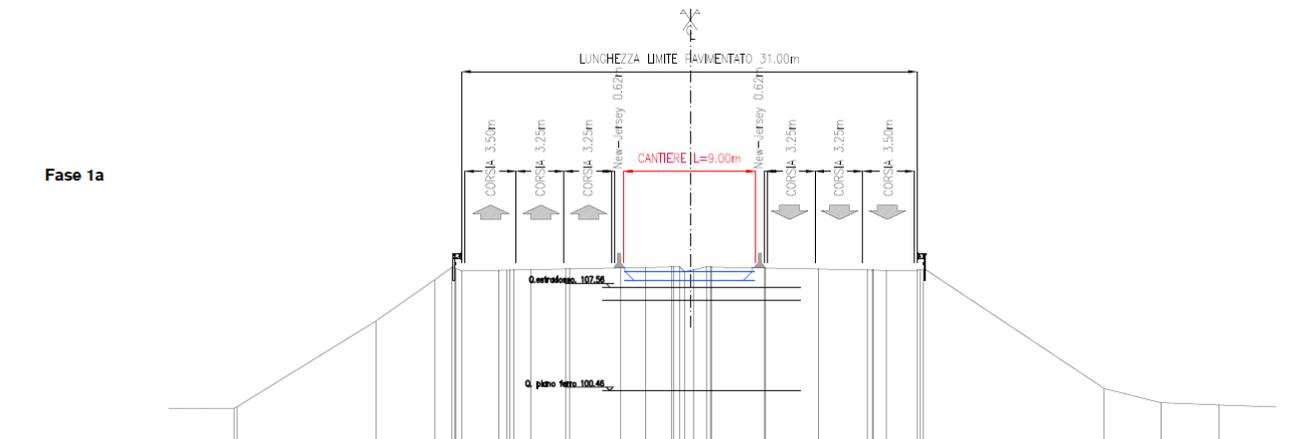


Figura 10 – Micro-fase 1A

Per la realizzazione di suddetta micro-fase sono state studiate delle deviazioni planimetriche inserendo flessi provvisori con raggi di curvatura pari a 1.000m, valore nettamente sovrabbondante rispetto al valore di raggio minimo imposto dal D.M. 2001 (Raggio minimo per Autostrade A-Extraurbano Strada principale 339m).

Verrà inserita adeguata segnaletica verticale e orizzontale temporanea nel rispetto dei seguenti principi: Adattamento; Coerenza; Credibilità; Visibilità e leggibilità.

5.1.2.MICRO-FASE 1B

Per la continuità strutturale della soletta di protezione, si è reso necessario espandere la zona già cantierizzata ad una larghezza trasversale totale di ca. 16.50m, dovendo ridurre la sezione stradale a due corsie per senso di marcia. Tale riduzione risulta compatibile con i vincoli progettuali evidenziati dall'Ente Gestore del tratto autostradale in interferenza, valutando una stima di durata lavori di massimo 15 giorni. Questo al fine di ridurre al minimo i disagi, assicurando lo svolgimento dei lavori in periodi dell'anno dove l'infrastruttura non risulti congestionata (esempio nel periodo del mese di agosto).

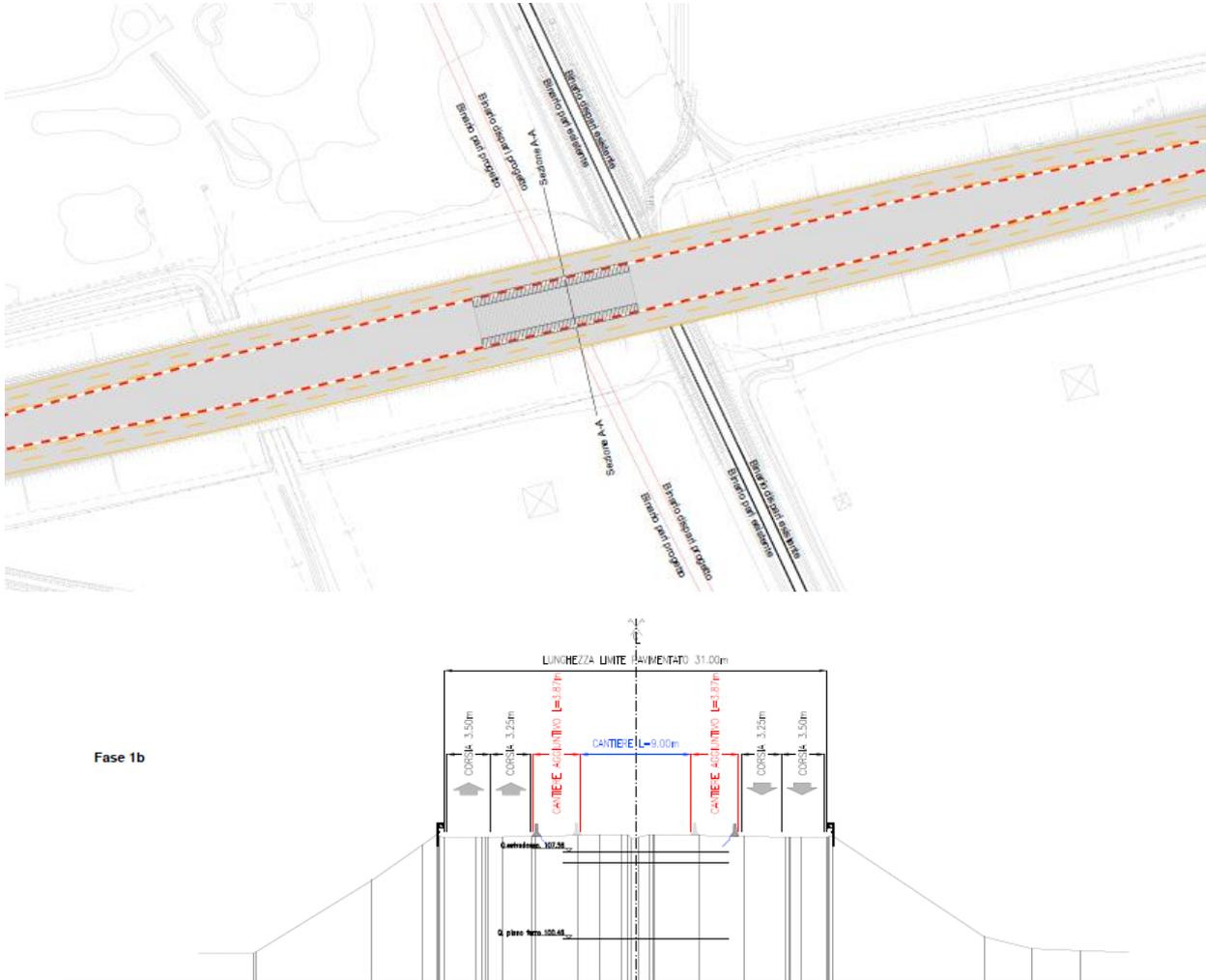


Figura 11 – Microfase 1B

5.2. FASE 2

Detta fase sarà caratterizzata dalla chiusura parziale della carreggiata **Sud** prevedendo una larghezza trasversale di 9.60m misurata nella zona dei lavori. Verranno garantire 3 corsie per senso di marcia (3.50m corsia lenta e 3.25 le due corsie veloci), riducendo l'attuale velocità di cartello da 90km/h a 80km/h, con la posa di new-jersey in CLS a protezione del cantiere.

Come la precedente fase 1, sono state studiate delle deviazioni planimetriche inserendo flessi provvisori con raggi di curvatura pari a 1.000m, valore nettamente sovrabbondante rispetto al valore di raggio minimo imposto dal D.M. 2001.

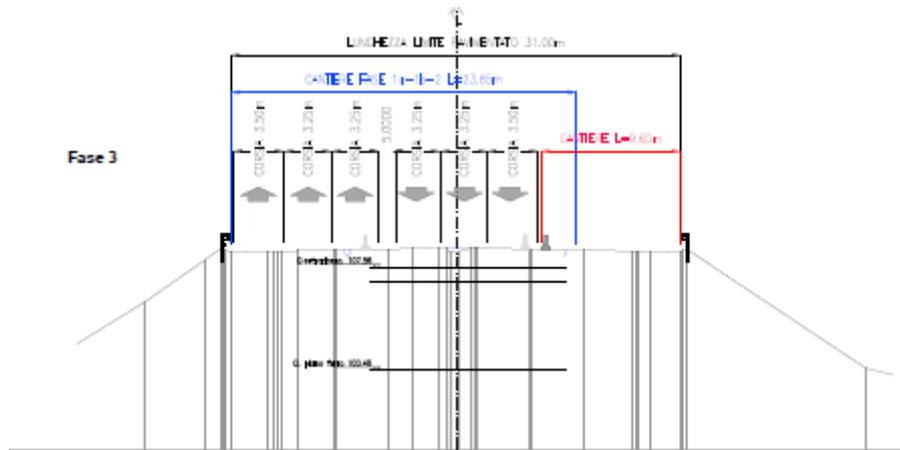
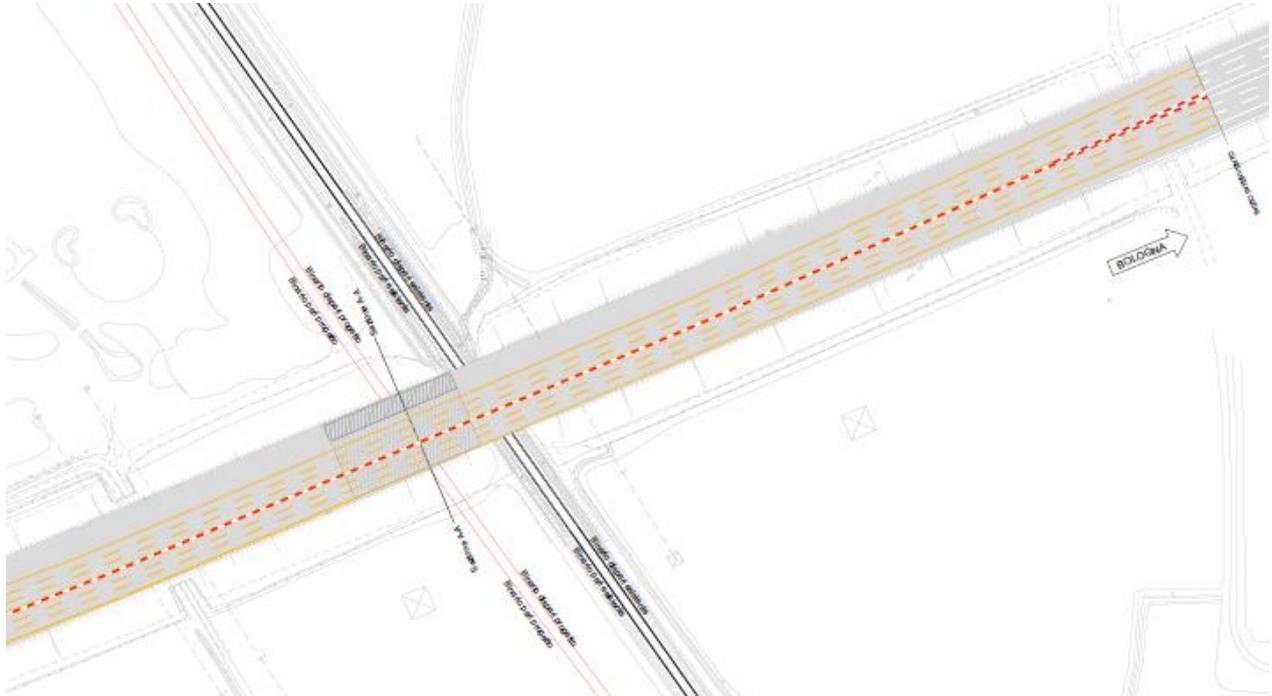


Figura 13 – FASE 3

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DESCRITTIVA	PROGETTO NM0Z	LOTTO 10	CODIFICA D 26 RG	DOCUMENTO GA0100 002	REV. A

6. ANALISI VIABILISTICA CON SPINTA A VUOTO

Tale analisi prevede la chiusura totale della tangenziale, previo scavo strettamente necessario alla spinta, e successivo rapido rinterro e ripavimentazione.

Per ridurre al minimo indispensabile il fermo esercizio della tangenziale, le lavorazioni dovranno essere svolte in fasi realizzative sovrapponibili e rispettanti i vincoli progettuali imposti dalle norme vigenti.

Lo studio viabilistico condotto prevede l'individuazione di percorsi alternativi su strade esistenti limitrofi garantendo tutti i collegamenti venuti meno a seguito della chiusura provvisoria della tangenziale A50.

Direzione OVEST - EST

I collegamenti da Milano ovest verso le principali destinazioni ad Est, quali Venezia, Bologna, Brescia, Linate sono garantiti con da un percorso di circa 12 km che interessa percorsi Strada Provinciale ex Strada Statale 412 della Val Tidone, caratterizzata da due corsie per senso di marcia e Strada Provinciale 40, caratterizzata da una sola corsia per senso di marcia.

Direzione BARRIERA MELEGNANO - OVEST

I collegamenti dalla barriera autostradale di Melegnano, verso le principali destinazioni o raccordi in direzione Nord, quali Genova, Venezia, Varese, Como, sono garantiti per mezzo di due alternative.

Per la prima si prevede uno sviluppo di ca 16 km transitando su Strada Provinciale 40, Strada Statale 9 - Via Emilia, Strada Provinciale 164 e Strada Provinciale ex Strada Statale 412 della Val Tidone.

La seconda, più breve, di circa 10 km interessa un transito provvisorio su Via Pò, Strada Provinciale 164 e Strada Provinciale ex Strada Statale 412 della Val Tidone, coinvolgendo anche l'Uscita S. Giuliano Milanese

Direzione NORD - OVEST

I collegamenti da Milano Nord verso le principali destinazioni o raccordi in direzione Ovest, quali Chiasso, Torino, Varese, sono garantiti con un percorso di circa 9.5 km che interessa un transito provvisorio su Via Po', Strada Provinciale 164 e Strada Provinciale ex Strada Statale 412 della Val Tidone, coinvolgendo anche l'Uscita S. Giuliano Milanese.

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DESCRITTIVA	PROGETTO NM0Z	LOTTO 10	CODIFICA DOCUMENTO D 26 RG	DOCUMENTO GA0100 002	REV. A



Figura 14 – Chiusura temporanea A50 durante fase di Spinta a vuoto

7. ANALISI DEI PRO E CONTRO DELLE SOLUZIONI

Di seguito una sommaria descrizione delle soluzioni con una tabella di sintesi dei relativi pro e contro.

7.1. SOLUZIONE CON DIAFRAMMI E SOLETTONE, METODO MILANO

Questa metodologia costruttiva prevede di interrompere parzialmente la carreggiata per fasi al fine di recuperare aree di cantiere utili a realizzare dall'alto le due file di diaframmi, generalmente di spessore e lunghezza variabile da 80 a 120 cm e da 15.0 m a 25.0 m, a seconda della profondità di ricoprimento e del tipo di terreno presente (vedi Figura 15). I diaframmi inoltre hanno una larghezza longitudinale standard di 240-250 cm, pertanto l'ingombro trasversale del cantiere incide fortemente sul numero massimo di diaframmi che si possono fare in una singola fase di deviazione.

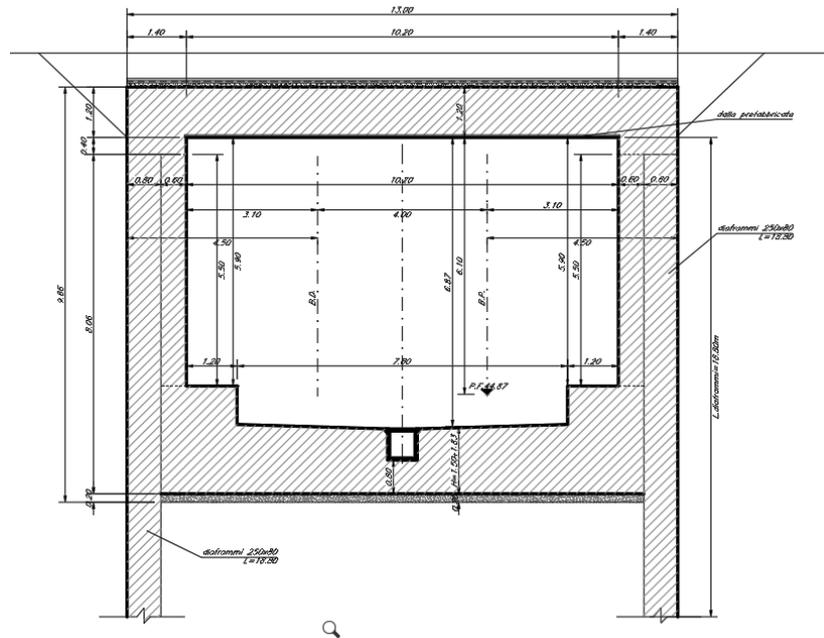


Figura 15 – Sezione trasversale galleria artificiale a diaframmi con metodo Milano

Di seguito una tabella con i pro ed i contro:

PRO	CONTRO
	Ingombro elevato del cantiere stradale, elevato spazio di manovra richiesto dalle macchine per diaframmi. In sostanza sono necessarie poche fasi di interruzione delle carreggiate con massimo ingombro trasversale.
Separazione della fase di scavo rispetto all'esercizio delle carreggiate, con conseguente sicurezza per il traffico veicolare durante le fasi di scavo.	
	Elevata durata del cantiere nelle fasi di deviazione delle carreggiate, in quanto si devono rispettare i tempi di maturazione dei diaframmi e del solettone prima di riattivare il traffico sovrastante. Consequente aumento del rischio derivante sia dalla compresenza, sul piano viario, di un cantiere

**PROGETTO DEFINITIVO****POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA****QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA****FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE****RELAZIONE DESCRITTIVA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26 RG	GA0100 002	A	20 DI 25

	complesso con macchine operatrici di grosse dimensioni ed elevata altezza, sia dalla elevata durata delle deviazioni stradali (rischio incidenti automobilistici).
	Elevato costo dell'opera per la presenza dei diaframmi.

7.2. SOLUZIONE CON SPINTA A PIENO "TIPO ISTRICE"

Questa soluzione è stata scartata in quanto non garantisce una sicurezza adeguata durante la fase di spinta per i seguenti motivi:

- il ricoprimento del manufatto è ridotto e non si riesce ad evitare del tutto il trascinarsi della pavimentazione stradale;
- durante la fase di infissione del monolite e di scavo vi è un rischio di eventuali sgrottamenti accidentali del terreno sul fronte di scavo, con effetti pericolosi sul traffico stradale;
- una piccola deviazione altimetrica del monolite rispetto al percorso di progetto produce dirette conseguenze di perdita di planarità della pavimentazione stradale.

7.3. SOLUZIONE CON SPINTA A PIENO CON SOLETTE DI PROTEZIONE.

Questa metodologia costruttiva prevede di interrompere parzialmente la carreggiata per fasi al fine di recuperare aree di cantiere necessarie per realizzare dall'alto (per sezioni) la soletta di protezione alla spinta del monolite (vedi Figura 16 e Figura 17). Soletta generalmente di spessore e lunghezza variabile da 60 a 100 cm e da 25.0 m a 30.0 m, a seconda del grado di protezione desiderato sia nei confronti del trascinarsi del manto superficiale che dello sgrottamento accidentale del terreno (dovuto ad uno scavo eccessivo del fronte o sua instabilità).

Una volta realizzata la soletta di protezione si può avviare la fase di spinta del monolite già precedentemente realizzato a fianco del rilevato autostradale, con il traffico veicolare sovrastante ripristinato definitivamente (eventualmente con l'accortezza di eseguire le spinte e/o le fasi di scavo in notturna o nelle ore con poco traffico). Dopo ogni fase di spinta, generalmente legata alla corsa e portata dei martinetti di spinta nonché al numero e dimensioni dei cunei di contrasto, si procede alla fase di scavo del terreno presente all'interno del monolite fino a raggiungere una congrua distanza dal rostro del monolite (fronte di spinta) che deve

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE					
	RELAZIONE DESCRITTIVA	PROGETTO NM0Z	LOTTO 10	CODIFICA D 26 RG	DOCUMENTO GA0100 002	REV. A

essere sempre presidiato e ben lontano dal fronte di scavo (proprio per evitare accidentali sgrottamenti, con conseguente avvallamento e/o danneggiamento del manto stradale).

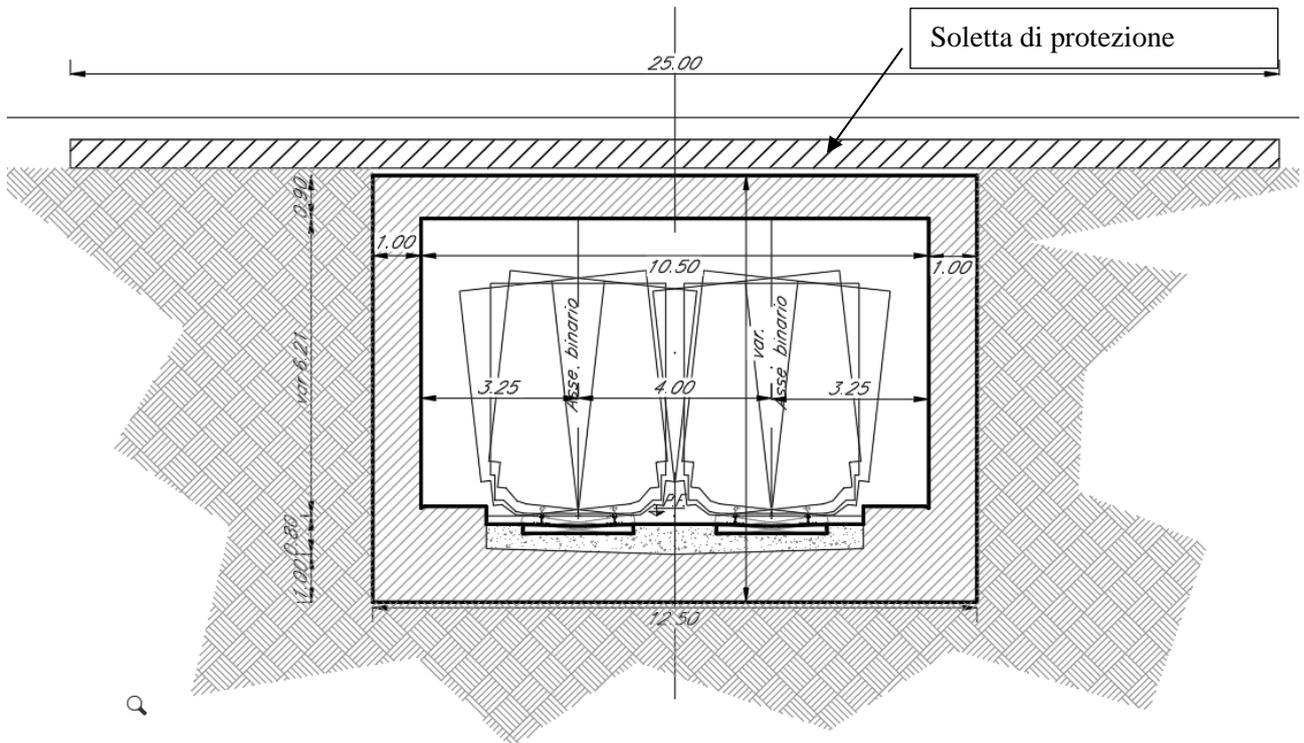


Figura 16 – Sezione trasversale galleria artificiale spinta a pieno con soletta di protezione.

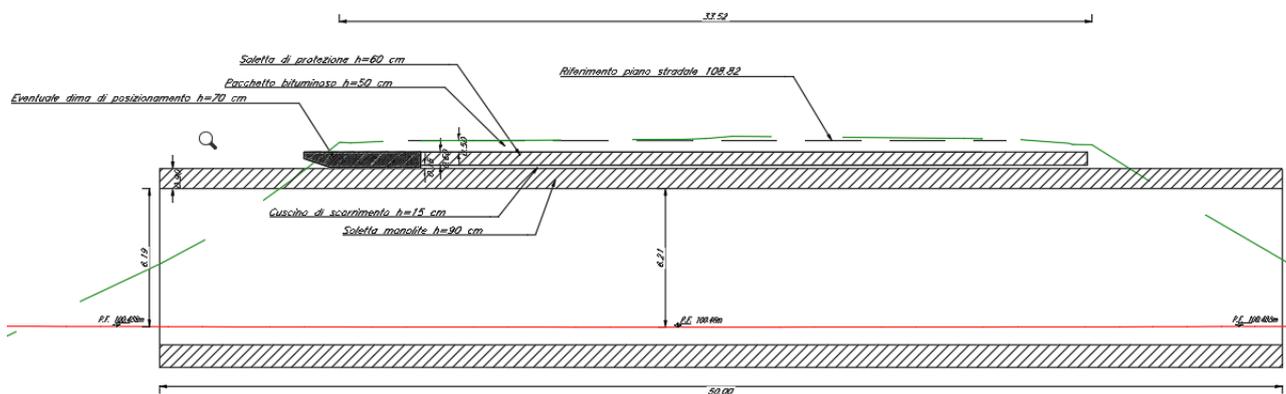


Figura 17 – Sezione longitudinale galleria artificiale, fase finale con spinta conclusa.

PRO	CONTRO
Ingombro ridotto del cantiere stradale, ridotto spazio di manovra richiesto dall'esecuzione delle	

**PROGETTO DEFINITIVO****POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**

QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA

FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE

RELAZIONE DESCRITTIVA

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26 RG	GA0100 002	A	22 DI 25

semplici solette di protezione. In sostanza, la realizzazione della soletta di protezione, può essere segmentata in diverse fasi di interruzione delle carreggiate con minimo ingombro trasversale.	
	Possibile interferenza della fase di scavo rispetto all'esercizio delle carreggiate. Tuttavia, minimizzata dalla presenza della soletta di protezione.
	Criticità nelle fasi di spinta a pieno per l'elevato numero di martinetti e l'elevata potenza necessaria per contrastare la resistenza del terreno.
Ridotta durata del cantiere nelle fasi di deviazione delle carreggiate, in quanto si devono rispettare i tempi di maturazione delle sole solette.	Elevata durata della fase di spinta che deve essere fatta con il terreno sempre presente e seguita da una piccola fase di scavo.
	Elevato costo della spinta.

7.4. SOLUZIONE CON SPINTA A VUOTO.

Questa metodologia costruttiva prevede di interrompere totalmente la carreggiata per 7-10 gg (vedi Figura 18), tempo necessario per eseguire la rimozione del manto stradale, lo scavo completo del rilevato autostradale a sezione trapezia, eseguire la spinta a vuoto del monolite (semplice traslazione in avanti di 50-70 m), effettuare il rinterro con materiale autolivellante a rapida presa tipo cover-beton, per finire con la pavimentazione stradale (quest'ultima anche con parzializzazione delle corsie inizialmente 2+2 con barriere provvisorie per passare successivamente alla configurazione finale delle barriere di sicurezza e dello spartitraffico).

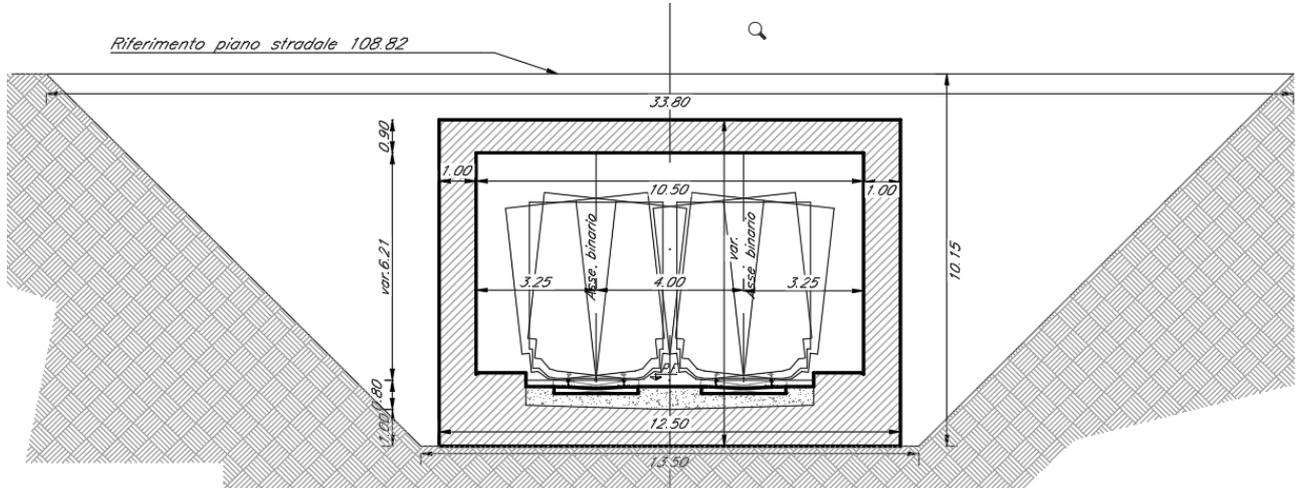


Figura 18 - Sezione trasversale galleria artificiale spinta a vuoto con preventivo scavo e riempimento in cover-beton

In particolare, si è provato a stimare i tempi di esecuzione delle varie attività come da gantt sottostante (vedi Figura 19). In cui la parte sostanziale di spinta e ripristino della viabilità può essere effettivamente contenuta in 10 gg, con 2 piccole fasi (iniziale e finale) in cui sono presenti delle parzializzazioni di carreggiata.

VOCI DELLE LAVORAZIONI	U.M.	QUANTITA'	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CHIUSURA TANGENZIALE			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
demolizione guardarailli (centrali e rimozione asfalti) nota 1	ml	144	■	■									
Scavo a cielo aperto (vedi nota 2)	m³	11630		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Spinta del monolite (nota 3)	ml	52.4				■	■	■	■	■	■	■	■
Rinterro misto cementato	m³	7255							■	■	■	■	■
Formazione pacchetto stradale + maturazione	m²	2176										■	■
Posa barriere stradali centrali + Ripristino strisce bianche (nota 4)	ml	144											■
RIAPERTURA DELLA TANGENZIALE													
GIORNI DI CHIUSURA AUTOSTRADA			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 19 – Grant attività, caso di spinta a vuoto del monolite.

PRO	CONTRO
Nessun ingombro del cantiere stradale, salvo in fase finale, e se necessario, per realizzare le barriere di sicurezza e lo spartitraffico in configurazione finale.	Interruzione della tangenziale con individuazione dei percorsi alternativi di emergenza.
Nessuna interferenza della fase di scavo rispetto all'esercizio delle carreggiate.	

**PROGETTO DEFINITIVO****POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA****QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA****FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE****RELAZIONE DESCRITTIVA**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	10	D 26 RG	GA0100 002	A	24 DI 25

Nessuna criticità nelle fasi di spinta a vuoto, ridotto numero di martinetti e ridotta potenza, nessuna resistenza del terreno.	
	Criticità rappresentata dal minimo tempo operativo che non può avere imprevisti e deve avvenire a cavallo di un ferragosto. Vincolo sul programma lavori globale.
Ridotto costo della spinta	Elevato costo del cover-beton

	PROGETTO DEFINITIVO POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA FASE I - QUADRUPPLICAMENTO MI ROGOREDO - PIEVE EMANUELE				
	RELAZIONE DESCRITTIVA	PROGETTO NM0Z	LOTTO 10	CODIFICA DOCUMENTO D 26 RG GA0100 002	REV. A

8. CONCLUSIONI

Dall'esame dei pro e contro risulta evidente che: sia la soluzione con diaframmi che quella a spinta con metodologa tipo "istrice" senza protezioni, hanno elevati costi e tempi di esecuzione e presentano notevoli rischi, in termini di sicurezza dei veicoli, durante i lavori (di realizzazione delle opere o di spinta); pertanto sono da scartare.

Mentre hanno meritato approfondimenti sia la spinta a "vuoto" che a "pieno" con le solette di protezione.

La prima per la ricerca di possibili e fattibili percorsi alternativi, nonché un programma lavori che confermasse la cantierabilità dell'opera in circa 10 gg lavorativi consecutivi.

La seconda nella ricerca di deviazioni provvisorie che permettessero, in tempi congrui, la realizzazione delle solette di protezione, prendendo in considerazione l'assetto plano-altimetrico attuale (sia longitudinale che trasversale).

Come dimostrano i precedenti capitoli entrambe le soluzioni hanno avuto riscontro positivo, per cui possono essere valutate e confrontate in termini di:

- semplicità di esecuzione;
- sicurezza dei lavori ed in particolare dei veicoli in transito;
- tempi di esecuzione lavori;
- costi.

Per tutti i punti precedenti la soluzione più performante è risultata quella di spinta a "vuoto" del monolite.

Pertanto, in attesa dello studio trasportistico che confermi la possibilità di attivare i percorsi alternativi identificati e previa approvazione degli stessi da parte delle autorità locali, in questa fase progettuale è parso ingegneristicamente corretto sviluppare il progetto considerando quanto necessario a mettere in atto la spinta a "vuoto" del monolite.