

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

GALLERIA ARTIFICIALE POZZOLO DAL KM 40+794,00 AL KM 42+778,80 Relazione tecnico-descrittiva

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI	
Consorzio Cociv Ing.P.P.Marcheselli		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R O	G A 1 M 0 X	0 0 2	A

Progettazione:								IL PROGETTISTA
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A00	Prima Emissione	D. Fanti	12/07/2013	S.Fuoco	16/07/2013	A. Palomba	18/07/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n.Elab.: File:IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00.DOCX

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 18</p>

INDICE

1. INTRODUZIONE	5
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO	7
3.1. Contesto geologico	7
3.2. Contesto idrogeologico	7
3.3. Caratteristiche geotecniche dei materiali nell'area in esame	8
4. GALLERIA ARTIFICIALE NELLA ZONA FRA DIAFRAMMI	12
4.1. Fasi realizzative	12
4.2. Paratia in diaframmi.....	13
4.1. Solette e strutture interne	14
5. GALLERIA ARTIFICIALE NELLA ZONA CON SISTEMA CUT& COVER	15
5.1. Fasi realizzative	15
5.2. Struttura definitiva.....	17

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva	Foglio 4 di 18

INDICE FIGURE

Figura 1. Esempio di pannellatura per la zona scavata fra diaframmi.....	13
Figura 2. Sezione galleria artificiale nella zona in scavo fra diaframmi	14
Figura 3. Scavo Con metodo cut & cover Secondo approfondimento e realizzazione primo ordine trincee drenanti	15
Figura 4. Scavo Con metodo cut & cover Terzo approfondimento e realizzazione secondo ordine trincee drenanti e pozzi emungimento	16
Figura 5. Scavo Con metodo cut & cover Geometria finale degli scavi.....	16
Figura 6. Scavo Con metodo cut & cover Geometria finale dell'opera con ripristino della condizione originaria in superficie	17
Figura 7. Sezione galleria artificiale nella zona in scavo con sistema cut & cover.....	18

INDICE TABELLE

Tabella 1. Dettaglio risultanze delle prove SPT in foro nell'area dell'opera GA1M (campagna 2005).....	9
Tabella 2. Dettaglio risultanze delle prove di laboratorio nell'area dell'opera GA1M (campagna 2005)	10
Tabella 3. Caratteristiche di base dei materiali geotecnici.....	10
Tabella 4. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici per la zona della galleria scavata fra diaframmi	11
Tabella 5. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici per la zona della galleria scavata con metodo cut & cover	11

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva
	Foglio 5 di 18

1. INTRODUZIONE

Il presente rapporto riguarda la realizzazione delle opere identificate dal codice WBS GA1M ricadente lungo tracciato tra la pk 40+794.00 e la pk 42+778.80. L'intervento si inserisce nel quadro delle opere di linea previste dal Progetto Esecutivo del nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi

All'interno delle opere afferenti al nuovo collegamento ferroviario Milano-Genova, la WBS denominata GA1M vede l'opera ferroviaria interrata rispetto al livello del terreno esistente (galleria artificiale Pozzolo). Nell'area in esame, quindi, l'impatto ambientale nella fase finale risulterà minimo, in quanto verranno ripristinate le condizioni originarie presenti precedentemente l'esecuzione dei lavori.

La tratta si divide in due zone principali:

- tratta in cui la struttura sotterranea è realizzata attraverso un metodo cut & cover, in cui viene effettuato uno scavo di sbancamento fino alla quota di progetto in corrispondenza della quale viene poi realizzato il solettone inferiore, le elevazioni e la chiusura dello scatolare con la soletta superiore, per poi ripristinare la condizione originaria al termine della realizzazione della struttura in calcestruzzo armato citata;
- tratta in cui la struttura sotterranea è realizzata attraverso uno schema tipo "metodo Milano", in cui previa esecuzione di uno sbancamento limitato, vengono realizzate le paratie in diaframmi in c.a., cui segue la realizzazione del solettone superiore e lo scavo viene effettuato sotto la protezione del solettone superiore sino al livello del getto della soletta di fondo, dal quale si procede al getto dell'elemento citato, la posa dell'impermeabilizzazione interna ed il completamento delle strutture portanti interne atte a resistere alla spinta dell'acqua di falda.

Le progressive di riferimento (rif. Binario pari) risultano le seguenti:

- inizio WBS lato Genova: pk 40+794.00
- passaggio fra zona cut & cover e zona con diaframmi: pk 42+400.80
- termine WBS lato Milano: pk 42+778.80

La lunghezza del tratto con scavo in cut & cover risulta pari a 1606.8m, mentre la lunghezza dello scavo fra diaframmi risulta pari a 378.00m.

La sezione interna ha una dimensione pari a 11.0m in larghezza per 8.80m in altezza.

La tratta in esame si inserisce all'interno di un allineamento che si sviluppa nella pianura piemontese con una livelletta di progetto che segue la morfologia del territorio mostrando una pendenza in direzione Milano (per la galleria artificiale in esame di valore leggermente inferiore a 0.50%), ai cui estremi risultano presenti le WBS di approccio alla galleria artificiale:

- TR13, lato Genova, prima della tratta scavata con sistema cut & cover;
- TR14, lato Milano oltre la tratta fra diaframmi.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva	Foglio 6 di 18

Il proseguo del documento illustrerà sinteticamente le caratteristiche delle opere e le modalità realizzative delle stesse.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è eseguito nel rispetto della seguente normativa:

(01) Legge 5/11/1971, n. 1086 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”

(02) D.M. 11/03/1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”

(03) D.M. 09/01/1996 “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”

(04) D.M. 16/01/ 1996 – “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”

(05) Istruzioni F.S. I/SC/PS-OM/2298 “Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo”. Testo aggiornato della istruzione n. I/SC/PS-OM/2298 del 2 giugno 1995 completo delle relative integrazioni emanate dall’ASA SERVIZI DI INGEGNERIA delle F.S. del 13.01.1997

(06) Istruzione F.S. 44b del 14.11.1996 – “Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costituirsi in zona sismica”

(07) ITALFERR SIS. T.A.V. “Sistema Alta velocità- Manuale di progettazione”

(08) S.T.I. direttiva 2008/163/CE – Specifica tecnica di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario trans europeo convenzionale e ad alta velocità

(09) D.M. 09//03/2007 – Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco

(10) D.M. 28//10/2005 – Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie

(11) UNI EN 1992-1-2 – Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2 Regole generali Progettazione strutturale contro l’incendio

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva
	Foglio 7 di 18

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

3.1. Contesto geologico

L'opera oggetto del presente rapporto è situata in un settore di pianura, caratterizzato dalla successione di depositi alluvionali del Bacino di Alessandria (Pleistocene inf- Olocene) che poggiano in discontinuità sulla successione sedimentaria post-messiniana, rappresentata in questo settore dalla Formazione delle argille Azzurre (Zancleano), dalle Sabbie d'Asti l.s. e dal Villafranchiano" *p.p. auct.*

Dal punto di vista geologico l'area d'intervento ricade interamente nell'ambito dei depositi alluvionali del bacino alessandrino ed in particolare nell'unità dei depositi alluvionali recenti (FL3). I depositi alluvionali recenti sono posizionati in aree prossime all'alveo del T. Scrivia e sono delimitati a est dallo stesso corso d'acqua e a ovest dall'orlo di terrazzo di Novi Ligure - Formigaro ad orientazione nord ovest-sud est. Terrazzo alla cui base doveva posizionarsi un paleo-alveo dello Scrivia che dalla zona di Serravalle raggiungeva e attraversava l'attuale centro di Pozzolo e da qui proseguiva verso ovest secondo un tracciato corrispondente all'attuale Rio di Castel Gazzo. Lo spostamento successivo dell'alveo a est di Pozzolo e poi ancora verso est sino al raggiungimento della posizione attuale ha conformato questo tratto di pianura che viene attribuito al fluviale recente. Fluviale recente che si eleva, rispetto all'alveo attuale dello Scrivia, di 20 m nel tratto di monte (zona di Serravalle-Novì) e di 5 metri nel tratto di valle (tra Rivalta Scrivia e Tortona).

Il fluviale recente (FL3) comprende terreni a granulometria grossolana con ghiaie nettamente prevalenti (70-80%) sulle sabbie (10-20%) e sulle parti più fini (limo+argilla) 10-20%.

La litofacies è distribuita su gran parte dell'area di pianura interessata dal tracciato del III Valico. Nel tratto meridionale, a ridosso dell'imbocco nord della Galleria di Serravalle, si evidenziano modesti spessori (circa 4 m) di ghiaie sabbioso-limose che ricoprono la formazione delle Argille Azzurre. Verso nord, in corrispondenza della progressiva 37+500 ca., si osserva un rapido incremento dello spessore dei sedimenti, che passa da 3-4 m a oltre 30 m; tale spessore aumenta ulteriormente verso nord.

3.2. Contesto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, il settore in cui ricade la WBS GA1M è caratterizzato dalla presenza di un acquifero superficiale a falda libera costituito da depositi alluvionali di pianura. Il substrato impermeabile o molto poco permeabile è invece costituito dalle Argille di Lugagnano. I depositi sono di tipo fluviale recente (fl3) e sono costituiti da ghiaie sabbioso-limose con percentuali variabili di matrice fine. All'interno di questi depositi è possibile distinguere tra un orizzonte superiore, maggiormente alterato e poco addensato, ed uno inferiore maggiormente addensato e caratterizzato da un maggior contenuto limoso. L'orizzonte superiore ha spessore variabile: il progressivo ispessimento di questo orizzonte è rilevabile tra la pk 40+794 e la pk 41+490, ove si osserva una variazione di spessore da ca. 3 m a ca. 13 m. Successivamente, esso tende a ridursi gradualmente raggiungendo uno spessore di ca. 5 m tra la pk 42+170 e la pk 42+220, e in seguito

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva
	Foglio 8 di 18

tende nuovamente ad ispessirsi con gradualità raggiungendo un valore di 7 m alla fine della tratta (pk 42+843). Su tutta la lunghezza della tratta al tetto dei depositi è presente un suolo agricolo dello spessore di ca. 1 m che ha scarsa rilevanza ai fini idrogeologici.

Un aspetto di rilievo che caratterizza il settore di realizzazione della Galleria di Pozzolo è che la permeabilità dei terreni è sensibilmente variabile sia in senso orizzontale che in senso verticale. In particolare, i terreni ubicati nell'orizzonte superiore ed inferiore dei depositi alluvionali hanno permeabilità differenti, con il primo orizzonte che presenta valori generalmente superiori al secondo. Un'indicazione sui valori di permeabilità dell'orizzonte superiore dei depositi fl3 deriva dalle prove idrauliche eseguite per il Progetto Definitivo sui pozzi esplorativi eseguiti tra Pozzolo Formigaro e Tortona, Tali prove sono state effettuate in trincee scavate fino ad una profondità di 1.5 m da pc. Le prove realizzate indicano una permeabilità compresa tra 2×10^{-4} m/s e 8×10^{-4} m/s.

Per quanto riguarda il livello inferiore dei depositi fl3, le prove Lefranc eseguite nell'ambito del Progetto Definitivo definiscono un intervallo piuttosto ampio di valori, compresi tra 1×10^{-6} e 1×10^{-3} m/s. Ulteriori indicazioni sulle permeabilità di tali depositi derivano dai test di pompaggio a lunga durata eseguiti nell'ambito del Progetto Definitivo. Una prova su pozzo eseguita alla periferia Sud di Pozzolo Formigaro (ca. 100 m da tracciato ferroviario, in un settore compreso tra la ferrovia Novi Tortona e il Rio Gnavole) ha permesso di definire una permeabilità di 5.0×10^{-5} m/s ed un coefficiente di immagazzinamento di 1.6×10^{-3} . Un'altra prova effettuata nella cava dismessa di Cascina S. Maria (estremità settentrionale della prevista Galleria artificiale di Pozzolo) ha restituito valori di permeabilità compresi tra 2.0×10^{-4} e 3.0×10^{-4} m/s. Un'altra prova eseguita simultaneamente su 4 pozzi a Pozzolo Formigaro ha restituito un valore di 4.0×10^{-6} m/s. Infine, un'ulteriore prova di pompaggio a lunga durata eseguita in periferia Sud di Pozzolo Formigaro (Loc. Cascina Valle) ha restituito valori di 3.3×10^{-6} m/s e 1.1×10^{-5} m/s in regime transitorio e di 2.2×10^{-6} m/s e 9.5×10^{-6} m/s in regime stazionario, con un coefficiente di immagazzinamento di $S = 7.8 \times 10^{-4}$.

Dal punto di vista della rappresentatività dei valori, si rimarca che i risultati ottenuti attraverso le prove di pompaggio sono maggiormente significativi di quelli ottenuti dai test in foro, in quanto le prime permettono di valutare la permeabilità in un intorno esteso attorno al pozzo, mentre le seconde indagano la permeabilità solamente in un intorno localizzato attorno al sondaggio. Pertanto, i test in foro risentono maggiormente di effetti locali (es. eterogeneità locali, disturbi del terreno indotti dalla perforazione). Sulla base di queste considerazioni e dei risultati delle indagini sopra riportate è possibile affermare che la permeabilità di riferimento della tratta di scavo della Galleria artificiale di Pozzolo Formigaro si colloca in un intervallo piuttosto ampio, mediamente compreso tra 2×10^{-6} m/s e 2.0×10^{-4} m/s, con valori che possono essere localmente anche superiori o inferiori. Il coefficiente di immagazzinamento (in questo caso coincidente con la porosità efficace) è mediamente compreso tra 8×10^{-4} e 2×10^{-3} .

3.3. Caratteristiche geotecniche dei materiali nell'area in esame

Nella zona della galleria artificiale in oggetto, in corrispondenza della redazione del progetto definitivo sono stati eseguiti una serie di sondaggi geotecnici a carotaggio continuo, dopodichè nell'area è stata effettuata una campagna integrativa (2005) allo scopo di completare le informazioni geotecniche e geotecniche con un maggiore grado di dettaglio.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva
	Foglio 9 di 18

Le campagne hanno visto la realizzazione di una serie di sondaggi geognostici, prove in sito in corrispondenza degli stessi (SPT e prove Lefranc, principalmente) ed il prelievo di campioni per prove di laboratorio.

Sulla base dei dati disponibili, la situazione stratigrafica del sito può essere così schematizzata:

A partire dal piano campagna locale si può incontrare uno strato superficiale di terreno di riporto/agricolo costituito da limo sabbioso marrone scuro di spessore pari a 1.00-2.00 m circa, localmente inglobante elementi lapidei sparsi (Formazione LS).

Al di sotto della Formazione LS/LA e fino alle massime profondità indagate è presente un deposito di origine alluvionale postglaciale (Olocene) FL3 costituito da ghiaia medio grossa in matrice limo-sabbiosa (Formazione GL) con frazione limosa crescente con la profondità.

Le indagini e le prove di laboratorio a disposizione hanno consentito una suddivisione del comportamento meccanico della formazione presente nell'area secondo:

- una suddivisione in base all'approfondimento;
- sulla base di una localizzazione geografica, che evidenzia come possa essere condotta una discriminante del comportamento fra le zone caratterizzate da uno scavo con sistema cut & cover e la tratta scavata fra diaframmi in c.a.

Le risultanze delle prove SPT (2005) mostrano i seguenti andamenti per le varie zone presenti nell'area.

SI13		SI7		SI9		SI10		SI11		SI12	
prof. [m]	N	prof. [m]	N	prof. [m]	N	prof. [m]	N	prof. [m]	N	prof. [m]	N
7.3	rif.	7.5	rif.	7.5	rif.	7	72	4.8	72	2	56
9	rif.	9	rif.	10	rif.	9	rif.	10.8	rif.	4.5	64
12	rif.	11	rif.	12.5	62	12.5	rif.	12.3	rif.	7.5	76
15	rif.	13	rif.	16	rif.	15	60	15.5	rif.	9	27
18	51	16.4	57	18.5	46	18.5	46	19.7	74	12	45
21	rif.	20	rif.	22	42	22	49	22.5	51	15	8
24	53	24	65	25	79	24.4	56	25	69	19.5	31
27	60	27.2	71	28	rif.	28	82			24	33
		Cut & cover				Scavo fra diaframmi					

Tabella 1. Dettaglio risultanze delle prove SPT in foro nell'area dell'opera GA1M (campagna 2005)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva	
Foglio 10 di 18	

area	sondaggio	campione	z [m]	%G	%S	%L	%A	wn	LL	LP	IP	TD c' [kPa]	φ' [°]
	SI 13	R1	5.5	61.66	22.24	9.14	6.96	9.40%	26	19	7		
		R2	13	51.59	31.92	10.63	5.86	9.49%	26	18	8	8.02	47.98
		R3	18.5	43.75	37.33	11.75	7.17	23.39%	32	22	10	22.26	45.57
		R4	25	52.16	21.1	14.93	12.35	20.65%	32	20	12	15.46	42.98
cut & cover	SI 7	R1	8	58.86	20.391	12.01	8.23	10.80%	27	17	10		
		R2	14.5	70.7	16.6	9.51	3.8	16.20%	32	20	12	4.56	43.15
		R3	20.5	78.71	10.57	7.09	3.63	11.65%	33	20	13	2.94	43.52
		R4	28	52.89	19.94	14.61	12.56	11.27%	33	19	14		
	SI 9	R1	6.5	79.12	14.75	3.68	2.45	5.17%	22	14	8		
		R2	13.5	73.49	22.79	2.5	1.21	7.66%	22	16	6		
		R3	19.5	67.24	14.93	9.56	8.27	14.96%	33	20	13	8.87	41.5
		R4	26	48.33	23.5	14.24	13.93	13.10%	28	17	11		
diaframmi	S10	R1	8	85.23	10.14	2.42	2.22	7.75%	32	19	13		
		R2	16.5	62.29	20.74	10.57	6.4	12.11%	33	20	13	5.74	35.1
		R3	23.5	64.88	17.44	11.51	6.17	13.34%	34	20	14	12.05	37.58
		R4	29	51.21	24.13	14.63	10.04	11.04%	28	17	11		
	S11	R1	5.5	80.92	10.33	3.94	4.81	4.93%	31	17	14		
		R2	12.5	71.37	18.5	6.01	4.12	8.83%	28	18	10	6.97	34.72
		R3	17	71.9	16.45	7.46	4.19	10.24%	30	21	9	6.79	36.6
		R4	26.5	60.93	26.24	7.35	5.48	11.80%	32	20	12		
S12	B	8	74.41	17.26	5.75	2.59	5.79%	20	17	3	4.96	41.1	
	C	17.5	65.6	18.27	10.87	5.26	13.28%	26	19	7	0.9	40.45	

Tabella 2. Dettaglio risultanze delle prove di laboratorio nell'area dell'opera GA1M (campagna 2005)

Di seguito si forniscono i parametri di base per i materiali geotecnici nell'area in esame.

Parametri	Formazione	Formazione
	LS/LA	GL
Peso di volume γ (kN/m ³)	18	19 ÷ 20 (1)
Densità relativa D_r (%)	-	73 ÷ 95
Coesione drenata c' (kPa)	5	-
Angolo di resistenza al taglio operativo ϕ' (°)	26	44-0.1·Z (2) (3)
Velocità delle onde di taglio V_s (m/s)(4)	-	185 + 3.9·z (3)
Modulo di taglio a piccole deformazioni G_0 per materiali granulari (MPa)	-	75 + 3.85·z (3)
Modulo di Young a piccole deformazioni E_0 per materiali granulari (MPa)	-	190 + 10·z (3)

(1) Valori crescenti con la profondità.

(2) Valori decrescenti con la profondità.

(3) Z = Profondità da piano campagna in m.

(4) Valori delle velocità delle onde di taglio ricavate dai dati SPT secondo la correlazione di Ohta e Goto.

Tabella 3. Caratteristiche di base dei materiali geotecnici

Conservativamente, le caratteristiche geotecniche per l'area dello scavo fra diaframmi sono di seguito definite tenendo in maggior conto le risultanze delle analisi di laboratorio.

Nel calcolo delle opere di sostegno tipo paratie, tirantate e non, si adotteranno valori del modulo di deformabilità pari a circa 1/3-1/5 di quelli iniziali a piccole deformazioni. Nel calcolo dei cedimenti della galleria artificiale si adotteranno valori del modulo di deformabilità pari a circa 1/10 di quelli iniziali a piccole deformazioni.

Per quanto sopra, la parametrizzazione dei terreni risulta come di seguito riportato

Parametri	Formazione	Formazione	Formazione	Formazione	Formazione
	LS	GL	GL	GL	GL
Profondità da p.c.	0-2m	2-5	5-9	9-12	>12
Peso di volume γ (kN/m ³)	18	19	19	19	20
Angolo di resistenza al taglio operativo ϕ' (°)	28	35	35	35	36
Modulo di deformabilità operativo E per materiali granulari (MPa), calcolati con riferimento al valore medio di E _o ed un fattore di riduzione pari a 5	20	45	54	62	70
Modulo di deformabilità operativo E per materiali granulari (MPa), calcolati con riferimento al valore medio di E _o ed un fattore di riduzione pari a 10	10	22.5	27	31	35

Tabella 4. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici per la zona della galleria scavata fra diaframmi

Parametri	Formazione	Formazione	Formazione	Formazione	Formazione
	LS	GL	GL	GL	GL
Profondità da p.c.	0-2m	2-5	5-9	9-12	>12
Peso di volume γ (kN/m ³)	18	19	19-20	20	20
Angolo di resistenza al taglio operativo ϕ' (°)	28	40	40	40	40
Modulo di deformabilità operativo E per materiali granulari (MPa), calcolati con riferimento al valore medio di E _o ed un fattore di riduzione pari a 5	20	45	54	62	70
Modulo di deformabilità operativo E per materiali granulari (MPa), calcolati con riferimento al valore medio di E _o ed un fattore di riduzione pari a 10	10	22.5	27	31	35

Tabella 5. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici per la zona della galleria scavata con metodo cut & cover

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva
	Foglio 12 di 18

Il livello di falda rilevato dai piezometri installati nei sondaggi non è uniforme lungo il tracciato della galleria e tende ad approfondirsi in direzione sud-nord. In particolare il livello di soggiacenza massima varia tra – 3.2 m da p.c. intorno alla pk. 40+500 (Sondaggio XA301R068) e – 6.1 m da p.c. a partire dalla pk. 42+100 circa (Sondaggi XA301U072, XA301C073 e XA301R075), mentre il livello di soggiacenza minima varia tra – 4.70 m da p.c. e - 13.30 m da p.c. in corrispondenza delle medesime progressive.

4. GALLERIA ARTIFICIALE NELLA ZONA FRA DIAFRAMMI

Come citato, lo scavo fra diaframmi viene realizzato nella zona nord della galleria artificiale fra le progressive pk 42+400.80 e pk 42+778.80, con una lunghezza di tratta pari a 378.00m.

4.1. Fasi realizzative

La sequenza operativa di realizzazione delle opere prevede:

- la realizzazione di un prescavo di limitata profondità;
- realizzazione delle corree guida per l'esecuzione dei diaframmi;
- realizzazione della della struttura di confinamento delle terre per la lunghezza di progetto (378m) sui due lati:
 - o scavo di un pannello secondario, calaggio dell'armatura ed esecuzione del getto in calcestruzzo;
 - o scavo di un pannello secondario adiacente, calaggio dell'armatura ed esecuzione del getto in calcestruzzo;
 - o scavo del pannello primario fra i secondari, calaggio dell'armatura ed esecuzione del getto in calcestruzzo;
- scavo in sotterraneo sotto la protezione del solettone superiore di copertura;
- in contemporanea con la fase precedente, ripristino della configurazione originario previa posa in opera opere di smaltimento acque ai lati dello scavo;
- giunti al termine della zona di fondo scavo, viene eseguito il getto del solettone di fondo;
- completamento della struttura mediante il getto delle contropareti interne contro i diaframmi, previa posa in opera dell'impermeabilizzazione interna.

Si evidenzia come lo scavo fra avvenga per la sua porzione più profonda in condizioni di presenza d'acqua.

L'oscillazione della falda nella zona risulta elevata in rapporto alle dimensioni dello scavo. La soggiacenza con riferimento ai livelli minimi e massimi 2003 risulta variabile da 6.8m a 14.4m.

Risulta quindi possibile che lo scavo possa avvenire anche in condizioni di assenza di interferenza.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva
	Foglio 13 di 18

In ragione della durata delle lavorazioni alle profondità potenzialmente coinvolte dalla presenza d'acqua, risulta ragionevole ipotizzare che tale condizione possa essere limitata. In ragione, tuttavia, dell'aleatorietà delle condizioni idrauliche e delle tempistiche globali di realizzazione dell'opera, non è possibile fare completo affidamento ad una condizione così favorevole, anche per via delle tempistiche connesse con la maturazione dei getti (non solo, quindi, alle operazioni di scavo che, sotto la protezione del solettone, possono essere molto celeri) viene previsto un sistema di abbattimento della falda nella zona di scavo.

Il sistema prevede l'esecuzione di una serie di pozzi drenanti posizionati esternamente alle paratie, in modo che l'estrazione dell'acqua determini un abbassamento del livello di falda, in particolare nella zona centrale dove si verifica in maniera più importante l'influenza dei pozzi posti lateralmente allo scavo.

Si raccomanda, in ogni caso, l'esecuzione degli scavi a partire dalla zona della TR14, in modo da garantire comunque un trasporto delle eventuali acque ancora presenti per gravità verso le zone tipograficamente a quota più bassa.

4.2. Paratia in diaframmi

La paratia di contenimento delle spinte delle terre è realizzata mediante lo scavo dei pannelli standard di dimensioni 2.50m x 1.0m e 3.50 x 1.0m mediante uno scavo sostenuto da fanghi bentonitici o polimerici.

La lunghezza degli elementi risulta pari a 16.0m e 12.0m.

Il progetto ha previsto lo studio della pannellatura in modo da ottimizzare le geometrie degli elementi: come indicato in precedenza è previsto il pannello standard di larghezza 2.50 ed un pannello allargato di 3.50m.

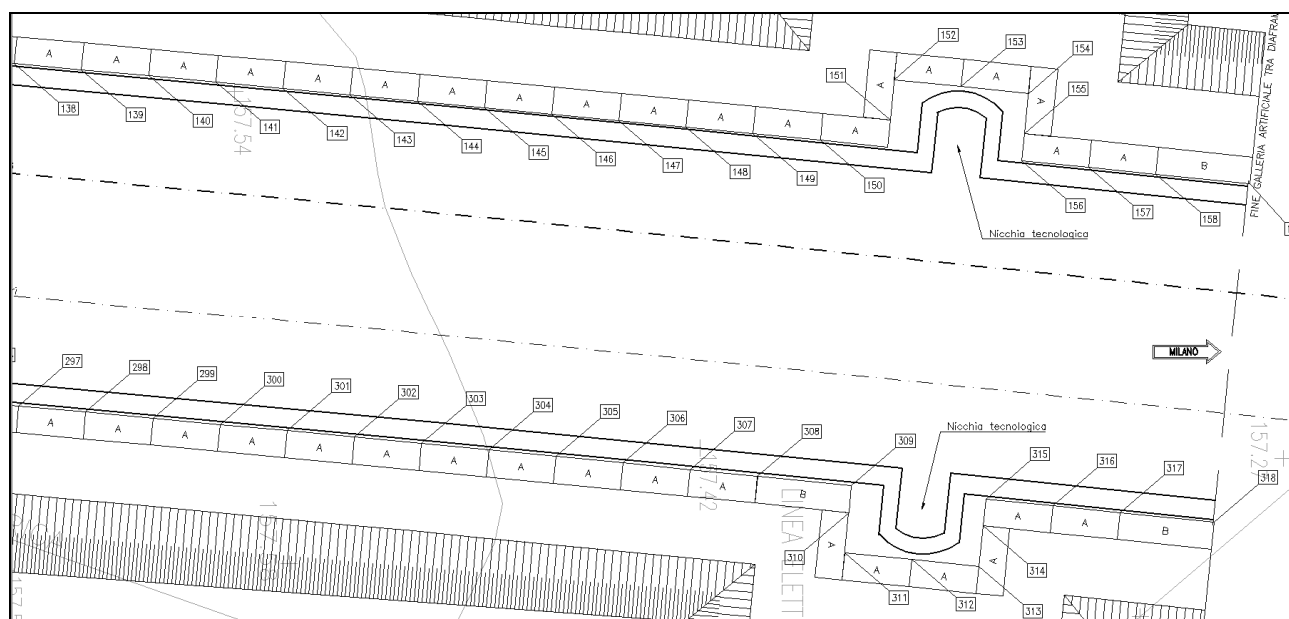


Figura 1. Esempio di pannellatura per la zona scavata fra diaframmi.

I diaframmi sono realizzati in calcestruzzo C25/30, rinforzato con barre d'acciaio B450C.

4.1. Solette e strutture interne

La soletta superiore presenta uno spessore pari a 1.20m, e risulta realizzata in calcestruzzo C32/40, armato con barre d'acciaio B450C.

L'elemento si presenta incastrato alla paratia in sommità.

La soletta inferiore presenta uno spessore pari a 1.00m, e risulta realizzata in calcestruzzo C32/40, armato con barre d'acciaio B450C. Lo schema statico dell'elemento mostra un funzionamento di reazione alla spinta delle terre di tipo assiale (senza trasmissione di momento flettente), mentre si presenta incastrato alla struttura interna di completamento che risulterà opporsi nel lungo termine alla spinta delle acque.

Lo spessore della controparete interna risulta pari a 0.70m, ed è realizzata in calcestruzzo C32/40 armato con barre di acciaio B450C.

La struttura interna ha larghezza pari a 11.0m e altezza 8.80m.

Questo permette di garantire gli spazi atti al passaggio di due treni, i cui assi sono posti ad una distanza di 4.50m, e l'altezza utile della struttura interna dal piano del ferro risulta pari a 7.2m

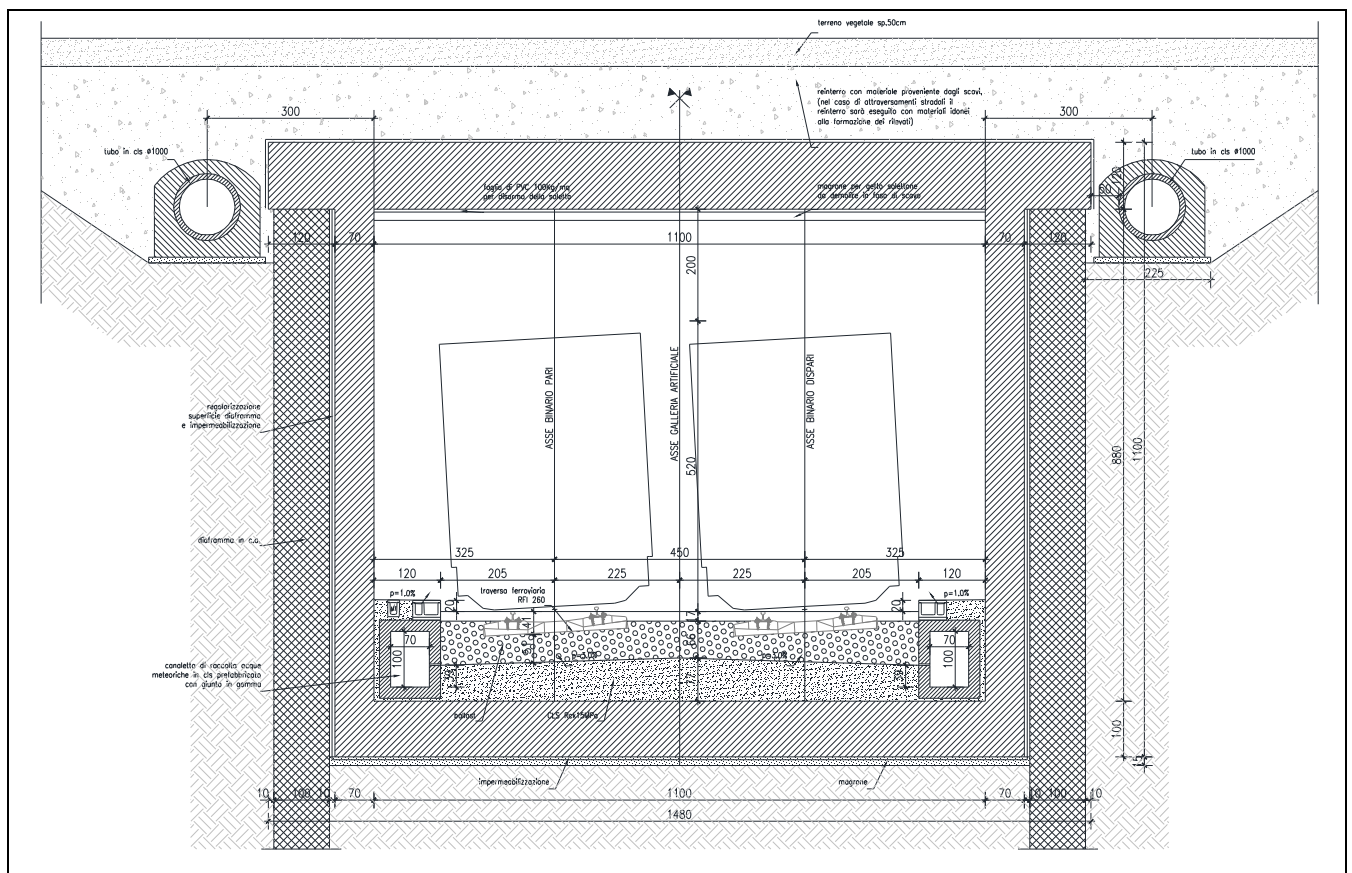


Figura 2. Sezione galleria artificiale nella zona in scavo fra diaframmi

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva
	Foglio 15 di 18

La piattaforma ferroviaria su traverse tipo RFI260 poggia su di uno strato di ballast di spessore minimo 66cm, che a sua volta si poggia su di un magrone con spessore massimo 77cm lungo il quale avviene anche lo scarico a gravità delle eventuali acque di piattaforma verso le canalette di raccolta acqua laterali in calcestruzzo prefabbricato.

L'impermeabilizzazione risulta localizzata al contorno esterno del solettone di fondo e della controparete.

5. GALLERIA ARTIFICIALE NELLA ZONA CON SISTEMA CUT& COVER

L'area in esame risulta localizzata fra le progressive pk 40+794.00 e pk 42+400.80 (rif. binario pari), con una lunghezza della tratta pari a 1606.8m.

In ragione dell'assenza di interferenze potenziali nella zona in esame, è prevista la realizzazione degli scavi mediante uno sbancamento dell'area e la realizzazione della struttura in elevazione, per poi ripristinare la condizione originaria mediante ritombamento della trincea ed il posizionamento delle opere idrauliche localizzate lateralmente alla struttura scatolare.

Lo scavo avverrà per settori successivi, in maniera tale da poter effettuare le deviazioni temporanee ed il successivo ripristino delle viabilità interferite.

5.1. Fasi realizzative

Le fasi realizzative prevedono:

- la realizzazione di un presidio idraulico al contorno esterno degli scavi, in maniera da intercettare le acque meteoriche presenti all'esterno dell'impronta degli scavi ed evitare il loro ingresso nella zona delle lavorazioni;
- scavo per la profondità del terreno di copertura (primo approfondimento);
- scavo secondo le geometrie di progetto sino al livello della falda (secondo approfondimento);
- realizzazione di una primo ordine di trincee drenante atte al drenaggio dell'acqua ad un livello inferiore rispetto al secondo approfondimento degli scavi;

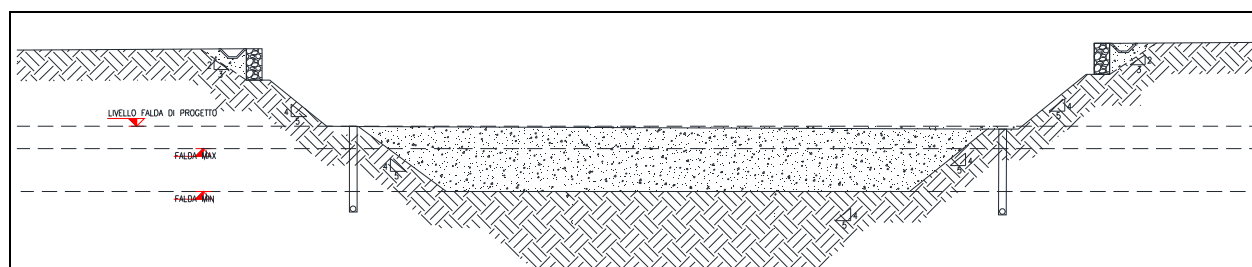


Figura 3. Scavo Con metodo cut & cover Secondo approfondimento e realizzazione primo ordine trincee drenanti

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva</p>	<p>Foglio 16 di 18</p>

- terzo approfondimento degli scavi realizzato previo abbassamento della falda condotto attraverso la trincea drenante precedentemente realizzata;
- realizzazione secondo ordine di trincee drenanti e sistema di pozzi per abbassamento finale della falda;

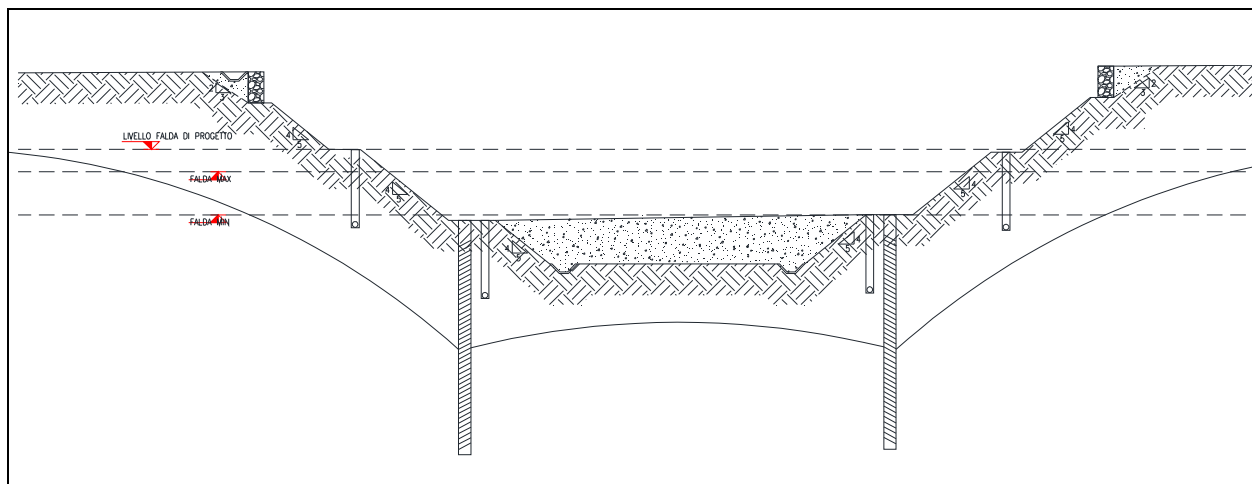


Figura 4. Scavo Con metodo cut & cover Terzo approfondimento e realizzazione secondo ordine trincee drenanti e pozzi emungimento

- sbancamento alla quota di fondo scavo e realizzazione opere di presidio ai bordi delle scarpate per la raccolta delle acque di corrivazione, con realizzazione di un terzo ordine di trincee drenanti.

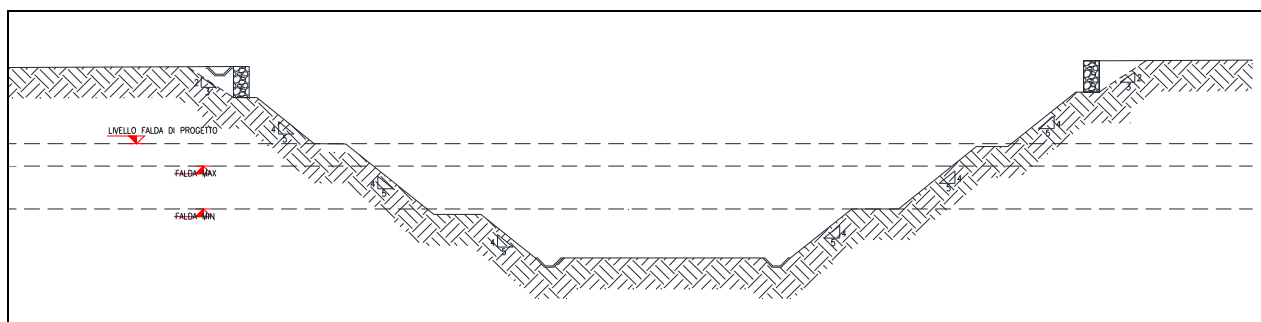


Figura 5. Scavo Con metodo cut & cover Geometria finale degli scavi

Le canalette alla quota del fondo scavo permetteranno la raccolta delle acque meteoriche, e andranno a scaricare per gravità in direzione Milano le acque in una vasca di raccolta e sedimentazione, in cui verranno posizionate le pompe per il rilancio dell'acqua in una zona esterna agli scavi in corrispondenza di appositi recapiti.

- la realizzazione della struttura della galleria artificiale;
- il ritombamento dell'opera e ripristino delle condizioni iniziali dell'area, previa posa delle opere idrauliche localizzate lateralmente allo scatolare.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-002-A00 Relazione tecnico-descrittiva	Foglio 17 di 18

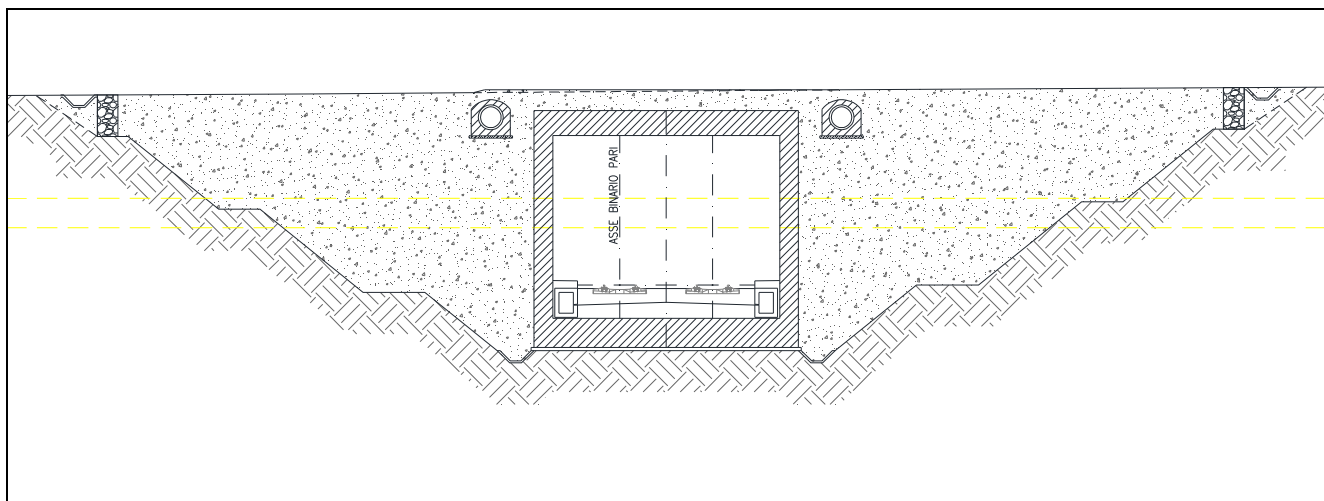


Figura 6. Scavo Con metodo cut & cover Geometria finale dell'opera con ripristino della condizione originaria in superficie

5.2. Struttura definitiva

La struttura definitiva è realizzata in calcestruzzo armato.

La forma geometrica risulta di tipo scatolare, con le seguenti caratteristiche geometriche:

- solettone superiore spessore 1.20m;
- solettone inferiore spessore 1.40m;
- pareti laterali spessore 0.90m.

La struttura è realizzata in calcestruzzo di classe C32/40 armato con marre d'acciaio B450C.

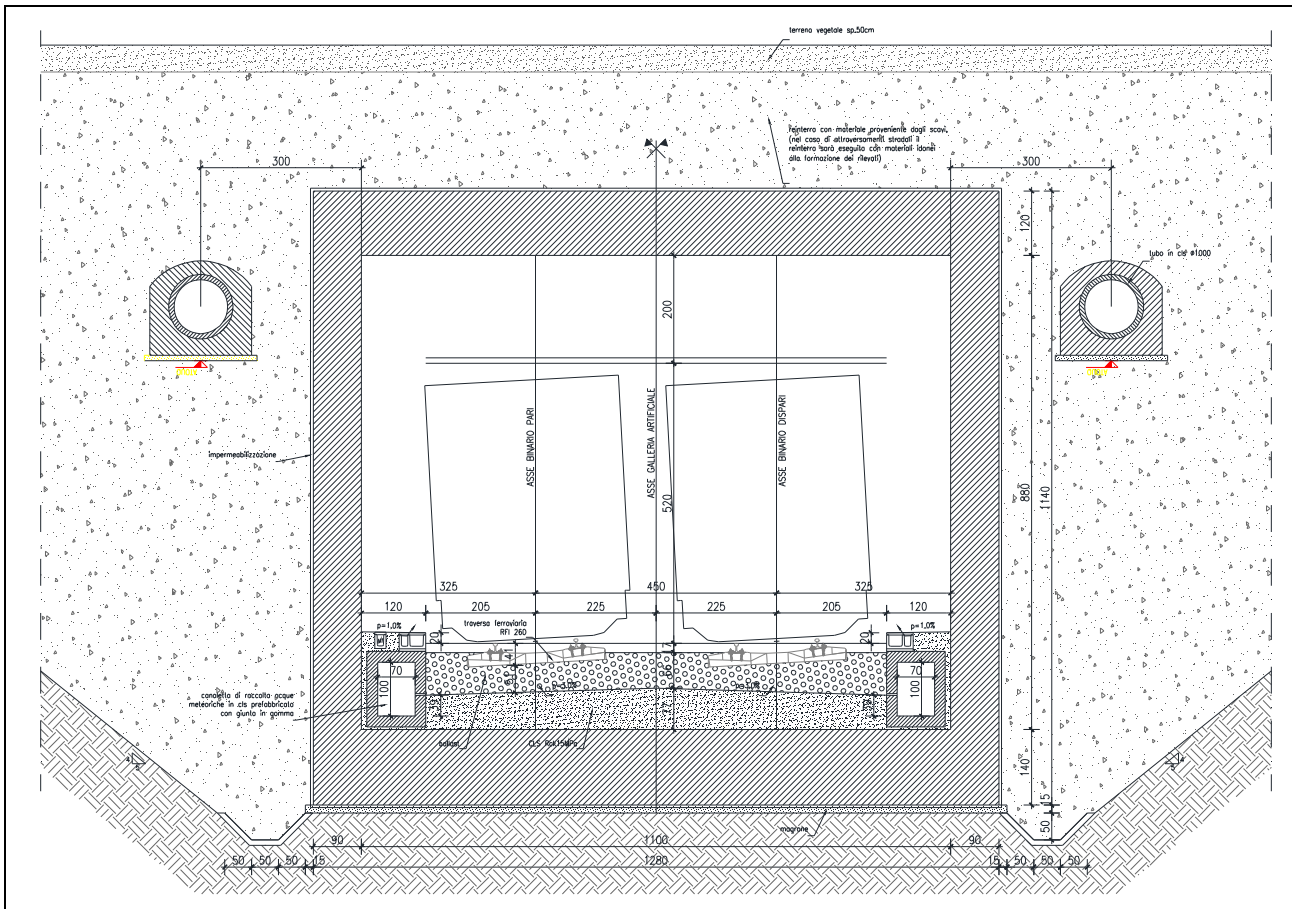


Figura 7. Sezione galleria artificiale nella zona in scavo con sistema cut & cover