

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO / RADDOPPIO CURNO-BERGAMO

VARIANTE CASCINA POLARESCO

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

SCALA:

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

N B 1 R 0 2 Y 2 6 R G O C 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	E. Gasperini	Lug. 2022	A. Maran	Lug. 2022	M. Berlingieri	Lug. 2022	A. Perego Lug. 2022

File: NB1R02Y26RGOC0000001A

n. Elab.:

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	2 di 53

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	6
	2.1 Normativa ferroviaria E Documenti di riferimento	6
	2.2 Normativa stradale di riferimento.....	6
	2.3 Normativa strutturale di riferimento	7
	2.4 Normativa idraulica	9
	2.5 Documentazione di riferimento (OO.CC.).....	11
3	RILIEVI, CARTOGRAFIA E TRACCIATO	12
4	INDAGINI GEOTECNICHE	13
	4.1 Campagna indagini PFTE (fine 2017)	13
	4.2 Campagna indagini PD (fine 2019)	14
	4.3 Modello geotecnico.....	17
	4.3.1 Tratto da 3+450 a 3+700	17
	4.3.2 Tratta da 2+960 a 3+450 e Ponte su Roggia Serio VI05 a 3+335	18
5	IDROLOGIA E IDRAULICA.....	19
	5.1 Compatibilità idraulica	19
	5.2 Idrologia e sostenibilità.....	21
	5.3 Attraversamenti idraulici	22
	5.4 Smaltimento delle acque meteoriche	25
	5.4.1 Sezioni tipo idrauliche.....	26
6	OPERE IDRAULICHE DI ATTRAVERSAMENTO.....	31
7	OPERE D'ARTE.....	34

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	3 di 53

7.1 VI05 - Ponte su Roggia Serio	34
7.1.1 Descrizione generale dell’opera	34
7.1.2 Caratteristiche materiali.....	38
7.2 GA01 – Galleria artificiale percorso ciclopedonale Cascina Polaresco.....	40
7.2.1 Descrizione generale dell’opera	40
7.2.2 Caratteristiche materiali.....	43
7.3 GA02 – Galleria artificiale Cavalcaferrovia Leuceriano	45
7.3.1 Descrizione generale dell’opera	45
7.3.2 Caratteristiche materiali.....	49
7.4 IN10 – NUOVO TOMBINO SCATOLARE DIRAMAZIONE ROGGIA SERIO.....	51
7.4.1 Descrizione generale dell’opera	51

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	4 di 53

1 PREMESSA

Lo scopo della presente relazione, nell’ambito del primo Lotto di interventi del progetto definitivo del raddoppio Ponte San Pietro-Bergamo-Montello, è quello di illustrare la variante al raddoppio in prossimità della Cascina Polaresco, situata nel Comune di Bergamo. Tale variante si è resa necessaria in quanto la Verifica di Interesse Culturale sul Ponte pedonale ad arco ubicato nei pressi della Cascina Polaresco, previsto in demolizione per consentire il raddoppio della linea in stretto affiancamento, ha dato esito positivo e quindi l’opera esistente dev’essere conservata.

Nell’ “Intesa sulle strategie e sulle modalità per lo sviluppo del SFR passeggeri, del trasporto merci e degli standard qualitativi per l’interscambio modale”, sottoscritta tra RFI e Regione Lombardia, è previsto il raddoppio della linea Montello-Bergamo-Ponte S. Pietro, per potenziare i servizi esistenti tra Milano Porta Garibaldi e Bergamo.

Per il raggiungimento di tale obiettivo, RFI ha suddiviso gli interventi in diversi progetti con diversi scenari temporali di realizzazione. Tra questi, i seguenti sono tra i più importanti:

- la realizzazione dell’Apparato Centrale Computerizzato di Bergamo su ferro attuale;
- il raddoppio della tratta Curno – Bergamo e la realizzazione del PRG di Ponte San Pietro;
- la realizzazione del PRG di Bergamo;
- il raddoppio della tratta Bergamo - Montello.

Nel Marzo del 2020 Italferr ha consegnato ad RFI il progetto definitivo di un Primo Lotto di interventi, che prevedono: la realizzazione dell’ACC di Bergamo su ferro attuale; il raddoppio da Bergamo (e) a Curno (i) della linea esistente, con inserimento di un bivio per il passaggio da doppio a singolo binario prima della radice ovest di Bergamo; la soppressione dei passaggi a livello (PL) esistenti sulla linea da Bergamo a Curno, ad eccezione del PL di via Martin Luter King e di via Moroni che saranno a cura di RFI; l’ampliamento della fermata di Bergamo Ospedale, conseguente al raddoppio della linea; la realizzazione della fermata di Curno e la sistemazione del PRG di Ponte S. Pietro.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO/ RADDOPPIO CURNO - BERGAMO RELAZIONE TECNICA OPERE CIVILI					
ELABORATI GENERALI Relazione tecnica opere civili	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA Y26RG	DOCUMENTO OC0000001	REV. A	FOGLIO 5 di 53

L'iter autorizzativo del progetto è stato avviato nel Maggio del 2020, con l'invio da parte di RFI del PD in oggetto a tutti gli Enti coinvolti per il parere di competenza.

Il 24 Marzo 2022 è stato pubblicato il Decreto Ministeriale di Compatibilità Ambientale n.13, con cui veniva espresso giudizio positivo di compatibilità ambientale sul Progetto Definitivo del Raddoppio in argomento, subordinato al rispetto delle condizioni ambientali definite nei pareri della Commissione Tecnica VIA e VAS e del Ministero della Cultura.

In particolare, il parere tecnico-istruttorio espresso dalla Direzione generale ABAP (MIC) nel procedimento di VIA prot. del 28/01/2022, che costituisce appunto parte integrante del decreto di compatibilità ambientale n. 13 del 24/03/2022, riportava la seguente condizione: *“Nel tratto del raddoppio ferroviario che si affianca al complesso immobiliare della Cascina Polaresco nel Comune di Bergamo, sottoposto a tutela ai sensi della Parte II del D.Lgs 42/2004, l'intervento dovrà essere maggiormente dettagliato, in relazione alla presenza di tale bene culturale; in tale ambito il ponte che scavalca la ferrovia al km 3+562 e di cui è prevista la demolizione, dovrà essere sottoposto a Verifica dell'interesse culturale ai sensi dell'art. 12 del D. Lgs 42/2004; in caso di esito positivo, la demolizione del ponte è non ammessa.”*

Il 26 Aprile 2022 il Decreto del presidente della Commissione regionale per il patrimonio culturale della Lombardia riportava l'esito positivo della verifica dell'interesse culturale espletata sul Ponte pedonale ad arco in prossimità della Cascina Polaresco, nel Comune di Bergamo.

Per tale ragione la Soprintendenza Speciale per il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza ha espresso il diniego alla demolizione del suddetto Ponte.

Tutto ciò premesso, RFI con nota prot. RFI-DIN-DINO.MI\A0011\P\2022\0000137 ha chiesto ad Italferr di procedere con la rivisitazione del tracciato ferroviario in prossimità della Cascina Polaresco, in modo da evitare la demolizione del Ponte.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	6 di 53

2 ***NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO***

2.1 **Normativa ferroviaria E Documenti di riferimento**

- RFI DTC SI MA IFS 001 C – Dicembre 2018: Manuale di progettazione delle opere civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili – RFI;
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18/11/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea;
- Committenza RFI: lettera di Approvazione PFTE e osservazioni funzionali agli elaborati del lotto 1 e2 RFI-DCO.SCTNO\A0011\P\2019\0000476 del 12.03.2019; lettera Input funzionali per lo sviluppo del Progetto definitivo della Fase 1 RFI.DCO.SCTNO\A0011\P\2019\0000725 dell’11.04.2019;
- Rilievi celerimetrici eseguiti da Italferr nel 2019 (coordinate gaussiane);
- Progetto di base assoluta di RFI in formato dwg, georeferenziato nelle coordinate del rilievo celerimetrico Italferr;
- TabellinoApprovatoBG-Calolzio.pdf: tabelle del progetto di base assoluta RFI;
- Studio del PRG di Ponte S. Pietro fornito dalla Committenza (PONTE S P-NOVEMBRE 2017-28-11-17.dwg);
- FL 28 Lecco-Brescia (giugno 2015).

2.2 **Normativa stradale di riferimento**

- D.M. 5 novembre 2001 Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade;
- D.M. 22 aprile 2004 Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante 'Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade';
- Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285 Nuovo codice della strada e s.m.i.;
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;
- Decreto 19/04/2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”;
- D.M. Min. LL.PP. 18.02.92 n° 223 Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza;

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	7 di 53

- D.M. 21/06/2004: “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”;
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21/07/2010: “Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”;
- Direttiva Ministero LL.PP. 24.10.2000: “Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l’installazione e la manutenzione”;
- Bozza 21/03/2006 “Norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti”;
- Regione Lombardia – L.R.6 del 1989, n.6;
- Decreto 30/11/1999 n. 557 “Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili”;
- CNR n° 178 15/09/1995: “Catalogo delle pavimentazioni stradali”.

2.3 Normativa strutturale di riferimento

- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica;
- UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206”;
- EN 1991-2:2003/AC:2010 “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: carichi da traffico sui ponti”;
- EN 1992-1 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici”;
- EN 1992-1 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 2: ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”;
- EN 1997-1 “Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1: Regole generali”;

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	8 di 53

- UNI EN 1998-1:2013 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-5:2005 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- Manuale di progettazione delle opere civili RFI parte II – sezione 2 – “Ponti e strutture” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C;
- Manuale di progettazione delle opere civili RFI parte II – sezione 3 – “Corpo stradale” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C.;
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – “Capitolato Generale di Appalto delle Opere Civili”;
- UIC CODE 777-2R “Structures built over railway lines-Construction requirements in the track zone”;
- Norme STI:
 - Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019; Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.;
 - Regolamento (UE) N. 1300/2014/UE Specifiche Tecniche di Interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione europea per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta del 18/11/2014, modificato con il Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/772 della Commissione del 16 maggio 2019;
 - Regolamento (UE) N° 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del sistema ferroviario dell’Unione europea, rettificato dal Regolamento (UE) 2016/912 del 9 giugno 2016 e modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
 - Regolamento UE N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «Energia» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di Esecuzione (UE) 2018/868 del 13 giugno 2018 e dal successivo Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	9 di 53

- Regolamento (UE) N. 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi "controllo-comando e segnalamento" del sistema ferroviario nell'Unione europea modificata con la Rettifica del 15 giugno 2016 e dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/772 DELLA COMMISSISONE del 16 maggio 2019 che modifica il regolamento (UE) n. 1300/2014 per quanto riguarda l'inventario delle attività al fine di individuare le barriere all'accessibilità, fornire informazioni agli utenti e monitorare e valutare i progressi compiuti in materia di accessibilità;
- REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/776 DELLA COMMISSISONE del 16 maggio 2019 che modifica i regolamenti (UE) n. 321/2013, (UE) n. 1299/2014, (UE) n. 1301/2014, (UE) n. 1302/2014, (UE) n. 1303/2014 e (UE) 2016/919 della Commissione e la decisione di esecuzione 2011/665/UE della Commissione per quanto riguarda l'allineamento alla direttiva (UE) 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio e l'attuazione di obiettivi specifici stabili nella decisione delegata (UE) 2017/1471 della Commissione.

2.4 Normativa idraulica

- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D.Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente;
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- PAI - 1. Relazione Generale;
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni;
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. 03/03/2016);

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	10 di 53

- Norme tecniche di attuazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia del 2016;
- L.R. 15 marzo 2016, n. 4; “Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”;
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.2 - Disciplina dell’uso delle acque superficiali e sotterranee, dell’utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell’acqua in attuazione dell’articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26;
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.4 “Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell’articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26;
- DGR 6738 del 19 giugno 2017. “Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione rischi alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7/12/2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell’autorità di bacino del Fiume Po”;
- Regolamento Regionale 19 aprile 2019, n. 8. “Disposizioni sull’applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 “Legge per il governo del territorio”);
- “Linee Generali di Assetto Idraulico e idrogeologico e quadro degli interventi Bacino dell’Adda Sottolacuale” dell’Autorità di bacino del Fiume Po.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	11 di 53

2.5 Documentazione di riferimento (OO.CC.)

WBS	N. Elaborato	Elaborato	Scala	z	CODIFICA DELL'ELABORATO
		INFRASTRUTTURA FERROVIARIA			
		Documenti generali			
	1	Corografia	1:25000	1	NB1R 0 2 Y 26 C3 IF 0 0 0 1 001 A
		ELABORATI GENERALI			
	2	Relazione tecnica opere civili	-	1	NB1R 0 2 Y 26 RG OC 0 0 0 0 001 A
		CORPO STRADALE FERROVIARIO			
	3	Planimetria di progetto Tav. 1/2	1:1000	1	NB1R 0 2 Y 26 P7 CS 0 0 0 0 001 A
	4	Planimetria di progetto Tav. 2/2	1:1000	1	NB1R 0 2 Y 26 P7 CS 0 0 0 0 002 A
	5	Sezioni trasversali Tav. 5/12	1:200	1	NB1R 0 2 D 26 W9 CS 0 0 0 0 005 B
	6	Sezioni trasversali Tav. 6/12	1:200	1	NB1R 0 2 D 26 W9 CS 0 0 0 0 006 B
	7	Sezioni trasversali Tav. 7/12	1:200	1	NB1R 0 2 D 26 W9 CS 0 0 0 0 007 B
	8	Sezioni tipo ferroviarie Tav. 6	1:50	1	NB1R 0 2 D 26 WB CS 0 0 0 0 006 A
		IDRAULICA DI SEDE			
	9	Planimetria di smaltimento acque meteoriche Tav. 4/7	1:1000	1	NB1R 0 2 D 26 P7 ID 0 0 0 2 004 B
	10	Planimetria di smaltimento acque meteoriche Tav. 5/7	1:1000	1	NB1R 0 2 D 26 P7 ID 0 0 0 2 005 B
		OPERE D'ARTE			
VI05		Ponte su Roggia Serio			
	11	Relazione tecnica descrittiva	-	1	NB1R 0 2 D 26 RG VI 0 5 0 0 001 B
	12	Pianta e sezioni	1:50	1	NB1R 0 2 D 26 PB VI 0 5 0 0 001 B
	13	Fasi realizzative	1:200	1	NB1R 0 2 D 26 B9 VI 0 5 0 0 001 B
GA01		Galleria artificiale percorso ciclopeditone cascina Polaresco			
	14	Relazione tecnica descrittiva	-	1	NB1R 0 2 D 26 RG GA 0 1 0 0 001 A
	15	Pianta e sezioni	1:50	1	NB1R 0 2 D 26 PB GA 0 1 0 0 001 A
	16	Pianta scavi ed opere provvisionali	1:100	1	NB1R 0 2 D 26 BA GA 0 1 0 4 001 A
GA02		Galleria artificiale cavalferrovia Leuceriano			
	17	Relazione tecnica descrittiva	-	1	NB1R 0 2 D 26 RG GA 0 2 0 0 001 A
	18	Pianta e sezioni	1:50	1	NB1R 0 2 D 26 PB GA 0 2 0 0 001 A
	19	Pianta scavi ed opere provvisionali Tav. 1/2	1:100	1	NB1R 0 2 D 26 BA GA 0 2 0 4 001 A
	20	Pianta scavi ed opere provvisionali Tav. 2/2	1:100	1	NB1R 0 2 D 26 BA GA 0 2 0 4 002 A
IN10		Nuovo tombino scatolare diramazione roggia Serio			
	21	Planimetria e sezioni	1:200	1	NB1R 0 2 D 26 P9 IN 1 0 0 0 001 A
	22	Pianta scavi	1:100	1	NB1R 0 2 D 26 BA IN 1 0 0 3 001 A
		ELABORATI GENERALI - DOCUMENTI ECONOMICI			
	23	Opere civili - Computo Metrico Estimativo	-	1	NB1R 0 2 Y 26 EP OC 0 0 0 0 001 A
		TOTALI		23	

3 RILIEVI, CARTOGRAFIA E TRACCIATO

Nella presente progettazione è stata utilizzata la base cartografica appositamente predisposta.

È stato inoltre preso a riferimento il rilievo celerimetrico del tratto di linea d'interesse. L'analisi delle interferenze è quindi basata sullo stato di fatto della linea ferroviaria.

L'intervento di raddoppio in variante si estende dal km 3+079.49 al km 3+977.127 per una lunghezza complessiva di 897.64 m e risulta caratterizzato dai seguenti parametri di tracciato:

Velocità tracciato	100 km/h
Raggio planimetrico minimo	1500 m
Raccordo clotoidico minimo	20 m
Sopraelevazione massima	40 mm
Interasse binari standard di raddoppio	4.00 m
Pendenza massima	5.739 ‰
Raggio raccordo verticale minimo	6000 m

4 INDAGINI GEOTECNICHE

Per la determinazione dei dati geotecnici dei terreni finalizzati alla progettazione degli interventi nei siti in oggetto, è stata eseguita una campagna di indagini. Come riportato nella relazione geotecnica generale, l'area oggetto del presente lavoro è stata investigata in prima fase dalla campagna di indagini geognostiche del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica eseguite alla fine del 2017, e successivamente dalla campagna di indagini per il Progetto Definitivo condotta alla fine del 2019. I risultati ottenuti, di seguito riportati, hanno permesso di definire il modello geotecnico dell'area.

4.1 Campagna indagini PFTE (fine 2017)

La campagna di indagini geognostiche del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica è stata condotta da EuroGeo srl per conto di Italferr; nell'ambito dei Lotti 1 e 2 sono stati eseguiti complessivamente N°12 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con profondità comprese tra i 30 e i 50 metri dal piano campagna. Lungo ogni verticale indagata sono state eseguite delle prove in situ (SPT, Pocket Penetrometer e di permeabilità tipo Lefranc) e prelevati campioni di terreno indisturbati e rimaneggiati; successivamente sono stati installati i piezometri Casagrande in N°10 fori di sondaggio. N°2 sondaggi sono stati invece attrezzati con tubazioni in pvc per l'esecuzione di prove Down-hole.

Sempre nell'ambito della medesima indagine sono state eseguite anche delle N°3 prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e N°4 stendimenti geofisici di sismica a rifrazione.

Sui campioni indisturbati, di qualità idonea, sono state eseguite prove di classificazione (limiti di Atterberg e granulometria) e prove di taglio diretto.

Di seguito si riporta l'elenco delle indagini eseguite.

Ubicazione sondaggi				
Sondaggio	X (est)	Y (nord)	Strumentazione	Prof. (m)
PNBGF1F01	1545492.189	5060778.801	Piezometro	30
DHBGF1P02	1545873.292	5060908.715	Downhole	50
PNBGF1V03	1546243.697	5060951.835	Piezometro	30
PNBGF1O04	1546679.427	5060943.812	Piezometro	30

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	14 di 53

Ubicazione sondaggi				
Sondaggio	X (est)	Y (nord)	Strumentazione	Prof. (m)
PNBGF1C05	1546983.065	5060593.755	Piezometro	30
PNBGF1C06	1547167.362	5060216.415	Piezometro	30
PNBGF1C07	1547704.392	5060006.364	Piezometro	30
PNBGF1C08	1548528.158	5059851.656	Piezometro	30
DHBGF1C09	1549119.353	5059727.744	Downhole	30
PNBGF1010	1550137.228	5059551.404	Piezometro	30
PNBGF1011	1554199.039	5059671.290	Piezometro	30
PNBGF1012	1559804.660	5059137.839	Piezometro	30

Tabella 4-1 – Sondaggi e prove in sito della campagna di indagini del PFTE 2017

4.2 Campagna indagini PD (fine 2019)

La campagna di indagini geognostiche del Progetto Definitivo è stata condotta da Vicenzetto per conto di Italferr e nel dettaglio ha compreso quanto segue:

Indagini in sito:

- N° 19 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a profondità variabile tra i 30 e i 40 metri;
- N°33 prove di permeabilità di tipo Lefranc;
- installazione in N°12 fori di sondaggio di piezometri Casagrande;
- N°194 prove penetrometriche in foro tipo SPT nei 18 fori di sondaggio (punta aperta con prelievo di campioni rimaneggiati);
- N°3 prove penetrometriche sismiche con punta piezoconica (SCPTU) spinte sino a profondità massima di 6 m.
- prove con Pocket penetrometers e Torvane;
- N°15 Rilievi Tomografici Elettrici in acquisizione 3D, denominati con sigla E3D_xxxx;
- N°10 Rilievi Tomografici Elettrici in acquisizione 2D, denominati con sigla E2D_xxxx;
- N°16 stendimenti sismici con acquisizione prove di tipo Re.Mi. / MASW, denominate con sigla da M1 a M16 finalizzate alla determinazione del parametro Vs;

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	15 di 53

- N°2 Prove Down-Hole in foro, denominate DH-1 e DH-2 per la definizione dei profili di velocità, eseguite nei rispettivi fori di sondaggio L1-S14 e L1-S16;
- N°2 prospezioni sismiche a rifrazione con registrazione in onde P e S.

Prove di laboratorio:

- prelievo di n. 9 campioni indisturbati durante la perforazione, con l'esecuzione di:
 - descrizione e prove di classificazione;
 - N°2 prove di taglio diretto (TD);
 - N°2 prove edometriche (EDO);
 - N°1 prova di compressione triassiale consolidata non drenata (TXCIU);
- prelievo di n. 114 campioni rimaneggiati da cassetta catalogatrice e da SPT con l'esecuzione di:
 - descrizione e prove di classificazione;

Di seguito si riporta l'elenco dei sondaggi e delle indagini eseguite.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	16 di 53

SONDAGGIO	RIF.	GAUSS-BOAGA FUSO O (EPSG 3003)			PROF. (m)
		EST	NORD	QUOTA GEODETICA (m s.m.)	
S1	Piano campagna	1561137.436	5058755.335	232.205	35
	Testa Pozzo			231.818	
S1bis	Piano campagna	1562642.468	5058087.093	225.370	35
	Testa Pozzo			225.298	
S2	Piano campagna	1559860.431	5059109.192	240.353	30
	Testa Pozzo			240.217	
S3	Piano campagna	1553260.581	5060011.499	248.794	35
	Testa Pozzo			248.793	
S4	Piano campagna	1552227.230	5059681.054	239.639	30
	Testa Pozzo			239.488	
S5	Piano campagna	1552049.949	5059599.612	239.385	30
	Testa Pozzo			239.378	
S6	Piano campagna	1551634.280	5059484.452	238.072	30
	Testa Pozzo			237.980	
S7	Piano campagna	1551462.272	5059340.045	236.501	30

SONDAGGIO	RIF.	GAUSS-BOAGA FUSO O (EPSG 3003)			PROF. (m)
		EST	NORD	QUOTA GEODETICA (m s.m.)	
S8	Testa Pozzo	1551259.555	5059343.955	236.394	32
	Piano campagna			239.636	
S9	Testa Pozzo	1550706.368	5059476.557	239.532	30
	Piano campagna			230.991	
S10	Testa Pozzo	1549397.838	5059674.250	230.933	35
	Piano campagna			233.635	
S11	Testa Pozzo	1547649.810	5059999.072	233.363	31.4
	Piano campagna			242.878	
S12	Testa Pozzo	1547197.688	5060188.461	242.760	35
	Piano campagna			244.084	
S13	Testa Pozzo	1546883.169	5060820.395	244.291	30
	Piano campagna			237.949	
S14	Testa Pozzo	1546299.006	5060958.415	237.954	40
	Piano campagna			220.808	
S15	Testa Pozzo	1546165.531	5060942.113	221.358	30
	Piano campagna			227.270	
S16	Testa Pozzo	1545877.733	5060897.789	227.233	30
	Piano campagna			226.170	
S17	Testa Pozzo	1545763.577	5060878.908	226.132	40
	Piano campagna			230.858	
				230.900	

Tabella 4-2 – Sondaggi e prove in sito della campagna di indagini del PD 2019

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	17 di 53

4.3 Modello geotecnico

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e della caratterizzazione fisico-meccanico dei terreni compresi nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa dello specifico problema geotecnico.

La definizione del modello geotecnico del volume di terreno tecnicamente significativo è stata eseguita sulla base dell'interpretazione e dell'elaborazione dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche effettuate in sito nonché delle risultanze (e suoi postprocessamenti) delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati. L'intero set di dati ha permesso di configurare un quadro di conoscenze sufficiente per la definizione dell'assetto litostratigrafico e geotecnico dei termini litologici di interesse per la presente fase progettuale delle opere in oggetto.

Nel tratto si riportano le tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per le opere in esame ed i parametri geotecnici di calcolo.

4.3.1 Tratto da 3+450 a 3+700

Con riferimento alla relazione geotecnica generale le indagini di riferimento sono: DHBGF1C09 (tratto iniziale). La falda si ipotizza ad una profondità media di 9 metri da p.c.

Strato	Profondità media	Profondità media	Descrizione	
	Da [m da p.c.]	A [m da p.c.]		
Ug2	0	2	S(L), L(S)	Sabbia limosa e limo sabbioso
A M	2	-	ARE,MAR	Arenarie/Mame alternanze

Strato	Parametri di resistenza					Parametri di deformabilità					
	γ_n	K_0	φ'	c'	c_u	G_0	E_0	E_{op1}	E_{op2}	ν'	k_v (*)
	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]
Ug2	19.5	0.56	26	0	30	22	55	4	6	0.25	1.00E-06
A M	20	0.35	40	0	250	300	750	100	200	0.20	1.00E-09

Note:

- Gli intervalli, dove presenti, fanno riferimento a valori crescenti con la profondità.
- (*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 k_v$, per tutti i materiali tranne Ug1 per cui adottare $k_h = k_v$.
- I moduli E_{op1} ed E_{op2} sono da adottarsi rispettivamente E_{op1} per problemi di "primo carico" (esempio fondazioni dirette, profonde e rilevati) ed E_{op2} per problemi di scarico e/o di scarico-ricarico (esempio: fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non).

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	18 di 53

4.3.2 Tratta da 2+960 a 3+450 e Ponte su Roggia Serio VI05 a 3+335

Con riferimento alla relazione geotecnica generale le indagini di riferimento sono: LS-S10. La falda si ipotizza ad una profondità media di 9 metri da p.c.

Strato	Profondità media	Profondità media	Descrizione
	Da [m da p.c.]	A [m da p.c.]	
Ug2	0	2	S(L), L(S) Sabbia limosa e limo sabbioso
Ug3b	2	30	A(S), A,S Argilla sabbiosa e argilla con sabbia

Strato	Parametri di resistenza					Parametri di deformabilità					
	γ_n	K_0	φ'	c'	c_u	G_0	E_0	E_{op1}	E_{op2}	ν'	$k_v^{(*)}$
	[kN/m ³]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[m/s]
Ug2	19.5	0.56	26	0	30	22	55	4	6	0.25	1.00E-06
Ug3b	19	0.60	24	0	50 - 200	50 - 160	125 - 400	10 - 35	17 - 30	0.25	1.00E-10

Note:

- Gli intervalli, dove presenti, fanno riferimento a valori crescenti con la profondità.
- (*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 k_v$, per tutti i materiali tranne Ug1 per cui adottare $k_h = k_v$.
- I moduli E_{op1} ed E_{op2} sono da adottarsi rispettivamente E_{op1} per problemi di "primo carico" (esempio fondazioni dirette, profonde e rilevati) ed E_{op2} per problemi di scarico e/o di scarico-ricarico (esempio: fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non).

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO/ RADDOPPIO CURNO - BERGAMO RELAZIONE TECNICA OPERE CIVILI					
ELABORATI GENERALI Relazione tecnica opere civili	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA Y26RG	DOCUMENTO OC0000001	REV. A	FOGLIO 19 di 53

5 IDROLOGIA E IDRAULICA

5.1 Compatibilità idraulica

Dall'analisi della normativa vigente in materia di aree di esondazione si evidenzia che l'area interessata dalla realizzazione delle opere di progetto non ricade nelle fasce fluviali di esondazione ai sensi del PAI, mentre interessa in alcuni punti aree a pericolosità di alluvioni elevata, con tempo di ritorno dell'evento di precipitazione di 20/50 anni, in particolare:

- nel comune di Curno (km 5+169) la Roggia Curna attraversa la ferrovia nei pressi del passaggio a livello di via Roma; ad essa è associata un'area a pericolosità di alluvioni elevata (H), con tempo di ritorno dell'evento di precipitazione di 20/50 anni;
- nel comune di Bergamo (abitato Longuelo), km 3+260, la stessa area di pericolosità della Roggia Curna interseca la ferrovia verso est seguendo la Roggia Serio. Analizzando le recenti memorie dell'abitato di Longuelo, si evince che è una zona soggetta ad allagamenti, favoriti dalla pendenza del territorio e dalla crescente urbanizzazione che ha interessato l'area. Le aree allagabili ricadono nel reticolo secondario di pianura (RSP) nello scenario frequente (H), tempo di ritorno 20 – 50 anni.

Queste aree sono state adeguatamente studiate dagli enti locali e, attraverso la realizzazione di vasche di laminazione e risezionamenti ad opera di altri enti, sarà ripristinata la protezione dei centri urbani e quindi l'eliminazione della perimetrazione di tali aree come idraulicamente pericolose.

Gli interventi in progetto sono, inoltre, classificabili come interventi di interesse pubblico, si rimanda quindi alle indicazioni fornite dall'art. 38 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Po.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	20 di 53

Art. 38. Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modificano i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.
2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.

Rimandando alle relative relazioni specialistiche, si può affermare che l'intervento in oggetto non costituisce significativo ostacolo al deflusso, non comporta una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso e non concorre ad incrementare le condizioni di rischio, né in loco né in aree limitrofe. Inoltre, l'intervento in essere:

- ✓ non pregiudica la possibilità di sistemazione idraulica definitiva dell'area;
- ✓ non produce effetti negativi nei sistemi geologico ed idrogeologico, assicurando l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti;
- ✓ garantisce il mantenimento della funzionalità ed operatività proprie della struttura in casi di evento alluvionale;
- ✓ assicura il mantenimento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area e la sicurezza delle opere di difesa esistenti;
- ✓ non producendo effetti né in termini di modifica di deflussi idrici, né in termini di squilibrio degli attuali bilanci della risorsa idrica (prelievi e scarichi).

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	21 di 53

A valle dell'analisi riportata è possibile affermare che le nuove opere in progetto risultano idraulicamente compatibili con le norme che disciplinano gli interventi ricadenti in aree interessate da inondazioni secondo gli strumenti normativi.

5.2 Idrologia e sostenibilità

Alla base dell'analisi idrologica applicata, in un'ottica di massimizzazione della sostenibilità ambientale e di resilienza ai cambiamenti climatici, si è applicato il confronto tra diverse curve di possibilità climatica tra i quali quelle implementate dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e quelle curve del progetto STRADA della Regione Lombardia. Una volta individuati questi strumenti di pianificazione sono state analizzate le celle sulle quali ricadono la linea e gli interventi di nuove viabilità.

Sono state confrontate le celle idrologicamente uniformi, trovando quelle massime per PAI e STRADA. Tali massimi sono stati paragonati ed è emerso che le curve del progetto STRADA sono idraulicamente le più gravose, per tutti i tempi di ritorno indagati.

Come ulteriore strumento di controllo, al fine di avvalorare la scelta, sono state recuperate le curve di possibilità climatica del PTCP della provincia di Bergamo, derivanti da un'elaborazione secondo Gumbel delle registrazioni al pluviometro di Bergamo.

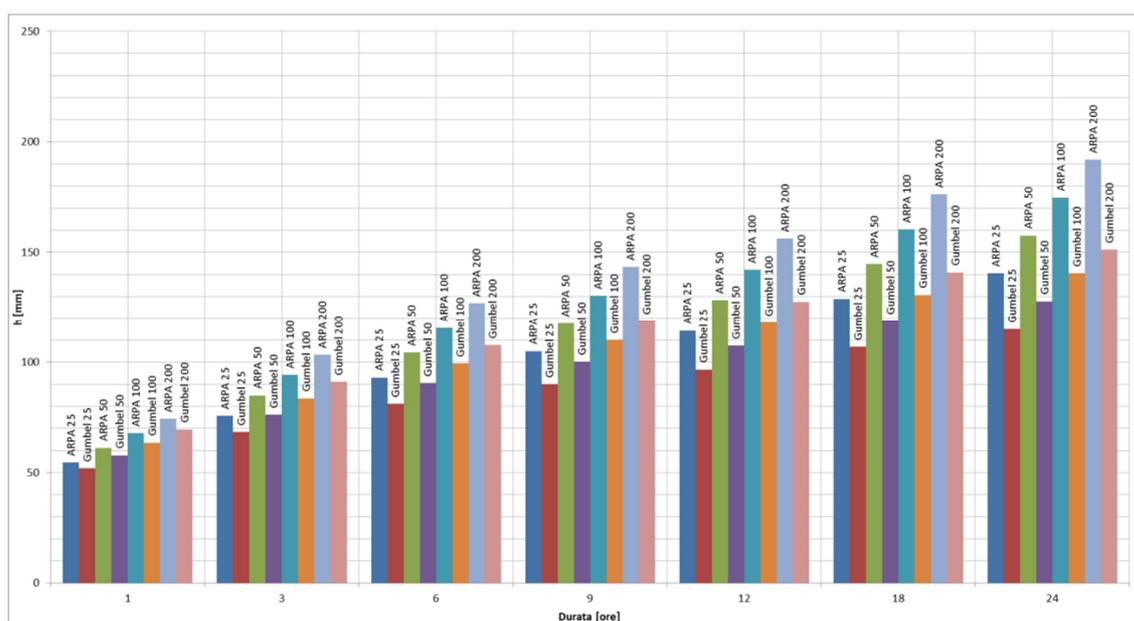


Figura 5.1 - Confronto curve massime Arpa e dati elaborati con Gumbel

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	22 di 53

Il raffronto, come da figura precedente, conferma la scelta effettuata e dimostra che per durate inferiori a circa 45 minuti le curve del progetto STRADA restituiscono altezze di pioggia maggiori per tutti i tempi di ritorno analizzati. Il progetto ha quindi fatto riferimento a questi parametri idrologici.

5.3 Attraversamenti idraulici

Lungo la tratta oggetto di tale studio, il tracciato della linea ferroviaria interseca i tratti terminali di una serie di torrenti, rii, fossi e canali irrigui.

Il progetto prevede la realizzazione del binario di raddoppio a 4.00 m dal binario esistente, in sinistra o in destra a seconda delle necessità funzionali e delle condizioni al contorno, il che implica il più delle volte la necessità di prolungare le opere di attraversamento idraulico esistente. Nel Progetto Definitivo in oggetto, vista l'interruzione della linea ferroviaria durante le lavorazioni e considerando la vetusta età delle opere esistenti, si è optato per il rifacimento completo delle opere; tale impostazione permette di evitare giunzioni di opere che presentano sezioni o materiali differenti, andamenti planimetrici non rettilinei o disallineamenti altimetrici del fondo rispetto alla pendenza naturale del corso d'acqua e garantisce il rispetto di tutte le nuove normative in vigore.

Lo scopo di questa relazione, nell'ambito del primo Lotto di interventi del progetto definitivo del raddoppio Ponte San Pietro-Bergamo-Montello, è quello di illustrare la variante al raddoppio in prossimità della Cascina Polaresco, situata nel Comune di Bergamo. Tale variante si è resa necessaria in quanto la Verifica di Interesse Culturale sul Ponte pedonale ad arco ubicato nei pressi della Cascina Polaresco, previsto in demolizione per consentire il raddoppio della linea in stretto affiancamento, ha dato esito positivo e quindi l'opera esistente dev'essere conservata.

Per tale motivo a partire dalle progressiva di progetto 3+100 il binario pari si allontana verso sud in modo da evitare il ponte ad arco per poi riportarsi parallelamente al binario dispari alla progressiva di progetto 3+950.

Distanziando i due binari gli attraversamenti idraulici interferenti dovranno essere rivisti in termini di lunghezze in particolar modo per i tombini IN10 e IN08. Anche il viadotto VI05 subirà una traslazione planimetrica rispetto alla precedente revisione progettuale. Infine anche i fornici di trasparenza idraulica dovranno essere allungati in particolar modo i seguenti manufatti: IN62 IN63 IN64 IN65.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	23 di 53

Sulla base delle risultanze dello studio idrologico ed i risultati delle verifiche idrauliche riportate nelle relative relazioni specialistiche, sono stati definite tipologia e dimensione delle opere di attraversamento dei corsi d'acqua.

Nell'ambito del presente progetto, in particolare, non sono stati riscontrati attraversamenti con bacini superiori a 10 km²; in seguito, quindi, ci si riferirà solamente agli attraversamenti secondari.

WBS	TIPOLOGIA SCATOLARE/CIRCOLARE	N CANNE -	LARGHEZZAxALTEZZA	DIAMETRO
			ATTRAVERSAMENTO	m
IN02	CIRCOLARE	1		1.50
IN03	NESSUN INTERVENTO			
IN04	SCATOLARE	2	2.00x1.50	
IN05	CIRCOLARE	1		1.50
IN07	SCATOLARE	1	1.50x1.20	
IN08	SCATOLARE	1	2.00x1.20	
VI05	PONTE			
IN10	SCATOLARE	1	4.00x2.00	
IN11	NESSUN INTERVENTO			
IN12	NESSUN INTERVENTO			

Tabella 5-1 - Identificazione degli attraversamenti secondari

L'orografia della zona impone, inoltre, la necessità di garantire lo scarico delle acque dei versanti da nord verso sud. La linea ferroviaria, infatti, funge da barriera al deflusso naturale delle acque. Già allo stato attuale la linea presenta numerosi attraversamenti di trasparenza, che si decide di mantenere e, in caso se ne ravveda la necessità, di aumentare in numero.

Di seguito si riporta una tabella contenente i fornicci di trasparenza in progetto.

WBS	PROGRESSIVA	Progetto	DIAMETRO	NUMERO CANNE
	km		m	
IN51	2+919,940	CIRCOLARE	1.50	1.00
IN52	2+461,804	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN53	2+691,974	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN54	2+729,743	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN55	2+783,11	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN56	2+815,612	CIRCOLARE	1.00	2.00
IN57	2+854,095	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN58	2+889,497	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN59	2+992,77	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN60	3+035,916	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN61	3+060,579	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN62	3+099,888	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN63	3+179,443	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN64	3+876,943	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN65	3+952,955	CIRCOLARE	1.00	1.00
IN66	3+976,301	CIRCOLARE	1.20	1.00
IN67	4+042,159	CIRCOLARE	1.20	1.00
IN68	4+109,336	CIRCOLARE	1.00	1.00

Tabella 5-2 – Fornici di trasparenza

Nell'intervento in esame tutti gli attraversamenti idraulici verranno realizzati in assenza di circolazione ferroviaria, pertanto l'esecuzione avverrà in sede mediante scavo a cielo aperto e getto in opera. Il rilevato ferroviario verrà poi ricostituito realizzando le zone di transizione ai lati del manufatto, secondo le modalità previste dal Manuale di Progettazione RFI del Corpo stradale.

Tutti gli attraversamenti di trasparenza verranno realizzati in asse al manufatto esistente, non sussistendo problemi di fasizzazione; per gli attraversamenti secondari, invece, occorre distinguere tra attraversamenti realizzati in deviazione e in asse.

Per i primi non si evidenziano problematiche che possano influenzare la realizzazione dell'opera, mentre nei casi di attraversamenti in asse con le opere esistenti è necessario innanzitutto prevedere le lavorazioni nel periodo in cui l'ente proprietario effettuerà la chiusura per manutenzione dei canali (gennaio/febbraio). Inoltre, dato che tutti i canali consortili sono anche canali di scolo fognario, è necessario prevedere delle fasi di realizzazione. In particolare, si prevede l'utilizzo di tubi di grandi dimensioni per garantire la continuità idraulica durante la realizzazione dell'opera; in alcuni casi tali tubi diventeranno definitivi fungendo da cassetta durante la realizzazione (IN02); in altri casi

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	25 di 53

avranno esclusivamente una funzione provvisoria (IN04).

Caso a parte per l’attraversamento idraulico IN10 per il quale si prevede di riposizionare l’opera in modo da ottimizzare il raccordo con il canale a valle della ferrovia. Nelle fasi di realizzazione sarà mantenuto l’attuale percorso di scolo fino al completamento della nuova opera. In questo modo la continuità idraulica verrà rispettata. Si riporta di seguito la planimetria di progetto del nuovo attraversamento idraulico IN10.

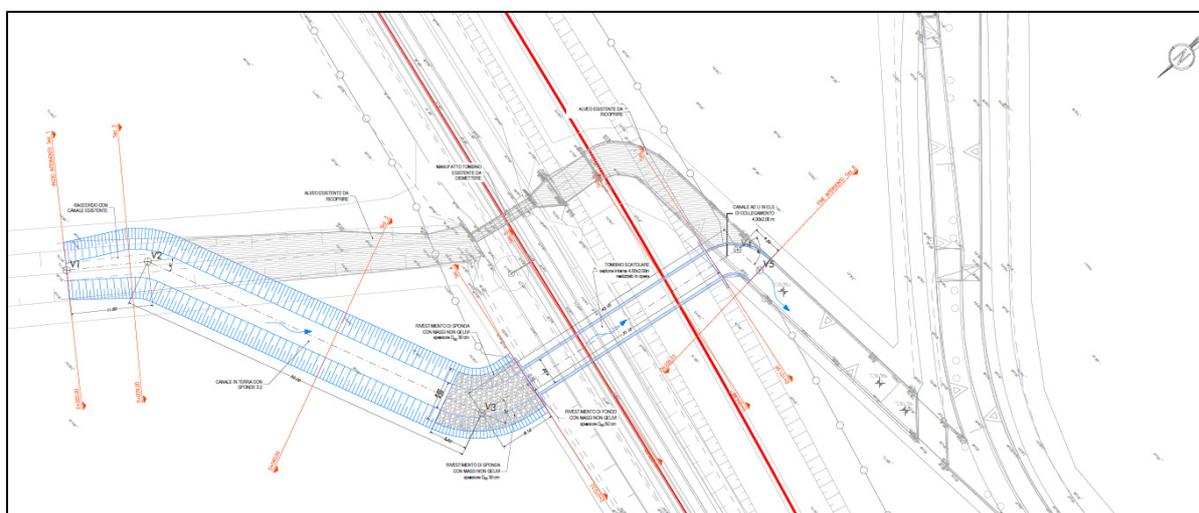


Figura 5.2 – Nuovo attraversamento idraulico IN10

5.4 Smaltimento delle acque meteoriche

Il progetto di smaltimento idraulico della linea ferroviaria prevede la raccolta, il collettamento, l’accumulo e il recapito delle acque meteoriche afferenti la piattaforma ferroviaria e le banchine di stazione.

A seconda della sezione tipologica ferroviaria è previsto l’utilizzo di specifici elementi idraulici; si possono perciò individuare delle metodologie di drenaggio, ovvero canalette, fossi in terra o rivestiti in calcestruzzo, collettori di attraversamento della sede ferroviaria, trincee drenanti e aree di laminazione e dispersione.

Il regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12”, aggiornato con modifiche e integrazioni n.7/2018 e n.8/2019, limita la portata di acqua da poter scaricare all’interno dei ricettori finali; per far fronte a tale normativa nel progetto è previsto l’utilizzo di vari sistemi in funzione dello spazio e della permeabilità del suolo. Questi sistemi possono essere raggruppati nelle seguenti tipologie:

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	26 di 53

- Sistemi a dispersione e laminazione: Puntuali (aree di laminazione) e lineari (trincee drenanti o fossi in terra);
- Sistemi di laminazione (canalette rivestite).

In particolare, per rispettare i limiti imposti allo scarico dalle normative vigenti, in pubblica fognatura o su corpi idrici superficiali, ci si è avvalsi di manufatti di regolazione nei tratti terminali. Per garantire l'invaso idrico nei sistemi di laminazione sono stati impiegati manufatti denominati a quinte, per sostenere il livello dell'acqua all'interno delle linee di raccolta.

5.4.1 Sezioni tipo idrauliche

Nei tratti in cui la piattaforma ferroviaria si trova in rilevato rispetto al piano campagna si prevede la posa di embrici in cls per assicurare lo scarico delle acque meteoriche nei fossi di guardia di forma trapezoidale, previsti al piede del rilevato, rivestiti in cls per una lunghezza di 3 m, in corrispondenza dello scarico dell'embrice.

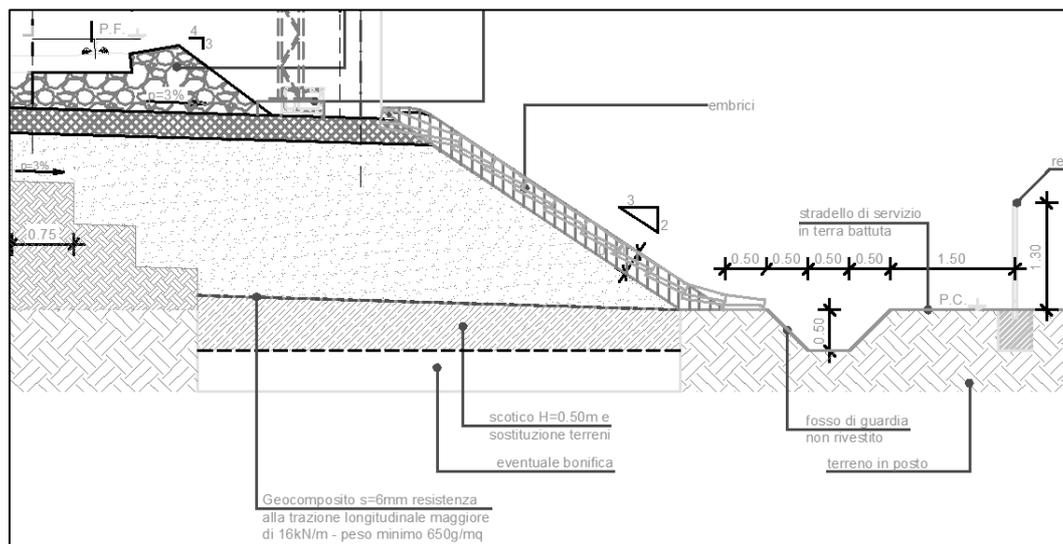


Figura 5.3 – Sezione in rilevato con embrici

In alcuni casi per garantire la stabilità del rilevato è necessario prevedere un bauletto in ghiaia intorno al fosso disperdente.

Nel caso di barriera antirumore collocata in corrispondenza del binario di progetto, si prevede lo scarico puntuale con embrici, ad interasse variabile. Gli embrici sono alimentati da una canaletta ad “L” prefabbricata posta al piede della barriera, la quale raccoglie le acque di piattaforma ferroviaria, defluente dai fori prefabbricati ad interasse di 3 m. Il recapito del sistema è il fosso di guardia posto ai piedi del rilevato.

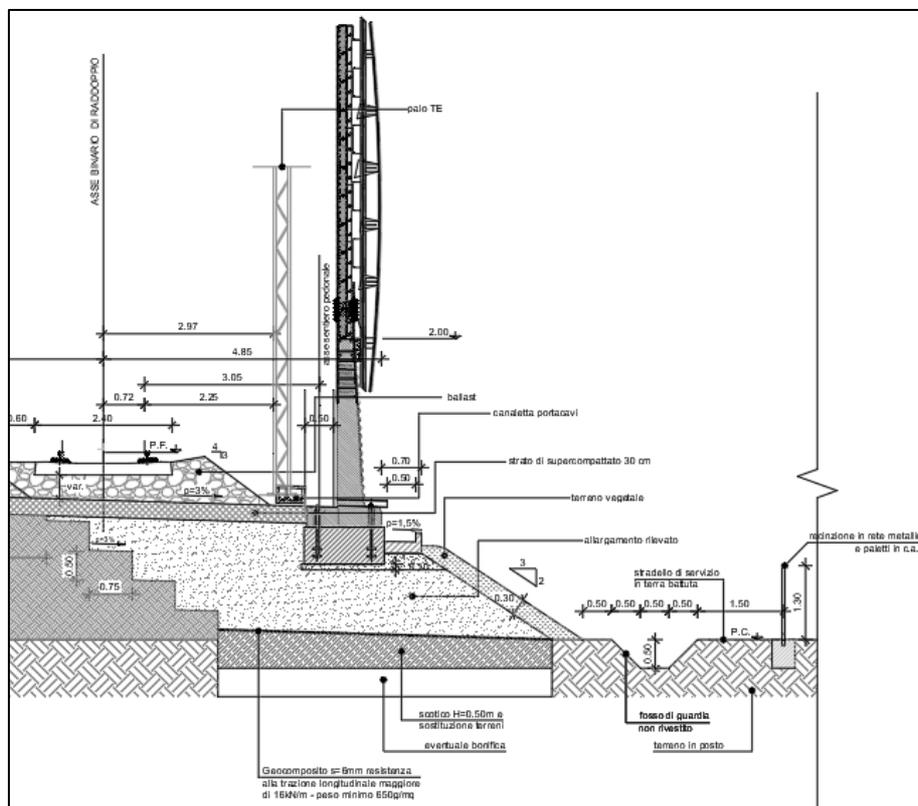


Figura 5.4 – Gestione delle acque in presenza di barriera antirumore

In corrispondenza di tratti in trincea, la sezione tipologica prevede l’inserimento della canaletta idraulica esterna alla piattaforma ferroviaria. Queste casistiche si verificano agli imbocchi e sbocchi delle gallerie GA01 e GA02 e tra le progressive di progetto 3+350 e 3+550

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	28 di 53

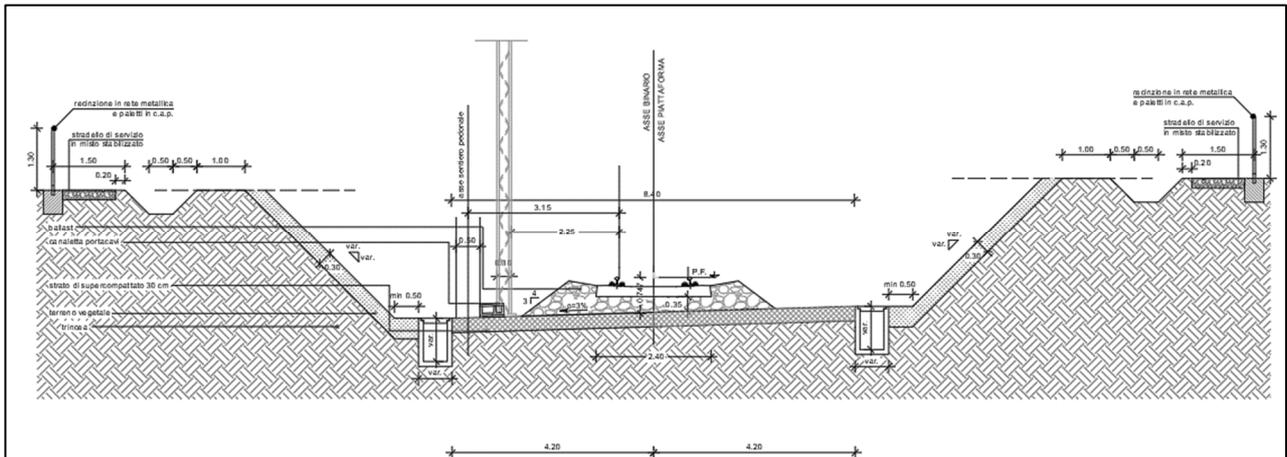


Figura 5.5 – Gestione delle acque in caso di sezione in trincea

Per quanto riguarda le aree in corrispondenza delle gallerie GA01, GA02 e l'area tra le due gallerie, il sistema di drenaggio di progetto recapita le acque in una tubazione posta all'interno di camerette in calcestruzzo armato poste ai lati della ferrovia con funzione sia di cameretta di smaltimento sia di marciapiede.

La condotta ha sia funzione di recettore delle acque di piattaforma sia funzione di trasporto all'interno delle gallerie.

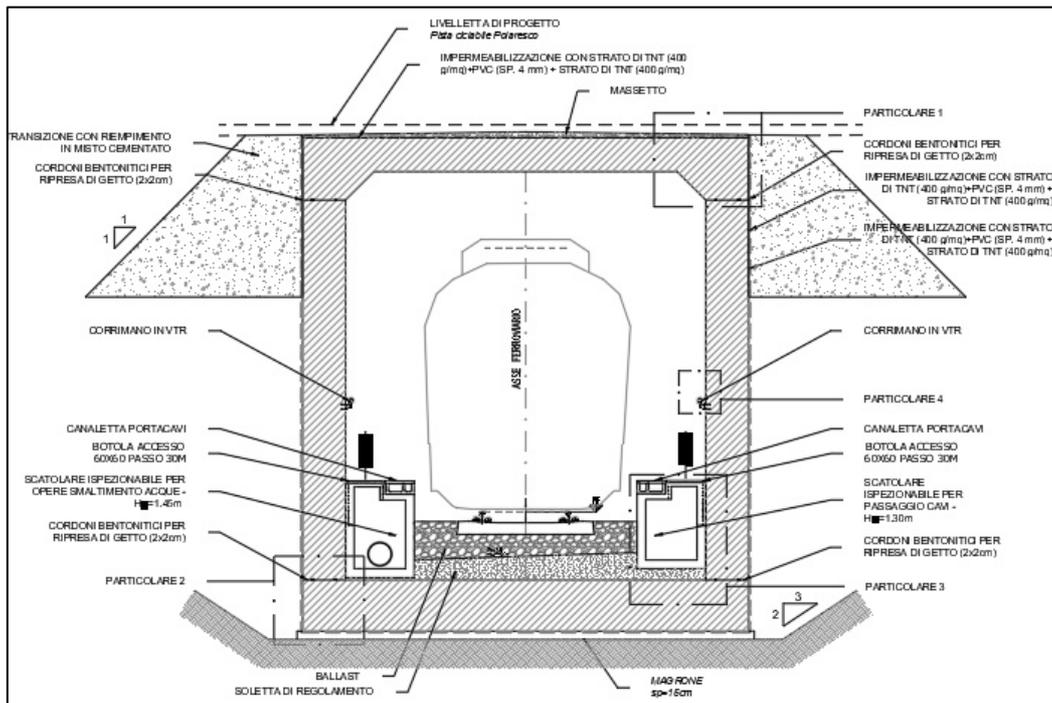


Figura 5.6 Smaltimento all'interno delle gallerie GA01 e GA02

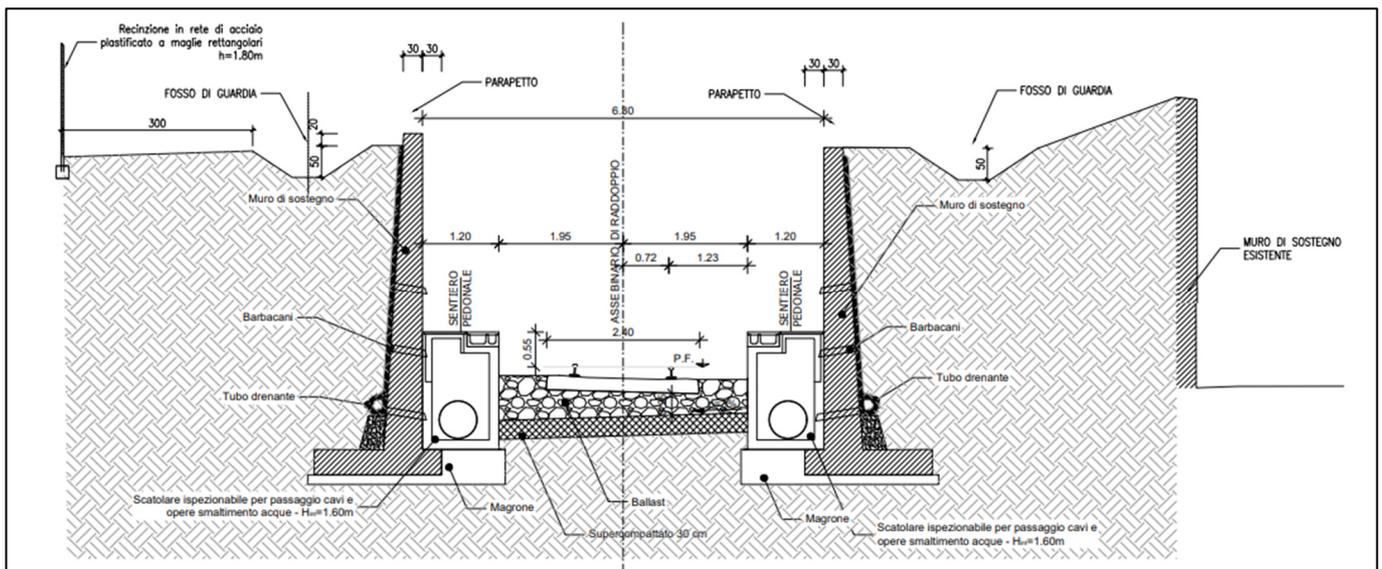


Figura 5.7 Smaltimento acque nella zona tra muri tra le gallerie GA01 e la galleria GA02

Sono previste ulteriori aree di laminazione in cui sono convogliate le acque prima del recapito finale.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	30 di 53

Allontanando il binario pari verso sud si verranno a formare delle zone intercluse per le quali si dovrà garantire l'allentamento delle acque. A garantire tale scopo si realizzeranno sia delle affossature di recapito (fossi in terra) e delle tubazioni di trasporto e scarico sia delle canalette in calcestruzzo che recapitano le acque nel sistema di smaltimento acque di piattaforma ferroviaria.

Lo scarico verso gli elementi ricettori avverrà o tramite infiltrazione o tramite manufatti di controllo in modo da garantire il principio dell'invarianza idraulica adottato dalla Regione Lombardia.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	31 di 53

6 OPERE IDRAULICHE DI ATTRAVERSAMENTO

L'area oggetto di raddoppio ricade nel suo complesso all'interno del territorio gestito dal Consorzio di Bonifica Media Pianura Bergamasca, il quale ha un'estensione del comprensorio di 76031 ha, comprendente in tutto o in parte il territorio di 105 Comuni, appartenenti alle provincie di Bergamo, Brescia, Cremona e Lecco.

Si tratta dell'area che si sviluppa dalle pendici delle Prealpi Orobriche (delle quali comprende una superficie di circa 3000 ha.) e discende lungo la sponda sinistra del Fiume Adda (da Brivio a Fara Gera d'Adda) da una parte e dall'altra lungo la sponda destra del Fiume Oglio (da Castelli Calepio a Calcio), estendendosi a sud fino al confine con la provincia di Cremona.

Nella Figura 6.1 si riporta l'intersezione della linea ferroviaria con i corsi d'acqua consortili:

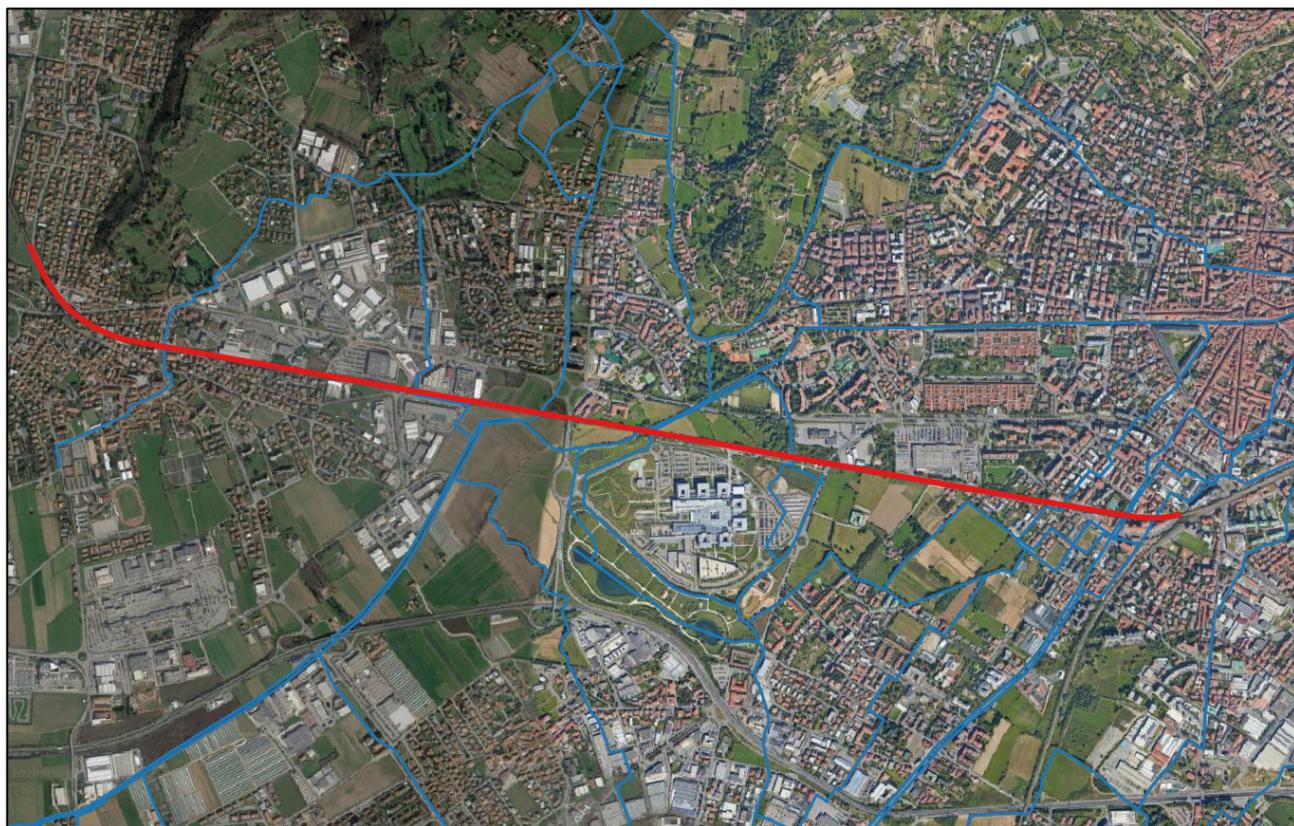


Figura 6.1 - Intersezioni con canali irrigui

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	32 di 53

Gli attraversamenti ferroviari interessati dalla variante sono:

WBS	TIPOLOGIA SCATOLARE/CIRCOLARE	N CANNE -	LARGHEZZAxALTEZZA ATTRAVERSAMENTO m	DIAMETRO m
IN08	SCATOLARE	1	2.00x1.20	
VI05	PONTE			
IN10	SCATOLARE	1	4.00x2.00	

Le opere di attraversamento idraulico sono costituite da manufatti in c.a. delle seguenti caratteristiche:

- Tombini scatolari singola canna:, IN08, IN10
 - dimensioni foro: b x h =, 200x120, 400x200 cm
 - spessore fondazione: t = 50 cm
 - spessore setti: t = 40 cm
 - spessore copertura: t = 40, 50 cm
 - dimensioni esterne: B x H = 280x210, 500x300 cm
- Fornici circolari: IN62÷IN65
 - diametro interno tubo c.a.v.: $\Phi = 100, 120$ e 150 cm
 - spessore tubo c.a.v.: 8, 10, 11 cm
 - spessore setti e solette: t = min. 22 cm
 - dimensioni esterne: B(=H) = 160, 184, 216 cm

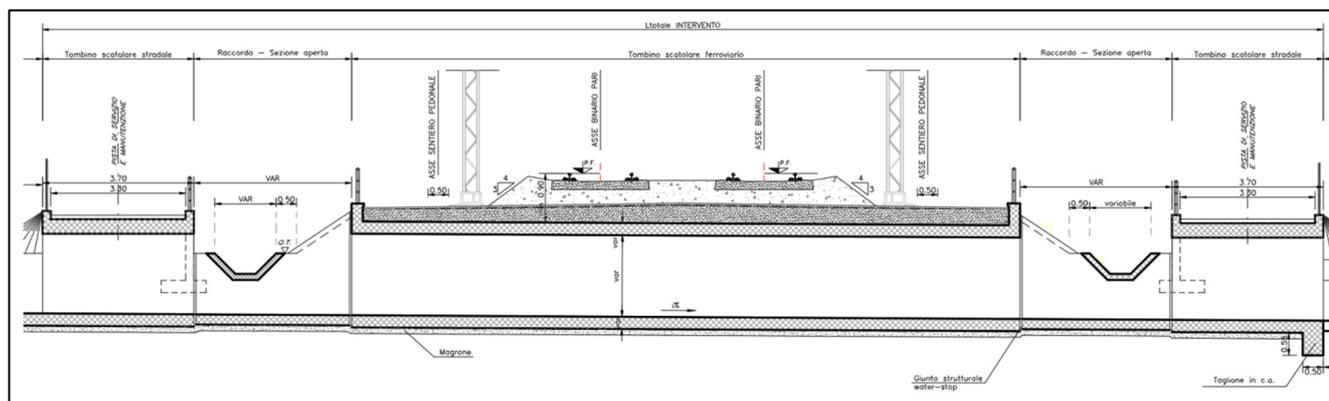


Figura 6.2 - Attraversamenti idraulici – sezione longitudinale tipo

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	34 di 53

7 OPERE D'ARTE

7.1 VI05 - Ponte su Roggia Serio

7.1.1 Descrizione generale dell'opera

L'opera in esame ricade nell'appalto 2 del progetto di raddoppio ferroviario Ponte San Pietro – Bergamo – Montello ed è ubicata alla progressiva 3+337 circa.

Il nuovo manufatto a doppio binario è previsto in sostituzione dell'attuale ponticello ad arco a singolo binario, che è incompatibile con la realizzazione del raddoppio.

L'impalcato del ponte è costituito da due vasche in acciaio a contenimento del ballast, su ciascuna delle quali trova sede un binario. Le vasche risultano in semplice appoggio, su una luce di 11.6m.

Internamente la vasca è rivestita in calcestruzzo armato, inoltre il fondo e le pareti laterali della struttura sono opportunamente irrigidite con costolature trasversali a passo costante pari a 0.495m.

Su un lato di ciascun impalcato, con passo doppio rispetto alle costolature, è presente una mensola a sbalzo con la finalità di sorreggere un camminamento laterale di servizio, di larghezza pari a circa 1.5m.

La tipologia dell'impalcato progettato consente il contenimento dell'altezza dell'impalcato, la manutenzione agevole del binario, la riduzione del livello di rumorosità e di vibrazione, la realizzazione in continuità del ballast in corrispondenza delle spalle.

Planimetricamente l'opera intercetta la canalizzazione idraulica sottostante con un angolo sostanzialmente retto. Nel tratto interessato dall'opera, inoltre, il tracciato ferroviario è rettilineo.

Le spalle sono in calcestruzzo armato gettato in opera. Esse sono state dimensionate per garantire un franco idraulico minimo di 1.5m sul livello di massima piena del canale esistente ed una larghezza di sezione idraulica di 7m.

Le fondazioni di ciascuna spalla sono di tipo profondo e sono costituite da n.6 pali di diametro 1.2m e lunghezza 30m. Il plinto di fondazione presenta un'altezza di 1.5m; le dimensioni in pianta sono di 10.8m x 6.6m.

Il paramento della spalla ha spessore di 1.45m ed altezza 1.0m dallo spiccatto del plinto, mentre il paraghiaia ha spessore 50cm e altezza massima pari a 1.3m circa. Per entrambe le spalle sono previsti muri andatori di spessore 40cm e lunghezza 4.85m, con altezza pari a 4.3m.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	35 di 53

Dati di sintesi dell'impalcato:

- luce asse appoggi: 11.6m
- interasse vasche: 4.0m
- larghezza impalcato filo esterno marciapiedi: 10.05m
- larghezza piattabanda inferiore della vasca: 2.9m (sezione corrente)
- larghezza piattabanda inferiore della vasca: 3.51m (sezione di appoggio)
- distanza asse anime vasca al lembo superiore: 3.1m

Di seguito alcune immagini identificative dell'opera in oggetto:

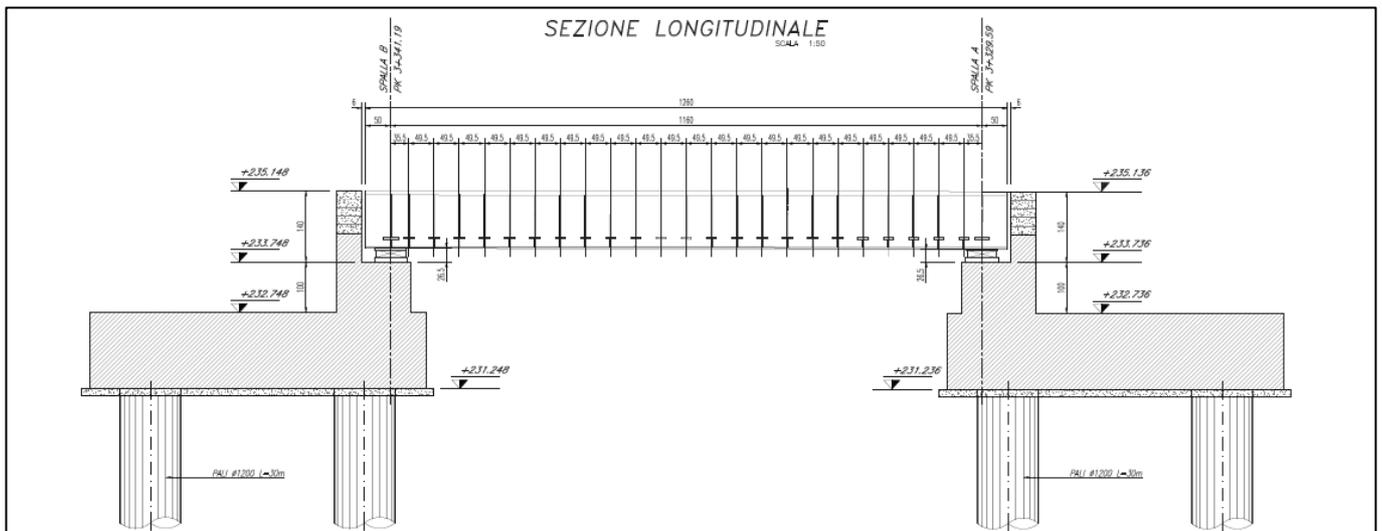


Figura 7.1 - Sezione longitudinale

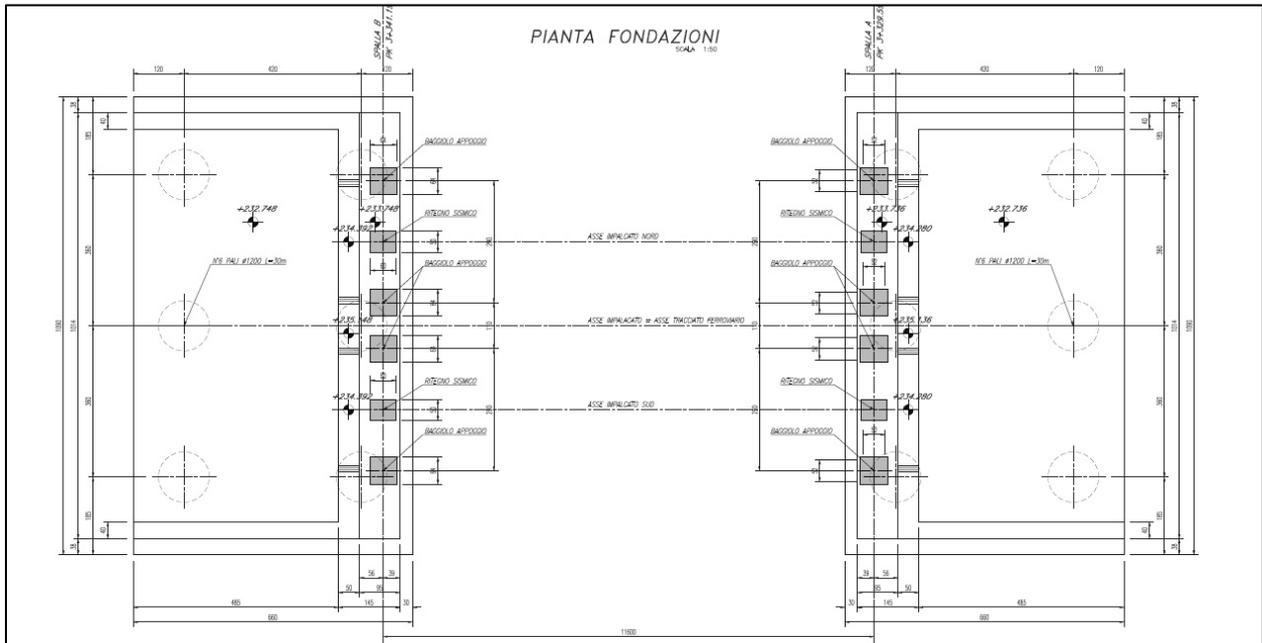


Figura 7.2 - Pianta fondazioni

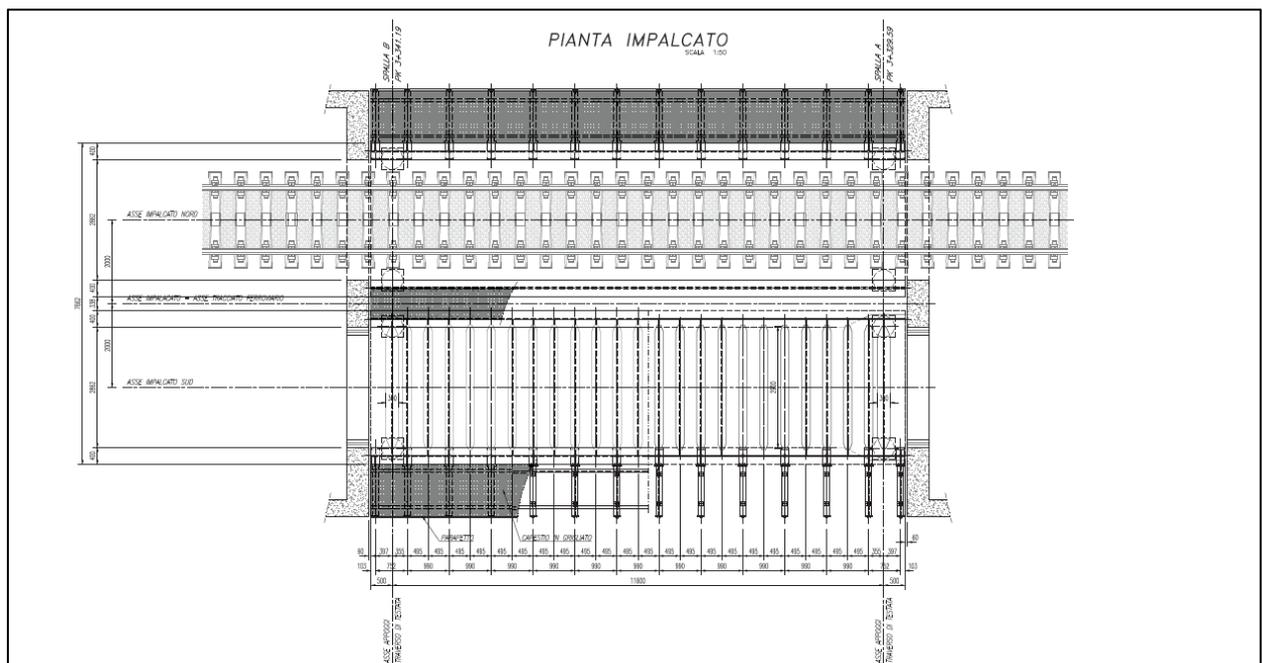


Figura 7.3 – Pianta impalcato

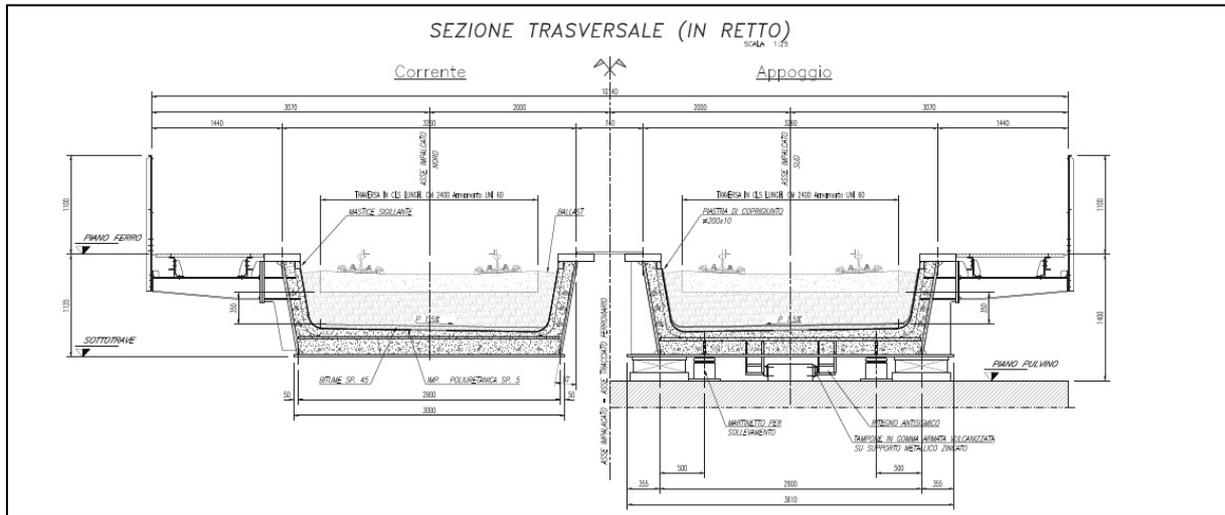


Figura 7.4 – Sezione trasversale

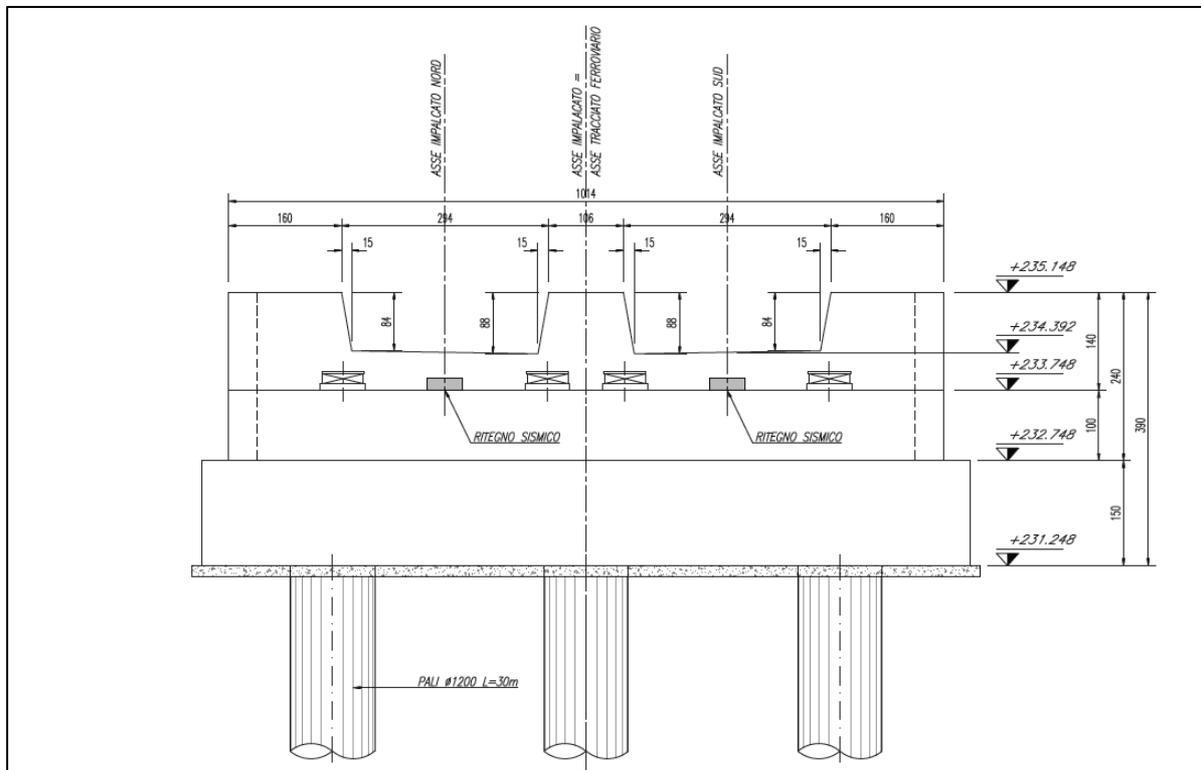


Figura 7.5 – Prospetto spalla

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	38 di 53

Dal punto di vista delle fasi realizzative, per la costruzione della nuova opera si sfrutterà la chiusura prolungata dell'esercizio prevista per raddoppiare la linea Bergamo-Ponte San Pietro.

Una volta interrotta la circolazione ferroviaria, infatti, si procederà a rimuovere il binario ed a demolire il ponticello esistente, che planimetricamente si sovrappone alla nuova opera. La luce del nuovo manufatto, tuttavia, è superiore a quella del ponte attuale, per cui è possibile preservare la porzione delle strutture in essere che delimita la sezione idraulica della roggia Serio. Ciò permetterà la realizzazione del nuovo attraversamento senza ricadute sul regime idraulico del corso d'acqua.

Terminate le demolizioni, a tergo delle strutture che contengono la roggia si procederà allo scavo di sbancamento fino alla quota d'imposta dei plinti, alla quale si realizzeranno i pali di fondazione Ø1200. Successivamente si costruiranno le spalle in c.a., sopra le quali saranno posati tramite gru gli impalcati metallici a vasca. Le ultime fasi esecutive vedranno la realizzazione delle finiture, la predisposizione della sede ferroviaria in approccio al ponte e la posa del nuovo armamento.

7.1.2 Caratteristiche materiali

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito:

Calcestruzzo

Classe C32/40 (Elevazione spalle e vasca di rivestimento impalcato)

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 32 \cdot 0,85 / 1,5 = 18,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,02 \text{ N/mm}^2$$

Classe C25/30 (pali di fondazione; zattera di fondazione delle spalle)

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	39 di 53

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 14.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2.56 \text{ N/mm}^2$$

Acciaio

Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio	B450C
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$;
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$;
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$;
modulo elastico	$E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$.

Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio S355:

Tensione di snervamento	$f_{yk} \leq 355 \text{ N/mm}^2$;
Tensione di rottura	$f_{tk} \leq 510 \text{ N/mm}^2$;
Modulo elastico	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$;
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$;
Modulo di elasticità trasversale	$G = E / [2 (1 + \nu)] = 80769.23 \text{ N/m}^2$;
Coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$ (per T fino a 100 °C);
Densità	$\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	40 di 53

7.2 GA01 – Galleria artificiale percorso ciclopedonale Cascina Polaresco

7.2.1 Descrizione generale dell'opera

L'opera in esame permette al binario pari del raddoppio ferroviario Ponte San Pietro – Bergamo – Montello di sottopassare il percorso ciclopedonale che collega il complesso residenziale di cascina Polaresco all'ospedale Papa Giovanni XXIII ed all'annessa fermata lungo la linea ferroviaria.

Il manufatto, ubicato alla progressiva 3+568 circa, si colloca a ridosso del ponticello ad arco esistente, con il quale il percorso ciclopedonale scavalca l'attuale singolo binario della linea ferroviaria (futuro binario dispari del raddoppio). Il ponticello ad arco è stato sottoposto a vincolo di interesse culturale, motivo per cui sarà conservato a seguito della realizzazione del raddoppio e continuerà ad ospitare il binario in essere.

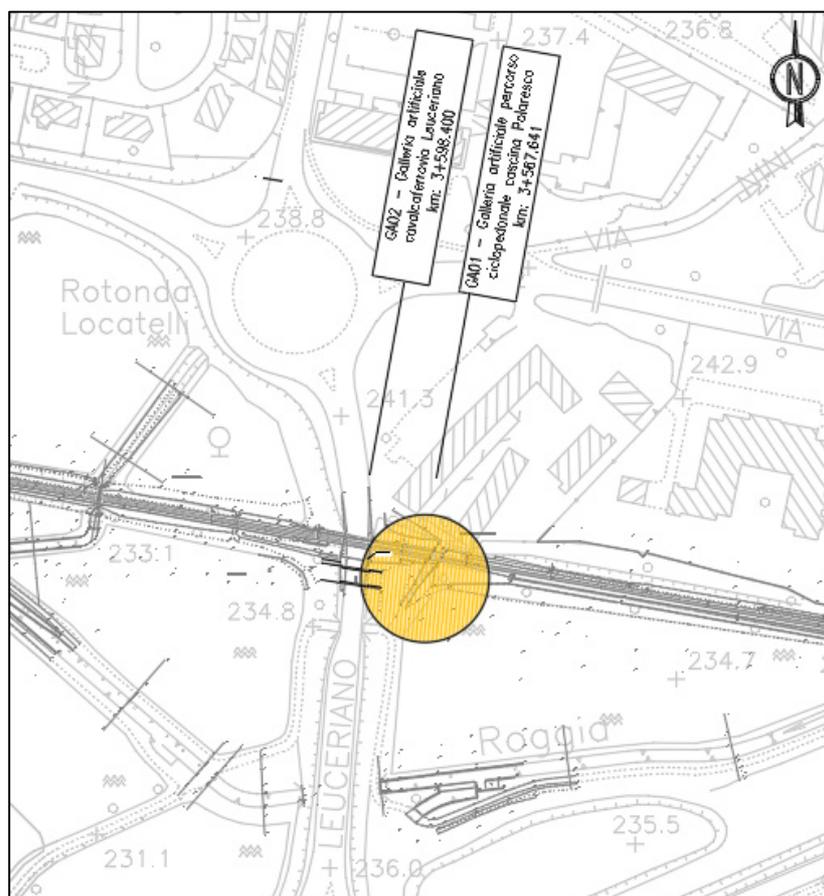


Figura 7.6 – Planimetria e area di intervento

La struttura in progetto è uno scatolare in c.a. gettato in opera con dimensioni interne B x H = 6.30m x 7.20m. La soletta superiore ha uno spessore di 60cm e presenta dei ringrossi laterali all’innesto con i piedritti, dove lo spessore cresce fino a 110cm. I piedritti e la piastra di fondazione presentano spessore costante di, rispettivamente, 75cm e 90cm. Lo scatolare ha uno sviluppo longitudinale complessivo lungo binario di circa 5.22m. Il ricoprimento dello scatolare è pari a circa 20cm.

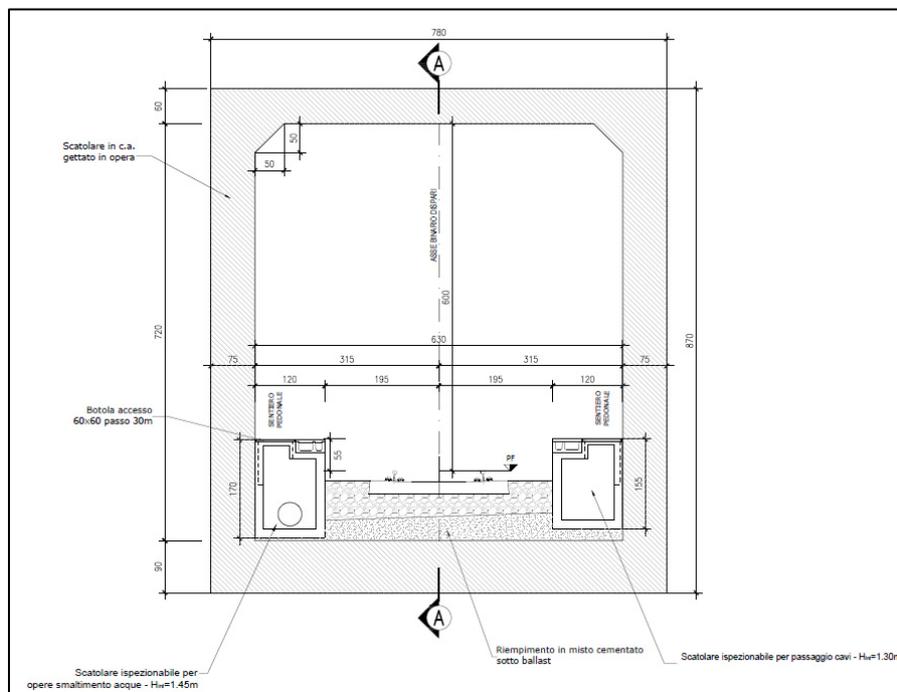


Figura 7.7 – Sezione trasversale

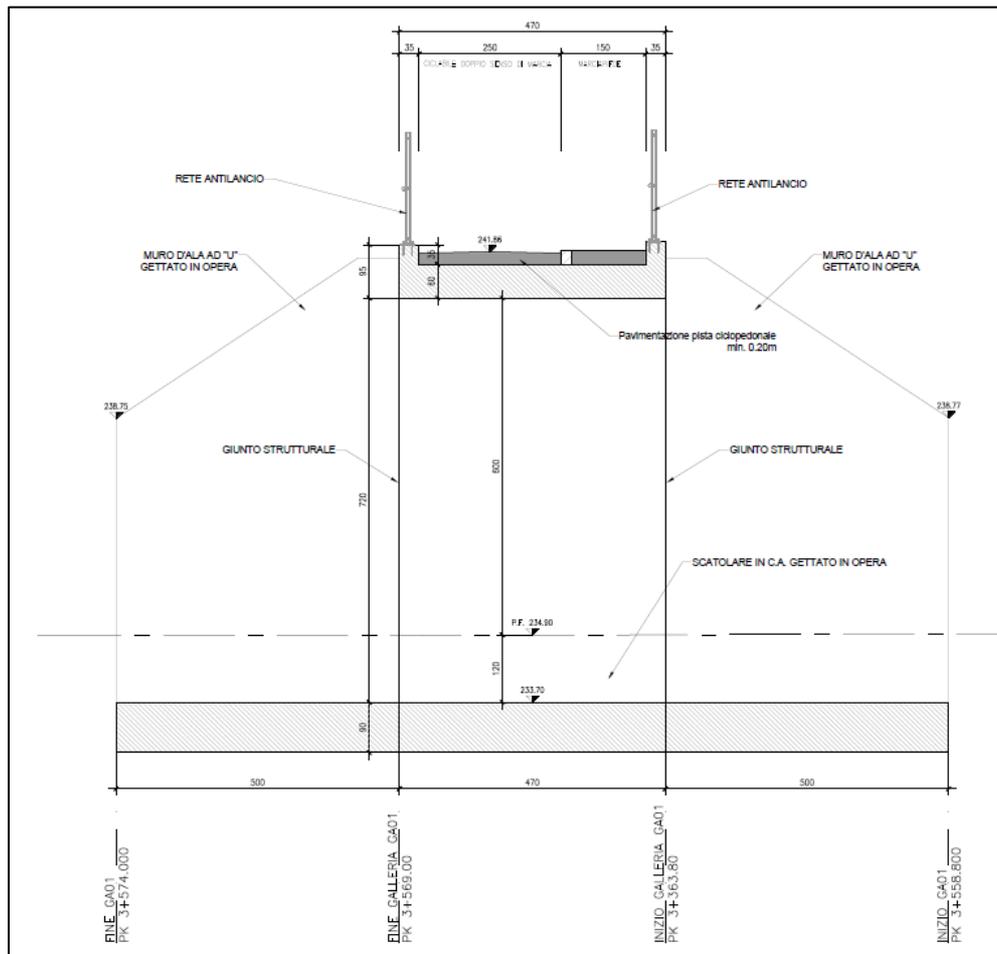


Figura 7.8 – Sezione longitudinale

In continuità con lo scatolare, ma strutturalmente separati da esso, saranno realizzati opportuni muri d'imbocco in c.a., con sezione ad U, destinati a sostenere le scarpate del rilevato del percorso ciclopedonale.

Dal punto di vista esecutivo le strutture dello scatolare e degli imbocchi saranno realizzate in opera, sfruttando gli scavi a cielo aperto effettuati per predisporre la platea di varo della vicina galleria GA02, che sarà invece spinta dalla posizione di getto alla sua ubicazione finale in corrispondenza del rilevato della circonvallazione Leuceriano. La realizzazione della galleria GA01 deve seguire, pertanto, quella dell'adiacente GA02.

7.2.2 Caratteristiche materiali

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito:

Calcestruzzo

Classe C32/40 (Scatolare elevazione)

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 32 \cdot 0,85 / 1,5 = 18,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Modulo elastico } E_{cm} = 33 \text{ GPa}$$

$$\text{Classe di esposizione} = \text{XC4/XF4}$$

$$\text{Classe di consistenza min} = \text{S4}$$

$$\text{Rapporto a/c max} = 0,45$$

$$\text{Copri ferro minimo} = 50 \text{ mm};$$

Classe C30/37 (Scatolare fondazione)

$$R_{ck} = 37 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 14,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Modulo elastico } E_{cm} = 32 \text{ GPa}$$

$$\text{Classe di esposizione} = \text{XC4/XF4}$$

$$\text{Classe di consistenza min} = \text{S3}$$

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	44 di 53

Rapporto a/c max = 0.45

Copriferro minimo = 40mm;

Classe C12/15 (Magrone fondazione)

$$R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$$

Classe di esposizione = X0;

Acciaio

Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio

B450C

tensione caratteristica di snervamento

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2;$$

tensione caratteristica di rottura

$$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2;$$

resistenza di calcolo a trazione

$$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2;$$

modulo elastico

$$E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2.$$

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	45 di 53

7.3 GA02 – Galleria artificiale Cavalcaferrovia Leuceriano

7.3.1 Descrizione generale dell'opera

L'opera in esame è il manufatto che consente al binario pari del raddoppio ferroviario Ponte San Pietro – Bergamo – Montello di sottoattraversare la circonvallazione Leuceriano, che costituisce l'asse viario di collegamento della tangenziale di Bergamo con i quartieri Longuelo e Loreto, posti a nord della linea ferroviaria oggetto d'intervento.

Lo scatolare, ubicato alla progressiva 3+598 circa, si colloca in continuità, a sud, con l'attuale cavalcaferrovia di via Leuceriano, che scavalca il singolo binario esistente della linea ferroviaria; tale binario manterrà il suo tracciato attuale ed a seguito dell'intervento costituirà il binario dispari del collegamento ferroviario raddoppiato. Il cavalcaferrovia in essere è predisposto per accogliere un secondo binario a 4 m di interasse da quello ora in esercizio, ma la variante di tracciato del binario pari, dettata dal vincolo di interesse culturale posto sul ponticello adiacente la cascina Polaresco, determina la necessità di realizzare una nuova opera di sottoattraversamento della circonvallazione.

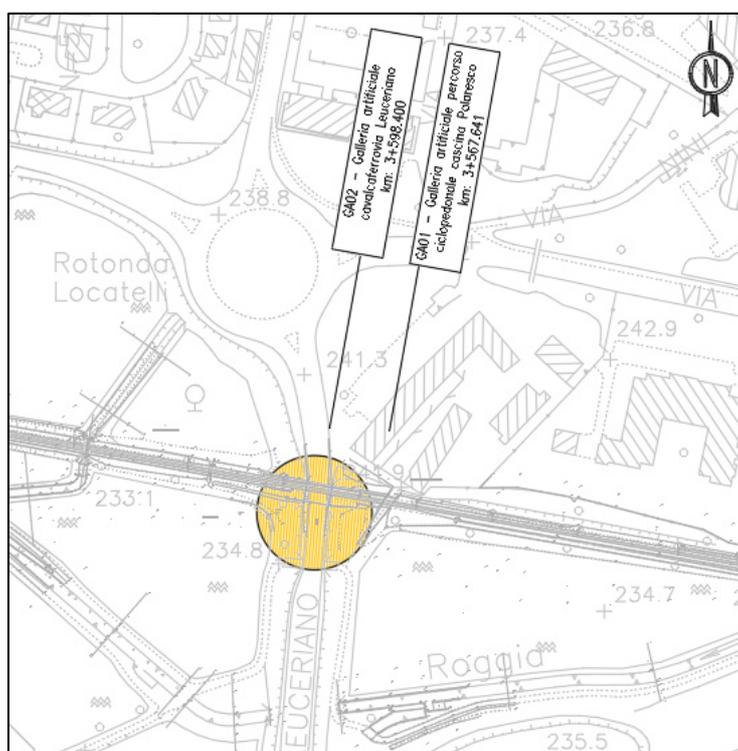


Figura 7.9 – Planimetria e area di intervento

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	46 di 53

La nuova struttura è uno scatolare in c.a. costruito fuori opera e successivamente spinto nella sua posizione di destinazione in corrispondenza del rilevato di via Leuceriano.

La struttura scatolare ha dimensioni interne B x H = 6.30m x 7.20m. La soletta superiore ha uno spessore previsto di 60cm ed è dotata di ringrossi laterali all’innesto con i piedritti, dove lo spessore cresce fino a 110cm. Lo spessore dei piedritti e della soletta inferiore, invece, è costante e pari, rispettivamente, a 75cm e 90cm. Lo scatolare ha uno sviluppo longitudinale complessivo, parallelamente al binario, di 13m. Il ricoprimento dello scatolare è pari a circa 40cm.

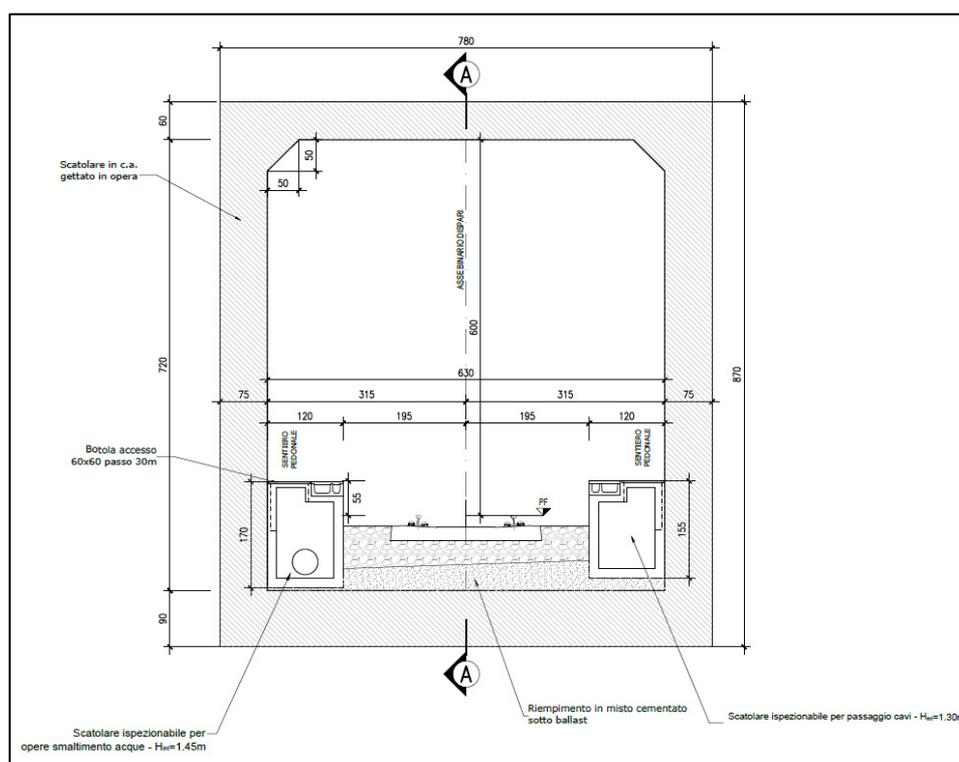


Figura 7.10 – Sezione trasversale

In adiacenza al tratto scatolare saranno realizzati opportuni muri d’imbocco in c.a., con sezione ad U, destinati a sostenere le scarpate del rilevato della circonvallazione. I muri d’imbocco devono necessariamente essere spinti in posizione insieme al monolite, motivo per cui avranno soletta inferiore strutturalmente continua con quella dello scatolare, mentre le elevazioni saranno separate per mezzo di giunti.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	47 di 53

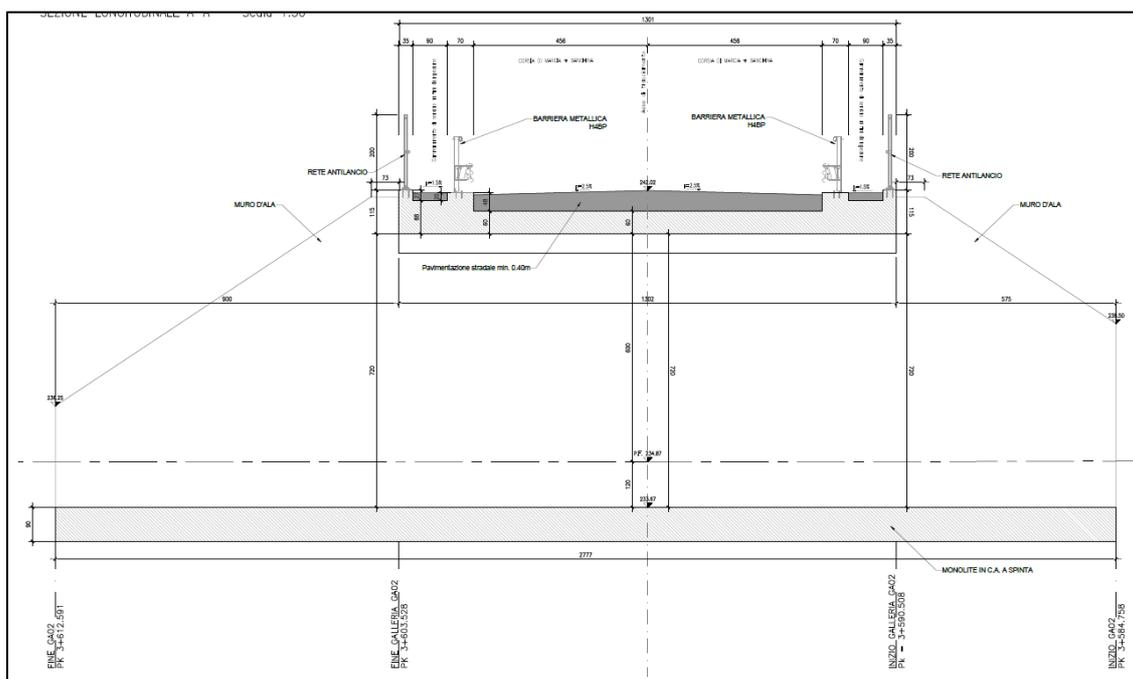


Figura 7.11 – Sezione longitudinale

Le fasi esecutive previste per la realizzazione del nuovo sottoattraversamento sono dettate dalla necessità di contenere i tempi di interruzione del traffico veicolare sulla circonvallazione Leuceriano.

Si è previsto, pertanto, di realizzare fuori opera, ad est del rilevato stradale, le strutture del monolite e dei muri d'imbocco e di procedere poi alla spinta delle stesse nella posizione finale, previa demolizione del rilevato di via Leuceriano per la parte interferente, in modo da operare una spinta a vuoto. Ultimato il varo, si procederà al rinfianco del rilevato a tergo del manufatto, operazione agevolata dalla presenza dei muri d'imbocco spinti in uno con il tratto scatolare.

Il getto fuori opera del monolite e dei muri d'imbocco richiede la preventiva realizzazione di una platea di varo in c.a.. La quota d'imposta della platea sarà raggiunta mediante scavo a cielo aperto nell'area ad est del rilevato della viabilità da sottoattraversare; tale zona sarebbe comunque interessata dagli scavi per la realizzazione della galleria GA01 sotto il percorso ciclopedonale diretto a cascina Polaresco, per cui le modalità esecutive descritte consentono l'ottimizzazione dei volumi di terreno scavati per la realizzazione delle due opere in progetto.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	48 di 53

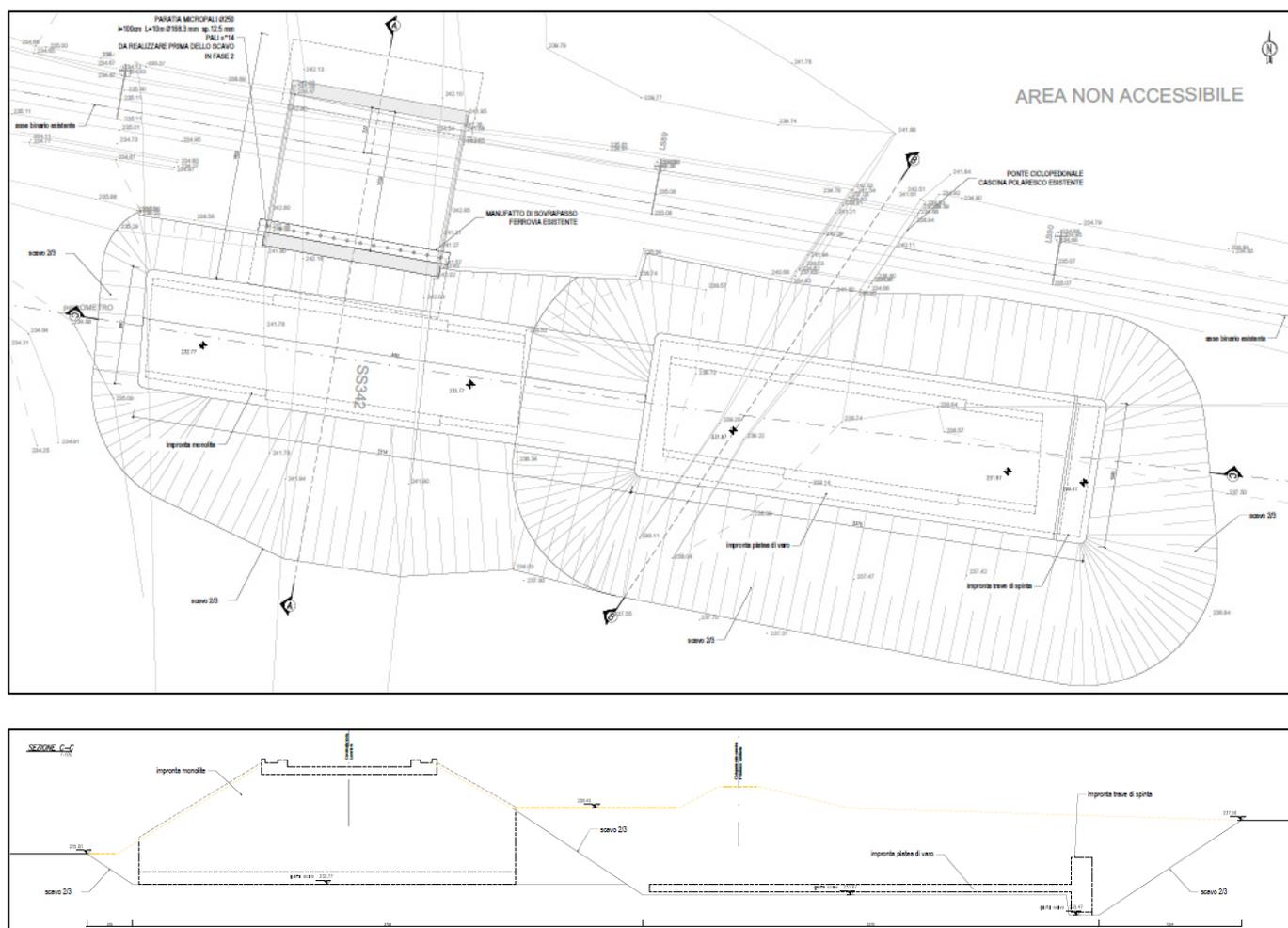


Figura 7.12 – Pianta scavi e opera di varo

In considerazione della vicinanza della nuova opera alla spalla sud del cavalcaferrovia esistente, per dare adeguate garanzie di stabilità alle strutture in essere durante il varo del monolite è prevista la realizzazione di una serie di micropali Ø250 mm di rinforzo della spalla, a passo 1m e lunghi una decina di metri ciascuno. I micropali saranno realizzati nello spessore del plinto di fondazione, a partire dall'interno del fornice del cavalcaferrovia, e saranno collegati superiormente da un cordolo in c.a. adeguatamente ancorato alla mensola di valle del plinto.

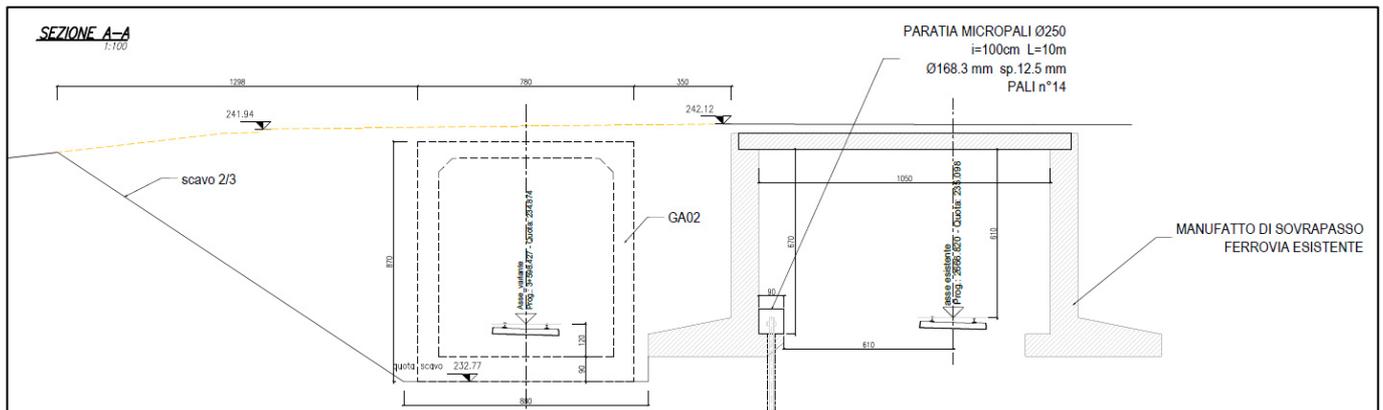


Figura 7.13 – Sezione trasversale GA02 ed opera esistente con micropali

7.3.2 Caratteristiche materiali

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito:

Calcestruzzo

Classe C32/40 (Scatolare elevazione)

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 32 \cdot 0,85 / 1,5 = 18,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Modulo elastico } E_{cm} = 33 \text{ GPa}$$

$$\text{Classe di esposizione} = \text{XC4/XF4}$$

$$\text{Classe di consistenza min} = \text{S4}$$

$$\text{Rapporto a/c max} = 0,45$$

$$\text{Copriferro minimo} = 50\text{mm};$$

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	50 di 53

Classe C30/37 (Scatolare fondazione)

$$R_{ck} = 37 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 14.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2.56 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Modulo elastico } E_{cm} = 32 \text{ GPa}$$

$$\text{Classe di esposizione} = \text{XC4/XF4}$$

$$\text{Classe di consistenza min} = \text{S3}$$

$$\text{Rapporto a/c max} = 0.45$$

$$\text{Copriferro minimo} = 40 \text{ mm};$$

Classe C12/15 (Magrone fondazione)

$$R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Classe di esposizione} = \text{X0};$$

Acciaio

Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio	B450C
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$;
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$;
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$;
modulo elastico	$E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	51 di 53

7.4 IN10 – NUOVO TOMBINO SCATOLARE DIRAMAZIONE ROGGIA SERIO

7.4.1 Descrizione generale dell'opera

L'intervento relativo all'attraversamento idraulico in esame consta di un tratto scatolare al di sotto del sedime ferroviario e di due tratti di raccordo con il tracciato esistente del corso d'acqua: a nord il raccordo sarà operato a mezzo di un canale in terra con sponde di pendenza 3:2, mentre a sud sarà realizzato un manufatto ad U in c.a. di larghezza interna 4m, pari a quella della struttura esistente alla quale andrà a collegarsi.

Gli interventi sull'attraversamento idraulico si rendono necessari perché il tracciato del binario pari del raddoppio è incompatibile con il mantenimento degli attuali manufatti in c.a. posti a valle del tombino ferroviario. Nello specifico, nel tratto interessato dall'IN10 il binario in essere (futuro binario dispari della linea raddoppiata) manterrà il tracciato attuale, mentre il nuovo binario pari transiterà a sud di esso, a circa 15 m di interasse.

La soluzione progettuale adottata per la risoluzione dell'interferenza idraulica prevede lo spostamento del punto di attraversamento della linea Bergamo-Ponte San Pietro, che viene traslato di circa 21m lato Curno, da 3+720 a 3+741 circa.

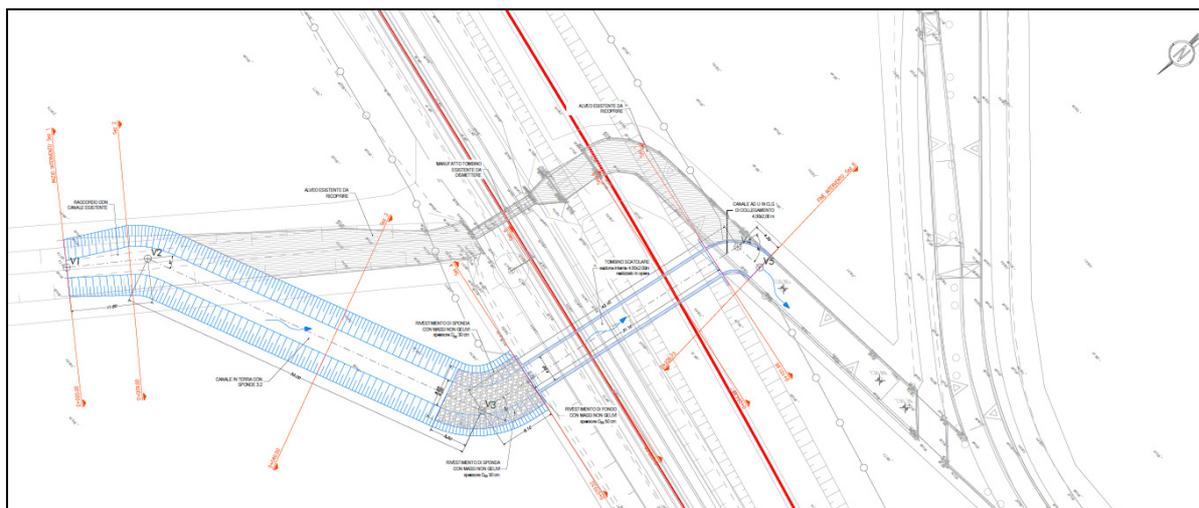


Figura 7.14 – Planimetria e area di intervento

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	52 di 53

Essendo le lavorazioni per il raddoppio della linea realizzate in interruzione prolungata dell'esercizio ferroviario, tale spostamento consente di realizzare il nuovo tratto di canale in indipendenza da quello esistente, che sarà successivamente dismesso, e quindi di evitare impatti sul regime idraulico del corso d'acqua. Sarà necessario solo mettere in opera due by-pass temporanei per la realizzazione dei punti di connessione - a nord ed a sud - con il tratto di canale non interessato dall'intervento.

In dettaglio, per l'attraversamento del sedime ferroviario in configurazione raddoppiata si prevede la realizzazione di un tombino scatolare in c.a. gettato in opera, di dimensioni interne B x H = 4.00m x 2.00m e di lunghezza 31.10m; gli spessori previsti per gli elementi strutturali sono di 0.50m per la soletta inferiore e di 0.40m per i piedritti e la soletta superiore.

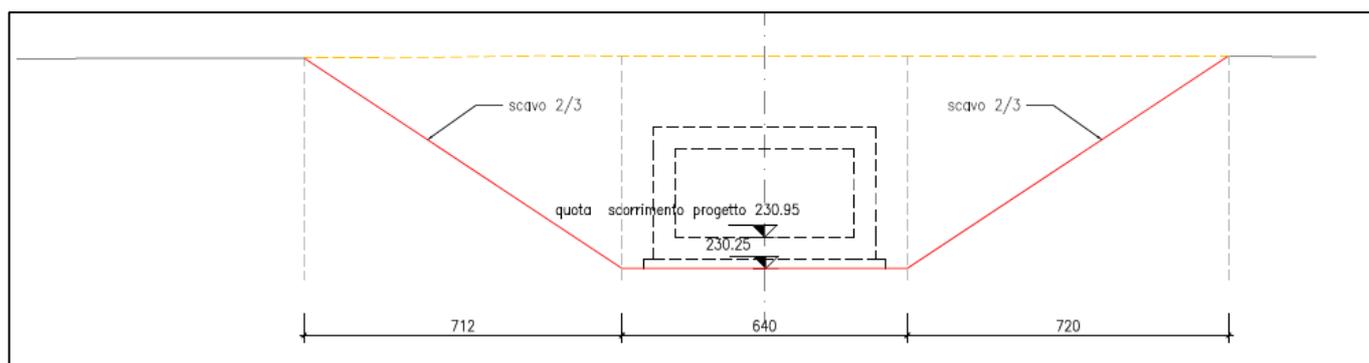


Figura 7.15 – Sezione trasversale IN10

A nord del rilevato ferroviario il tratto di raccordo con il corso d'acqua esistente sarà realizzato mediante un canale trapezio in terra di sviluppo 70m circa, avente base larga 4.00m e sponde di inclinazione 3:2. In approccio al tombino, il fondo e le sponde del canale saranno protetti con un opportuno rivestimento in massi non gelivi.

Il collegamento lato sud, invece, sarà di caratteristiche corrispondenti a quelle del tratto di canale a cui ci si ricollega: sarà realizzata, infatti, una sezione aperta ad U in c.a., con pareti verticali e fondo largo 4.00m; il tracciato del raccordo sarà ad andamento curvilineo, con sviluppo, in asse, di circa 7 m. Per le pareti si prevede uno spessore strutturale di 30cm.

ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	Y26RG	OC0000001	A	53 di 53

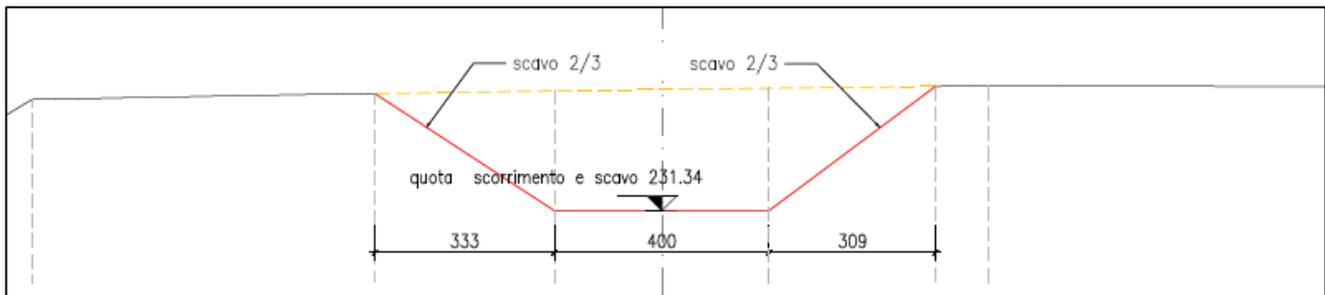


Figura 7.16 – Sezione trasversale IN10 lato Nord

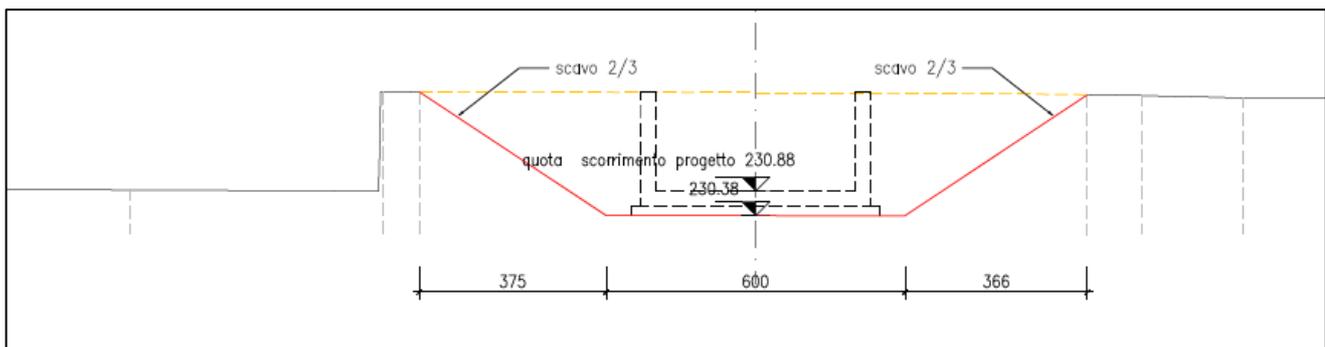


Figura 7.17 – Sezione trasversale IN10 lato sud

Tutti gli scavi per la realizzazione delle opere saranno effettuati a cielo aperto, con pendenza delle scarpate 3:2.

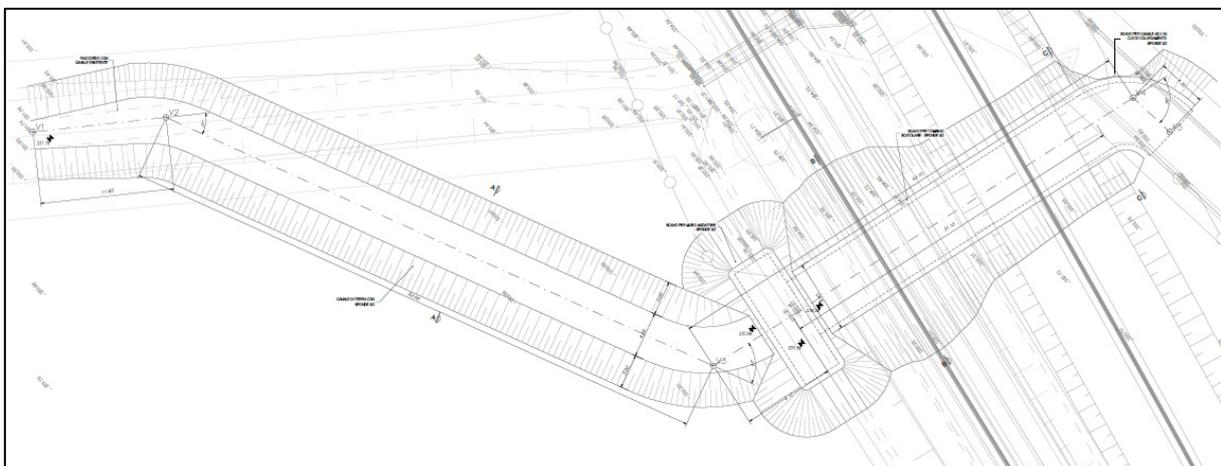


Figura 7.18 – Pianta scavi