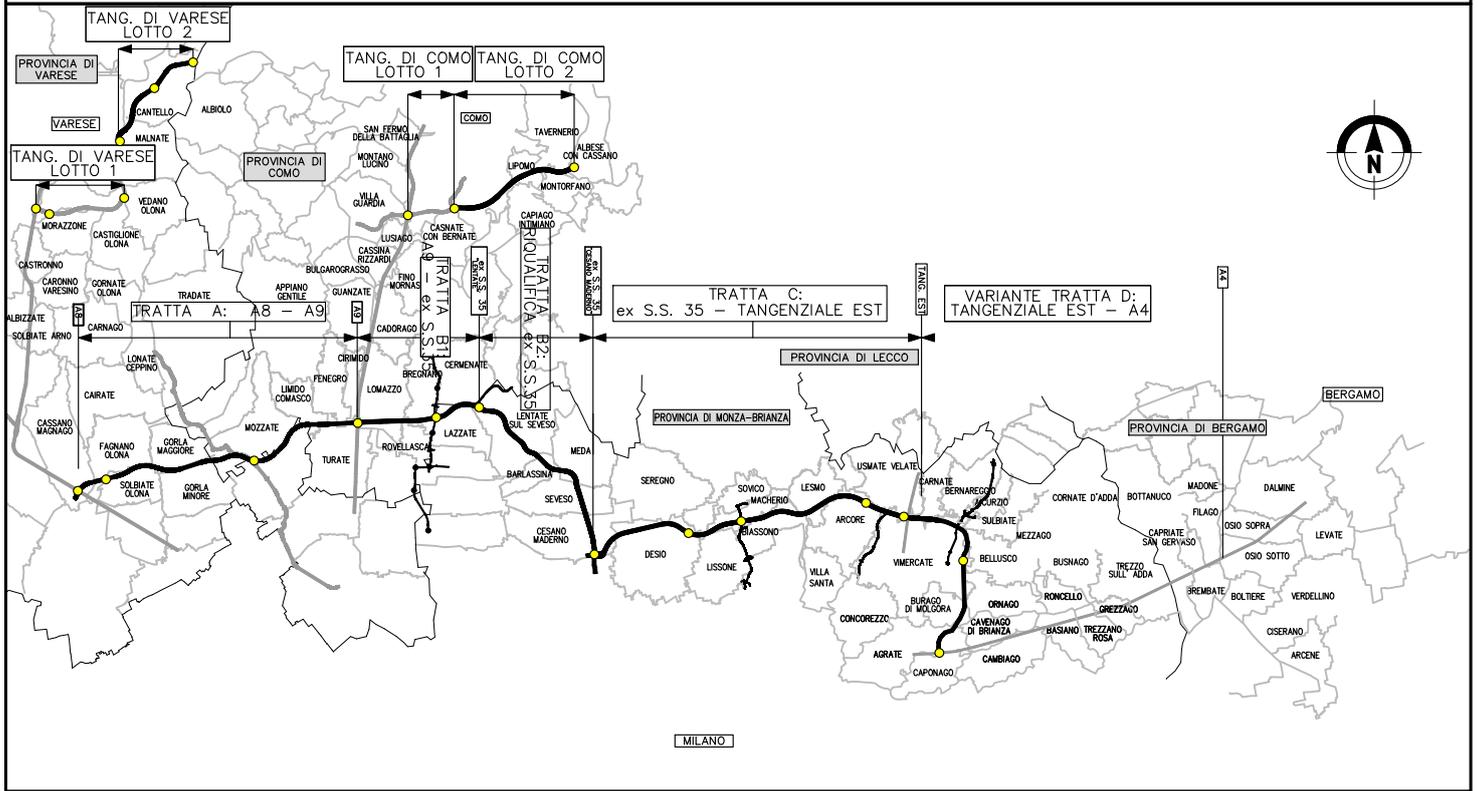


QUADRO DI UNIONE GENERALE



COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

PROGETTO DEFINITIVO VARIANTE TRATTA D

Opere d'arte maggiori - Gallerie Artificiali
Galleria Artificiale SP2
Relazione descrittiva

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

FASE PROGETTUALE	AMBITO	TRATTA	CATEGORIA	OPERA	PARTI DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
D	SR	DD	A03	GA01	000	RI	001	A

DATA 30/06/2023
SCALA -

CONCEDENTE



PROGETTAZIONE



DATA REVISIONE

30/06/2023 EMISSIONE A

ELABORAZIONE PROGETTUALE

Direzione Ingegneria BIM Center
Arch. Fabio Massimo Saldini RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
Ing. Lucia Samorani

Redatto: Ing. Gardella Visto: Ing. Gardella Contributo specialistico: Ing. Norese

CONCESSIONARIO

Direttore Ingegneria e BIM Center: Arch. Fabio Massimo Saldini
Direttore Tecnico: Ing. Paolo Simonetta
Responsabile Funzione Tecnica, Project Financing e ACT: Ing. Andrea Monguzzi

VERIFICA E VALIDAZIONE

RTI: Conteco Check S.r.l. (Mandante), Rina Check S.r.l. (Mandataria), Bureau Veritas Italia S.p.a. (Mandataria)



COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO
E OPERE CONNESSE

PROGETTO DEFINITIVO

VARIANTE TRATTA D

VARIANTE TRATTA D GALLERIA ARTIFICIALE SP2

**RELAZIONE GENERALE E DESCRITTIVA DELLE
OPERE IN PROGETTO**

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
1.1 Oggetto e scopo	3
1.2 Breve descrizione del progetto	3
2. ELABORATI DI RIFERIMENTO	7
3. NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO	8
4. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI.....	9
4.1 Materiali strutturali per c.a. in opera	10
4.2 Materiali strutturali per elementi prefabbricati in c.a.p.	12
5. DESCRIZIONE DELL'OPERA	14
5.1 Inquadramento generale	14
5.2 Sezioni tipo strutturali	17
5.2.1 <i>Galleria artificiale</i>	17
5.2.2 <i>Imbocchi</i>	18
5.2.3 <i>Opere provvisorie</i>	19
5.2.4 <i>Muri</i>	22
6. CONDIZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE.....	26
6.1 Indagini geognostiche.....	26
6.2 Caratterizzazione geotecnica	27
6.3 Livello di falda.....	28
7. FASI ESECUTIVE	29

1. INTRODUZIONE

1.1 OGGETTO E SCOPO

Oggetto specifico del documento è la descrizione generale delle opere e degli interventi da realizzarsi per la galleria artificiale per il collegamento autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo – Tratta D.

La galleria artificiale GA01 ha uno sviluppo longitudinale in direzione Nord-Sud di circa 450m; in sezione trasversale si hanno due canne separate dai diaframmi centrali, ciascuna con larghezza pari a circa 20m.

La nuova galleria artificiale intercetta la strada provinciale SP2 Monza – Bellusco, motivo per cui, al fine di evitare interferenze realizzative e di circolazione, si è deciso di realizzarla tramite il metodo Milano. Il metodo, anche detto Top-down, consiste nella realizzazione di due trincee, in questo caso tramite diaframmi in c.a., a seguito del quale si effettua lo scavo direttamente su terra. Lasciati dei varchi per accedere al terreno sottostante, si procede contemporaneamente al rinterro, alla ripresa della viabilità sovrastante e allo scavo dei livelli sottostanti alla copertura. Si rimanda ai capitoli successivi per un maggiore approfondimento circa le scelte progettuali e le fasi esecutive.

1.2 BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'Autostrada Pedemontana Lombarda (APL) rappresenta una nuova grande infrastruttura viaria fondamentale per il riassetto della rete autostradale lombarda e per lo sviluppo economico e territoriale della Lombardia.

Il progetto si sviluppa attraverso cinque diverse province (Milano, Monza e Brianza, Bergamo, Como e Varese) ed il territorio attraversato dal tracciato può essere suddiviso in tre differenti ambiti paesaggistici, aventi caratteristiche sostanzialmente omogenee: le pianure del vimercatese, connotate da una fitta rete di centri abitati e da numerosi poli industriali; la valle dell'Adda, che segue il corso dell'omonimo fiume; l'isola bergamasca, la cui urbanizzazione segue l'andamento della valle.

Il territorio interessato dalla nuova infrastruttura appare morfologicamente eterogeneo e densamente popolato, particolarmente ricco di vincoli al contorno (come costruzioni, piani urbanistici di espansione industriale, elementi di pregio ambientale, ecc.) che hanno portato a studiare attentamente l'andamento planimetrico, al fine di minimizzare l'intrusione territoriale dell'opera.

La Tratta D "Breve" presenta una lunghezza di circa 9 km dall'inizio della tratta fino allo svincolo di Interconnessione con la TEEM e con l'autostrada A4. Il suo inizio è ubicato in corrispondenza della tratta precedente immediatamente dopo lo svincolo di

interconnessione con la Tangenziale Est (appartenente alla Tratta C) e prima dell'attraversamento del fiume Molgora. Il superamento del corso d'acqua viene realizzato tramite un viadotto lungo 210 m, a 6 campate, avente un'altezza modesta, pari a circa 5-6 metri rispetto alla configurazione del terreno, necessario per il comportamento meandriforme del fiume che tende a spostare il suo alveo all'interno di un'ampia fascia. Nella prima parte dell'itinerario di progetto, attraversato il fiume Molgora, il tracciato si sviluppa per circa 3250 m in rilevato al fine di limitare i rischi connessi alla presenza di occhi pollini in quanto, dalle analisi condotte e più dettagliatamente specificate nella relazione geologica-geotecnica, l'area risulta presentare un alto grado di suscettibilità a tale fenomeno. Dopo questo primo tratto in rilevato il tracciato prosegue in trincea e si approssima alla galleria artificiale in corrispondenza dell'interconnessione SP2, di nuova realizzazione prevista nel Comune di Bellusco, sopra la quale viene mantenuta la continuità della viabilità locale. La galleria GA01 si sviluppa per una lunghezza di circa 450 m. Dopo un tratto di circa 2400 m dove l'asse principale prosegue in trincea sottopassando l'interconnessione SP2 di futura realizzazione e attraversando la barriera di esazione prevista nell'intorno della pk 6+100, la morfologia del territorio consente di proseguire in rilevato per circa 800 m. In seguito fino al termine dell'intervento l'asse principale prosegue in trincea fino a raccordarsi alla TEEM e all'A4 in corrispondenza dell'attuale svincolo della TEEM mediante la realizzazione della nuova interconnessione con TEEMA4 che prevede un complesso sistema di rampe atto a garantire tutte le possibili manovre di svolta e coerentemente con lo stato di fatto dell'intersezione. Le interferenze con la viabilità locale sono state risolte mediante la realizzazione di cavalcavia in funzione delle condizioni al contorno riscontrate nell'area; si rimanda agli elaborati specifici per maggiori dettagli.

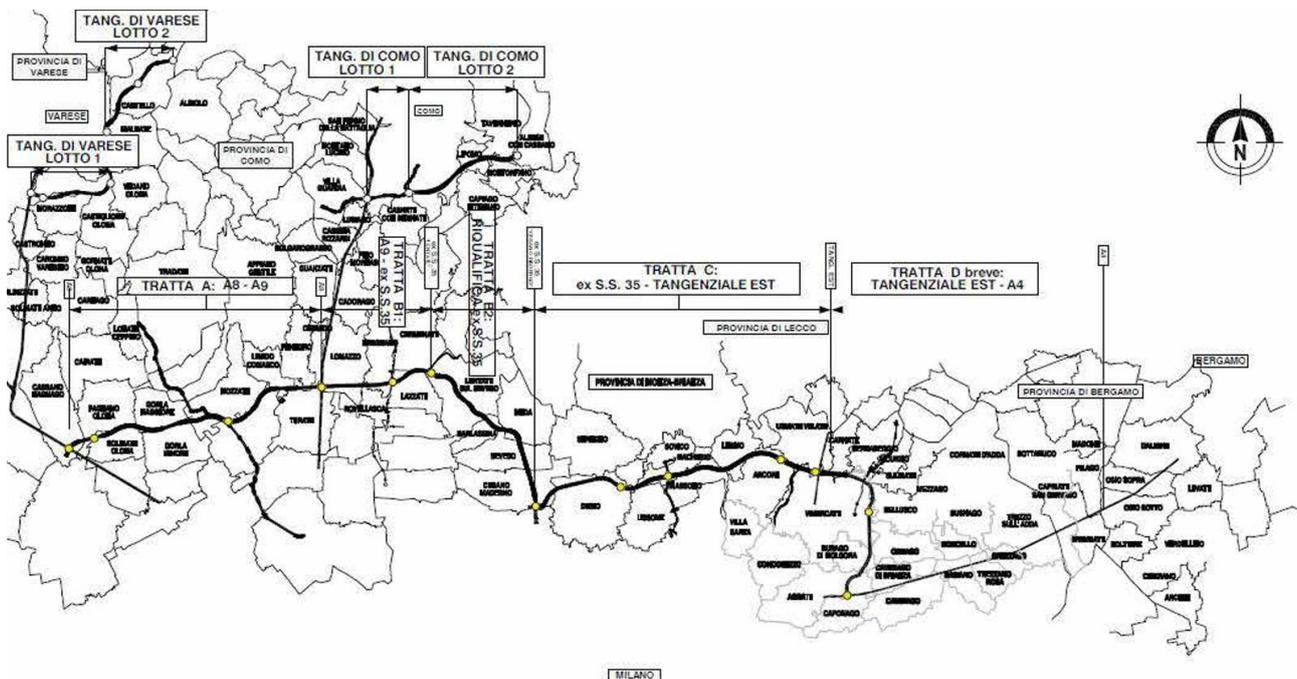


Figura 1 – Collegamento autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo

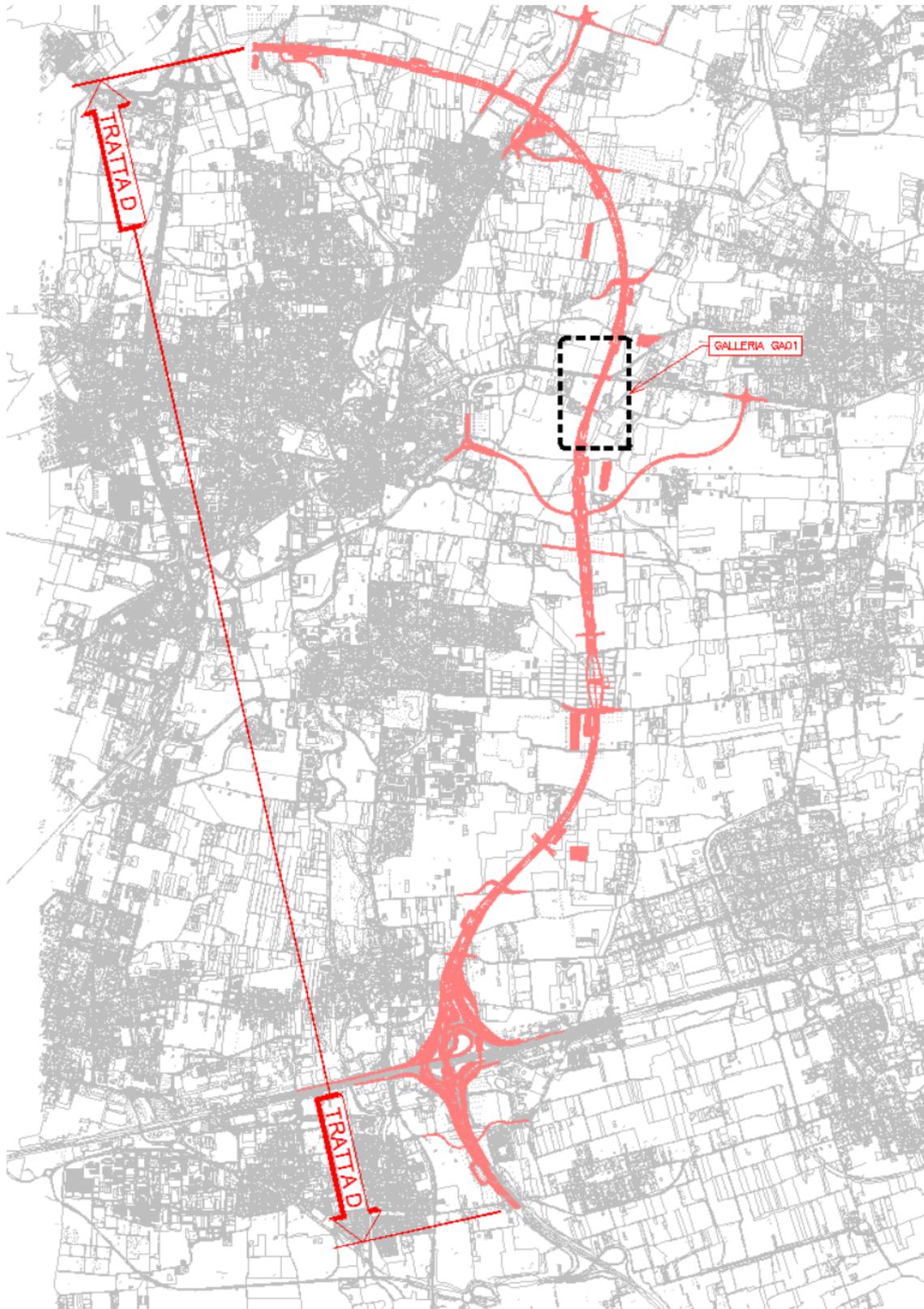


Figura 2 – Planimetria di inquadramento Tratta D breve



Figura 3 – Planimetria galleria artificiale GA01

2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Gli elaborati di progetto sono riportati nella tabella seguente.

Codice elaborato - nome file										Titolo
numero elaborato	Fase progettuale	Ambito	Tratta	Categoria	Opera	Parte d'opera	Tipologia	Progressivo	Revisione	
OPERE D'ARTE MAGGIORI - GALLERIE ARTIFICIALI										
MATERIALI										
1	D	SR	DD	A03	GA01	000	TB	001	A	Tabella materiali
GALLERIA ARTIFICIALE SP2										
2	D	GE	DD	A03	GA01	000	RI	001	A	Relazione descrittiva
3	D	GT	DD	A03	GA01	000	GT	001	A	Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica
4	D	GT	DD	A03	GA01	000	GN	001	A	Profilo Geologico e Geotecnico Galleria
5	D	SR	DD	A03	GA01	000	RC	001	A	Relazione di calcolo della Galleria Artificiale
6	D	SR	DD	A03	GA01	090	RC	001	A	Relazione di calcolo Muri di Imbocco
7	D	SR	DD	A03	GA01	080	RC	001	A	Relazione di calcolo Opere Provvisionali
8	D	SR	DD	A03	GA01	000	PL	001	A	Planimetria di Inquadramento
9	D	SR	DD	A03	GA01	000	PR	001	A	Profilo longitudinale carreggiata Nord - Tavola 1/2
10	D	SR	DD	A03	GA01	000	PR	002	A	Profilo longitudinale carreggiata Nord - Tavola 2/2
11	D	SR	DD	A03	GA01	000	PR	003	A	Profilo longitudinale carreggiata Sud - Tavola 1/2
12	D	SR	DD	A03	GA01	000	PR	004	A	Profilo longitudinale carreggiata Sud - Tavola 2/2
13	D	SR	DD	A03	GA01	000	ST	001	A	Sezioni tipo Galleria - Tavola 1/3
14	D	SR	DD	A03	GA01	000	ST	002	A	Sezioni tipo Galleria - Tavola 2/3
15	D	SR	DD	A03	GA01	000	ST	003	A	Sezioni tipo Galleria - Tavola 3/3
16	D	SR	DD	A03	GA01	000	ST	004	A	Sezioni trasversale Imbocco Nord
17	D	SR	DD	A03	GA01	000	ST	005	A	Sezioni trasversale Imbocco Sud
18	D	SR	DD	A03	GA01	120	PT	001	A	Planimetria Tracciamento Paratie
19	D	SR	DD	A03	GA01	120	PR	001	A	Sviluppata Paratia esterna carreggiata Nord - Tavola 1/2
20	D	SR	DD	A03	GA01	120	PR	002	A	Sviluppata Paratia esterna carreggiata Nord - Tavola 2/2
21	D	SR	DD	A03	GA01	120	PR	003	A	Sviluppata Paratia centrale - Tavola 1/2
22	D	SR	DD	A03	GA01	120	PR	004	A	Sviluppata Paratia centrale - Tavola 2/2
23	D	SR	DD	A03	GA01	120	PR	005	A	Sviluppata Paratia esterna carreggiata Sud - Tavola 1/2
24	D	SR	DD	A03	GA01	120	PR	006	A	Sviluppata Paratia esterna carreggiata Sud - Tavola 2/2
25	D	SR	DD	A03	GA01	260	PT	001	A	Planimetria Tracciamento Soletta di copertura - Tavola 1/3
26	D	SR	DD	A03	GA01	260	PT	002	A	Planimetria Tracciamento Soletta di copertura - Tavola 2/3
27	D	SR	DD	A03	GA01	260	PT	003	A	Planimetria Tracciamento Soletta di copertura - Tavola 3/3
28	D	SR	DD	A03	GA01	260	CA	001	A	Carpenterie Travi in CAP
29	D	SR	DD	A03	MU01	090	PL	001	A	Muri Imbocco Nord: Planimetria di Inquadramento
30	D	SR	DD	A03	MU02	090	PL	001	A	Muri Imbocco Sud: Planimetria di Inquadramento
31	D	SR	DD	A03	MU01	090	TV	001	A	MU01: Profilo e Sezioni
32	D	SR	DD	A03	MU02	090	TV	001	A	MU02: Profilo e Sezioni

33	D	SR	DD	A03	MU03	090	TV	001	A	MU03: Profilo e Sezioni
34	D	SR	DD	A03	MU04	090	TV	001	A	MU04: Profilo e Sezioni
35	D	SR	DD	A03	MU01	080	PL	001	A	Opere provvisionali Muri Imbocco Nord: Planimetria di Inquadramento
36	D	SR	DD	A03	MU02	080	PL	001	A	Opere provvisionali Muri Imbocco Sud: Planimetria di Inquadramento
37	D	SR	DD	A03	MU01	080	TV	001	A	Opere provvisionali MU01: Profilo e Sezioni
38	D	SR	DD	A03	MU02	080	TV	001	A	Opere provvisionali MU02: Profilo e Sezioni
39	D	SR	DD	A03	MU03	080	TV	001	A	Opere provvisionali MU03: Profilo e Sezioni
40	D	SR	DD	A03	MU04	080	TV	001	A	Opere provvisionali MU04: Profilo e Sezioni - Tavola 1/2
41	D	SR	DD	A03	MU04	080	TV	002	A	Opere provvisionali MU04: Profilo e Sezioni - Tavola 2/2
42	D	SR	DD	A03	GA01	000	FS	001	A	Fasi di scavo: planimetria Fase 1A
43	D	SR	DD	A03	GA01	000	FS	002	A	Fasi di scavo: planimetria Fase 1B
44	D	SR	DD	A03	GA01	000	FS	003	A	Fasi di scavo: planimetria Fase 1C
45	D	SR	DD	A03	GA01	000	FS	004	A	Fasi di scavo: planimetria Fase 1D
46	D	SR	DD	A03	GA01	000	FS	005	A	Fasi di scavo: planimetria Fase 2 - Imbocco Nord
47	D	SR	DD	A03	GA01	000	FS	006	A	Fasi di scavo: planimetria Fase 2 - Imbocco Sud
48	D	SR	DD	A03	GA01	000	FC	001	A	Fasi costruttive di realizzazione delle opere: Sezioni realizzazione Galleria
49	D	SR	DD	A03	GA01	000	FC	002	A	Fasi costruttive di realizzazione delle opere: Sezioni realizzazione Imbocchi – Tav. 1/2
50	D	SR	DD	A03	GA01	000	FC	003	A	Fasi costruttive di realizzazione delle opere: Sezioni realizzazione Imbocchi – Tav. 2/2
51	D	SR	DD	A03	GA01	000	PC	001	A	Particolari costruttivi e dettagli tipologici

3. NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

Il quadro normativo alla base del presente progetto definitivo viene di seguito riportato:

- Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”
- C.S.LL.PP., Circolare n°7 del 21/01/2019, Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14/01/2018”
- UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3 “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”
- UNI EN 1997-1:2005 Parte 1: Progettazione geotecnica - Regole generali
- UNI EN 1998-1:2005 “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”
- UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- UNI 11104: 2004: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità – istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1.

- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale.

Il progetto definitivo fa riferimento, inoltre, ai seguenti articoli di letteratura:

- Bustamante M. et Doix B., “Une méthode pour le calcul des tirants et des *micropieux injectés*”, Bulletin Liaison LCPC, Nov. - Dec. 1985.
- V. G. Berezantzev, « Design of Deep Foundations », LEnigrad Institute of Railway Engineers, Lenigrad, U.S.S.R.

4. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere di progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza, della classe di esposizione e del copriferro di progetto, nel rispetto delle indicazioni del DM 17/01/2018.

Calcestruzzo	Classe Resistenza	Classe di esposizione ambientale	c_{min} [mm]	Δc_{dev} [mm]	$\Delta c_{Vn=100}$ [mm]	$c_{min} + \Delta c_{dev} + \Delta c_{Vn=100}$	c [mm]
-	-	UNI EN 206	Circ.7/2019	tol. di posa	$V_N = 100$ anni	-	progetto
CLS Soletta fondazione	C25/30	XC2 - Ordinarie	20	10	10	40	50
CLS Diaframmi verticali	C25/30	XC2 - Ordinarie	20	10	10	40	60
CLS Cordoli e cappa collaborante	C32/40	XC2 - Ordinarie	25	10	10	45	45
CLS prefabbricati - cavi cap	C45/55	XA2 - Aggressive	40	5	10	55	55
CLS prefabbricati - armatura lenta			30	5	10	45	45
CLS contropareti	C25/30	XF2 - Aggressive	30	10	10	50	55
CLS muro di sostegno	C32/40	XF2 - Aggressive	30	10	10	50	50
CLS imbocco	C32/40	XF2 - Aggressive	30	10	10	50	50

4.1 MATERIALI STRUTTURALI PER C.A. IN OPERA

CLS	<i>Fondazione tiranti</i>		
Classe di resistenza	C20/25		
R_{ck}	25 MPa	Resistenza cubica	NTC 2018 - Tab. 4.1.1
$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	20,75 MPa	Resistenza a compr. cilindrica caratteristica	NTC 2018 - [11.2.1]
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	28,75 MPa	Resistenza a compr. cilindrica media	NTC 2018 - [11.2.2]
$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	2,27 MPa	Resistenza a trazione media	NTC 2018 - [11.2.3a]
$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	1,59 MPa	Resistenza a trazione caratteristica	NTC 2018 - §11.2.10.2
$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_c$	1,06 MPa	Resistenza di progetto a trazione	NTC 2018 - [4.1.4]
$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	2,72 MPa	Resistenza media a trazione per flessione	NTC 2018 - [11.2.4]
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	30200 MPa	Modulo Elastico	NTC 2018 - [11.2.5]
α_{cc}	0,85	coeff. riduttivo per carichi di lunga durata	NTC 2018 - [4.1.3]
γ_c	1,50	coeff. parziale di sicurezza	NTC 2018 - [4.1.3]
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	11,76 MPa	Resistenza di progetto a compressione	NTC 2018 - [4.1.3]

CLS	<i>Soletta fondazione/Diaframmi/Contropareti</i>		
Classe di resistenza	C25/30		
R_{ck}	30 MPa	Resistenza cubica	NTC 2018 - Tab. 4.1.1
$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,9 MPa	Resistenza a compr. cilindrica caratteristica	NTC 2018 - [11.2.1]
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,9 MPa	Resistenza a compr. cilindrica media	NTC 2018 - [11.2.2]
$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	2,56 MPa	Resistenza a trazione media	NTC 2018 - [11.2.3a]
$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	1,79 MPa	Resistenza a trazione caratteristica	NTC 2018 - §11.2.10.2
$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_c$	1,19 MPa	Resistenza di progetto a trazione	NTC 2018 - [4.1.4]
$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07 MPa	Resistenza media a trazione per flessione	NTC 2018 - [11.2.4]
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447 MPa	Modulo Elastico	NTC 2018 - [11.2.5]
α_{cc}	0,85	coeff. riduttivo per carichi di lunga durata	NTC 2018 - [4.1.3]
γ_c	1,50	coeff. parziale di sicurezza	NTC 2018 - [4.1.3]
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	14,11 MPa	Resistenza di progetto a compressione	NTC 2018 - [4.1.3]

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
 Progetto Definitivo Variante Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

CLS	<i>Cordoli/Cappa di completamento/Imbocco</i>		
Classe di resistenza	C32/40		
R _{ck}	40 MPa	Resistenza cubica	NTC 2018 - Tab. 4.1.I
f _{ck} = 0.83 R _{ck}	33,2 MPa	Resistenza a compr. cilindrica caratteristica	NTC 2018 - [11.2.1]
f _{cm} = f _{ck} + 8	41,2 MPa	Resistenza a compr. cilindrica media	NTC 2018 - [11.2.2]
f _{ctm} = 0.3 f _{ck} ^{2/3}	3,10 MPa	Resistenza a trazione media	NTC 2018 - [11.2.3a]
f _{ctk} = 0.7 f _{ctm}	2,17 MPa	Resistenza a trazione caratteristica	NTC 2018 - §11.2.10.2
f _{ctd} = f _{ctk} /γ _c	1,45 MPa	Resistenza di progetto a trazione	NTC 2018 - [4.1.4]
f _{cfm} = 1.2 f _{ctm}	3,72 MPa	Resistenza media a trazione per flessione	NTC 2018 - [11.2.4]
E _{cm} = 22000 (f _{cm} /10) ^{0.3}	33643 MPa	Modulo Elastico	NTC 2018 - [11.2.5]
α _{cc}	0,85	coeff. riduttivo per carichi di lunga durata	NTC 2018 - [4.1.3]
γ _c	1,50	coeff. parziale di sicurezza	NTC 2018 - [4.1.3]
f _{cd} = α _{cc} f _{ck} /γ _c	18,81 MPa	Resistenza di progetto a compressione	NTC 2018 - [4.1.3]

ACCIAIO	<i>Barre di armatura</i>		
Tipo	B450C		
f _{yk}	≥ 450 MPa	Tensione caratteristica di snervamento	NTC 2018 - Tab. 11.3.Ib
f _{tk}	≥ 540 MPa	Tensione caratteristica a carico massimo	NTC 2018 - Tab. 11.3.Ib
A _{gtk}	> 7.5 %	Allungamento a rottura	NTC 2018 - Tab. 11.3.Ib
(f _t /f _y) _k	1.15 ≤ (f _t /f _y) _k < 1.35	Rapporto tensione rottura/snervamento	NTC 2018 - Tab. 11.3.Ib
f _{yd} = f _{yk} /γ _s	391,3 MPa	Tensione di progetto a snervamento	NTC 2018 - [4.1.5]
γ _s	1,15	Coeff. parziale di sicurezza	NTC 2018 - §4.1.2.1.1.3
ρ	78,5 kN/m ³	Peso specifico	NTC 2018 - Tab. 3.1.I
E	210000 MPa	Modulo elastico	EC-2

ACCIAIO	<i>Trave di ripartizione</i>		
Tipo	S275		
ρ	78,5	kN/m ³	Peso specifico
E	210000	MPa	Modulo elastico
t	≤ 40	mm	spessore
f _{yk}	275	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
f _{tk}	430	MPa	Tensione caratteristica a rottura
γ _{M0}	1,05	-	Coeff. di sicurezza sezioni di classe 1-2-3-4
γ _{M1}	1,05	-	Coeff. di sicurezza instabilità
γ _{M2}	1,25	-	Coeff. di sicurezza frattura delle sezioni tese
ν	0,30	-	Coefficiente di Poisson
G = E/(2 (1+ν))	80769	MPa	Modulo di taglio
α	12 · 10 ⁻⁶	1/ °C	coeff. di espansione termico
ρ	78,5	kN/m ³	Peso specifico

ACCIAIO	<i>Tubolare berlinese</i>		
Tipo	S355		
ρ	78,5	kN/m ³	Peso specifico
E	210000	MPa	Modulo elastico
t	≤ 40	mm	spessore
f_{yk}	355	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
f_{tk}	510	MPa	Tensione caratteristica a rottura
γ_{M0}	1,05	-	Coeff. di sicurezza sezioni di classe 1-2-3-4
γ_{M1}	1,05	-	Coeff. di sicurezza instabilità
γ_{M2}	1,25	-	Coeff. di sicurezza frattura delle sezioni tese
ν	0,30	-	Coefficiente di Poisson
$G = E/(2(1+\nu))$	80769	MPa	Modulo di taglio
α	$12 \cdot 10^{-6}$	1/°C	coeff. di espansione termico
ρ	78,5	kN/m ³	Peso specifico

4.2 MATERIALI STRUTTURALI PER ELEMENTI PREFABBRICATI IN C.A.P.

CLS	<i>Travi in c.a.p.</i>		
Classe di resistenza	C45/55		
R_{ck}	55 MPa	Resistenza cubica	NTC 2018 - Tab. 4.1.1
$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	45,65 MPa	Resistenza a compr. cilindrica caratteristica	NTC 2018 - [11.2.1]
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	53,65 MPa	Resistenza a compr. cilindrica media	NTC 2018 - [11.2.2]
$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$	3,83 MPa	Resistenza a trazione media	NTC 2018 - [11.2.3a]
$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$	2,68 MPa	Resistenza a trazione caratteristica	NTC 2018 - §11.2.10.2
$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_c$	1,79 MPa	Resistenza di progetto a trazione	NTC 2018 - [4.1.4]
$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	4,60 MPa	Resistenza media a trazione per flessione	NTC 2018 - [11.2.4]
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	36416 MPa	Modulo Elastico	NTC 2018 - [11.2.5]
α_{cc}	0,85	coeff. riduttivo per carichi di lunga durata	NTC 2018 - [4.1.3]
γ_c	1,50	coeff. parziale di sicurezza	NTC 2018 - [4.1.3]
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$	25,87 MPa	Resistenza di progetto a compressione	NTC 2018 - [4.1.3]

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
 Progetto Definitivo Variante Tratta D
PROGETTO DEFINITIVO

ACCIAIO	<i>Armatura precompressione/Trefoli tiranti</i>		
Tipo	Trefoli		
f_{ptk}	≥ 1860 MPa	Tensione caratteristica al carico massimo	NTC 2018 - Tab. 11.3.VIII
$f_{p(0,1)k}$	na MPa	Tensione caratteristica allo 0.1% di deformazione residua	NTC 2018 - Tab. 11.3.VIII
$f_{p(1)k}$	1670 MPa	Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale	NTC 2018 - Tab. 11.3.VIII
f_{pyk}	na MPa	Tensione caratteristica di snervamento	NTC 2018 - Tab. 11.3.VIII
A_{gt}	> 3.5 %	Allungamento a rottura	NTC 2018 - Tab. 11.3.VIII
ρ_{1000}	2,5 %	Caduta di tensione per rilassamento dopo 1000 ore a $\sigma_{spi}=0.7f_{pt}$	NTC 2018 - Tab. 11.3.IX
E_p	195000 MPa	Modulo elastico	EC-2
γ_p	1,00	coeff. parziale di sicurezza ($\gamma_p=1.2$ per verifiche locali)	NTC 2018 - [4.1.8.1.1]

5. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La galleria artificiale GA01 ha uno sviluppo longitudinale in direzione Nord-Sud di circa 450m con un ricoprimento variabile di 1 ÷ 3m circa.

In sezione trasversale si hanno due canne separate dai diaframmi centrali, ciascuna con luce pari a circa 20m. Viene garantita un'altezza netta minima, misurata dal ciglio stradale più alto all'intradosso del solaio di copertura, di almeno 6.20m.

I diaframmi laterali e centrali hanno spessore strutturale pari a 1m, con contropareti di rivestimento di spessore pari a 25cm.

Il solaio di copertura della galleria è realizzato in travi precomprese con profilo di tipo UHP di altezza pari a 170cm, con soletta collaborante realizzata in opera di 25cm.

La platea di fondazione è "gradonata" longitudinalmente ed ha spessore pari a 120cm. L'imbocco della galleria artificiale è realizzato con una struttura di tipo scatolare composta da una soletta di fondazione di spessore pari a 120cm, da setti laterali e centrale di spessore pari a 150cm e da un solaio di copertura realizzato in parte con travi prefabbricate in c.a.p. ed in parte, lungo la zona di bordo, da una soletta piena di spessore pari a 200cm. A sostegno degli scavi realizzati in prossimità dell'inizio e della fine della galleria artificiale sono previste opere provvisorie costituite da una berlinese di micropali in c.a. $\phi 220$ mm ad interasse 300 mm e da diaframmi ad ala di lunghezza 2.5 m e spessore 1 m. Sia la berlinese che i quattro diaframmi ad ala sono ancorati con 2 ordini di tiranti. La trave di coronamento della berlinese ha dimensioni pari a 500x500 mm, mentre le travi di ripartizione che collegano ciascun livello di tiranti sono composte da HEB160 accoppiate e piastre di testata. Le opere di sostegno definitive poste all'imbocco della galleria artificiale sono invece costituite da muri in c.a. suddivisi in *MU-01* e *MU-03* a Nord aventi lunghezza di circa 103 m e 30m e in *MU-04* e *MU-02* a Sud per una lunghezza di circa 175 m e 31 m rispettivamente. I muri a Sud sono costituiti da una soletta di fondazione di spessore 1.2m e larghezza 5.4m e da un paramento di spessore 1.6-1 m e altezza 12.7m. I muri a Nord sono costituiti da una soletta di fondazione di spessore 1.2m e larghezza 5.8m e da un paramento di spessore 1.6-1 m e altezza 12.7m.

5.1 INQUADRAMENTO GENERALE

La galleria artificiale GA01 è situata tra il comune di Bellusco (MB) e il comune di Vimercate (MB) e intercetta ortogonalmente la strada provinciale SP2 Monza – Bellusco. La galleria artificiale si pone in un contesto territoriale appartenente al settore nord-occidentale della Pianura Padana il cui paesaggio geologico sepolto è molto articolato e complesso e si può immaginare costituito da vere e proprie montagne coperte da una potente successione di sedimenti di origine marina e fluviale.

Il territorio della Provincia di Monza e Brianza, dal punto di vista geologico, può essere distinto in 3 settori:

- l'area collinare;
- le pianure fluvioglaciali più antiche;

- la pianura terrazzata.

Il settore collinare è costituito dalle cerchie moreniche che si susseguono da Lesmo e Camparada verso nord fino al limite della provincia; mentre, a est, non sono presenti in modo significativo.

Sulla base delle risultanze della campagna di indagini e in accordo al profilo geologico, al quale si rimanda per ulteriori dettagli, i materiali presenti in sito risultano essere:

- depositi prevalentemente argillosi-limosi;
- depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi con rara ghiaia;
- depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, sabbioso ghiaiosi con ciottoli;
- depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, sabbioso ghiaiosi con ciottoli e locali banchi di conglomerati;
- conglomerati prevalenti con locali alternanze di sabbie e ghiaie.

L'area in cui verrà realizzata l'opera risulta interessata dal fenomeno degli "Occhi Pollini", fenomeno tipico dell'alta pianura lombarda e associato alla presenza di cavità nei terreni. Il fenomeno è stato oggetto di un primo approfondimento, recepito nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Monza e Brianza e, più recentemente, è stato realizzato l'aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della Provincia di Monza e Brianza, datato giugno 2020 e che si è concentrato solo su 15 Comuni posti nel settore nord-orientale, all'interno dei quali ricade anche gran parte dell'intervento in esame. In accordo a quanto riportato nella relazione geologica si osserva che:

- ricadono in area a suscettività moderata le porzioni estreme del tracciato in progetto, all'incirca fino al km 0+500 km e oltre 8+000 km
- gran parte dell'infrastruttura, circa tra 0+500 km e 4+500 km e tra 5+500 km e 7+000, attraversa zone a suscettività alta
- la restante porzione, circa tra 4+500 km e tra 5+500 km e 7+000 e 8+000 km riguarda settori a suscettività molto alta.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla "Relazione geologica e idrogeologica".

Le opere ricadenti nella GA01 sono:

- Galleria artificiale;
- Imbocchi galleria artificiale;
- Opere provvisorie:
 1. Berlinese;
 2. Diaframmi ad ala;
- Muri di sostegno.

Si rimanda al capitolo successivo per un maggiore approfondimento di tutte le opere costituenti la GA01.

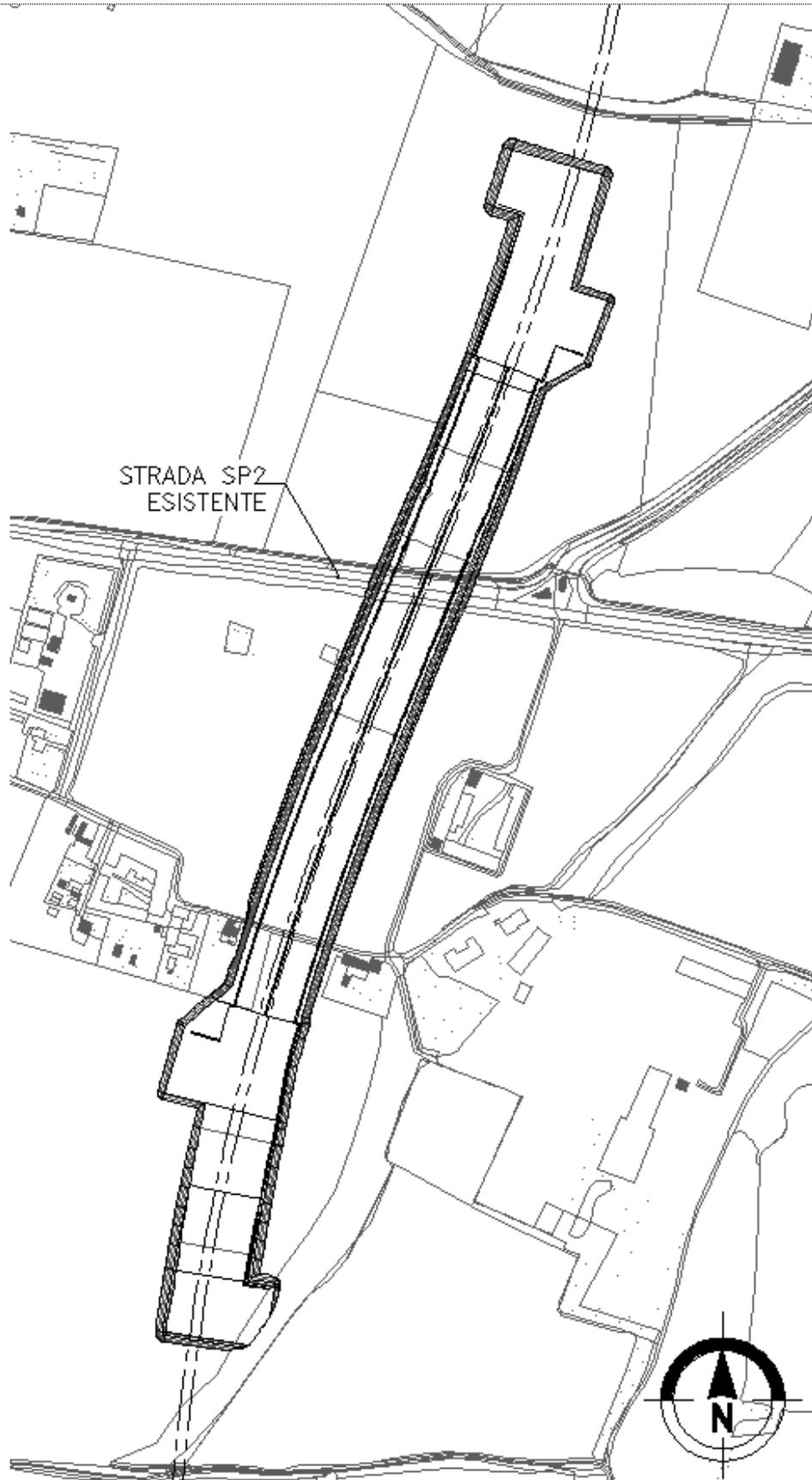


Figura 4 – Planimetria galleria artificiale GA01 e strada provinciale SP2

5.2 SEZIONI TIPO STRUTTURALI

5.2.1 Galleria artificiale

La sezione tipica della galleria artificiale GA01 è caratterizzata da una sezione a doppia canna scatolare. La galleria è costituita da due diaframmi laterali di spessore 1 m e lunghezza 22 m e da un diaframma centrale di 1 m di spessore e 27 m di lunghezza. La soletta di base di spessore 1.2 m è “gradonata” longitudinalmente in maniera tale da seguire l’andamento altimetrico del terreno e trasversalmente in modo da garantire una corretta pendenza alla sede stradale in curva. La copertura della galleria è invece realizzata mediante travi prefabbricate UHP di altezza pari a 170cm, rese collaboranti con la soletta superiore realizzata in opera di 25cm.

All’interno della sezione della galleria artificiale, oltre alla sede stradale, sono presenti due sicurvia per la protezione dal veicolo in svio, delle aree adibite al passaggio degli addetti alla manutenzione e delle canaline per la raccolta delle acque provenienti dalla piattaforma stradale. A protezione della galleria sono, inoltre, previste delle contropareti in c.a. ai lati dei diaframmi aventi uno spessore di 25 cm oltre alla impermeabilizzazione con guaina bituminosa e strato di tessuto non tessuto.

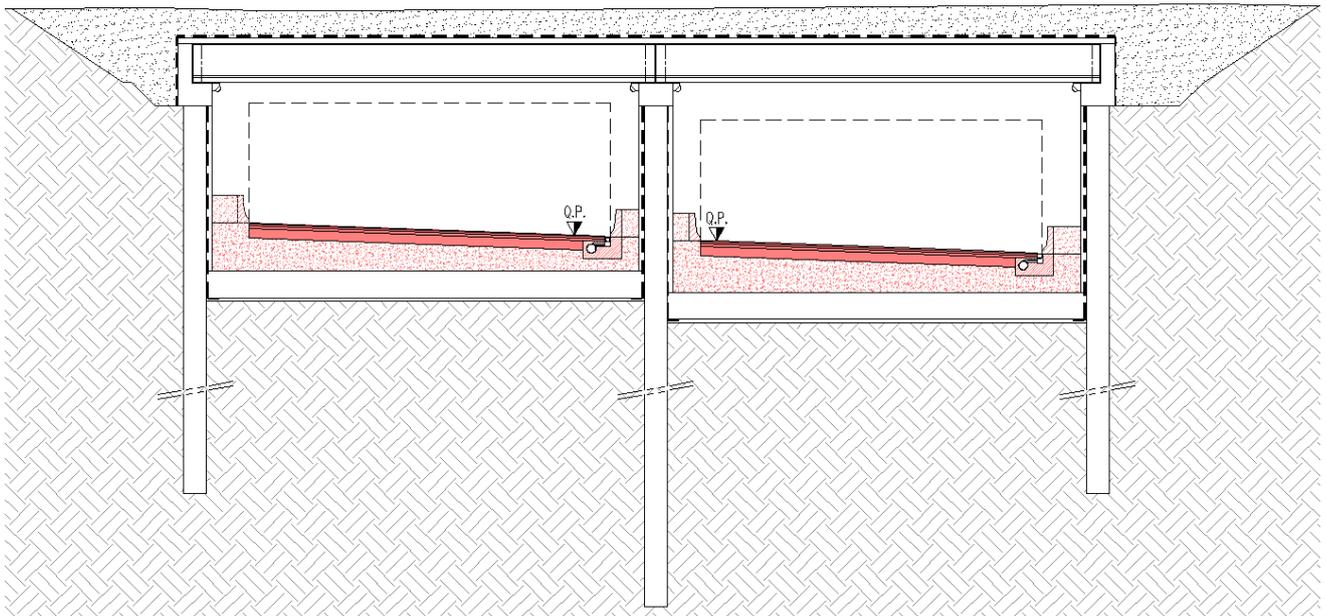


Figura 5 – Sezione trasversale galleria artificiale GA01

5.2.2 Imbocchi

L'imbocco a Nord e Sud della galleria artificiale è realizzato con una struttura di tipo scatolare composta da soletta di fondazione di spessore pari a 120cm, da setti laterali e centrale di spessore pari a 150cm e da un solaio di copertura realizzato in parte con travi prefabbricate in c.a.p. ed in parte, lungo la zona di bordo, da una soletta piena di spessore pari a 200cm. Il setto centrale, contrariamente a quelli laterali, è sghembo e presenta la stessa inclinazione della veletta in copertura.

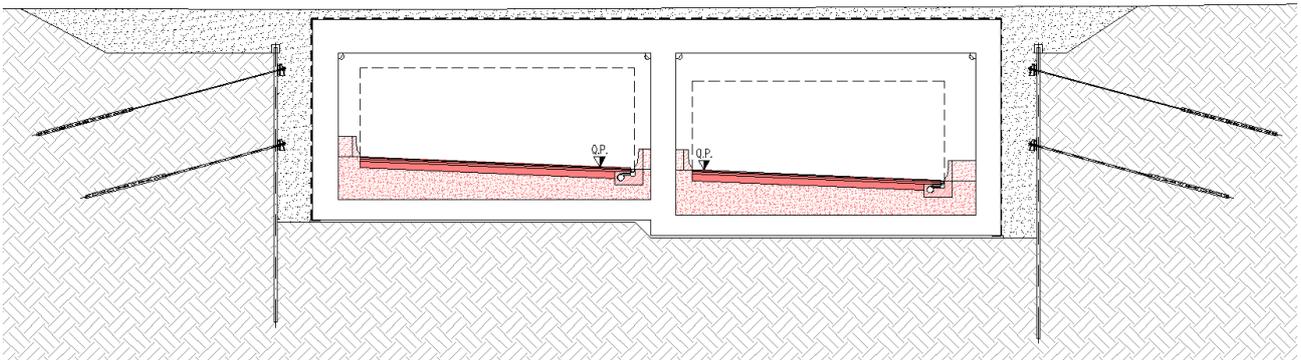


Figura 6 – Sezione trasversale imbocco

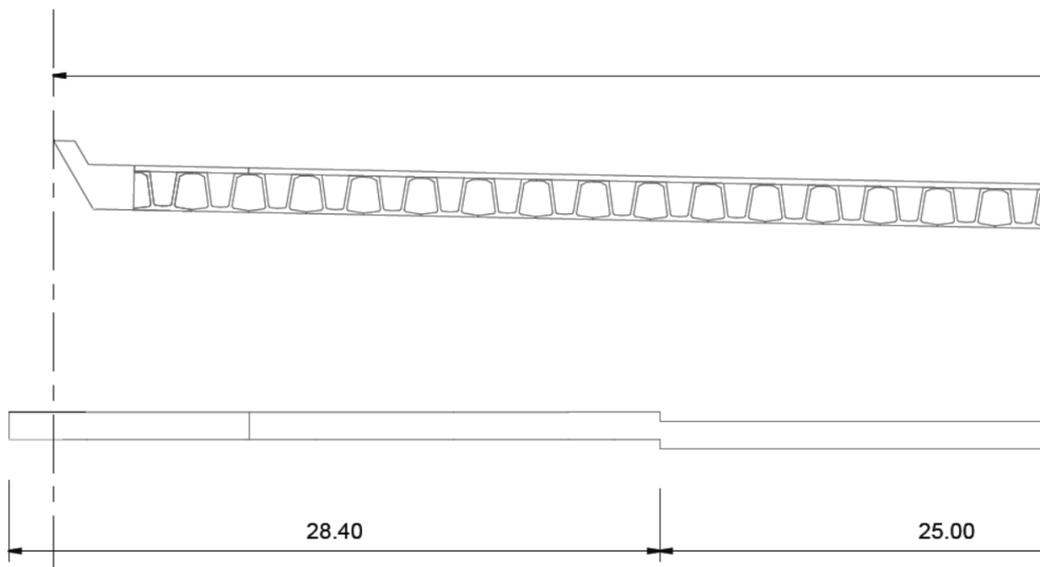


Figura 7 – Profilo longitudinale in prossimità dell'imbocco

5.2.3 Opere provvisorie

A sostegno degli scavi realizzati in prossimità dell'inizio e della fine della galleria artificiale sono previste opere provvisorie costituite da una berlinese di micropali in c.a. $\phi 220$ mm ad interasse 300 mm e da diaframmi ad ala di lunghezza 2.5 m e spessore 1 m. Sia la berlinese che i quattro diaframmi ad ala sono ancorati con 2 ordini di tiranti: sono composti da 5 trefoli da 0.6" pretesati, da un bulbo di fondazione di lunghezza variabile da 8.00 m a 5.00 m e diametro di perforazione pari a 200mm realizzato mediante tecnologia di esecuzione IRS. I tiranti sono posti ad un interasse orizzontale di 1.5m per la berlinese e di 2.5m per i diaframmi ad ala; l'interasse verticale è pari a 4.5m ed hanno un'inclinazione verticale pari a 15° rispetto l'orizzontale. La trave di coronamento della berlinese ha dimensioni pari a 500x500 mm, mentre le travi di ripartizione che collegano ciascun livello di tiranti sono composte da HEB160 accoppiate e piastre di testata. La realizzazione delle opere provvisorie a nord e sud della galleria per la protezione dello scavo sono necessarie per la successiva realizzazione dei muri di sostegno definitivi in c.a.

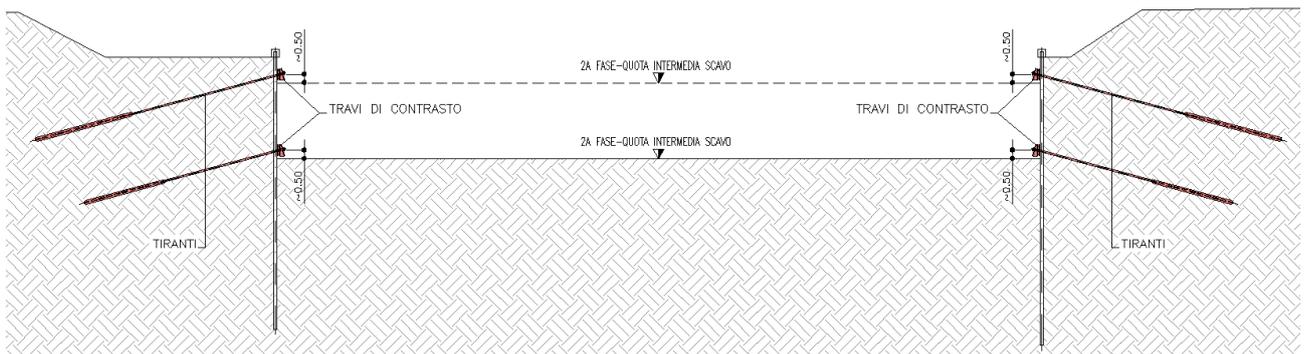


Figura 8 – Sezione tipologica berlinese

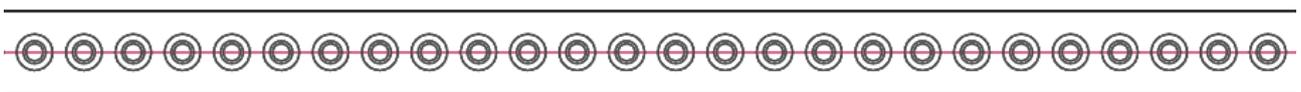


Figura 9 – Sezione micropali berlinese

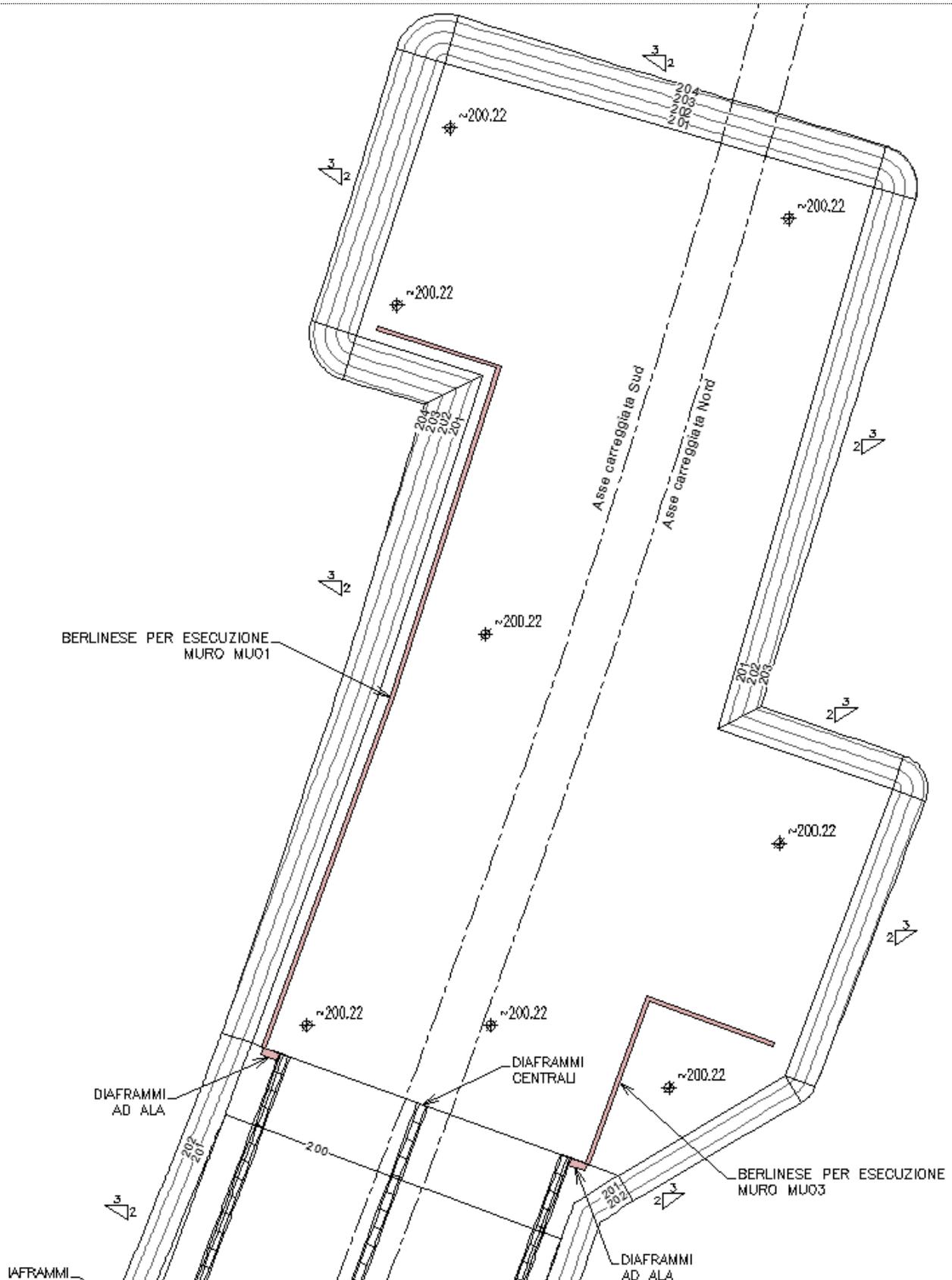


Figura 10 – Planimetria berlinese/diaframmi ad ala - Nord

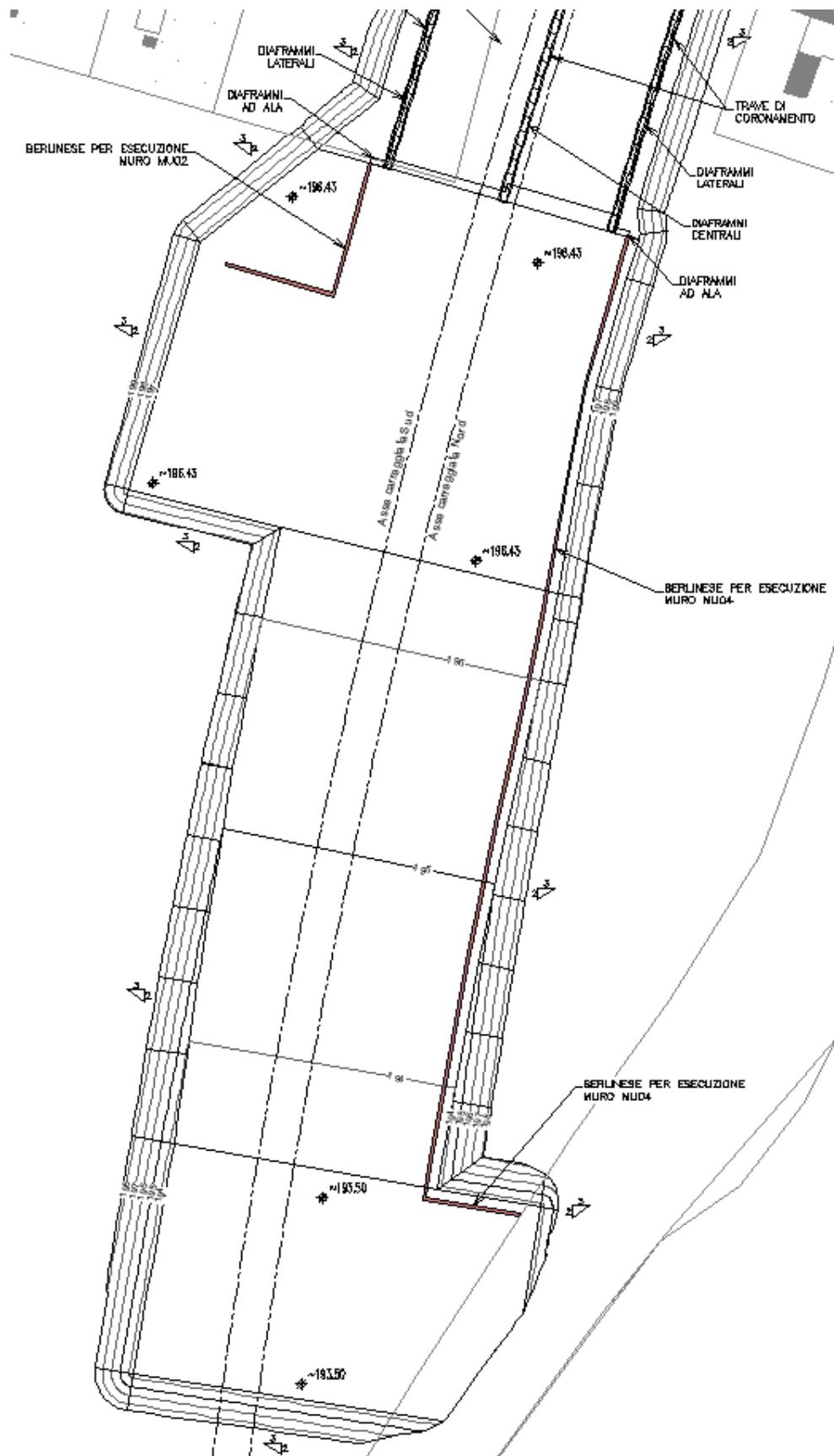


Figura 11 – Planimetria berlinese/diaframmi ad ala - Sud

5.2.4 Muri

Le opere di sostegno definitive poste all'imbocco della galleria artificiale sono costituite da muri in c.a. suddivisi in *MU-01* e *MU-03* a Nord e in *MU-04* e *MU-02* a Sud.

I muri a Nord sono costituiti da una soletta di fondazione di spessore 1.2m e larghezza 5.8m e da un paramento di spessore 1.6-1 m e altezza 12.7m. I muri a Sud sono costituiti da una soletta di fondazione di spessore 1.2m e larghezza 5.4m e da un paramento di spessore 1.6-1m e altezza 12.7m. L'estensione in pianta dei muri *MU-01* e *MU-03* è pari a 103m e 30m; mentre l'estensione dei muri *MU-04* e *MU-02* è pari a circa 175m e 31m rispettivamente.

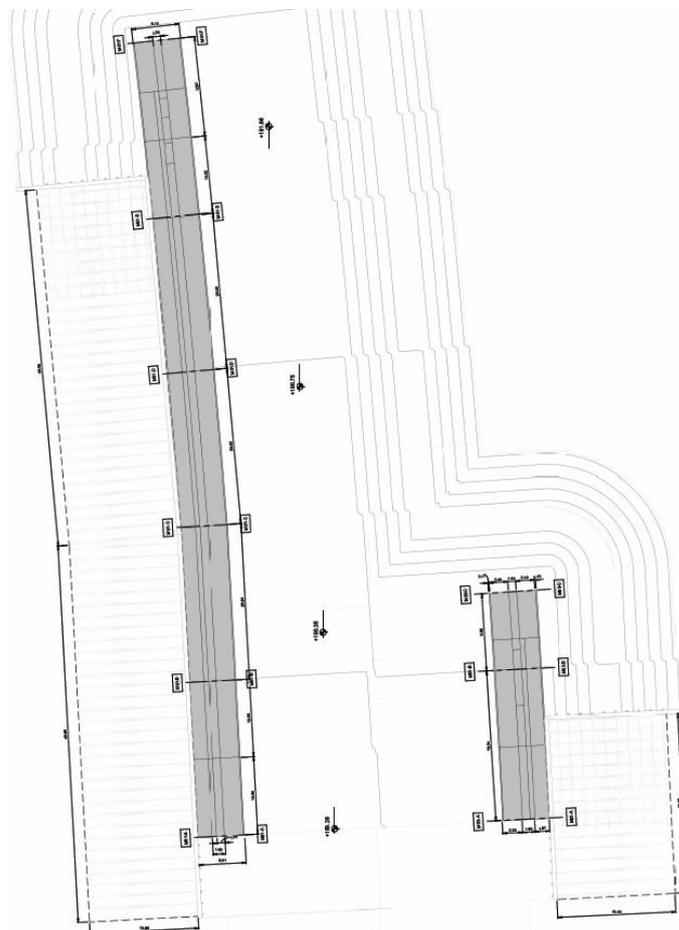


Figura 12 – Inquadramento planimetrico muri di sostegno – Lato Nord

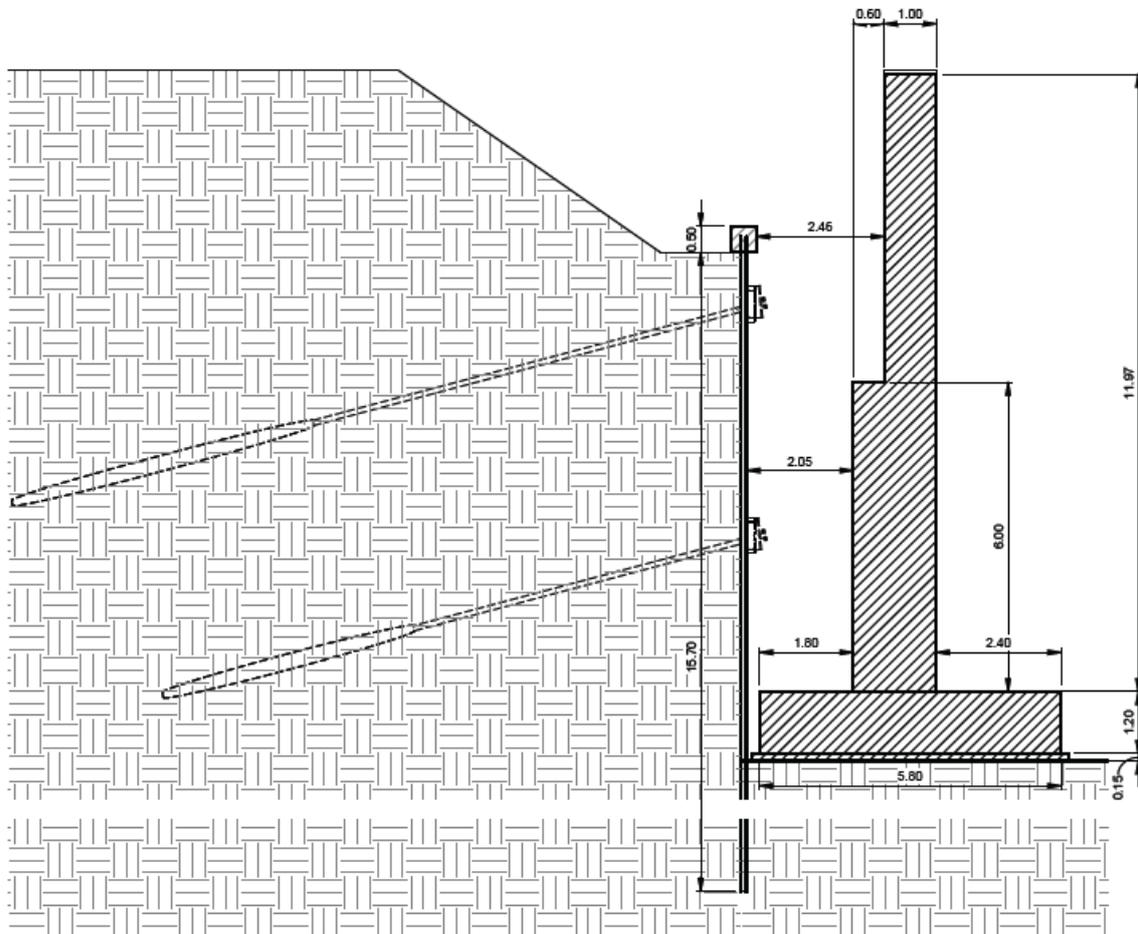


Figura 13 – Sezione tipologica muro di sostegno Nord

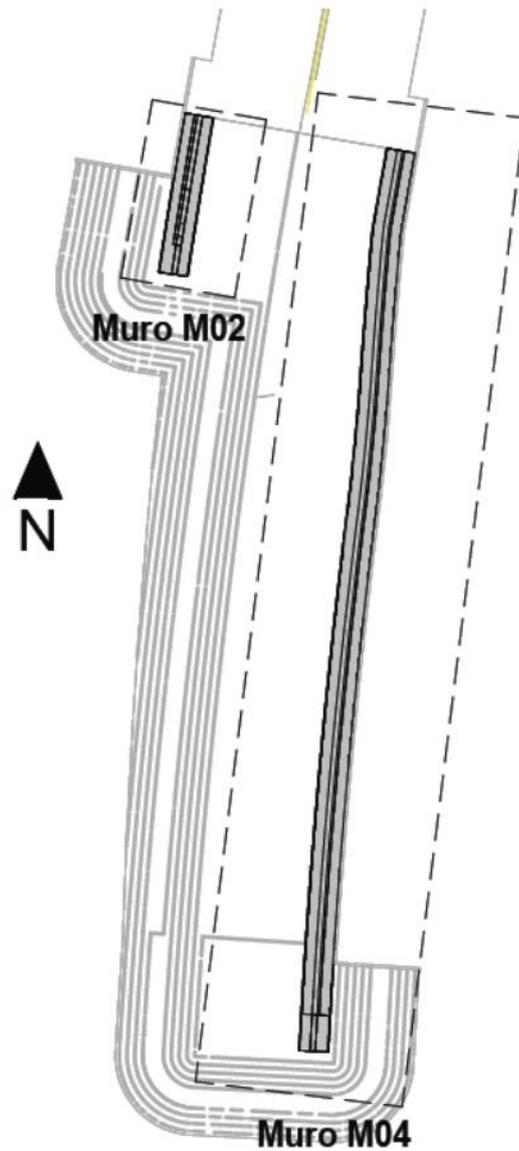


Figura 14 – Inquadramento planimetrico muri di sostegno – Lato Sud

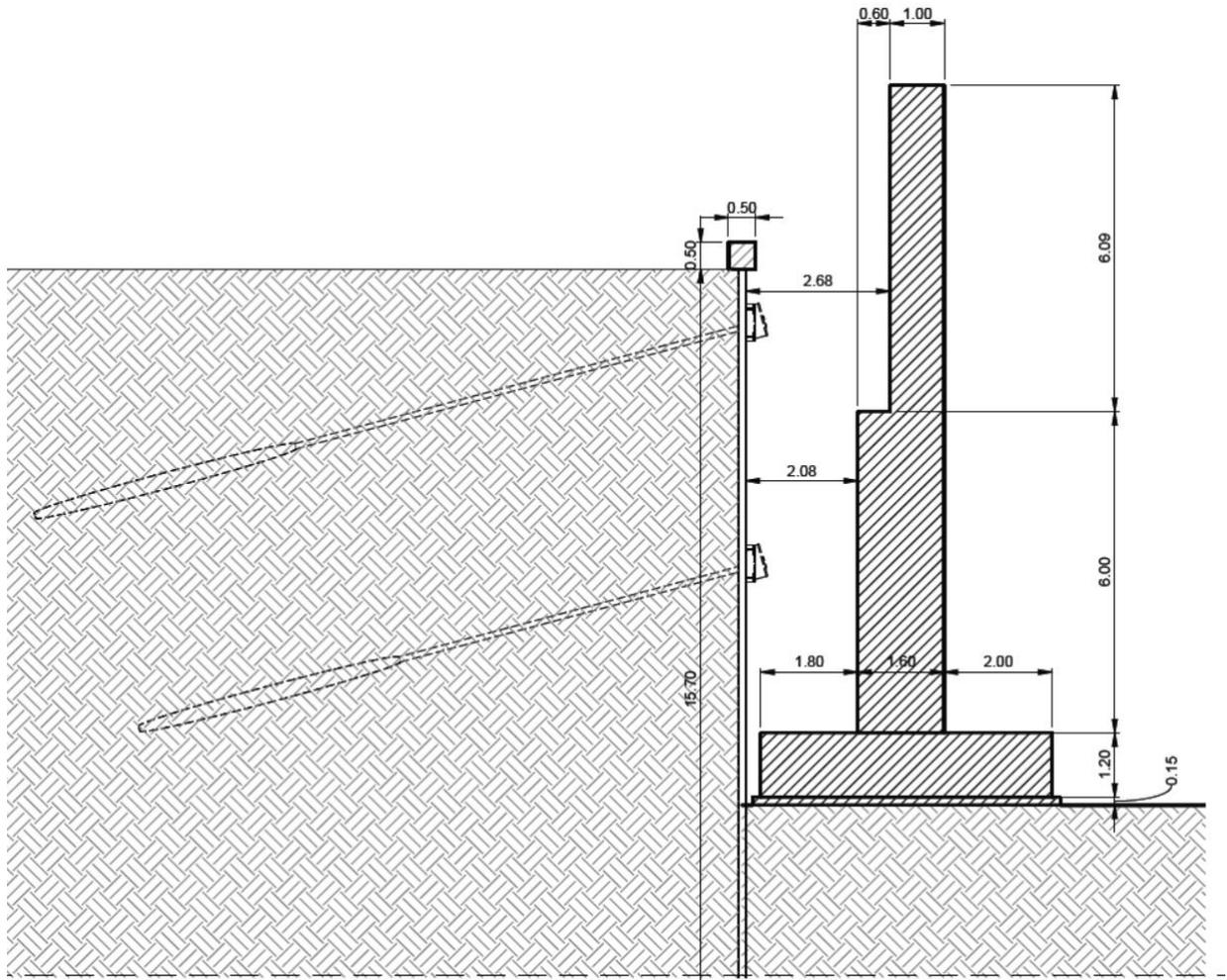


Figura 15 – Sezione tipologica muro di sostegno Sud

6. CONDIZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Una descrizione dettagliata sulle condizioni geologiche e geotecniche è fornita nella “Relazione geologica, sismica e geotecnica”.

Si riportano di seguito le informazioni essenziali necessarie per la progettazione delle opere.

6.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

La campagna di indagini geognostiche ha permesso di ricostruire le stratigrafie di progetto dell'area interessata.

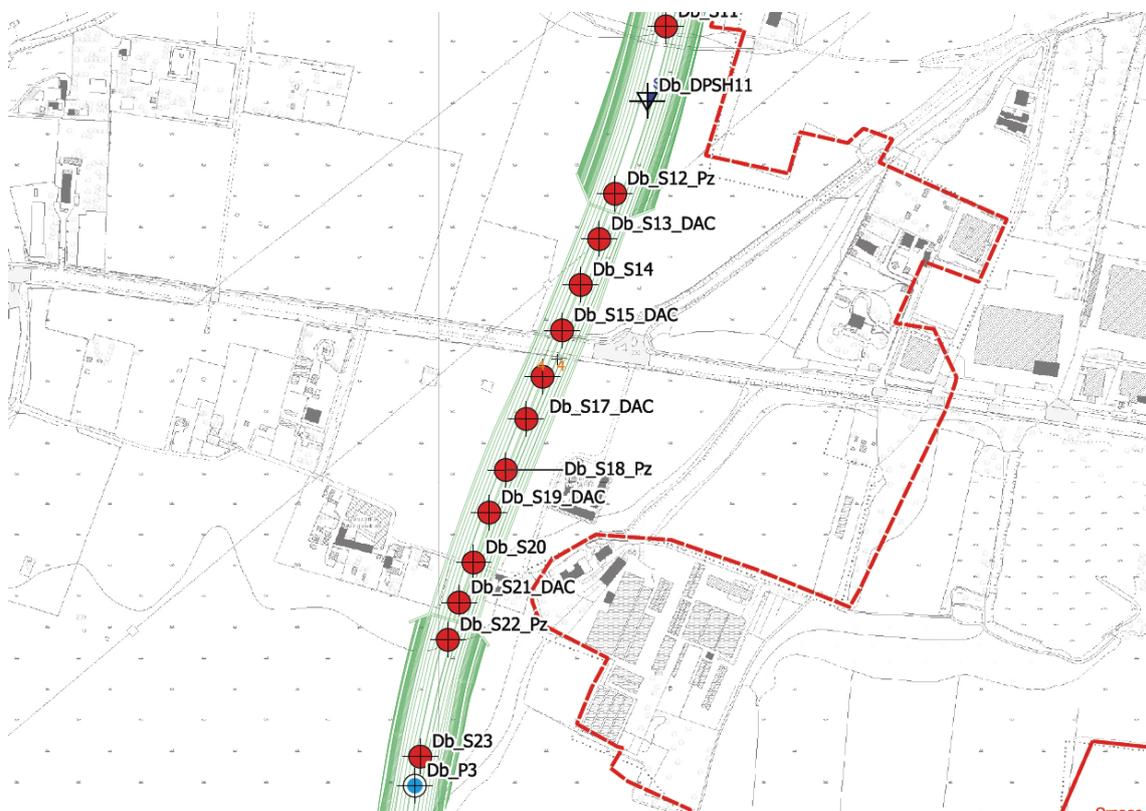


Figura 16 – Planimetria con ubicazione delle indagini

Nell'area in esame si rinviene un'alternanza di depositi sabbiosi, limoso-sabbiosi, ghiaioso-sabbiosi e argillosi. Si distingueranno due tipologie di materiali:

- terre a grana grossa (ghiaie, sabbie e limi sabbiosi);
- terre a grana fine (argille).

6.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la progettazione delle opere in oggetto si sono definiti n°2 profili stratigrafici, ognuno dei quali è stato definito sulla base dei sondaggi e delle prove ritenuti significativi:

Stratigrafia di riferimento	Sondaggi di riferimento
Stratigrafia 1	S12 – S14 - S16 – S18
Stratigrafia 2	S20 – S22

Tabella 1 - Stratigrafie e sondaggi di riferimento

I valori caratteristici dei parametri geotecnici rilevanti per le analisi qui presentate sono riepilogati in

Tabella 2 e

z^* = profondità dal tetto dello strato

Tabella 3 rispettivamente per la Stratigrafia 1 e per la Stratigrafia 2:

Strato	Materiale	Profondità		γ_n [kN/ m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	C_u [kPa]	E _{op} [MPa]
		Da [m da p.c.]	A [m da p.c.]					
0	Sabbia limosa	0,0	2,5	20	35	-	-	25
1	Limo sabbioso/sabbia limosa	2,5	8,0	20	30	-	-	25+1,82z*
2	Ghiaia sabbiosa	8,0	30,0	20	39	-	-	100+3,64z*
3	Sabbia limosa con ghiaia	30,0	34,0	20	35	-	-	100
4	Argilla	34,0	38,0	20	-	-	120	90
5	Sabbia limosa con ghiaia	38,0	-	20	36	-	-	110

z^* = profondità dal tetto dello strato

Tabella 2 - Stratigrafia 1 – Modello geotecnico – Parametri geotecnici caratteristici

Strato	Materiale	Profondità		γ_n [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	C _u [kPa]	E _{op} [MPa]
		Da [m da p.c.]	A [m da p.c.]					
0	Limo sabbioso/sabbia limosa	0,0	5,0	20	30	-	-	20
1	Ghiaia sabbiosa	5,0	8,0	20	38	-	-	80
2	Ghiaia sabbiosa	8,0	21,5	20	40	-	-	90+5,19z*
3	Argilla	21,5	27,0	20	-	-	110	50
4	Sabbia limosa con ghiaia	27,0	33,5	20	33	-	-	80
5	Argilla	33,5	38,0	20	-	-	120	80
6	Ghiaia sabbiosa	38,0	-	20	39	-	-	200

z* = profondità dal tetto dello strato

Tabella 3 - Stratigrafia 2 – Modello geotecnico – Parametri geotecnici caratteristici

6.3 LIVELLO DI FALDA

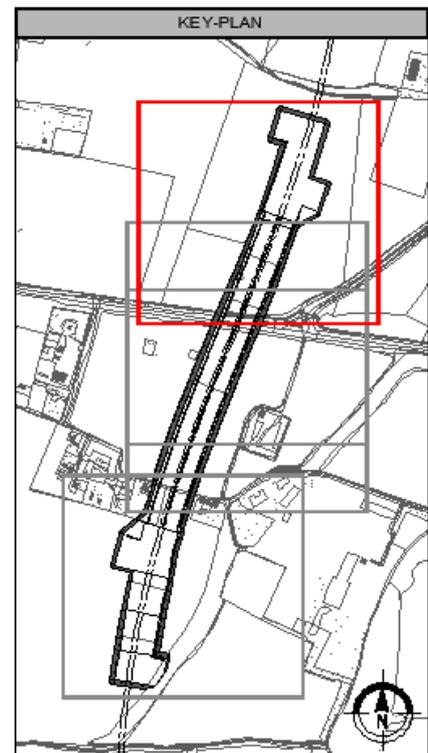
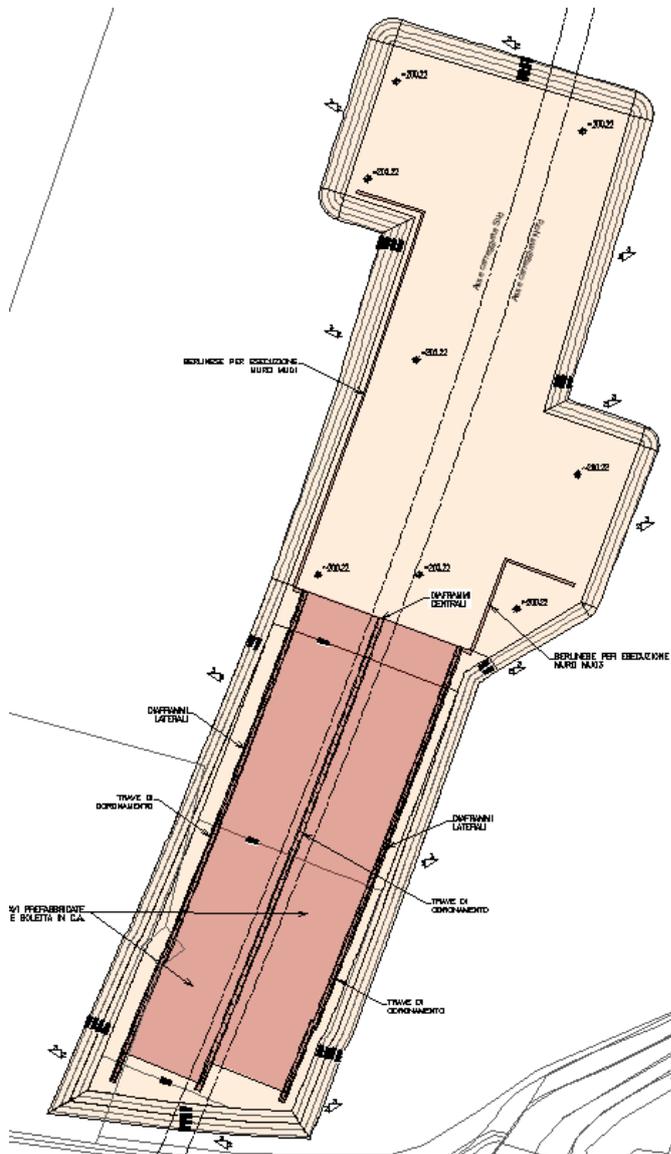
Il livello della falda acquifera è stato definito sulla base delle risultanze delle campagne d'indagini svolte, sulla base del profilo idrogeologico e sulla base della "Relazione Geologica e Idrogeologica". In via cautelativa si è assunto una profondità di falda di progetto pari a 20 m da piano campagna.

7. FASI ESECUTIVE

Le fasi realizzative delle opere in oggetto sono contraddistinte da 6 macrofasi principali:

FASE 1A

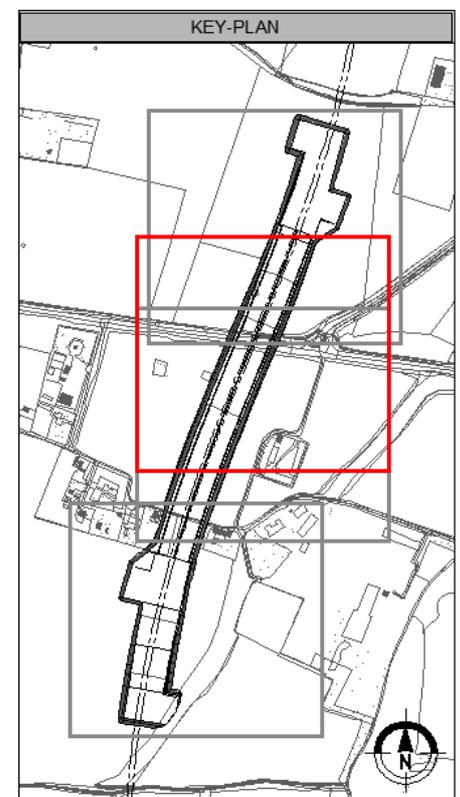
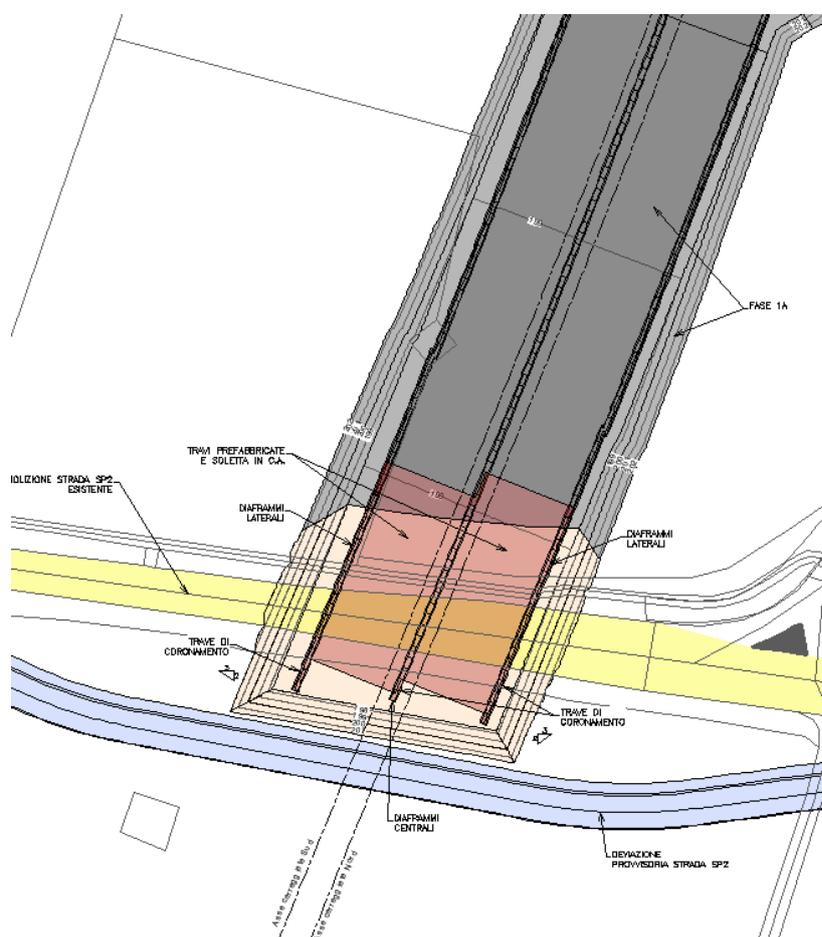
- Realizzazione dello scavo;
- Realizzazione delle due berlinesi per l'esecuzione del muro *MU-01* e *MU-03*;
- Scavo e getto di due solchi paralleli necessari all'infilaggio dei diaframmi laterali e centrale che evitano l'innescio di franamento del terreno verso l'interno dello scavo;
- Scavo della zona di terreno fino alla quota di imposta delle travi di copertura;
- Realizzazione della copertura con travi in c.a.p., soletta collaborante e cordolo;
- Operazione di rinterro;
- Scavo del terreno sotto copertura per step e realizzazione della soletta di base.



LEGENDA	
	SCAVI IN REALIZZAZIONE
	STRUTTURE IN REALIZZAZIONE

FASE 1B

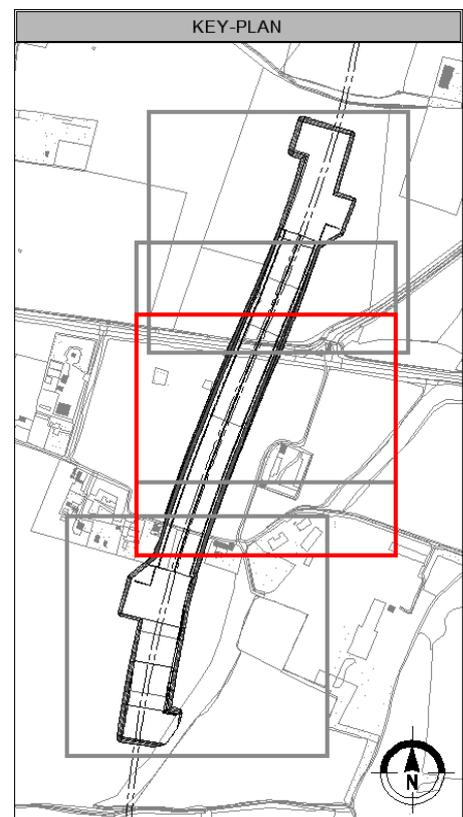
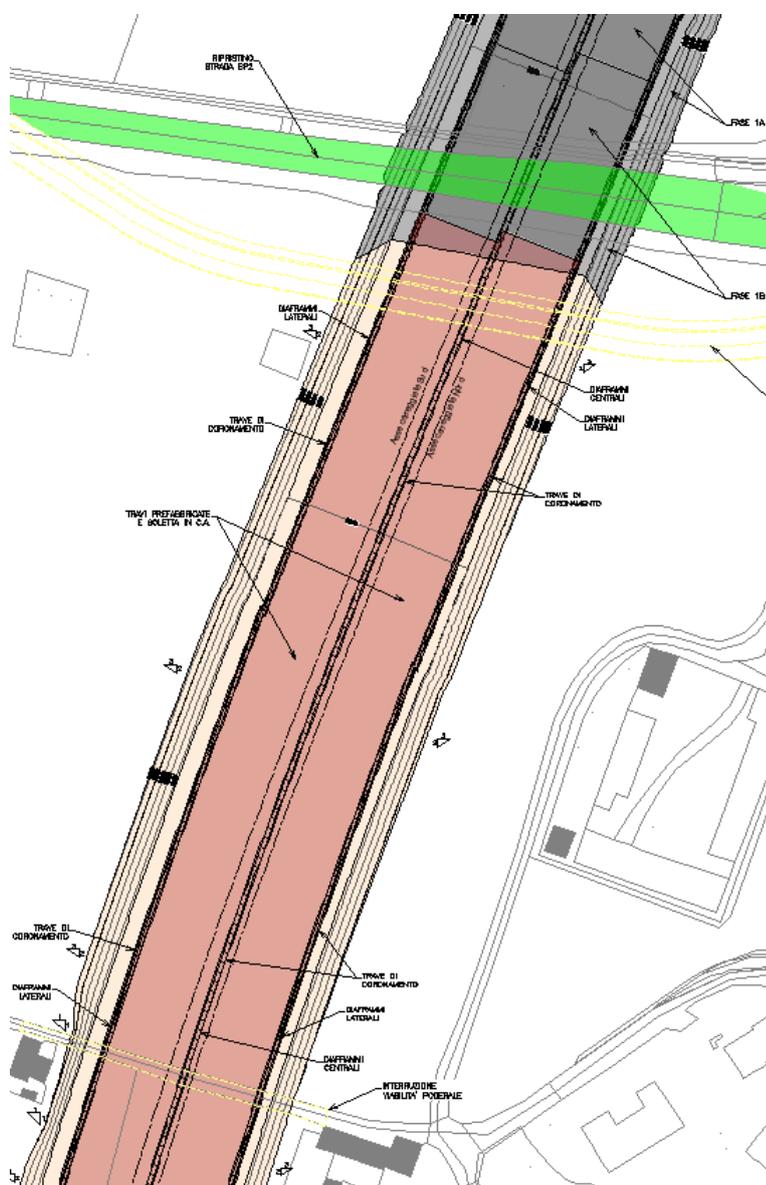
- Deviazione provvisoria strada SP2;
- Demolizione tratto strada SP2 esistente;
- Realizzazione dello scavo;
- Scavo e getto di due solchi paralleli necessari all'infilaggio dei diaframmi laterali e centrale che evitano l'innesco di franamento del terreno verso l'interno dello scavo;
- Scavo della zona di terreno fino alla quota di imposta delle travi di copertura;
- Realizzazione della copertura con travi in c.a.p., soletta collaborante e cordolo;
- Operazione di rinterro;
- Scavo del terreno sotto copertura per step e realizzazione della soletta di base.



LEGENDA	
	SCAVI IN REALIZZAZIONE
	STRUTTURE IN REALIZZAZIONE
	DEVIAZIONE PROVVISORIA
	DEMOLIZIONE
	SCAVI REALIZZATI IN FASE PRECEDENTE
	STRUTTURE REALIZZATE IN FASE PRECEDENTE

FASE 1C

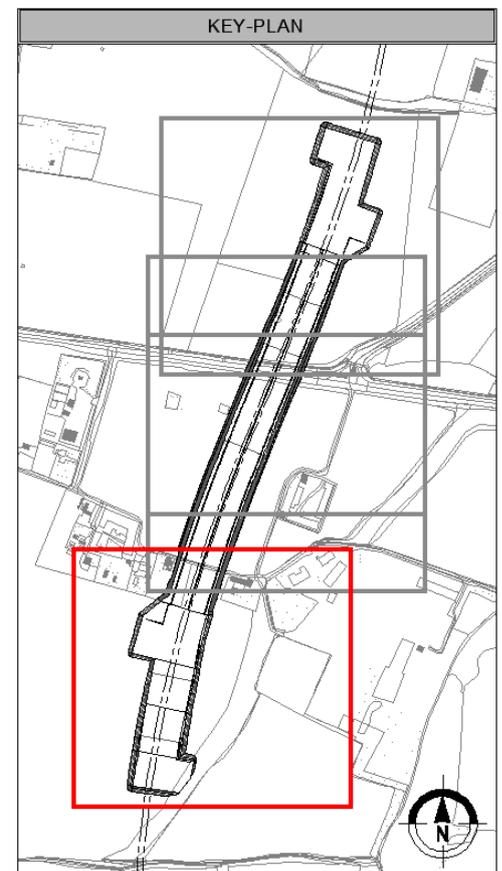
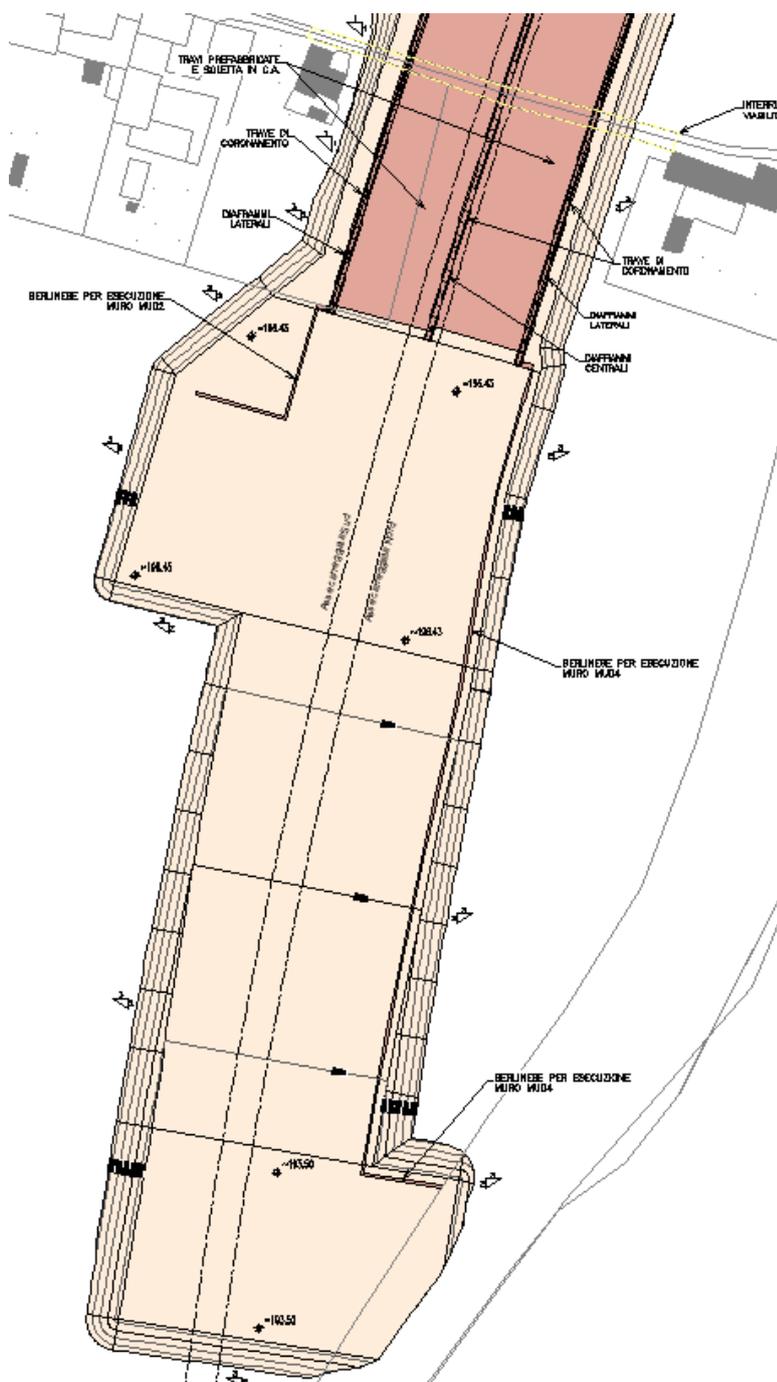
- Ripristino strada SP2;
- Demolizione viabilità provvisoria;
- Interruzione viabilità poderale;
- Realizzazione dello scavo;
- Scavo e getto di due solchi paralleli necessari all'infilaggio dei diaframmi laterali e centrale che evitano l'innescò di franamento del terreno verso l'interno dello scavo;
- Scavo della zona di terreno fino alla quota di imposta delle travi di copertura;
- Realizzazione della copertura con travi in c.a.p., soletta collaborante e cordolo;
- Operazione di rinterro e riapertura al traffico sovrastante (laddove presente);
- Scavo del terreno sotto copertura per step e realizzazione della soletta di base.



LEGENDA	
	SCAVI IN REALIZZAZIONE
	STRUTTURE IN REALIZZAZIONE
	RIPRISTINO STRADA SP2
	SCAVI REALIZZATI IN FASE PRECEDENTE
	STRUTTURE REALIZZATE IN FASE PRECEDENTE

FASE 1D

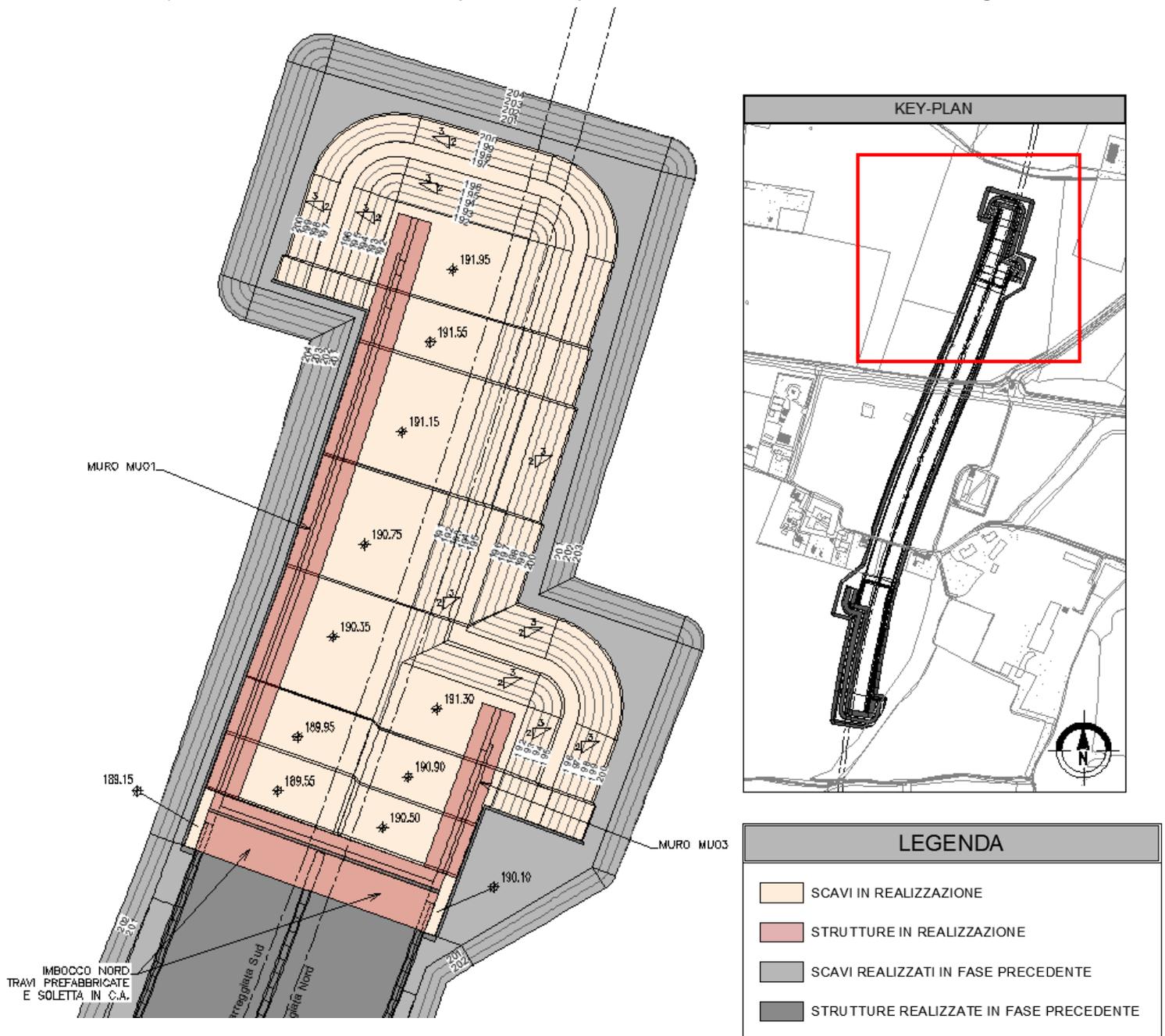
- Realizzazione dello scavo;
- Realizzazione delle due berlinesi per l'esecuzione del muro *MU-02* e *MU-04*;
- Scavo e getto di due solchi paralleli necessari all'infilaggio dei diaframmi laterali e centrale che evitano l'innescò di franamento del terreno verso l'interno dello scavo;
- Scavo della zona di terreno fino alla quota di imposta delle travi di copertura;
- Realizzazione della copertura con travi in c.a.p., soletta collaborante e cordolo;
- Operazione di rinterro;
- Scavo del terreno sotto copertura per step e realizzazione della soletta di base.



LEGENDA	
	SCAVI IN REALIZZAZIONE
	STRUTTURE IN REALIZZAZIONE

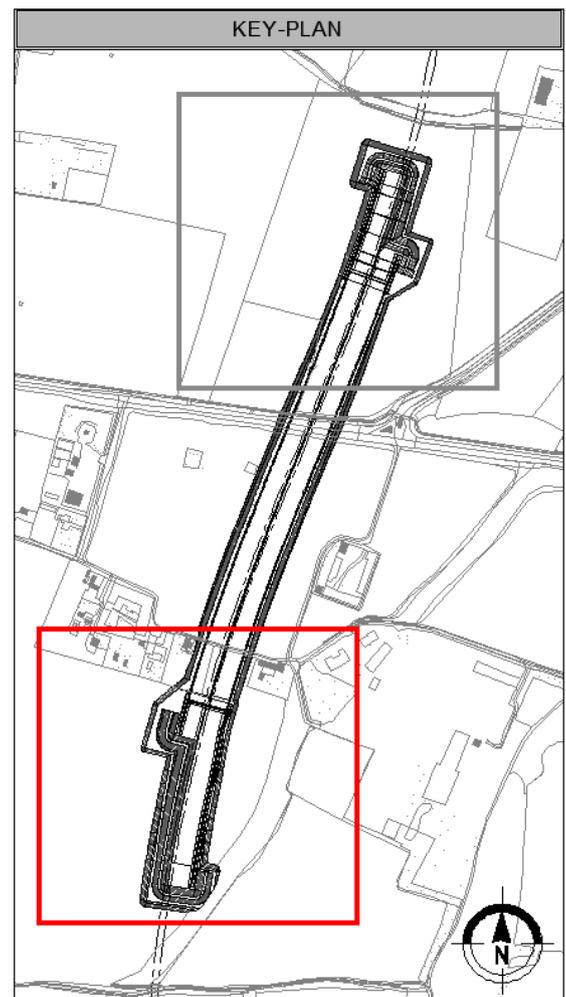
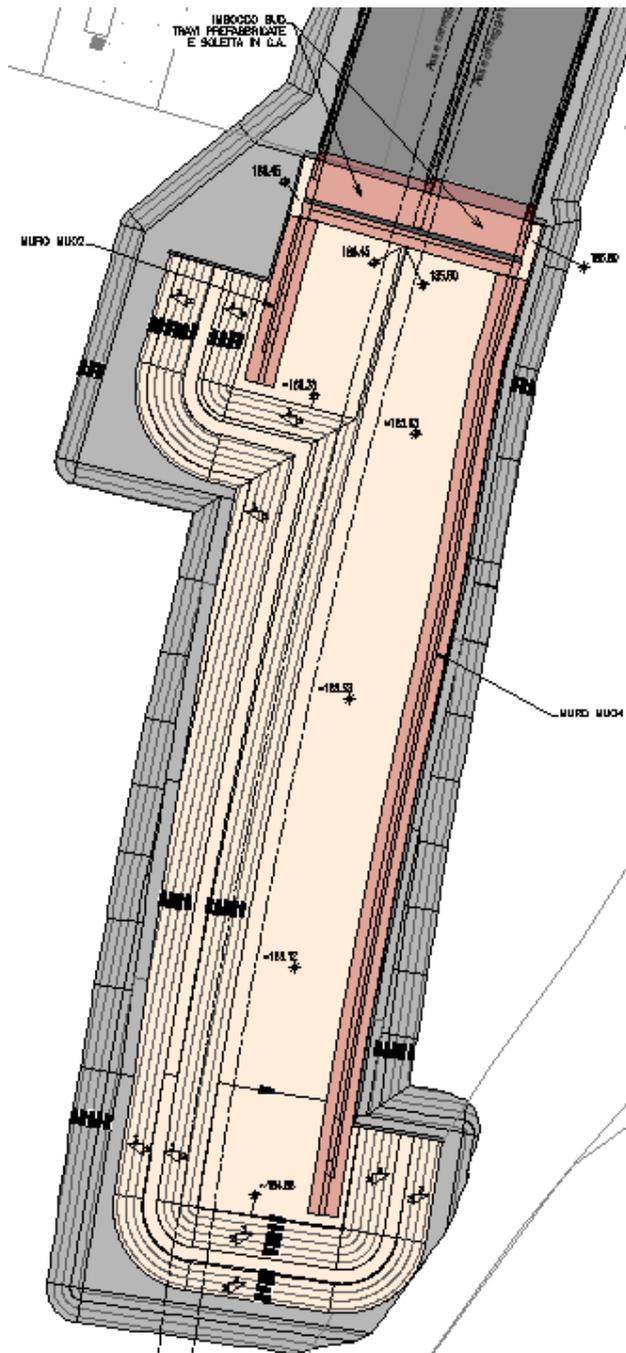
FASE 2A

- Realizzazione abbassamento dello scavo all'imbocco Nord della galleria;
- Realizzazione muro *MU-01* e *MU-03*;
- Realizzazione imbocco Nord:
 - i) Realizzazione soletta di base;
 - ii) Realizzazione diaframmi laterali e centrale e impermeabilizzazione pareti;
 - iii) Banchinaggio provvisorio per getto solettone di copertura;
 - iv) Realizzazione soletta superiore, impermeabilizzazione e ritombamento galleria.



FASE 2B

- Realizzazione abbassamento dello scavo all'imbocco Sud della GA01;
- Realizzazione muro *MU-02* e *MU-04*;
- Realizzazione imbocco Sud:
 - i) Realizzazione soletta di base;
 - ii) Realizzazione diaframmi laterali e centrale e impermeabilizzazione pareti;
 - iii) Banchinaggio provvisorio per getto solettone di copertura;
 - iv) Realizzazione soletta superiore, impermeabilizzazione e ritombamento galleria.



LEGENDA	
	SCAVI IN REALIZZAZIONE
	STRUTTURE IN REALIZZAZIONE
	SCAVI REALIZZATI IN FASE PRECEDENTE
	STRUTTURE REALIZZATE IN FASE PRECEDENTE

Le principali fasi esecutive dell'opera provvisoria sono le seguenti (con n° 2 ordini di tiranti):

- Sistemazione del versante e creazione del piano di lavoro per l'esecuzione della paratia;
- Realizzazione della berlinese di micropali in c.a. gettata in opera e realizzazione cordolo di testa in c.a.;
- Realizzazione dello scavo ribassato rispetto alla quota del primo ordine di tirante;
- Realizzazione del primo ordine di tiranti;
- Realizzazione scavo di ribasso rispetto alla quota del secondo ordine di tirante;
- Realizzazione del secondo ordine di tiranti e successivo scavo di ribasso (quando previsto);
- Realizzazione dello scavo fino alla quota di fondo scavo.

Le fasi esecutive della realizzazione del tirante sono le seguenti:

- Perforazione fino alla profondità di progetto;
- Formazione della guaina, consistente nel riempimento del foro con malta cementizia, facendola refluire a partire da fondo foro;
- Installazione nel foro del tirante, attrezzato con un tubo di iniezione, dotato nella parte inferiore di apposite valvole di non ritorno (Questa fase può precedere la formazione della guaina);
- Ad avvenuta maturazione della miscela di guaina si esegue l'iniezione in pressione utilizzando in successione tutte le valvole presenti;
- Ad avvenuta maturazione della malta di calcestruzzo, si esegue la tesatura dei trefoli.

Le fasi realizzative principali della galleria metodo "Milano" sono:

- Sbiancamento fino a quota intradosso travi galleria;
- Realizzazione cordoli guida per diaframmi centrali e laterali;
- Esecuzione diaframmi centrali e laterali;
- Scavo localizzato per esecuzione trave di coronamento;
- Scapitozzatura diaframmi laterali e centrale;
- Realizzazione trave di coronamento;
- Varo travi prefabbricate di copertura;
- Realizzazione soletta di copertura;
- Impermeabilizzazione e ritombamento fino a piano campagna;
- Scavo per realizzazione solettone di fondazione;
- Getto di pulizia e livellamento;
- Realizzazione impermeabilizzazione e solettone di fondazione;
- Completamento dell'impermeabilizzazione e getto delle contropareti;
- Completamento finiture galleria;
- Apertura all'esercizio.