

# S.G.C. E78 GROSSETO–FANO

Tratto Siena Bettolle (A1)

Adeguamento a 4 corsie del tratto Siena–Ruffolo (Lotto 0)

## PROGETTO DEFINITIVO

COD. FI-81

R.T.I. di PROGETTAZIONE: Mandataria Mandante



**PROGETTISTI:**

Ing. Riccardo Formichi – Pro Iter srl (Integratore prestazioni specialistiche)  
Ordine Ing. di Milano n. 18045

Ing. Riccardo Formichi – Pro Iter srl  
Ordine Ing. di Milano n. 18045

**IL GEOLOGO**

Dott. Geol. Massimo Mezzanica – Pro Iter srl  
Albo Geol. Lombardia n. A762

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

Ing. Enrico Moretti – Erre.vi.a. srl  
Ordine Ing. di Milano n. 16237

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

Ing. Raffaele Franco Carso



PROTOCOLLO

DATA

## 01 - Parte Generale

Relazione tecnica generale

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00EG00GENRE02B.pdf		
DPFI0081	D	20	CODICE ELAB. T00EG00GENRE02	B	-
D					
C					
B	Revisione per istruttoria ANAS		Maggio 2021	BADALACCO	VIGANO' FORMICHI
A	Emissione		Ottobre 2020	BADALACCO	VIGANO' FORMICHI
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO



# INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>STORIA E INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>8</b>
2.1	Inquadramento generale del progetto .....	8
<b>3</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>11</b>
3.1	Normative di Carattere Generale .....	11
3.2	Normativa progettazione strade .....	11
3.2.1	Normativa Italiana Strade.....	11
3.2.2	Normativa Barriere di Sicurezza .....	12
3.3	Normativa Strutturale e geotecnica.....	14
3.4	Normativa Idraulica .....	15
3.4.1	Normativa nazionale .....	15
3.4.2	Normativa regionale .....	16
3.4.3	Piano di bacino .....	16
3.5	Normativa Impianti .....	16
3.5.1	Note Generali .....	16
3.5.2	Marchi e Marcature .....	16
3.5.3	Illuminazione Artificiale gallerie con traffico motorizzato.....	16
3.5.4	Protezione dai Fulmini.....	17
3.6	Normativa Sicurezza .....	17
<b>4</b>	<b>STUDI GENERALI .....</b>	<b>18</b>
4.1	STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA .....	18
4.2	ANALISI TRASPORTISTICA .....	20
4.2.1	Obiettivi e attività dello studio.....	21
4.2.2	Analisi Macro - Scenario progettuale .....	22
4.2.3	Analisi Micro e di funzionalità.....	33
4.3	STUDIO ARCHEOLOGICO .....	33
4.4	STUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E SISMICO .....	40
4.4.1	Indagini geognostiche .....	40
4.4.2	Geologia.....	40
4.4.2.1	Depositi neogenici del versante tirrenico.....	42
4.4.2.1.1	Argille azzurre [Pliocene inf.].....	42

Relazione Tecnica Generale

**RTP di progettazione:**

**Mandataria**

**Mandanti**



4.4.2.1.2	Sabbie di San Vivaldo [Pliocene sup.].....	43
4.4.2.2	Depositi olocenici.....	43
4.4.2.2.1	Depositi eluvio-colluviali .....	43
4.4.2.2.2	Depositi alluvionali terrazzati.....	43
4.4.2.2.3	Depositi alluvionali.....	43
4.4.2.2.4	Depositi antropici.....	44
4.4.3	Geomorfologia .....	44
4.4.3.1	P.A.I. “Bacini Regionali Toscani” .....	45
4.4.3.2	P.A.I. “dissesti geomorfologici” .....	46
4.4.3.3	Geoportale Regione Toscana – Database geomorfologico .....	48
4.4.3.4	Inventario Fenomeni Franosi Italiani (I.F.F.I.) e piattaforma “IdroGEO”.....	49
4.4.3.5	Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) – Comune di Siena (2020) .....	50
4.4.3.6	Osservazione di foto aeree storiche e di immagini da drone .....	51
4.4.3.7	Cartografia dei fenomeni geomorfologici.....	51
4.4.4	Idrogeologia .....	53
4.4.5	Sismicità.....	56
4.4.6	Modello geologico di riferimento per la progettazione.....	59
4.4.7	Geotecnica.....	61
4.4.7.1	Caratterizzazione geotecnica dei terreni .....	61
4.4.7.2	Rilevati e trincee .....	63
4.4.7.3	Determinazione degli spessori di scotico e bonifica.....	64
4.4.7.4	Verifiche di stabilità.....	65
4.4.7.5	Verifiche dei cedimenti dei rilevati .....	65
4.5	PIANO GESTIONE MATERIE (PIANO DI UTILIZZO) .....	66
4.6	BILANCIO MATERIE .....	69
4.7	STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO.....	70
4.8	CARTOGRAFIA .....	72
4.8.1	Rilievo fotogrammetrico .....	72
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE DELL’OPERA.....</b>	<b>74</b>
5.1	Analisi dello Schema stradale dell’Area Senese .....	74
5.2	Analisi della situazione attuale ed opzione dello status quo .....	75
5.2.1	Analisi del tratto stradale esistente .....	75
5.2.2	Esame del tracciato nell’ipotesi di non intervento .....	79
5.2.3	Obiettivi della soluzione di intervento.....	80
<b>6</b>	<b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>82</b>

6.1	DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO .....	82
6.2	SINTESI DEGLI STANDARD PROGETTUALI ADOTTATI .....	83
6.3	PROGETTO STRADALE .....	84
6.3.1	Progetto asse principale.....	84
6.3.2	Svincolo di Cerchiaia.....	85
6.3.3	Svincolo di Ruffolo .....	86
6.3.4	Strada locale a destinazione particolare .....	87
6.4	SEZIONI TIPO .....	88
6.4.1	Asse principale.....	88
6.4.2	Rampe di svincolo.....	95
6.4.3	Pacchetti Pavimentazione.....	100
6.4.4	Barriere di Sicurezza.....	101
6.5	OPERE IDRAULICHE.....	105
6.5.1	Interventi di progetto per la verifica della compatibilità idraulica .....	105
6.5.2	Descrizione del sistema di drenaggio della piattaforma stradale .....	107
6.5.3	Sezioni tipologiche .....	109
6.5.3.1	Sezione in rilevato .....	109
6.5.3.2	Sezione in viadotto .....	110
6.5.3.3	Sezione in galleria .....	110
6.6	OPERE D'ARTE MAGGIORI .....	111
6.6.1	Viadotti .....	111
6.6.1.1	Aspetti generali.....	111
6.6.1.2	Viadotto Tressa Est .....	111
6.6.1.3	Viadotto Tressa Ovest .....	115
6.6.1.4	Viadotto Luglie .....	119
6.6.1.5	Viadotto Valli.....	122
6.6.1.6	Viadotto Casone .....	126
6.6.1.7	Viadotto Ribucciano.....	130
6.6.1.8	Viadotto Riluogo Ovest 1 .....	134
6.6.1.9	Viadotto Riluogo Ovest 2 .....	136
6.6.1.10	Viadotto Riluogo Est 1 .....	137
6.6.1.11	Viadotto Riluogo Est 2 .....	138
6.6.2	Ponti e Cavalcavia .....	140
6.6.2.1	Cavalcavia svincolo Cerchiaia .....	140
6.6.2.2	Ponte torrente Tressa Rampa Gr-Fi Svincolo Cerchiaia .....	142
6.6.2.3	Ponte Fosso Borrino Rampa Fa-Si Svincolo Ruffolo .....	146
6.6.2.4	Ponte Fosso Borrino Rampa Gr-Si Svincolo Ruffolo.....	149

Relazione Tecnica Generale

**RTP di progettazione:**

**Mandataria**

**Mandanti**



6.6.2.5	Viadotto Rampa Si-Gr Svincolo Ruffolo .....	152
6.6.2.6	Ponte linea ferroviaria Siena Buonconvento .....	155
6.6.3	Gallerie.....	162
6.6.3.1	Galleria San Lazzerò .....	163
6.6.3.1.1	Contesto geologico.....	165
6.6.3.1.2	Descrizione delle sezioni tipo .....	167
6.6.3.1.3	Descrizione delle opere di imbocco.....	176
6.6.3.1.4	Fasi esecutive – galleria San Lazzerò.....	180
6.6.3.2	Galleria Bucciano.....	183
6.6.3.2.1	Contesto geologico.....	186
6.6.3.2.2	Descrizione delle sezioni tipo .....	187
6.6.3.2.3	Descrizione delle opere di imbocco.....	191
6.6.3.2.4	Fasi esecutive – Galleria Bucciano .....	203
6.6.3.3	Monitoraggio .....	205
6.7	OPERE D'ARTE MINORI.....	207
6.7.1	Sottovia stradali.....	207
6.7.2	Ponticelli e manufatti idraulici.....	208
6.7.2.1	Manufatto scatolare Torrente Rilugo .....	208
6.7.2.2	Ponte Torrente Rilugo strada accesso aree interne svincolo ruffolo.....	210
6.7.2.3	Ponte Fosso Borrino Strada Poderale Svincolo Ruffolo.....	212
6.7.2.4	Ponte Fosso Borrino Rampa Si-Fa Svincolo Ruffolo .....	213
6.7.3	Opere di sostegno.....	215
6.7.4	Paratie di pali .....	217
6.8	IMPIANTI TECNOLOGICI .....	219
6.8.1	Impianti elettrici gallerie.....	219
6.8.1.1	Funzionamento impianto .....	220
6.8.2	Impianti elettrici svincoli .....	220
<b>7</b>	<b>ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE .....</b>	<b>222</b>
<b>8</b>	<b>FASI ESECUTIVE .....</b>	<b>228</b>
<b>9</b>	<b>CAVE E DISCARICHE .....</b>	<b>229</b>
<b>10</b>	<b>INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE .....</b>	<b>233</b>
10.1	STUDIO ARCHITETTONICO.....	238
10.2	STUDIO ACUSTICO .....	249
10.2.1	Premessa.....	249
10.2.2	Valutazione previsionale di clima acustico.....	250

Relazione Tecnica Generale

**RTP di progettazione:**

**Mandataria**

**Mandanti**

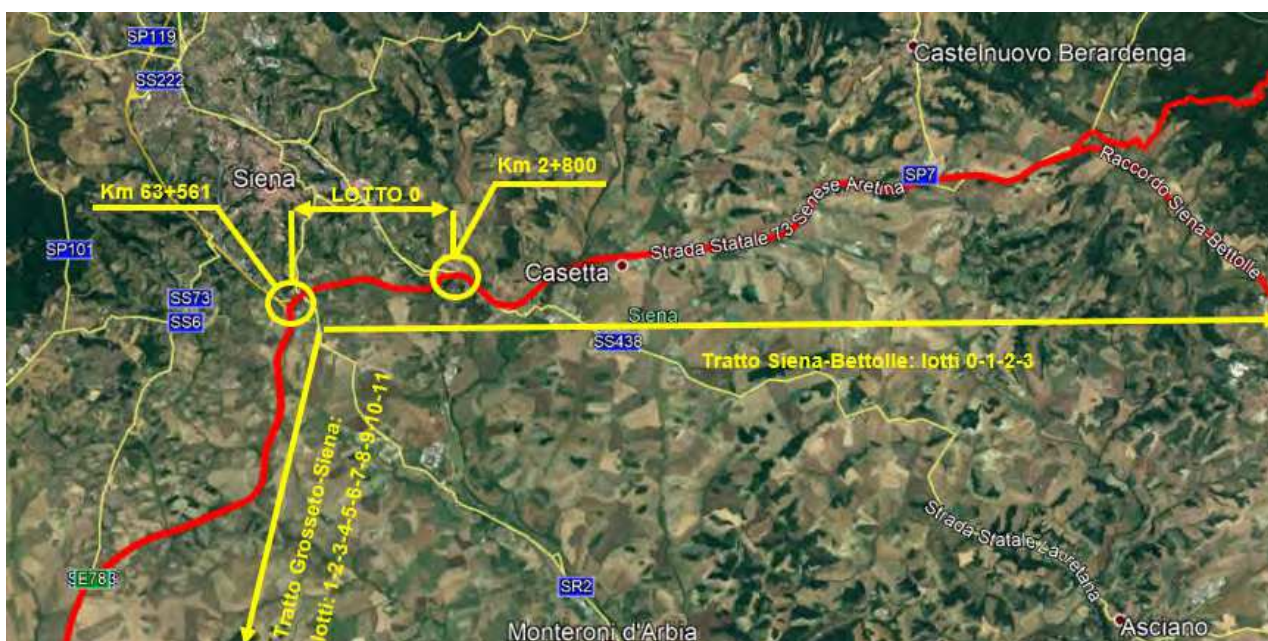


<b>11</b>	<b>PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE.....</b>	<b>253</b>
11.1	PREMESSA .....	253
11.2	OBIETTIVI GENERALI.....	253
11.3	ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEL MONITORAGGIO .....	254
11.4	MODALITÀ DI REDAZIONE ED ATTUAZIONE DEL PMA.....	254
11.5	FATTORI AMBIENTALI E/O AGENTI FISICI CONTENUTI NEL PMA.....	255
<b>12</b>	<b>INTERFERENZE PP.SS.....</b>	<b>257</b>
<b>13</b>	<b>ESPROPRI .....</b>	<b>258</b>
<b>14</b>	<b>LINEE GUIDA PIANO DI COORDINAMENTO E SICUREZZA.....</b>	<b>259</b>
<b>15</b>	<b>BONIFICA ORDIGNI BELLICI .....</b>	<b>260</b>
<b>16</b>	<b>CRONOPROGRAMMA .....</b>	<b>261</b>
<b>17</b>	<b>QUADRO ECONOMICO .....</b>	<b>262</b>

## 1 PREMESSA

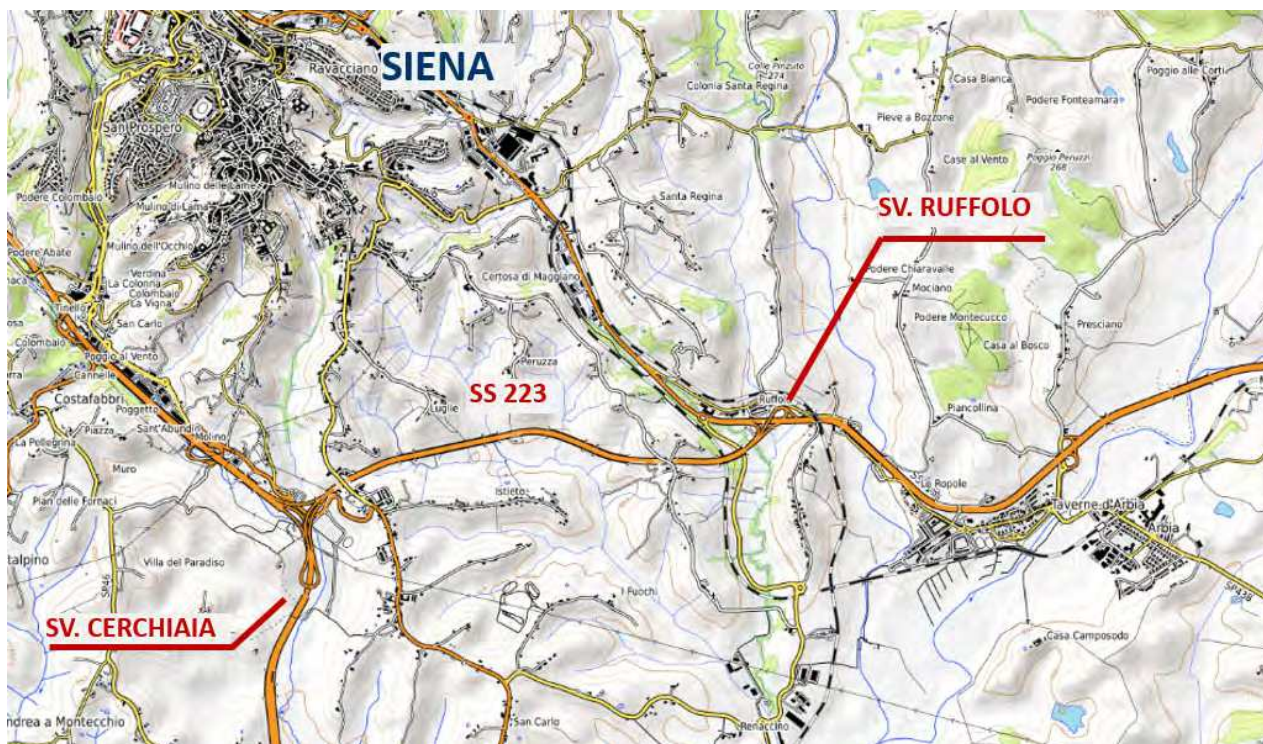
L'intervento in esame è parte del corridoio stradale costituito dalla strada di grande comunicazione (SGC) E78 Grosseto-Fano, inserita nella rete stradale traseuropea di cui al regolamento (UE) n. 1315/2013 del Parlamento Europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2013, sugli orientamenti dell'Unione per lo sviluppo della rete transeuropea dei trasporti e che abroga la decisione n. 661/2010/UE.

In particolare, l'intervento è compreso nel Tratto II Siena - Rigomagno proseguimento fino a Bettolle (innesto A1), con uno sviluppo complessivo pari a circa 47,8 km già realizzato per la gran parte (Lotti 1, 2 e 3), di cui resta da realizzare il solo tratto iniziale (Lotto 0), oggetto del presente progetto, per una estesa di circa 5,5 km.



L'infrastruttura, tutta in comune di Siena e contenuta fra tracciati stradali per i quali è già stato realizzato l'adeguamento a quattro corsie, è costituita da una strada ad una corsia per ogni senso di marcia con piattaforma di larghezza pari a circa 7,50 m (composta da due corsie di circa 3,25 m con due banchine di circa 0,50 m) ed è dotata di svincoli a livelli sfalsati e di una area di servizio.





Il presente documento è riferito al progetto definitivo di adeguamento da due a quattro corsie, del tronco della statale SS 223 "di Paganico" nel tratto compreso tra lo svincolo con la Siena-Firenze (km 63.561 del tratto Grosseto-Siena) e lo svincolo di Ruffolo (km 2.800 del tratto Siena-Bettolle) comprensivo degli svincoli di inizio e fine intervento, al fine di realizzare un'arteria assimilabile ad una strada di tipo extraurbano principale (tipo B, a carreggiate separate – v. D.M. 05/11/2001), garantendo la continuità dell'itinerario Internazionale E78 – S.G.C. "Grosseto – Fano".

Il progetto definitivo è stato sviluppato sulla scorta di una estesa campagna di indagini di campo geognostiche atte a consentire la migliore definizione delle opere da realizzarsi.

Particolare attenzione è stata posta allo studio della cantierizzazione e delle fasi esecutive, stante la necessità di prevedere durante tutta la durata dei lavori l'esercizio della infrastruttura esistente.

Nel seguito sono descritti gli studi alla base della progettazione e gli aspetti tecnici principali, rimandando alle relazioni ed agli elaborati specialistici per ulteriori approfondimenti.

## 2 STORIA E INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

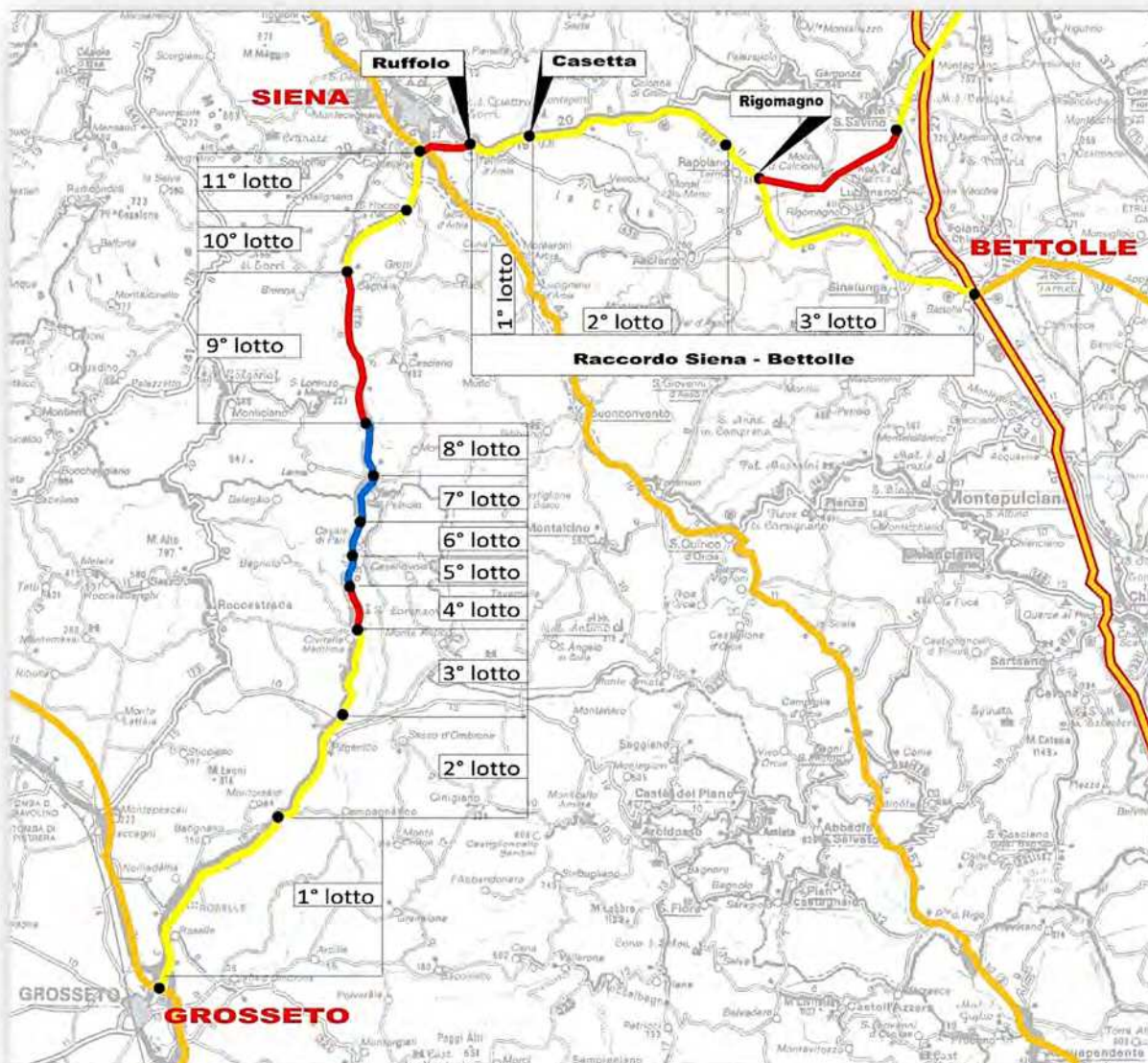
### 2.1 Inquadramento generale del progetto

L'itinerario E78 Grosseto-Fano è parte del corridoio stradale costituito dalla Strada di Grande Comunicazione (SGC) E78 "Grosseto - Fano", inserita nella Rete stradale transeuropea comprensive definita dal «Regolamento (UE) n. 1315/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2013, sugli orientamenti dell'Unione per lo sviluppo della rete transeuropea dei trasporti e che abroga la decisione n. 661/2010/UE». Si tratta di una direttrice strategica che collega la costa tirrenica a quella adriatica della Penisola, con un tracciato che ha origine sulla Via Aurelia all'altezza di Grosseto e si conclude sull'autostrada A14 Adriatica, in corrispondenza del casello di Fano, nelle Marche. La lunghezza complessiva del collegamento è di circa 270 km, di cui il 65% in Toscana, il 30% nelle Marche e il 5% in Umbria. Lungo il suo tracciato, la E78 collega le città di Grosseto, Siena e Arezzo in Toscana, Urbino e Fano nelle Marche ed interseca la E45 (tra Toscana e Umbria) e la fondovalle del Metauro in provincia di Pesaro e Urbino. Inoltre, l'itinerario ha la funzione di consentire adeguate connessioni tra quattro porti di prima categoria: Livorno e La Spezia sulla costa tirrenica, Ancona e Ravenna su quella adriatica. L'intervento in esame è compreso nel tratto dell'E78 che collega Siena con Bettolle, già realizzato per la gran parte (Lotti 1, 2 e 3), di cui resta da realizzare il solo tratto iniziale (Lotto 0), oggetto del presente documento.



La Strada di Grande Comunicazione "Grosseto - Fano", così come già individuato dal Piano Generale dei Trasporti e della Logistica del 2001, rientra nel 1° Programma delle Infrastrutture Strategiche (PIS) di cui alla l. 443/2001, la c.d. Legge Obiettivo ad oggi abrogata con il d.lgs. 50/2016, ed alla Delibera CIPE 121/2001; dal 2003, l'opera è stata ricompresa nell'Intesa Generale Quadro tra il Governo e Regione Toscana, e nei successivi atti integrativi del 22 gennaio 2010 e del 16 giugno 2011, in cui sono individuate le infrastrutture strategiche ricadenti sul territorio della stessa regione e per le quali l'interesse regionale concorre con quello dello Stato.

Di seguito si riporta il quadro sinottico della stato di attuazione ad oggi dei diversi tratti/lotti di cui all'itinerario viabilistico in esame (si riporta in particolare la situazione del tratto viabilistico di cui fa parte il Lotto 0 in esame e la cui realizzazione ne consentirà il completamento, ovvero sia il tracciato della Siena-Bettolle e quello della SS 223 "di Paganico" che collega Grosseto con Siena e che termina con l'interconnessione alla Siena-Bettolle in località Ruffolo).



RTP di progettazione:

Mandataria:

Mandanti:

### **Tratto Grosseto-Siena:**

- 1° Lotto (Grosseto-Montorsaio): aperto al traffico;
- 2° Lotto (Montorsaio-Paganico): aperto al traffico;
- 3° Lotto (Paganico-Civitella Marittima): aperto al traffico;
- 4° Lotto (Civitella Marittima-Lanzo): in fase di progettazione esecutiva;
- 5°- 6°- 7°- 8° Lotto (Lanzo-Ornate): in fase di realizzazione;
- 9° Lotto (Ornate-Svincolo di Orgia): in fase di progettazione esecutiva;
- 10°Lotto (Orgia-San Salvatore): aperto al traffico;
- 11°Lotto (San Salvatore-Siena): aperto al traffico.

### **Tratto Siena-Bettolle (innesto A1):**

- **Lotto 0 (Siena-Ruffolo) – oggetto del presente progetto;**
- 1°Lotto (Casetta-Ruffolo): aperto al traffico;
- 2°Lotto (Casetta-Armaiolo): aperto al traffico;
- 3°Lotto (Armaiolo-Bettolle): aperto al traffico.

### 3 RIFERIMENTI NORMATIVI

#### 3.1 Normative di Carattere Generale

- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50: "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture"
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207: "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163" - vigente in ragione del periodo transitorio art. 216 del D.Lgs. 50/2016.

#### 3.2 Normativa progettazione strade

##### 3.2.1 Normativa Italiana Strade

- D.Lgs. 30-04-92, n. 285 e s.m.i.: "Nuovo Codice della Strada";
- D.P.R. 16-12-1992 n. 495 e s.m.i.: "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice della Strada";
- DM 05-11-01, n. 6792 e s.m.i.: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" così come modificato dal DM 22-04-04 che rende le citate norme di riferimento per gli adeguamenti delle strade esistenti;
- D.M. 22-04-2004, n. 67/S: "Modifica del decreto 5 novembre 2001, n.6792";
- DM 05-06-01, G.U. n.217: "Sicurezza nelle Gallerie Stradali" sostituito limitatamente agli aspetti illuminotecnici dall'art. 1, comma 1, del D.M. 14/09/2005;
- DM 19-04-06 "Norme funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", pubblicato sulla G.U. n. 170 del 24-07-06;
- DM 05-06-01, G.U. n.217: "Sicurezza nelle Gallerie Stradali".

Il progetto stradale è stato redatto in conformità agli standard del DM 5/11/2001.

Pur trattandosi di un intervento di adeguamento in cui il suddetto DM è di "riferimento", ai sensi del DM 22/04/04, gli scostamenti rispetto al dettato normativo sono stati limitati e motivati ai casi in cui è oggettivamente non possibile il pieno rispetto dei criteri dell'attuale normativa.

In linea generale l'adeguamento del progetto tende, nel rispetto dei vincoli al contorno e per esigenze legate all'esecuzione dei lavori in soggezione di traffico, ad interessare il sedime della strada esistente per realizzare, preve opportune modifiche e regolarizzazioni geometriche, la nuova semicarreggiata della strada extraurbana principale tenendo in debito conto la conformazione degli ambiti circostanti il tracciato nonché le numerose opere d'arte esistenti.

Nella definizione delle soluzioni progettuali particolare attenzione è stata rivolta a non modificare

l'impostazione generale della Norma, cercando di conservare quelle disposizioni che possono avere implicazioni dirette sulla sicurezza stradale (recependo quindi il principio ispiratore del "Nuovo codice della Strada" – contenuto nell' Art. 1 – secondo il quale "Le norme e i provvedimenti attuativi si ispirano al principio della sicurezza stradale, perseguendo gli obiettivi di una razionale gestione della mobilità, della protezione dell'ambiente e del risparmio energetico").

Pertanto, gli interventi di adeguamento della viabilità esistente sono stati finalizzati al raggiungimento della piena congruenza con la citata normativa, cercando le soluzioni tecnico-geometriche che potessero garantire il raggiungimento di tale obiettivo.

In questa prospettiva, le scelte progettuali sono state ponderate sulla base di condizioni specifiche, quali il livello di urbanizzazione circostante, la sussistenza di problematiche geotecniche e strutturali, le eventuali ripercussioni di una modifica puntuale su porzioni estese di tracciato, l'esistenza di opere già predisposte o comunque compatibili con l'intervento di ampliamento.

In sintesi, per definire le modalità di adeguamento della sede esistente, sono stati adottati quindi i seguenti criteri:

1. minimizzare l'impatto con il sistema antropico attraversato e quindi con la viabilità e con gli insediamenti abitativi ed industriali preesistenti;
2. minimizzare le occupazioni di territorio, per ridurre l'impatto ambientale dovuto all'ampliamento autostradale;
3. utilizzare quanto più possibile la sede stradale e le opere esistenti, al fine di ridurre l'impatto ambientale ed economico degli interventi;
4. prevedere una esecuzione per fasi dei lavori che garantisca l'esercizio delle viabilità esistente durante i lavori.

Lo studio delle caratteristiche geometriche e funzionali delle intersezioni è effettuato in base a quanto previsto dal DM 19/04/06 sulle intersezioni.

### **3.2.2 Normativa Barriere di Sicurezza**

Leggi e Decreti:

- DM 18-02-92, n. 223: "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- DM 21/06/04: "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale";
- DM 28-06-2011 "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale", pubblicato sulla G.U. n. 233 del 06-10-2011;
- D.Lgs. 30-04-92, n. 285 e s.m.i.: "Nuovo Codice della Strada";
- D.P.R. 16-12-1992 n. 495 e s.m.i.: "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice

della Strada”;

- DM 05-11-01, n. 6792 e s.m.i.: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- DM 19-04-06 “Norme funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”, pubblicato sulla G.U. n. 170 del 24-07-06.

Circolari Ministeriali:

- Circolare del Ministero dei Trasporti N. 62032 del 21-07-2010 “Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”;
- Circolare del Ministero dei Trasporti N. 80173 del 05-10-2010 “Omologazione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali. Aggiornamento norme comunitarie UNI EN 1317, parti 1, 2 e 3 in ambito nazionale”;
- Circolare del Ministero dei Trasporti N. 104862 del 15-11-2007 “Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004”.

Per quanto indicato nella Circolare 05.10.2010 n. 0080173 “Omologazione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Aggiornamento norme comunitarie UNI EN 1317, parti 1, 2 e 3 in ambito nazionale” le norme comunitarie EN1317, parti 1, 2 e 3 aggiornate, pubblicate dall’UNI il 5 agosto 2010, non sono state applicate al presente progetto in quanto, affinché le stesse entrino in vigore è necessario un atto di recepimento da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. All’atto della redazione del presente progetto tale provvedimento non è stato ancora emanato e pertanto restano vigenti le precedenti versioni delle norme EN1317 di cui ai punti **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata., Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. e Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Con l’emanazione della norma EN 1317-5:2012 il riferimento per il rilascio delle marcature CE emesse successivamente al 1.1.2013 è costituito dalle norme emanate nel 2010 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata., Errore. L'origine riferimento non è stata trovata., Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) e pertanto nella progettazione si è tenuto conto anche delle indicazioni fornite in queste norme, per quanto non in contrasto con quelle recepite del DM 21.6.2004.

Nella redazione del progetto si è già tenuto conto, per quanto non in contrasto con la normativa vigente, delle indicazioni contenute nell’emanando aggiornamento del DM 21/06/2004 nella versione sottoposta recentemente a consultazione europea (Notification

Draft\_2014\_483\_I\_IT).

Norme Europee:

- UNI EN 1317-1:2010 – Sistemi di ritenuta stradali – Terminologia e criteri generali per i metodi di prova [11];
- UNI EN 1317-2:2010 – Sistemi di ritenuta stradali – Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari [12];
- UNI EN 1317-3:2010 – Sistemi di ritenuta stradali – Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto [13];
- EN 1317-4:2012 - Road restraint systems - Part 4: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for transitions and removable barrier sections – DRAFT [14];
- UNI EN 1317-5:2008 – Barriere di sicurezza stradali – Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli [15].

Letteratura tecnica

- Decreto dirigenziale relativo all'aggiornamento delle istruzioni tecniche inerenti all'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale. Numero di notifica: 2014/483/I, trasmesso alla Commissione Europea il 6/10/2014: pur non essendo stato ancora emanato nell'ordinamento giuridico nazionale, ma avendo ottenuto il parere del Consiglio superiore dei lavori pubblici, reso con voto n. 14/2013 nell'adunanza del febbraio 2014, si ritiene che tale documento possa essere utilmente preso quale "riferimento tecnico" per le parti non trattate e/o non in contrasto con il vigente DM 21/06/04.

### 3.3 Normativa Strutturale e geotecnica

- Ministero Delle Infrastrutture e dei Trasporti. - D.M. 17.01.2018: "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".
- Ministero Delle Infrastrutture e dei Trasporti. - Circ. 7 del 21.01.2019: Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- C.N.R. 10011: "Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione";
- C.N.R. 10012: "Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni";
- C.N.R. 10024: "Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e redazione delle relazioni di calcolo";
- UNI EN 1537 - 2002: "Esecuzione di lavori geotecnici speciali. Tiranti di ancoraggio.



- Tutte le Norme UNI richiamate nei D.M., Istruzioni, Circolari di cui si fa menzione.

### 3.4 Normativa Idraulica

#### 3.4.1 Normativa nazionale

Di seguito vengono riportate le principali leggi nazionali in materia ambientale e di difesa del suolo (per maggiori dettagli ed i relativi campi di applicazione si veda la *Relazione idrologica e idraulica di versante*):

- RD 25/07/1904 n° 523
- Regio Decreto Legislativo 30/12/1923, n° 3267
- DPR 15/01/1972 n° 8
- L. 64/74
- DPR 24/7/1977 n° 616
- L. 431/85 (Legge Galasso)
- DL 04-12-1993 n° 496
- DPR 14/4/94
- DPR 18/7/95
- DPCM 4/3/96
- Decreto Legislativo 31/3/1998, n° 112
- DPCM 29/9/98
- L. 267/98 (Legge Sarno)
- DLgs 258/00
- DLgs 267/00
- L. 365/00 (Legge Soverato)
- DLgs 152/2006
- DM 17/01/2018
- Decreto n. 131 del 16/06/2008
- Decreto n. 56 del 14/04/2009

Si riportano inoltre gli estremi di alcune leggi riguardanti la progettazione e la verifica dei ponti stradali:

- L. 532/1904
- D. Min. LL.PP 4 maggio 1990
- Circ. LL.PP. n° 34233 del 25/02/1991

### **3.4.2 Normativa regionale**

- Piano di Tutela delle Acque (PTA) adottato

### **3.4.3 Piano di bacino**

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Toscana o P.A.I.
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Toscana o P.A.I. "Bacino idrografico del fiume Magazzolo ed Area Territoriale tra il Bacino del fiume Platani ed il fiume Magazzolo (062) – Aggiornamento al 2011"

## **3.5 Normativa Impianti**

### **3.5.1 Note Generali**

Gli impianti saranno realizzati in ogni loro parte e nel loro insieme in conformità alle leggi, norme, prescrizioni, regolamenti e raccomandazioni emanate dagli enti, agenti in campo nazionale e locale, preposti dalla legge al controllo ed alla sorveglianza della regolarità della loro esecuzione:

- Leggi e decreti;
- Disposizioni dei vigili del fuoco;
- Norme CEI;
- Norme UNI;
- Regolamento e prescrizioni Comunali che si riferiscono alla zona di realizzazione dell'opera.
- L'Appaltatore deve consegnare alla D.L. tutta la documentazione relativa (certificati, libretti, ecc.).
- Tutti i componenti elettrici saranno, ove possibile, provvisti del marchio di qualità (IMQ).

### **3.5.2 Marchi e Marcature**

Tutte le apparecchiature elettriche e i relativi materiali impiegati saranno marcati CE e, dove applicabile, saranno dotati di marchio IMQ.

Saranno, inoltre, dotate di marcatura CE le apparecchiature, anche non elettriche, che rientrino nel campo di applicazione della Direttiva Macchine e le apparecchiature mediche.

### **3.5.3 Illuminazione Artificiale gallerie con traffico motorizzato**

Il progetto è stato realizzato secondo il decreto ministeriale 5 giugno 2001, limitatamente agli aspetti illuminotecnici.

L'illuminazione delle gallerie stradali e autostradali, con traffico totalmente o parzialmente motorizzato, esistenti e di nuova realizzazione, deve essere progettata e verificata secondo le indicazioni contenute nella norma UNI 11095/2011 e secondo il citato decreto.

Si è fatto, altresì, riferimento alla Norma Uni 11248/2016 "Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche"

### **3.5.4 Protezione dai Fulmini**

- CEI EN 62305-1 - "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali" - Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-2 - "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio" - Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-3 - "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone" - Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-4 - "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture" Febbraio 2013;
- CEI 81-29 - "Linee guida per l'applicazione delle norme CEI EN 62305" - Febbraio 2014;
- CEI 81-30 - "Protezione contro i fulmini. Reti di localizzazione fulmini (LLS).
- Linee guida per l'impiego di sistemi LLS per l'individuazione dei valori di  $N_g$  (Norma CEI EN 62305-2)" - Febbraio 2014.

### **3.6 Normativa Sicurezza**

- D.Lgs. 9 aprile 2008, n.81 - Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro

## 4 STUDI GENERALI

### 4.1 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA

Gli strumenti urbanistici che disciplinano il governo del territorio comunale sono rappresentati dal Regolamento Urbanistico (RU) e dal Piano Strutturale (PS).

Il progetto in esame è stato inquadrato dal punto di vista urbanistico rispetto a quanto disposto in particolare dal Regolamento Urbanistico; quest'ultimo si configura come l'atto di governo del territorio che attua, rendendole operative, le strategie di sviluppo territoriale delineate dal Piano Strutturale, disciplinando le trasformazioni degli assetti insediativi, infrastrutturali ed edilizi del territorio per l'intero territorio comunale.

L'intervento progettuale in esame è previsto dal RU nella configurazione di cui alla progettazione preliminare sviluppata dal Comune di Siena e da ANAS nel 2009; si tratta della Reticolarità di progetto n. 43 (Rp 43) relativa alla "S.G.C. Grosseto - Fano: lotto zero", disciplinata dall'art. 139 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del RU riguardante "l'integrazione e la razionalizzazione della viabilità".

Il Regolamento Urbanistico vigente è quello del 25.03.2020, aggiornato con d.c.c. n. 3 del 14.01.2020 (il RU è stato approvato per la prima volta con d.c.c. n. 2 del 24.01.2011). Il Piano Strutturale vigente è stato approvato con d.c.c. n. 32 del 13.02.2007.

Il quadro previsionale di cui si è dato conto è desunto dagli strumenti urbanistici comunali vigenti, ancorché con d.c.c. n. 58 del 19.05.2020 sia stato adottato il Piano Operativo (che, una volta approvato, sostituirà il vigente Regolamento Urbanistico) unitamente alla Variante di aggiornamento del Piano Strutturale ai sensi dell'art. 19 della l.r. 65/2014 e s.m.i. (Legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 "Norme per il governo del territorio"); si segnala, tuttavia, che relativamente al progetto in esame, i nuovi strumenti urbanistici ne confermano la previsione, sempre nella configurazione di cui alla progettazione preliminare sviluppata dal Comune di Siena e da ANAS nel 2009. Le modalità di attuazione che il nuovo Piano Operativo identifica per l'intervento di cui al Lotto 0 sono disciplinate dall'art. 117 delle relative Norme Tecniche attinenti alle "aree soggette a vincolo espropriativo" (AE); il lotto è identificato con le seguenti sigle: AE04.05, AE09.03 ed AE10.04.

Per maggiori dettagli circa quanto sopra descritto, si rimanda ai seguenti elaborati:

- T00EG00GENCT01A - Carta stralcio Piano Urbanistico vigente Comunale di Siena;
- T00EG00GENCT02A - Carta stralcio Piano Operativo adottato maggio 2020 Comunale di Siena.

Per il RU sono state considerate le seguenti tre tavole allegata alla documentazione di cui allo strumento urbanistico comunale:

- tavola RU1: Tessuti insediativi e Sistemi di Paesaggio;
- tavola RU2: La disciplina della gestione e trasformazione degli insediamenti in area urbana;
- tavola RU3: La disciplina della tutela e valorizzazione del territorio rurale.

Per il PO le seguenti due:

- tavola della disciplina del territorio urbanizzato;
- tavola della disciplina del territorio rurale.

Si ricorda che nell'ambito della redazione dello Studio di Impatto Ambientale, è stata predisposta specifica documentazione finalizzata ad analizzare la soluzione progettuale in esame sotto il profilo pianificatorio e programmatico, nonché rispetto all'assetto vincolistico gravante sul comparto di riferimento, sia a scala locale sia a scala territoriale (cfr. sezione 07.04 di cui alla documentazione di progetto – Quadro di Riferimento Programmatico). L'analisi e la definizione del quadro programmatico di riferimento fornisce gli elementi conoscitivi circa le relazioni ed i rapporti tra l'opera in progetto e gli strumenti di pianificazione e programmazione generali e settoriali, con i cui obiettivi ed indirizzi le azioni di progetto devono presentare coerenza.

A seguire, l'elenco degli strumenti di programmazione e pianificazione territoriale e urbanistica, nonché i relativi piani di settore, che sono esaminati:

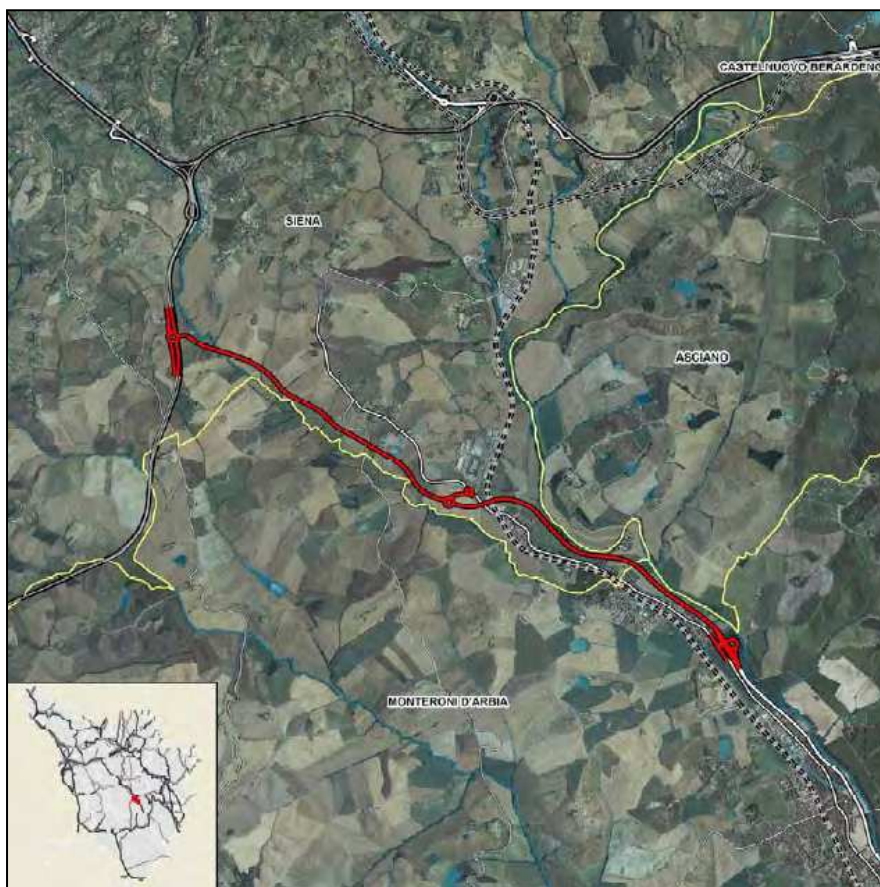
- Piano di Gestione Rischio di Alluvioni;
- Piano di Gestione delle Acque;
- Piano per l'Assetto Idrogeologico;
- Progetto di Piano PAI "dissesti geomorfologici";
- Piano Regionale Integrato delle Infrastrutture e della Mobilità;
- Piano di Indirizzo Territoriale con valenza di piano paesaggistico;
- Piano Regionale Cave;
- Piano Faunistico Venatorio regionale;
- Piano Regionale per la Qualità dell'Aria Ambiente;
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Siena;
- Piano delle Attività Estrattive, di Recupero delle aree scavate e di riutilizzo dei residui recuperabili Provinciale;
- Regolamento Urbanistico e Piano Operativo;
- Piano Strutturale e Variante;
- Piano Urbano della Mobilità Sostenibile;
- Piano di Gestione del sito UNESCO.

## 4.2 ANALISI TRASPORTISTICA

Lo studio trasportistico è stato condotto con l'obiettivo di verificare la funzionalità della rete viaria esistente e di progetto nell'ipotesi di incremento di traffico riscontrabile nell'anno previsto di entrata in esercizio dell'opera. Lo studio consente pertanto di valutare l'impatto dell'intervento in progetto e la relativa coerenza con le infrastrutture esistenti.

Lo studio si è articolato a partire dal rilievo dei flussi di traffico transitanti nelle rete prossima all'area d'intervento, utili alla ricostruzione della matrice origine/destinazione (O/D), per poi verificare, con diversi strumenti di modellizzazione del traffico, l'incidenza dell'intervento proposto sul traffico: a supporto dell'attività di ricostruzione della domanda per l'intera area di studio, dato il particolare momento storico in cui è stata effettuata l'analisi a causa dell'emergenza sanitaria da Covid-19, sono state implementate delle procedure di calibrazione basate sull'utilizzo di dati FCD (Floating Car Data) e dati provenienti da fonti terze, che verranno illustrate successivamente.

Data l'entità dell'intervento, l'analisi trasportistica ha riguardato l'intera rete ricadente nella provincia di Siena e le simulazioni condotte hanno fatto riferimento a 2 intervalli temporali (uno ferial e l'altro festivo) relativamente alla configurazione progettuale comprensiva di un intervento programmatico che interessa la SS2 Cassia Sud e che prevede la realizzazione di una variante di collegamento tra la Cassia nei pressi di Isola d'Arbia e la E78 a Monsindoli tramite una rotonda con rampe di svincolo.



*Intervento programmatico Nuova Cassia*

#### 4.2.1 Obiettivi e attività dello studio

I principali obiettivi dello studio di traffico possono essere così sintetizzati:

- Determinare i volumi di traffico, in funzione della realizzazione degli interventi programmatici e progettuali, al fine di poter valutare lo stato del traffico nell'area di studio;
- Verificare che la rete infrastrutturale sia in grado di smaltire la domanda di traffico complessiva.

Per raggiungere tali obiettivi sono state effettuate opportune analisi basate, per la domanda, sulla campagna d'indagine svolta nel mese di Luglio 2020 e ad altre banche dati e, per l'offerta, sull'acquisizione delle caratteristiche geometriche della rete infrastrutturale esistente e di progetto. Facendo riferimento al precedente studio svolto da Anas nel 2007 nella medesima area di interesse, e all'elaborazione dei dati FCD e delle sezioni di traffico consultate, i momenti di massimo carico della rete stradale sono risultati essere le fasce orarie serali di un giorno feriale e di un giorno festivo. Pertanto, sono stati considerati i seguenti scenari, elaborati modellisticamente per le ore serali di venerdì e domenica:

- Lo scenario attuale (Stato di Fatto o SDF): è determinato dalla domanda di traffico ad oggi presente sulla rete infrastrutturale esistente, così come rilevata dalle indagini e ricostruita modellisticamente;
- Lo scenario progettuale (Stato di Progetto o SDP): è determinato dalla domanda attesa nell'anno previsto di entrata in esercizio dell'opera, sulla rete infrastrutturale di progetto comprensiva dell'intervento programmatico della Cassia.

Le attività previste dallo studio di traffico sono state articolate nelle seguenti fasi, relative agli scenari descritti:

- Fase 1 → Effettuazione dei rilievi di traffico del Lotto 0 comprensivi delle rampe di svincolo nonché delle intersezioni limitrofe all'intervento in progetto ed elaborazione dei dati raccolti;
- Fase 2 → Calibrazione dei dati di traffico rilevati al fine di determinare le matrici o/d di domanda per gli scenari di riferimento, tramite l'impiego di dati FCD e dati da fonti terze;
- Fase 3 → Determinazione della domanda prevista per l'anno di entrata in esercizio dell'intervento di progetto;
- Fase 4 → Costruzione del modello di traffico in scala macroscopica ed esecuzione delle macrosimulazioni degli scenari;
- Fase 5 → Costruzione del modello di traffico in scala microscopica ed esecuzione delle microsimulazioni degli scenari;
- Fase 6 → Verifica funzionale delle tratte stradali del Lotto 0 nonché delle corsie di accelerazione e decelerazione e delle aree di confluenza e diversione, con gli opportuni strumenti di analisi;
- Fase 6 → Verifica funzionale dell'intersezione a rotatoria presente nell'area di studio, con un opportuno strumento di analisi.

In particolare, le macrosimulazioni eseguite sono state condotte impiegando il software VISUM, per avere un quadro generale dell'andamento della circolazione, implementando un modello che ha interessato l'intero territorio provinciale di Siena: in questo modo è stato possibile valutare gli effetti dell'intervento infrastrutturale su larga scala.

Le microsimulazioni, invece, sono state condotte a mezzo del software VISSIM, al fine di verificare in modo più puntuale il funzionamento della rete, con un maggior dettaglio di analisi sull'area di riferimento più specifica dell'intervento, consentendo una descrizione estremamente dettagliata della geometria delle strade, delle regole di precedenza, nonché dei comportamenti medi di guida dei conducenti.

Queste simulazioni sono quindi in grado di fornire diversi indicatori sulle performances della rete in generale e delle intersezioni in particolare. Principalmente per ogni scenario è possibile verificare la capacità della rete di smaltire la domanda di traffico, calcolandone la velocità media, il tempo perso e gli accodamenti agli attestamenti delle intersezioni.

Ulteriore verifica è stata condotta in modo puntuale nei segmenti stradali che costituiscono il Lotto 0 e lungo le rampe dei due svincoli, tramite le metodologie proposte dall'HCM: in questo modo, è stato possibile definire il livello di servizio, tramite l'entità della densità veicolare lungo le tratte stradali, sia per lo SDF che lo SDP.

A completamento dell'analisi trasportistica, per la rotatoria esistente nell'area di studio, è stata svolta una valutazione delle capacità residue di ogni singolo ramo in ingresso, utilizzando il software GIRABASE, riconosciuto come strumento di riferimento per la verifica di tale tipo di intersezione.

L'analisi è stata condotta sugli scenari SDF e SDP per l'ora di punta serale del venerdì e della domenica.

#### **4.2.2 Analisi Macro - Scenario progettuale**

Le valutazioni di carattere trasportistico sull'area interessata dalla nuova infrastruttura di progetto del Lotto 0 sono state condotte utilizzando un modello di simulazione dei flussi di traffico esteso all'intera provincia di Siena, dato il forte impatto che l'intervento apporterebbe alla rete stradale.

Tale modello costituisce di fatto uno strumento di supporto alle decisioni in materia di analisi e pianificazione dei trasporti e della mobilità, consentendo di fornire previsioni attendibili in merito alla redistribuzione dei flussi di traffico nei diversi scenari analizzati nella rete di studio prossima all'intervento.

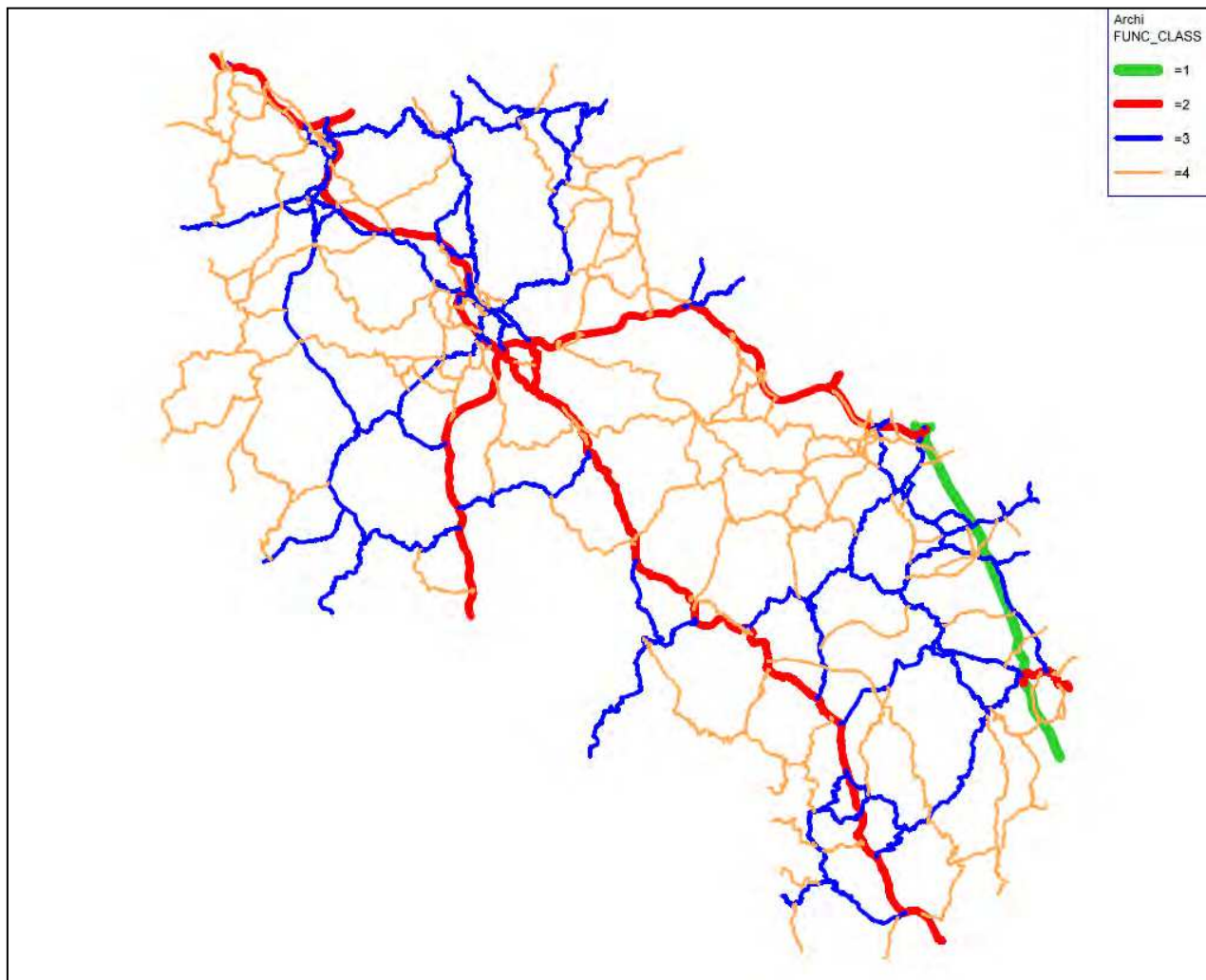
La scelta di un macromodello provinciale è motivata anche dalla necessità di verificare i livelli di servizio delle infrastrutture viarie dell'area di studio (in termini principalmente di rapporto flusso/capacità) e di rilevare l'eventuale presenza di variazioni di percorsi sulla viabilità introdotta ed esistente.

Le stime sulla redistribuzione della domanda, destinata ad impegnare l'area di influenza dell'infrastruttura in progetto, sono state ottenute mediante l'utilizzo di un modello di simulazione dei



flussi di traffico implementato con il software VISUM, prodotto e commercializzato dalla società PTV. VISUM è uno strumento di modellazione del traffico riconosciuto unanimemente dalla comunità scientifica come riferimento per tale tipo di simulazioni.

Il modello di simulazione dei flussi di traffico, riferito all'intero territorio provinciale senese, è descritto in termini di offerta da un grafo stradale derivato dalla base dati NavTeq, mentre in termini di domanda si fa riferimento alle matrici origine/destinazione (O/D) relative agli spostamenti compiuti, nelle ore di punta serali del venerdì e della domenica.



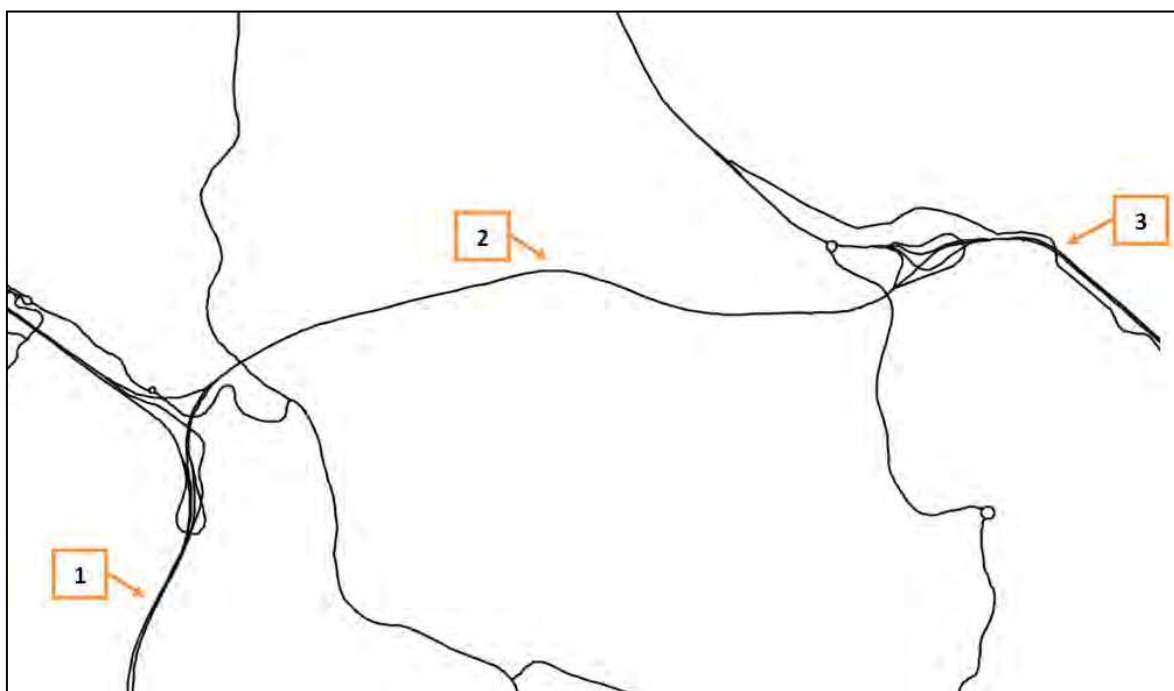
Mappa del grafo di rete considerato

La matrice O/D ottenuta dal processo di correzione e calibrazione dello scenario dello stato di fatto è stata quindi assegnata alla rete prevista per i diversi scenari di interesse (SDF e SDP), per stimare i relativi carichi attesi sugli archi della rete di studio, nell'ora di punta serale del venerdì e della domenica.

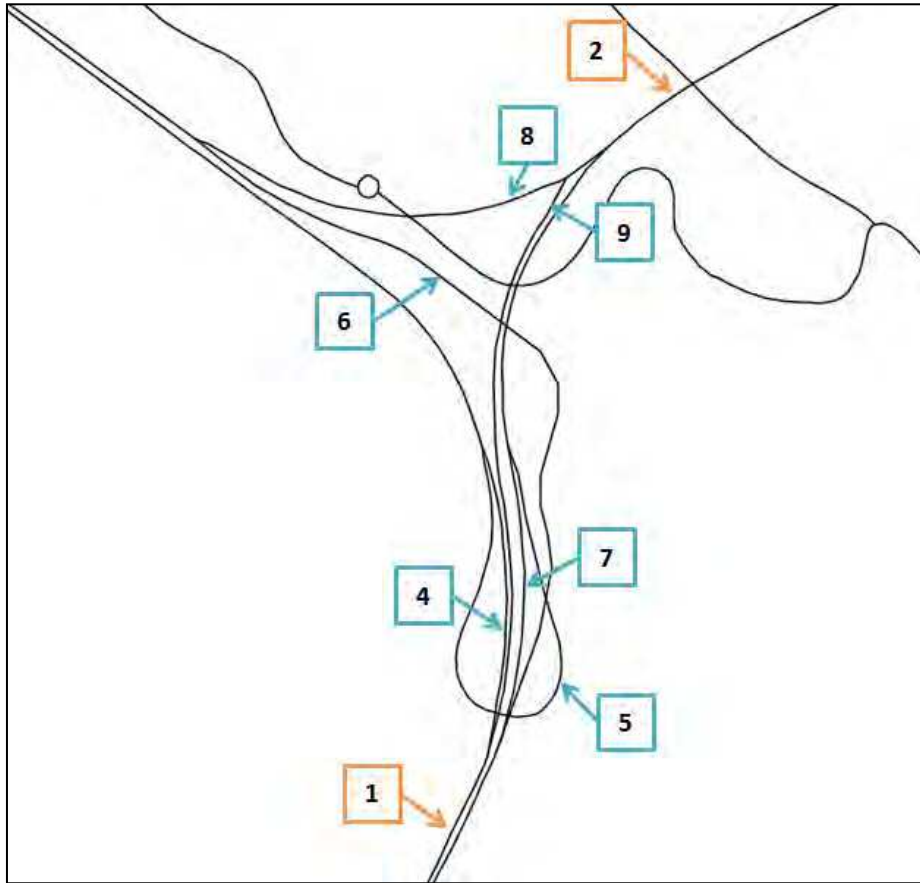
Nel seguito vengono mostrati i risultati ottenuti in forma grafica relativamente allo scenario SDP del venerdì (scenario maggiormente rappresentativo), si rinvia invece alla relazione dello studio trasportistico per la lettura dello scenario SDF e dello SDP della domenica.

Il diagramma di carico, che costituisce uno dei risultati principali delle simulazioni effettuate, riporta l'entità del traffico su ciascun arco stradale della rete di trasporto complessiva, mediante una visualizzazione basata principalmente sul colore delle bande che descrivono i flussi (flussogrammi): i colori delle bande identificano la fascia di traffico corrispondente sull'arco.

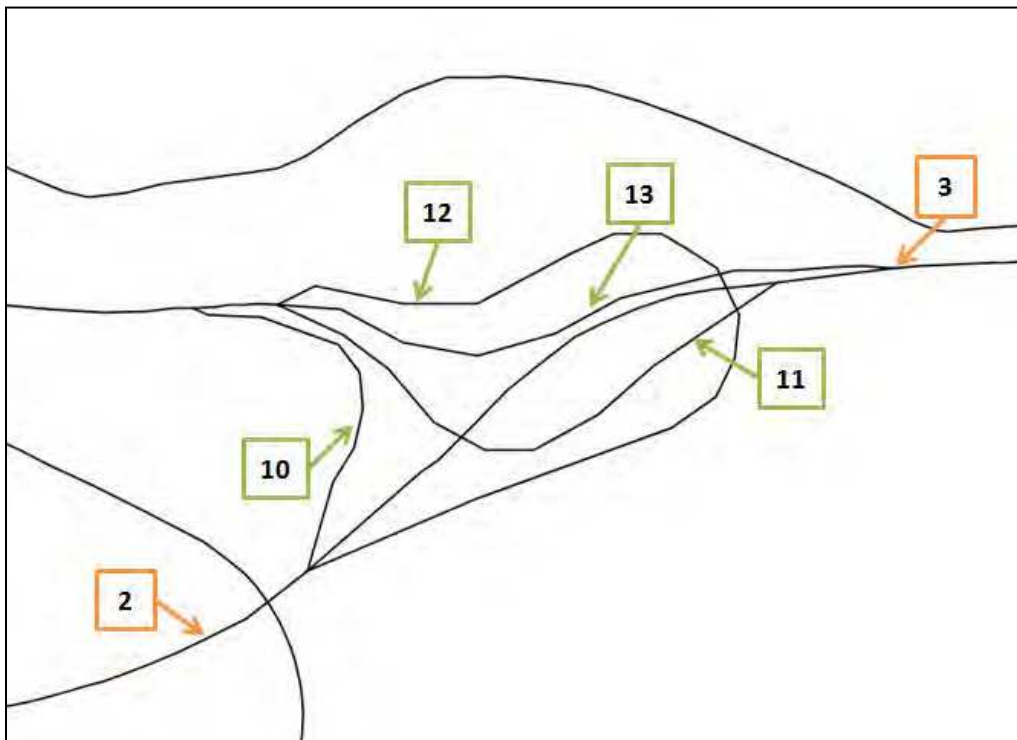
Vengono riportati anche i flussogrammi Flusso/Capacità, utili a definire i Livelli di Servizio (LdS) per il venerdì e la domenica: in particolare vengono considerati per ciascun arco i flussi bidirezionali per poi calcolare il rapporto flusso/capacità. Si riportano anche degli zoom sulla rete prossima all'area d'intervento in cui si mostra, oltre alla classificazione, anche il valore assoluto del rapporto Flusso/Capacità. Per maggior chiarezza di lettura sono riportati anche i flussogrammi relativi al Lotto 0 e agli svincoli di Cerchiaia e di Ruffolo e le tabelle in cui sono indicati i flussi di traffico, distinti in leggeri, pesanti ed equivalenti, per ogni tratta elementare sia per l'ora di punta che relativamente al traffico giornaliero medio (TGM) del venerdì e della domenica: ogni tratta è individuata da codici numerici riportati nelle immagini sottostanti. Per determinare i veicoli equivalenti è stato impiegato un coefficiente di equivalenza per i mezzi pesanti pari a 2.5.



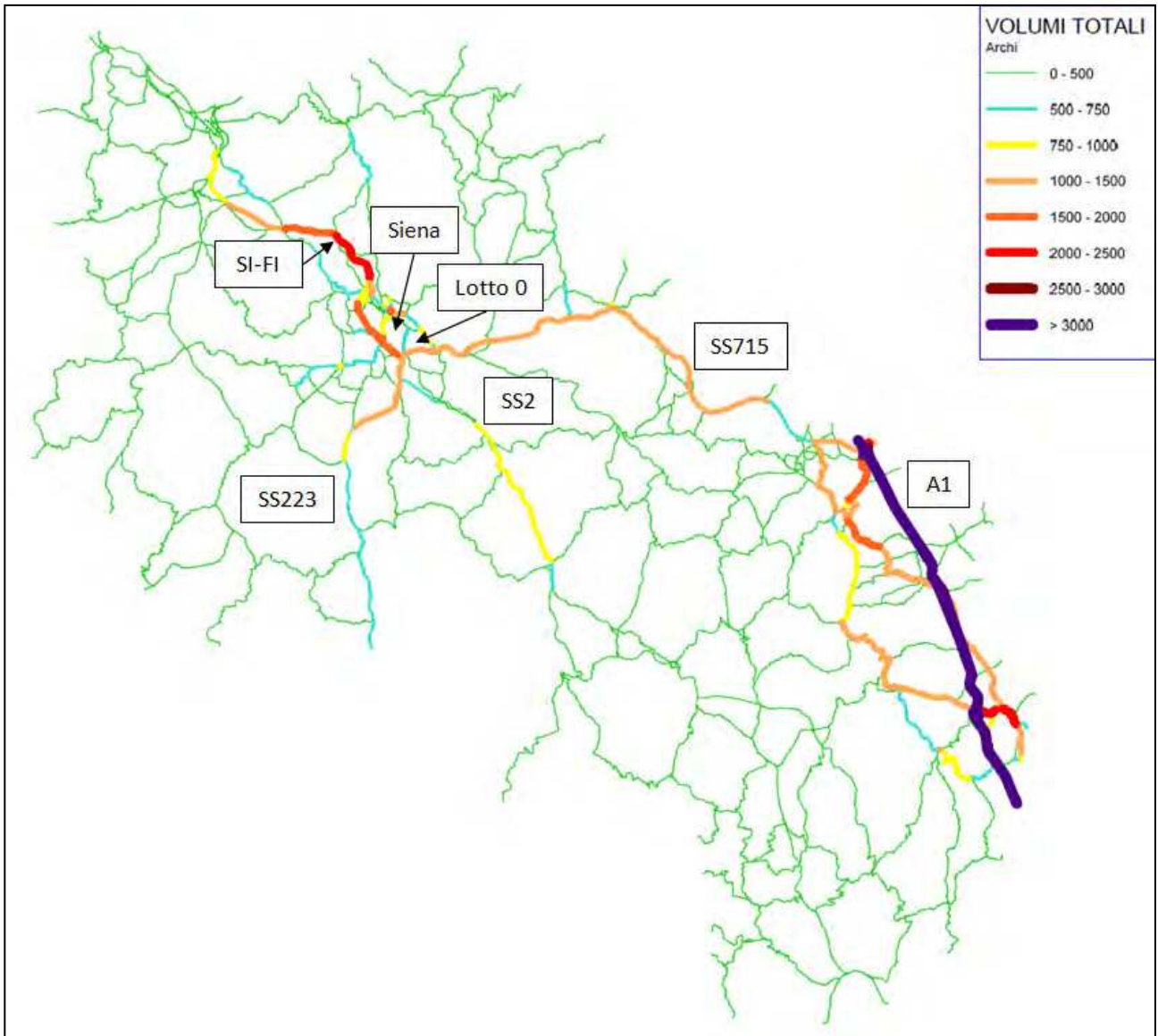
SDP: Codici numerici Lotto 0



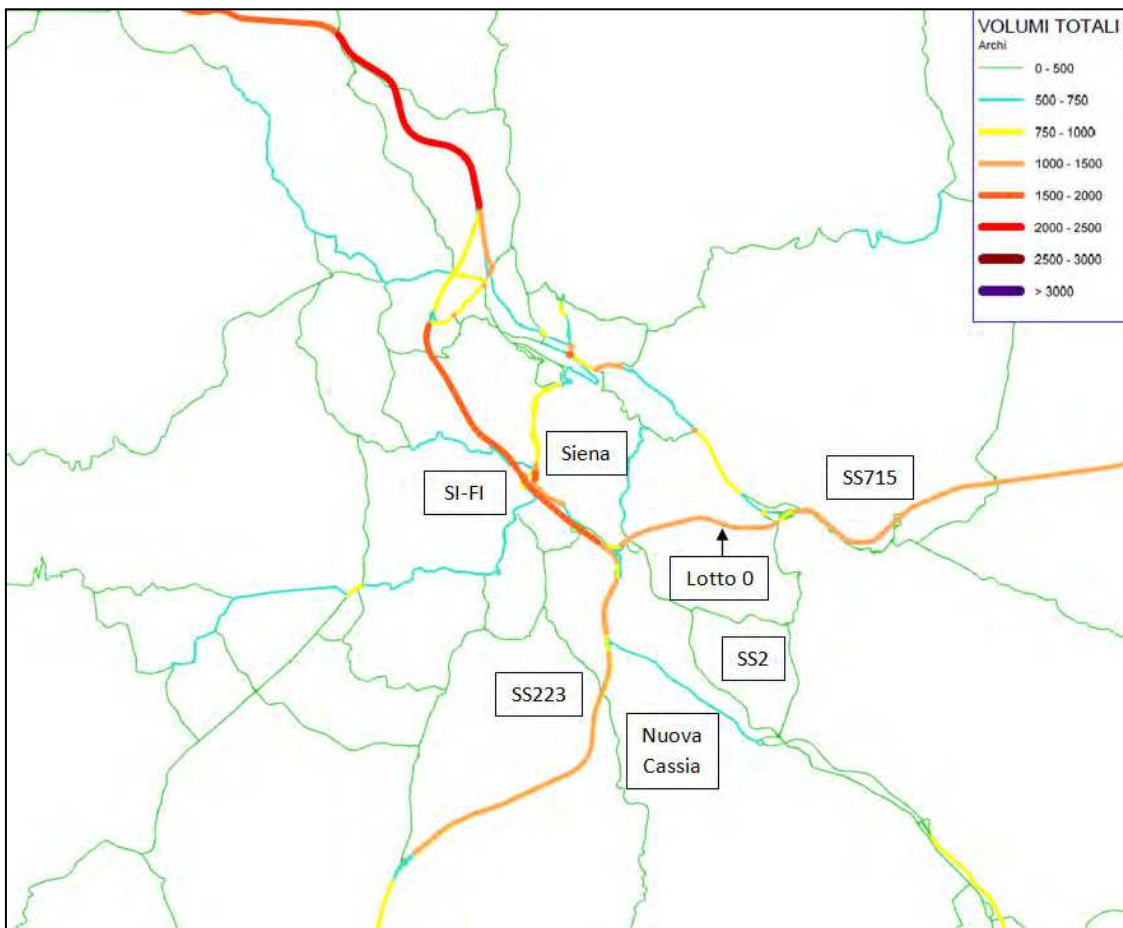
SDP: Codici numerici svincolo di Cerchiaia



SDP: Codici numerici svincolo di Ruffolo



SDP venerdì sera: flussogramma Provincia di Siena [veicoli totali]



SDP venerdì sera: flussogramma area di Siena [veicoli totali]

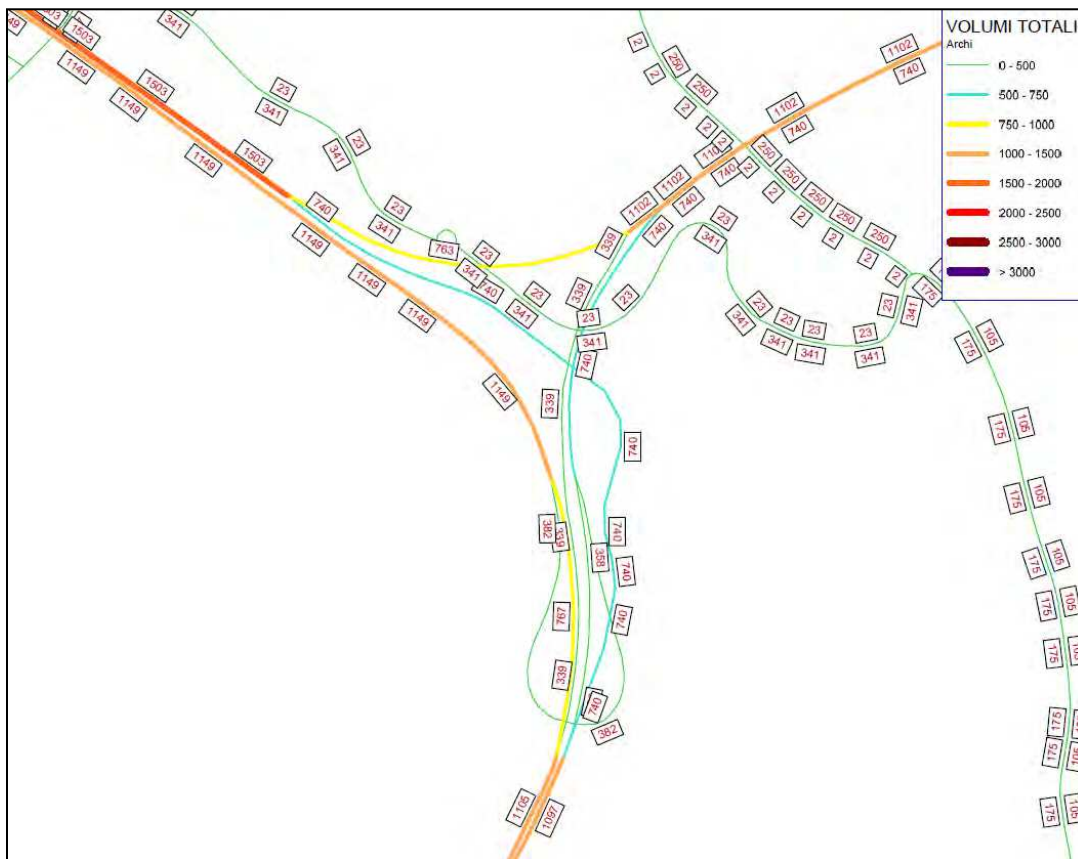


SDP venerdì sera: flussogramma Lotto 0 [veicoli totali]

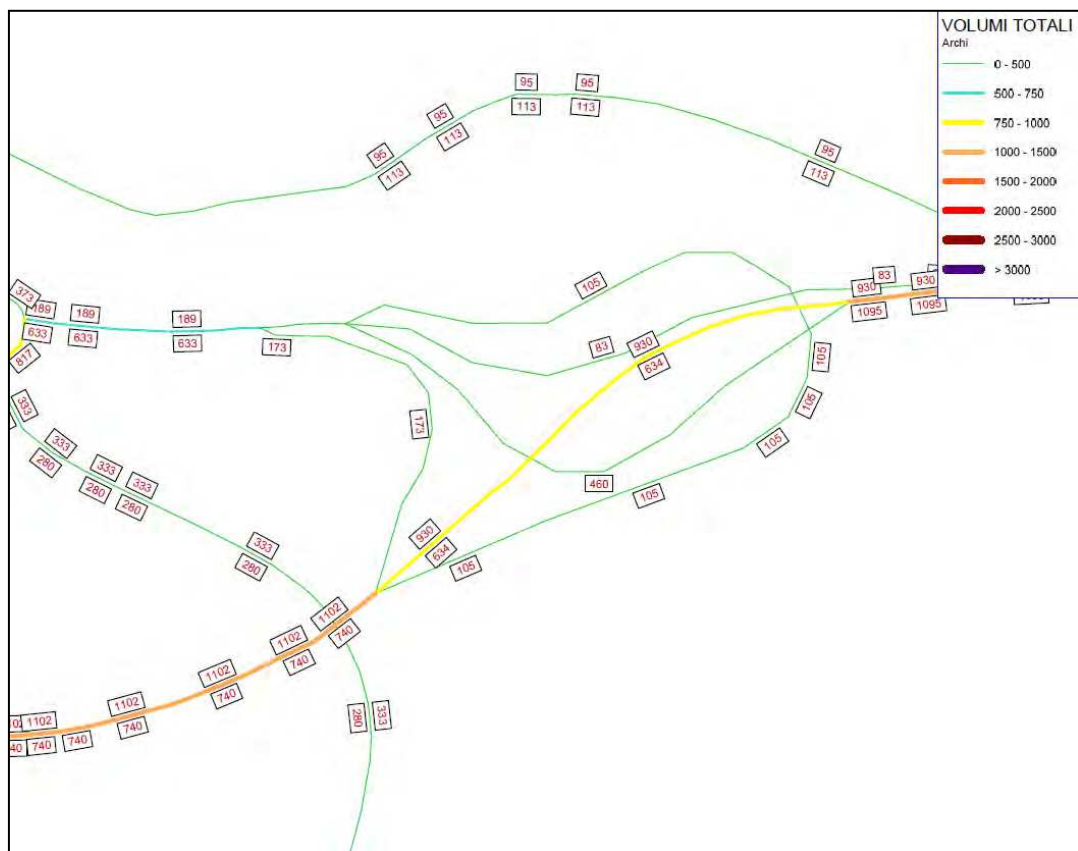
RTP di progettazione:

Mandataria:

Mandanti:



SDP venerdì sera: flussogramma svincolo di Cerchiaia [veicoli totali]



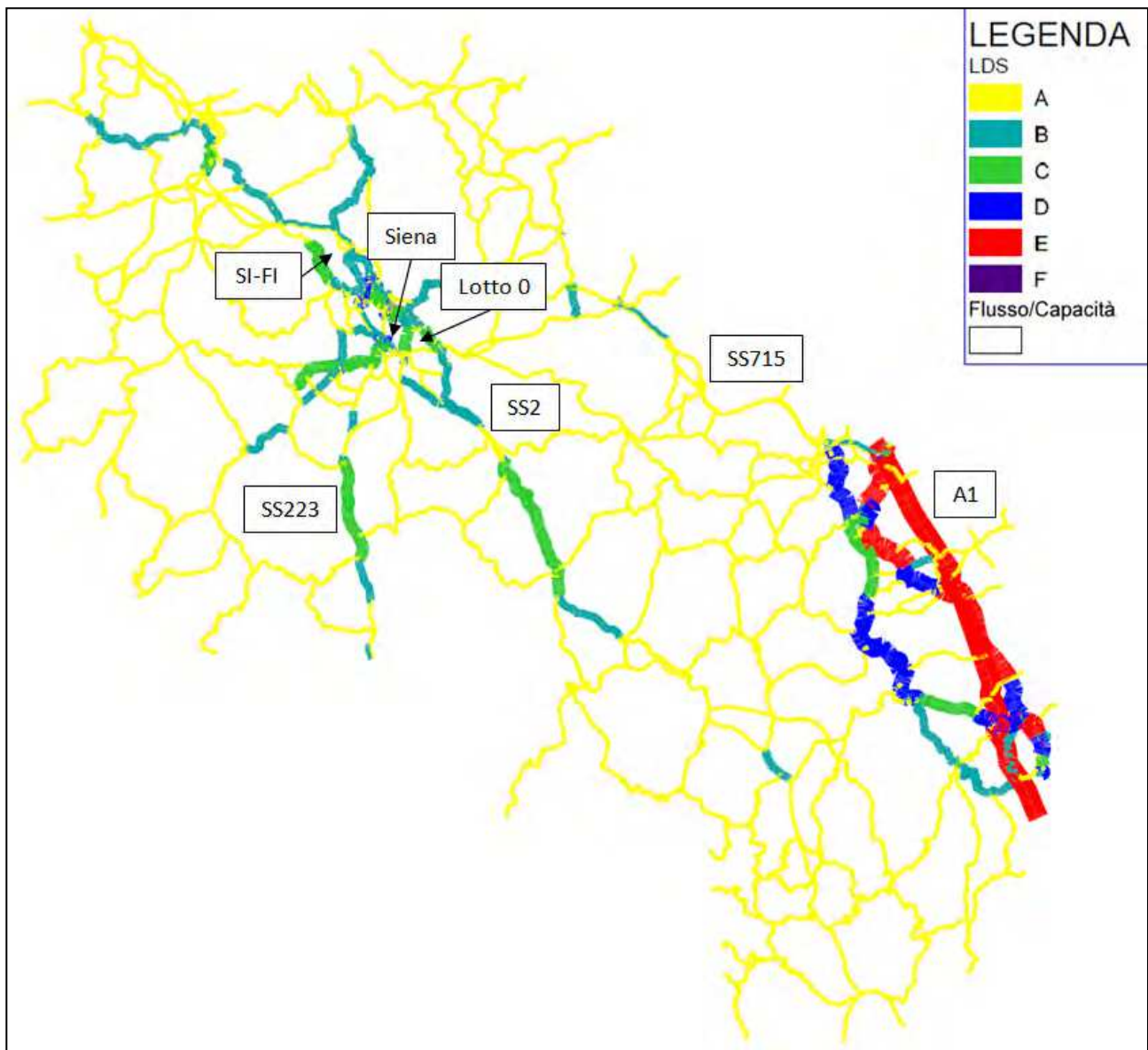
SDP venerdì sera: flussogramma svincolo di Ruffolo [veicoli totali]

SDP VENERDI' SERA: VALORI FLUSSI ORA DI PUNTA								
Numero	Tratta	Descrizione	Direzione	L	P	Tot	% P	Tot eq.
1	Lotto 0	A monte dello svincolo di	Nord	966	131	1097	12%	1293
			Sud	985	120	1105	11%	1285
2		Tra i due svincoli	Est	653	86	739	12%	868
			Ovest	974	128	1102	12%	1294
3		A valle dello svincolo di Ruffolo	Est	984	110	1094	10%	1258
			Ovest	918	94	1012	9%	1154
4	Svincolo di Cerchiaia	Rampa FI-GR	-	690	76	766	10%	880
5		Rampa FI-AR	-	337	45	382	12%	449
6		Rampa GR-FI	-	644	95	739	13%	881
7		Rampa GR-AR	-	320	37	357	10%	413
8		Rampa AR-FI	-	665	98	763	13%	911
9		Rampa AR-GR	-	296	42	338	12%	401
10	Svincolo di Ruffolo	Rampa SI-CE	-	154	18	172	10%	199
11		Rampa SI-AR	-	425	35	460	8%	512
12		Rampa CE-SI	-	85	20	105	19%	135
13		Rampa AR-SI	-	77	6	83	8%	92

Tabella 1 – SDP venerdì sera: flussi nell'ora di punta

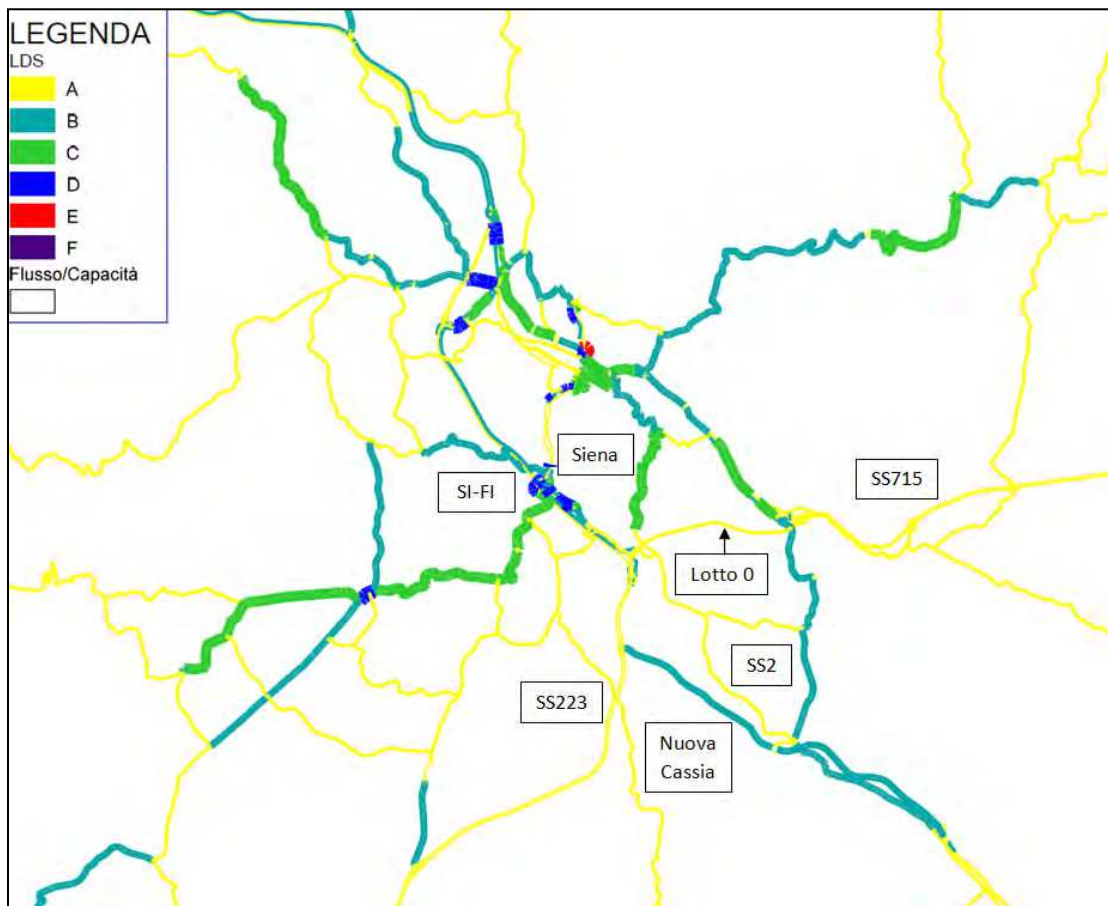
SDP VENERDI' SERA: VALORI FLUSSI TGM								
Numero	Tratta	Descrizione	Direzione	L	P	Tot	% P	Tot eq.
1	Lotto 0	A monte dello svincolo di	Nord	12205	2392	14597	16%	18185
			Sud	12613	2357	14970	16%	18506
2		Tra i due svincoli	Est	9603	2387	11989	20%	15569
			Ovest	11708	2910	14618	20%	18983
3		A valle dello svincolo di Ruffolo	Est	13121	2227	15348	15%	18688
			Ovest	13040	2297	15337	15%	18783
4	Svincolo di Cerchiaia	Rampa FI-GR	-	9361	1449	10809	13%	12982
5		Rampa FI-AR	-	5627	1278	6905	19%	8822
6		Rampa GR-FI	-	8091	1422	9513	15%	11645
7		Rampa GR-AR	-	4084	1000	5084	20%	6585
8		Rampa AR-FI	-	8216	2241	10457	21%	13819
9		Rampa AR-GR	-	3310	851	4161	20%	5438
10	Svincolo di Ruffolo	Rampa SI-CE	-	1352	565	1917	29%	2764
11		Rampa SI-AR	-	4589	482	5071	10%	5794
12		Rampa CE-SI	-	1267	446	1712	26%	2381
13		Rampa AR-SI	-	2385	251	2635	10%	3011

SDP venerdì sera: flussi TGM



SDP venerdì sera: livelli di servizio Provincia di Siena

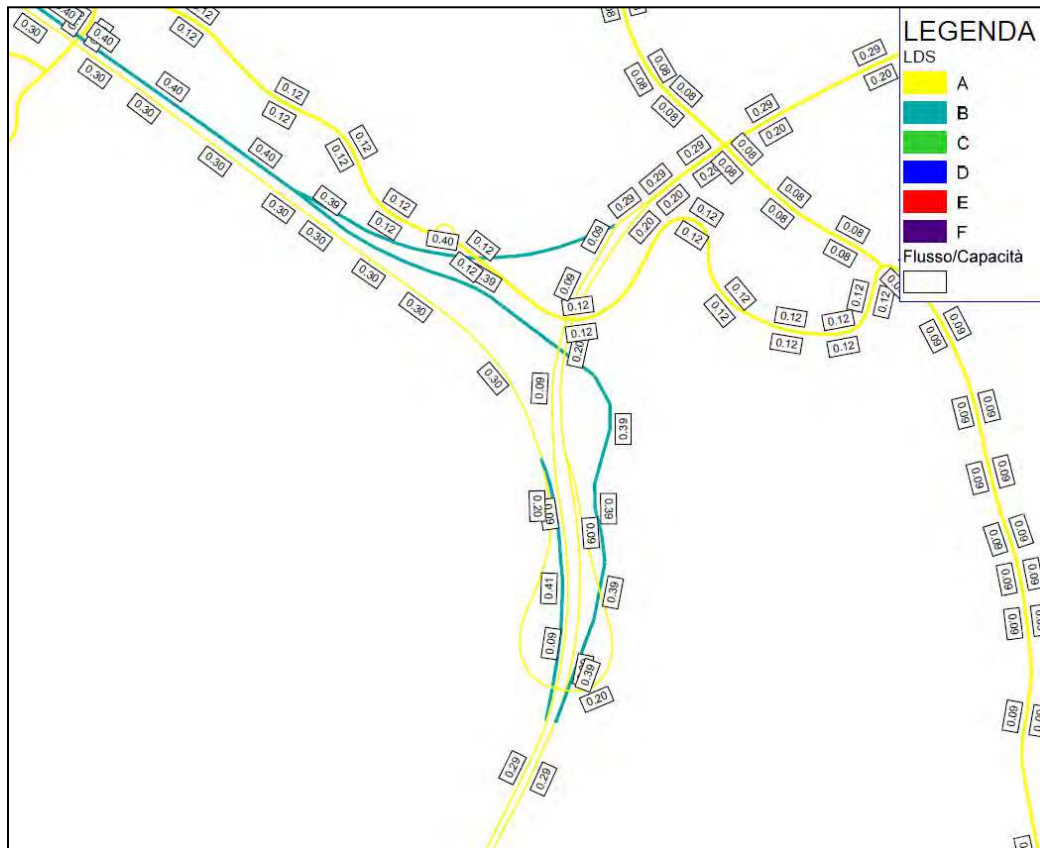




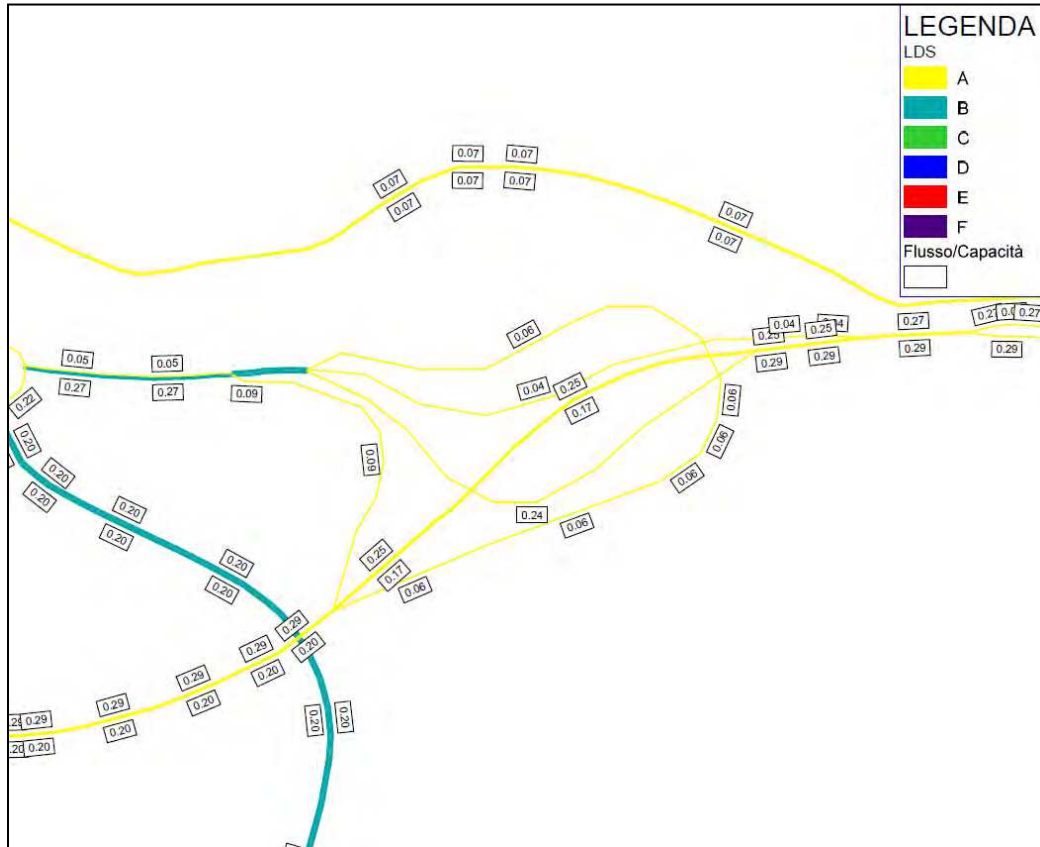
SDP venerdì sera: livelli di servizio area di Siena



SDP venerdì sera: livelli di servizio SDP Lotto 0



SDP venerdì sera: livelli di servizio SDP svincolo di Cerchiaia



SDP venerdì sera: livelli di servizio SDP svincolo di Ruffolo

RTP di progettazione:

Mandataria:

Mandanti:

### 4.2.3 Analisi Micro e di funzionalità

Sono state eseguite verifiche funzionali sulle tratte stradali che compongono il Lotto 0 e sulle diverse rampe degli svincoli di Cerchiaia e di Ruffolo tramite le metodologie previste dall'HCM differenziate rispetto alla tipologia di elemento stradale da analizzare: tramite la determinazione del livello di servizio si è evidenziata nello scenario progettuale una buona qualità di circolazione sia per il venerdì che per la domenica.

La capacità della rete viaria è stata esaminata, infatti, anche effettuando un'analisi sui fenomeni di accodamento che si vengono a creare in corrispondenza degli attestamenti nella rotatoria a servizio dello svincolo di Ruffolo: in particolare, alla fine delle simulazioni effettuate, sono state estratte le lunghezze medie delle code e si è notato come la realizzazione del Lotto 0 comporti solo un miglioramento sulle rampe potenziate a fronte di un sostanziale mantenimento delle performances sugli altri bracci. Tale situazione viene confermata anche dalle analisi statiche svolte con il software Girabase.

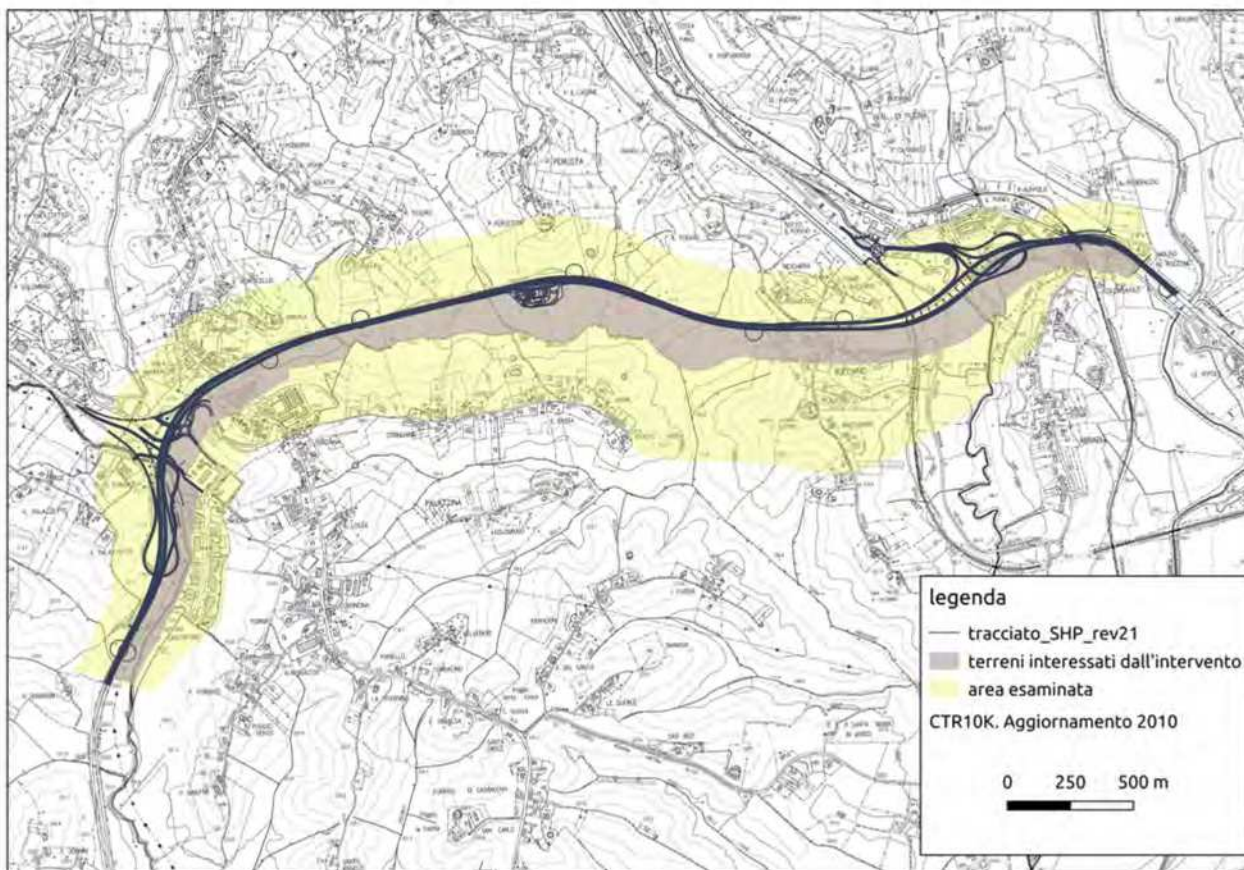
Da tutte le analisi condotte si può pertanto concludere che le infrastrutture viarie esistenti e di progetto sono in grado di supportare il carico veicolare previsto all'entrata in esercizio dell'infrastruttura di progetto, con un generale beneficio per la circolazione rispetto alla situazione attuale.

## 4.3 STUDIO ARCHEOLOGICO

Lo studio archeologico svolto nel progetto, fornisce indicazioni preliminare volte a verificare la presenza di aree e siti di interesse archeologico eventualmente interferenti con i lavori di adeguamento del tratto di strada statale in esame.

Il tratto di strada oggetto dell'intervento si localizza nel territorio comunale di Siena, a ca. 2,5 km a Sud-Est del centro della città (Piazza del Campo).

Stante la natura del progetto, che prevede il raddoppio dell'attuale tracciato sul versante sud, questa valutazione viene svolta a due livelli di intensità conoscitiva: il primo, finalizzato a una conoscenza di maggior dettaglio dell'area immediatamente interessata dall'attuazione del progetto, analizzerà l'area a Sud del tratto stradale interessato per una ampiezza di ca. 100 metri lineari dalla sede stradale attuale (Fig. seguente, in grigio); il secondo, finalizzato a una contestualizzazione archeologica generale, analizzerà in maniera più generale una fascia ampia di ca. 250 metri lineari sia a monte che a valle della stessa sede stradale (Fig. seguente, in giallo).



Aree interessate dalla procedura di valutazione preliminare

### **Inquadramento descrittivo e conoscitivo del contesto di indagine**

L'area interessata dalla progettazione dell'opera in oggetto si colloca nella parte centromeridionale del territorio comunale di Siena, nella fascia suburbana compresa tra i due principali assi stradali che corrono in direzione Nord-Sud, rispettivamente a Est e a Ovest del centro urbano, il raccordo autostradale Siena-Bettolle con la sua prosecuzione urbana (Strada Statale 73 Levante) e la Tangenziale Ovest. Si tratta di un tipico paesaggio delle colline senesi, caratterizzato da bassi rilievi a profilo arrotondato, interessati da una urbanizzazione a bassa intensità complessiva, data dal sovrapporsi nel tempo di due modelli insediativi. Il primo, più antico e risalente nei suoi tratti essenziali al basso medioevo e poi all'età moderna, che è sopravvissuto sostanzialmente intatto fino al secondo dopoguerra, è costituito da nuclei abitativi dispersi e isolati, per lo più collocati sulla sommità delle basse alture e legati allo sfruttamento del territorio per l'agricoltura e l'allevamento. Il secondo modello, sviluppatosi soprattutto a partire dagli anni '70 del Novecento, è legato a insediamenti residenziali – per lo più composti da unità unifamiliari separate l'una dalle altre – sorti lungo l'asse viario storico della Via Cassia (che taglia in direzione Nord-Sud la porzione più occidentale dell'areale qui preso in considerazione) e le sue diramazioni verso Est (Strada di Istieto e Strada della Coroncina). Tratti di più spiccata continuità presenta poi la serie di piccoli nuclei insediativi sorti nel corso dei secoli lungo l'altro tracciato viario storico che attraversa in direzione

Nord-Sud la porzione più orientale del territorio, la Strada di Certosa, che corre sulla cresta collinare a ridosso del tracciato della ferrovia Empoli-Siena-Chiusi e poi del tracciato del raccordo autostradale Siena-Bettolle.

Il tracciato dell'opera in oggetto attraversa quindi tre nuclei distinti, che per chiarezza espositiva possono essere trattati separatamente (Fig. seguente). Da Ovest a Est abbiamo quindi il nucleo di Cerchiaia, quello a maggiore densità insediativa sia sul versante residenziale che su quello industriale; il nucleo di Istieto, caratterizzato dalla presenza di campi aperti delimitati a Nord dal tracciato stradale e a Sud dal borgo lineare di Stringhino-Istieto e attraversati longitudinalmente dal fosso Ribucciano; il nucleo di Bucciano, caratterizzato dalla presenza del percorso storico della Strada di Certosa con gli insediamenti collegati.



*Inquadramento del contesto di indagine*

### ***Inquadramento geomorfologico***

L'area interessata è collocata a Sud/SudOvest del centro urbano di Siena, in un contesto di terreno ondulato con quote che variano tra i 180 e i 300 m s.l.m. Il reticolo idrografico, che si sviluppa tendenzialmente in direzione Nord-Sud e NordOvest-SudEst, è costituito dagli affluenti di destra del torrente Arbia (torrente Tressa, fosso Ribucciano, fosso Rilugo, torrente Bozzone) che hanno dato vita a spazi di fondovalle tendenzialmente pianeggianti, il più rilevante dei quali, ai fini della presente valutazione è quello del fosso Ribucciano.

Il paesaggio collinare è composto da due formazioni plioceniche sovrapposte, con una graduale transizione tra di loro: alla base si trova il "tufo", descritto come sabbie e sabbie argillose, gialle, talora grigie, con banchi di conglomerato, ed al tetto la "creta", descritta come argille e argille sabbiose di color grigio cenere.

Nell'area in esame, l'estensione della creta è di gran lunga dominante sul tufo. Le porzioni alte dei versanti si sviluppano con pendenze inclinate o moderatamente ripide (tra 10 e 35%), a tratti ripide (35-50%), che indiziano un rischio di instabilità sotto forma di flussi fangosi e di calanchi, rischio che dovrà essere preso in considerazione in sede di valutazione archeologica per la possibilità di trasporto a valle di materiali di origine antropica con conseguente possibile generazione di false

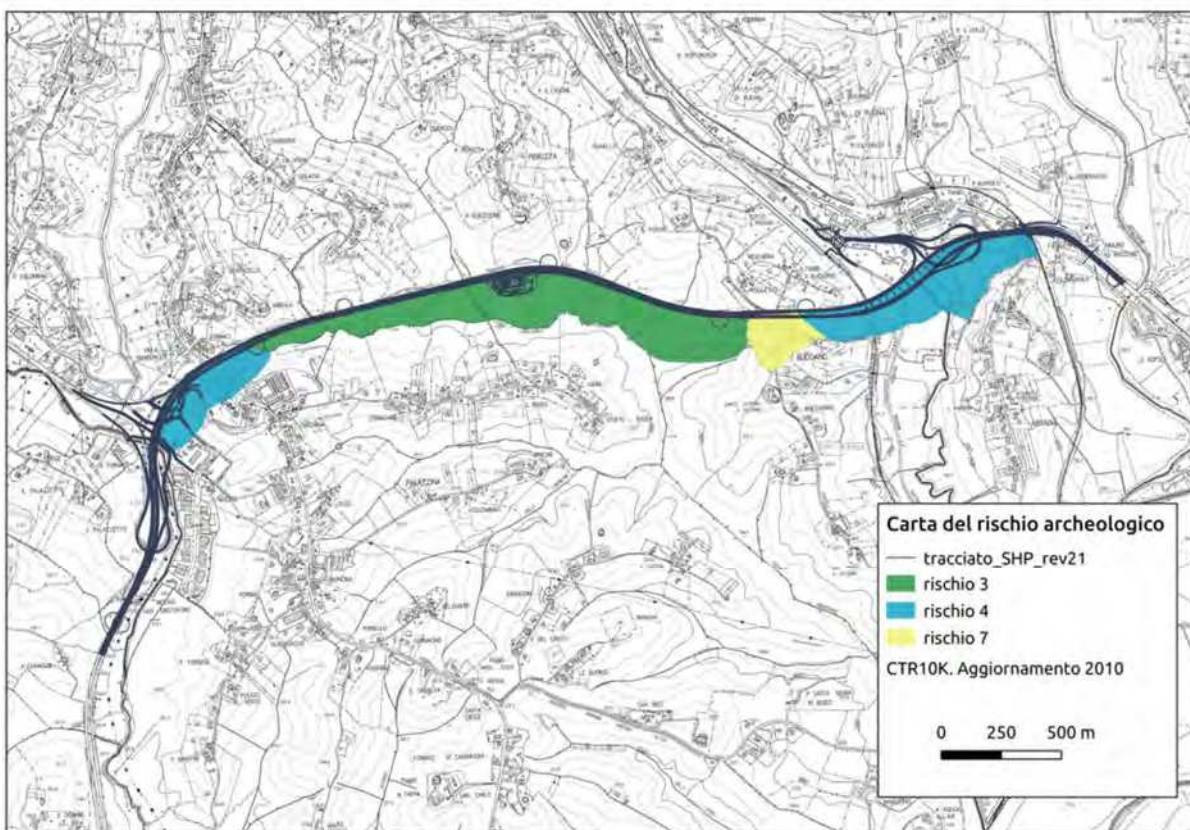
evidenze positive di insediamento anche in aree non originariamente interessate da frequentazione antropica stabile.

Sono diffusi i pianori sommitali a bassa pendenza (2-10%), più o meno estesi. In tutta l'area, i versanti si raccordano al reticolo idrografico capillare attraverso una fascia colluviale leggermente inclinata (pendenze 2-10%).

Si rinvia allo specifico documento per l'approfondimento dei seguenti aspetti:

- Ricognizioni di superficie
- Analisi delle fotografie aeree
- Fonti archivistiche e iconografiche
- Cartografia storica
- Vincoli
- Dati territoriali

In conclusione, allo stato attuale delle conoscenze acquisite e delle considerazioni che possono essere sviluppate dai dati raccolti, il grado di rischio archeologico per l'area interessata dalle opere in corso di progettazione può essere come di seguito valutato.



Carta del rischio archeologico

A) Per il settore occidentale (Coroncina), in presenza di contesti sicuramente insediati in epoca medievale e moderna, ma nelle attuali condizioni di bassissima o nulla visibilità archeologica al suolo

o da fotografia aerea, il rischio può essere indicato come non determinabile - valore 4 della scala prevista dall'Allegato 3 della Circolare 1-2016 emanata dalla Direzione Generale Archeologia MiBACT.

Ai sensi dello stesso documento, il valore 4 fa riferimento a un grado di potenziale archeologico non determinabile in quanto esistono elementi (geomorfologia, immediata prossimità, pochi elementi materiali) per riconoscere un potenziale di tipo archeologico, ma i dati raccolti non sono sufficienti a definirne l'entità 2. Questo valore numerico si traduce in una valutazione di un rischio medio per la realizzazione del progetto, in quanto questo investe un'area indiziata o le sue immediate prossimità.

B) Per l'area centrale (Stringhino-Istieto), stanti l'assenza di tracce di insediamento stabile nella cartografia storica, di tracce significative desumibili dall'esame delle fotografie aeree e sulla base dei risultati della ricognizione al suolo condotta in condizioni di buona visibilità su un campione significativo dell'insieme, il rischio può essere indicato come basso - valore 3 della scala prevista dall'Allegato 3 della Circolare 1-2016 emanata dalla Direzione Generale Archeologia MiBACT.

Ai sensi dello stesso documento, il valore 3 fa riferimento ad aree prive di testimonianze di frequentazioni antiche, oppure a distanza sufficiente a garantire un'adeguata tutela a contesti archeologici la cui sussistenza è comprovata e chiara.

C) Per l'area orientale (Bucciano), stanti le notizie autorevolmente riportate, sia pure non verificabili sul terreno in questa sede, del rinvenimento occasionale di sepolture etrusche, il rischio può essere indicato come medio-alto - valore 7 della scala prevista dall'Allegato 3 della Circolare 1-2016 emanata dalla Direzione Generale Archeologia MiBACT.

Ai sensi dello stesso documento, il valore 7 fa riferimento ad aree caratterizzate da ritrovamenti materiali localizzati (rinvenimenti di materiale nel sito, in contesti chiari e con quantità tali da non poter essere di natura erratica).

### **Parere Verifica Preventiva Interesse Archeologico**

Si ricorda infine che il progetto, nella configurazione di cui alla progettazione preliminare sviluppata dal Comune di Siena e da ANAS nel 2009, era stato sottoposto a verifica preventiva dell'interesse archeologico nel 2010; nell'ambito di tale procedimento, la competente Soprintendenza aveva espresso parere positivo prescrivendo l'assistenza archeologica durante i lavori (parere riportato in allegato alla presente relazione: prot. 12557 del 26.07.2011 ex Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana - ora Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per le province di Siena, Grosseto e Arezzo in attuazione del DPCM 171/201422 e del DM 44/201623).

26/07/2011 14:45 055 242213  
08/07 2011 15:46 055 242213

#8726 P.001/002

M0D. 300



Ministero  
per i Beni e le Attività Culturali  
SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI  
FIRENZE

26 LUG. 2011 20

M. COMUNE di SIENA  
Direzione Territorio  
Palazzo Patrizi  
Via di Città, 81  
53100 Siena  
att. Papini  
FAX 0577.292182

Prot. N° 12557  
34.19.04/66

Allegato

Richiesta al Seglio del  
Div. Leg. N°

OGGETTO: SIENA, E78 Grosseto-Fano. Adeguamento a 4 corsie del tratto compreso tra lo svincolo con la tangenziale di Siena (Firenze-Siena) e lo svincolo Ruffolo (Siena-Bettolle). Lotto O. Invio parere di competenza a nota Comune di Siena prot. 38969 del 16 luglio 2010 (ns. prot. 13014 cl. 34.19.04/66 del 23 luglio 2011).

Alla Direzione Regionale per i Beni  
Culturali e Paesaggistici della Toscana  
Lungarno A.M. de' Medici, 4  
50122 Firenze  
FAX 055 27189700

In riferimento all'oggetto e alla procedura di verifica preventiva dell'interesse archeologico ai sensi dell'art. 95 del D.Lgs. 163/2006, la scrivente Soprintendenza in relazione alle conoscenze archeologiche pregresse, esaminati gli elaborati tecnici trasmessi e la localizzazione dell'intervento, fa presente che alla data attuale non sono in itinere procedimenti di tutela o di accertamento della sussistenza di beni archeologici puntuali sull'area interessata dal progetto; ciononostante per le previste opere di movimentazione terra si impone l'adozione di particolari cautele.

Pertanto si subordina il parere di competenza alla condizione che dovrà essere comunicato, con congruo anticipo (almeno 15 giorni al fax 055.242213), la data d'inizio dei lavori al fine di poter programmare, da parte dello scrivente Ufficio, l'attività di controllo.

Qualora non sia possibile rispettare tale condizione, si renderà necessaria la presenza di figure professionali (archeologo) a carico della committenza il cui curriculum verrà sottoposto all'approvazione di questo Ufficio. Il suddetto personale provvederà alla sorveglianza archeologica, allo scavo manuale delle eventuali strutture o stratigrafie d'interesse culturale, alla redazione della relazione di scavo e della documentazione grafica (piante, sezioni,

RINRS S.p.A.



Prot. CDG-0112253-A del 04/08/2011  
5586616



SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELLA TOSCANA  
Via della Pergola, 65 - 50121 FIRENZE  
Tel. 055 23575 Fax 055 242213 E-mail: sba-tos@beniculturali.it  
CODICE FISCALE 80018950487



/2011 14:46 055 242213  
11 15:46 055 242213

#6728 P. 002/002

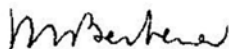
prospetti), al recupero degli eventuali reperti mobili, al loro lavaggio e classificazione preliminare.

Quest'Ufficio, come d'uso, provvederà alla supervisione scientifica dell'intervento di tipo archeologico riservandosi la decisione di richiedere approfondimenti di scavo stratigrafico che riterrà necessari all'acquisizione dei dati utili alla conoscenza archeologica dell'area e ai relativi interventi di tutela. Si fa presente che l'eventuale rinvenimento di emergenze archeologiche potrebbe comportare l'imposizione di varianti anche sostanziali al progetto.

Resta comunque inteso che, qualora durante i lavori si verificassero scoperte archeologiche fortuite, è fatto obbligo, ai sensi della normativa vigente in materia (art. 90 e ss. D.Lgs. 42/2004), degli artt. 822, 823 e, specialmente, 826 del Codice Civile, nonché dell'art. 733 del Codice Penale, di sospendere i lavori e avvertire entro 24 ore questo Ufficio, il Sindaco o l'Autorità di Pubblica Sicurezza competente per territorio, e provvedere alla conservazione temporanea dei beni rinvenuti. Il trasporto nei depositi della Soprintendenza di beni archeologici mobili eventualmente rinvenuti sarà a carico di codesto richiedente.

La presente autorizzazione è ovviamente subordinata sia alle vigenti norme paesaggistiche e di regolamento municipale, sia ai nulla osta relativi ad eventuali altri vincoli che insistano nell'area oggetto di intervento.

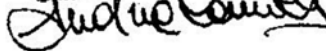
Il Soprintendente  
dott.ssa MARIAROSARIA BARBERA



P. Il Responsabile del Procedimento  
dott.ssa GIUSEPPINA CARLOTTA CIANFERONI

ARCHEOLOGO DIRETTORE  
COORDINATORE

Dott. Andrea Roncaglia



Responsabile del Procedimento: dott.ssa Giuseppina Carlotta Cianferoni;  
tel.: 055.2357719; giuseppinacarlotta.cianferoni@beniculturali.it  
Referente per la pratica: Giovanni Roncaglia; tel.: 055.2357772; giovanni.roncaglia@beniculturali.it

IL PRESENTE FAX SOSTITUISCE L'ATTO ORIGINALE AI SENSI DELL'ART. 43 DEL D.P.R. 445/2000

iCC/gr

## 4.4 STUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E SISMICO

### 4.4.1 Indagini geognostiche

Gli elementi necessari per la progettazione definitiva delle opere previste in progetto sono stati ricavati principalmente dall'interpretazione dei dati geognostici disponibili dall'esecuzione di due campagne di indagini, congiuntamente all'esame dei dati bibliografici disponibili presso l'Area Tecnica e Gestione Territorio del Comune di Siena.

La prima campagna di indagine è stata eseguita nel 2009 dalla ditta Geotecnica Lavori S.r.l. di Perugia disponibile per la progettazione preliminare dell'infrastruttura, ed è consistita in:

- n° 18 sondaggi geognostici a carotaggio continuo
- n° 80 prove penetrometriche dinamiche in foro tipo SPT
- n° 12 prove penetrometriche statiche CPT
- n° 5 prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPSH
- n° 22 prospezioni sismiche a rifrazione
- n° 7 prospezioni sismiche in foro tipo down-hole da 30 m

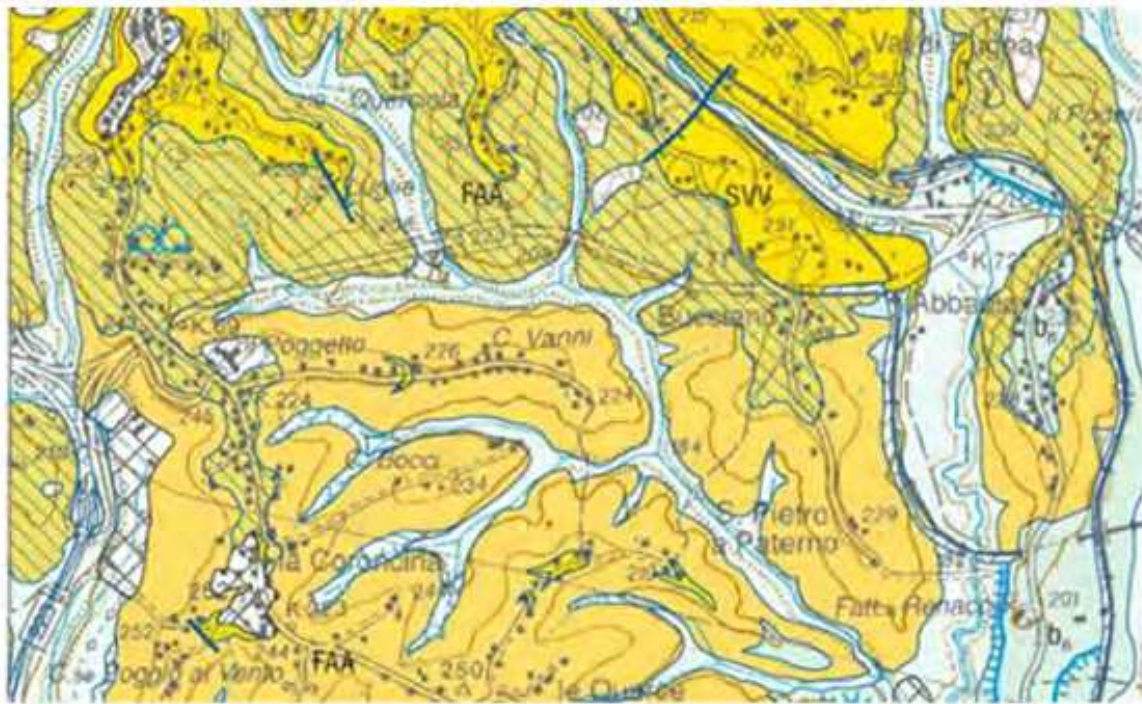
Ad integrazione di tale campagna di indagini, ai fini della progettazione definitiva dell'infrastruttura, è stata eseguita una campagna di indagini integrativa nel 2019 dalla ditta "Tecno In S.p.A" di Napoli, consistita in:

- n° 15 sondaggi geognostici a carotaggio continuo
- n° 46 prove penetrometriche dinamiche in foro SPT
- n° 11 prove pressiometriche
- n° 14 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile;
- installazione in n° 6 fori di sondaggio di piezometri a tubo aperto per la misura del livello piezometrico della falda;
- n° 4 prospezioni sismiche in foro tipo down-hole
- n° 12 pozzetti esplorativi da 2 m
- n° 8 pozzetti ambientali da 2 m

### 4.4.2 Geologia

Il tracciato si sviluppa su unità sedimentarie neogenico-quadernarie del Bacino di Siena, le quali sono state coinvolte in fasi tettoniche recenti: tali sedimenti, facenti parte della successione neogenica del versante tirrenico dell'appennino settentrionale, ricoprono le formazioni d'età Miocene Superiore di ambiente lacustre e lacustre-salmastro dei domini ligure e toscano e costituite da litotipi conglomeratico-brecciati.

Con riferimento alle note illustrative del foglio 297 "Asciano" (ISPRA - Carta Geologica d'Italia - Scala 1:50.000) tali successioni sono definibili come segue.



**SCHEMA DEI PRINCIPALI RAPPORTI STRATIGRAFICI FRA LE FORMAZIONI DELLA SUCCESSIONE NEOGENICA**



Stralcio della Carta Geologica d'Italia – Foglio 297 Asciano 1:50.000 e relativo schema dei rapporti stratigrafici (ISPRA, 2016)

**Successione neogenica del versante tirrenico dell'appennino settentrionale:**

- Argille azzurre (Pliocene inf.)
- Sabbie di San Vivaldo (Pliocene inf.)

**Depositi continentali quaternari:**

- Depositi eluvio-colluviali (Pleistocene-Olocene)
- Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene-Olocene)
- Depositi alluvionali (Olocene)
- Depositi antropici

In affioramento, oltre ai depositi superficiali olocenici (alluvionali ed eluvio-colluviali), il tracciato coinvolge per la quasi totalità della sua lunghezza le unità neogeniche marine e marino-costiere.

Vengono di seguito descritte le caratteristiche stratigrafiche delle unità presenti lungo il tracciato in esame.

#### **4.4.2.1 Depositi neogenici del versante tirrenico**

##### **4.4.2.1.1 Argille azzurre [Pliocene inf.]**

Si tratta di peliti marnose massive grigio-azzurre, spesso bioturbate, localmente fossilifere, talvolta intercalate a strati sabbiosi tabulari; all'interno e nella parte alta sono presenti argille sabbiose e limi color nocciola con Lamellibranchi e Gasteropodi.

L'unità è presente lungo tutto il tracciato, ricoperta da depositi olocenici di natura alluvionale ed eluvio-colluviale in corrispondenza delle piane alluvionali e degli impluvi attraversati dell'infrastruttura.

Superficialmente l'unità è caratterizzata da una fascia di alterazione in argille limose e limi argillosi da poco a mediamente consistenti, per uno spessore di alcuni metri.

Da un punto di vista granulometrico l'unità risulta costituita principalmente da una litofacies argilloso-limosa e una litofacies limoso-sabbiosa, gradualmente passanti tra di loro sia in senso verticale che orizzontale. La prima è costituita da argille limose e limi argillosi da poco a mediamente plastici (contenuto di materiale fine < 0.075 mm compreso tra 70 e 90%, Ip compreso tra 10 e 20%), in parte sabbiose, mentre la seconda è costituita da limi sabbioso-argillosi, poco plastici (contenuto di materiale fine < 0.075 mm compreso tra 70 e 80%, componente sabbiosa pari a 20÷30% circa, Ip generalmente inferiore a 10%). Secondo la classificazione USCS dei campioni disponibili, tali terreni sono classificabili nel complesso come CL, ML e CL-ML. Entrambe le litofacies si presentano da molto consistenti a dure, con una elevata resistenza in condizioni non drenate. La permeabilità di tali terreni infatti risulta generalmente da bassa a molto bassa per la litofacies argilloso-limosa (variabile tra 1E-7 e 1E-9 m/s) e generalmente medio-bassa per la litofacies limoso-sabbiosa (variabile tra 1E-5 e 1E-7 m/s). Il colore della formazione è generalmente grigio, ma nei campioni più sabbiosi e più prossimi alla superficie diventa talvolta oca-grigio scuro.

Le due litofacies risultano gradualmente passanti tra di loro sia verticalmente che orizzontalmente, tanto che non è possibile individuare una netta separazione tra le due lungo il tracciato. Risulta tuttavia possibile osservare la litofacies argilloso-limosa risulta prevalente in corrispondenza di tutto lo sviluppo della Galleria San Lazzerò e in corrispondenza dell'imbocco ovest della Galleria Bucciano, mentre tra l'imbocco est della Galleria Bucciano e la zona dello Svincolo Ruffolo prevale la litofacies limoso-sabbiosa, presumibilmente in ragione della vicinanza del contatto con la soprastante formazione delle *Sabbie di San Vivaldo*.

Localmente sono presenti livelli di sabbie limose e sabbie con limo, addensate e debolmente argillose, di spessore pari ad alcuni metri, che costituiscono i principali livelli permeabili ed acquiferi all'interno della formazione. Tali livelli, distribuiti lungo tutto il tracciato ma generalmente sporadici, risultano particolarmente frequenti in corrispondenza del Viadotto Luglie. E' opportuno osservare

infine che talvolta i livelli di sabbie o sabbie limose descritti nelle stratigrafie dei sondaggi, in seguito alle analisi di laboratorio hanno mostrato una assoluta prevalenza della componente limosa con una non trascurabile percentuale di componente argillosa, consentendo di classificare tali terreni generalmente come limi sabbioso-argillosi o tutt'al più come limi con sabbia argillosi.

#### **4.4.2.1.2 Sabbie di San Vivaldo [Pliocene sup.]**

Le argille azzurre, nella loro litofacies sabbiosa, passano gradualmente verso l'alto e/o in eteropia ad areniti poco cementate, sabbie a grana da fine a media, molto bioturbate, di colore giallo-ocra, localmente con resti di Ostreidi e Pectinidi. Questa formazione affiora esclusivamente e per poche centinaia di metri in prossimità del rilevato a monte della linea ferroviaria Chiusi-Empoli, subito oltre i rilievi della galleria Bucciano, e la sua distribuzione nell'area è stata desunta principalmente dalla cartografia CARG (foglio 297 "Asciano") in quanto non sono disponibili sondaggi geognostici all'interno di tale unità, ma solo la stratigrafia di un pozzo per acqua fornita dal Comune di Siena. Tale stratigrafia riporta, da q. 248 m s.l.m. (testa pozzo, sulla sommità della collina di Torre a Bucciano) a q. 205 s.l.m., la presenza di oltre 40 m di sabbie, inizialmente limose di colore giallo ocra (porzione superficiale alterata, spessore 10 m), poi di colore grigio con fossili, di granulometria variabile tra le sabbie limose e le sabbie a grana media o con ciottoli, al di sopra di argille grigie riferibili alla formazione delle *argille azzurre* plioceniche.

#### **4.4.2.2 Depositi olocenici**

##### **4.4.2.2.1 Depositi eluvio-colluviali**

Si tratta di terreni che rappresentano il prodotto di alterazione e di trasporto al piede del versante dei materiali appartenenti alle diverse unità affioranti in corrispondenza di tutti i rilievi collinari presenti nell'area del tracciato. Si tratta perlopiù di limi argillosi e limi sabbiosi che coinvolgono in particolare le fondazioni del viadotto Casone, Ribucciano e Rilugò.

##### **4.4.2.2.2 Depositi alluvionali terrazzati**

Si tratta di terreni di natura alluvionali di età quaternaria affioranti lungo le valli dei maggiori corsi d'acqua e dei loro principali affluenti. Si tratta sostanzialmente di ghiaie con ciottoli, sabbie e peliti massive pedogenizzate. Tali depositi non interferiscono con il tracciato, essendo presenti perlopiù ad est dello svincolo Ruffolo.

##### **4.4.2.2.3 Depositi alluvionali**

Sono terreni che occupano il fondo dei principali impluvi presenti nell'area del tracciato e che sono il prodotto del trasporto, da parte delle acque superficiali, di materiali eterogenei a formare dei depositi dello spessore da alcuni metri fino a 8-9 m circa. Si tratta, in particolare, di *sabbie con limo argillose debolmente ghiaiose*, *limi argillosi sabbiosi* e *ghiaie con sabbie limose*.

Queste tre tipologie di depositi coinvolgono rispettivamente la piana alluvionale di Cerchiaia, le

fondazioni dei principali viadotti centrali al tracciato, la piana alluvionale di Ruffolo in corrispondenza del viadotto Riluogo. Nonostante una granulometria prevalente in ciascuna delle tre tipologie, nei campioni è stata sempre rinvenuta una buona percentuale di materiale fine in matrice limoso-argillosa.

#### 4.4.2.2.4 Depositi antropici

Sono perlopiù costituiti dai materiali che sono stati utilizzati per la realizzazione dei rilevati stradali e ferroviari presenti nell'area del tracciato, terrapieni o discariche.

#### 4.4.3 Geomorfologia

Lo studio delle dinamiche geomorfologiche del territorio si rivolge alla identificazione delle forme del rilievo e dei processi che le hanno generate. Tali dinamiche sono dovute all'interazione tra i fattori climatici, morfologici e geologici.

Il nuovo tracciato in progetto, in adeguamento all'esistente tratto Siena-Ruffolo della E78 Grosseto-Fano, si sviluppa a partire dalla località Cerchiaia - Il Molino in direzione SW-NE, proseguendo fino al fondovalle del torrente Riluogo, in località Ruffolo. Dallo svincolo di Cerchiaia, ubicato nel fondovalle del torrente Tressa, il tracciato dell'infrastruttura attraversa in galleria un primo tratto collinare in località Mattonaia-Cerchiaia, poi attraversa i fondovalle dei torrenti Luglie, Valli, Casone e Ribucciano mediante viadotti di varia lunghezza, prosegue verso il rilievo collinare di Bucciano attraversandolo con una galleria e termina nel fondovalle del torrente Riluogo con un viadotto in raccordo con il tratto Siena-Bettolle direzione Fano e con il nuovo svincolo di Ruffolo. La totalità del tracciato, lungo circa 5.4 km, è interessata dalla presenza di tre domini morfologici prevalenti: un dominio collinare, in corrispondenza dei principali rilievi argillosi pliocenici, un dominio pedecollinare in corrispondenza dei principali impluvi, sede di depositi eluvio-colluviali in raccordo con quelli alluvionali, e un dominio di pianura per le zone corrispondenti alle piane alluvionali degli svincoli di inizio e fine tracciato.

Nel complesso, nell'area in esame, non state evidenziati processi geomorfologici di particolare criticità per l'infrastruttura da adeguare. In ogni caso, la presenza nel dominio collinare delle *argille azzurre* plioceniche, per quanto generalmente molto consistenti, ma caratterizzate da un orizzonte di alterazione superficiale talvolta di spessore elevato, impone una certa cautela nell'affrontare la progettazione e la realizzazione delle opere di scavo, sia all'aperto che in galleria, al fine di non generare fenomeni di instabilità di tale orizzonte.

Nel seguito, dopo un'analisi della distribuzione e della natura dei dissesti, oltre che della loro classificazione in base alla pericolosità, presenti nelle cartografie PAI, Regione Toscana, IFFI e PSC Comune di Siena, sulla base dell'attività di fotointerpretazione eseguita sulle fotografie disponibili dal rilievo aerofotogrammetrico e sulla base dell'osservazione delle foto aeree storiche disponibili per l'area a partire dagli anni '50 e delle foto eseguite recentemente da drone, vengono descritti i

principali dissesti interferenti con il tracciato e vengono descritte le forme e i processi geomorfologici.

#### **4.4.3.1 P.A.I. "Bacini Regionali Toscani"**

Il territorio comunale di Siena rientra nell'area di pertinenza fluviale del fiume Ombrone e dunque, attualmente, il territorio su cui insiste l'opera in progetto appartiene al P.A.I. "Bacini regionali Toscani": le Norme di Piano dei bacini regionali sono infatti omogenee per i tre piani relativi al Bacino Ombrone, Bacino Toscana Costa e Bacino Toscana Nord. Queste sono state approvate dal Consiglio Regionale con la delibera n.12 del 25.01.2005 e pubblicate nel Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n.7 del 16.02.2005. In data 13.01.2020 l'Autorità di Bacino Distrettuale ha pubblicato il comunicato dell'adozione del "Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica" relativo al territorio dei bacini del fiume Arno, del fiume Serchio e dei bacini della Toscana ed in data 17.01.2020 ha comunicato agli enti interessati l'avvio della fase di consultazione e adempimenti da parte dei Comuni in merito alla fase di osservazione. Successivamente, nel mese di febbraio, il Comune di Siena ha concordato insieme all'Autorità di Bacino Distrettuale l'osservazione alla nuova proposta di progetto di piano di bacino.

Pertanto, la nuova carta geomorfologica e la carta di pericolosità geologica depositate presso il Genio Civile per l'adozione dello Strumento Urbanistico Comunale risulteranno al termine del procedimento di approvazione del nuovo Piano Strutturale completamente condivise e adeguate agli Strumenti di Piano Sovraordinati. Tale proposta sarà recepita nel P.A.I. geomorfologico a seguito dell'approvazione tecnica nella conferenza operativa programmatica. Il progetto di Piano, una volta approvato e vigente, sarà caratterizzato da omogeneità sia per i criteri metodologici sia per la parte normativa, in riferimento a tutti i dissesti di natura geomorfologica. Una volta completato l'iter di approvazione il nuovo P.A.I. (definito P.A.I. "dissesti geomorfologici") sostituirà interamente i singoli P.A.I. vigenti per il bacino del fiume Arno, bacino del fiume Serchio (pericolosità da frana) e bacini regionali toscani (questi ultimi come detto afferenti al progetto in esame).

Il Piano di Stralcio del P.A.I. "dissesti geomorfologici" è stato adottato in data 13.07.2020 ma è attualmente in approvazione per la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale. In attesa di tale approvazione, si è fatto inizialmente riferimento alle attuali normative di piano dei Bacini Regionali Toscani (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale).

La cartografia della pericolosità geomorfologica del P.A.I. "Bacini regionali Toscani" è esclusivamente disponibile come shapefile o come banca dati geografica in modalità interattiva di tipo web-GIS (<https://geodata.appenninosettentrionale.it/mapstore/#/viewer/openlayers/1051>).

Dall'esame della carta di pericolosità geomorfologica dei dissesti del P.A.I. Bacini Regionali Toscani è possibile segnalare la presenza, a monte del tracciato nella zona prossima all'area di servizio Esso ubicata tra il viadotto Valli e il viadotto Casone, di fenomeni classificati a pericolosità 3 (colore arancio) e 4 (colore giallo), che interferiscono con il progetto; nello stralcio di area analizzata,

soprattutto nella porzione orientale, sono presenti nell'area altri dissesti di tali tipologie che tuttavia non interferiscono direttamente con il tracciato.

Nelle Norme di Piano del P.A.I. Bacini Regionali Toscani (Bollettino Ufficiale della Regione Toscana, n.7 del 16.02.2005), e in particolare al Titolo III - Pericolosità geomorfologica, Art.12 "Finalità specifiche", vengono definite due tipologie di aree di pericolosità geomorfologica da dissesti: le *aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.F.M.E.)*, coincidenti alle aree interessate da fenomeni franosi attivi individuate e perimetrate ai sensi degli atti di indirizzo e coordinamento emanati a seguito della Legge 183/89 e del D.L. 180/1998, e le *aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.F.E.)*, ovvero le aree interessate da fenomeni franosi quiescenti individuate e perimetrate ai sensi degli atti di indirizzo e coordinamento emanati a seguito della Legge 183/89 e del D.L. 180/1998. Per le due aree, agli Art. 13 e Art. 14 rispettivamente, vengono definiti gli interventi consentiti ma non risulta specificata, purtroppo, la correlazione delle stesse con le aree di tipo 3 e tipo 4.

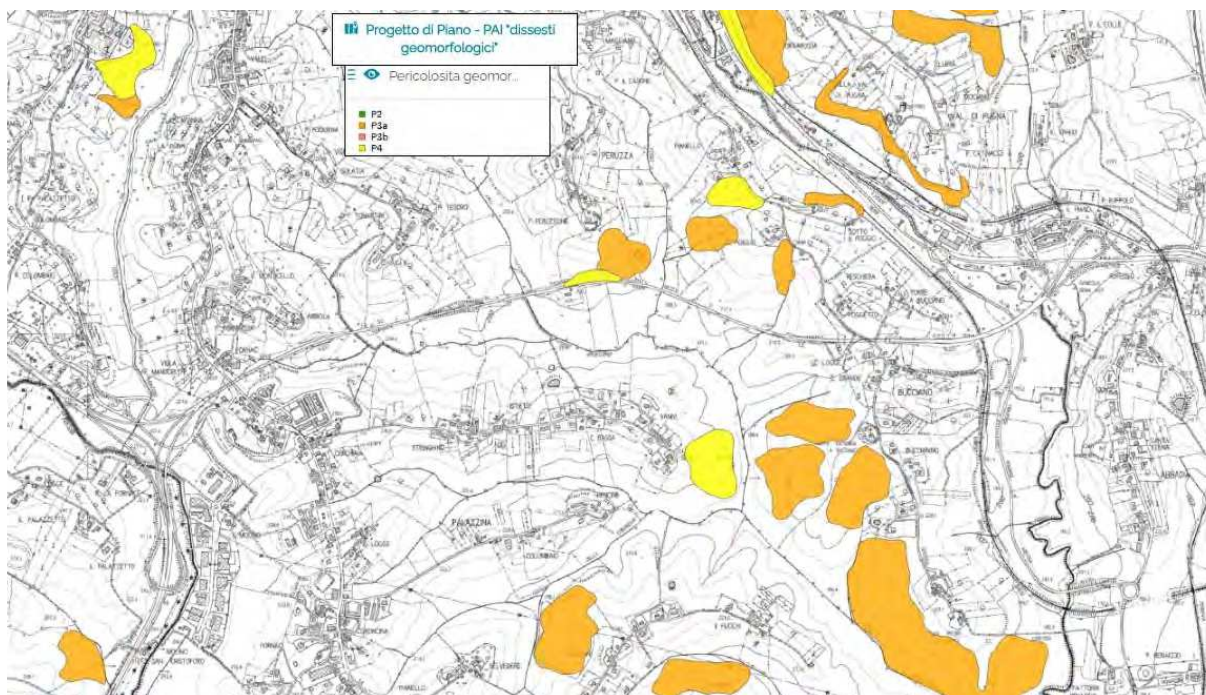
Non essendo possibile effettuare una concreta identificazione delle aree di pericolosità tipo 3 e tipo 4, si è fatto ricorso al nuovo strumento P.A.I. "*dissesti geomorfologici*" che, seppur adottato ma non ancora vigente (attesa pubblicazione in G.U.), viene già messo a disposizione in termini di cartografia (formato web-gis) e norme (Relazione/Stralcio di Piano), queste ultime contenenti le informazioni relative all'identificazione delle varie aree di pericolosità dei dissesti rinvenuti.

#### **4.4.3.2 P.A.I. "*dissesti geomorfologici*"**

Una volta consultato il P.A.I. "Bacini regionali Toscani", poiché non è stato possibile effettuare una reale identificazione delle aree di pericolosità tipo 3 e tipo 4, si è fatto riferimento allo strumento di recente realizzazione P.A.I. "*dissesti geomorfologici*", caratterizzato da omogeneità sia per i criteri metodologici sia per la parte normativa in riferimento a tutti i dissesti di natura geomorfologica dei bacini toscani.

Tale strumento, adottato ma non ancora vigente a tutti gli effetti, viene già messo a disposizione con una cartografia web-gis all'interno del sito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, in affiancamento allo stesso P.A.I. "Bacini regionali Toscani", mediante la sezione "*Mappa della pericolosità da dissesti di natura geomorfologica*".





Stralcio della mappa di pericolosità dissesti del P.A.I. "dissesti geomorfologici" (in pubblicazione)

Dall'analisi dello stralcio della mappa della pericolosità da dissesti di natura geomorfologica del P.A.I. "dissesti geomorfologici" (cfr. figura soprastante) è possibile infatti verificare che tutte le perimetrazioni nonché le tipologie di aree a diversa pericolosità ricalcano, in maniera fedele, quelle riportate nella carta di pericolosità geomorfologica dei dissesti del P.A.I. Bacini Regionali Toscani e, per tale motivazione, è stato possibile approfondirne i contenuti.

Ciò che emerge subito confrontando le due cartografie è che le aree a pericolosità tipo 3 (colore arancione) e tipo 4 (colore giallo) corrispondono alle aree di pericolosità dei medesimi colori di Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. del futuro Piano di Assetto Idrogeologico seppur identificate, in quest'ultimo strumento, rispettivamente con le sigle "P3a" e "P4".

Dalle informazioni desunte dalla Disciplina di Piano del P.A.I. "dissesti geomorfologici", le aree di pericolosità da dissesti della nuova mappa del P.A.I. vengono classificate, nell'Art.6 del documento secondo i criteri dell'Allegato 3 – "Modalità per le proposte di revisione ed aggiornamento delle mappa del P.A.I.", come segue:

- **Pericolosità molto elevata (P4):** aree instabili interessate da fenomeni di dissesto attivi di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle acque incanalate negli alvei naturali/artificiali o lungo le pendici;
- **Pericolosità elevata (P3):** aree potenzialmente instabili suddivise in due sottoclassi:
  - (P3a) Aree non interessate da fenomeni di dissesto attivi ma in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali aree interessate da instabilità in passato e/o segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi, sulla base dei quali non è possibile escludere la riattivazione dei dissesti;

(P3b) Aree interessate da possibili instabilità di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle acque incanalate negli alvei naturali /artificiali o lungo le pendici, per effetto di condizioni geomorfologiche e fisiche sfavorevoli che determinano elevata propensione al dissesto.

- *Pericolosità media (P2)*: aree stabilizzate, aree stabili interessate tuttavia da litologie e condizioni strutturali e geomorfologiche che determinano propensione media al dissesto e che possono dar luogo a modifica della loro condizione di stabilità;
- *Pericolosità moderata (P1)*: aree stabili con condizioni litologiche, strutturali e geomorfologiche aventi caratteri per lo più favorevoli alla stabilità con bassa propensione al dissesto.

Al Capo 2, Sezione 1, Art.7 e Art.8, a cui si rimanda per ulteriori dettagli, sono riportate le norme che definiscono gli interventi e le attività consentite in corrispondenza delle aree P3a e P4, interferenti con il tracciato e, in particolare, per l'area P4 a pericolosità molto elevata risultano comunque consentiti gli "interventi di ampliamento e ristrutturazione delle opere e infrastrutture pubbliche esistenti riferiti ai servizi essenziali, nonché inerenti la rete infrastrutturale primaria e la rete dei servizi lineari e puntuali".

#### 4.4.3.3 Geoportale Regione Toscana – Database geomorfologico

Ad integrazione dei dati sopracitati, con l'obiettivo di caratterizzare i dissesti oltre che in termini di pericolosità anche in termini di tipologia, velocità nonché stato di attività, è stata fatta un'analisi del database geomorfologico del Geoportale della Regione Toscana. La cartografia geomorfologica del database regionale è esclusivamente disponibile in formato shapefile oppure consultabile nell'apposita sezione "GEOscopio", ovvero lo strumento web-gis con cui è possibile visualizzare ed interrogare i dati geografici (e geomorfologici) della Regione Toscana.

In particolare, dall'esame della carta, è possibile verificare la presenza, nella medesima area vista prima (in corrispondenza dell'area di servizio Esso tra il viadotto Valli e il viadotto Casone), di due fenomeni classificati *colamenti*, che interferiscono con il tracciato in progetto. Sono presenti inoltre, in tutta l'area attraversata dall'infrastruttura in progetto, numerosi altri dissesti classificati in parte come *colamenti* in parte come *scorrimenti* nessuno dei quali, in ogni caso, interferisce direttamente con il tracciato. Lo stato di attività dei fenomeni franosi è sempre classificato come *quiescente* e la velocità è classificata come *indeterminata*. All'interno della stessa cartografia sono evidenziate anche *orli di scarpata di frana*, a monte di ciascun perimetro di dissesto, e alcune *frane non cartografabili* di tipo *attive continue, stagionali, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale*, non interferenti con il tracciato, ubicate in prossimità della strada S.R.2 "Cassia", in un area discretamente antropizzata.

Nella figura sottostante si riporta lo stralcio delle forme geomorfologiche identificate dai dissesti nel

territorio in esame riportati nel database regionale.



Stralcio DB geomorfologico - Banca dati Geoportale Regione Toscana (2018): dissesti

#### 4.4.3.4 Inventario Fenomeni Franosi Italiani (I.F.F.I.) e piattaforma "IdroGEO"

Per completezza di informazione, è stato consultato anche il [catalogo I.F.F.I.](#) (Inventario Fenomeni Franosi Italiani) che, attualmente, è fruibile in formato web-gis mediante la nuova [piattaforma "IdroGEO"](#) messa a disposizione dall'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (I.S.P.R.A.). Tale piattaforma permette di identificare, con aggiornamento continuo e dettagliato, la situazione dei fenomeni franosi nazionali.

Dalle analisi delle cartografie si è potuto constatare che le informazioni sulle perimetrazioni e la classificazione dei fenomeni franosi definiti dall'I.F.F.I. coincidono perfettamente con quelle proposta dalla banca dati geomorfologica della Regione Toscana (database geomorfologico).

In particolare, viene confermata la presenza, nell'area appena compresa tra il viadotto Valli e il viadotto Casone, lato monte al tracciato, in corrispondenza dell'area di servizio, di due fenomeni classificati come *colamenti rapidi*, che interferiscono con il tracciato in progetto e, nell'area vasta attraversata dall'infrastruttura, sono presenti altri dissesti, non interferenti con il tracciato, classificati in parte come *colamenti rapidi* in parte come *scivolamenti rotazionali/traslativi*.

All'interno della nuova piattaforma "IdroGEO" messa a disposizione dall'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (I.S.P.R.A.), è possibile anche identificare un indice di pericolosità franosa e idraulica: per la zona in esame si evince una pericolosità di frana *elevata tipo P3* in corrispondenza dei principali rilievi più acclivi. La piattaforma IdroGEO mostra anche diversi scenari di pericolosità idraulica, classificati di tipo P2 nei principali impluvi (P3 nelle zone di interferenza con la sede stradale) e di tipo P1 nelle zone di piana alluvionale (P2 e P3 nelle zone di ristagno di bassa quota), quest'ultime coincidenti con i principali svincoli Cerchiaia e Ruffolo di inizio e fine tracciato.



Figura 1 – Stralcio scenario dei dissesti I.F.F.I. da piattaforma IdroGEO (ISPRA, 2020)

#### 4.4.3.5 Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) – Comune di Siena (2020)

Da ultimo, ma non per minor importanza, è stato consultato il **Piano Operativo e Variante di aggiornamento del Piano Strutturale** del Comune di Siena, adottato con Del. C.C. n.58 del 19/05/2020.

L'adozione del Piano Operativo e della Variante di aggiornamento del Piano Strutturale permette, all'interno del Sistema Informativo Territoriale presente sul sito comunale nella sezione "*Studi geologici, idraulici e sismici*", di consultare la Relazione geologica di fattibilità nonché tutti gli elaborati a carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico alla scala 1:10000 per il territorio comunale.

In particolare, dalla *Carta delle aree a pericolosità geologica C03/01* – Scala 1:10000 del Comune di Siena è possibile identificare differenti aree a pericolosità geologica e, nel caso in esame, aree di tipo G.4 e G.3, corrispondenti rispettivamente ad aree a *Pericolosità geologica molto elevata* e aree a *Pericolosità geologica elevata*. Tali aree, così definite:

- **G.4 – Pericolosità geologica molto elevata:** aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza; aree interessate da soliflussi;
- **G.3 – Pericolosità geologica elevata:** aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%; pendenze >35%.

coincidono solo in parte con le aree P4 e P3/P3a presenti all'interno delle cartografie P.A.I. descritte

in precedenza, dato che le aree *G.3 – Pericolosità geologica elevata*, oltre alle aree di dissesto legate a fenomeni di instabilità di versante, comprendono anche i volumi di terreno riconducibili ai *terreni di riporto* antropico, perlopiù distribuiti lungo le infrastrutture stradali e ferroviarie, oltre che in aree recentemente urbanizzate. La carta delle aree a pericolosità geologica del P.S.C. riporta anche aree definite *PFE - aree a pericolosità geomorfologica elevata* (cfr. legenda nella sezione "*PAI – Piano di Assetto Idrogeologico ex Bacino Regionale Ombrone*", ovvero ex Bacini Regionali Toscani), corrispondenti alle aree di *pericolosità frane elevata P3* riportate nella piattaforma nazionale IdroGEO di ISPRA vista in precedenza.

#### **4.4.3.6 Osservazione di foto aeree storiche e di immagini da drone**

Ad integrazione del lavoro di ricerca bibliografico, sono state consultate le foto aeree storiche del territorio in esame mediante lo strumento cartografico web-GIS messo a disposizione dal Sistema Informativo Territoriale della Provincia di Siena in collaborazione con il consorzio "Terre Cablate". Tale strumento permette la consultazione interattiva di diverse foto aeree, realizzate nell'area provinciale dal 1954 al 2013 (cfr. <http://gis.sienaprovincia.consorzioterrecablate.it/?q=cartobase>). Tale analisi ha consentito infatti di delineare un quadro geomorfologico più completo dell'area in esame permettendo di affinare il grado di dettaglio delle principali morfologie riportate negli elaborati grafici. Il confronto tra le foto aeree, a diverse scale di dettaglio, riprese nella stessa area in diversi anni, ha consentito di definire, in alcune aree, le dinamiche di evoluzione, naturale o antropica, del territorio, dinamiche talvolta non evidenti nelle foto aeree più recenti, a causa della pesante sovraimposizione di interventi di natura antropica (scavi/riporti, opere di sistemazione idraulica, opere di consolidamento dei versanti, ecc.) sulle forme e i processi geomorfologici di evoluzione naturale del territorio.

#### **4.4.3.7 Cartografia dei fenomeni geomorfologici**

Al fine di una caratterizzazione geomorfologica completa dell'area in esame, si è tenuto conto, della cartografia P.A.I., dei dati disponibili in formato web-gis a livello regionale e nazionale, delle ortofoto e dei rilievi disponibili, senza dimenticare gli elementi geomorfologici già riconosciuti e descritti nella fase di progettazione preliminare a cura del Comune di Siena, per definire le forme e i processi dei fenomeni geomorfologici del territorio in esame, distinguendo gli aspetti legati alla dinamica dei versanti, gli aspetti legati alla dinamica delle acque correnti superficiali e gli aspetti legati agli interventi antropici sul territorio.

Nell'ambito delle forme, processi e depositi gravitativi di versante sono stati cartografati gli elementi relativi al *Database geomorfologico – Geoportale Regione Toscana e Database IFFI – Piattaforma IdroGEO-ISPRA*, ovvero:

- Orli di scarpata di degradazione e/o di frana
- Corpi di frana per colamento, quiescenti, velocità indeterminata

- Corpi di frana per scorrimento, quiescenti, velocità indeterminata
- Corpi di frana indeterminati, quiescenti, velocità indeterminata
- Frane non cartografabili, attività continua, stagionale, con tempo di ritorno pluriennale o pluridecennale

Sono stati quindi cartografati elementi relativi al PAI – *Mappa di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica*, ovvero:

- Pericolosità molto elevata (P4): aree instabili interessate da fenomeni di dissesto attivi di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle acque incanalate negli alvei naturali/artificiali o lungo le pendici
- Pericolosità elevata (P3a): Aree non interessate da fenomeni di dissesto attivi ma in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali aree interessate da instabilità in passato e/o segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi, sulla base dei quali non è possibile escludere la riattivazione dei dissesti

Sono stati infine cartografati elementi già presenti nella documentazione geologica del *Progetto Preliminare* presentato dal Comune di Siena, ovvero:

- Soliflusso
- Scarpata di frana non attiva
- Frana attiva non cartografabile
- Erosione superficiale localizzata
- Zona di ristagno

L'azione erosiva delle acque superficiali (fiumi, torrenti, ecc.), unitamente alle mediocri caratteristiche geotecniche di alcuni litotipi, generano le classiche morfologie a "V", con modesta pendenza dei versanti, determinando orli di scarpata di erosione fluviale e torrentizia oltre a formazioni di alcune aree di ristagno ai piedi dei versanti erosi. L'analisi del rilievo e delle foto aeree disponibili ha permesso di riconoscere diversi *orli di scarpata di erosione fluviale e/o torrentizia* lungo il corso di tutti i numerosi corsi d'acqua presenti nell'area attraversata dall'infrastruttura in progetto. L'analisi del rilievo e delle foto aeree disponibili ha permesso di definire anche le forme e i depositi di origine antropica, sovrapposti alle forme e ai depositi legati ai processi geomorfologici di origine naturale.

Le morfologie di questo tipo sono legate allo sviluppo antropico del territorio e sono costituiti principalmente da:

- Orli di scarpata di origine antropica

- Terrazzamenti agricoli
- Depositi antropici (rilevati stradali e ferroviari, terrapieni, discariche).

Tra i depositi antropici, si distinguono principalmente i corpi dei *rilevati stradali* (in gran parte corrispondenti all'attuale carreggiata dell'infrastruttura da adeguare, ma relativi anche ad altre infrastrutture stradali di minore importanza), i corpi dei *rilevati ferroviari* (corrispondenti alle linee ferroviarie Chiusi-Empoli e Siena-Buonconvento, in località Ruffolo), diversi *terrapieni* legati alla realizzazione di opere di urbanizzazione di complessi di carattere residenziale e/o industriale, presenti soprattutto nella zona di Cerchiaia, e alcuni piccoli rilevati in terra utilizzati in ambito agricolo quali opere di sbarramento di bacini per acque di irrigazione.

Le forme antropiche più diffuse sono gli *orli di scarpata di origine antropica*, legati alla realizzazione di scarpate di scavo definitive in corrispondenza delle infrastrutture stradali (di carattere statale, regionale, provinciale, comunale, fino a locale) e ferroviarie, oltre che alla realizzazione di scavi di sbancamento di vaste aree residenziali o industriali nelle zone di Cerchiaia e di Ruffolo.

Risultano diffusi anche i *terrazzamenti agricoli*, dovuti ai lavori di rimodellamento eseguiti in alcune aree collinari ai fini di un più agevole utilizzo territorio ai fini agricoli.

#### **4.4.4 Idrogeologia**

Il quadro idrogeologico del tracciato in esame, ubicato in Comune di Siena (SI), è stato desunto dai risultati delle indagini effettuate per la caratterizzazione geologica e idrogeologica del tracciato della "S.G.C. E78 Grosseto-Fano – Tratto Siena Bettolle (A1) – Adeguamento a 4 corsie del tratto Siena-Ruffolo (Lotto 0)" condotte nelle campagne di indagini pregresse (2009) e nella recente campagna integrativa 2019, nonché mediante le informazioni desunte dai dati idrogeologici di pozzi e sondaggi richiesti al Comune di Siena nel corso della presente fase di progettazione definitiva.

L'area oggetto di studio è caratterizzata da tre domini ben distinti dal punto di vista idrogeologico e della permeabilità dei terreni. Si distinguono, infatti, le condizioni presenti nei rilievi collinari argillosi, quelle intermedie nei domini pedecollinari e di raccordo e quelle presenti nei fondovalle alluvionali. Di seguito vengono distinte e raggruppate le formazioni affioranti nel bacino in base al tipo e al grado di permeabilità che possiedono:

- Terreni a permeabilità media: sono rappresentati, nell'area in esame, dai *depositi antropici* e dai *depositi alluvionali ghiaiosi*.
- Terreni a permeabilità medio-bassa: sono rappresentati, nell'area in esame, dai *depositi alluvionali sabbioso-limosi*, dai *depositi alluvionali terrazzati* e dai depositi sabbioso-limosi del Pliocene (*Sabbie di San Vivaldo*);
- Terreni a permeabilità bassa o molto bassa: sono rappresentati dalle litologie nelle quali si verifica una circolazione idrica quasi trascurabile e che per tali caratteristiche fungono da

substrato alle falde acquifere. In questa categoria si identificano tutte le facies costituite da una frazione argillosa prevalente, mediamente o molto consistente, come le *argille azzurre* dei depositi marini del Pliocene, nella loro struttura non alterata superficialmente, nonché i prodotti della loro alterazione argilloso-limosa costituita dai *depositi eluvio-colluviali*; nel range di terreni a permeabilità bassa si possono collocare, inoltre, i *depositi alluvionali limoso-argillosi*, specie per la loro componente fine prevalente.

Per quanto riguarda in particolare l'unità della *argille azzurre* plioceniche, la bassa permeabilità di tali depositi, misurata attraverso prove di permeabilità Lefranc a carico variabile, è risultata generalmente variabile nell'ambito di un range piuttosto esteso: da bassa a molto bassa per la litofacies argilloso-limosa (variabile tra 1E-7 e 1E-9 m/s) e generalmente medio-bassa per la litofacies limoso-sabbiosa (variabile tra 1E-5 e 1E-7 m/s). Inoltre, come è stato possibile osservare nelle stratigrafie dei pozzi per acqua ubicati in ambito collinare, per quanto la loro descrizione non sia del tutto precisa, nel complesso delle *argille azzurre* plioceniche sono presenti livelli di sabbie acquifere di spessore variabile generalmente tra 2÷3 m e 10 m circa, con una soggiacenza del livello piezometrico variabile tra 20 e 60 m circa (solo in un caso è pari a 3 m, ma in un ambito di transizione tra il piede della collina e la piana alluvionale) e una portata dei pozzi generalmente modesta, variabile tra un minimo di 0.01 l/s e un massimo di 2 l/s.

In generale, si deve considerare che la permeabilità dei depositi a componente più sabbiosa nel complesso risulta comunque sempre mediamente bassa, specie per l'elevato contenuto di materiale fine limoso-argilloso evidente dall'osservazione delle carote di sondaggio e dalle analisi granulometriche di laboratorio, con valori minimi stimati del tutto paragonabili a quelli dei terreni argillosi pliocenici, ma la cui componente sabbiosa in ogni caso li rende non del tutto impermeabili.

In generale, il sottosuolo del tracciato in esame è caratterizzato nel complesso da terreni a permeabilità da media a molto bassa, con valori che variano mediamente tra 10<sup>-4</sup> m/s e 10<sup>-9</sup> m/s.

Le indagini effettuate nella zona inerente all'infrastruttura in fase di progetto preliminare, unitamente ad una ricognizione dei punti d'acqua esistenti e messi a disposizione dagli enti preposti (Comune di Siena in primis, Provincia e Regione) permettono di delineare una situazione idrogeologica, a livello generale, più completa per il sito in esame e di ricostruire con buona approssimazione il sistema di circolazione idrica sotterranea. A livello regionale (Geoportale Regione Toscana) e provinciale (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - Siena) nonché nei database di A.R.P.A.T. Toscana non risultano disponibili dati su pozzi o opere di captazione nelle immediate vicinanze dell'infrastruttura in esame.

A livello comunale, invece, con l'approvazione del nuovo Piano Operativo e Variante di aggiornamento del Piano Strutturale, adottato con Del. C.C. n.58 del 19/05/2020 per il Comune di Siena, è disponibile una documentazione cartografica aggiornata (cfr. Piano Strutturale - Carta idrogeologica B09/04) in cui viene indicata l'ubicazione dei pozzi di captazione a scopo industriale e/o agricolo e pozzi di captazione a scopo industriale e/o agricolo con prove di portata. Purtroppo,



non risulta disponibile una tabella con l'esatta georeferenziazione e codice del pozzo/denominazione con i relativi dati tecnici, per cui tali pozzi non sono riconducibili direttamente ad un determinato complesso idrogeologico. Nonostante ciò, però, come già anticipato, in ambito di progettazione è stata fatta richiesta dei dati disponibili in bibliografia per l'area in esame e in particolare (oltre a sondaggi e prove statiche e dinamiche) anche delle stratigrafie dei pozzi per acqua identificati tra quelli presenti nella *Carta delle Indagini (Tav.4)* dello "Studio di microzonazione sismica" del *Piano Operativo e Variante di aggiornamento del Piano Strutturale*, adottato con Del. C.C. n.58 del 19/05/2020. Data l'ubicazione dei pozzi per acqua, che risultano in parte concentrati in corrispondenza delle due valli alluvionali principali nelle zone di svicolo di Cerchiaia e di Ruffolo e in parte distribuiti in tutta la zona collinare compresa tra i due svincoli, è verosimile riferire le due tipologie di pozzi a due diversi complessi idrogeologici, il primo legato ai *depositi alluvionali*, prevalentemente sabbiosi nella zona di Cerchiaia e prevalentemente ghiaiosi nella zona di Ruffolo, dove il livello piezometrico della falda è ad una profondità di pochi metri dal piano campagna, e il secondo legato al complesso delle *argille azzurre* plioceniche. Come è possibile osservare nelle stratigrafie dei pozzi per acqua ubicati in ambito collinare, per quanto la loro descrizione non sia del tutto precisa, in tale complesso sono presenti livelli di sabbie acquifere di spessore variabile generalmente tra 2-3 m e 10 m circa, con una soggiacenza del livello piezometrico variabile tra 20 e 60 m circa (solo in un caso è pari a 3 m, ma in un ambito di transizione tra il piede della collina e la piana alluvionale) e una portata dei pozzi generalmente modesta, variabile tra un minimo di 0.01 l/s e un massimo di 2 l/s.

Il modello idrogeologico di riferimento per il tracciato in esame è stato dunque ottenuto dall'integrazione dei risultati delle indagini effettuate per la caratterizzazione geologica e idrogeologica del tracciato, condotte nelle campagne di indagini pregresse, nella recente campagna integrativa e dalle informazioni desunte dai dati idrogeologici di pozzi e sondaggi richiesti al Comune di Siena nella presente fase di progettazione definitiva. È stato ricavato un modello idrogeologico di riferimento per la progettazione, basato principalmente sui range di permeabilità dei diversi complessi litostratigrafici presenti nel sottosuolo e arricchito con l'ubicazione delle preferenziali linee di deflusso della falda desunte dall'analisi delle quote piezometriche delle verticali disponibili.

Nonostante l'eterogeneità dei dati a disposizione e i differenti contesti idrogeologici, il livello piezometrico della falda freatica è stato definito considerando i dati di tutte le diverse campagne di indagine eseguite, con la finalità di dare una certa continuità all'informazione, anche al fine di privilegiare delle ipotesi cautelative per la progettazione geotecnica delle opere di fondazione e di sostegno distribuite lungo tutto il tracciato.

In sostanza, tale ricostruzione del livello piezometrico di progetto è stata eseguita attraverso l'interpolazione delle misure relative alle diverse campagne di indagini, dando maggiore importanza alle misure eseguite nella recente campagna di indagine (2019) e integrandole, dove necessario e possibile, con le misure eseguite nella campagna precedente e con i dati reperiti dagli elaborati

bibliografici comunali. Tranne alcuni casi, in cui la perforazione dei sondaggi è in posizione collinare senza contatti con terreni particolarmente filtranti quali riporti o alluvioni, è sempre presente una falda abbastanza superficiale, il cui livello risale fino a pochi metri dal piano campagna.

In particolare, la soggiacenza del livello piezometrico è risultata, con i dati dei piezometri a disposizione, variabile da un minimo di 0 m (in corrispondenza delle valleciole attraversate dai Viadotti Luglie e Valli, dove la falda risulta a p.c.) fino a non più di 7÷8 m da p.c. nelle zone prossime agli interventi in oggetto, a seconda del contesto idrogeologico. Nelle zone collinari dei principali rilievi non direttamente interferenti con il tracciato, i dati a disposizione mostrano anche soggiacenze anche maggiori.

Lungo il tracciato in progetto è stata identificata l'assoluta predominanza delle litologie di natura limoso-argillosa, a bassa o medio-bassa permeabilità, riferibili alle *argille azzurre* del Pliocene che, insieme ai *depositi eluvio-colluviali* limoso-argillosi e ai depositi alluvionali a componente fine predominante (*depositi alluvionali limosi*) determina una modesta circolazione delle acque sotterranee, perlopiù concentrata nelle stesse coltri eluvio-colluviali e negli orizzonti di alterazione superficiale delle argille, generalmente più permeabili.

Inoltre, come si è visto, le *argille azzurre* plioceniche possono presentare localmente intercalazioni sabbioso-limose sature che, se intercettate dagli scavi (gallerie, trincee, opere di fondazione) possono generare venute d'acqua più o meno cospicue in funzione del valore della permeabilità (mediamente pari a circa  $1E-5$  m/s negli strati dove prevale la componente sabbiosa su quella limosa e circa  $1E-6$  m/s negli strati in cui prevale la componente limosa su quella sabbiosa).

L'andamento della falda superficiale tende in sostanza a seguire l'andamento dei versanti, generalmente a debole pendenza, concentrandosi e diminuendo la soggiacenza in corrispondenza degli impluvi o comunque dei corsi d'acqua, mentre in corrispondenza dei modesti rilievi collinari la soggiacenza tende generalmente ad avere valori più elevati.

#### 4.4.5 Sismicità

Secondo l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Toscana 2014 (cfr. Allegato 1 alla D.G.R. Toscana n. 421 del 26-05-2014 in attuazione dell'Ord. P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006 e D.M. 14 gennaio 2008) il Comune di Siena risulta classificato in **Zona 3**.

Al paragrafo 3.2.1 del D.M. 17/01/2018 vengono definiti gli stati limite nei confronti delle azioni sismiche, sia di esercizio che ultimi, riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono (cfr. Tab. 3.2.I D.M. 17/01/2018):

Stati Limite		<b><i>P<sub>VR</sub>: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento</i></b>	
		<b><i>V<sub>R</sub></i></b>	
Stati Limite di Esercizio	SLO	81%	
	SLD	63%	
Stati Limite Ultimi	SLV	10%	
	SLC	5%	

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito dipende dal periodo di riferimento considerato per la definizione dell'azione sismica. Si ritiene di attribuire alla infrastruttura in progetto, ai sensi della tabella 2.4.I del D.M. 17.01.2018, una vita nominale  $V_N \geq 50$  anni nonché una classe d'uso IV. In base alla tabella 2.4.II il coefficiente d'uso vale  $C_U = 2$ .

Pertanto, il periodo di riferimento per l'azione sismica vale:

$$V_R = V_N C_U = 50 \times 2.0 = 100 \text{ anni}$$

In base a quanto descritto nel D.M. 17/01/2018 la *pericolosità sismica* in un generico sito deve essere descritta:

- in termini di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo, denominato reticolo di riferimento, i cui nodi non distano più di 10 km.

Le forme spettrali previste dal D.M. 17/01/2018 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F^0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nelle norme tecniche NTC 2018 sono forniti, secondo un reticolo di riferimento e per differenti intervalli di riferimento, i parametri sismici  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  per un sito rigido orizzontale (come definiti al paragrafo 3.2) necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Qualora l'area in esame non ricada in corrispondenza dei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento, mediante la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i}{\sum_{i=1}^4 d_i}$$

in cui:

- $p$  è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;
- $p_i$  è il valore del parametro di interesse nell' $i$ -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- $d_i$  è la distanza del punto in esame dall' $i$ -esimo punto della maglia suddetta.

Nell'ottica di una caratterizzazione sismica adeguata, sulla base della tipologia di rilievo e delle opere attraversate dal tracciato, si è scelto di utilizzare i dati dei parametri sismici relativi ad inizio tracciato, che forniscono, per l'area in esame, i valori di  $a_g$  più elevati:

**Inizio tracciato (11.332828-43.280481)**

	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$	$T^*_c$ (s)
<b>SLO</b>	60	0,064	2,518	0,258
<b>SLD</b>	101	0,079	2,509	0,264
<b>SLV</b>	949	0,174	2,516	0,283
<b>SLC</b>	1950	0,212	2,556	0,290

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel paragrafo 7.11.3 del D.M. del 17/01/2018. In assenza di tali analisi o per una prima stima, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di *categorie di sottosuolo* di riferimento, identificate in funzione dei valori della velocità di propagazione  $V_s$  (velocità sismiche delle onde di taglio).

Nel corso della campagna di indagini integrative per la progettazione esecutiva delle opere, per la determinazione diretta delle velocità delle onde di taglio, sono state eseguite n.4 prospezioni sismiche down-hole (2019) ad integrazione delle n.8 prospezioni down-hole della campagna d'indagine 2009.

In accordo alla Tab.3.2.II del NTC 2018, dai risultati delle prove eseguite, anche in considerazione della distribuzione delle formazioni geologiche lungo il tracciato e, soprattutto, delle opere da realizzare, è stato possibile definire, in modo cautelativo, le seguenti categorie di sottosuolo:

- una **categoria di sottosuolo di tipo B**, corrispondente a *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,eq}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s*, nei seguenti tratti:
  - **dalla spalla 1 (inclusa) del Viadotto Casone alla spalla 2 del Viadotto Ribucciano (inclusa);**
- una **categoria di sottosuolo di tipo C**, corrispondente a *depositi di terreni a grana grossa*

*mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con le profondità e da valori di  $V_{S,eq}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s, nei seguenti tratti:*

- **da inizio tracciato alla spalla 1 del Viadotto Casone (esclusa);**
- **dalla spalla 2 del Viadotto Ribucciano (esclusa) a fine tracciato.**

#### **4.4.6 Modello geologico di riferimento per la progettazione**

L'analisi di tutta la documentazione geologica disponibile e dei dati geognostici realizzati nell'area in esame ha permesso di ricostruire il modello geologico di riferimento per la progettazione geotecnica e strutturale della "S.G.C. E78 Grosseto-Fano – Tratto Siena Bettolle (A1) – Adeguamento a 4 corsie del tratto Siena-Ruffolo" (Lotto 0). Le indagini della campagna geognostica integrativa 2019, insieme con le indagini geognostiche pregresse (campagna 2009, dati bibliografici comunali), hanno consentito di verificare la presenza nell'area delle seguenti unità geologiche.

Le *Argille azzurre* sono state riconosciute nella quasi totalità del tracciato. Si tratta di peliti marnose massive grigio-azzurre, spesso bioturbate, localmente fossilifere, talvolta intercalate a strati sabbiosi tabulari; all'interno e nella parte alta sono presenti argille sabbiose e limi color nocciola con Lamellibranchi e Gasteropodi. L'unità risulta ricoperta da depositi olocenici di natura alluvionale ed eluvio-colluviale in corrispondenza delle piane alluvionali e degli impluvi attraversati dell'infrastruttura. Superficialmente l'unità è caratterizzata da una fascia di alterazione in argille limose e limi argillosi da poco a mediamente consistenti, per uno spessore di alcuni metri. Da un punto di vista granulometrico l'unità risulta costituita principalmente da una litofacies argilloso-limosa e una litofacies limoso-sabbiosa, gradualmente passanti tra di loro sia in senso verticale che orizzontale. La prima è costituita da argille limose e limi argillosi da poco a mediamente plastici (contenuto di materiale fine < 0.075 mm compreso tra 70 e 90%, Ip compreso tra 10 e 20%), in parte sabbiose, mentre la seconda è costituita da limi sabbioso-argillosi, poco plastici (contenuto di materiale fine < 0.075 mm compreso tra 70 e 80%, componente sabbiosa pari a 20÷30% circa, Ip generalmente inferiore a 10%). Secondo la classificazione USCS dei campioni disponibili, tali terreni sono classificabili nel complesso come CL, ML e CL-ML. Entrambe le litofacies si presentano da molto consistenti a dure, con una elevata resistenza in condizioni non drenate. La permeabilità di tali terreni infatti risulta generalmente da bassa a molto bassa per la litofacies argilloso-limosa (variabile tra 1E-7 e 1E-9 m/s) e generalmente medio-bassa per la litofacies limoso-sabbiosa (variabile tra 1E-5 e 1E-7 m/s). Il colore della formazione è generalmente grigio, ma nei campioni più sabbiosi e più prossimi alla superficie diventa talvolta oca-grigio scuro. Le due litofacies risultano gradualmente passanti tra di loro sia verticalmente che orizzontalmente, tanto che non è possibile individuare una netta separazione tra le due lungo il tracciato. Risulta tuttavia possibile osservare la litofacies argilloso-limosa risulta prevalente in corrispondenza di tutto lo sviluppo della Galleria San

Lazzeri e in corrispondenza dell'imbocco ovest della Galleria Bucciano, mentre tra l'imbocco est della Galleria Bucciano e la zona dello Svincolo Ruffolo prevale la litofacies limoso-sabbiosa, presumibilmente in ragione della vicinanza del contatto con la soprastante formazione delle *Sabbie di San Vivaldo*. Localmente sono presenti livelli di sabbie limose e sabbie con limo, addensate e debolmente argillose, di spessore pari ad alcuni metri, che costituiscono i principali livelli permeabili ed acquiferi all'interno della formazione. Tali livelli, distribuiti lungo tutto il tracciato ma generalmente sporadici, risultano particolarmente frequenti in corrispondenza del Viadotto Luglie. E' opportuno osservare infine che talvolta i livelli di sabbie o sabbie limose descritti nelle stratigrafie dei sondaggi, in seguito alle analisi di laboratorio hanno mostrato una assoluta prevalenza della componente limosa con una non trascurabile percentuale di componente argillosa, consentendo di classificare tali terreni generalmente come limi sabbioso-argillosi o tutt'al più come limi con sabbia argillosi. Le argille azzurre, nella loro litofacies sabbiosa, passano gradualmente verso l'alto e/o in eteropia alle *Sabbie di San Vivaldo*, areniti poco cementate, sabbie a grana da fine a media, molto bioturbate, di colore giallo-ocra, localmente con resti di Ostreidi e Pectinidi. Questa formazione affiora esclusivamente e per poche centinaia di metri in prossimità del rilevato a monte della linea ferroviaria Chiusi-Empoli, subito ad est della galleria Bucciano, ed è stata desunta dalla cartografia CARG (foglio 297 "Asciano") in quanto non sono disponibili sondaggi geognostici all'interno di tale unità. Da un punto di vista progettuale, l'unità delle *Argille azzurre* viene rinvenuta praticamente lungo tutto il tracciato, sempre sotto un modesto spessore di alterazione (pochi metri) oppure, localmente, in corrispondenza delle piccole valli o impluvi, sotto una coltre di depositi alluvionali e/o eluvio-colluviali. Tale unità coinvolge quindi tutte le principali infrastrutture (viadotti e gallerie) lasciando spazio, causa contatto stratigrafico-eteropico e con spessori di non più di una decina metri, alle sabbie gialle di San Vivaldo.

Le *Sabbie di San Vivaldo*, plioceniche, sono areniti poco cementate e sabbie a grana da fine a media, molto bioturbate, di colore giallo-ocra, localmente con resti di Ostreidi e Pectinidi. Questa formazione è presente lungo il tracciato per circa 200 m in prossimità del rilevato a monte della linea ferroviaria Empoli-Siena-Chiusi ed in particolare dalla p.k. 4+013 alla p.k. 4+200 circa, ricoperta parzialmente dal rilevato stradale, ed è stata desunta bibliograficamente in quanto non sono disponibili sondaggi né prove geotecniche all'interno di tale unità.

I *depositi alluvionali* occupano il fondo dei principali impluvi presenti nell'area del tracciato e sono il prodotto del trasporto, da parte delle acque superficiali, di materiali eterogenei a formare dei depositi dello spessore da alcuni metri fino a 8-9 m circa. Si tratta, in particolare, di *sabbie con limo argillose debolmente ghiaiose*, *limi argillosi sabbiosi* e *ghiaie con sabbie limose*. Queste tre tipologie di depositi coinvolgono rispettivamente la piana alluvionale di Cerchiaia, le fondazioni dei principali viadotti centrali al tracciato, la piana alluvionale di Ruffolo in corrispondenza del viadotto Rilugio. Nonostante una granulometria prevalente in ciascuna delle tre tipologie, nei campioni è stata sempre

rinvenuta una buona percentuale di materiale fine in matrice limoso-argillosa. Le opere in progetto maggiormente interessate da questa unità sono sostanzialmente tutti i viadotti, dal Tressa al Riluogo, i quali attestano alcune delle loro pile in spessori complessivamente variabili tra 2 e 9 m circa a seconda delle zone.

I *depositi eluvio-colluviali* rappresentano il prodotto di alterazione e di trasporto al piede del versante dei materiali appartenenti alle diverse unità affioranti in corrispondenza di tutti i rilievi collinari presenti nell'area del tracciato. Si tratta perlopiù di limi sabbiosi e sabbie limose che coinvolgono in particolare le fondazioni del viadotto Casone, Ribucciano e Riluogo. Tali terreni affiorano tra la p.k. 1+450 e p.k. 1+550 circa in uscita dalla galleria San Lazzerò, quindi in prossimità della spalla sud del Viadotto Casone con spessori di qualche metro tra la p.k. 2+750 e la p.k. 2+875 circa per poi coinvolgere, successivamente, la pila 2, 3 e 4 del Viadotto Ribucciano tra la p.k. 3+300 e p.k. 3+425 circa e la pila 1 e 2 del Viadotto Riluogo tra la p.k. 4+200 e p.k. 4+300. I depositi eluvio-colluviali vengono infine rinvenuti a fine tracciato, subito dopo lo svincolo di Ruffolo e in corrispondenza della ferrovia Siena-Buonconvento Monte Antico, con spessori di un paio di metri tra la p.k. 4+915 e la p.k. 5+500 circa.

I *depositi alluvionali terrazzati* sono terreni di natura alluvionali di età quaternaria affioranti lungo le valli dei maggiori corsi d'acqua e dei loro principali affluenti. Si tratta sostanzialmente di ghiaie con ciottoli, sabbie e peliti massive pedogenizzate che non interferiscono mai con il tracciato salvo rinvenirle, al di sotto di un modesto spessore di rilevato stradale, oltre lo svincolo di Ruffolo a fine tracciato.

I *depositi antropici* sono perlopiù costituiti dai materiali che sono stati utilizzati per la realizzazione dei rilevati stradali e/o ferroviari, terrapieni o discariche presenti nell'area del tracciato. Risultano maggiormente diffusi i rilevati della carreggiata esistente della E78, soprattutto in corrispondenza dei rami di svincolo della zona di Cerchiaia e della zona di Ruffolo, dei tratti di appoggio ai viadotti esistenti lungo il tracciato e della zona di ritombamento della Galleria San Lazzerò.

#### **4.4.7 Geotecnica**

##### **4.4.7.1 Caratterizzazione geotecnica dei terreni**

Il presente paragrafo riporta la caratterizzazione geotecnica delle principali unità individuate lungo il tracciato stradale, nonché l'interpretazione dei dati di laboratorio disponibili eseguiti sui campioni dei sondaggi e dei pozzetti esplorativi.

La caratterizzazione geotecnica si è basata principalmente su:

- descrizione stratigrafica dei sondaggi;
- interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche statiche e dinamiche;
- prove di laboratorio sui campioni rimaneggiati e indisturbati.

Le unità litostratigrafiche sono state distinte nelle seguenti unità geotecniche:

- Unità "FAA": argille azzurre
- Unità "FAAa": argille azzurre alterate
- Unità "b2": Depositi eluvio-colluviali
- Unità "bs": Depositi alluvionali – Sabbie limose argillose
- Unità "bl": Depositi alluvionali – Limi sabbiosi argillosi
- Unità "bg": Depositi alluvionali - Ghiaie con sabbie limose
- Unità "r": Depositi antropici

I parametri di resistenza meccanica in termini di sforzi efficaci, per le principali unità geotecniche riconosciute, sono stati ottenuti a mezzo di prove di taglio diretto consolidate lente e prove triassiali consolidate drenate e non drenate, eseguite nel corso della recente campagna di indagini integrativa (2019) e della precedente campagna di indagine del 2009. I campioni sottoposti a prova, in tutte le campagne considerate, sono stati distribuiti a diverse profondità nell'ambito delle differenti unità. Sono quindi stati costruiti, distintamente per le varie unità, opportuni grafici  $\tau/\sigma_n$  nei quali, per le prove di taglio diretto sono state inserite tutte le coppie di valori per ogni provino ricavate dalle prove eseguite, mentre per le prove triassiali sono state inserite direttamente i risultati delle prove TX-CIU e TX-CID in termini di coesione efficace  $c'$  e di angolo di attrito efficace  $\phi'$ . I risultati delle prove di taglio diretto sono stati distinti per colore in funzione della campagna di indagine di appartenenza. Si sottolinea che i valori di resistenza ottenuti nelle prove eseguite durante la campagna 2019 (in colore rosso nei grafici) risultano discretamente ma non totalmente sovrapponibili a quelli della campagna 2009 (in colore verde), che mostrano generalmente valori di resistenza inferiori.

A conclusione del processo di caratterizzazione geotecnica di cui ai punti precedenti, di seguito si riporta una sintesi dei principali parametri geotecnici caratteristici delle diverse unità, da utilizzare per le verifiche geotecniche di progetto (cfr. tabella sottostante).

Unità geotecniche	Peso di volume naturale	Peso di volume saturo	Coesione efficace	Angolo di resistenza a taglio	Coesione non drenata	Modulo di elasticità
	$\gamma_N$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$c_u$ [kPa]	$E$ [MPa]
Unità r - Depositi antropici attuali	18,0	19,0	0	35,0	-	10
Unità bg - Depositi alluvionali - Ghiaie con sabbie limose	18,0	20,0	0	35,0	-	10
Unità bs - Depositi alluvionali - Sabbie limose argillose	19,0	20,0	18	32,0	-	15
Unità bl - Depositi alluvionali - Limi sabbiosi argillosi	19,5	20,5	15	30,0	75	10
Unità b2 - Depositi eluvio-colluviali - Limi sabbiosi e sabbie limose	19,5	20,5	15	30,0	75	10
Unità FAAa - Argille azzurre plioceniche alterate	19,5	20,5	20	24,0	75	10
Unità FAA - Argille azzurre plioceniche	20	21	30	28,0	200	20



#### 4.4.7.2 Rilevati e trincee

Lo studio geologico e geotecnico del tracciato in progetto ha consentito di verificare terreni superficiali molto eterogenei, limoso-sabbioso-argillosi, appartenenti a contesti geologici differenti a seconda delle zone.

Da inizio tracciato fino alla p.k. 1+100 circa, in località Cerchiaia, tali terreni sono ricoperti da discreti spessori (7-8 m) di depositi alluvionali nei quale prevalgono terreni sabbioso-limosi, anch'essi caratterizzati da una bassa plasticità ( $I_p < 10\%$  e  $W_L \ll 50\%$ ).

Dalla p.k. 1+100 circa, in corrispondenza di tutti i principali impluvi, i depositi alluvionali che ricoprono i terreni limoso-argillosi derivanti dall'alterazione delle argille azzurre sono sostanzialmente assimilabili a questi ultimi in termini di granulometria (limi argillosi prevalenti) e plasticità ( $I_p$  circa 15% e  $W_L < 50\%$ ).

Dalla p.k. 4+300 circa a fine tracciato, verso la piana alluvionale in località Ruffolo, l'unità delle argille azzurre viene ricoperta da depositi alluvionali a granulometria ghiaiosa prevalente: si tratta di ghiaie poco compatte, con sabbie, in matrice limoso-argillosa, non plastiche.

Pertanto, lungo tutto il tracciato, le lavorazioni prederanno la fornitura di materiale da rilevato sabbioso-ghiaioso previo scotico, bonifica ed interposizione di un foglio di TNT 500 g/mq per il piano di posa dei rilevati. Analogamente, per la sistemazione in trincea è prevista, oltre alla semplice compattazione, la posa di un foglio di geotessile TNT da 500 g/mq e resistenza a trazione  $\geq 35$  kN/m. Per il corpo del rilevato dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A1-a, A1-b, A2-4, A2-5 e A3. In caso di utilizzo materiale appartenente al gruppo A3, il coefficiente di uniformità ( $D_{60}/D_{10}$ ) dovrà essere maggiore o uguale a 7. L'ultimo strato del rilevato, che andrà a costituire il piano di posa della fondazione stradale, dovrà avere uno spessore non inferiore a 30 cm dovrà essere realizzato con materiali appartenenti esclusivamente ai gruppi A1-a e A3.

A compattazione avvenuta i materiali costituenti il corpo del rilevato, ad eccezione dello strato terminale, di seguito descritto, dovranno presentare una massa volumica del secco pari o superiore al 90% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove di compattazione AASHO Mod. (UNI EN 13286), (CNR 22-1972) e un valore del modulo di deformabilità  $M_d$  al primo ciclo non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 50÷150 kPa (0.05 e 0.15 N/mm<sup>2</sup>), (CNR 146 - 1992).

L'ultimo strato di 30 cm, costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione, dovrà invece presentare un grado di costipamento pari o superiore al 95% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove di compattazione AASHO Mod. (UNI EN 13286), (CNR 22-1972); il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a 50 MPa, nell'intervallo compreso tra 150÷250 kPa (0,15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup>) sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato.

Le scarpate sono profilate con pendenza 2V:3H, con strato di vegetale di spessore medio 30 cm inerbito mediante idrosemina, che si rastrema in corrispondenza dell'arginello e sostituito da

materiale stabilizzato compattato, al fine di garantire la corretta infissione della barriera in un materiale che ne permetta il corretto funzionamento in caso di urto.

La costruzione del rilevato infine dovrà essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo da scontare, terminati i lavori, non sia superiore al 10% del cedimento teorico a fine consolidazione e comunque non superiore ai 5 cm. Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà procedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (1% - 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

La sezione tipo in rilevato dovrà avere l'interposizione di un foglio di geotessile TNT da 500 g/mq e resistenza a trazione  $\geq 35$  kN/m, prima della stesa del materiale granulare di sostituzione dei terreni di scotico e bonifica.

Nei tratti in trincea le scarpate sono realizzate con pendenza al 4V:7H, in ragione delle caratteristiche meccaniche del terreno in sito, rivestite con uno strato di vegetale di 0,30 m ed inerbite. Il fondo dello scavo verrà compattato fino a raggiungere il grado di portanza idoneo al piano di posa della pavimentazione stradale. Le acque meteoriche vengono raccolte mediante cunette laterali con predisposizione di foro per l'inserimento di caditoia con griglia carrabile, e convogliate nei pozzetti di raccolta, mediante condotte idrauliche poste in asse alla cunetta stessa. In testa alla scarpata viene realizzato un fosso di guardia di larghezza minima totale di 1,50 m, a protezione del tratto stradale in trincea.

In corrispondenza degli assi stradali in trincea, al di sotto dello strato di fondazione in misto granulare stabilizzato, si prevede l'interposizione di un foglio di geotessile da 500 g/mq e resistenza a trazione  $\geq 35$  kN/m.

#### **4.4.7.3 Determinazione degli spessori di scotico e bonifica**

L'esecuzione dei pozzetti esplorativi ha consentito di riconoscere, al di sotto di uno spessore di terreno vegetale costituito da limo argilloso-sabbioso di 0,30-0,50 m (PZ1, PZ2, PZ4, PZ7, PZ8, PZ11 e PZ13) oppure di uno spessore di terreno di riporto sabbioso-limoso di 0,30-0,50 m (PZ3, PZ5, PZ6, PZ9 e PZ10), terreni costituiti perlopiù da limi con argille, in parte sabbiosi o debolmente ghiaiosi, da poco consistenti a mediamente consistenti.

Le prove di identificazione, eseguite sui campioni prelevati in ciascun pozzetto hanno consentito di verificare che i terreni di sottofondo dei rilevati in progetto sono costituiti perlopiù da *limi con argilla sabbiosi*. La determinazione dei limiti di consistenza ha permesso di verificare che il materiale fine (passante al setaccio n.40) risulta perlopiù poco o mediamente plastico ( $I_p = 10 \div 25\%$ ). I terreni risultano classificabili, secondo la classificazione CNR-UNI 10006, principalmente come A7-6 e A7-5 e, secondo la classificazione USCS, come *CL*, *ML*.

Sono state eseguite n° 11 prove di carico a doppio ciclo su piastra circolare, con piano di posa a

0,30 m di profondità dal p.c., al fine di determinare le caratteristiche di deformabilità dei terreni di sottofondo dei rilevati e delle fondazioni stradali. I risultati delle prove di carico su piastra eseguite hanno fornito valori di modulo di deformazione del terreno di sottofondo compresi tra 8 e 15 MPa al 1° ciclo di carico e valori compresi tra 61 e 141 MPa al 2° ciclo, che lascia presumere un buona risposta dei terreni alle operazioni di compattazione legate alla preparazione dei piani di posa dei rilevati e della fondazione della pavimentazione in trincea.

Data la sostanziale prevalenza di terreni limoso-argillosi, talvolta sabbiosi, lungo il tracciato in progetto, in corrispondenza dell'asse principale e comprese le rampe di svincolo, oltre allo spessore di scotico (20 cm) è stato previsto uno spessore di bonifica di 30 cm.

Per quanto riguarda la bonifica di 30 cm sotto lo scotico, il terreno in sito, dovrà essere sostituito con materiale selezionato, appartenente ai gruppi (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285):

- A1-a, A1-b, A3 se proveniente da cave di prestito; nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A3, esso deve presentare un coefficiente di uniformità ( $D_{60}/D_{10}$ ) maggiore o uguale a 7;
- A1, A2-4, A2-5, A3, se proveniente dagli scavi; il materiale appartenente al gruppo A3 deve presentare un coefficiente di uniformità ( $D_{60}/D_{10}$ ) maggiore o uguale a 7.

Il modulo di deformazione dello strato bonificato dovrà risultare non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 50 e 150 kPa (0.05 e 0.15 N/mm<sup>2</sup>).

Nel caso in cui la bonifica debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Impresa dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa.

#### **4.4.7.4 Verifiche di stabilità**

Le verifiche di stabilità dei fronti di scavo provvisoriale sono state eseguite in corrispondenza delle sezioni di scavo di fondazione delle opere maggiori, ovvero dei principali viadotti.

Sono state verificate le stabilità delle sezioni di scavo di maggiore altezza e in particolare il fronte di scavo di fondazione delle pile dei seguenti viadotti: Viadotto Tressa (sez. trasversale Pila 1), Viadotto Luglie (sez. trasversale Pila 1), Viadotto Valli (sez. trasversale Pila 1), Viadotto Casone (sez. trasversale Pila 1), Viadotto Ribucciano (sez. trasversale Pila 4), Viadotto Rilugio (sez. trasversale Pila 6).

Le verifiche di stabilità dei rilevati sono state svolte valutando la stabilità delle sezioni di rilevato di maggiore altezza, sulla base della stratigrafia geotecnica.

Le analisi sono state eseguite in condizioni a lungo termine, considerando i parametri del terreno in condizioni drenate. Le verifiche sono state eseguite in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

#### **4.4.7.5 Verifiche dei cedimenti dei rilevati**

La verifica dei cedimenti della sezione di maggiore altezza dei rilevati in progetto è stata eseguita in corrispondenza della sezione G-96 dell'asse principale, ubicata alla p.k. 1+887, in corrispondenza

della sezione G-162 dell'asse principale, ubicata alla p.k. 3+148 e in corrispondenza della sezione G-234 dell'asse principale, ubicata alla p.k. 4+655.

Le sezioni G-96 e G-162 rappresentano due casi di rilevati in affiancamento alla carreggiata esistente, e sono caratterizzate rispettivamente da un'altezza di progetto del nuovo rilevato pari a  $h=8,8$  m e  $h=10,0$  m circa. Sulla base dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni, sulla sezione G-96 è stato calcolato un cedimento massimo pari a 27,2 mm, ubicato in corrispondenza del ciglio del rilevato in ampliamento. Dato che i terreni a base del rilevato sono di natura perlopiù coesiva sovraconsolidata (unità *FAAa*, *FAA*), i cedimenti calcolati risultano perlopiù immediati (16,3 mm), scontati durante la costruzione dei rilevati, e solo subordinatamente di consolidazione (10,9 mm).

Per la sezione G-162, invece, sulla base dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni, è stato calcolato un cedimento massimo pari a 65,2 mm, ubicato in corrispondenza del ciglio del rilevato in ampliamento. Dato che i terreni a base del rilevato sono di natura perlopiù coesiva sovraconsolidata (unità *FAAa*, *FAA*), i cedimenti calcolati risultano perlopiù immediati (39,1 mm), scontati durante la costruzione dei rilevati.

La sezione G-234 è caratterizzata da un'altezza di progetto del rilevato pari a  $h=6,64$  m circa. Sulla base dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni è stato calcolato un cedimento massimo pari a 127,5 mm, ubicato in corrispondenza dell'asse del rilevato. Dato che i terreni a base del rilevato sono di natura perlopiù non coesiva (unità *bg*) o comunque coesiva sovraconsolidata (unità *FAA*), i cedimenti calcolati risultano in gran parte immediati (108,5 mm), scontati durante la costruzione dei rilevati, e solo subordinatamente di consolidazione (19,0 mm).

#### 4.5 PIANO GESTIONE MATERIE (PIANO DI UTILIZZO)

Per la determinazione dello stato di qualità dei terreni e delle acque del sito di produzione dei materiali di scavo sono stati previsti prelievi di campioni di terreno e di acqua sotterranea in corrispondenza di alcune verticali di indagine, sia sondaggi che pozzetti esplorativi e/o ambientali. I certificati ufficiali delle analisi chimiche eseguite sono disponibili nell'elaborato T00\_GE01\_GEO\_RE07\_A - "Documentazione indagini geognostiche – Analisi chimiche di laboratorio".

Sui campioni prelevati sono state eseguite le seguenti tipologie di analisi:

- analisi chimiche su campioni ambientali di terreno per la verifica, ai sensi del D.Lgs. 152/06, Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV della conformità dei terreni alla destinazione d'uso dei siti di origine e, ai sensi del D.P.R. 120/17 della conformità dei terreni alla possibile destinazione finale;
- analisi chimiche su campioni di terreno ai fini della loro classificazione come rifiuti, ovvero:
  - analisi sul tal quale ai sensi del D. Lgs. 152/06 e s.m.i., della Decisione 2000/532/CE e della Direttiva 2008/98/CE, per la classificazione del rifiuto ai fini della pericolosità e per l'attribuzione del codice CER;

- analisi sugli eluati con le metodiche di cui al D.M. 05.02.1998 e s.m.i. (test di cessione) e confronto con i limiti di cui all'Allegato 3 del D.M. 5/4/2006 n. 186 per la verifica della recuperabilità del materiale;
- analisi sugli eluati ai sensi del D.M. 27/09/2010 per la verifica dell'ammissibilità dei rifiuti in discarica;
- analisi chimiche su campioni di acque sotterranee per la verifica alla conformità alle CSC di cui alla Tabella 2 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/06;
- analisi chimiche su campioni di terreno per la verifica dell'eventuale aggressività dei terreni sul calcestruzzo, ai sensi delle norme UNI 11104 e UNI-EN 206-1.

Per le **analisi chimiche dei terreni** è stato previsto il prelievo di n° 33 campioni (cfr. Tabella 2) distribuiti su ciascuna verticale di sondaggio in funzione delle previste profondità di scavo e su ogni pozzetto esplorativo.

Sono state eseguite le analisi chimiche su campioni ambientali di terreno per la verifica, ai sensi del D.Lgs. 152/06, Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV (colonna A, colonna B) della conformità dei terreni alla destinazione d'uso dei siti di origine e, ai sensi del D.P.R. 120/17 della conformità dei terreni alla possibile destinazione finale, sia ai fini di un possibile riutilizzo in sito sia ai fini di utilizzo come sottoprodotto all'esterno del cantiere.

In particolare, è stata verificata la conformità alle CSC per il seguente set analitico di sostanze: *Arsenico, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, BTEX e Stirene, IPA, Idrocarburi leggeri (C<12), Idrocarburi pesanti (C>12), Amianto.*

Dai risultati delle analisi eseguite è possibile osservare che sui n°33 campioni di terreno analizzati, per la totalità di essi è stata verificata la conformità alle CSC alla destinazione d'uso dei terreni, assimilabile a siti ad uso commerciale/industriale (colonna B).

Inoltre, per ciò che riguarda le possibilità di riutilizzo all'esterno del cantiere, nessun campione ha mostrato superamenti delle CSC di colonna A, che potranno dunque essere gestiti come sottoprodotti all'esterno dell'ambito del cantiere, ad esempio in operazioni di ripristino ambientale di aree di cava.

Sono stati prelevati n° 4 campioni di acque sotterranee in piezometro in corrispondenza delle verticali S01D-PZ, S03D-PZ, S06D-PZ e S12D-PZ ai fini dell'esecuzione di **analisi chimiche per la verifica alla conformità alle CSC** di cui alla Tabella 2 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/06. In particolare, tale conformità è stata verificata per il seguente set analitico:

*Arsenico, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Composti organici aromatici, IPA, Idrocarburi totali.*

I risultati delle analisi hanno mostrato la piena conformità delle acque sotterranee alle CSC della Tabella 2. Dai risultati è possibile verificare che i campioni analizzati sono risultati non conformi ai limiti delle CSC della Tabella 2 Allegato 5 Parte IV Titolo V D. Lgs. 152/2006, nei campioni S6D-PZ e S12D-PZ per i parametri Idrocarburi totali ed alcuni IPA e nei campioni S1D-PZ e S3D-PZ per

alcuni IPA.

Per la **classificazione delle terre e rocce da scavo come rifiuti** (omologa rifiuto), finalizzata al loro eventuale conferimento a impianto di recupero o a discarica, sono stati prelevati n° 8 campioni in corrispondenza di n° 8 tra pozzetti esplorativi e pozzetti ambientali (PZ1, PZ4, PZ10, PZ11, PZAMB1, PZAMB3, PZAMB6 e PZAMB8). Su tali campioni sono state eseguite:

- analisi sul tal quale ai sensi del D. Lgs. 152/06 e s.m.i., della Decisione 2000/532/CE e della Direttiva 2008/98/CE, per la classificazione del rifiuto ai fini della pericolosità e per l'attribuzione del codice CER;
- analisi sugli eluati con le metodiche di cui al D.M. 05.02.1998 e s.m.i. (test di cessione) e confronto con i limiti di cui all'Allegato 3 del D.M. 5/4/2006 n. 186 per la verifica della recuperabilità del materiale;
- analisi sugli eluati ai sensi del D.M. 27/09/2010 per la verifica dell'ammissibilità dei rifiuti in discarica.

I risultati di tali analisi mostrano che i materiali di scavo in esame risultano tutti non pericolosi e, per quanto riguarda le loro modalità di smaltimento, in funzione dei risultati delle analisi sugli eluati, risulta che:

- in 5 casi su 8 i campioni risultano *idonei* ad essere smaltiti in impianti di recupero autorizzati con procedura semplificata, mentre in 3 casi su 8 risultano *non conformi* a causa del superamento del valore limite per il parametro *solfati*;
- in 2 casi su 8 i campioni risultano *idonei* ad essere smaltiti in *discarica di inerti*, mentre in 6 casi su 8 i campioni risultano *non conformi* a causa del superamento del valore limite per il parametro *solfati* e per il parametro *solidi totali disciolti*;
- tutti i campioni risultano *idonei* ad essere smaltiti in *discarica di rifiuti non pericolosi*.

In caso di smaltimento dei riporti come rifiuti, il codice CER con il quale verranno conferiti potrà essere 17 05 04 nel caso prevalga la componente terreno, oppure 17 09 04 nel caso prevalgano materiali di origine antropica (frammenti di laterizi, calcestruzzi, materiali plastici, ecc.).

Al fine di valutare il **grado di aggressività del terreno sulle strutture di calcestruzzo**, in corrispondenza delle verticali S01D-PZ, S03D-PZ, S06D-PZ e S12D-PZ è stato previsto il prelievo di n°6 campioni di terreno per la verifica nei confronti del calcestruzzo ai sensi delle norme UNI 11104 e UNI-EN 206-1.

In nessuno dei campioni esaminati sono stati rilevati superamenti dei limiti inferiori della classe XA1 per i parametri previsti dalla normativa (pH, ione solfato SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, ione magnesio Mg<sup>2+</sup>, azoto ammoniacale NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, CO<sub>2</sub> aggressiva).

I criteri che hanno determinato la scelta delle percentuali di riutilizzo delle diverse litologie, appartenenti alle diverse formazioni geologiche, non sono stati basati solamente sulle analisi di laboratorio eseguite sui campioni provenienti dai pozzetti esplorativi, finalizzati alla determinazione della classificazione delle terre secondo la CNR-UNI 11531-1, ma verificando anche la natura dei

terreni mediante:

- la descrizione delle formazioni geologiche riportate nella legenda nel profilo geologico e in relazione geologica;
- la descrizione dei terreni presenti nelle stratigrafie con esame della documentazione fotografica;
- verifica delle unità geotecniche ricostruite nel profilo geotecnico;
- esame dei campioni superficiali, prelevati per la caratterizzazione geotecnica, facendo riferimento sia alle granulometrie disponibili (verificando le percentuali relative alle diverse frazioni granulometriche) ed in alcuni casi anche le prove meccaniche.

Si rimanda al Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo – Relazione tecnica (elab. T00GE02GEORE01A) per la descrizione dei caratteri litologici e granulometrici delle singole unità che compongono i materiali di scavo relativi all'infrastruttura in progetto, al fine di evidenziarne l'idoneità o meno ai riutilizzi previsti, con particolare riguardo alla realizzazione dei rilevati, dei rinterri e dei rimodellamenti in corrispondenza degli imbocchi, dei rinterri degli scavi di fondazione, della posa di terreno vegetale in corrispondenza delle scarpate dei rilevati, ecc.

#### 4.6 BILANCIO MATERIE

Nell'ambito dei lavori di realizzazione dell'infrastruttura denominata "S.G.C. E78 Grosseto-Fano – Tratto Siena Bettolle (A1) – Adeguamento a 4 corsie del tratto Siena-Ruffolo (Lotto 0)", ubicata in comune di Siena (SI), il volume complessivo dei materiali di scavo, inserito nel bilancio terre al fine di verificarne le possibilità di riutilizzo, risulta pari a circa **721.514 mc** (banco).

Tale volume è costituito dai materiali provenienti dalle seguenti lavorazioni:

- scavi di sbancamento in s.s. (art. A.01.001 p.p.)
- scavi di demolizione delle rampe della viabilità esistente (art. A.01.001 p.p.)
- scavi di scotico in trincea (art. A.01.001 p.p.)
- scavi di bonifica per la preparazione dei piani di posa dei rilevati (art. A.01.001 p.p.)
- scavi di scotico per la preparazione dei piani di posa dei rilevati (art. A.02.001.a)
- scavi per la gradonatura dei rilevati esistenti (art. A.02.001.e)
- scavi in sotterraneo (artt. C.01.001.b, C.01.002.b)
- scavi di fondazione delle opere d'arte (art. B.01.001.a)
- scavi delle vasche (art. A.01.004)
- scavi di demolizione dei "bianchi" (misto granulometrico stabilizzato) della piattaforma esistente (art. A.03.004.a p.p.)
- scavi/perforazioni per la realizzazione di pali, micropali e diaframmi (artt. vari)

I materiali di scavo che potranno essere riutilizzati nell'ambito della realizzazione dell'opera in progetto sono pari ad un totale di circa **226.376 mc** (banco), così ripartiti:

- 36.586 mc (banco) di terreno vegetale proveniente dallo scotico delle sezioni in trincea e dai

piani di posa dei rilevati;

- 99.885 mc (banco) di materiale da rilevato provenienti dalla demolizione delle rampe della viabilità esistente, dalla demolizione del misto granulometrico stabilizzato e dalla gradonatura dei rilevati esistenti;
- 89.904 mc (banco) di materiale per riempimenti e ritombamenti, provenienti dagli scavi di sbancamento.

Per il riutilizzo delle terre e rocce da scavo nell'ambito del progetto possono delinearsi due tipologie di scenari differenti, in conformità al D.P.R. 120/2017 e in particolare alle linee guida S.N.P.A. (delibera 54/2019):

- riutilizzo nello stesso sito e allo stato naturale in cui sono stati scavate, impegnando la sola viabilità di cantiere per il trasporto dal luogo di scavo al luogo di effettivo utilizzo: *regime di esclusione dalla normativa dei rifiuti* (art. 185, comma 1, lettera c, D.Lgs. 152/2006 e Art.24 del D.P.R. 120/2017);
- riutilizzo in siti diversi da quelli di scavo con trasporto delle terre e rocce da scavo mediante l'impiego della pubblica viabilità, all'esterno dell'area di cantiere s.s. (sito di destinazione formalmente non coincidente con il sito di produzione): *regime derogatorio di sottoprodotti* (art. 184- bis D.Lgs. 152/2006 e Titolo II del D.P.R. 120/2017).

Il quantitativo di materiali di scavo in esubero dai possibili riutilizzi nell'ambito del progetto risulta pari a circa **495.138 mc** (banco). Tale quantitativo verrà gestito in *regime di sottoprodotto* (art. 184-bis D.Lgs. 152/2006 e Titolo II del D.P.R. 120/2017), in quanto il riutilizzo delle terre e rocce da scavo avverrà all'esterno dell'area di cantiere, con impiego della pubblica viabilità, in impianti di cave ed ex-cave idonei ad accogliere il deposito delle terre come *siti di destinazione* finale in progetti di recupero ambientale (cfr. **punto 9** del presente documento).

Oltre a questi quantitativi di materiali di scavo, il progetto prevede i seguenti quantitativi derivanti dalle demolizioni delle strutture esistenti, ovvero:

- demolizione dei "neri" (conglomerati bituminosi) della piattaforma esistente (art. A.03.004.a p.p.), per un quantitativo pari a 21.291 mc;
- demolizioni delle strutture in cls della viabilità esistente, per un quantitativo pari a 49.335 mc;
- acciaio proveniente dalla demolizione delle strutture il cls armato della viabilità esistente, per un quantitativo pari a 5.421 tonnellate.

Tali quantitativi verranno gestiti come *rifiuti* e trasportati verso idonei *impianti di recupero*.

#### 4.7 STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

Lo studio idrologico e idraulico si compone di due parti: la prima parte è inerente lo studio della compatibilità idraulica dell'infrastruttura e delle opere ad essa connessa, mentre la seconda riguarda il dimensionamento del sistema di captazione e drenaggio della piattaforma stradale.



Il punto di partenza dello studio è stata la raccolta dai dati storici di precipitazione e dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica ufficiali messe a disposizione dalla Regione Toscana, oltre che di tutte le informazioni quali DTM e usi del suolo.

Per quanto concerne la valutazione della compatibilità idraulica dell'infrastruttura in progetto al fine di dimensionare correttamente ciascun manufatto in progetto, si è proceduto con l'individuazione e la caratterizzazione dei bacini idrografici dei singoli corsi d'acqua.

I bacini sono stati tracciati fino alla sezione di chiusura opportunamente posizionate, anche in virtù della presenza di opere idrauliche esistenti quali presenza di eventuali opere di regolazione della portata, etc.

Per tutti i bacini oggetto di studio sono stati definiti i principali elementi che caratterizzano le unità idrografiche dei bacini e i conseguenti parametri geografici, fisiografici e morfometrici.

Note le caratteristiche dei bacini ed avendo a disposizione i dati di possibilità pluviometriche sono state definite le portate di progetto per il tempo di ritorno di 200 anni. Il metodo utilizzato per la stima delle portate al colmo è stato quello dell'SCS-Curve Number.

Per ogni corso d'acqua sia esso principale che secondario sono stati sviluppati con software HEC-Ras i modelli di stato di fatto e di progetto al fine di valutare la compatibilità idraulica delle opere di progetto.

Per il Torrente Riluogo e Fosso Borrino è stata sviluppata una modellazione del tipo 1D/2D. Nel modello le aste fluviali del T. Riluogo e del suo affluente, Fosso del Borrino, sono modellate come elementi monodimensionali definite per mezzo di sezioni rilevate in campo. Tali elementi rappresentanti i corpi idrici sono collegati per mezzo di sfioratori laterali ad un'unica area bidimensionale.

Per il T. Tressa è stata sviluppata una modellazione in moto vario mentre per i corsi d'acqua secondari sono stati sviluppati delle modellazioni in moto permanente.

Per quanto riguarda il dimensionamento delle opere di drenaggio della piattaforma stradale, a partire dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, ovvero dai valori dei parametri ufficiali (aggiornati al 2012) e non forniti dalla Regione Toscana è stato possibile definire l'architettura del sistema di drenaggio delle acque di piattaforma a servizio dell'intero comparto stradale. L'applicazione di un modello di trasformazione afflussi-deflussi ha permesso di procedere con il dimensionamento della rete (tempo di ritorno di 25 anni) e la verifica della stessa in base a criteri che verranno illustrati nel proseguo della presente.

Particolare attenzione è stata riposta nello studio e nell'individuazione plano-altimetrica dei presidi idraulici al fine di garantire semplicità nelle operazioni di manutenzione e ispezione. Detti presidi idraulici assolvono alla funzione di trattare le acque di prima pioggia e di stoccare le acque di eventuali sversamenti accidentali.

Riassumendo, lo studio è stato sviluppato secondo la seguente metodologia:

- analisi della rete idrografica esistente e delle sue intersezioni con la viabilità in progetto;
- elaborazione dei dati di pioggia;
- dimensionamento e verifica della rete di drenaggio;
- dimensionamento e verifica degli elementi della piattaforma stradale;
- individuazione, dimensionamento delle vasche di laminazione e verifica degli scarichi.

Gli obiettivi della progettazione del sistema di raccolta, convogliamento, trattamento e scarico delle acque di piattaforma stradale possono essere così riassunti:

- definire un sistema idraulicamente "chiuso", ossia in grado di captare tutte le acque interessanti la piattaforma stradale garantendo il controllo quali-quantitativo nei limiti imposti dalla legislazione vigente;
- ubicare i presidi di controllo qualitativo in aree facilmente accessibili ed al contempo esterne alla superficie viaria;
- favorire il deflusso delle acque per gravità escludendo, ove possibile, il ricorso all'utilizzo di impianti di sollevamento;
- garantire la compatibilità dello scarico con le condizioni di deflusso nel recapito individuato;
- utilizzare materiali in grado di garantire durabilità, alta resistenza allo schiacciamento, facilità di posa e bassi valori di scabrezza.

## 4.8 CARTOGRAFIA

Le attività sviluppate per la redazione della cartografia di base sono state le seguenti:

- rilievo aereo ottico su AOI;
- restituzione di cartografia numerica in scala 1:1000;
- produzione di ortofoto digitale con GSD di 10 cm;
- rilievi laser scanner delle gallerie e del viadotto della ferrovia Siena - Buonconvento.

### 4.8.1 Rilievo fotogrammetrico

Il volo è stato eseguito il 22/09/2017 a cavallo del mezzogiorno solare rispettando la condizione dell'angolo solare  $>$  di  $30^\circ$ .

La fase di produzione di ortofoto è stata eseguita garantendo le specifiche accuratèzze richieste dal Capitolato così da fornire ortofoto sull'intera AOI del progetto. L'ortofoto è stata generata a 10 cm di pixel size.

La restituzione cartografica in scala 1:1000 del territorio oggetto del rilievo è stata effettuata attraverso l'utilizzo dei modelli stereoscopici ottenuti dal processo di TA, alla risoluzione con cui sono stati acquisiti, senza ricampionamenti o compressioni. Per preservare la correttezza delle forme

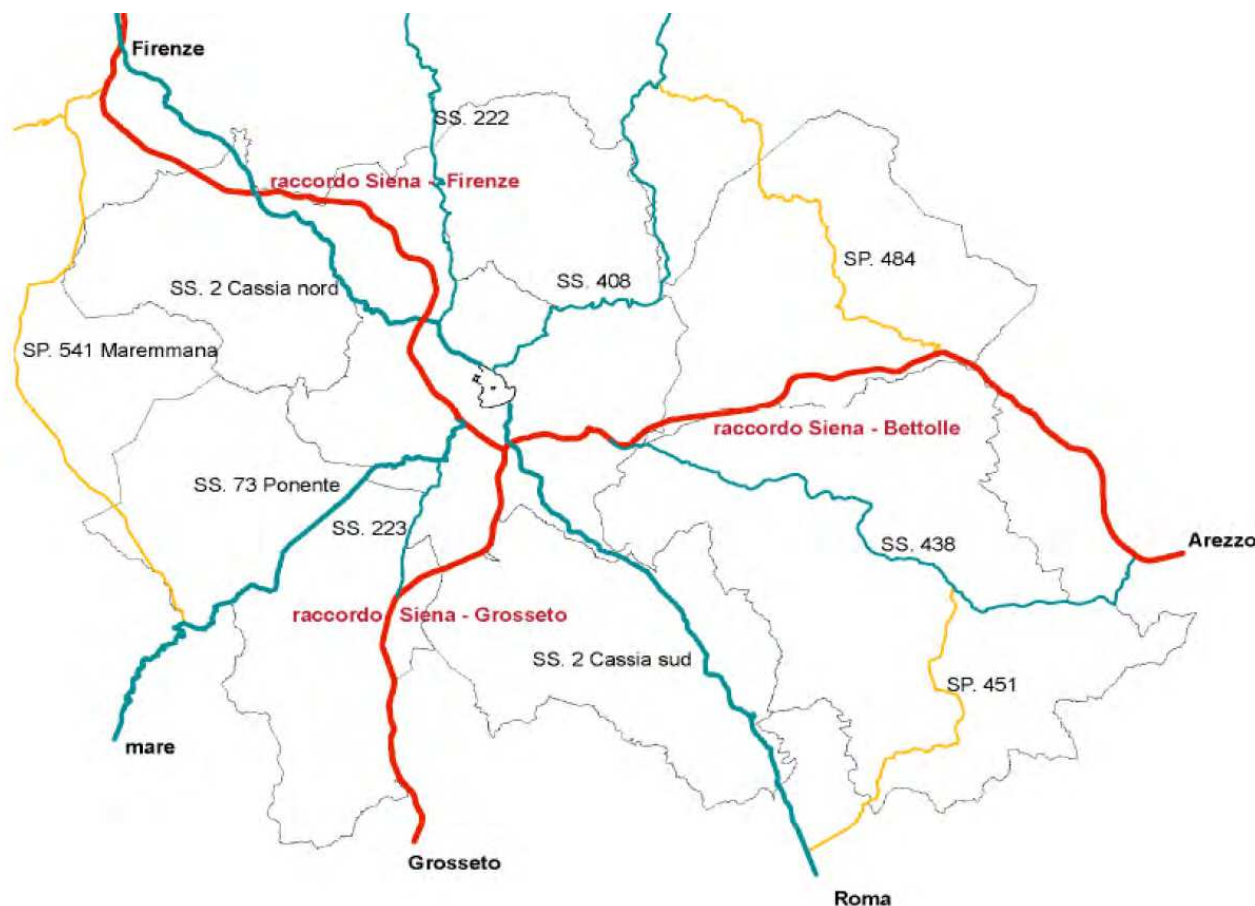
geometriche e la qualità del dato rilevato, le coordinate ottenute nelle varie fasi di lavoro saranno rappresentate con la massima precisione numerica possibile, evitando qualunque troncamento. Il loro valore sarà espresso in metri.

Per tutti i dettagli, si rimanda alla relazione specifica dedicata.

## 5 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA

### 5.1 Analisi dello Schema stradale dell'Area Senese

La viabilità riferita all'area vasta metropolitana è chiaramente incentrata sul capoluogo. È sufficiente osservare la mappa dei principali assi stradali che interessano il contesto per rilevare il sistema radiale incentrato su Siena, formato da otto assi regolarmente distribuiti lungo gli assi cardinali. Ogni comune contermina, con l'eccezione di Castelnuovo Berardenga che rappresenta in questo caso un'eccezione, è attraversato, all'incirca in posizione mediana, da uno di questi assi principali: Monteriggioni dalla Cassia in direzione nord, Asciano dalla S.S. 438 ad est, Sovicille dalla Statale 73 ad ovest e Monteroni d'Arbia sempre dalla Cassia ma in direzione sud. Castelnuovo Berardenga, anche per la forma particolare che hanno assunto i propri confini, risulta invece lambito ad ovest dalla Statale 222 ed al confine sud-ovest dalla S.S. 73. Su ciascuno di questi assi stradali trovano origine alcuni dei principali centri urbani.



Il sistema radiale descritto può essere scomposto secondo una logica gerarchica in assi principali e secondari: appartengono ai primi i due grandi sistemi stradali "passanti" rappresentati dalla Cassia e dalla Statale 73. Queste grandi strade Statali che attraversano Siena hanno rappresentato, soprattutto in tempi passati, le principali vie di comunicazione con i grandi contesti intercomunali: a nord verso Firenze ed a sud verso Roma, ad ovest verso Grosseto e tutta la zona del mare e ad est

verso Arezzo e poi da lì verso la costa adriatica.

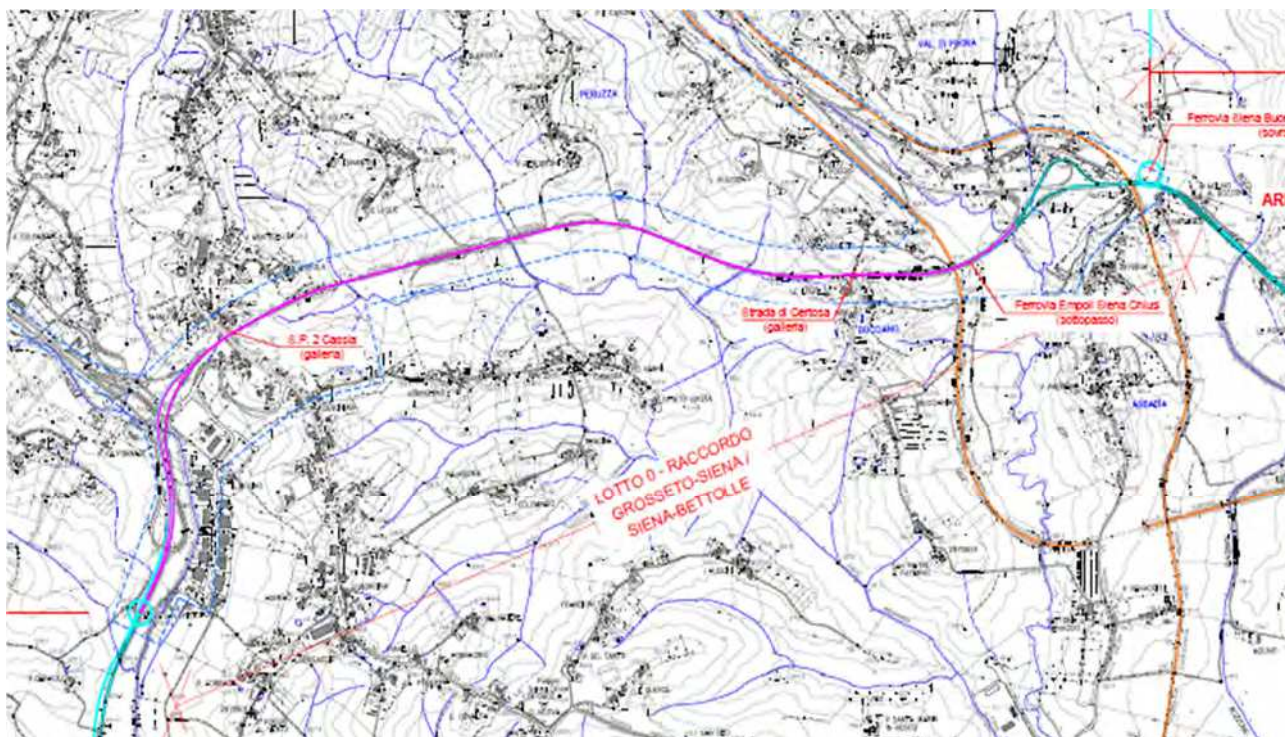
In tempi recenti, a questo sistema radiale si è sovrapposto un nuovo sistema, sempre di matrice radiale ma questa volta a tre raggi e con centro nel capoluogo di Siena, precisamente nella zona di Cerchiaia.

Questo sistema viario è costituito a nord ovest dal raccordo Siena-Firenze, ad ovest dal raccordo Siena-Bettolle ed a sud dalla Siena-Grosseto. Questi ultimi due tratti fanno parte integrante della "Due Mari" Grosseto-Fano.

## 5.2 Analisi della situazione attuale ed opzione dello status quo

### 5.2.1 Analisi del tratto stradale esistente

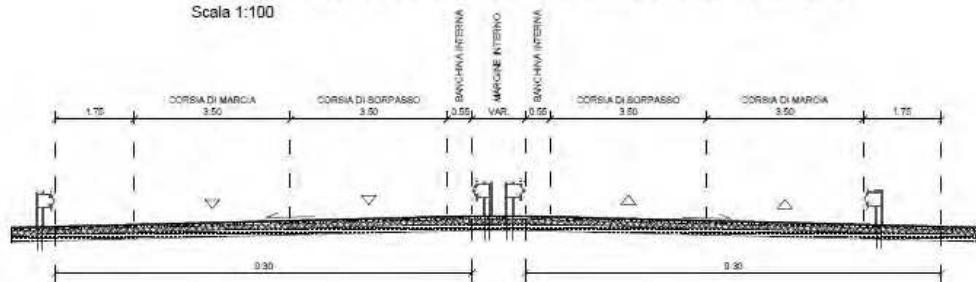
Come già indicato l'intervento in oggetto riguarda il riassetto di un tratto di viabilità extraurbana secondaria costituito da due svincoli ("Cerchiaia" e "Ruffolo") e dal tratto della S.S. n.223 "di Pagnanico" ivi compresa.



Allo stato attuale la S.S.223 assume nei tratti esterni all'intervento in oggetto (lungo la direttiva Fano – Grosseto) una configurazione di strada a due carreggiate separate, ciascuna delle quali con due corsie per senso di marcia, mentre nel tratto in esame essa modifica la sua conformazione configurandosi come una strada a singola carreggiata con una corsia per senso di marcia. Lungo il tracciato sono presenti due gallerie (S. Lazzerò e Bucciano) lunghe ciascuna circa 150 m e 6 viadotti di lunghezza compresa tra i 100 e i 500 m. inoltre, alla progressiva km 2+630 è collocata una piccola area di servizio che serve gli utenti in direzione Fano.

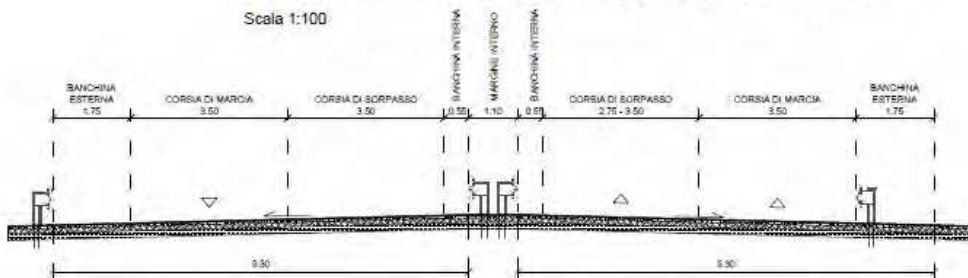
### LOTTO 11: TRATTO GROSSETO-SIENA - SEZIONE TIPO

Scala 1:100



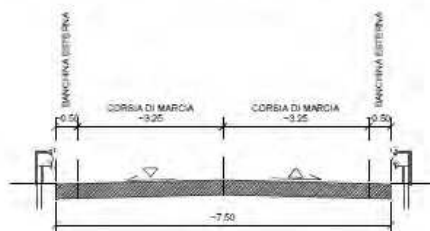
### LOTTO 1: TRATTO SIENA-BETTOLLE - SEZIONE TIPO

Scala 1:100



### TRATTO OGGETTO DI INTERVENTO - SEZIONE ESISTENTE

Scala 1:100



Lo svincolo Cerchiaia permette il raccordo tra il tratto a 4 e a 2 corsie della SS 223 nonché la connessione della stessa con la tangenziale Ovest di Siena. Ciò avviene tramite uno schema non convenzionale costituito da 6 rampe (5 dirette e 1 semidiretta) nessuna delle quali presenta veri e propri tratti di manovra per l'uscita in destra dal flusso stradale in quanto le rampe stesse risultano biforcazioni delle carreggiate dei tratti stradali a cui sono connesse.

Lo svincolo Ruffolo connette la SS 223 (di cui lo svincolo costituisce il tratto terminale) alla SS 73 (che collega Siena ad Arezzo). L'intersezione è caratterizzata da un classico schema "a trombeta" costituito da due rampe dirette, una semidiretta e una indiretta.

Ai fini di analizzare il tratto stradale esistente nell'area di interesse dell'intervento si è innanzitutto proceduto con la ricostruzione dell'asse stradale.

Le informazioni atte a ricavare le geometrie richieste sono state ricavate in base:

- al Rilievo Aero-fotogrammetrico in scala 1:1000;
- alla Carta Tecnica Regionale in scala 1:2000;
- ad alcune misure puntuali eseguite sui punti notevoli del tracciato;
- alle Tavole del "Progetto esecutivo per la costruzione del collegamento stradale fra

la città di Grosseto e la città di Siena - Terzo tronco dal bivivio di San Rocco a Pillia - Siena-Perizia di variante Tecnica e suppletiva" dell'A.N.A.S. datato 30 Dicembre 1971.

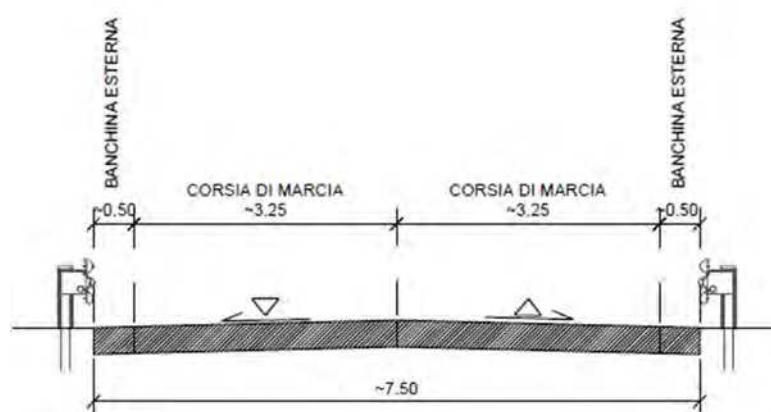
In particolare, è stata utilizzata per confronto la planimetria della Perizia del 1971 dalla quale è confermata nel tracciato esistente l'assenza di clotoidi ed il valore dei raggi delle curve orizzontali.

Ai fini di eseguire le necessarie valutazioni tecniche, come **asse del tracciato esistente della SS 273** è stato scelto:

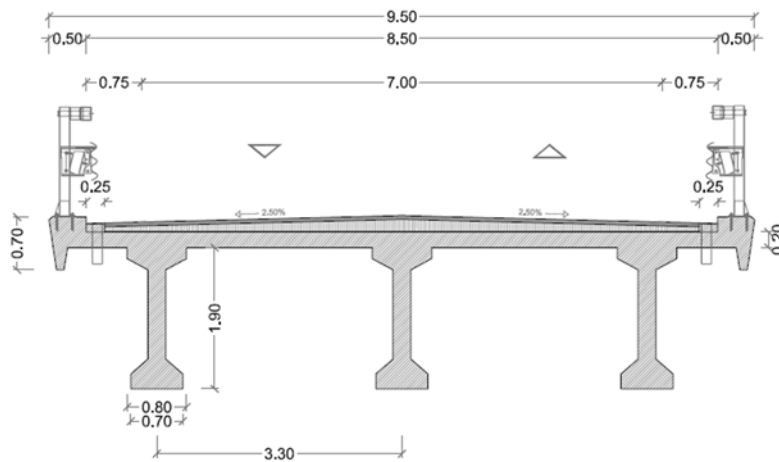
- per il tratto a 2 corsie la linea di separazione delle stesse corsie, coincidente con la mezzera della carreggiata data la composizione simmetrica di quest'ultima;
- per la zona dello svincolo di Cerchiaia la linea di margine destro della corsia (lato destro inteso rispetto al verso di progressione Ovest-Est del tracciato) della rampa di collegamento tra i due tratti della SS 223 in direzione Grosseto. Tale tratto è sostituito, per il calcolo delle distanze di visibilità dal margine sinistro della corrispondente rampa in direzione Fano.
- Il tracciato si interrompe all'altezza dello svincolo Ruffolo in quanto il tratto conclusivo del progetto che garantirebbe la continuità tra le attuali SS 223 e SS 73 non esiste allo stato di fatto.

La sezione trasversale dell'infrastruttura esistente, nel tratto a 2 corsie compreso tra i due svincoli, presenta le seguenti caratteristiche:

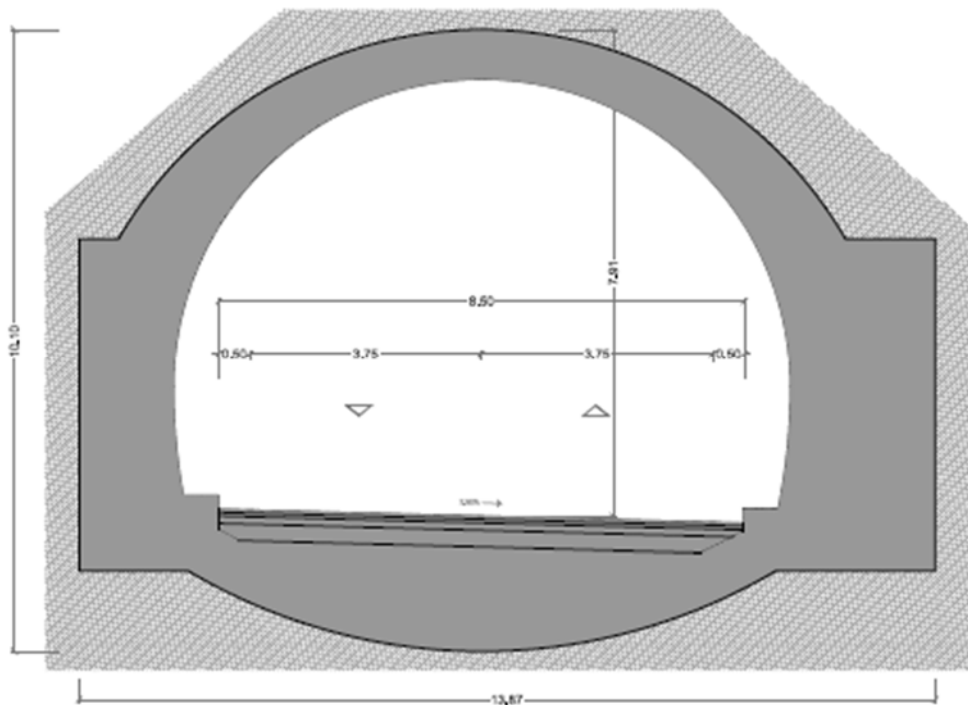
- Nei tratti in sede naturale corsie di larghezza pari circa a 3,50 m e banchine laterali praticamente inesistenti pari a circa 0,25 m (ampliate a 1 m nei tratti a mezza costa con cunetta laterale) per una larghezza complessiva di 7,50m (8,25 nei tratti a mezza costa con cunetta);



- nei tratti in viadotto corsie di larghezza pari circa a 3,50m e banchine laterali di larghezza leggermente superiore pari a 0,75m, per una larghezza complessiva di 8,50m;

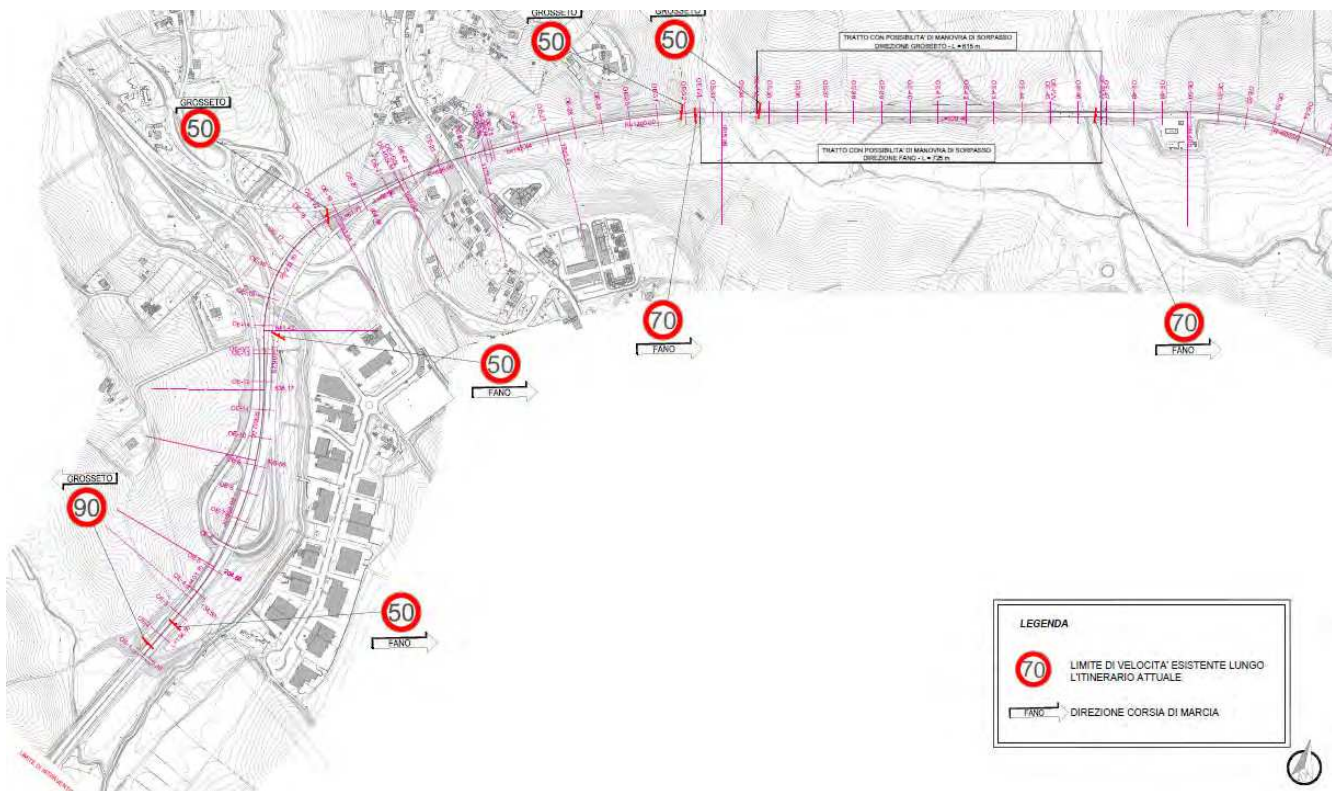


- nei tratti in galleria corsie di larghezza pari circa a 3,75m e banchine laterali pari a circa 0,50m per una larghezza complessiva di 8,50m, più due marciapiedi laterali di circa 0,5 m.



Nelle immagini seguenti sono illustrati i dati planimetrici del tracciato e indicati i limiti di velocità presenti lungo le due direzioni dell'attuale viabilità, che, in termini generali, prevedono una limitazione a 40-50 km/h nelle zone degli svincoli di Cerchiaia e Ruffolo e una limitazione a 70 km/h nel tratto ricompreso fra gli stessi. Lungo l'intero itinerario, per entrambe le direzioni di marcia, non è mai ammessa la manovra di sorpasso.





Le principali criticità riscontrate dall'analisi dello stato di fatto sotto un piano tecnico e funzionale sono di seguito elencate:

RTP di progettazione:

Mandataria:

Mandanti:

- non esiste continuità tra la SS 73 e la SS 223, gli utenti che percorrono la dorsale di collegamento da Fano in direzione Grosseto (e viceversa) sono obbligati a cambiare itinerario tramite le rampe dello svincolo Ruffolo;
- l'SS 223, nel tratto in esame, possiede caratteristiche funzionali inferiori rispetto alle parti contigue della medesima infrastruttura e alla SS 73, entrambe caratterizzate da due carreggiate separate con due corsie per senso di marcia. Rispetto a questi ultimi, il tratto oggetto di intervento (che risulta passaggio obbligato di collegamento tra i due itinerari) genera una discontinuità con caratteristiche prestazionali inferiori sia sul piano della sicurezza che su quello della gestione dei flussi di traffico;
- il tratto stradale in esame presenta geometrie trasversali non omogenee lungo il tracciato e non conformi agli standard normativi minimi richiesti lungo un itinerario trans europeo ("Tipo C" DM 05/11/2001), altri aspetti di non conformità nei confronti della medesima normativa si riscontrano sulle geometrie di tracciato (quali ad esempio l'assenza di raccordi a curvatura variabili tipo clotoide) e sul piano delle verifiche cinematiche e di visibilità;
- gli svincoli non risultano conformi alla normativa di riferimento (DM 19/04/2006) sul piano sia geometrico che funzionale con particolari criticità legate a tutte le rampe di uscita che configurandosi come naturali estensioni delle corsie di marcia impongono agli utenti di posizionarsi per tempo o sulla corsia di sorpasso o su quella di marcia ai fini di proseguire verso la direzione desiderata (la normativa impone invece che tutte le manovre di uscita su intersezioni a livello sfalsato avvengano con corsie specializzate di diversione posizionate sul lato destro della carreggiata).

### 5.2.3 Obiettivi della soluzione di intervento

L'infrastruttura, che si trova fra tracciati stradali per i quali è già stato realizzato l'adeguamento a 4 corsie o è, attualmente, in corso di realizzazione, è costituita pertanto da una strada ad una corsia per ogni senso di marcia con notevoli carenze infrastrutturali e inadeguata ad accogliere gli attuali e ancor più i futuri flussi di traffico anche in relazione alla notevole componente di veicoli pesanti che impegnano la direttrice Siena Bettolle. Infatti, il volume di traffico in ogni periodo dell'anno è ormai diventato tale da rendere questa viabilità una strozzatura limitativa delle capacità di smaltimento del traffico che transita nell'area senese dalle direttrici. La situazione è destinata ad aggravarsi rapidamente a seguito dell'apertura al traffico di ulteriori tratti a 4 corsie della Grosseto – Siena, in corso di realizzazione da parte di ANAS.

In tale contesto e coerentemente con la pianificazione di settore è stato individuato un intervento che, nei suoi aspetti generali, prevede:

- 1- il potenziamento della SS 223 nel tratto tra lo svincolo Cerchiaia e quello di Ruffolo con relativo miglioramento delle condizioni tecnico – funzionali fino al raggiungimento degli standard normativi previsti per strade di "tipo B" ("extraurbane principali" rif. DM 05/11/2001)

- con relativo nuovo tratto di collegamento tra l'infrastruttura e la SS 73;
- 2- La riorganizzazione dello svincolo Ruffolo, che non assolvendo più da connessione indiretta tra la SS 223 e la SS 73 deve essere riprogettato in conformità alla nuova configurazione dell'infrastruttura.
  - 3- L'adeguamento dello svincolo Cerchiaia e in particolare di alcune delle rampe esistenti al fine di garantire una piena continuità di itinerario.

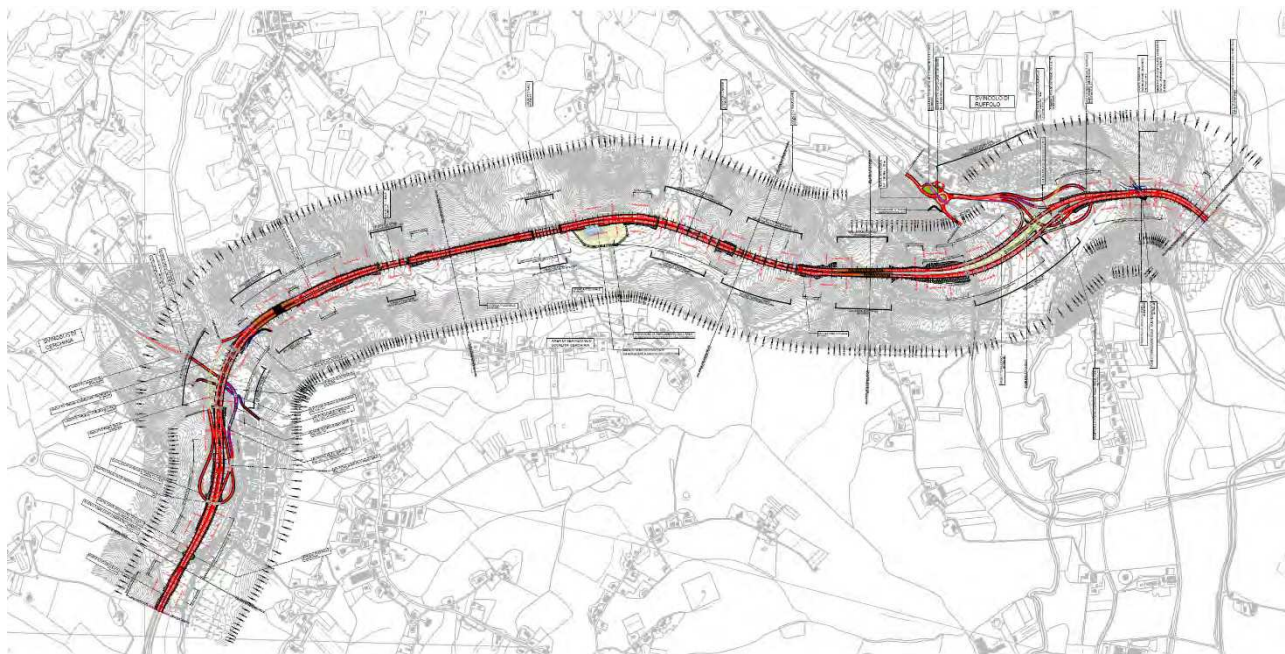
Attraverso tali interventi, l'infrastruttura di progetto assumerà notevole rilevanza sia nell'ambito del sistema radiale costituito a nord-ovest dal raccordo Siena-Firenze ad ovest dal raccordo Siena-Bettolle e a sud dal raccordo Siena-Grosseto, sia in quello tangenziale, essendo abbastanza a ridosso del tessuto urbano, con la funzione di "tangenziale sud di Siena".

## 6 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

### 6.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO

L'opera oggetto del presente studio riguarda, come già riportato, l'adeguamento geometrico e funzionale di un tronco stradale esistente e dei relativi svincoli (anch'essi esistenti) secondo gli standard espressi dalle normative vigenti al fine di realizzare un tratto stradale assimilabile ad una strada di "Tipo B" (D.M. 05/11/2001).

Nello specifico tale intervento risulta costituito: dallo svincolo di 'Cerchiaia' della strada statale SS 223 di 'Paganico' con la Tangenziale Ovest di Siena SS 674; dal tronco della statale SS 223 "di Paganico", ad una corsia per senso di marcia, compreso tra lo svincolo di Cerchiaia e lo svincolo di Ruffolo e dallo svincolo di 'Ruffolo' per tutte le rampe (Grosseto-Siena e Siena-Grosseto, Arezzo-Siena e Siena-Arezzo) a determinare un 'passante' della sezione della E78 (SS 73) per le due carreggiate principali.



L'intervento si colloca nell'ambito del complesso di interventi, in parte eseguiti ed in parte in corso, di adeguamento e riqualificazione tecnico-funzionale dell'itinerario E78 Grosseto-Fano concepiti per realizzare un importante asse viario fra le regioni Toscana e Marche, nonché una trasversale di attraversamento per la penisola italiana fra le dorsali tirrenica e adriatica. Per tale rete, con funzione d'integrazione ai corridoi plurimodali verso l'esterno e di collegamento tra i capoluoghi di provincia, il PRT prevede si debbano in generale garantire livelli di funzionalità di strade extraurbane secondarie.

L'obiettivo del progetto è quello di potenziare il tratto in esame al fine di garantire caratteristiche geometriche e funzionali in linea con gli standard del futuro itinerario complessivo. In tal senso oltre al raddoppio delle corsie esistenti e la separazione dei sensi di marcia su carreggiate separate, si provvederà all'adeguamento del tracciato alla normativa di riferimento (D.M. 05/11/2001 e D.M.

22/04/2004) e alla riorganizzazione degli svincoli esistenti adattandoli sia alle nuove geometrie dell'asse principale, sia ai corrispondenti standard normativi (D.M. 19/04/2006).

Dal punto di vista della sicurezza stradale il progetto si propone di aumentare gli standard di sicurezza del corridoio stradale oggetto di riqualifica mediante il perseguimento dei seguenti obiettivi:

- adeguamento alla normativa di riferimento del tracciato esistente e dei relativi rami di svincolo (attualmente non a norma);
- separazione dei flussi veicolari in senso opposto su due carreggiate separate (attualmente entrambi i sensi di marcia percorrono la medesima carreggiata);
- garanzia della continuità di itinerario lungo la direttiva Fano – Grosseto (attualmente l'itinerario si "interrompe" all'altezza dello svincolo Ruffolo e presenta nel tratto oggetto di intervento discontinuità geometriche e funzionali rispetto ai rimanenti tratti).

## 6.2 SINTESI DEGLI STANDARD PROGETTUALI ADOTTATI

- La sezione di progetto è di tipo B1 (D.M. 2001), costituita da una piattaforma stradale a doppia carreggiata ciascuna larga 9.50 m, con due corsie di marcia da 3.75 m ciascuna, fiancheggiate da due banchine in sinistra di 0.50 m e in destra di 1.75 m. Per questa tipologia di strada è previsto un intervallo di velocità di progetto da 70 a 120 km/h.
- Ai lati della piattaforma stradale sono previsti i tradizionali elementi marginali: arginello da 1.75 m nelle sezioni in rilevato, arginello o cunetta rispettivamente da 1,75 e 1.20 m nelle sezioni in trincea, fosso di guardia a sezione trapezia a protezione delle scarpate ed ai piedi delle scarpate, barriere laterali di sicurezza tipo H2 o H3 nelle sezioni in rilevato e mezza costa ed H3 o H4 nelle sezioni in viadotto (D.M. 03/06/98).
- È previsto inoltre un cordolo in cls 15x25 nei tratti in rilevato e in spartitraffico a protezione del ciglio stradale, lungo tutto il tracciato.
- Le scarpate dei rilevati e delle trincee sono realizzate con un'inclinazione di 2/3.
- La pavimentazione è costituita da uno strato di usura drenante di 4 cm, da uno strato di collegamento o binder di 6 cm, da uno strato di base di 12 cm, da uno strato in misto cementato di 20 cm e da uno strato in misto stabilizzato di 15 cm, per un pacchetto della pavimentazione totale di 57 cm.
- Lungo l'asse stradale insistono 6 opere d'arte maggiori e due gallerie:
  - Viadotto Tressa
  - Viadotto Luglie
  - Viadotto Valli
  - Viadotto Casone
  - Viadotto Ribuciano

- Viadotto Riluogo
  - Galleria San Lazzero
  - Galleria Ribuciano
- Per le rampe degli svincoli di Cerchiaia e Riluogo si è adottata una sezione di 9.50 m, costituita da due corsie da 3.50 m e due banchine da 1.00 m, nel caso della rampa bidirezionale, ed una sezione di 6.50 m, con una corsia di marcia di 4.00 m e due banchine da 1.00 m sul margine sinistro ed 1.50 m sul margine destro, nel caso di rampe unidirezionali. La pavimentazione presenta gli stessi spessori di quella dell'ammodernamento della Statale.
- La viabilità poderale può essere distinta in un gruppo di assi associati a un'unica tipologia di sezione trasversale costituita da una carreggiata pavimentata di larghezza pari a 4 metri fiancheggiata da arginello da 1,00 m nelle sezioni in rilevato e cunetta da 1,00 m nelle sezioni in trincea.

## 6.3 PROGETTO STRADALE

### 6.3.1 Progetto asse principale

L'asse principale dell'infrastruttura in esame, che si classifica, secondo gli standard della normativa di riferimento (D.M. 05/11/2001) come strada tipo "B", è costituito, come noto, da due carreggiate principali: una "occidentale" per veicoli che da Fano lo percorrono in direzione Grosseto ed uno "orientale" avente senso di percorrenza opposto. La carreggiata "Ovest" si sviluppa sostanzialmente lungo il sedime dell'infrastruttura esistente (strada tipo III secondo la classificazione CNR) ed è affiancata, sostanzialmente in parallelo, dalla nuova carreggiata "Est". Tale configurazione è stata studiata con il preciso intendo di minimizzare le occupazioni garantendo al contempo gli adeguati standard geometrico-funzionali. L'intervento ha inizio, analizzando l'infrastruttura nel suo complesso da Ovest verso Est, al Km 67+500 della S.S. 223 nel tratto finale del cosiddetto "Lotto 11" della Grosseto-Siena, oggetto di un intervento di ammodernamento negli anni 2000. Superato il breve tratto di raccordo all'esistente dove la carreggiata si mantiene pressoché immutata rispetto alle dimensioni attuali, il tracciato prosegue inserendosi nell'area dello svincolo di Cerchiaia all'interno del quale le due carreggiate (entrambe realizzate su nuovo sedime, in parallelo ai viadotti esistenti) consentono di raggiungere la galleria S. Lazzero annullando la discontinuità di tracciato che caratterizza il tratto allo stato attuale. L'area dello svincolo risulta, inoltre, caratterizzata da una forte presenza di vincoli, sia naturali (Torrente Tressa) sia antropici (diverse aree edificate, aree destinate ad ospitare nuovi insediamenti commerciali). La Galleria S. Lazzero si estende attualmente per circa 150 m al di sotto della Cassia (SR 2) e verrà allargata per garantire alla Carreggiata Ovest di avere dimensioni trasversali coerenti con gli standard normativi e con gli allargamenti per visibilità; parallelamente verrà realizzata la nuova canna destinata ad ospitare la Carreggiata Est di nuova realizzazione. Il tratto seguente, che si estende fino alla seconda galleria del tracciato (Galleria Bucciano), corre ai

piedi della collina di Siena, in un'area caratterizzata da una morfologia variegata che si traduce, sul piano infrastrutturale, in una successione di tratti in viadotto (viadotti Luglie, Valli, Casone, Ribucciano) e tratti a mezzacosta. In questa zona l'asse della carreggiata Ovest mantiene sostanzialmente immutata la configurazione dell'asse esistente, già compatibile, ad eccezione delle larghezze trasversali, con la geometria di una strada tipo "B" pienamente conforme alla normativa. Anche i nuovi viadotti saranno collocati in corrispondenza dei viadotti esistenti (i quali verranno però completamente ricostruiti). Tra il viadotto Casone e il Viadotto Valli il tracciato incontra un'area di servizio la cui posizione verrà mantenuta inalterata anche nella conformazione di progetto, al netto dello spazio necessario all'inserimento della nuova Carreggiata. Il tracciato risulta, inoltre, compatibile con un eventuale intervento di espansione e potenziamento dell'area di servizio stessa. Superato il viadotto Ribucciano la strada si immette nella Galleria Bucciano, la quale, analogamente alla Galleria S. Lazzerò, è caratterizzata da una lunghezza di circa 150 m con due tratti di galleria artificiale che precedono (e seguono) la galleria naturale; anche in questo caso verrà realizzata una nuova canna per ospitare la Carreggiata Est. Attraversata la galleria il tracciato si inserisce nell'area dello svincolo di Ruffolo, la cui nuova conformazione garantisce la continuità di itinerario con il tratto Siena-Bettolle dell'infrastruttura. Quasi l'intero tratto di svincolo si sviluppa lungo il viadotto Rilugo, a partire dal quale si dipanano anche le nuove rampe di progetto. Superato lo svincolo il tracciato sottopassa la ferrovia per poi riconnettersi con il Lotto 1, già ammodernato, al km 2.8 del tratto Siena – Bettolle. Quest'ultima area è caratterizzata da una forte presenza urbanizzativa che impone l'adozione da parte dell'infrastruttura di adeguati interventi di mitigazione acustica, in parte in sostituzione di quelli già esistenti e in parte di nuova realizzazione a compensazione del rumore generato dai maggiori flussi che, si ipotizza, percorreranno l'opera in oggetto.

### 6.3.2 Svincolo di Cerchiaia

L'adeguamento dello **svincolo di Cerchiaia** prevede l'adozione di uno schema di svincolo costituito da rampe monosenso dirette e semidirette conformi alla nuova configurazione di progetto del tracciato principale dovuta all'inserimento della nuova carreggiata Est Grosseto - Fano. A tal fine le nuove rampe mantengono un andamento planimetrico simile all'esistente con l'esclusione della rampa Grosseto – Firenze il cui tracciato piano altimetrico è stato reso conforme alla posizione della nuova carreggiata Est (inserimento della corsia di diversione – uscita in mano destra). Si precisa che anche i tracciati delle rampe con andamento simile all'esistente sono stati opportunamente verificati e adeguati all'attuale normativa vigente (D.M. 19.04.2006).

Le rampe di progetto sono così individuate:

- **Rampa Fano – Firenze** – rampa monosenso di tipo diretta, permette l'uscita dalla S.S. n.233 per i veicoli provenienti da Fano in direzione Firenze sulla S.S. n.674 - si posiziona parzialmente in sede alla rampa esistente;
- **Rampa Grosseto – Firenze** – rampa monosenso di tipo semidiretta, permette l'uscita dalla

S.S. n.233 per i veicoli provenienti da Grosseto in direzione Firenze sulla S.S. n.674, si posiziona in nuova sede;

- **Rampa Firenze – Grosseto** rampa monosenso di tipo diretta, permette il collegamento dalla S.S. n.674 per i veicoli provenienti da Firenze in direzione Grosseto sulla S.S. n.233 – si posiziona in sede alla rampa esistente;
- **Rampa Firenze – Fano** rampa monosenso di tipo semidiretta, permette il collegamento dalla S.S. n.674 per i veicoli provenienti da Firenze in direzione Fano sulla S.S. n.233 – si posiziona parzialmente sulla sede della rampa esistente.

### 6.3.3 Svincolo di Ruffolo

L'adeguamento dello **svincolo di Ruffolo** prevede anch'esso l'adozione di uno schema costituito da rampe monosenso dirette e semidirette adeguate alla nuova configurazione di progetto del tracciato principale dovuta all'inserimento della nuova carreggiata Est Grosseto – Fano. In tale contesto, lo schema di svincolo stesso è stato concepito con lo scopo di privilegiare la direttrice rappresentata dalla S.S. n.223 (Grosseto – Fano) potenziata dalla trasformazione a doppia carreggiata. Di conseguenza a differenza dello svincolo di Cerchiaia precedentemente descritto, le attuali rampe non possono essere preservate o parzialmente mantenute, ma verranno demolite e sostituite completamente da quelle nuove di progetto. Fa parte della presente progettazione anche l'adeguamento dell'attuale rotatoria a tre bracci tra la S.S. n.73, la S.S. n.715 e la S.P. n.136, localizzata in corrispondenza del Comando dei Vigili del Fuoco di Siena.

Le rampe di progetto sono così individuate:

- **Rampa Siena – Fano** – rampa monosenso di tipo semidiretta, permette il collegamento dalla S.S. n.73 per i veicoli provenienti da Siena in direzione Fano sulla S.S. n.223.
- **Rampa Fano – Siena** – rampa monosenso di tipo semidiretta, permette l'uscita dalla S.S. n.715 per i veicoli provenienti da Fano in direzione Siena sulla S.S. n.73;
- **Rampa Siena – Grosseto** rampa monosenso di tipo diretta, permette il collegamento dalla S.S. n.73 per i veicoli provenienti da Siena in direzione Grosseto sulla S.S. n.223;
- **Rampa Grosseto – Siena** rampa monosenso di tipo semidiretta, permette l'uscita dalla S.S. n.223 per i veicoli provenienti da Grosseto in direzione Siena sulla S.S. n.73.

L'adeguamento della **rotatoria** esistente tra la S.S. n.73, la S.S. n.715 e la S.P. n.136, localizzata in corrispondenza del Comando dei Vigili del Fuoco di Siena, prevede una nuova geometrizzazione dell'intero nodo conforme alla normativa vigente (D.M. 19.04.2006), e la realizzazione di un nuovo manufatto idraulico per il torrente Riluogo in luogo dell'attuale opera di cui si prevede la dismissione. In riferimento alle dimensioni geometriche del diametro esterno è classificabile come "rotatoria convenzionale". Il diametro della circonferenza esterna è quindi pari a 50m e il raggio giratorio esterno è di 25m.



#### **6.3.4 Strada locale a destinazione particolare**

Nelle aree di svincolo sono presenti delle viabilità locali di piccola entità che permettono sia gli accessi privati delle varie attività produttive e commerciali presenti, che le connessioni vicinali con le aree agricole adiacenti le aree di intervento. Di seguito si evidenziano le viabilità oggetto d'intervento:

- Deviazione strada di Cerchiaia (accesso Ads Gas);
- Ripristino accesso proprietà zona Galleria San Lazzerò;
- Nuova strada di accesso aree interne Svincolo di Ruffolo;
- Deviazione e riassetto strade poderali ai margini nella nuova carreggiata direzione Grosseto e in corrispondenza dello Svincolo di Ruffolo.

## 6.4 SEZIONI TIPO

### 6.4.1 Asse principale

La sezione tipo adottata per l'asse principale è in conformità alla Categoria B1 - Strada Extraurbana Principale del D.M. 05.11.2001:

- due carreggiate aventi rispettivamente due corsie larghe 3,75 m per senso di marcia, una propriamente di marcia e una di sorpasso;
- margine interno composto da spartitraffico di larghezza variabile (con minimo di 2,50 m) e dalle due banchine interne larghe 0,50 m ciascuna;
- banchine esterne di 1,75 m;
- per una larghezza totale minima di piattaforma pavimentata di 22,00 m

Il valore della piattaforma ed in particolare quello della banchina sopra indicati rappresentano il valore corrente della carreggiata: in alcuni punti del tracciato la composizione plano-altimetrica dell'asse è tale per cui non sono garantite le visuali libere per l'arresto e il sorpasso, conseguentemente si è reso necessario operare allargamenti della sede stradale o degli elementi marginali al fine di garantire le corrette visuali libere e la corretta percezione visiva del tracciato. Tali allargamenti sono indicati nelle sezioni trasversali e opportunamente analizzati negli specifici elaborati relativi alle verifiche di tracciato.

Le dimensioni della piattaforma stradale, inclusi gli eventuali allargamenti, sono state mantenute invariate lungo tutto il tracciato della strada, sia in sede naturale sia in sede artificiale (viadotti e gallerie).

La pendenza trasversale della piattaforma è prevista pari al 2,5% in rettilineo, mentre in curva si raggiunge la pendenza massima consentita dalla normativa del 7,0 % lungo gran parte delle curve dell'asse stradale.

In caso di corsie di decelerazione o di accelerazione in destra alla singola carreggiata è prevista l'aggiunta di una corsia da 3,75 m con mantenimento della banchina pavimentata da 1,75 m.

In presenza di piazzola di sosta si prevede l'allargamento della piattaforma di ulteriori 3,50 m oltre la corsia di emergenza. Planimetricamente le piazzole sono previste con una distanza massima di 1000 m per senso di marcia e presentano uno sviluppo pari a 65 m di cui 25 m a larghezza costante e 2x20 m a larghezza variabile di raccordo alla piattaforma tipo.

Le fasce di pertinenza della strada sono delimitate verso l'esterno da una rete di recinzione per tutto

lo sviluppo dell'opera; nell'ambito di tali fasce vengono altresì allocate le eventuali opere di mitigazione (fasce di vegetazione) per la minimizzazione degli impatti conseguenti all'intrusione visiva ed all'inquinamento acustico ed atmosferico.

In **rilevato** l'elemento marginale è costituito da una arginello di larghezza 1,75 m, all'interno del quale è prevista l'istallazione di barriere metalliche di sicurezza tipo ANAS (si veda il Cap. 5 della presente relazione per una più approfondita trattazione): la delimitazione della pavimentazione stradale è realizzata mediante un cordolo in calcestruzzo avente dimensione 15 x 25 cm e altezza di 7 cm rispetto al piano viabile.

Le scarpate sono profilate con pendenza 2/3, con strato di vegetale di spessore medio 30 cm inerbito mediante idrosemina, che si rastrema in corrispondenza dell'arginello e sostituito da materiale stabilizzato compattato, al fine di garantire la corretta infissione della barriera in un materiale che ne permetta il corretto funzionamento in caso di urto.

La raccolta acque è gestita mediante sistema chiuso con canalette con predisposizione di foro per l'inserimento di caditoie con griglia non carrabile, utili a collettare le acque di piattaforma in tubazioni correnti per il conferimento alla vasca di trattamento e quindi al ricettore finale delle portate d'acqua captate. Come sistema di sicurezza, sono previste canalette tipo embrice posizionate lungo la scarpata che in caso di troppo pieno del sistema canaletta/tubazione convogliano le acque di piattaforma in fossi di guardia rivestiti al piede del rilevato.

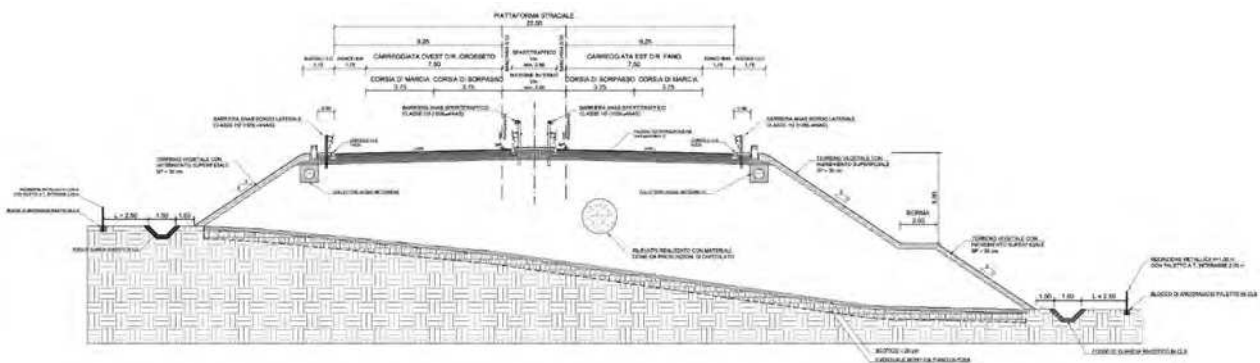


Figura 2 – Sezione tipo in rilevato in rettilo

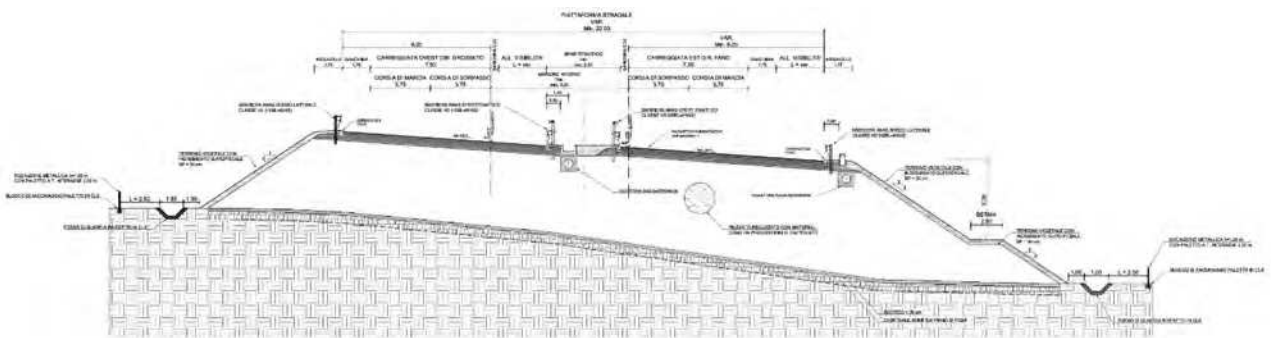


Figura 3 – Sezione tipo in rilevato in curva con allargamento

Nei casi di ammassamento della nuova sede stradale a quella esistente e in generale ai terreni con pendenza  $P > 15\%$  è prevista una opportuna preparazione della scarpata mediante l'esecuzione dello scavo di scotico e di bonifica e della realizzazione di gradoni di profondità H variabile fra 50 e 100 cm e tratto sub orizzontale con pendenza del 1,00 – 2,00% verso l'interno.

Il rilevato così realizzato conserva comunque le caratteristiche geometriche del rilevato classico sia in piattaforma che per quanto riguarda gli elementi marginali e il sistema di smaltimento delle acque.

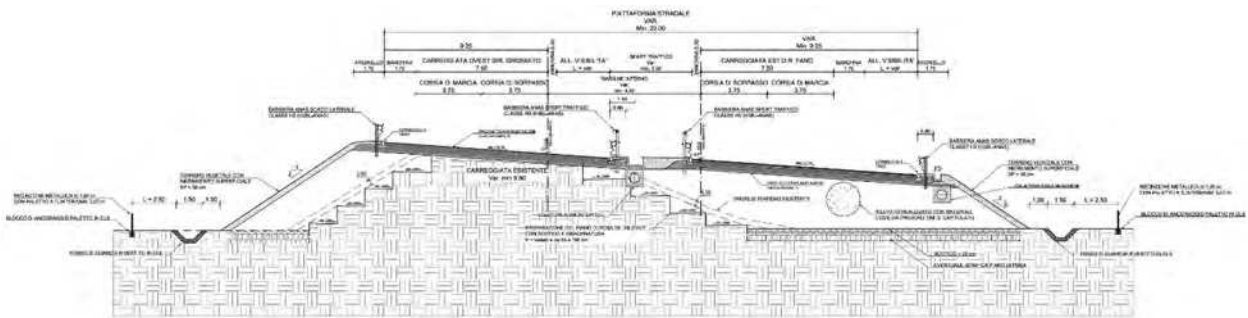


Figura 4 – Sezione tipo in rilevato in curva con ammassamento

Nei tratti in rilevato con mitigazione acustica si sono configurate due differenti organizzazioni del margine laterale:

- Caso con *Barriera Acustica* installata su cordolo di fondazione a tergo della barriera di sicurezza: in questo caso l'arginello si estende fino a raggiungere i 2,30 m di larghezza (pari al valore del parametro di intrusione del veicolo "VIm" della barriera H2BL) utile al fine di garantire un'opportuna distanza di sicurezza fra la barriera acustica e quella metallica di sicurezza in caso di impatto del veicolo in svio con quest'ultima. Il regime idraulico non viene modificato, essendo garantita la continuità della canaletta e della tubazione sottostante, posizionate a ridosso del cordolo di fondazione della barriera.

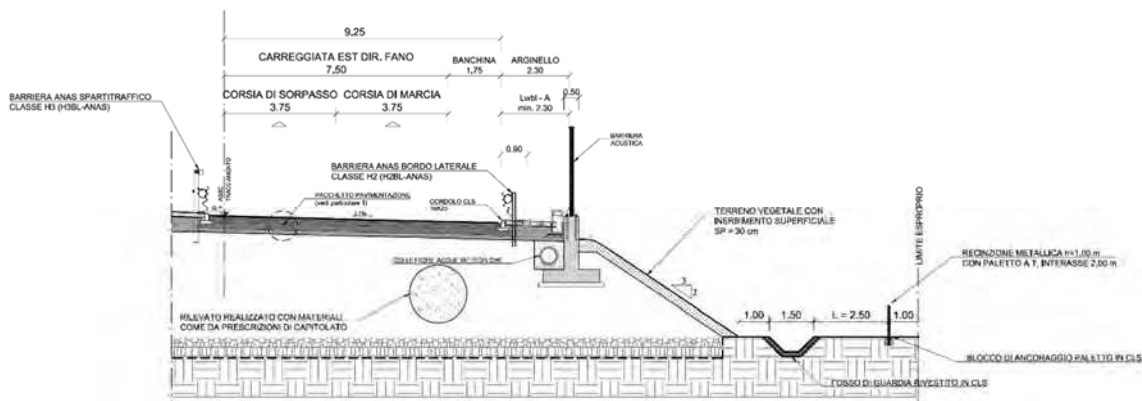


Figura 4 – Sezione tipo in rilevato con barriera acustica

- Caso con *Barriera Acustica Integrata* alla barriera di sicurezza alloggiata su cordolo di fondazione in c.a. posto al margine della carreggiata stradale. Tale configurazione consente di contenere le occupazioni, mostrandosi come preferenziale in casi di vicinanza a proprietà private o ad aree urbanizzate. Lo smaltimento delle acque di piattaforma e la continuità con il sistema chiuso utilizzato vengono garantiti attraverso la realizzazione di caditoie in banchina con collettori posizionati in asse.

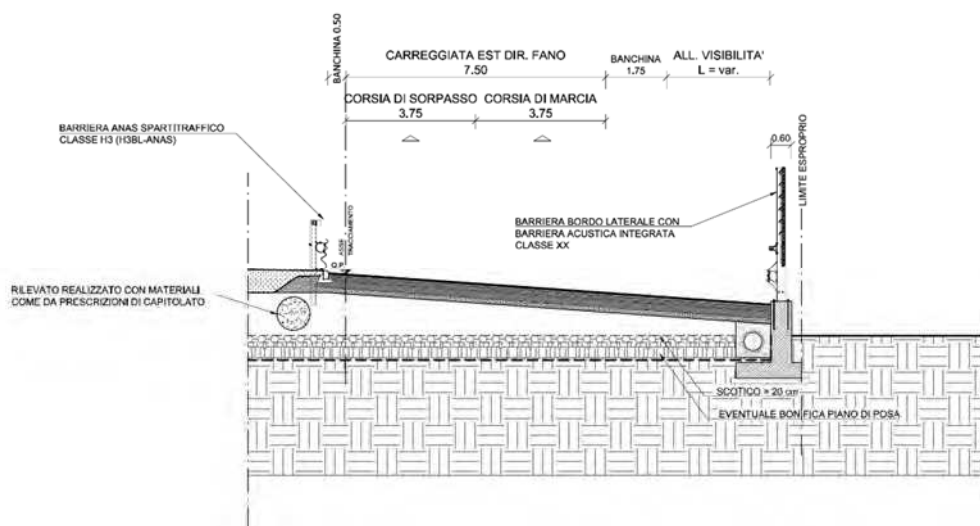


Figura 5 – Sezione tipo in rilevato con barriera acustica integrata

Nei casi dove la morfologia del terreno o la presenza di vincoli ai lati della strada non permettono la formazione del rilevato con pendenza della scarpata naturale con pendenza 2/3, ai margini della piattaforma stradale sono disposti muri di sostegno in c.a. con paramento verticale.

La parte sommitale del muro è costituita da un cordolo di larghezza pari a 0,75 metri su cui trova alloggiamento, a seconda delle situazioni, o la barriera di sicurezza in acciaio/legno (H2 bordo ponte) o la barriera acustica.

- Nel primo caso, il cordolo è posizionato immediatamente a lato della sede pavimentata con una altezza massima dal piano viario pari a 7 cm. Lo smaltimento delle acque di piattaforma avviene attraverso canalette continue con griglie carrabili, collocate in banchina a ridosso della testa del muro.
- Nel secondo caso, il cordolo è arretrato in modo da seguire il tracciamento della barriera acustica collocata ad una distanza minima di 1,70 metri dal ciglio pavimentato;
- Nel terzo caso il cordolo è arretrato di 1,35 m in modo tale da assicurare la continuità del sistema di raccolta delle acque meteoriche collocato all'esterno della sede carrabile.
- Nel secondo e terzo caso, a margine della strada è inserito un arginello inerbito all'interno del quale è prevista l'installazione della barriera di sicurezza metallica di tipo Anas. La raccolta acque è gestita con le stesse modalità dei tratti in rilevato, ovvero con un collettore posto al

disotto della banchina che convoglia le acque in corrispondenza delle vasche di trattamento e quindi al recettore finale.

•

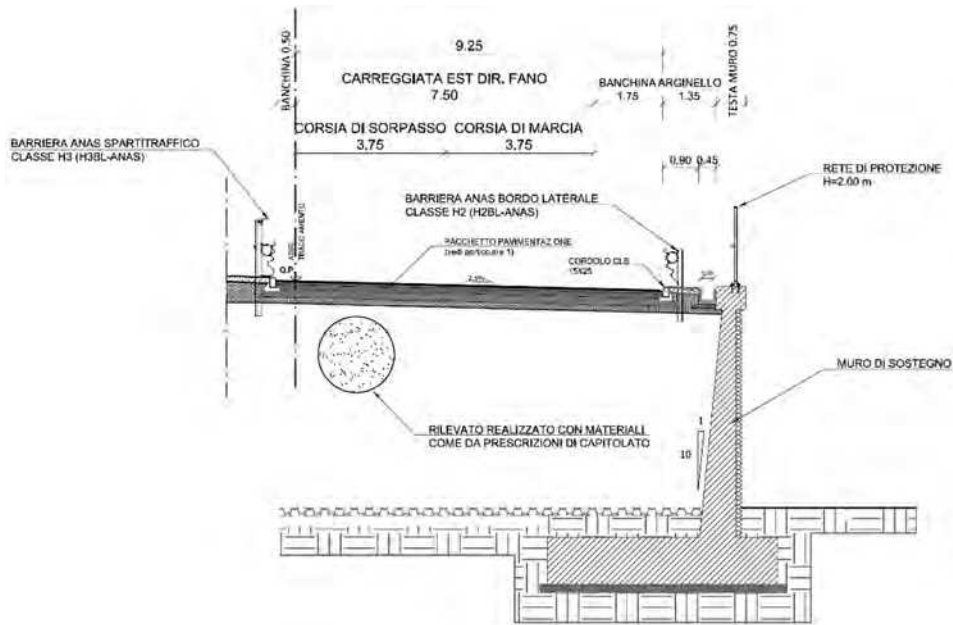


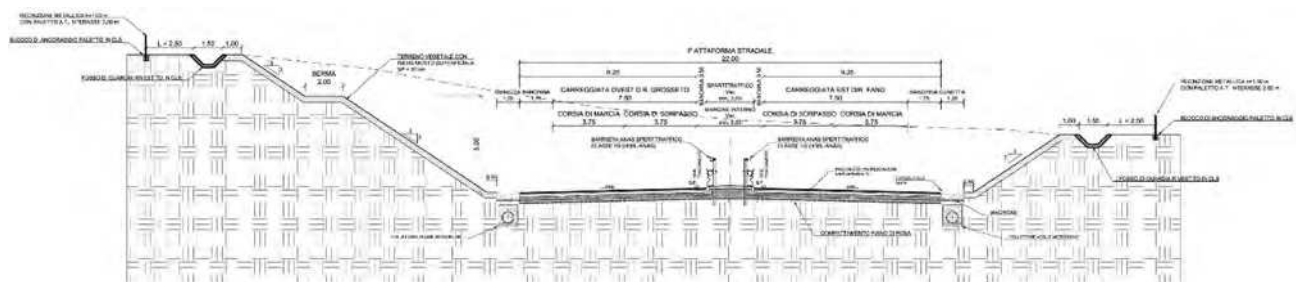
Figura 6 – Sezione tipo in rilevato – Muro di sostegno con canaletta idraulica

Nei tratti in **trincea** le scarpate sono realizzate con pendenza al 4/7, in ragione delle caratteristiche meccaniche del terreno in sito, rivestite con uno strato di vegetale di 30 cm ed inerbite con idrosemina. Il fondo dello scavo verrà compattato fino a raggiungere il grado di portanza idoneo al piano di posa della pavimentazione stradale.

Le acque meteoriche vengono raccolte mediante cunette laterali, di larghezza complessiva 120 cm e con predisposizione di foro per l'inserimento di caditoia con griglia carrabile, e convogliate nei pozzetti di raccolta, mediante condotte idrauliche poste in asse alla cunetta stessa.

Gli elementi marginali risultano essere di 1,70 m, dei quali 1,20 m necessari per l'inserimento della cunetta, e i residui 50 cm definiscono il tratto di raccordo con la scarpata.

In testa alla scarpata viene realizzato un fosso di guardia di larghezza minima totale di 150 cm, a protezione del tratto stradale in trincea.





trincea in ragione delle caratteristiche meccaniche del terreno in sito, rivestite con uno strato di vegetale di 30 cm ed inerbite con idrosemina, che si rastrema (nel caso di scarpata in rilevato) in corrispondenza dell'arginello e sostituito da materiale stabilizzato compattato, al fine di garantire la corretta infissione della barriera in un materiale che ne permetta il corretto funzionamento in caso di urto.

Le acque di piattaforma, per il lato di monte, vengono raccolte, come nel caso in trincea, mediante cunette laterali di larghezza complessiva 120 cm e con predisposizione di foro per l'inserimento di caditoia con griglia carrabile e convogliate nei pozzetti di raccolta, mediante condotte idrauliche poste in asse alla cunetta stessa; a protezione della sede stradale dalle acque meteoriche esterne in scarpata viene realizzato un fosso di guardia rivestito di larghezza minima di 150 cm. Per il lato di valle, invece, si utilizzano gli stessi elementi marginali del rilevato e, di conseguenza, la raccolta acque è gestita mediante sistema chiuso con canalette con predisposizione di foro per l'inserimento di caditoie con griglia non carrabile, utili a collettare le acque di piattaforma in tubazioni correnti per il conferimento alla vasca di trattamento e quindi al ricettore finale delle portate d'acqua captate.

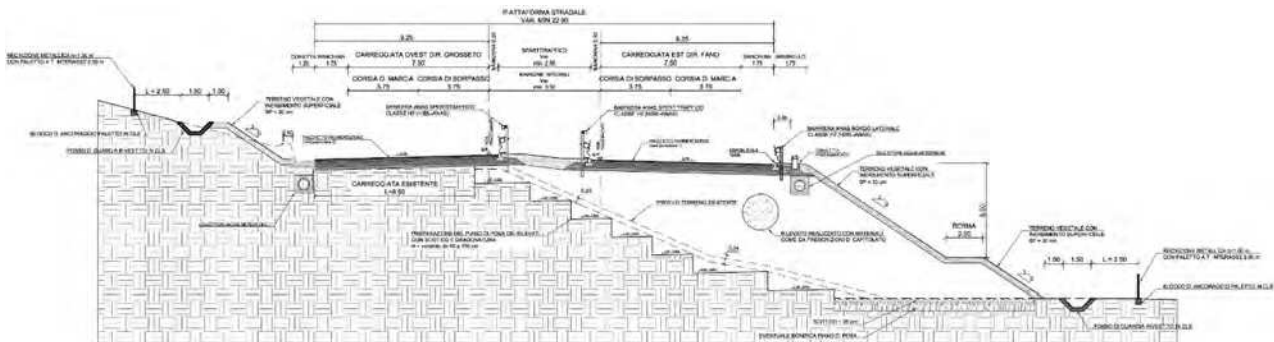


Figura 10 – Sezione tipo a mezzacosta in rettilo con cunetta a margine

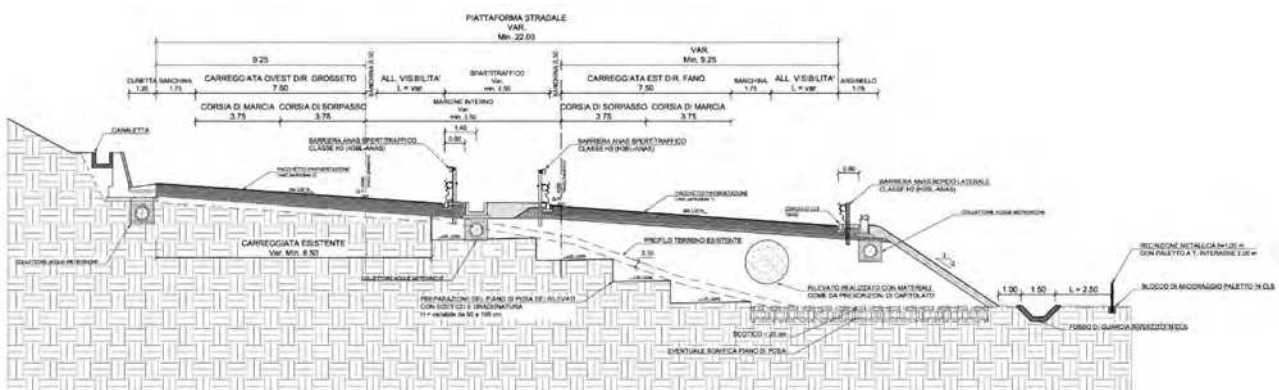


Figura 11 – Sezione tipo a mezzacosta in rettilo con muro a margine

Nei tratti in **galleria** la piattaforma stradale conserva la geometria della piattaforma stradale specifica della categoria B1 del D.M.05.11.2001, caratterizzata da due corsie di 3,75 m di larghezza, banchina in destra da 0,50 m e banchina in sinistra di larghezza pari a 1,75 m. Sul lato interno delle curve, la



banchina è variabile al fine di garantire le corrette visuali libere e la corretta percezione visiva del tracciato.

Gli elementi di margine sono costituiti da profili ridirettivi gettati direttamente in struttura.

Sono garantiti i franchi minimi richiesti nel D.M.05.11.2001, ovvero l'altezza libera, misurata sulla verticale a partire da qualsiasi punto della piattaforma, non risulta mai inferiore a 5,00 metri in corrispondenza della carreggiata e a 4,80 metri in corrispondenza delle banchine.

L'impianto di smaltimento delle acque di piattaforma è compreso tra la soletta e la pavimentazione con una serie di caditoie poste in banchina che scaricano all'interno di una tubazione che convoglia le acque verso la vasca di trattamento.

Il sistema di illuminazione previsto è costituito da corpi illuminanti installati su staffe collegate all'intradosso della soletta superiore, ad un'altezza dal piano stradale tale da garantire i franchi minimi richiesti dalla normativa.

Nei tratti in **viadotto** la piattaforma stradale conserva le larghezze delle corsie e delle banchine caratteristiche del tipo di strada in progetto, ad eccezione che nei tratti in curva in cui sono previsti degli allargamenti della sede stradale al fine di garantire le corrette distanze di visibilità libere.

A margine della banchina, su entrambi i lati, è inserito un cordolo di larghezza pari a 75 cm sul quale è installata la barriera di sicurezza metallica tipo ANAS.

Il sistema di raccolte acque è composto da griglie con scarico puntuale in corrispondenza delle pile.

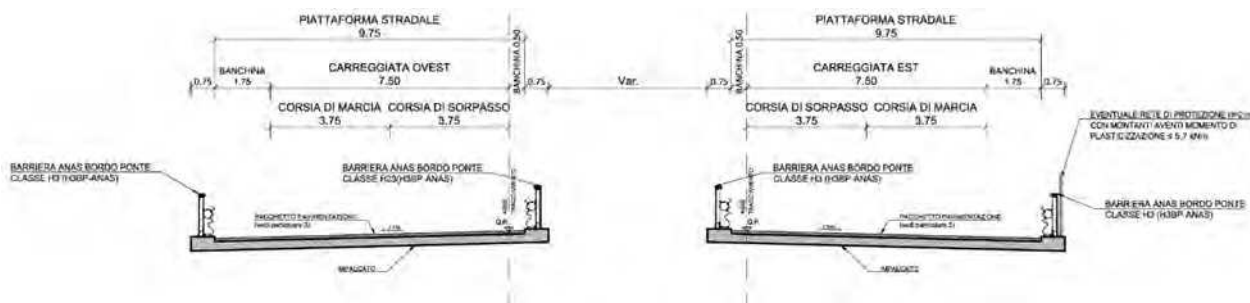


Figura 12 – Sezione tipo in viadotto in rettilifilo

#### 6.4.2 Rampe di svincolo

Le sezioni tipo adottate per i rami di svincolo, in funzione delle larghezze dei singoli elementi modulari, possono essere suddivise in due gruppi principali:

- rampe monosenso: si adotta il valore minimo di 6,50 m pavimentati, di cui 1,00 m per la banchina sinistra, 4,00 m per la corsia di marcia e 1,50 m per la banchina destra;
- rampe bisenso: si adotta il valore di 9,00 m (1,00 di banchina + 3,50 di corsia + 3,50 di corsia + 1,00 di banchina);

Il valore del ciglio e della banchina indicati rappresentano il valore corrente della carreggiata: in alcuni punti del tracciato la composizione plano-altimetrica è tale per cui è richiesto un allargamento della corsia per l'iscrizione dei veicoli o non sono garantite le visuali libere per l'arresto: di conseguenza si è reso necessario operare allargamenti della corsia o della banchina rispettivamente, al fine di soddisfare tale verifica.

La pendenza trasversale della piattaforma monofalda è prevista pari al 2,5% in rettilineo, mentre in curva si raggiunge la pendenza massima consentita dalla normativa del 7,0 %.

In **rilevato** l'elemento marginale è costituito da un arginello di larghezza 1,75 metri, all'interno del quale viene installata la barriera di sicurezza di tipo metallico: la delimitazione dell'arginello dalla piattaforma stradale è realizzata mediante un cordolo in calcestruzzo avente dimensione 15 x 25 cm e altezza di 7 cm rispetto al piano viabile.

Le scarpate saranno profilate con pendenza 2/3, con strato di vegetale di spessore medio 30 cm inerbito mediante idrosemina, che si rastrema in corrispondenza dell'arginello e sostituito da materiale stabilizzato compattato, al fine di garantire la corretta infissione della barriera in un materiale che ne permetta il corretto funzionamento in caso di urto.

La raccolta acque è gestita mediante sistema chiuso con canalette con predisposizione di foro per l'inserimento di caditoie con griglia non carrabile, utili a collettare le acque di piattaforma in tubazioni correnti per il conferimento alla vasca di trattamento e quindi al ricettore finale delle portate d'acqua captate. Come sistema di sicurezza, sono previste canalette tipo embrice posizionate lungo la scarpata: in caso di troppo pieno del sistema canaletta/tubazione queste convogliano le acque di piattaforma al piede del rilevato in fossi di guardia rivestiti.

Nei casi in cui il rilevato interessa terreni con pendenza trasversale  $P > 15\%$  è prevista la conformazione del versante a gradoni di profondità massima 130 cm, e tratto sub-orizzontale con pendenza verso l'interno del 2%.

L'installazione dei corpi illuminanti deve essere eseguita ad una distanza di 2,30 m dal ciglio stradale.

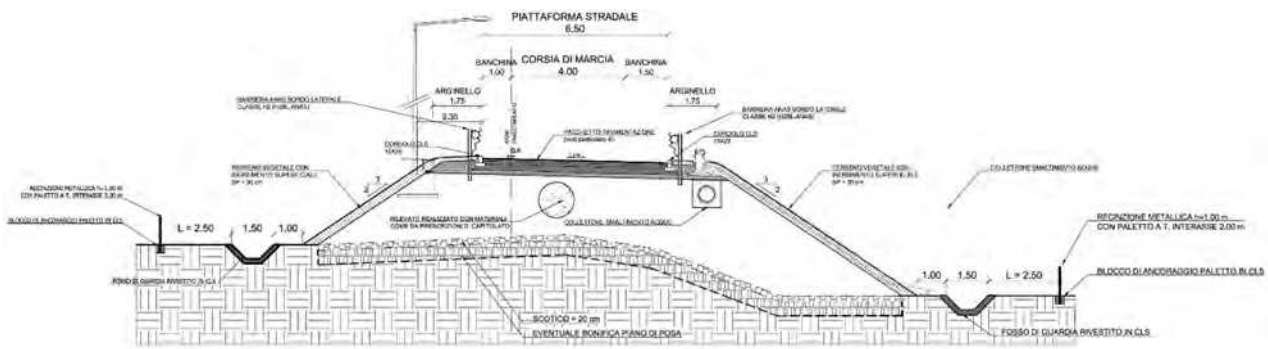


Figura 13 – Sezione tipo di rampa monodirezionale in rilevato in rettilineo

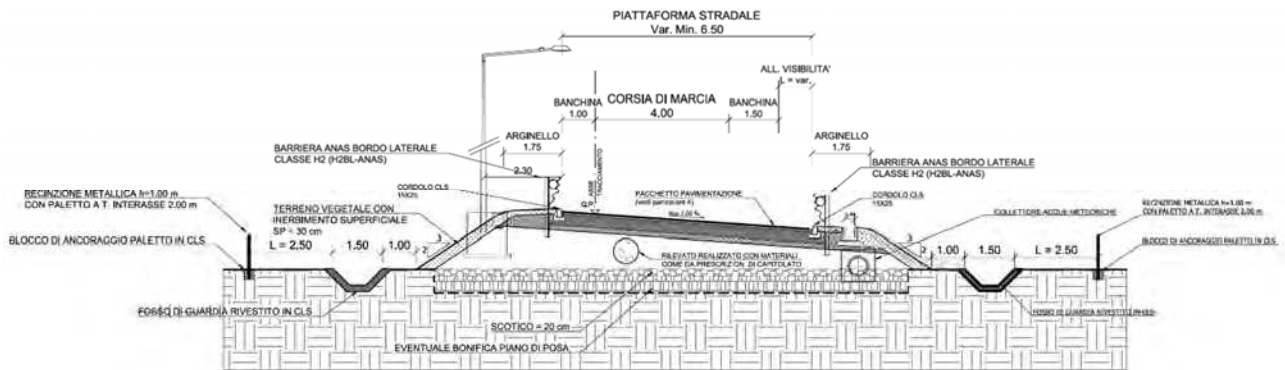


Figura 14 – Sezione tipo di rampa monodirezionale in rilevato in rettilineo

Nei casi dove la morfologia del terreno o la presenza di vincoli ai lati della strada non permettono la formazione del rilevato con pendenza della scarpata naturale con pendenza 2/3, ai margini della piattaforma stradale sono disposti muri di sostegno in c.a. con paramento verticale.

A fianco della parte sommitale del muro è posizionato un cordolo in calcestruzzo di larghezza pari a 0,75 m e altezza massima dal piano viario pari a 7 cm, che separa la piattaforma stradale da un arginello di 1,35 m sul quale è installata la barriera di sicurezza di classe H2 tipo ANAS.

Lo smaltimento delle acque di piattaforma avviene attraverso canalette continue con griglie carrabili, collocate in banchina a ridosso della testa del muro.

Per quanto concerne la formazione del rilevato all'interno dei paramenti prefabbricati, è prevista l'interposizione di uno strato di materiale fornito da cava, sia per il tratto iniziale che per il secondo tratto, poiché la presenza delle costole di irrigidimento dei pannelli non permette l'esecuzione della stabilizzazione a calce nella formazione del rilevato.

Nei tratti in **trincea** le scarpate sono realizzate con pendenza al 4/7, in ragione delle caratteristiche meccaniche del terreno in sito, rivestite con uno strato di vegetale di 30 cm ed inerbite con idrosemina. Il fondo dello scavo verrà compattato fino a raggiungere il grado di portanza idoneo al piano di posa della pavimentazione stradale.

Le acque meteoriche vengono raccolte mediante cunette laterali, di larghezza complessiva 120 cm

e con predisposizione di foro per l'inserimento di caditoia con griglia carrabile, e convogliate nei pozzetti di raccolta, mediante condotte idrauliche poste in asse alla cunetta stessa.

Gli elementi marginali risultano essere di 1,70 m, dei quali 1,20 m necessari per l'inserimento della cunetta, e i residui 50 cm definiscono il tratto di raccordo con la scarpata.

In testa alla scarpata viene realizzato un fosso di guardia rivestito di larghezza minima totale di 150 cm, a protezione del tratto stradale in trincea.



Figura 15 – Sezione tipo di rampa monodirezionale in trincea in rettilineo

Nelle situazioni di **mezzacosta** le scarpate sono realizzate con pendenza al 2/3 in rilevato e 4/7 in trincea in ragione delle caratteristiche meccaniche del terreno in sito, rivestite con uno strato vegetale di 30 cm ed inerbite con idrosemina, che si rastrema (nel caso di scarpata in rilevato) in corrispondenza dell'arginello e sostituito da materiale stabilizzato compattato, al fine di garantire la corretta infissione della barriera in un materiale che ne permetta il corretto funzionamento in caso di urto.

Le acque di piattaforma, per il lato di monte, vengono raccolte, come nel caso in trincea, mediante cunette laterali di larghezza complessiva 120 cm e con predisposizione di foro per l'inserimento di caditoia con griglia carrabile e convogliate nei pozzetti di raccolta, mediante condotte idrauliche poste in asse alla cunetta stessa; a protezione della sede stradale dalle acque meteoriche esterne in scarpata viene realizzato un fosso di guardia rivestito di larghezza minima di 150 cm. Per il lato di valle, invece, si utilizzano gli stessi elementi marginali del rilevato e, di conseguenza, la raccolta acque è gestita mediante sistema chiuso con canalette con predisposizione di foro per l'inserimento di caditoie con griglia non carrabile, utili a collettare le acque di piattaforma in tubazioni correnti per il conferimento alla vasca di trattamento e quindi al ricettore finale delle portate d'acqua captate.

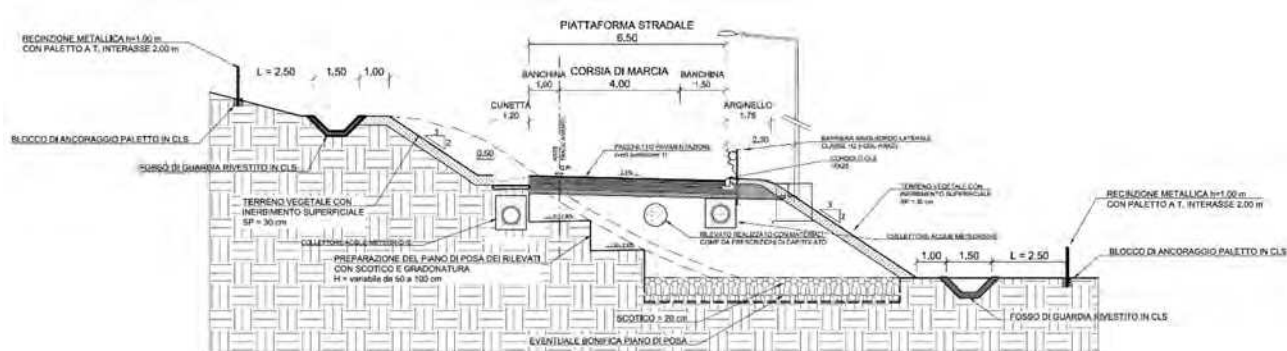


Figura 5 – Sezione tipo di rampa monodirezionale a mezzacosta in rettilo

All'interno dei **sottovia** la piattaforma stradale conserva la geometria della rampa monosenso all'aperto, caratterizzata da una corsia di 4 m di larghezza, banchina in destra da 1 m e banchina in sinistra di larghezza pari a 1,5 m. Sul lato interno delle curve, la banchina è variabile al fine di garantire le corrette visuali libere e la corretta percezione visiva del tracciato.

Gli elementi di margine sono costituiti da profili ridirettivi gettati direttamente in struttura.

Sono garantiti i franchi minimi richiesti nel D.M.05.11.2001, ovvero l'altezza libera, misurata sulla verticale a partire da qualsiasi punto della piattaforma, non risulta mai inferiore a 5,00 metri in corrispondenza della carreggiata e a 4,80 metri in corrispondenza delle banchine.

L'impianto di smaltimento delle acque di piattaforma è compreso tra la soletta e la pavimentazione con una serie di caditoie poste in banchina che scaricano all'interno di una tubazione che convoglia le acque verso la vasca di trattamento.

Il sistema di illuminazione previsto è costituito da corpi illuminanti installati su staffe collegate all'intradosso della soletta superiore, ad un'altezza dal piano stradale tale da garantire i franchi minimi richiesti dalla normativa.

Nei tratti in **viadotto** la piattaforma stradale conserva le larghezze delle corsie e delle banchine caratteristiche della rampa in progetto, ad eccezione che nei tratti in curva in cui sono previsti degli allargamenti della sede stradale al fine di garantire le corrette distanze di visibilità libere.

A margine della banchina, su entrambi i lati, è inserito un cordolo di larghezza pari a 75 cm sul quale è installata la barriera di sicurezza metallica tipo ANAS.

Il sistema di raccolte acque è composto da griglie con scarico puntuale in corrispondenza delle pile.



Figura 6 – Sezione tipo di rampa monodirezionale in viadotto in rettilineo

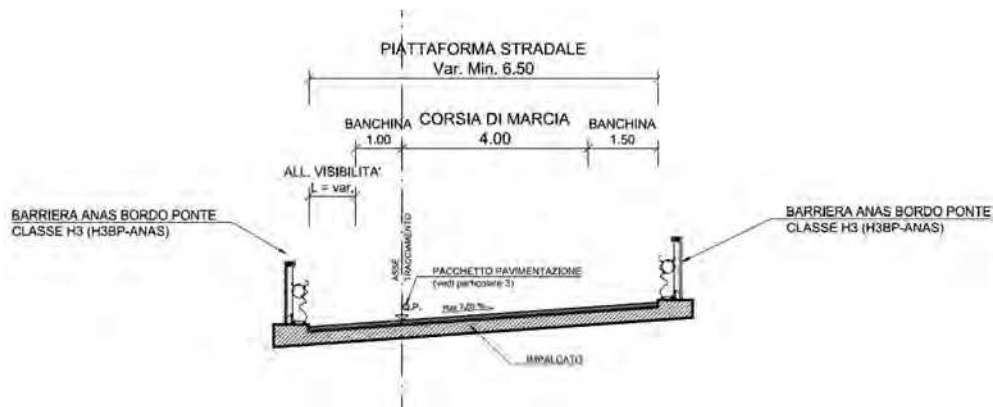


Figura 7 – Sezione tipo di rampa monodirezionale in viadotto in curva

### 6.4.3 Pacchetti Pavimentazione

La pavimentazione è costituita da uno strato di usura drenante di 4 cm, da uno strato di collegamento o binder di 6 cm, da uno strato di base di 12 cm, da uno strato in misto cementato di 20 cm e da uno strato in misto granulare stabilizzato di 15 cm, per un pacchetto della pavimentazione totale di 57 cm.



Sui viadotti la pavimentazione è costituita da uno strato di usura drenante di 4 cm e di binder di 6 cm. Al di sotto è stato posto uno strato di guaina impermeabilizzante di 1 cm.

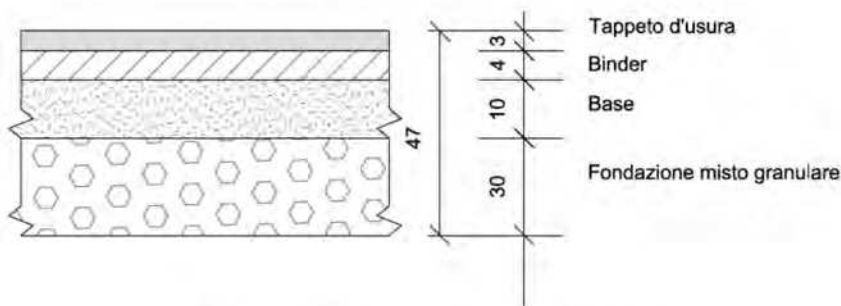
PARTICOLARE TIPO 3 - SU OPERE D'ARTE



Per la viabilità locale a destinazione particolare è invece prevista una pavimentazione costituita da uno strato di usura di 3 cm, da uno strato di collegamento o binder di 5 cm, da uno strato di base di 8 cm e da uno strato in misto stabilizzato di 30 cm, per un pacchetto della pavimentazione totale di 46 cm.

Per le strade agricole e poderali è invece prevista una pavinetazione "bianca" costituita da uno strato in misto stabilizzato dello spessore di 30 cm

PARTICOLARE TIPO 4 - VIABILITA' LOCALE



PARTICOLARE TIPO 5 - VIABILITA' PODERALE



#### 6.4.4 Barriere di Sicurezza

Il progetto dei dispositivi di ritenuta fornisce le indicazioni per l'installazione delle barriere di sicurezza lungo i bordi laterali, sulle opere d'arte e nei punti del tracciato che necessitano di una specifica protezione per la presenza di ostacoli potenzialmente esposti all'urto da parte di veicoli in svio.

Il presente progetto è redatto conformemente a quanto richiesto dall'art. 2 del Decreto 18 febbraio 1992 n. 223, così come modificato dal D.M. 3.6.1998, dal D.M. 21.6.2004 e dal D.M. 28.6.2011, attenendosi inoltre alle indicazioni contenute nella Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21.7.2010 n. 62032 "Uniforme applicazione delle

norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali".

Nei casi in cui la classe delle barriere di sicurezza da installare rientri nelle tipologie disponibili tra le barriere "tipo ANAS" (attualmente consistenti in barriere bordo laterale di classe H2 e H3 e barriere bordo ponte di classe H2, H3 e H4), ne è stato previsto l'impiego.

Per la definizione delle classi di barriere da adottare in progetto risulta necessario, secondo quanto previsto dal D.M. 21.06.2004, definire, oltre alla classe funzionale ed alla destinazione delle protezioni (bordo rilevato, bordo ponte e spartitraffico), il tipo di traffico a cui appartiene la strada oggetto di progettazione.

Il tipo di traffico di un dato arco si definisce in funzione del Traffico Giornaliero Medio (TGM) bidirezionale e della percentuale di veicoli pesanti (di massa > 3.5 t), secondo lo schema della tabella seguente.

**Tabella 2: Schema per la definizione del Tipo di traffico**

Tipo di traffico	TGM bidirezionale	% VP
I	≤ 1000	qualunque
I	> 1000	%VP ≤ 5
II	> 1000	5 < %VP ≤ 15
III	> 1000	%VP > 15

Si rimanda alla Relazione Trasportistica per un'approfondita valutazione dei dati di traffico.

Il D.M. 2367 del 21.6.2004 fornisce la classe minima da adottare per le barriere di sicurezza per le diverse destinazioni (spartitraffico, bordo laterale e bordo ponte) in funzione del tipo di traffico e del tipo di strada, come riportato nella tabella seguente.

**Tabella 3: Classi minime di barriere ai sensi del DM 21.6.2004**

Tipo di strada	Tipo di Traffico	Destinazione barriere		
		Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 (*)	H2-H3 (*)	H3-H4 (*)
Strade extraurbane secondarie(C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

(\*) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista.

La destinazione "Barriere bordo ponte" si riferisce solo ad "opere di luce superiore a 10 metri"; per luci minori sono equiparate al bordo laterale", indipendentemente dalla loro altezza sul piano campagna. Come chiarito dalla Circolare 62032/2010 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) i muri di sostegno, che sono evidentemente opere di luce nulla, sono pertanto da



equiparare anch'essi al bordo laterale, indipendentemente dall'altezza sul piano campagna e dalla loro estensione. In ogni caso i muri e le opere d'arte, indipendentemente dalla loro luce e dalla loro altezza sul piano campagna, devono essere sempre protetti con barriere di classe non inferiore ad H2.

Si evidenzia che il criterio definito dalla norma si riferisce alla luce dell'opera e non alla lunghezza dell'eventuale cordolo soprastante, che può interessare anche eventuali muri andatori. Nel caso in cui la barriera sia da installare su cordolo in cemento armato, la tipologia di barriera dovrà essere del tipo "da bordo opera d'arte" sebbene della classe corrispondente al bordo laterale, quindi già provata su cordolo in cemento armato (non una barriera provata su terra, installata successivamente su cordolo in cemento armato, circostanza che ne modificherebbe in modo sostanziale il funzionamento).

Tali condizioni rappresentano le minime ammesse dalla norma e, come richiamato dall'art. 6 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004, "ove reputato necessario, il progettista potrà utilizzare dispositivi della classe superiore a quella minima indicata". È bene però rammentare che l'adozione in progetto di protezioni con classi superiori alle minime richieste dalla norma deve essere opportunamente giustificata dal progettista in funzione dell'effettivo stato dei luoghi, in quanto all'aumentare della classe aumenta, in generale, il livello di severità d'urto sugli occupanti dei veicoli leggeri. Contenere un maggior numero di veicoli pesanti non equivale infatti a garantire una maggiore sicurezza se non si tiene conto al contempo del possibile incremento di danno sugli occupanti dei veicoli leggeri.

I dati di traffico inseriscono l'infrastruttura nella classe **tipo III**.

Per quanto attiene alle classi delle barriere di sicurezza da bordo laterale, si segnala che l'emananda revisione del D.M. 21/06/2004 (Rif.: notification\_draft\_2014\_483\_I\_IT) prevede sempre la classe H2 per autostrade (A) e per strade extraurbane principali (B), quindi la classe minima tra quelle previste del D.M. 21/06/2004. Unica eccezione per i tratti sovra passanti o in affiancamento (entro 12 m dal piede della scarpata) a strade di tipo A, B, C, D, E o ferrovie o tipo F con carreggiata di larghezza superiore a 5 m dove le protezioni minime non potranno comunque essere inferiori a quelle indicate per la configurazione "da bordo laterale" (per le strade extraurbane principali sempre H2) incrementate di una classe. Pertanto, l'assunzione della barriera di sicurezza di classe H3 su bordo laterale dell'asse principale deve esser riconsiderata alla luce dei seguenti aspetti:

- la attuale formulazione del D.M. 21/06/2004 prevede comunque che si debbano utilizzare sul bordo laterale barriere di sicurezza di classe H2;
- l'eventuale elevazione di classe rispetto ai minimi è ammessa solo per motivate esigenze specifiche (come, ad esempio, l'affiancamento entro 12 m dal piede della scarpata a strade di tipo A, B, C, D, E, ferrovie o tipo F con carreggiata di larghezza superiore a 5 m);
- la revisione del D.M. 21/06/2004 prevedrebbe barriere di sicurezza di classe H2 salvo casi

particolari come sopra descritti.

Nel PD si adottano dispositivi di ritenuta di classe H3 sia nei tratti di spartitraffico in rilevato che sulle opere d'arte come previsto dal D.M. 21/06/2004, per il traffico di Tipo III.

Nei margini laterali si è scelta una barriera di classe H2 nei tratti in rilevato. Per i tratti su bordo opera (muri di sostegno, tombini, scatolari) con luce inferiore a 10 metri si è mantenuta la stessa classe H2. Infine, sui viadotti e sulle opere con luce superiore a 10 metri la classe di prestazione è stata incrementata ad H3.

In Tabella 4 sono sintetizzate le classi di progetto dei diversi dispositivi di ritenuta utilizzati nel PD.

TIPO DI STRADA	DESTINAZIONE	CLASSE
Asse Principale o Svincoli	Bordo laterale con rilevato $H_{ril} < 1$ m (in assenza di ostacoli non cedevoli)	nessuna protezione
	Bordo laterale con rilevato $H_{ril} \geq 1$ m e pendenza $\geq 2/3$	H2
	Bordo laterale in adiacenza all'opera d'arte ("ala")	Stessa classe dell'opera d'arte adiacente
	Opera d'arte di luce $L > 10$ m	H3
	Opera d'arte di luce $L > 10$ m scavalcante linea ferroviaria (barriera con rete integrata)	H4
	Opera d'arte di luce $L \leq 10$ m	Classe del bordo laterale adiacente (H2)
	Spartitraffico	H3
	Ostacoli non cedevoli sul margine laterale	H2
	Barriere per chiusura varchi	H2
	Barriere polifunzionali su opera (sicurezza+acustica)	H2
	Barriere polifunzionali su opera d'arte (sicurezza+acustica)	H3
	Barriere polifunzionali su opera d'arte (sicurezza+acustica)	H4 (presente la ferrovia)
	Attenuatori d'urto su cuspidi di rampe che divergono dall'asse principale	classe 80
	Terminali speciali testati "tipo bifacciali" per cuspidi tra rampe di svincolo bidirezionali	min. P1
Cavalcavia	Opera d'arte di luce $L > 10$ m	H3

Tabella 4: Classi di progetto

Per le barriere delle rampe degli svincoli, dall'asse principale fino alla rotatoria si è previsto di mantenere la stessa classe delle barriere di sicurezza dell'asse.

Le viabilità locali (tipo F o simili) sono state identificate con un traffico di tipo 3 prevedendo l'installazione di barriere di classe H1 nei tratti in rilevato e H2 bordo opera.

## 6.5 OPERE IDRAULICHE

### 6.5.1 Interventi di progetto per la verifica della compatibilità idraulica

Al fine di garantire la compatibilità idraulica del progetto sono previsti sul Torrente Riluogo e sul suo affluente il Fosso Borrino i seguenti interventi:

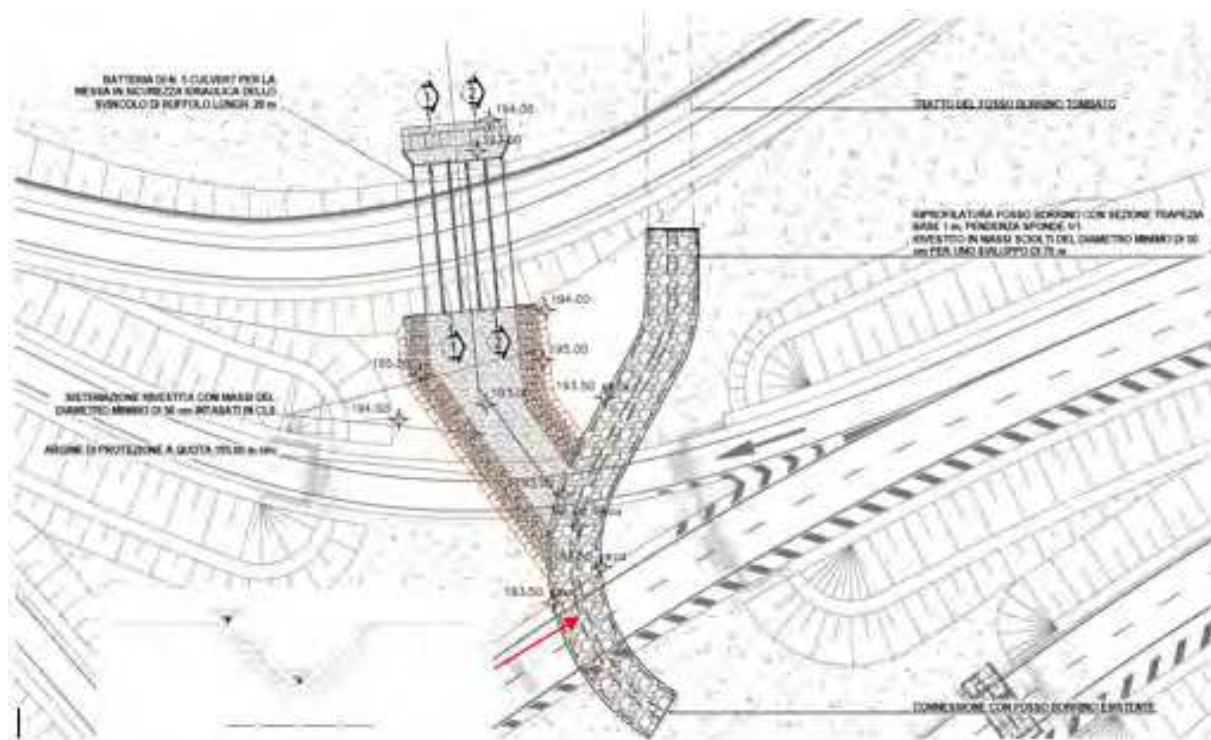
In corrispondenza del rilevato stradale della SS73 è previsto l'inserimento di una batteria di 5 tombini delle dimensioni interne 2x2 m necessari a limitare i tiranti delle esondazioni a tergo del rilevato stradale della SS73 rimanente facente parte del nuovo tracciato.

A valle del rilevato stradale lo sbocco dei tombini avviene in una vasca di contenimento appositamente modellata, collegata all'alveo del Borrino mediante un manufatto di restituzione; con tale accorgimento le acque seguono un percorso idraulicamente corretto e non dannoso per le sponde del Borrino.

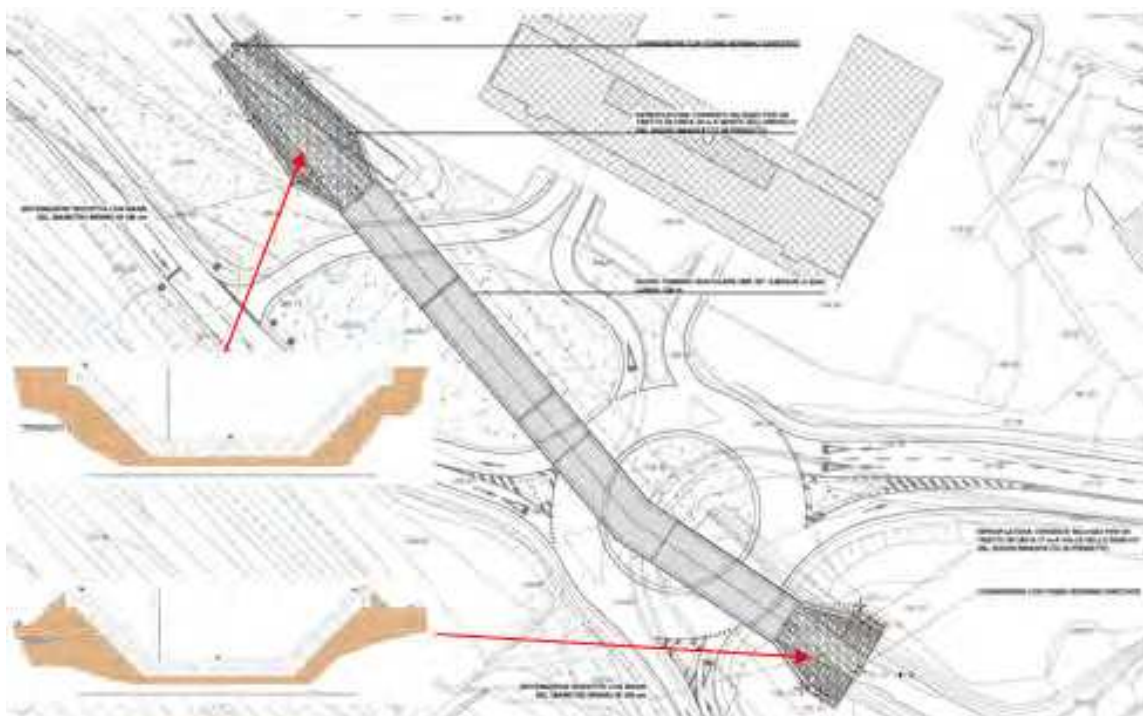
Inoltre, si prevede la risagomatura del Borrino e la deviazione dal suo naturale percorso per un tratto di circa 70 m. La risagomatura si rende necessaria al fine di garantire una adeguata distanza dalle spalle del viadotto e un ingombro massimo di 3.50 m per la realizzazione di una pista d'accesso per gli interventi di manutenzione.

Il Borrino verrà risagomato secondo una sezione trapezia con base 1.00 m e pendenza delle sponde 1/1 con un ingombro massimo in testa di 6.00 m.

Il Fosso Borrino, nel tratto interessato dalla risagomatura, sarà rivestito con massi sciolti del diametro minimo di 50 cm, mentre per quanto riguarda la sistemazione a valle della batteria dei 5 tombini si prevede la sistemazione con massi intasati in cls del diametro minimo di 50 cm.



Sul torrente Riluogo, invece, la realizzazione di una nuova rotonda in sostituzione a quella esistente offre l'opportunità di realizzare un nuovo manufatto in sostituzione di quello esistente inadeguato ad assicurare il corretto deflusso delle acqua in caso di piena. La nuova opera a sezione scatolare ha dimensioni di 8.00x4.50 m (bxh) e presenta uno sviluppo pari a circa 120 m ed è completato da adeguate sistemazione del corso d'acqua a monte e a valle del manufatto stesso allo scopo di riconnettere il nuovo alveo a quello esistente. Il Torrente Riluogo, nel tratto interessato dalla risagomatura, sarà rivestito in massi sciolti del diametro minimo di 100 cm.



Gli interventi di progetto sul T. Riluogo e sul F. Borrino, con la conseguente riprofilatura della sezione degli stessi, nonché la messa in sicurezza dello "svincolo di Ruffolo" mediante l'inserimento di una batteria di n. 5 culvert rettangolari, dimensioni interne 2x2 m, al di sotto del rilevato della viabilità SS73, determina una riduzione dei tiranti e conseguentemente una diminuzione delle aree allagabili a tergo della viabilità di progetto.

Per quanto riguarda invece il Torrente Tressa e i torrenti e fossi secondari non si evincono criticità rilevanti in quanto le opere di progetto non interferiscono direttamente con il naturale deflusso della corrente.

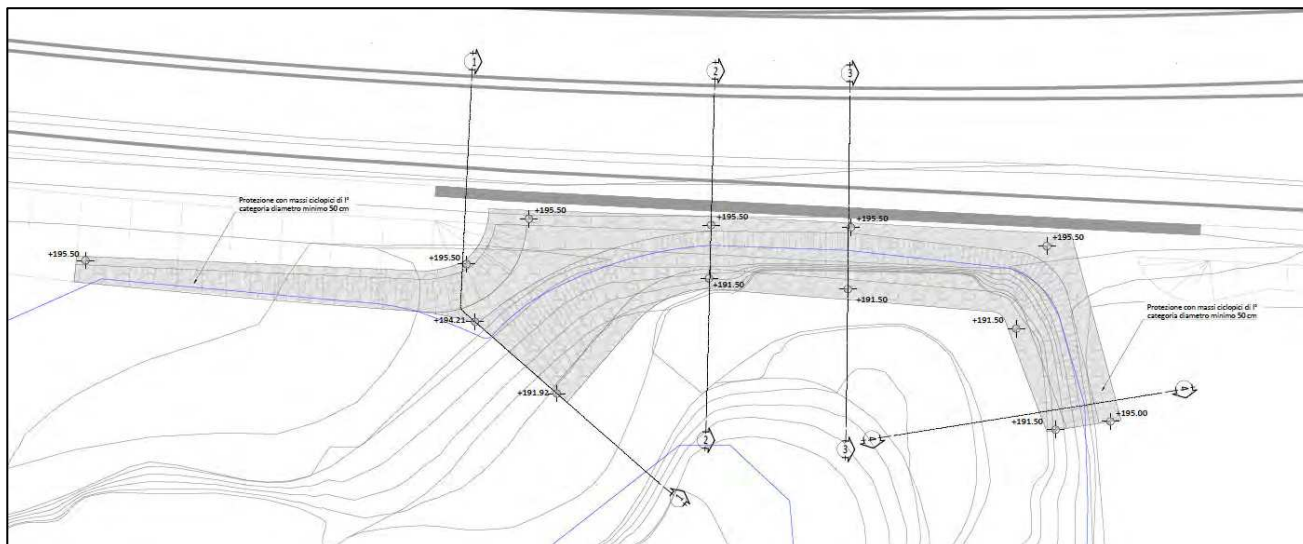
Infine, in corrispondenza della rampa SI-GR è previsto un intervento di ripristino e consolidamento spondale in sinistra idraulica del torrente Riluogo. Tale intervento interessa un tratto di sponda di circa 40 m in corrispondenza della curva immediatamente a valle dello sbocco del nuovo manufatto di progetto.

L'intervento si rende necessario per evitare che i fenomeni erosivi possano compromettere la

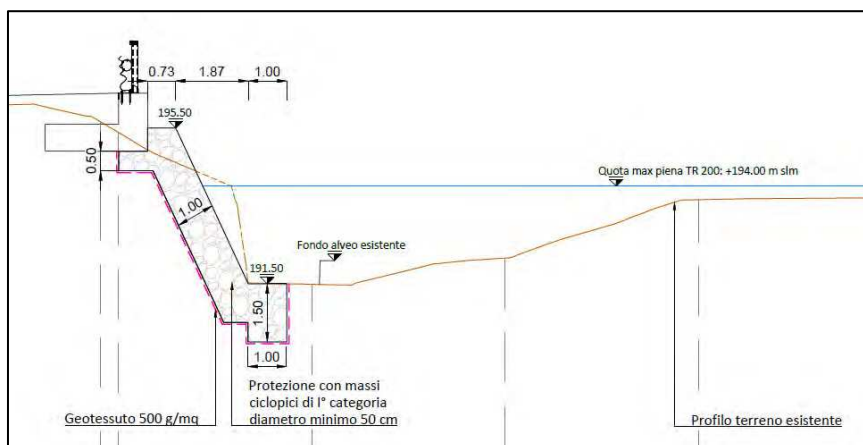
stabilità della sponda e conseguentemente della viabilità stessa.

L'intervento consiste nella realizzazione di una scogliera in massi ciclopici di I categoria, di diametro minimo pari a 50 cm. Il rivestimento in massi, di spessore pari a 1.00 m, si estende in sommità fino alla quota di 195.50 m slm, pari a 1.50 m al di sopra del livello idrico della piena di progetto duecentennale (194.00 m slm). Al di sotto dei massi è prevista la posa di geotessuto (500 g/mq) e alla base è prevista la realizzazione di un dente di ammorsamento di altezza 1.50 m e larghezza di 1.00 m. I massi saranno posati in modo da ottenere un'inclinazione della sponda di circa 60°-65°.

Nelle figure seguenti si riportano lo stralcio planimetrico dell'intervento e una sezione tipo dell'opera.



**Sistemazione per la messa in sicurezza dello svincolo di Ruffolo: protezione rampa SI-GR**



**Sezione di progetto della protezione spondale in massi**

### 6.5.2 Descrizione del sistema di drenaggio della piattaforma stradale

Al fine di limitare le opere idrauliche necessarie, garantire la compatibilità idraulica degli scarichi, è stato condotto un accurato studio circa l'individuazione e la collocazione plani-altimetrica dei

manufatti in progetto.

Il sistema di raccolta delle acque è stato dimensionato e verificato sulla base della precipitazione di progetto e con gli obiettivi di:

- Limitare i tiranti idrici sulle pavimentazioni a valori compatibili con la loro transitabilità;
- Garantire margini di capacità per evitare rigurgiti dei manufatti che possono dare luogo ad allagamenti localizzati;
- Minimizzare il rischio di insufficienza della rete.

Il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma è costituito essenzialmente da tre elementi fondamentali:

*Elementi di raccolta:* costituiscono il sistema primario, possono essere elementi continui marginali alla carreggiata o discontinui, ad interassi dimensionati in modo da limitare i tiranti idrici in piattaforma garantendo la sicurezza degli utenti. Rientrano negli elementi di raccolta gli embrici e le caditoie grigliate.

*Elementi di convogliamento:* rappresentano un sistema secondario, a valle degli elementi di raccolta. Gli elementi del sistema primario scaricano nel sistema secondario; si garantisce così la funzionalità del sistema primario e si evitano rigurgiti in piattaforma ottimizzando la sicurezza dell'infrastruttura. Gli elementi di convogliamento sono costituiti da canalizzazioni a cielo aperto (fossi in terra e non predisposti per laminazione) e da collettori in genere. Tali elementi provvedono al trasferimento delle acque verso i recapiti.

*Elementi di recapito:* sono individuati in funzione della vulnerabilità, possono essere identificati nei corsi d'acqua naturali, nei canali irrigui e nei fossi di scolo della viabilità esistente.

Il tipo di elemento di raccolta da prevedere sull'infrastruttura dipende strettamente dal tipo di sezione che viene considerata. Le sezioni si possono suddividere in: sezione in rilevato; sezione in galleria; sezione in viadotto.

Il sistema di drenaggio, a seconda della pendenza trasversale della piattaforma stradale, si può schematizzare in:

- drenaggio su entrambi i lati, tipologia presente nei tratti rettilinei;
- drenaggio su di un solo lato, presente nei tratti in curva.

Gli elementi costitutivi del sistema di drenaggio sono stati quindi individuati in funzione del tipo di drenaggio e della sezione corrente dell'infrastruttura.

Il tracciato stradale in funzione dell'inserimento o meno di presidi idraulici prima del recapito nel ricettore finale può essere classificato come sistema chiuso o sistema aperto.

Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici è denominato "sistema chiuso", in quanto permette il trattamento dell'acqua dilavante la piattaforma e l'immagazzinamento degli sversamenti accidentali. Qualora l'acqua captata venga scaricata direttamente nel reticolo naturale, senza l'interposizione di presidi idraulici, il sistema drenante è

denominato "aperto". Nel caso in esame il sistema è del tipo chiuso.

Gli elementi primari e secondari di raccolta e convogliamento sono stati ottimizzati sulla base dello studio delle sezioni stradali, delle planimetrie e dei profili di progetto.

Il sistema di raccolta delle acque è stato dimensionato e verificato sulla base della precipitazione di progetto con gli obiettivi di:

- limitare i tiranti idrici sulle pavimentazioni a valori compatibili con la loro transitabilità;
- garantire margini di capacità per evitare rigurgiti delle canalizzazioni che possono dare luogo ad allagamenti localizzati;
- minimizzare il rischio di insufficienza della rete.

In dettaglio, la rete di drenaggio è stata dimensionata e verificata garantendo un grado di riempimento massimo del 75% per quanto riguarda la rete di drenaggio della piastra forma stradale, un grado di riempimento massimo dell'80% per quanto riguarda i fossi.

Nei tratti finali dei singoli rami delle reti di captazioni e smaltimento delle acque meteoriche è stata inserita un'apposita vasca con funzione di sedimentatore e disoleatore, oltre che di stoccaggio di possibili sversamenti accidentali.

I criteri a base della progettazione delle vasche si possono riassumere nei seguenti:

1. limitare al minimo la necessità di manutenzione, consentendo interventi molto diluiti nel tempo;
2. fare transitare nella vasca le acque di prima pioggia (con riferimento alla legislazione della Regione Lombardia);
3. "catturare" gli eventuali sversamenti accidentali;
4. far assumere al flusso in entrata una velocità tale da consentire la risalita in superficie degli oli e la sedimentazione dei solidi in sospensione;
5. mantenere all'interno della vasca gli oli in superficie.

Sono state individuate 8 vasche, delle quali 4 hanno una lunghezza di sedimentazione di 10 m e 4 di 12 m.

Il dimensionamento della vasca tiene conto del volume dello sversamento accidentale assunto pari a 40.000 litri.

Nelle figure seguenti sono riportati gli stralci planimetrici del tracciato stradale con l'ubicazione delle due tipologie di vasche previste.

### **6.5.3 Sezioni tipologiche**

#### **6.5.3.1 Sezione in rilevato**

Nella viabilità in rilevato l'elemento di captazione è costituito da una canaletta in cls delle dimensioni interne variabili da 30x30 cm (bxh) a 70x40 cm (bxh) in funzione che la pendenza trasversale dell'asse stradale sia rispettivamente verso l'esterno della carreggiata o all'interno della carreggiata.

In dettaglio, la canaletta 30x30 cm (bxh) è sempre posizionata nell'arginello che ha una larghezza 1.75 metri, mentre la canaletta 70x40 cm (bxh) è posizionata nello spartitraffico.

La delimitazione dell'arginello dalla piattaforma stradale è realizzata mediante un cordolo in cls di altezza 11 cm dal piano viario. Il cordolo viene interrotto per permettere lo scarico delle acque di piattaforma per mezzo dell'elemento di imbocco degli embrici, con passo di 11 m in corrispondenza dei tratti in rettilineo e con passo di 7-8 m nei tratti in curva.

Gli embrici sono degli elementi prefabbricati in cls di lunghezza pari a 50 cm e larghezza da 50 a 30 cm, altezza variabile da 20 a 15 cm ancorati al terreno sottostante per mezzo di tondini in ferro.

Gli embrici scaricano le acque intercettate all'interno della canaletta.

Al piede del rilevato è presente un fosso di guardia in cls di dimensioni variabili, dimensionato in modo da captare le acque del rilevato ed eventuali esuberanti che fuori escono dalla canaletta.

### **6.5.3.2 Sezione in viadotto**

Nei tratti in corrispondenza del viadotto, il sistema di raccolta acque è composto da vaschette ricavate da risparmio nel getto della soletta con adeguata impermeabilizzazione sormontate da griglie 50x50 cm poste a passo di massimo 25 m nei tratti in rettilineo o di 15 m nei tratti in curva.

Dette griglie sono accoppiate a un discendente in acciaio DN 150 mm (DI 160.3 mm), che si attesta sulla parte superiore del collettore di drenaggio anch'esso in acciaio, di diametro e pendenza variabile in funzione del caso specifico.

La tubazione di drenaggio longitudinale lungo il viadotto è sorretta da una apposita cinghia di sostegno ancorata all'impalcato tramite tirafondi anch'essi in acciaio.

### **6.5.3.3 Sezione in galleria**

La rete di raccolta e convogliamento delle acque di piattaforma del tratto in galleria è stata progettata per poter funzionare completamente a gravità. Il sistema di raccolta delle acque di piattaforma è composto da una canaletta in cls delle dimensioni interne di 30x50 cm (bxh) che segue lo sviluppo della galleria.

Il sistema di raccolta delle acque di ammasso, invece, è composto dai componenti di seguito elencati.

- Tubazioni (correnti longitudinali) in PVC fessurato DE 160 mm (DI 151 mm) che assolvono alla funzione di drenaggio delle acque di infiltrazione.
- Tubazioni (correnti trasversali) in PVC non fessurato DE 160 mm (DI 151 mm) che scaricano le acque intercettate verso i correnti longitudinali. Tali scarichi sono previsti con passo di 25 m.
- Tubazioni (correnti longitudinali) in PVC DE 250 mm (DI 235 mm). Tale tubazione assolve alla funzione di trasporto delle acque di infiltrazione.
- Pozzetti di ispezione in cls posti a distanza di 25 m l'uno dall'altro.



Tutte le tubazioni in PVC sono conformi alla norma UNI EN 1401-1, hanno classe di rigidità anulare pari a 8 kN/m<sup>2</sup>, misurata secondo la norma UNI EN ISO 9969.

Tutti i pezzi speciali eventuali utilizzati per i raccordi tra le tubazioni dovranno avere giunzioni a bicchiere con guarnizione di tenuta. Deve essere inoltre garantita la tenuta idraulica in corrispondenza degli innesti tra le tubazioni e i relativi pozzetti. Per quanto riguarda la pendenza delle tubazioni, essa assume valore costante pari a quella della galleria.

## 6.6 OPERE D'ARTE MAGGIORI

### 6.6.1 Viadotti

#### 6.6.1.1 Aspetti generali

Il progetto di adeguamento a 4 corsie si realizza attraverso la costruzione di una nuova carreggiata con 2 corsie di marcia e l'adeguamento della strada esistente, anch'essa con 2 corsie di marcia.

Si espongono di seguito in breve i contenuti degli elaborati prodotti per gli aspetti strutturali del progetto definitivo.

Gli elaborati strutturali riguardano sia le nuove opere d'arte previste per la realizzazione della nuova carreggiata e il recupero di quella esistente.

Riguardo alle opere previste per la nuova carreggiata si precisa che si tratta di 6 viadotti.

Riguardo alle opere esistenti si precisa che il censimento delle opere d'arte presenti ha individuato 6 viadotti, 2 cavalcavia stradali e un ponte ferroviario; di dette opere d'arte è prevista la demolizione di tutte e 6 i viadotti, del ponte ferroviario e di uno dei due cavalcavia.

In particolare, per le opere d'arte esistenti da demolire è prevista la completa demolizione sia dell'impalcato che delle sottostrutture e la costruzione di una nuova opera nella medesima posizione.

#### 6.6.1.2 Viadotto Tressa Est

Il viadotto, di prima categoria, è realizzato in sistema misto acciaio-calcestruzzo, con schema statico di trave continua su quattro campate, con luci di calcolo in asse tracciato di 35 + 55,20 + 47 + 41.50 + 30 + 30 m e ha uno sviluppo complessivo di 236 m in asse appoggi.

La tipologia strutturale adottata è quella di cassone torsio rigido aperto, composto da:

- 2 allineamenti di travi in sezione mista acciaio – calcestruzzo ad interasse costante pari, all'intradosso, a 7.40 m;
- 2 traversi di spalla che collegano i due allineamenti sopra citati nelle sezioni terminali;
- 4 traversi di pila che collegano i due allineamenti in corrispondenza delle elevazioni;
- traversi intermedi ad anima piena realizzati a doppio T .
- Controventi inferiori a croce X.

La soletta in calcestruzzo ha una larghezza costante di 15.0 m e uno spessore di 25 cm. Essa ospita

un piano viabile da 13.40 m, due cordoli laterali di larghezza pari a 0.75 m su cui sono installate le barriere di sicurezza. La soletta in calcestruzzo è realizzata con l'ausilio di predalles in calcestruzzo collaboranti di spessore pari a 60 mm.

L'altezza complessiva dell'impalcato è pari a 2.55 m (trave metallica da 2.30 m + soletta in c.a. da 25 cm) per la trave interno curva e 3,045 m (trave metallica da 2.795 m + soletta in c.a. da 25 cm) per la trave esterno curva.

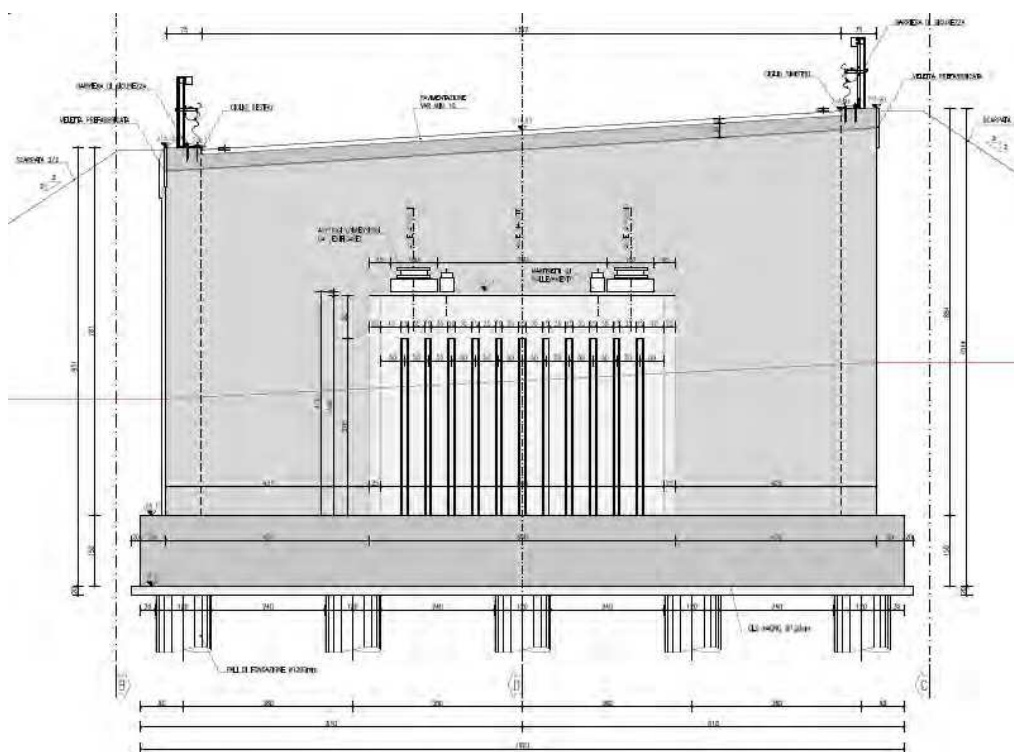
Sono previsti due irrigidenti longitudinali continui, su ciascuna trave, disposti nella parte interna del "cassone".

L'andamento planimetrico del viadotto è curvilineo con raggio di curvatura variabile.

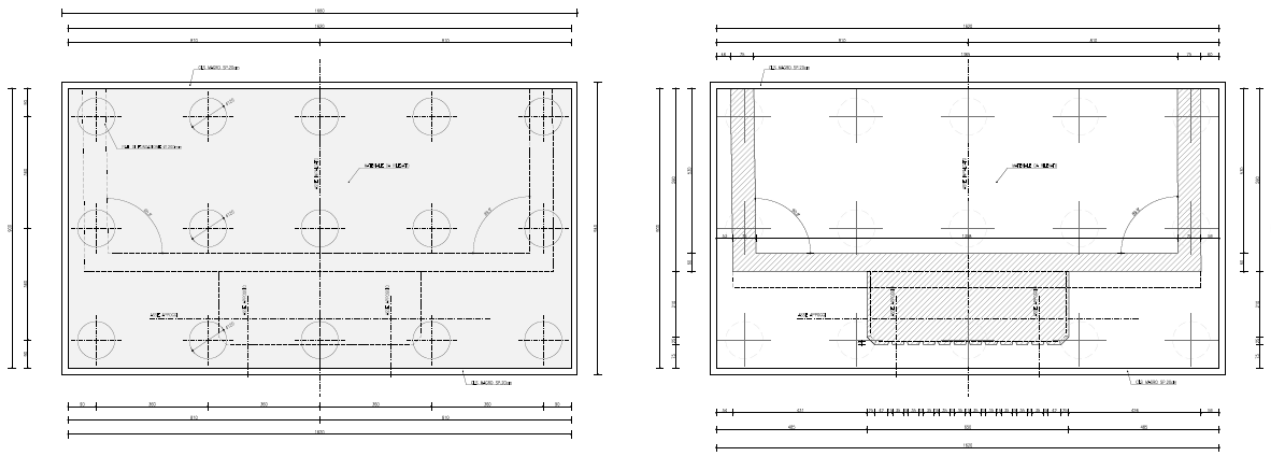
Le opere geotecniche accessorie al completamento dell'opera sono:

- Spalla, per spalla 1 – 2, fondata su 5x3 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=32.0m;
- Pila tipo 1, per le pile 1 – 2 – 3, fondata su 11 pali trivellati Ø1200 a quinconce di lunghezza L=27.0m;
- Pila tipo 2, per le pile 4 – 5 fondata su 4x2 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=27.0m.

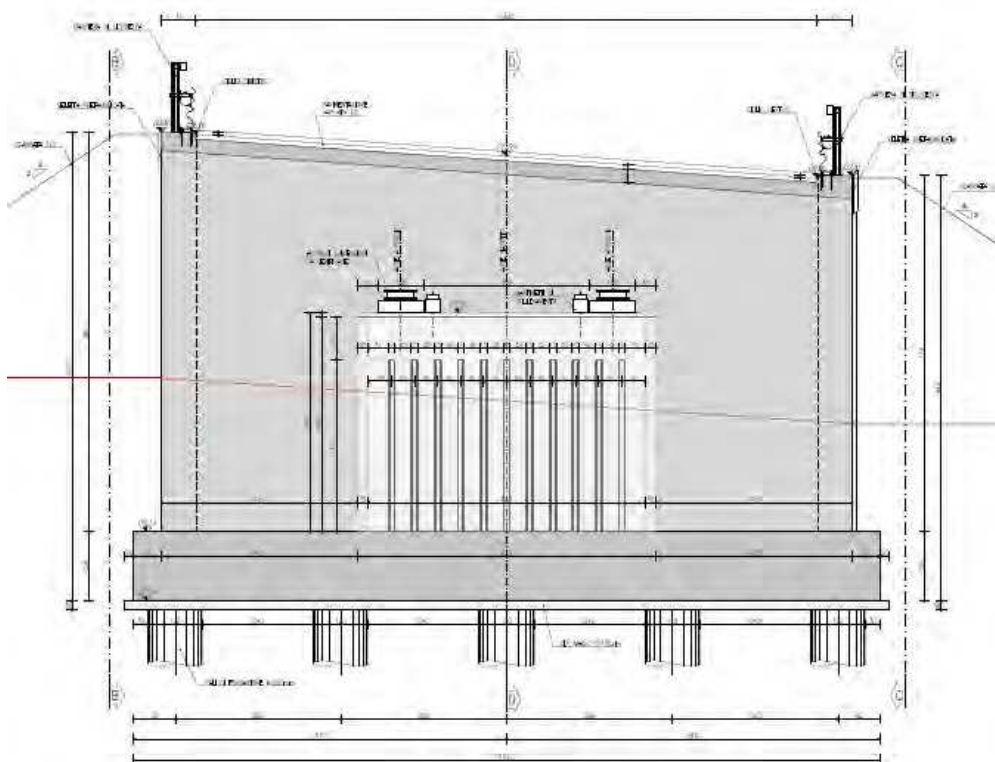
Per le spalle si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 16.20x9.00m. Dall'estradosso della fondazione si eleveranno i muri d'ala della spalla per un'altezza variabile da 8.43m a 9.33m a seconda della spalla.



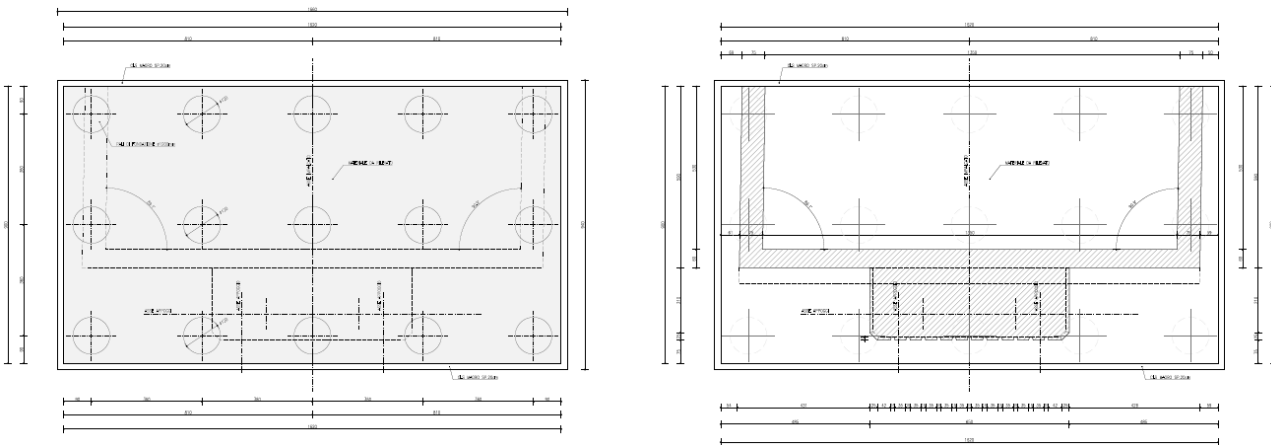
Spalla 1 – carpenteria elevazioni



Spalla 1 – carpenteria fondazioni

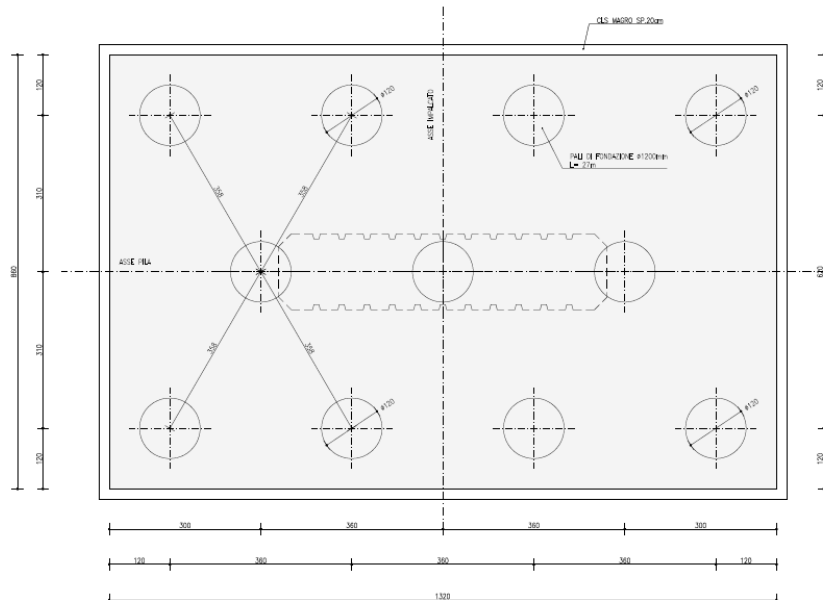


Spalla 2 – carpenteria elevazioni

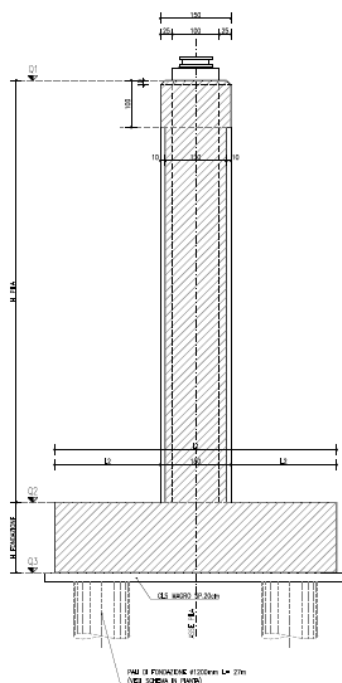


Spalla 2 – carpenteria fondazioni

Per le pile tipo 1 si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 2.00m e dimensione in pianta pari a 13.20x8.60m. Dall'estradosso della fondazione si eleverà il fusto della pila per un'altezza variabile da 7.50m a 8.50m a seconda della pila.

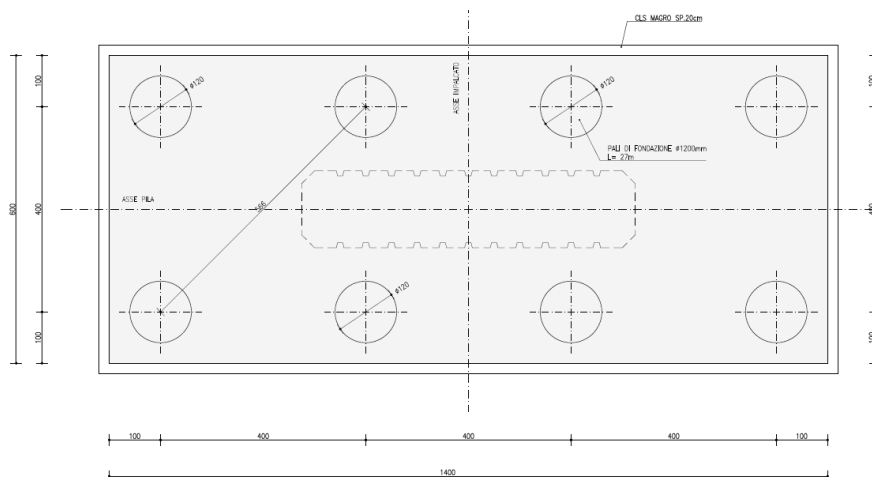


Pila tipo 1 – carpenteria pianta

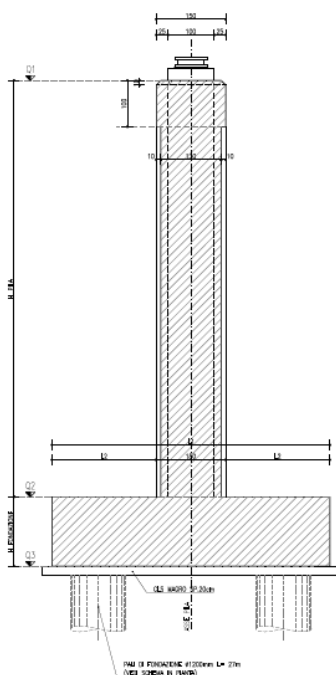


Area intervento – Pile – carpenteria elevazioni

Per le pile tipo 2 si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 14.00x6.00m. Dall'estradosso della fondazione si eleverà il fusto della pila per un'altezza variabile da 7.50m a 8.00m a seconda della pila.



Pila tipo 2 – carpenteria pianta



Pila – carpenteria elevazioni

### 6.6.1.3 Viadotto Tressa Ovest

Il viadotto, di prima categoria, è realizzato in sistema misto acciaio-calcestruzzo, con schema statico di trave continua su sei campate, con luci di calcolo in asse tracciato di 35 + 52,50 + 48 + 42,00 + 30 + 30 m e ha uno sviluppo complessivo di 236 m in asse appoggi.

La tipologia strutturale adottata è quella di cassone torsio rigido aperto, composto da:

- 2 allineamenti di travi in sezione mista acciaio – calcestruzzo ad interasse costante pari, all'intradosso, a 7.40 m;
- 2 traversi di spalla che collegano i due allineamenti sopra citati nelle sezioni terminali;
- 4 traversi di pila che collegano i due allineamenti in corrispondenza delle elevazioni;

- traversi intermedi ad anima piena realizzati a doppio T .
- Controventi inferiori a croce X.

La soletta in calcestruzzo ha una larghezza costante di 14.0 m e uno spessore di 25 cm. Essa ospita un piano viabile da 12.50 m, due cordoli laterali di larghezza pari a 0.75 m su cui sono installate le barriere di sicurezza. La soletta in calcestruzzo è realizzata con l'ausilio di predalles in calcestruzzo collaboranti di spessore pari a 60 mm.

L'altezza complessiva dell'impalcato è pari a 2.55 m (trave metallica da 2.30 m + soletta in c.a. da 25 cm) per la trave interno curva e 3,045 m (trave metallica da 2.795 m + soletta in c.a. da 25 cm) per la trave esterno curva.

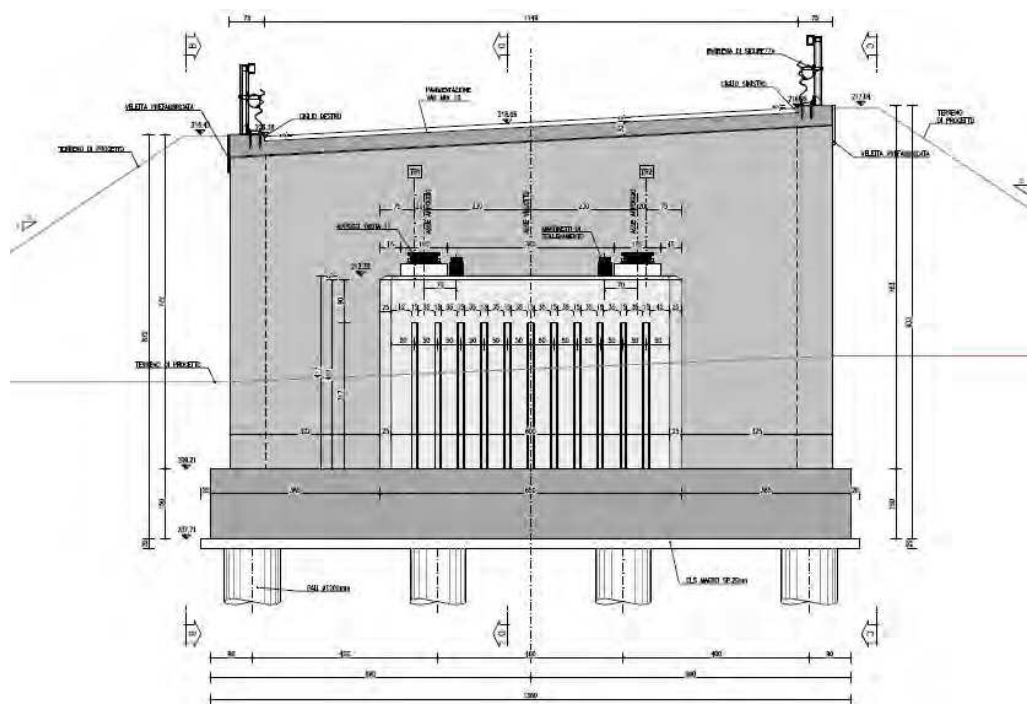
Sono previsti due irrigidenti longitudinali continui, su ciascuna trave, disposti nella parte interna del "cassone".

L'andamento planimetrico del viadotto è curvilineo con raggio di curvatura variabile.

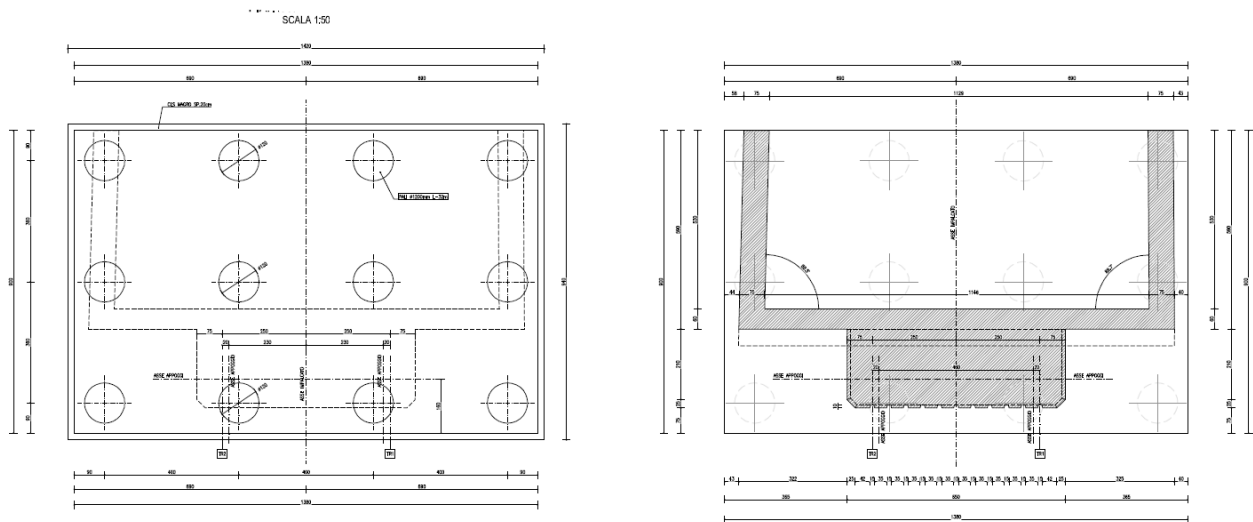
Le opere geotecniche accessorie al completamento dell'opera sono:

- Spalla 1, fondata su 4x3 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=35.0m;
- Spalla 2, fondata su 5x3 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=32.0m;
- Pila tipo 1, per le pile 1 – 2 – 3, fondata su 11 pali trivellati Ø1200 a quinconce di lunghezza L=27.0m;
- Pila tipo 2, per le pile 4 – 5 fondata su 4x2 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=27.0m.

Per la spalla 1 si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 13.80x9.00m. Dall'estradosso della fondazione si eleveranno i muri d'ala della spalla per un'altezza variabile da 7.22m a 7.83m.

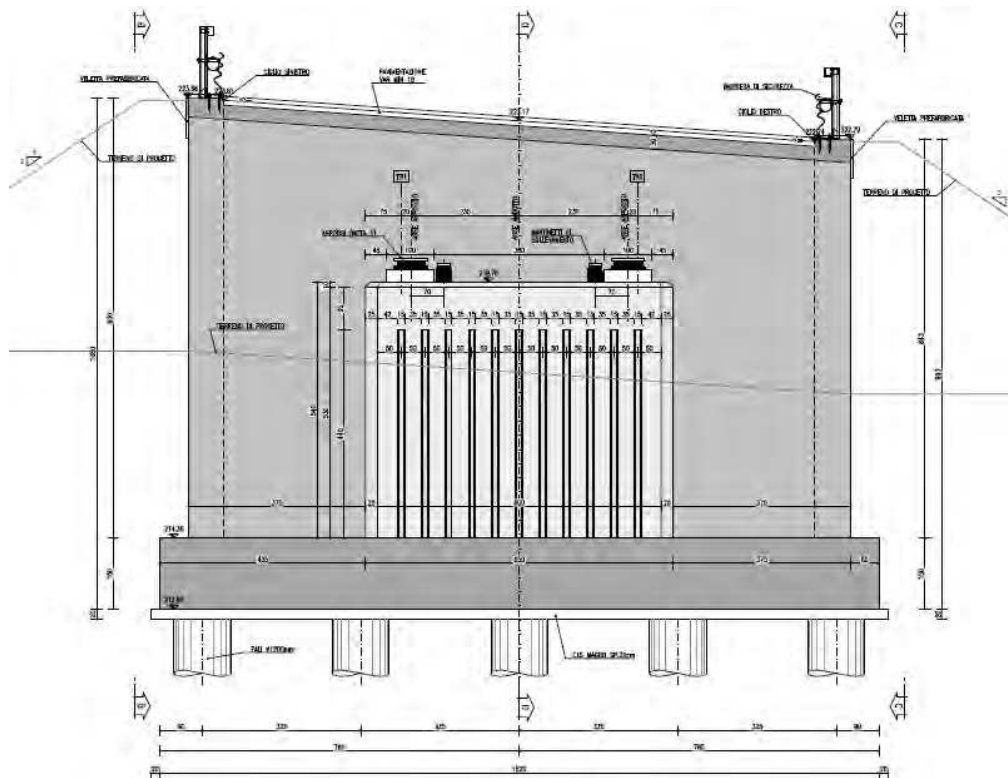


Spalla 1 – carpenteria elevazioni

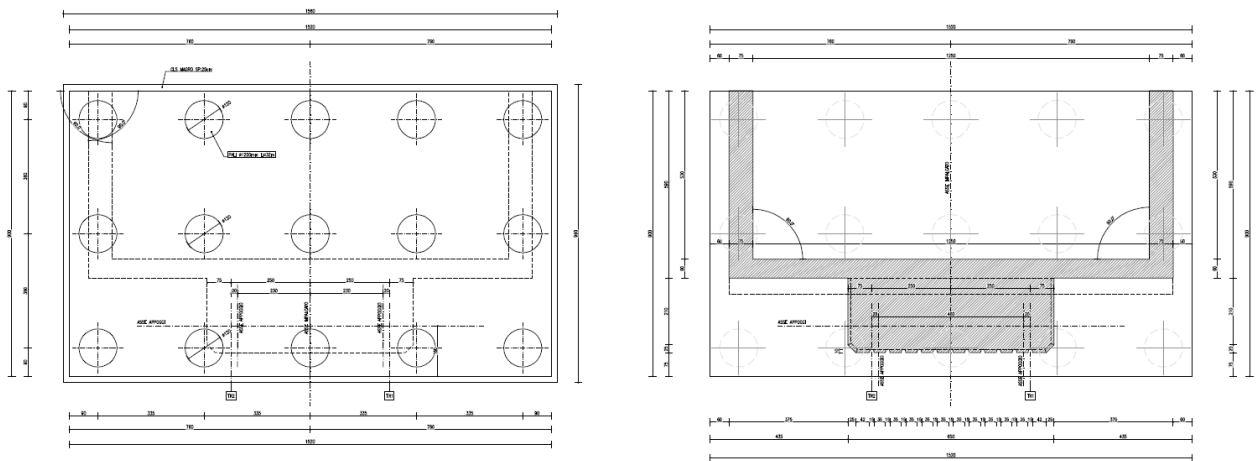


Spalla 1 – carpenteria fondazioni

Per la spalla 2 si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 15.20x9.00m. Dall'estradosso della fondazione si eleveranno i muri d'ala della spalla per un'altezza variabile da 8.43m a 9.20m.

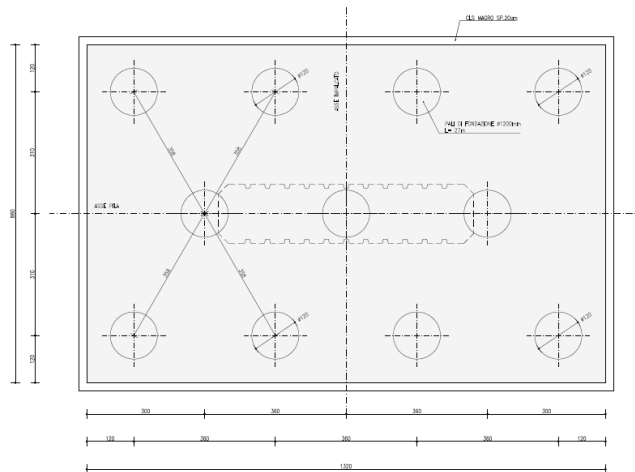


Spalla 2 – carpenteria elevazioni

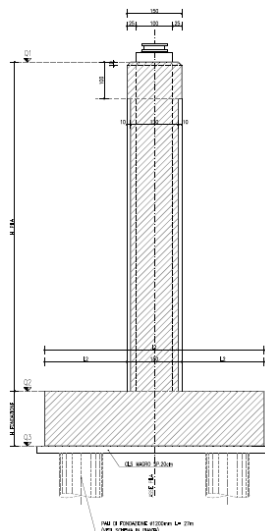


Spalla 2 – carpenteria fondazioni

Per le pile tipo 1 si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 2.00m e dimensione in pianta pari a 13.20x8.60m. Dall'estradosso della fondazione si eleverà il fusto della pila per un'altezza variabile da 7.00m a 9.00m a seconda della pila.



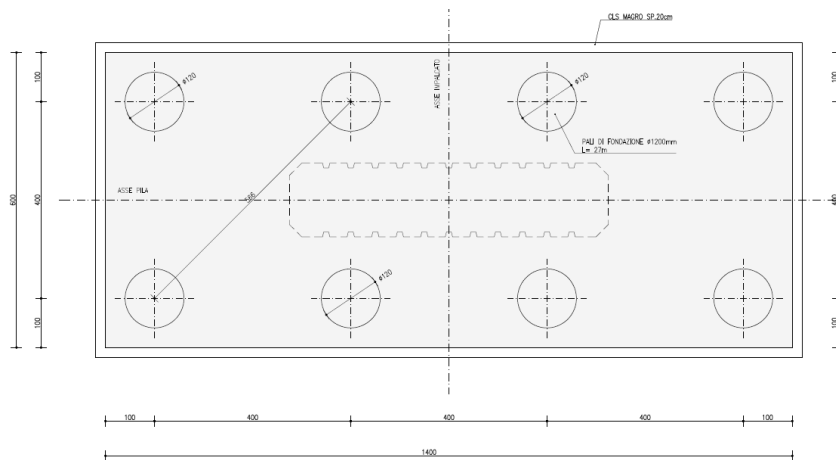
Pila tipo 1 – carpenteria pianta



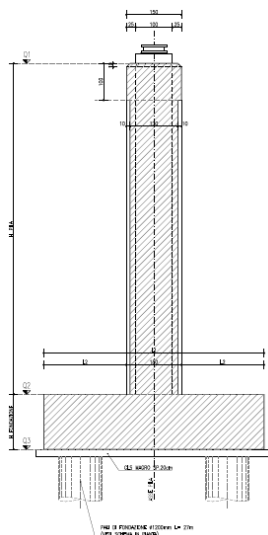
Area intervento – Pile – carpenteria elevazioni



Per le pile tipo 2 si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 14.00x6.00m. Dall'estradosso della fondazione si eleverà il fusto della pila per un'altezza variabile da 7.00m a 7.50m a seconda della pila.



Pila tipo 2 – carpenteria pianta



Pila – carpenteria elevazioni

#### 6.6.1.4 Viadotto Luglie

L'opera è composta da un impalcato, strutturalmente continuo sulla lunghezza complessiva di 120 m, e da sostegni intermedi (pile) e di estremità (spalle) che dividono le luci nella sequenza: 35.00 + 50.00 + 35.00 = 120.00 m (misure in asse spalle e asse pile).

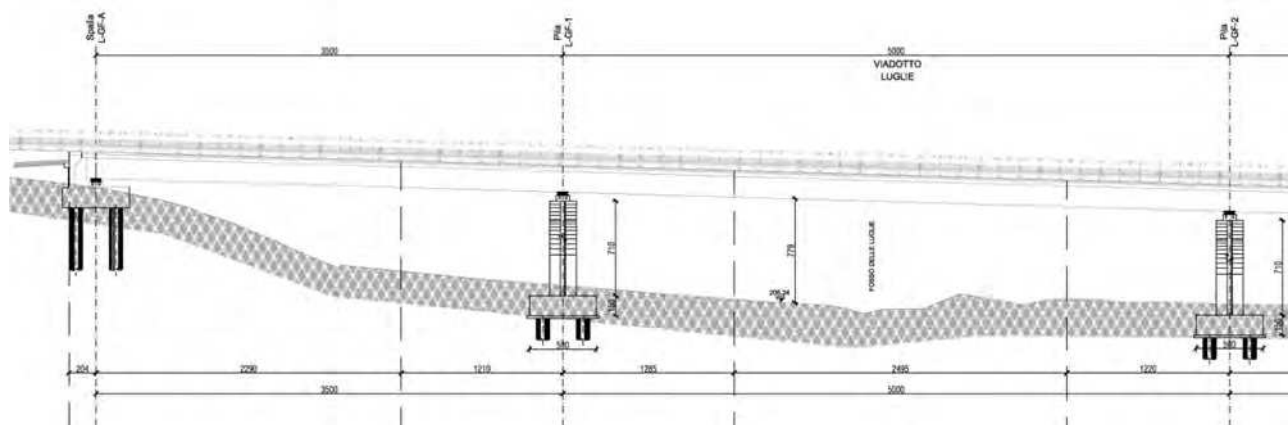
L'impalcato, di tipologia a travata, è costituito da due travi metalliche saldate, prefabbricate in conci in officina e assemblate in opere mediante saldatura di testa a completa penetrazione. La sezione è strutturalmente un cassone torsio-rigido con le anime delle travate principali inclinate e con le specchiature superiore e inferiore costituite rispettivamente dalla soletta in calcestruzzo ad estradosso e da una robusta controventatura reticolare ad intradosso. Al fine di conferire alla sezione una geometria architettonicamente simile ad un vero e proprio cassone chiuso, la piattabanda

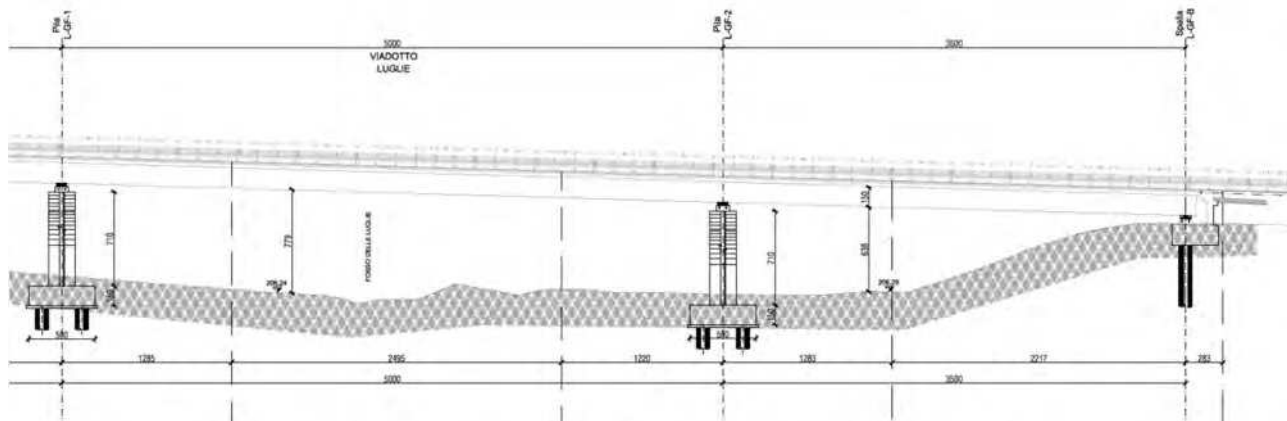
inferiore delle travi principali è realizzata eccentrica verso asse impalcato rispetto all'anima. La sezione resistente è dunque mista acciaio-calcestruzzo e la soletta, larga 11.25 m, è gettata in opera con l'ausilio di predalle in c.a., autoportanti sulle luci fra le travi principali ed un rompi-tratta centrale che appoggia sui traversi correnti del ponte. La soletta ha una larghezza sostanzialmente costante (è presente un modesto allargamento di 15 cm in spalla A) ed ha luce fra le travi di 5.6 m e sbalzi di circa 2.82 m. Come detto è previsto il rompi-tratta piolato che funge da appoggio intermedio e che scarica sui traversi che sono tutti di tipo reticolare ad eccezione di quelli di pila e di spalla che sono ad anima piena e offrono anche il contrasto per la sostituzione degli appoggi. L'armatura e il getto di completamento sono eseguiti in opera, senza necessità di puntellazione dal basso (la soletta è un sovraccarico e non collaborante fino a indurimento e successivo caricamento con i permanenti portati); la connessione fra travi principali e soletta in calcestruzzo (di spessore complessivo 25 cm) è garantita da pioli muniti di testa elettrosaldati alle piattabande superiori. Lo schema statico orizzontale prevede una spalla fissa longitudinale (spalla A) che ospita l'appoggio fisso e quello unidirezionale a vincolo longitudinale; sulle pile e sull'altra spalla è sempre presente un multidirezionale e un unidirezionale a vincolo trasversale. Gli appoggi sono del tipo a neoprene incapsulato.

Le elevazioni delle pile hanno forma rettangolare con degli smussi agli spigoli di 25 cm e dimensione complessiva in pianta di 5.5x1.5 m. Sul perimetro sono ricavati dei negativi ornamentali della profondità di 15 cm. Le fondazioni sono su plinto di spessore 1.8 m che insiste su 9 pali di diametro 1.2 m.

Le spalle sono costituite da dei plinti su cui sono ricavati direttamente i baggioli di appoggio e che ospitano le fondazioni che sono su pali di 1.2 m di diametro; per la spalla mobile sono previsti 4 pali in linea e un plinto molto contenuto, per la spalla fissa invece sono previsti 12 pali d=1.2 m al fine di riuscire a riportare al terreno le azioni sismiche di progetto e di conseguenza il plinto ha dimensione in pianta 12.5x9 m.

Le figure che seguono descrivono i tratti essenziali delle strutture oggetto di verifica.

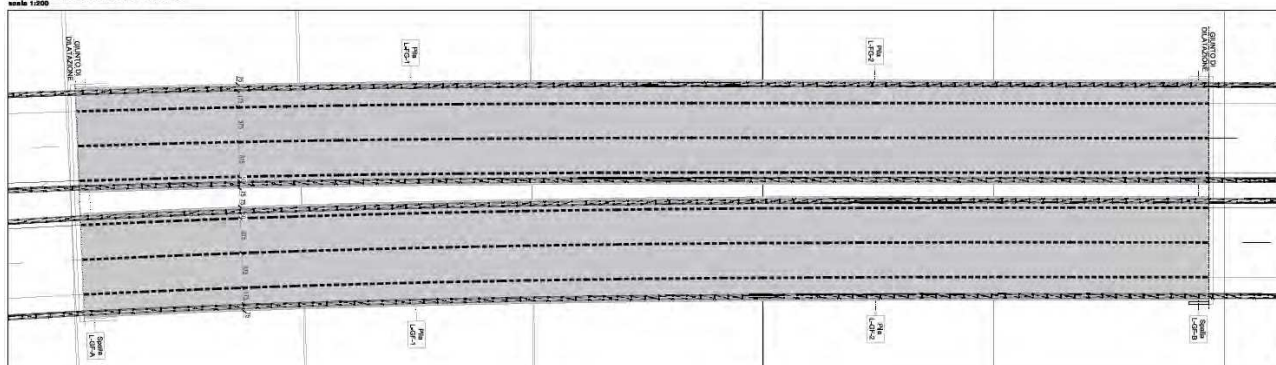




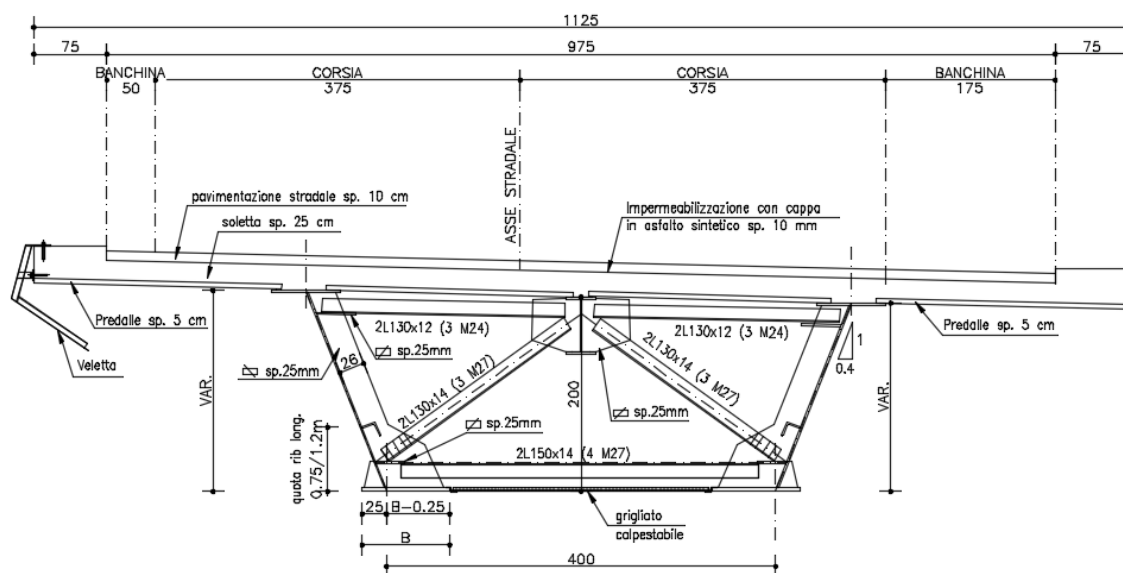
viste e sezioni principali – prospetto longitudinale

**Planimetria Viadotto Luglie**

scala 1:200



viste e sezioni principali – pianta



viste e sezioni principali – sezione trasversale corrente

La sezione è caratterizzata dalla presenza, all'intradosso degli sbalzi, di una veletta realizzata in lamiera, collegata da profili metallici fissati alla superficie laterale e superiore del cordolo laterale. La sua funzione è estetica/architettonica, per la mascheratura delle tubazioni di allontanamento delle

acque meteoriche) tuttavia consente un facile accesso essendo rimovibile per pannelli di piccole dimensioni.

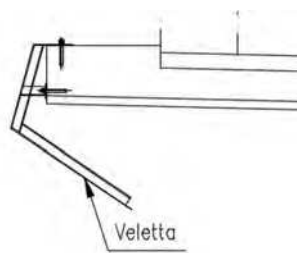


Figura 8: particolare bordo ponte

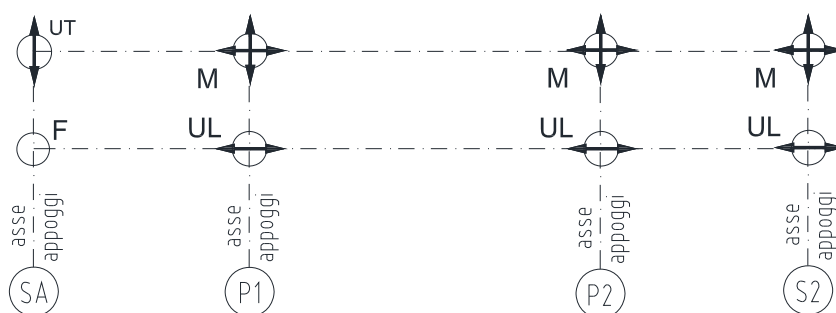


Figura 5: Schema statico impalcato

### 6.6.1.5 Viadotto Valli

La struttura è composta da 5 campate, 4 da 21 metri consecutive e una da 23 metri, per una lunghezza totale di 107 metri. L'asse del viadotto in oggetto si presenta in rettilineo. Lo schema statico è a campata continua. Gli appoggi fissi in direzione longitudinale sono previsti per la spalla A (lato Grosseto). Su di essa si scaricano le forze longitudinali dovute alle forze di attrito ed alla frenatura, oltre che le azioni sismiche longitudinali. Sulle altre pile e spalle sono previsti appoggi mobili unidirezionale longitudinali e multidirezionali, pertanto le azioni trasversali si distribuiscono su tutti gli elementi.

La sezione trasversale dell'impalcato è mista acciaio-calcestruzzo e si compone di 6 travi in acciaio di altezza costante e pari a 600mm, poste ad interasse 2.24 metri che sorreggono la soletta di spessore costante 25cm. La soletta è gettata su lastre predalle che fungono da cassero a perdere. La larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 13.50 metri, la sede stradale è di larghezza 12.00, delimitata da cordoli di larghezza 75cm e spessore 15cm. Le travi principali presentano piattabande aventi larghezza superiormente di 500mm e inferiormente 700mm, con spessori variabili. I traversi sono di tipo pieno costituiti da profili a doppio T di altezza 550mm per i traversi in appoggio e 300mm per quelli di campata. Il passo dei traversi varia da un minimo di 5250mm ad un massimo di 5750mm. L'accoppiamento fra travi in acciaio e soletta in calcestruzzo è garantito da pioli nelson di altezza 175mm e diametro da 19mm.

Le elevazioni delle pile hanno forma rettangolare con degli smussi agli spigoli di 25 cm e dimensione complessiva in pianta di 2.0x1.5 m. Sul perimetro sono ricavati dei negativi ornamentali della profondità di 15 cm. Le fondazioni sono su plinto di spessore 1.8 m che insiste su 9 pali di diametro 1.2 m.

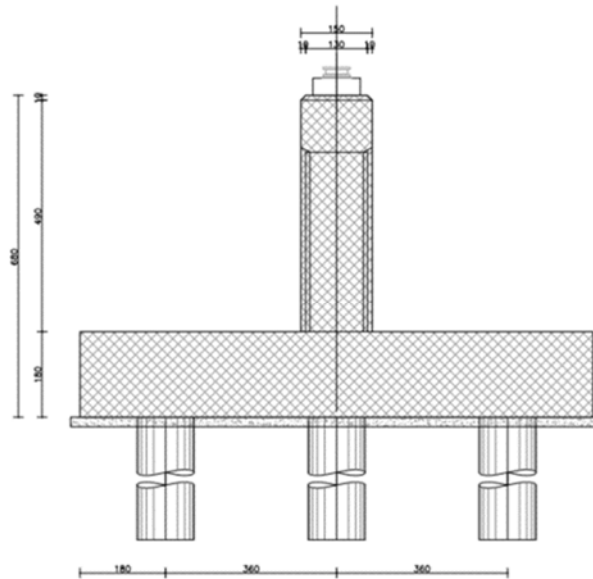


Figura 9: sezione longitudinale della pila

Le spalle sono costituite da un paramento di spessore 265cm e altezza 526cm (compreso il paraghiaia) con relativi muri di risvolto laterali posteriori. Le fondazioni sono su pali di 1.2 m di diametro; per la spalla fissa sono previsti 15 pali, la zattera ha dimensione in pianta 10.60x13.80 m.

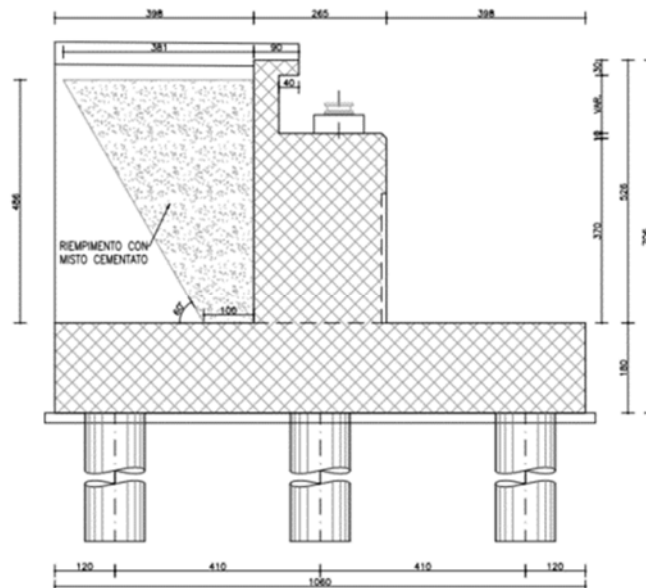


Figura 10: sezione longitudinale della spalla

Per le caratteristiche strutturali e ulteriori dettagli sul ponte, si faccia riferimento alla documentazione grafica del progetto.

Le figure che seguono descrivono i tratti essenziali delle strutture oggetto di verifica.

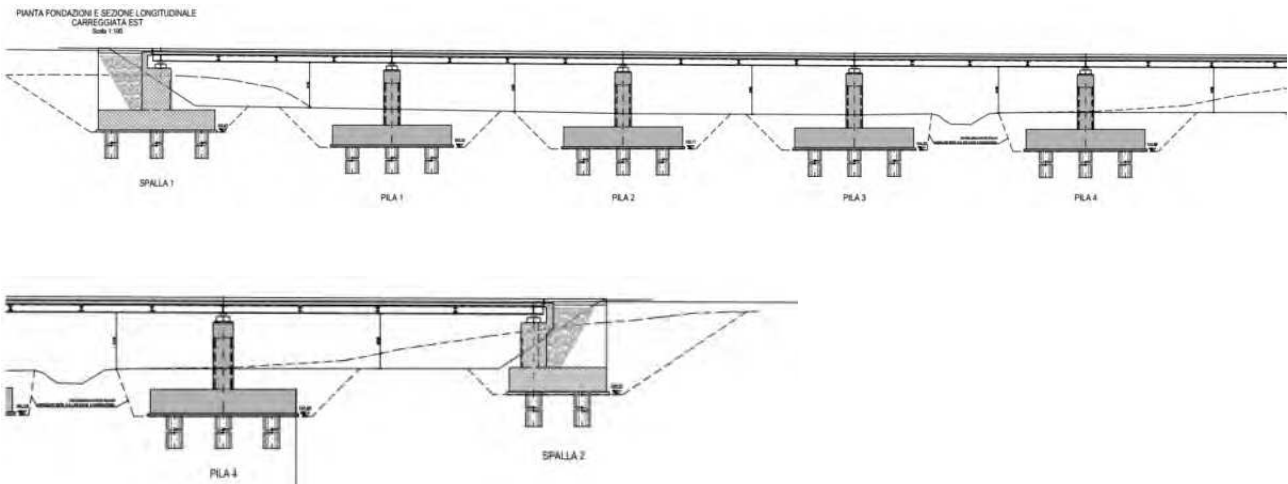


Figura 11: viste e sezioni principali – prospetto longitudinale

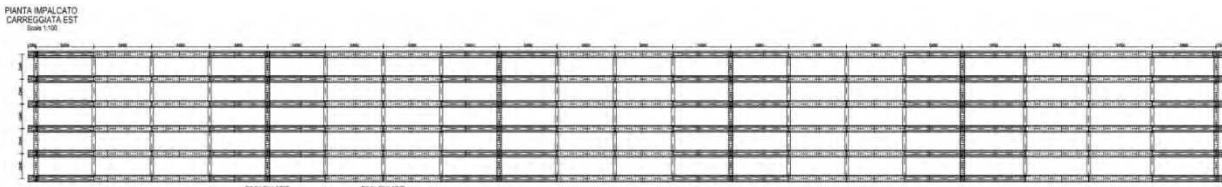


Figura 12: pianta della travata

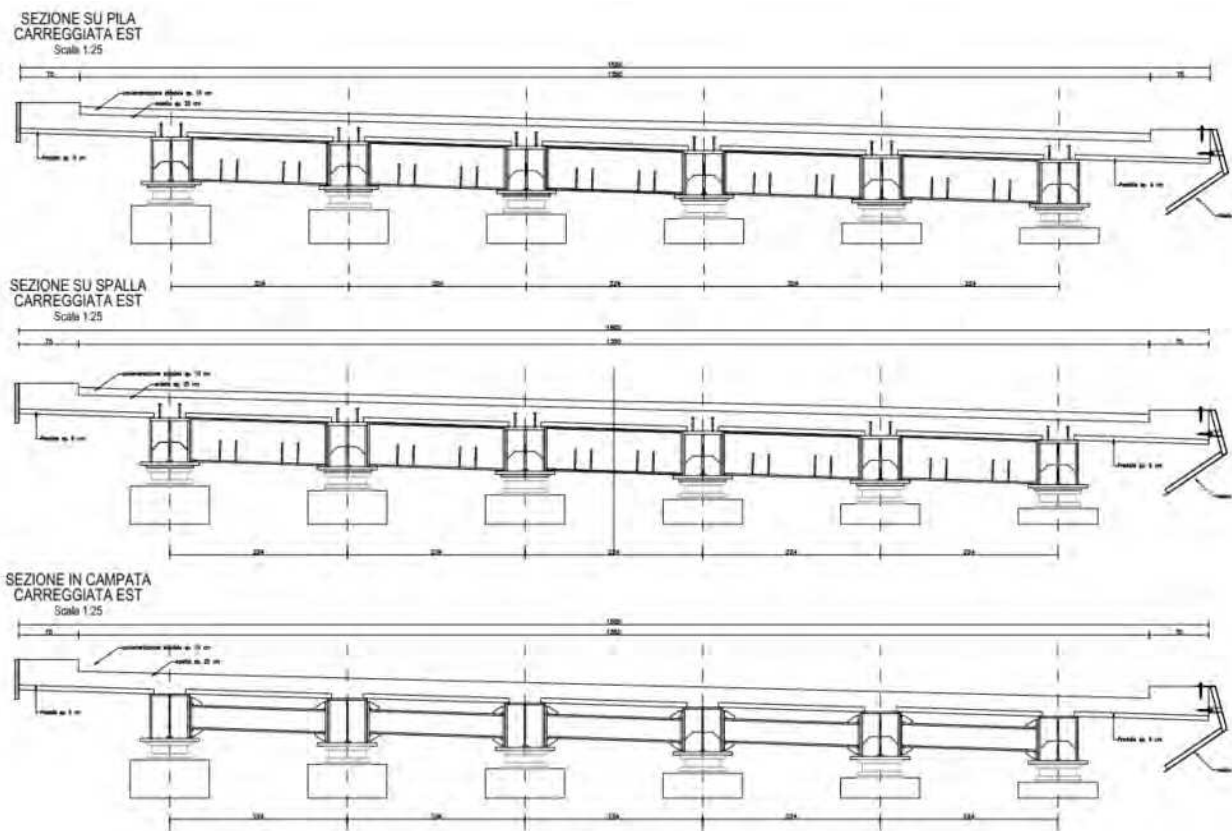


Figura 13: viste e sezioni principali – sezioni tipologiche impalcato

SEZIONE TRASVERSALE PILA  
 CARREGGIATA EST  
 Scala 1:50

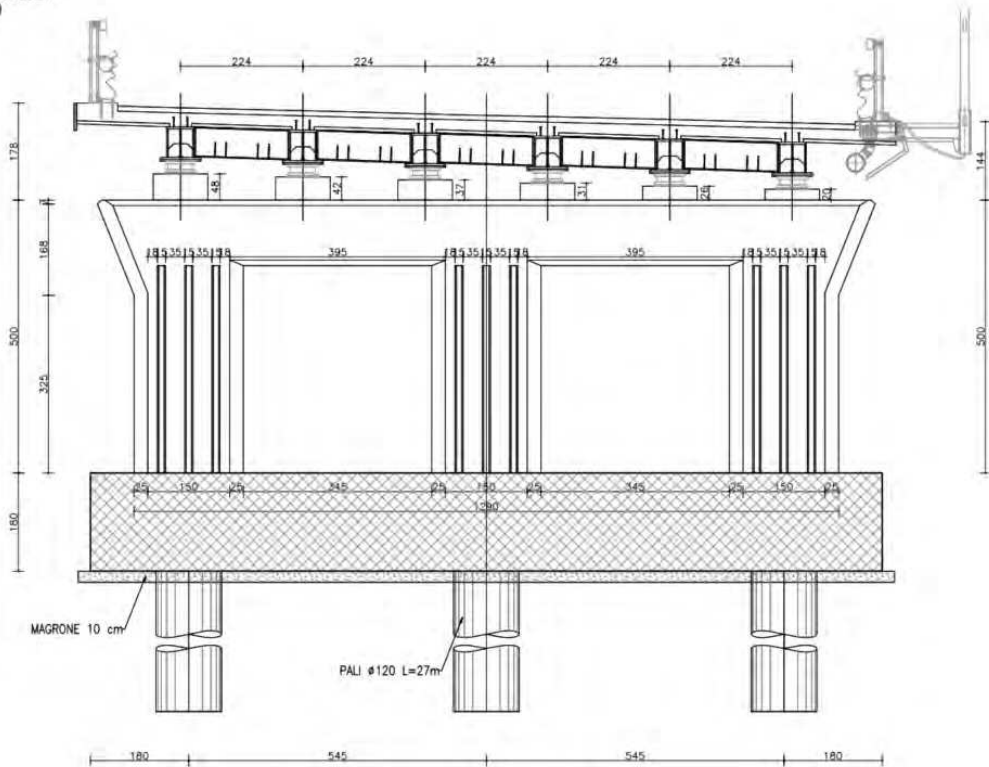


Figura 14: viste e sezioni principali – sezione trasversale in pila

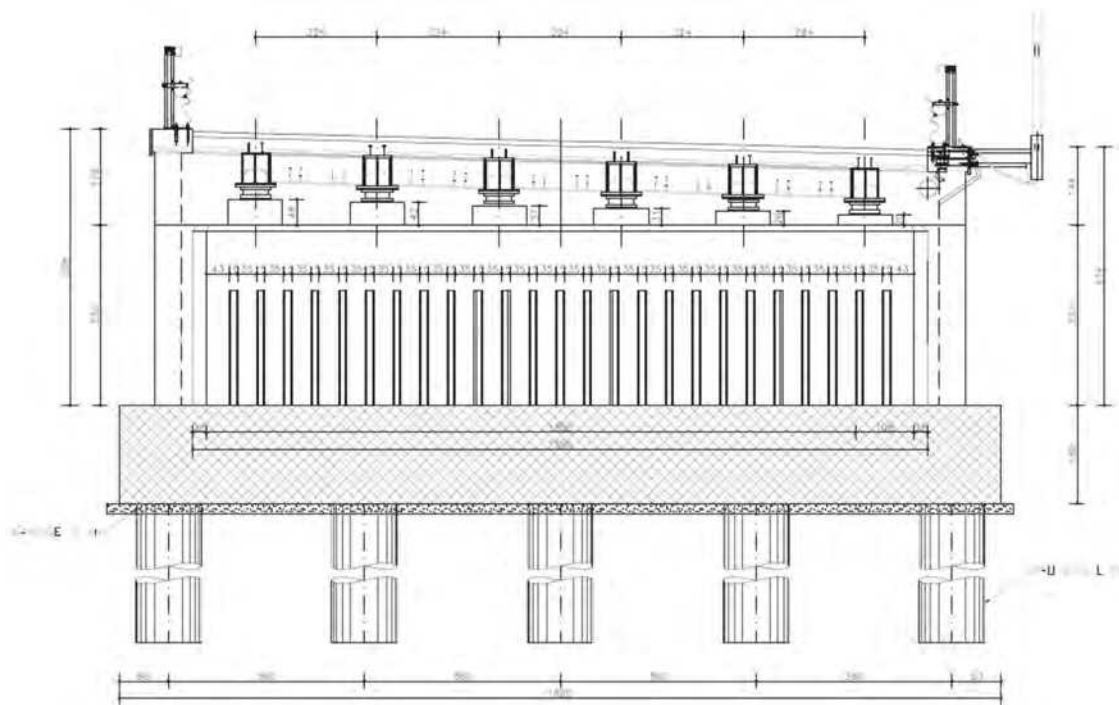


Figura 15: viste e sezioni principali – sezione trasversale in spalla

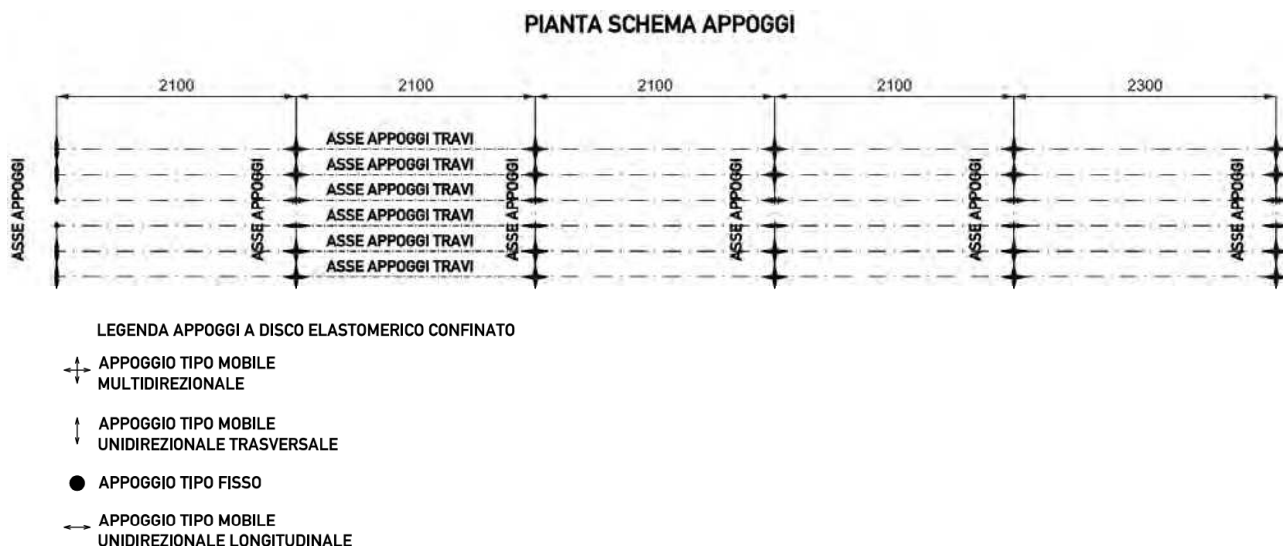


Figura 16: schema di vincolo - pianta

### 6.6.1.6 Viadotto Casone

La struttura è composta da 6 campate di lunghezza variabile, da 32 a 50 metri circa, per una lunghezza totale di circa 250 metri. L'asse del viadotto in oggetto si presenta curvilineo con raggio variabile. Lo schema statico è a campata continua. Gli appoggi fissi in direzione longitudinale sono previsti per la pila 3 (pila centrale del viadotto). Sulle altre pile e spalle sono previsti appoggi mobili unidirezionali longitudinali e multidirezionali. Per tutte le pile, esclusa quella centrale, sono previsti dispositivi antisismici *shock transmitter* in direzione longitudinale.

La sezione trasversale dell'impalcato è mista acciaio-calcestruzzo e si compone di 2 travi in acciaio, con anima inclinata, di altezza variabile tra 3000mm e 2500mm circa, poste ad interasse 4.60 metri che sorreggono la soletta di spessore costante 25cm. La soletta è gettata su lastre predalle che fungono da cassero a perdere. La larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 15.00 metri, la sede stradale è di larghezza 13.50, delimitata da cordoli di larghezza 75cm e spessore 15cm. Le travi principali presentano piattabande aventi larghezza superiormente di 1000mm e 800mm e inferiormente 1000mm, con spessori variabili. I traversi di testata sono ad anima piena costituiti da profili a doppio T di altezza pari a quella delle travi. Mentre i traversi di campata sono di tipo reticolare, costituiti da profili accoppiati ad L.

Il passo dei traversi varia da un minimo di 4000mm ad un massimo di 5000mm. L'accoppiamento fra travi in acciaio e soletta in calcestruzzo è garantito da pioli nelson di altezza 175mm e diametro da 16mm.

Le figure che seguono descrivono i tratti essenziali delle strutture del Viadotto Casone.



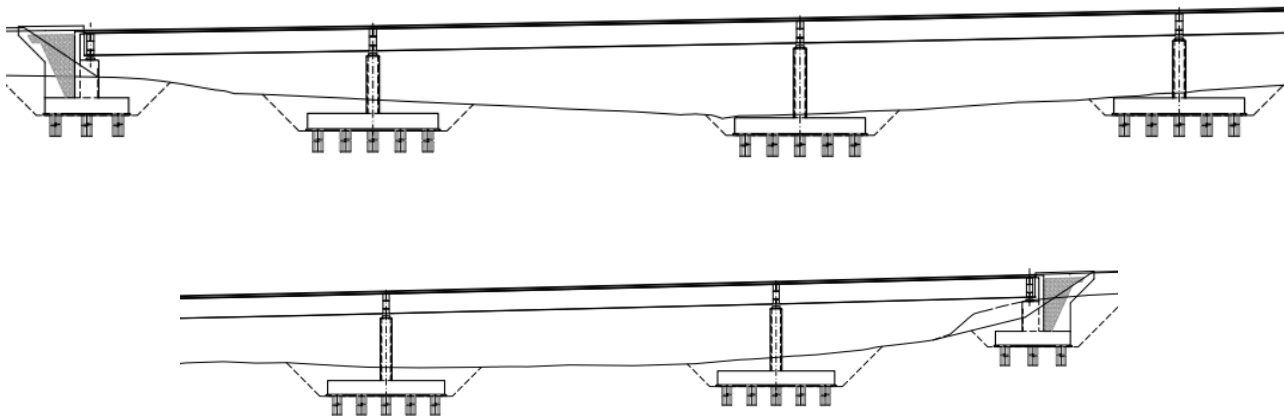


Figura 17: viste e sezioni principali – prospetto longitudinale

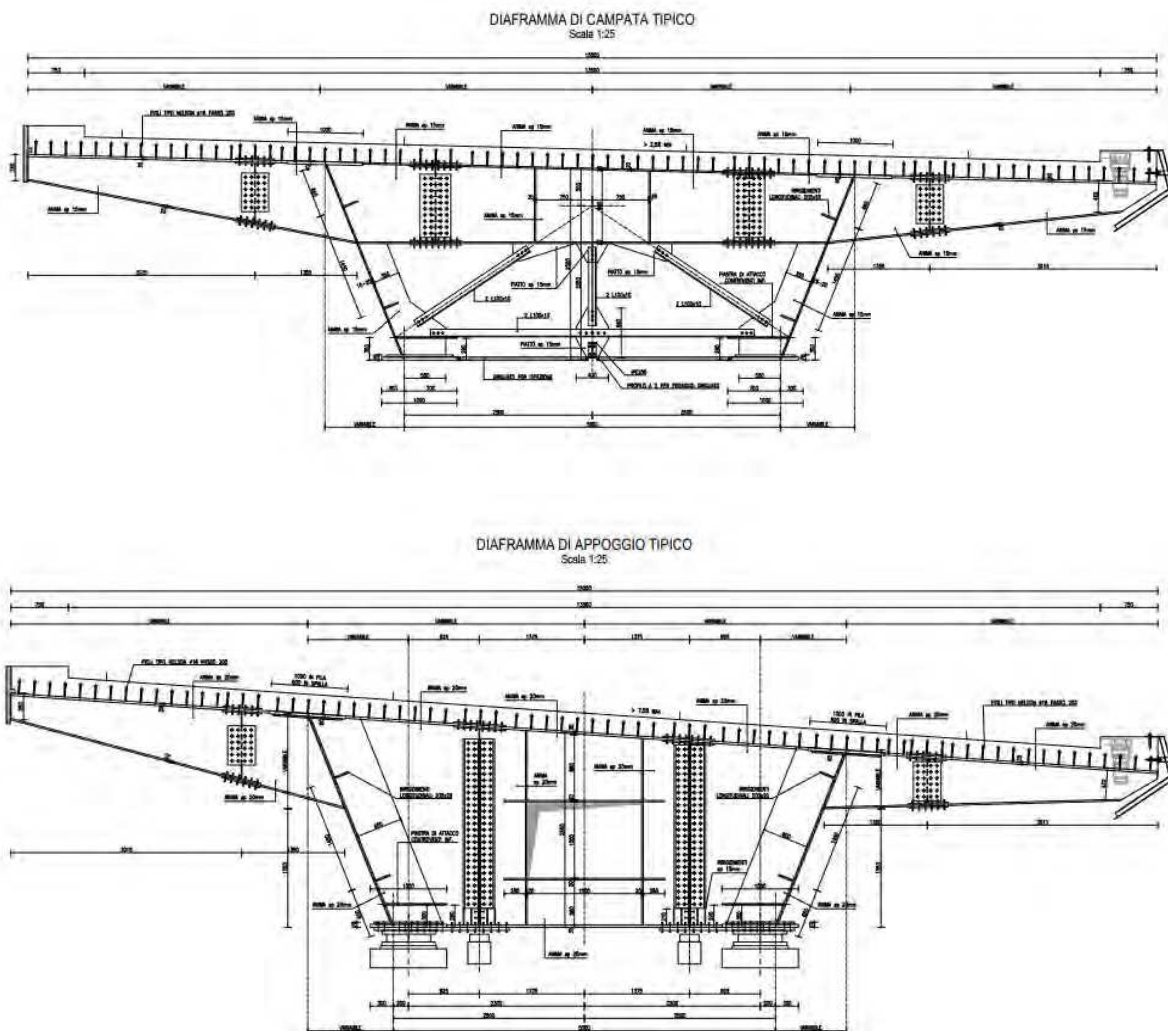


Figura 18: viste e sezioni principali – sezioni tipologiche impalcato

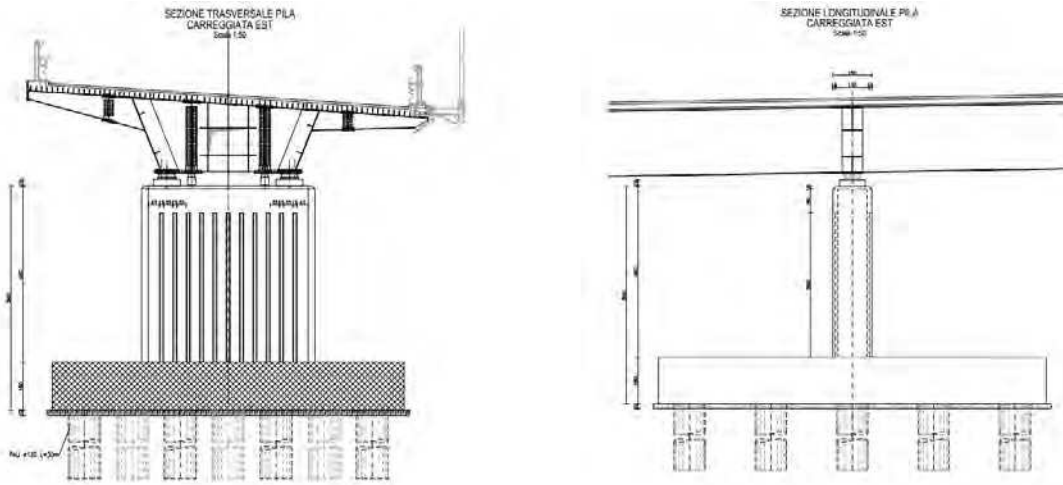


Figura 19: viste e sezioni principali – sezione trasversale in pila

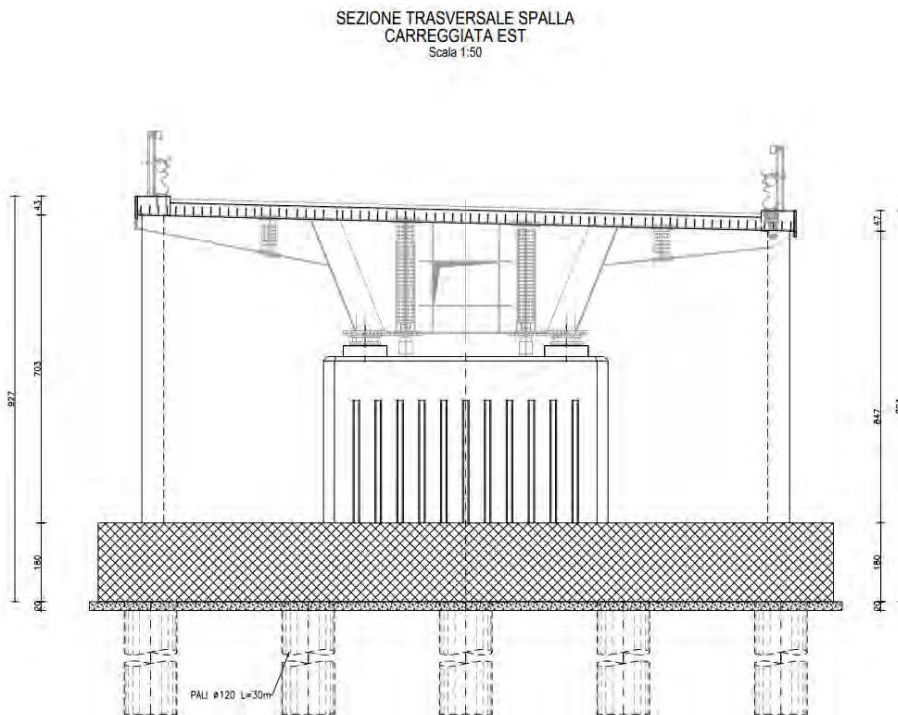


Figura 20: viste e sezioni principali – sezione trasversale in spalla

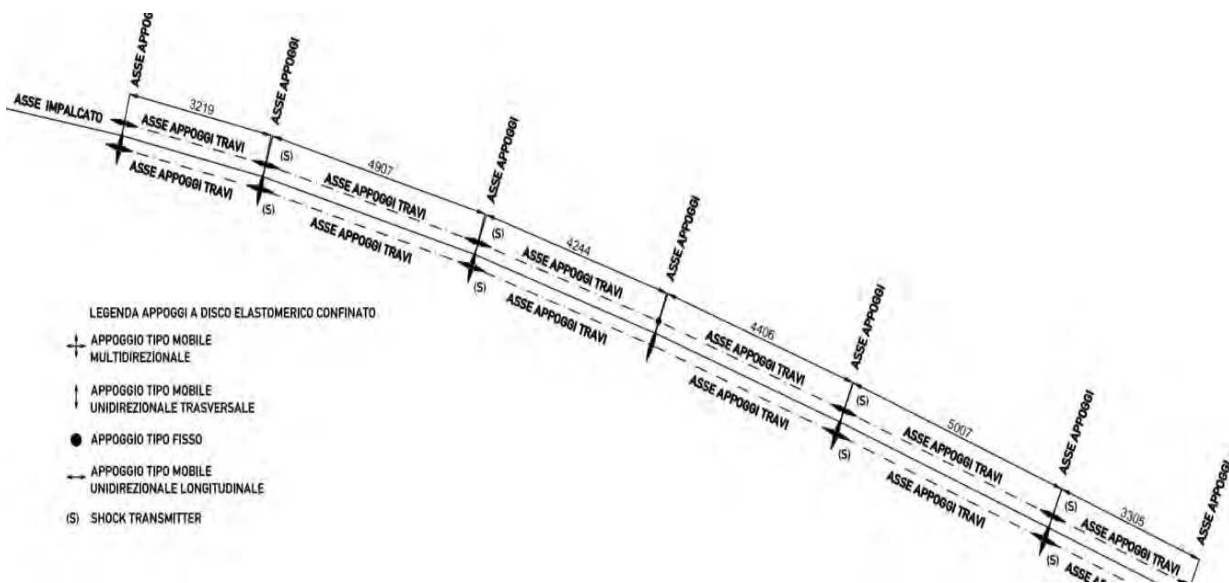


Figura 21: schema di vincolo - pianta

Le elevazioni delle pile hanno forma rettangolare con degli smussi agli spigoli di 25 cm e dimensione complessiva in pianta di 6.5x1.5 m. Sul perimetro sono ricavati dei negativi ornamentali della profondità di 15 cm. Le fondazioni sono su zattera di spessore 1.8 m che insiste su 18 pali di diametro 1.2 m.

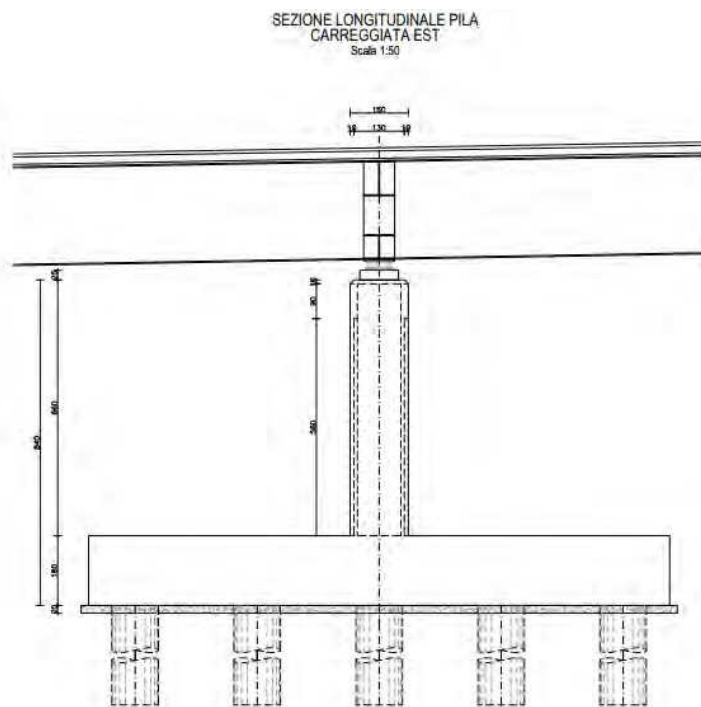


Figura 22: sezione longitudinale della pila

Le spalle sono costituite da un paramento di spessore 265cm e altezza 7.47m (compreso il parapigliaia) con relativi muri di risvolto laterali posteriori. Le fondazioni sono su pali di 1.2 m di diametro; per le spalle sono previsti 15 pali, la zattera ha dimensione in pianta 16.80x9.60 m.

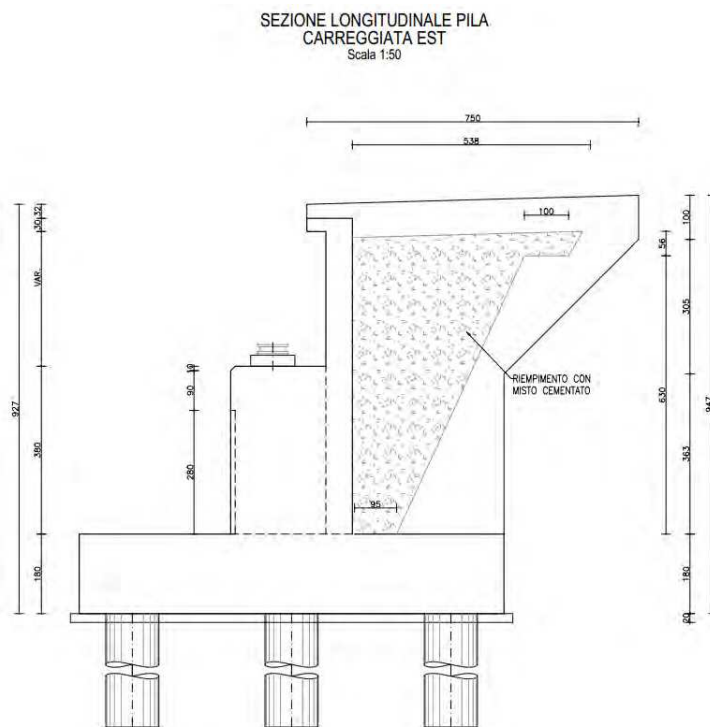


Figura 23: sezione longitudinale della spalla

#### 6.6.1.7 Viadotto Ribucciano

L'opera è costituita da due impalcati che differiscono a causa di un diverso allargamento della carreggiata in curva (per la carreggiata Fano si ha una variabilità da 9.75 m a 11.3 m di carreggiata utile mentre per la carreggiata Grosseto si ha una variabilità da 9.75 m a 10.3 m di carreggiata utile) e a piccoli scostamenti sulle luci legati al diverso sviluppo della posizione di interno curva ed esterno curva dei due assi impalcato.

Le differenze sopracitate portano alle seguenti osservazioni:

- la carreggiata direzione Fano (esterno curva) presenta le luci maggiori (le differenze con la carreggiata Grosseto sono comunque modeste e variabili da 0 a 1 m);
- la carreggiata direzione Fano (esterno curva) ha una larghezza di piattaforma stradale variabile e leggermente maggiore della carreggiata direzione Grosseto;
- la carreggiata direzione Fano (esterno curva) presenta anche una altezza delle pile leggermente maggiore di quelle di interno curva.

L'opera in oggetto è composta da un impalcato, strutturalmente continuo sulla lunghezza complessiva di 257.5 m, e da sostegni intermedi (pile) e di estremità (spalle) che dividono le luci nella sequenza:  $34.00 + 50.00 + 44.50 + 44.50 + 50.00 + 34.50 = 257.50$  m (misure in asse spalle e asse pile).

L'impalcato, di tipologia a travata, è costituito da due travi metalliche saldate, prefabbricate in conci in officina e assemblate in opera mediante saldatura di testa a completa penetrazione. La sezione è

strutturalmente un cassone torsio-rigido con le anime delle travate principali inclinate e con le specchiature superiore e inferiore costituite rispettivamente dalla soletta in calcestruzzo ad estradosso e da una robusta controventatura reticolare ad intradosso. Al fine di conferire alla sezione una geometria architettonicamente simile ad un vero e proprio cassone chiuso, la piattabanda inferiore delle travi principali è realizzata eccentrica verso asse impalcato rispetto all'anima.

La sezione resistente è dunque mista acciaio-calcestruzzo e la soletta, che ha una larghezza variabile fra larga 11.25 m su spalla A e 12.73 m su spalla B, è gettata in opera con l'ausilio di predalle in c.a., autoportanti sulle luci fra le travi principali ed un rompi-tratta centrale che appoggia sui traversi correnti del ponte. Come detto la soletta e ha larghezza variabile e la scelta progettuale operata è stata quella di mantenere sostanzialmente costanti gli sbalzi laterali allargando contestualmente la distanza fra le travi principali; la distanza fra le travi ad estradosso varia quindi fra 5.6 m e 6.6 m mentre gli sbalzi variano fra sbalzi di circa 2.82 m e 3.07 m.

Come detto è previsto il rompi-tratta piolato che funge da appoggio intermedio e che scarica sui traversi che sono tutti di tipo reticolare ad eccezione di quelli di pila e di spalla che sono ad anima piena e offrono anche il contrasto per la sostituzione degli appoggi.

L'armatura e il getto di completamento sono eseguiti in opera, senza necessità di puntellazione dal basso (la soletta è un sovraccarico e non collaborante fino a indurimento e successivo caricamento con i permanenti portati); la connessione fra travi principali e soletta in calcestruzzo (di spessore complessivo 25 cm) è garantita da pioli muniti di testa elettrosaldati alle piattabande superiori.

Lo schema statico orizzontale prevede in condizione statica (non sismica) una spalla fissa longitudinale (spalla A) che ospita l'appoggio fisso e quello unidirezionale a vincolo longitudinale; sulle pile e sull'altra spalla è sempre presente un multidirezionale e un unidirezionale a vincolo trasversale. Gli appoggi sono del tipo a neoprene incapsulato ma sono dotati, sia sulle pile che sulla spalla B di dispositivi oleodinamici di ritegno ("shock transmitters") longitudinali che consentono gli spostamenti lenti e vincolano invece gli spostamenti impulsivi come quelli legati alle azioni sismiche. In condizione sismica quindi il ponte ha un vincolo fisso longitudinale su tutte le pile e su entrambe le spalle.

Le elevazioni delle pile sono di due tipologie (dipendenti dall'interasse trasversale delle travi principali) che hanno forma rettangolare con degli smussi agli spigoli di 25 cm e dimensione complessiva in pianta rispettivamente di 5.5x1.5 m e 6.5x1.5 m. Sul perimetro di entrambe le tipologie sono ricavati dei negativi ornamentali della profondità di 15 cm. Le fondazioni sono su plinto di spessore 2 m che insiste su 12 o 16 pali di diametro 1.2 m.

Le spalle sono costituite da dei plinti di dimensione 9x12.6 m su cui si innesta il fusto di spessore 2 m su cui sono ricavati direttamente i baggioli di appoggio. Le spalle hanno entrambe fondazioni che consistono in 12 pali di 1.2 m di diametro necessari prevalentemente a riportare le azioni orizzontali sismiche nel funzionamento longitudinale del ponte.

Le figure che seguono descrivono i tratti essenziali delle strutture oggetto di verifica.

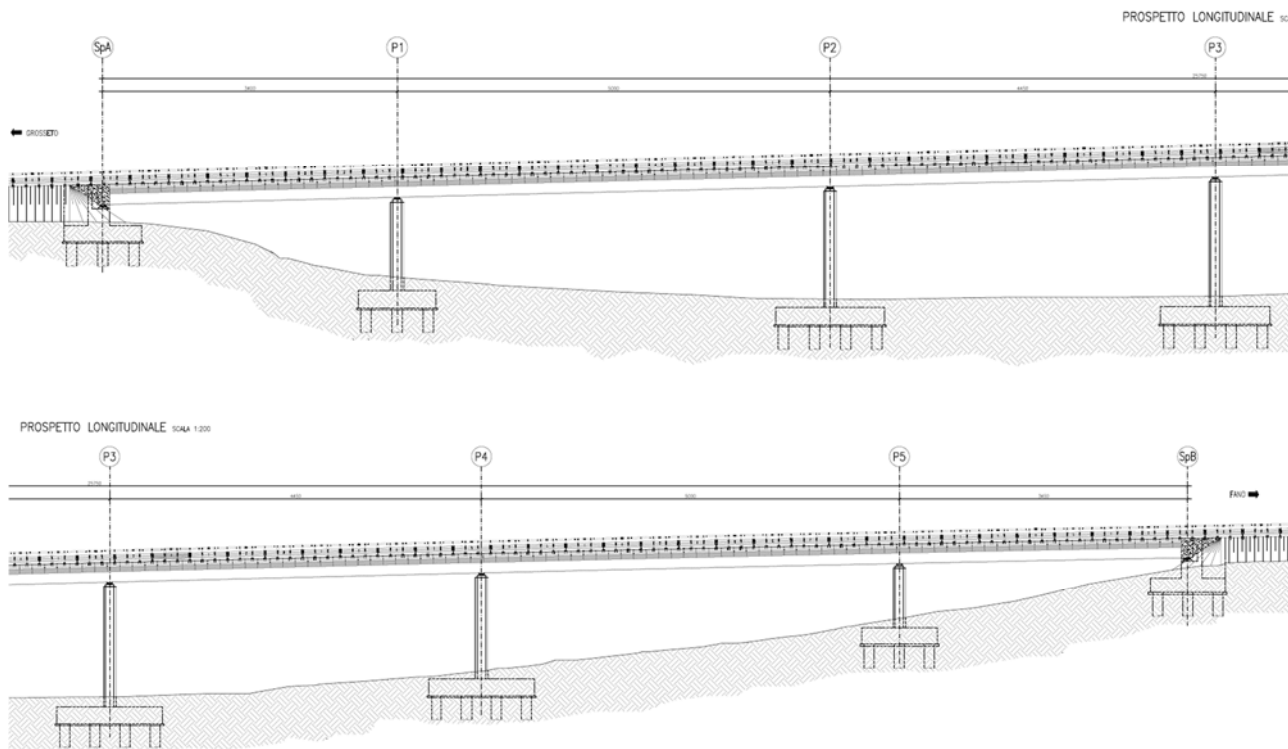


Figura 24: viste e sezioni principali – prospetto longitudinale

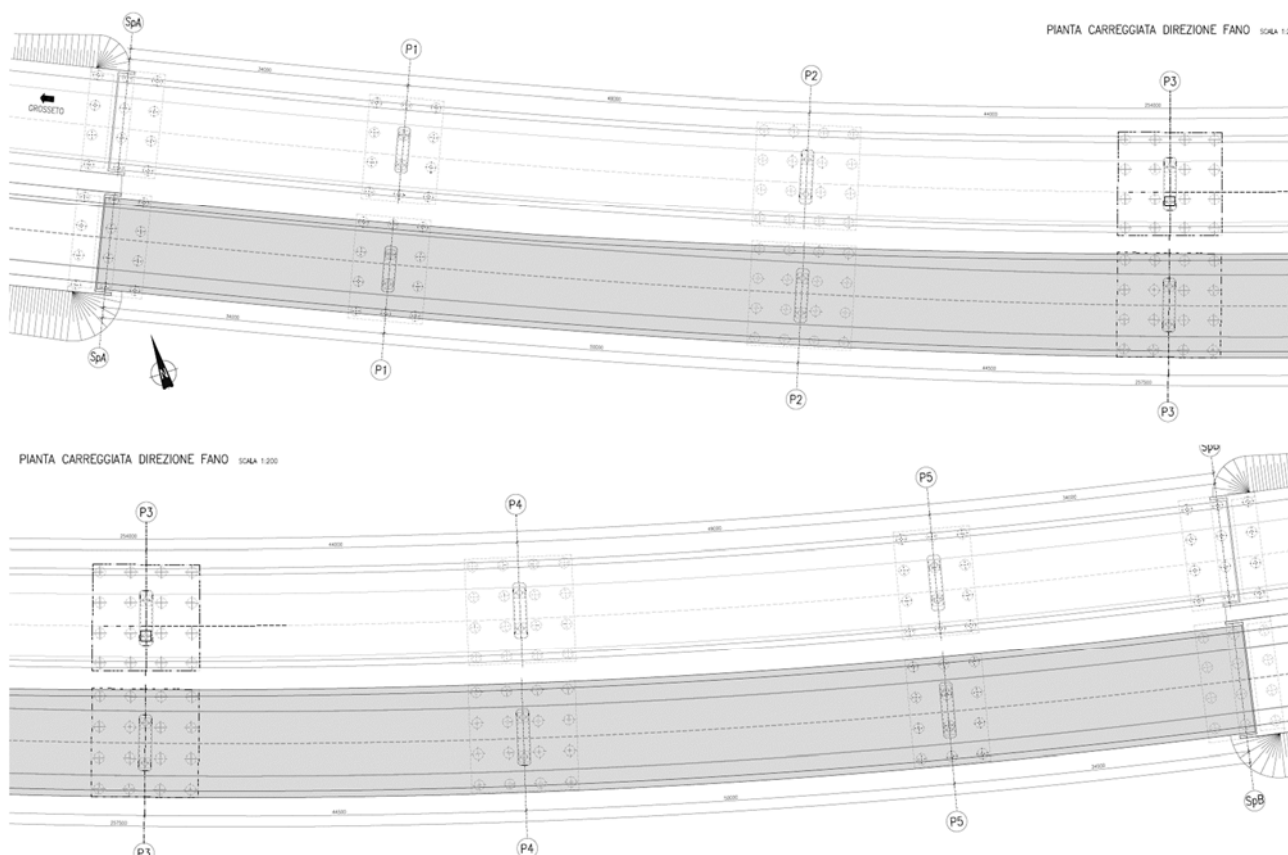


Figura 25: viste e sezioni principali – pianta

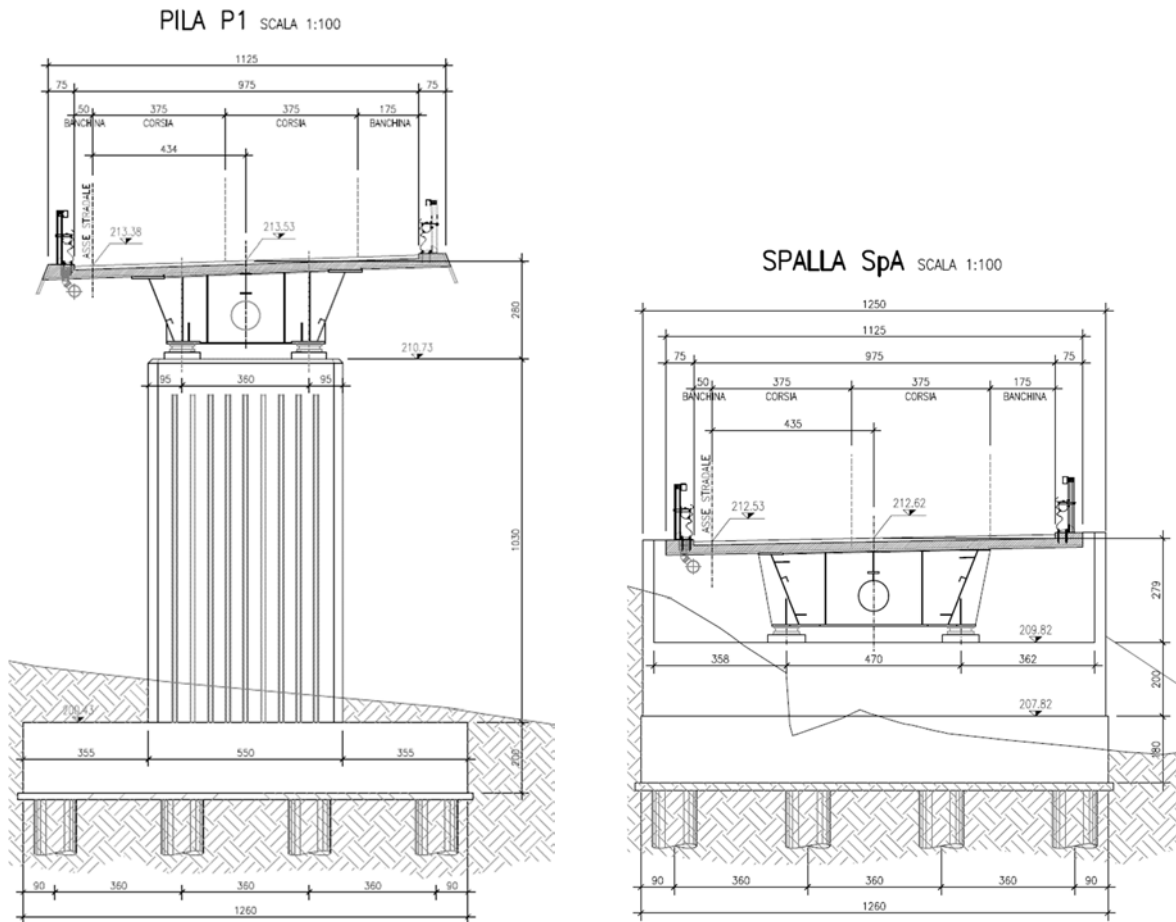


Figura 26: viste e sezioni principali – Sezioni su pila e spalla

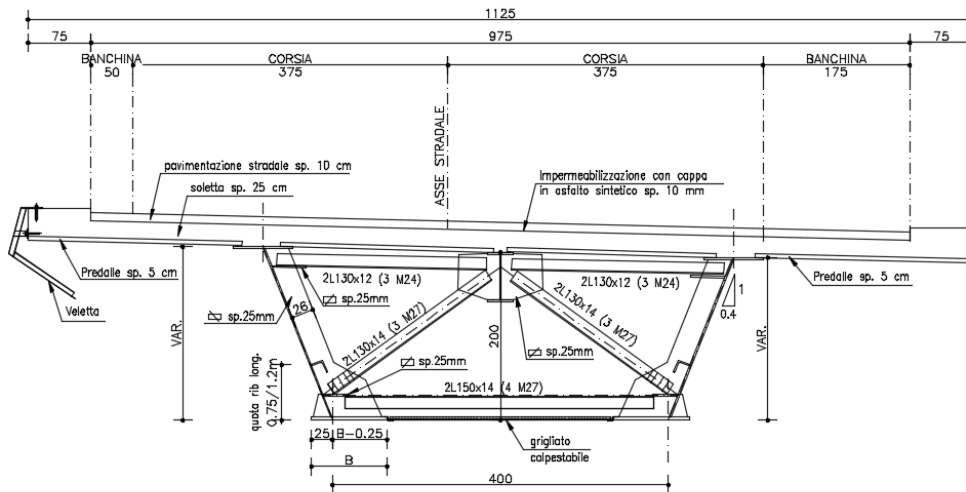


Figura 27: viste e sezioni principali – sezione trasversale corrente

La sezione è caratterizzata dalla presenza, all'intradosso degli sbalzi, di una veletta realizzata in lamiera, collegata da profili metallici fissati alla superficie laterale e superiore del cordolo laterale. La sua funzione è estetica/architettonica, per la mascheratura delle tubazioni di allontanamento delle

acque meteoriche) tuttavia consente un facile accesso essendo rimovibile per pannelli di piccole dimensioni.

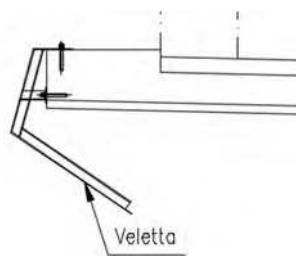


Figura 28: particolare bordo ponte

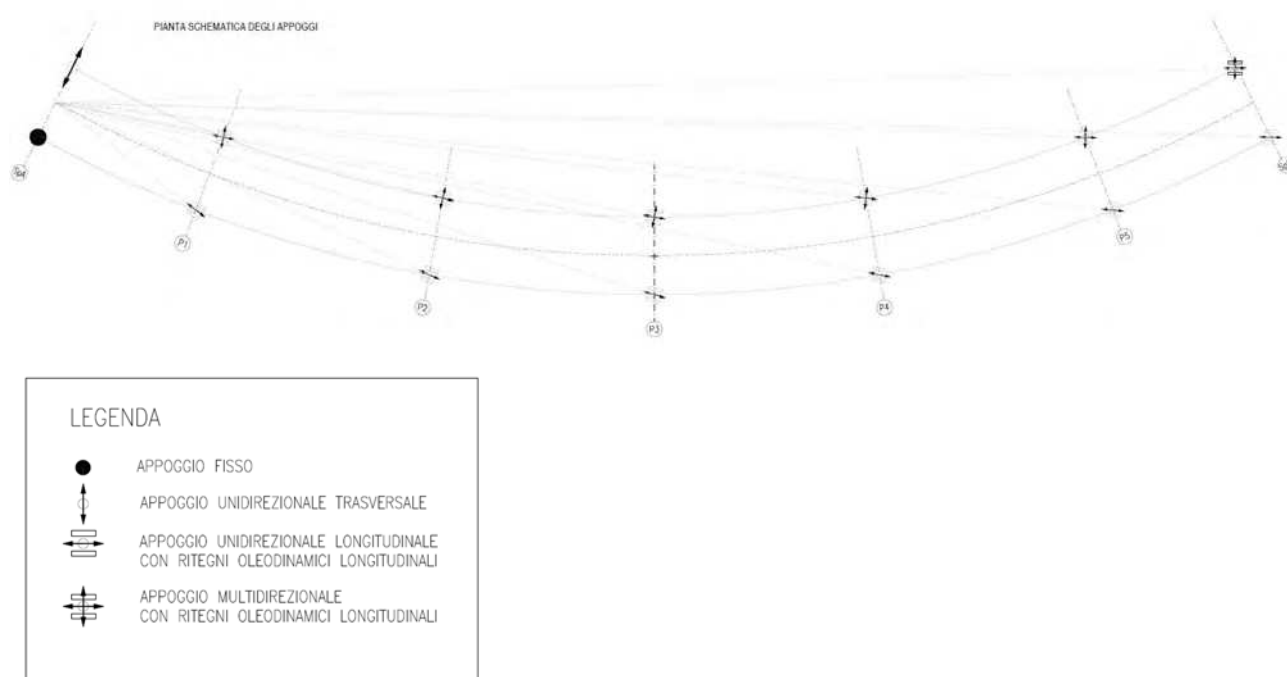


Figura 6: Schema statico impalcato

### 6.6.1.8 Viadotto Rilugo Ovest 1

L'impalcato è realizzato in sezione a cassone mista, composta da n°2-3 travi in acciaio ad interasse variabile solidarizzate ad una soletta in c.a..

Le travi sono tra loro collegate in direzione trasversale da traversi reticolari nel piano verticale e irrigidite nel piano orizzontale da controventi disposti a "X" sia a livello inferiore che superiore. La sezione risulta pertanto torsiorrigida in ogni condizione di costruzione.

L'impalcato, che sostiene una carreggiata stradale di larghezza variabile da 13.50 a 21.77 m, si sviluppa su n°6 luci di 35+3x47+2x41 m e presenta un andamento in curva di raggio 480 m circa.

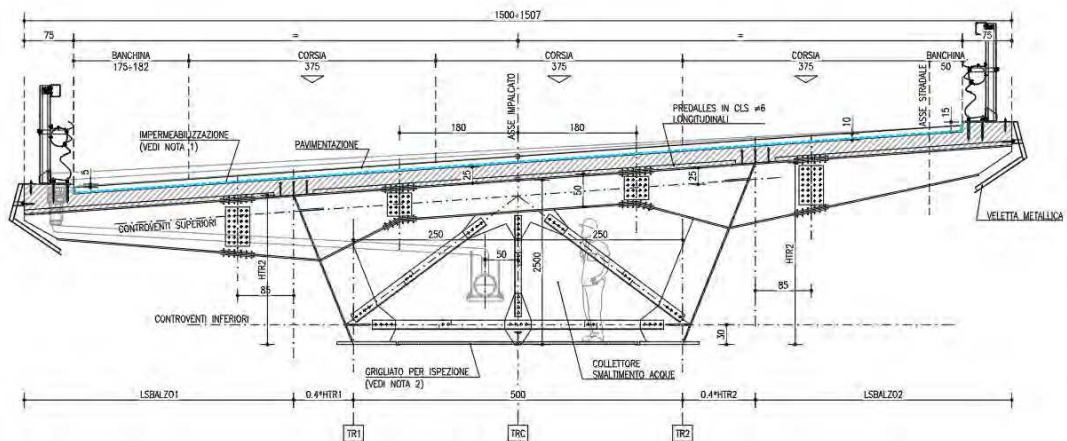
Il sistema di vincolo è realizzato in schema tradizionale isostatico con punto fisso sulla pila 3, tutti gli appoggi sono a disco elastomerico confinato in acciaio-teflon con shock transmitter in direzione



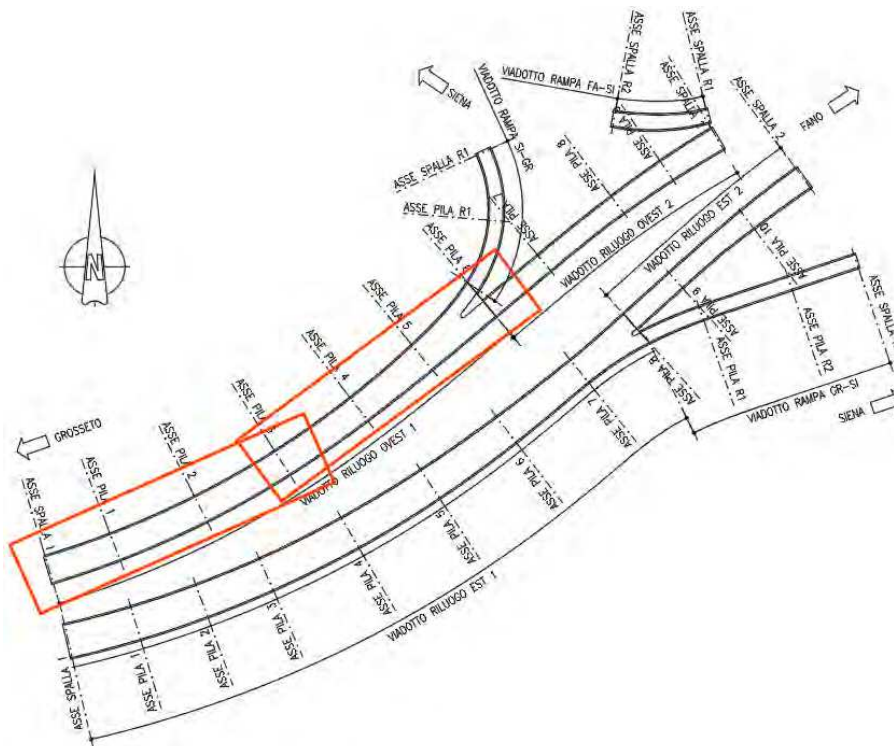
longitudinale sulle pile.



Pianta generale



Sezione tipica impalcato



Planimetria generale dello Svincolo Ruffolo e ubicazione impalcato

RTP di progettazione:

Mandataria:

Mandanti:

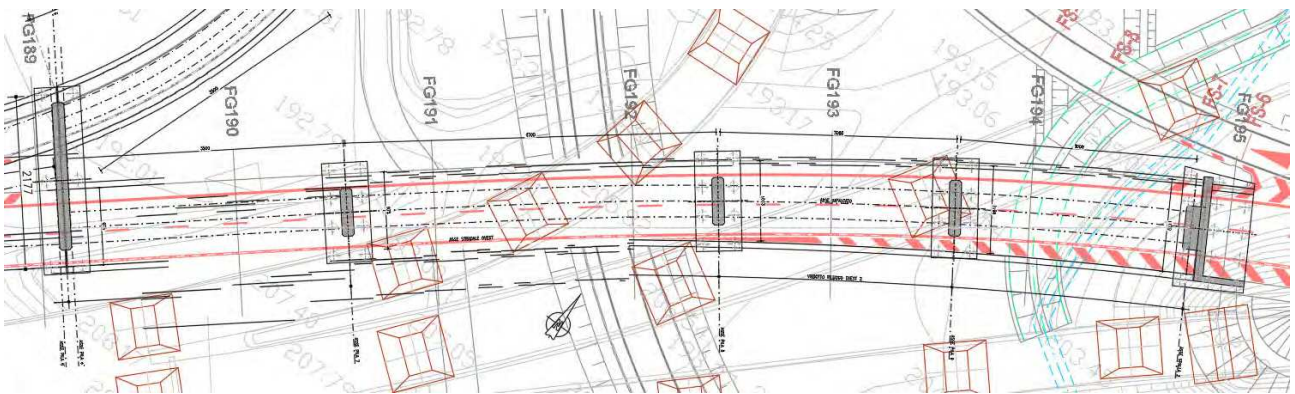
### 6.6.1.9 Viadotto Rilugo Ovest 2

L'impalcato oggetto della presente relazione è realizzato in sezione a cassone mista, composta da n°2 travi in acciaio ad interasse variabile solidarizzate ad una soletta in c.a..

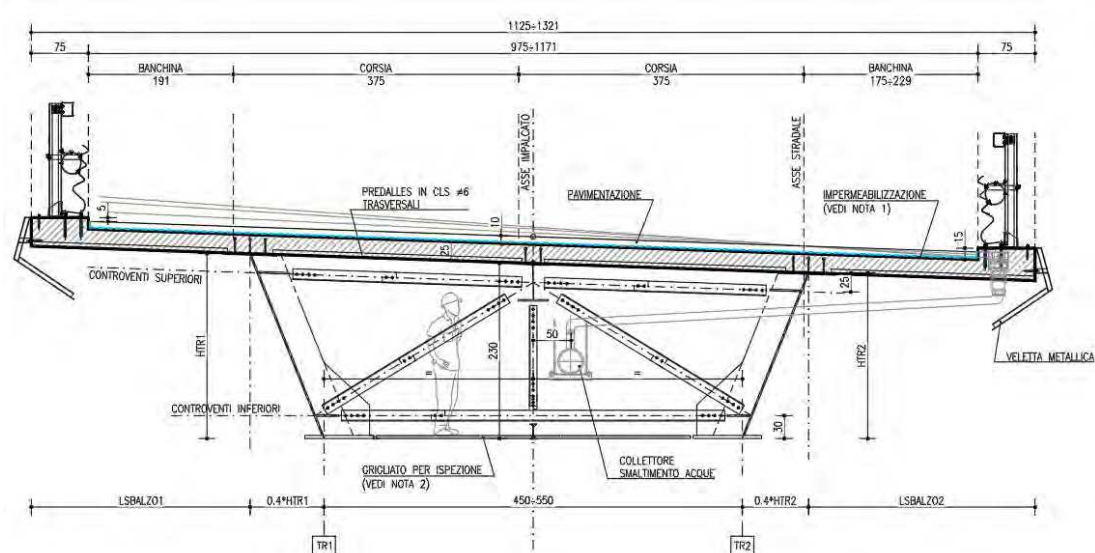
Le travi sono collegate in direzione trasversale da traversi reticolari nel piano verticale e irrigidite nel piano orizzontale da controventi disposti a "X" sia a livello inferiore che superiore. La sezione risulta pertanto torsiorigida in ogni condizione di costruzione.

L'impalcato, che sostiene una carreggiata stradale di larghezza variabile da 9.75 a 11.71 m, si sviluppa su n°4 luci di 35+47+2x35 m e presenta un andamento generalmente rettilineo con una curva di raggio 590 m circa sulle campate da 30 e 47 m.

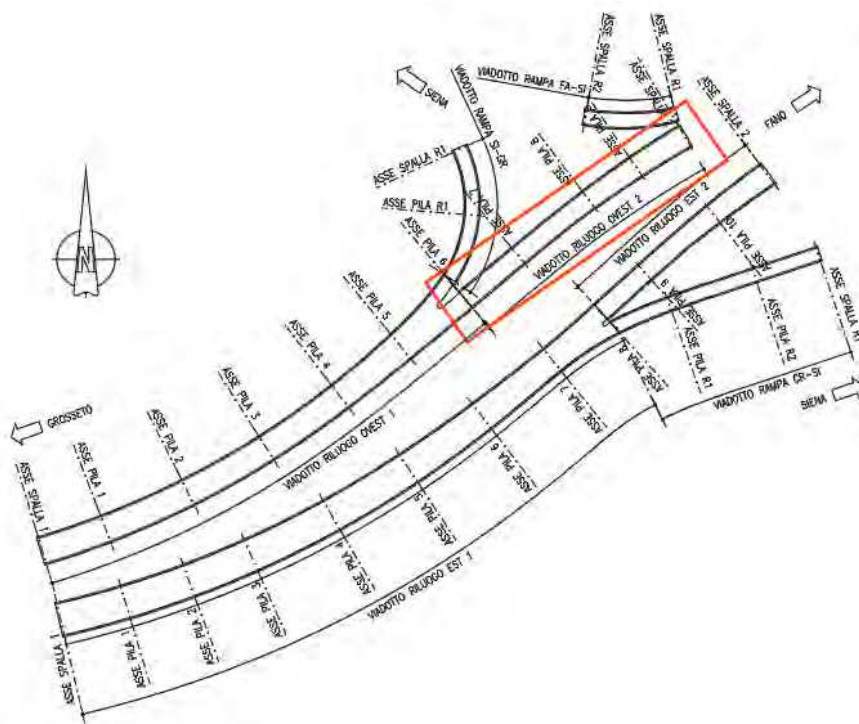
Il sistema di vincolo è realizzato in schema tradizionale isostatico con punto fisso sulla spalla 2, tutti gli appoggi sono a disco elastomerico confinato in acciaio-teflon.



Pianta generale



Sezione tipica impalcato



Planimetria generale dello Svincolo Ruffolo e ubicazione impalcato

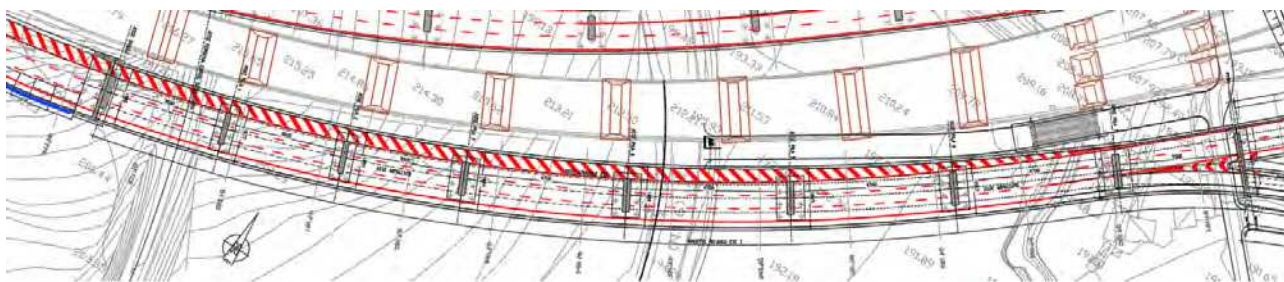
### 6.6.1.10 Viadotto Riluogo Est 1

L'impalcato è realizzato in sezione a cassone mista, composta da n°3 travi in acciaio ad interasse variabile solidarizzate ad una soletta in c.a..

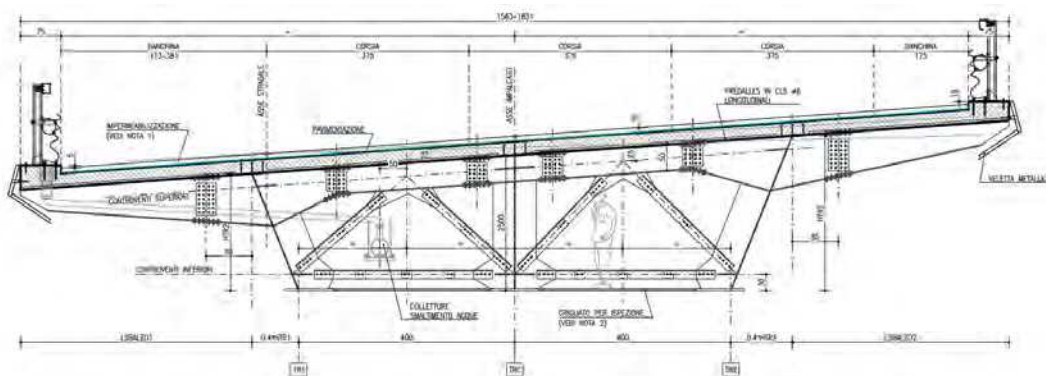
Le travi sono tra loro collegate in direzione trasversale da traversi reticolari nel piano verticale e irrigidite nel piano orizzontale da controventi disposti a "X" sia a livello inferiore che superiore. La sezione risulta pertanto torsiorigida in ogni condizione di costruzione.

L'impalcato, che sostiene una carreggiata stradale di larghezza variabile da 14.42 a 19.10 m, si sviluppa su n°8 luci di 3x35+4x47+35 m e presenta un andamento in curva di raggio 550 m circa su tutte le campate.

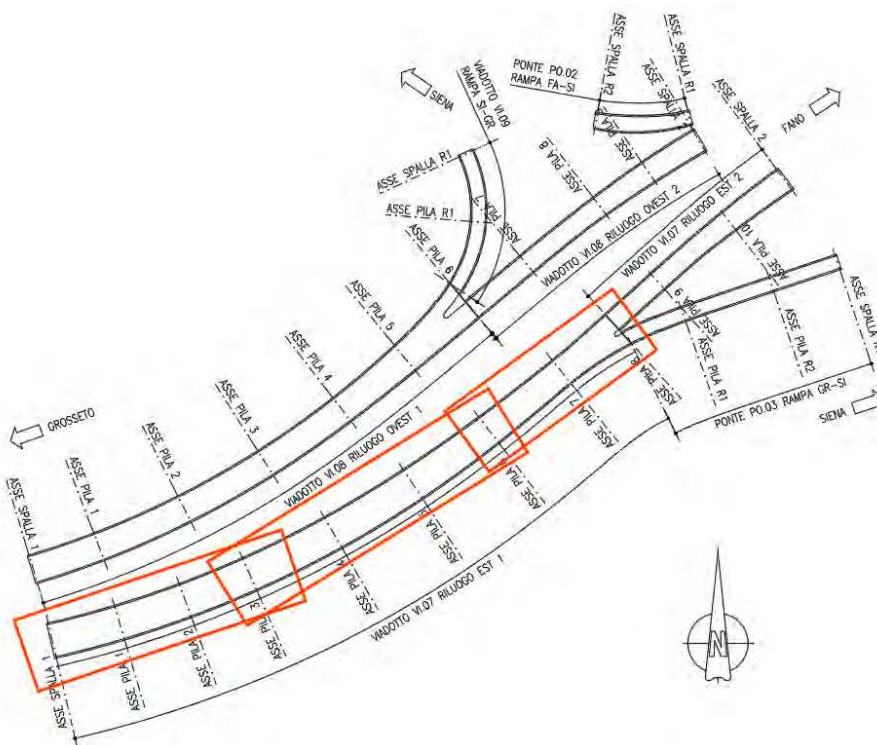
Il sistema di vincolo è realizzato in schema tradizionale isostatico con punto fisso sulla pila 4, tutti gli appoggi sono a disco elastomerico confinato in acciaio-teflon con shock transmitter in direzione longitudinale sulle pile.



Pianta generale



Sezione tipica impalcato



Planimetria generale dello Svincolo Ruffolo e ubicazione impalcato

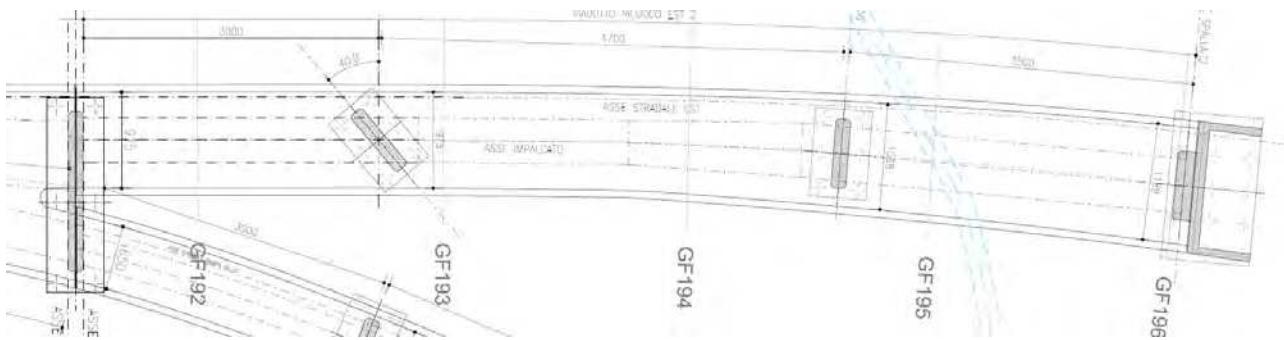
### 6.6.1.11 Viadotto Rilugo Est 2

L'impalcato oggetto della presente relazione è realizzato in sezione a cassone mista, composta da n°2 travi in acciaio ad interasse variabile solidarizzate ad una soletta in c.a..

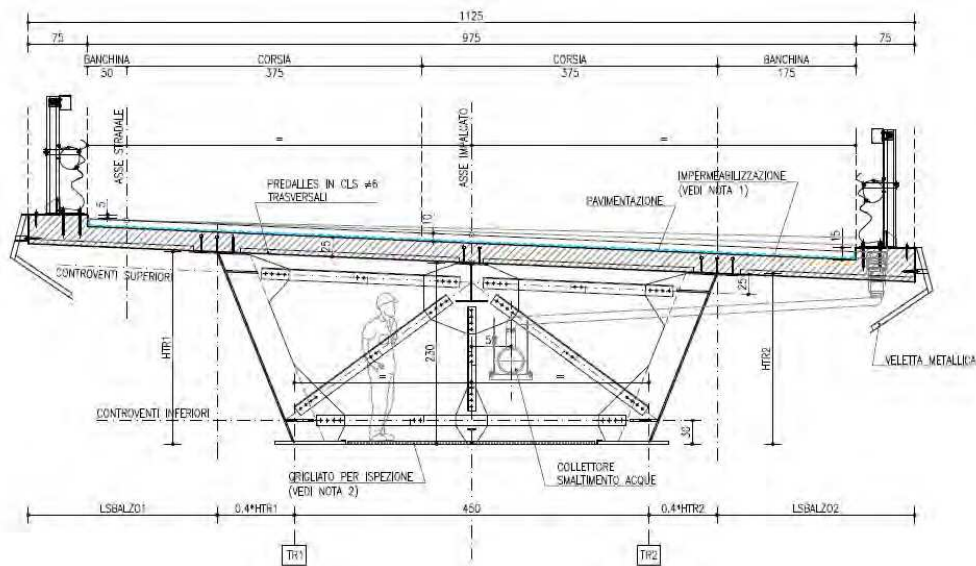
Le travi sono collegate in direzione trasversale da traversi reticolari nel piano verticale e irrigidite nel piano orizzontale da controventi disposti a "X" sia a livello inferiore che superiore. La sezione risulta pertanto torsiorigida in ogni condizione di costruzione.

L'impalcato, che sostiene una carreggiata stradale di larghezza variabile da 9.75 a 11.91 m, si sviluppa su n°3 luci di 30+47+35 m e presenta un andamento generalmente rettilineo con una curva di raggio 630 m circa sulle campate da 47 e 35 m.

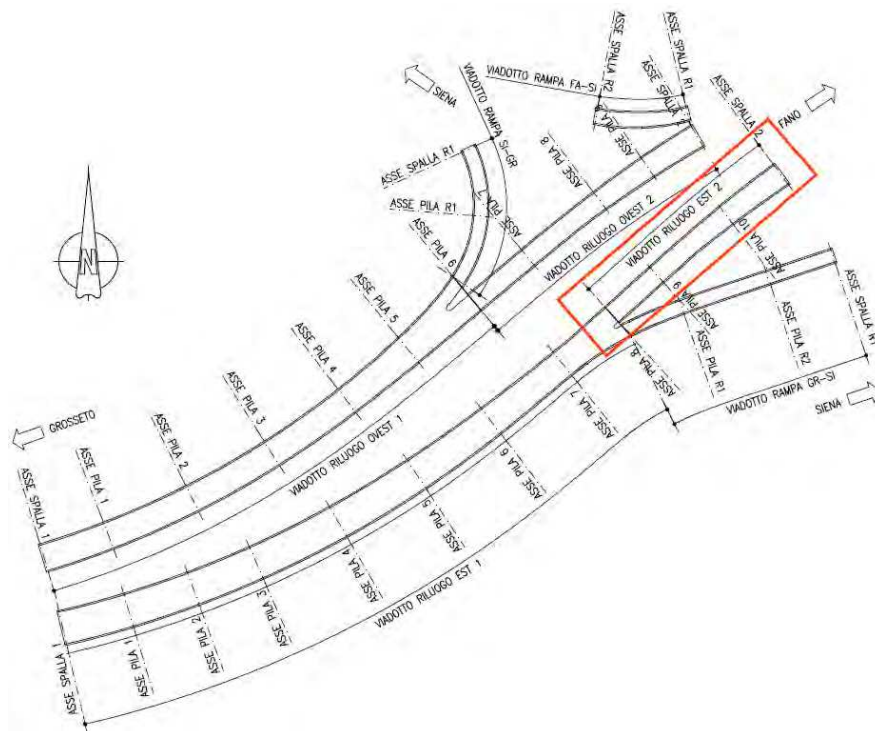
Il sistema di vincolo è realizzato in schema tradizionale isostatico con punto fisso sulla spalla 2, tutti gli appoggi sono a disco elastomerico confinato in acciaio-teflon.



Pianta generale



Pianta generale



Planimetria generale dello Svincolo Ruffolo e ubicazione impalcato

## 6.6.2 Ponti e Cavalcavia

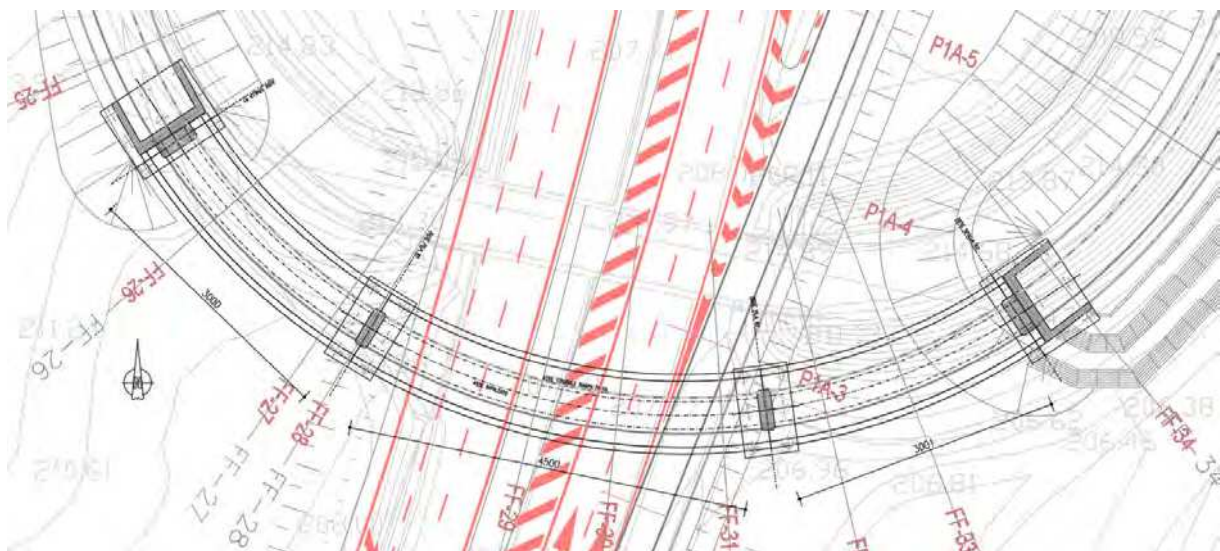
### 6.6.2.1 Cavalcavia svincolo Cerchiaia

Lo scavalco delle carreggiate principali da parte della rampa Fi-Fano dello svincolo di Cerchiaia avviene per mezzo di un cavalcavia a tre luci. L'impalcato è realizzato in sezione a cassone mista, composta da n°2 travi in acciaio ad interasse 3.00 m ad una soletta in c.a. spessore 0.25 m.

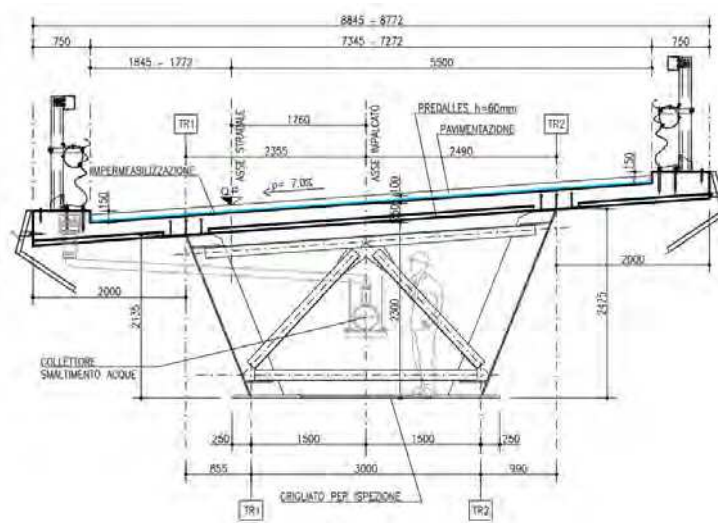
Le travi sono tra loro collegate in direzione trasversale da traversi reticolari nel piano verticale e irrigidite nel piano orizzontale da controventi disposti a "X" sia a livello inferiore che superiore. La sezione risulta pertanto torsiorrigida in ogni condizione di costruzione.

L'impalcato, che sostiene una carreggiata stradale di larghezza variabile da 7.27 a 7.35 m, si sviluppa su 3 luci di 30+45+30 m e presenta un andamento in curva di raggio 67 m circa.

Il sistema di vincolo è realizzato in schema tradizionale isostatico con punto fisso sulla spalla 1, tutti gli appoggi sono a disco elastomerico confinato in acciaio-teflon.



Pianta generale



Sezione tipica impalcato

RTP di progettazione:

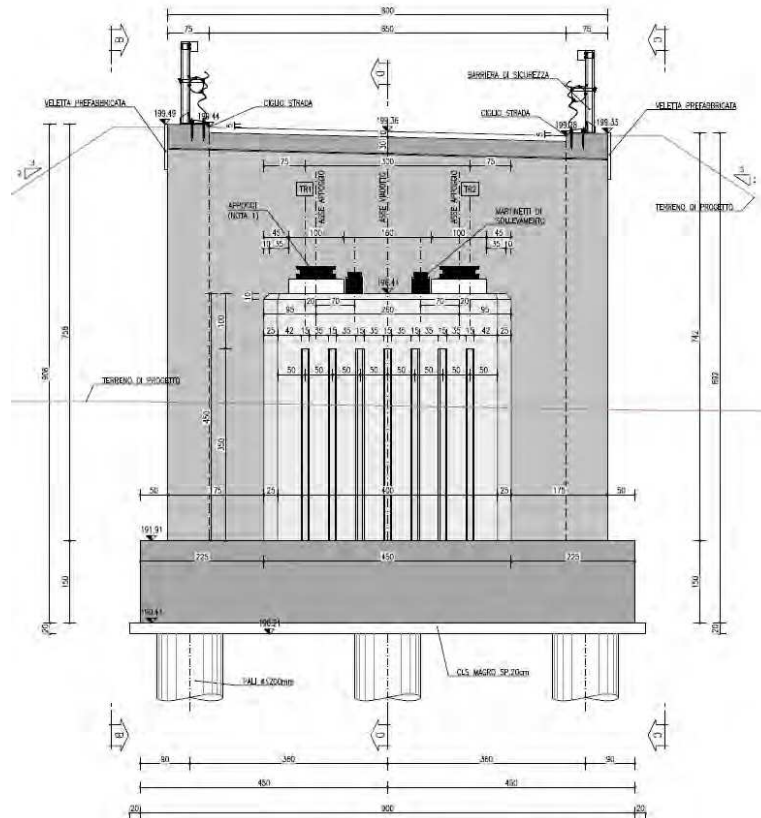
Mandataria:

Mandanti:

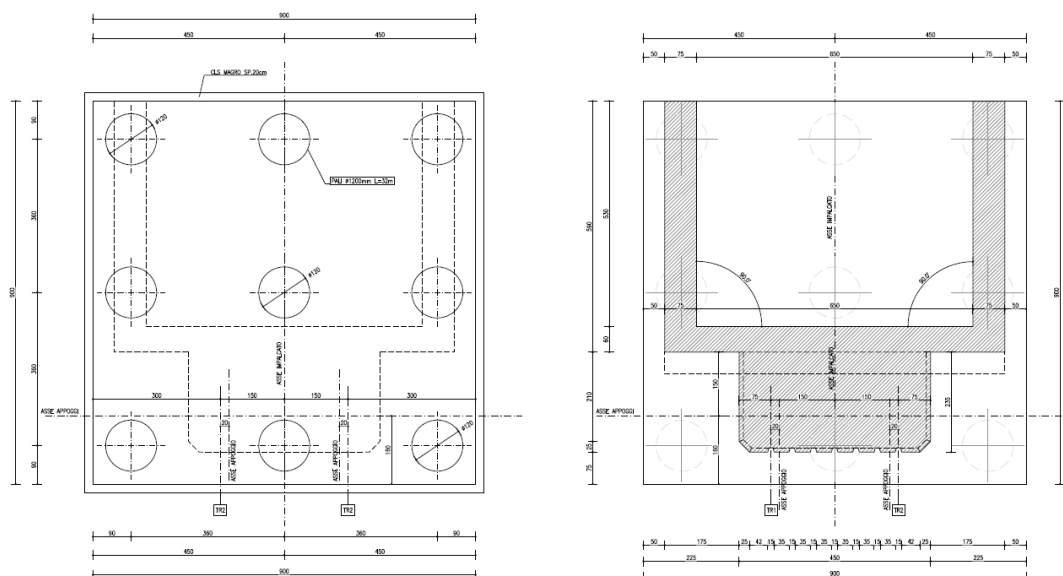
Le opere geotecniche accessorie al completamento dell'opera sono:

- Spalla, per la spalla 1, fondata su 3x3 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=32.0m.
- Pila, per le pile 1 – 2, fondata su 4x2 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=20.0m;

Per la spalla si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 9.00x900m. Dall'estradosso della fondazione si eleveranno i muri d'ala della spalla per un'altezza variabile da 7.42m a 7.58m.

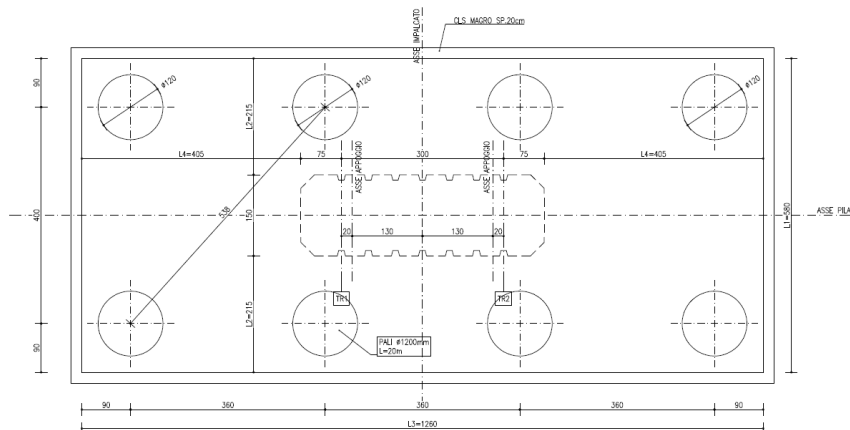


Spalla 1 – carpenteria elevazioni

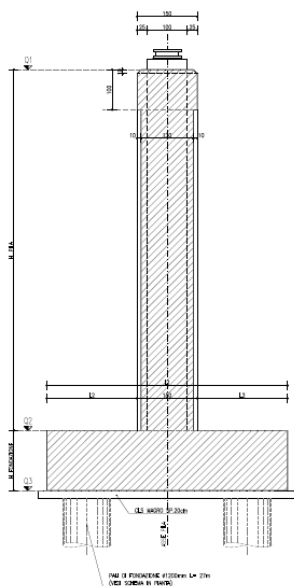


Spalla 1 – carpenteria fondazioni

Per le pile si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 12.60x5.80m. Dall'estradosso della fondazione si eleveranno i fusti delle pile per un'altezza variabile da 7.50m a 10.00m.



*Pila tipo – carpenteria pianta*



*Pila tipo – carpenteria elevazioni*

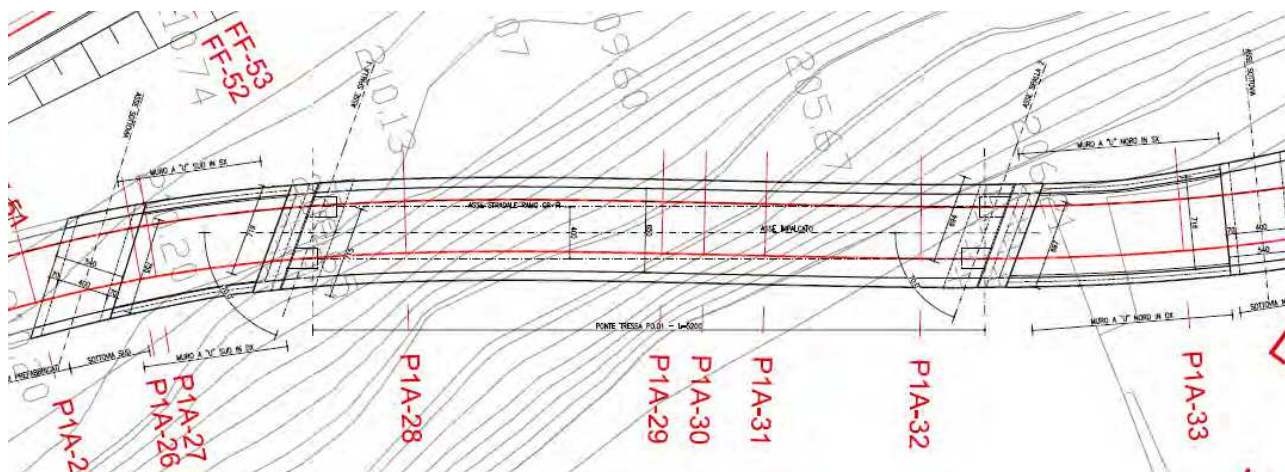
### 6.6.2.2 Ponte torrente Tressa Rampa Gr-Fi Svincolo Cerchiaia

Il ponte, necessario per il superamento della rampa Gr-Fi dello svincolo di Cerchiaia, presenta un impalcato in sezione mista, composta da travi in acciaio, solidarizzate ad una soletta d'estradosso in c.a. e collegate in direzione trasversale da traversi reticolari nel piano verticale.

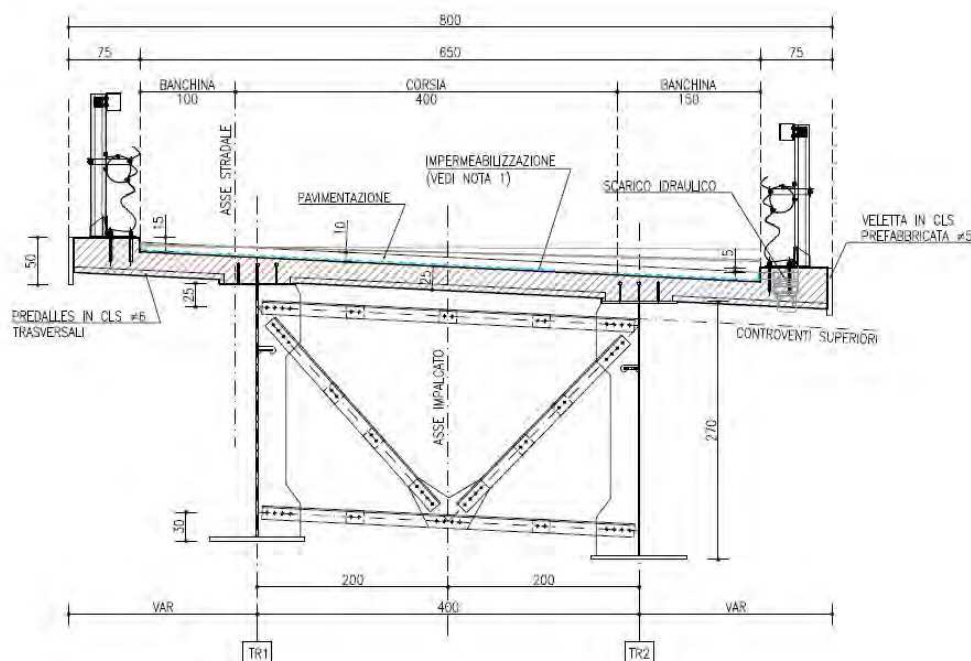
L'impalcato si sviluppa su di una campata di 52m e presenta un andamento rettilineo.

Il sistema di vincolo è realizzato in schema tradizionale isostatico con punto fisso sulla spalla 2, tutti gli appoggi sono a disco elastomerico confinato in acciaio-teflon.





Pianta generale

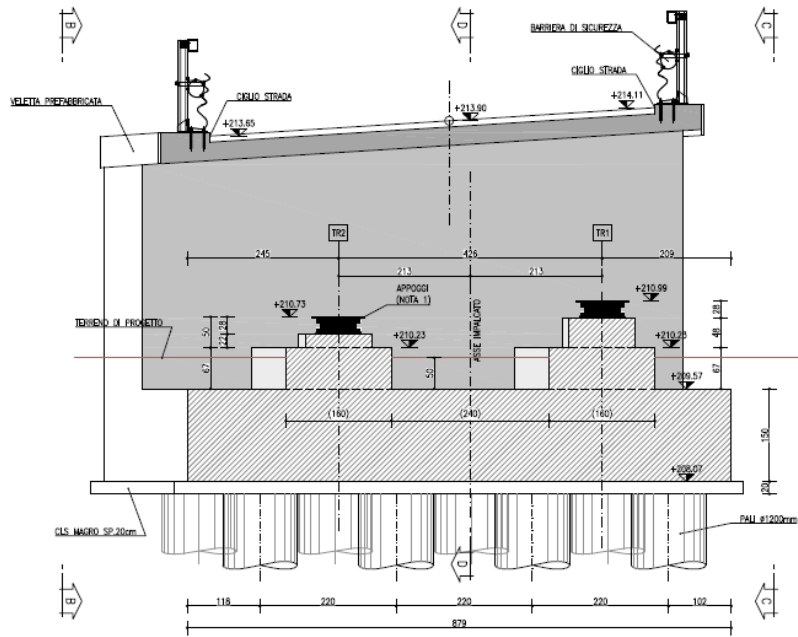


Sezione tipica impalcato

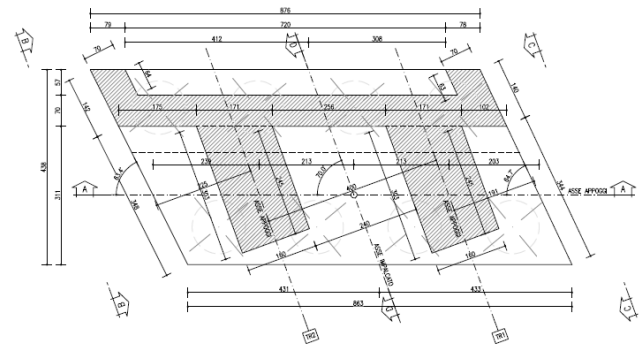
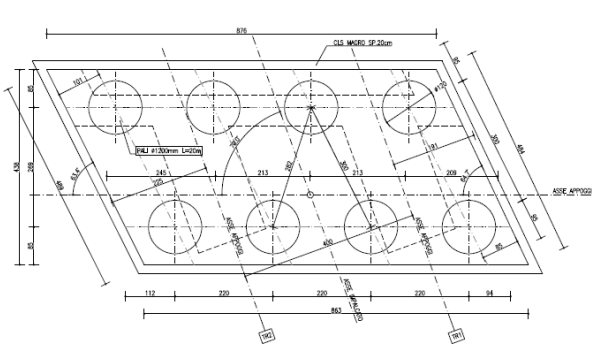
Le opere geotecniche accessorie al completamento dell'opera sono:

- Spalla, per spalla 1 – 2, fondata su 4x2 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=20.0m;
- Sottovia scatolare, per consentire il regolare scorrimento della viabilità secondaria;
- Muri a U, di collegamento tra le spalle e gli scatolari

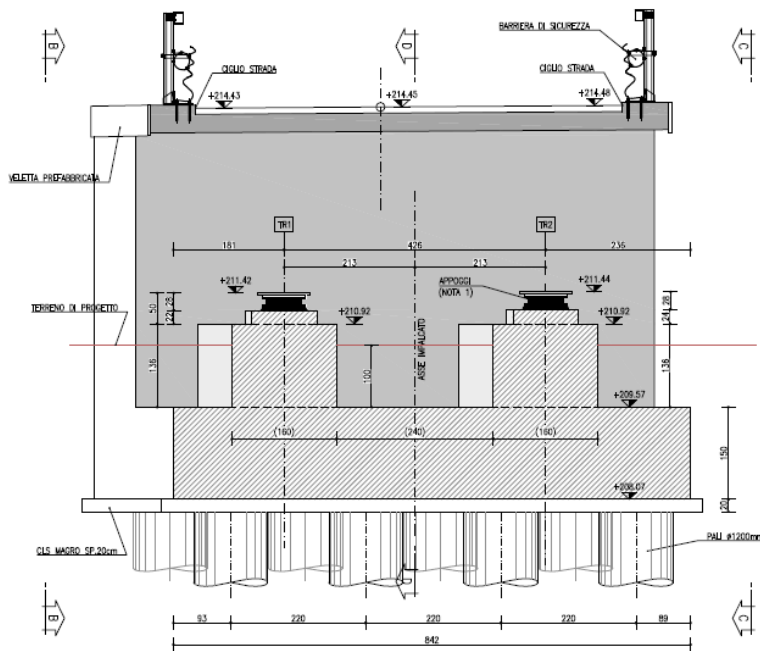
Per le spalle si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a circa 8.70x4.36m per la spalla 1 e 8.45x4.51m per la spalla 2. Dall'estradosso della fondazione si eleveranno i muri d'ala della spalla per un'altezza variabile da 3.57m a 4.47m a seconda della spalla.



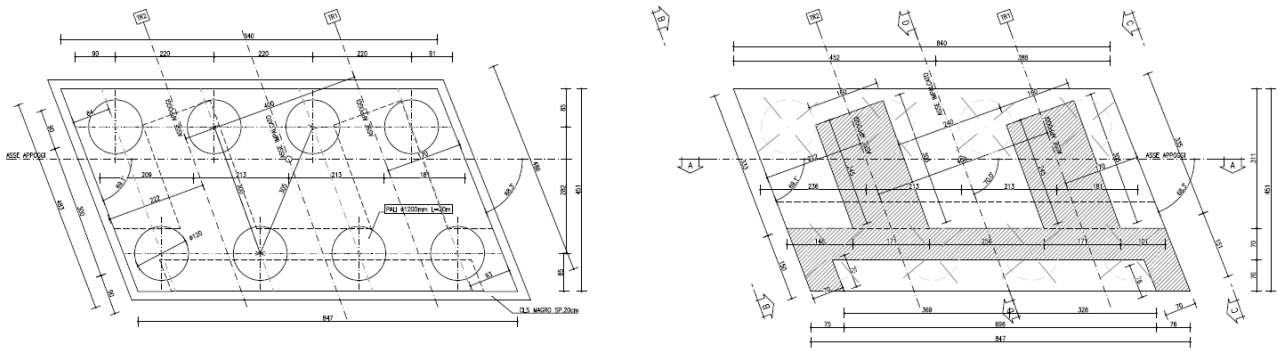
Spalla 1 – carpenteria elevazioni



Spalla 1 – carpenteria fondazioni

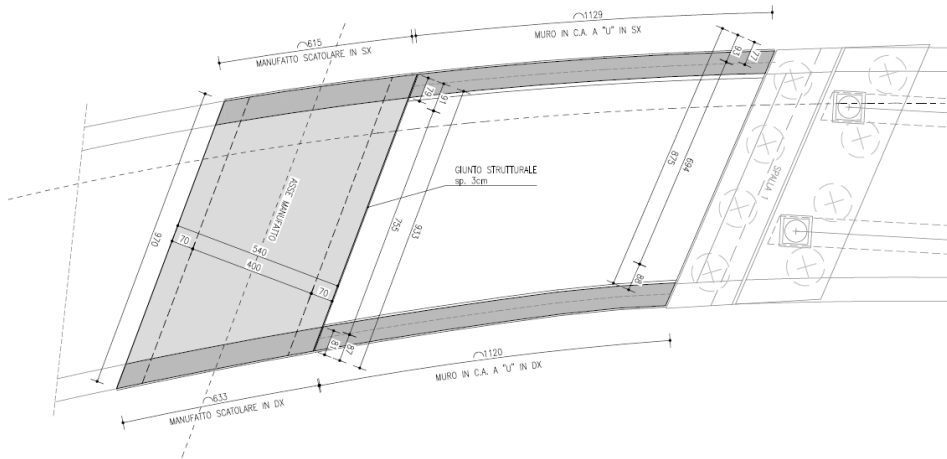


Spalla 2 – carpenteria elevazioni

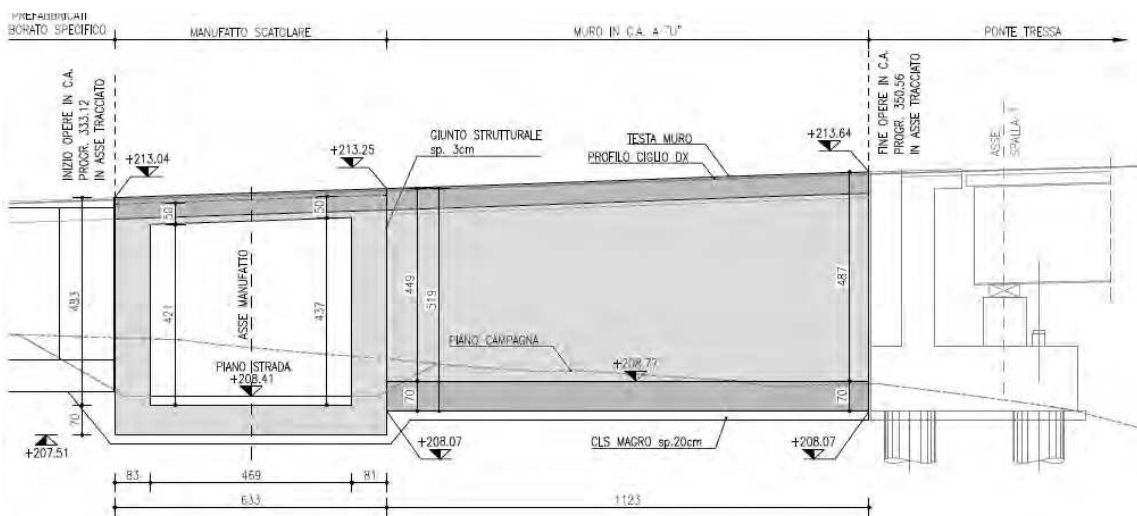


Spalla 2 – carpenteria fondazioni

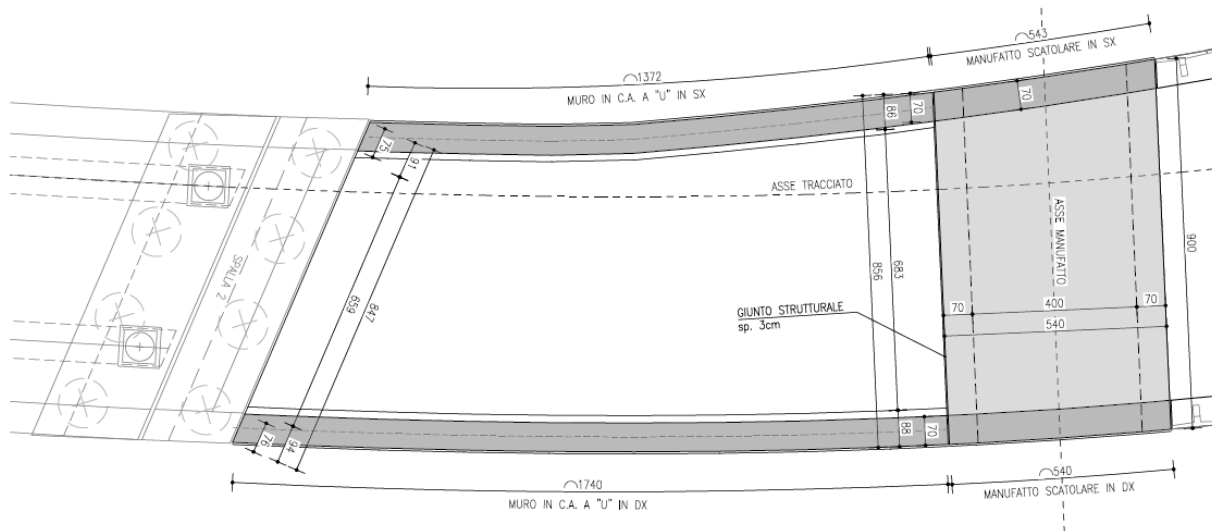
Per gli scatolari si prevede la realizzazione di una struttura di dimensione massima BxL pari a 5.40x6.45m con fondazione e soletta di spessore pari a 0.70m ed elevazioni, di altezza variabile a seconda della spalla, di spessore pari a 0.70m. La transizione tra le strutture scatolari e le spalle sono realizzate con dei muri a U riempiti in misto cementato fino alla quota di intradosso della pavimentazione con fondazione di spessore pari a 0.70m e muri rastremati con spessore pari a 0.83m alla base e 0.70m in testa.



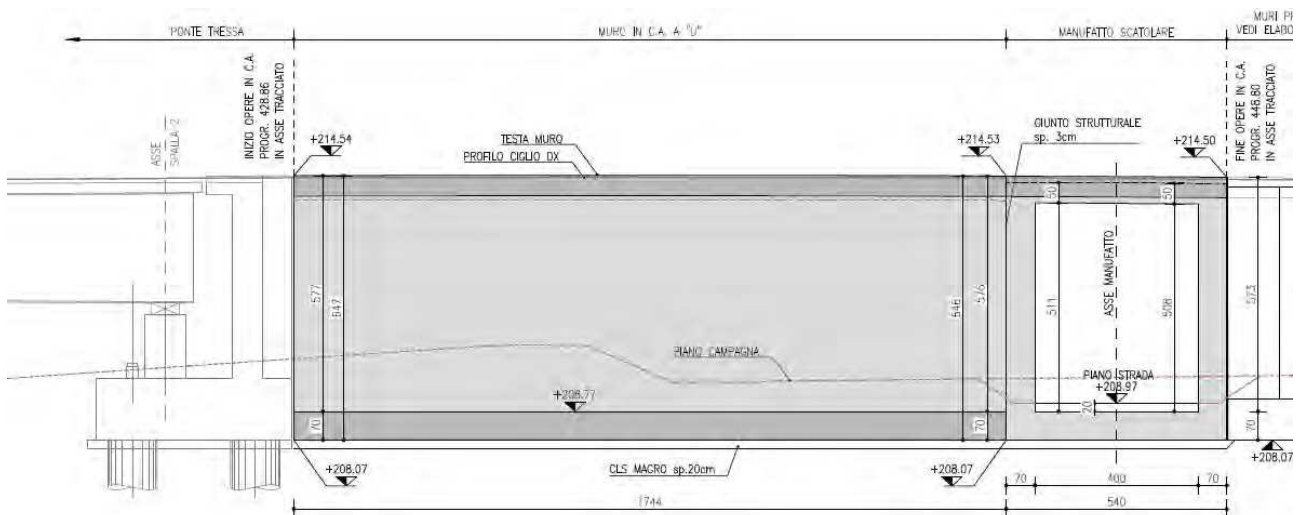
Scatolare e muro a U lato sud – carpenteria fondazioni



Scatolare e muro a U lato sud – carpenteria elevazioni



Scatolare e muro a U lato nord – carpenteria fondazioni



Scatolare e muro a U lato nord – carpenteria elevazioni

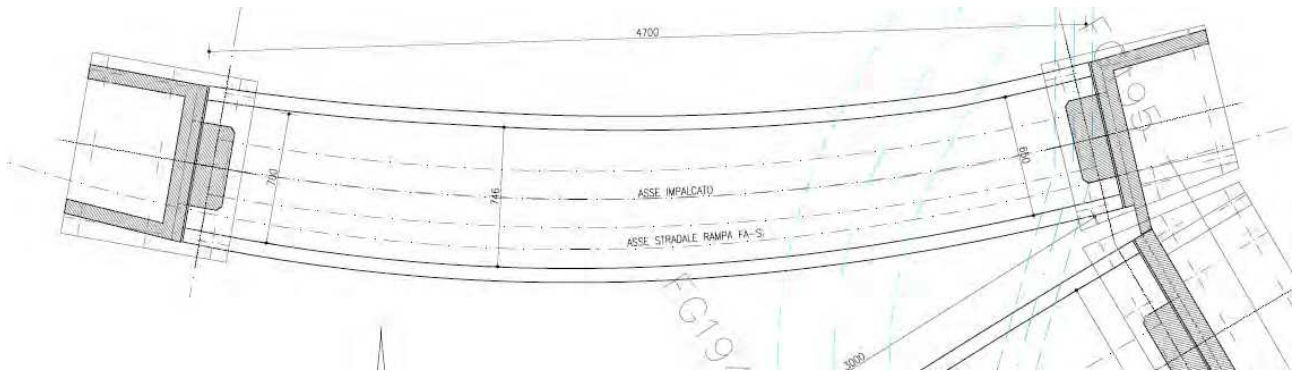
### 6.6.2.3 Ponte Fosso Borrino Rampa Fa-Si Svincolo Ruffolo

Il ponte, posto lungo la rampa Fa-Si dello svincolo di Ruffolo, realizza lo scavalco del Fosso Borrino e delle limitrofe strade di servizio e si inserisce immediatamente a lato del Viadotto Rilugio lungo la carreggiata ovest della via principale. L'impalcato è realizzato in sezione a cassone mista, composta da travi in acciaio solidarizzate ad una soletta d'estradosso in c.a..

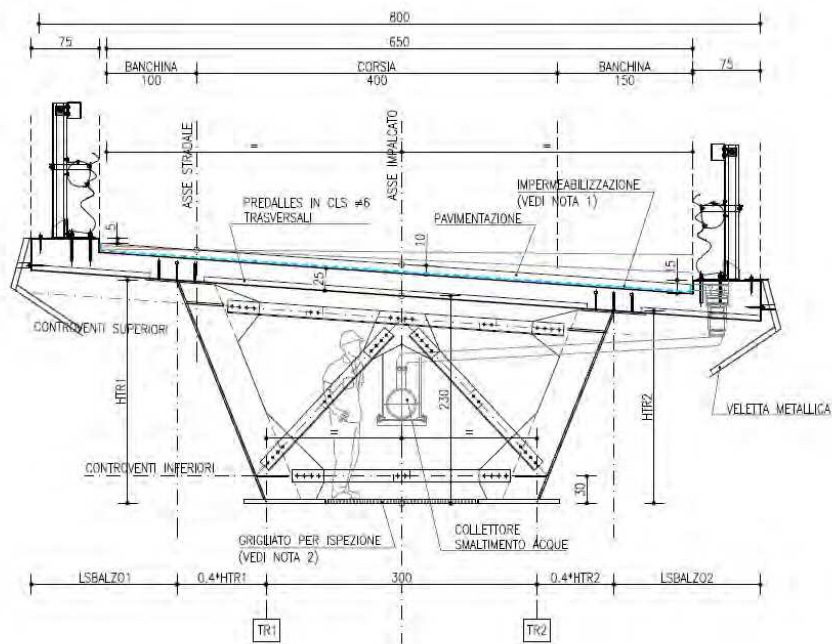
Le travi sono collegate in direzione trasversale da traversi reticolari nel piano verticale e irrigidite nel piano orizzontale da controventi disposti a "X" sia a livello inferiore che superiore. La sezione risulta pertanto torsio rigida in ogni condizione di costruzione.

L'impalcato si sviluppa su di una campata di 47m e presenta un andamento curvilineo.

Il sistema di vincolo è realizzato in schema tradizionale isostatico con punto fisso sulla spalla R2, tutti gli appoggi sono a disco elastomerico confinato in acciaio-teflon.



Pianta generale

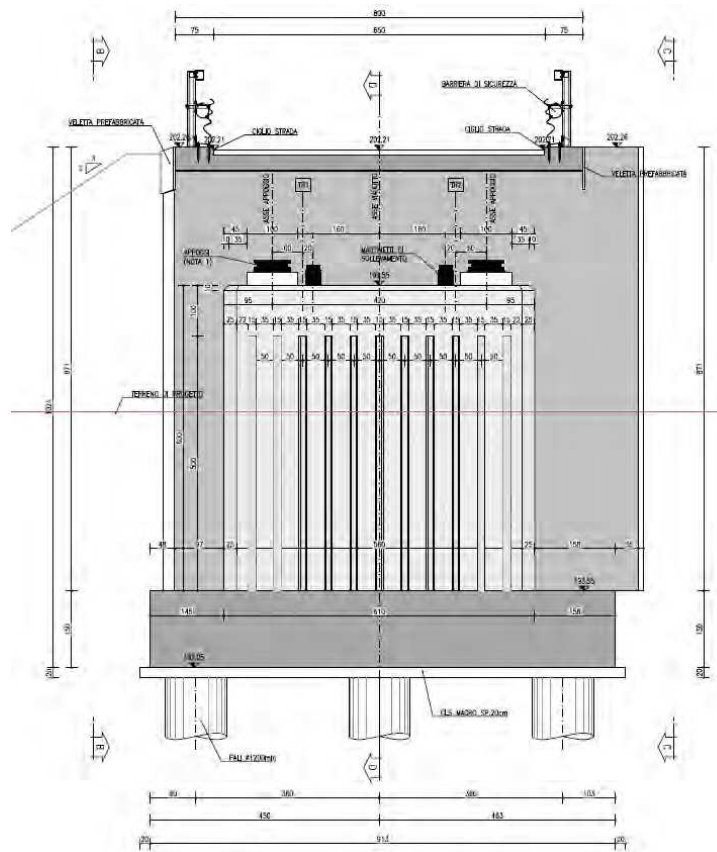


Sezione tipica impalcato

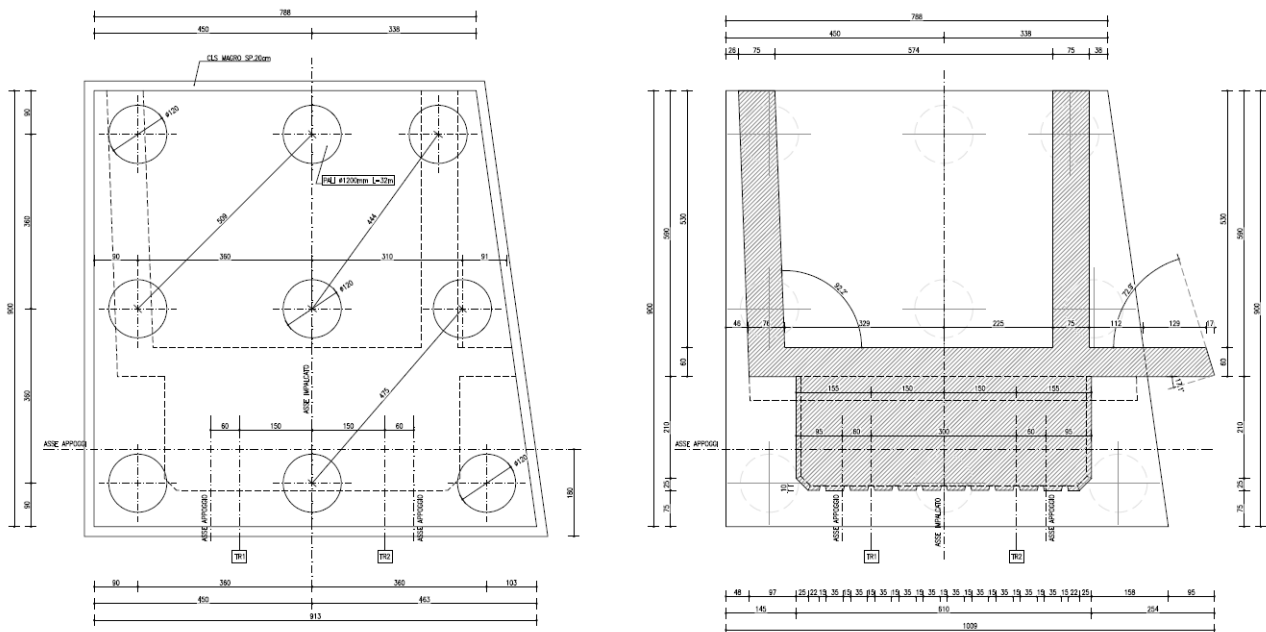
Le opere geotecniche accessorie al completamento dell'opera sono:

- Spalla, per spalla 1 – 2, fondata su 3x3 pali trivellati Ø1200 di lunghezza  $L=32.0\text{m}$ .

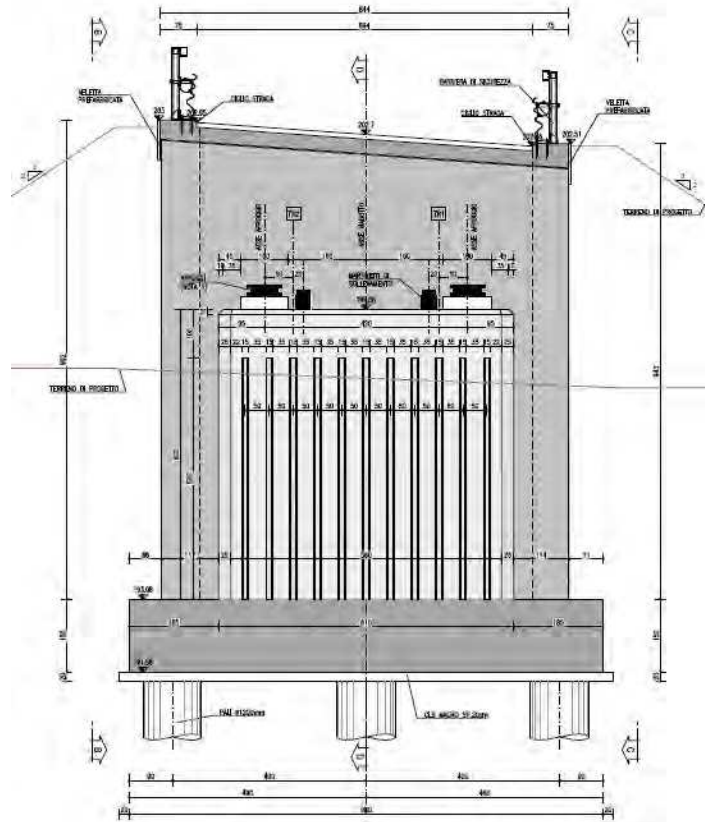
Per le spalle si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 9.80x9.00m. Dall'estradosso della fondazione si eleveranno i muri d'ala della spalla per un'altezza variabile da 8.71m a 9.92m a seconda della spalla.



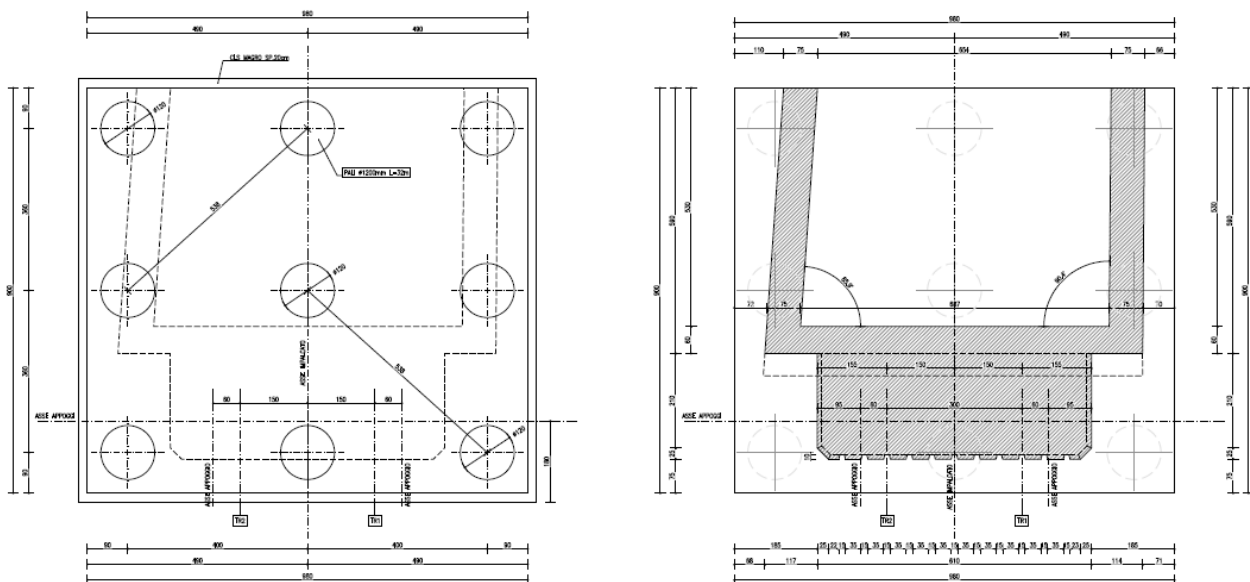
Spalla 1 – carpenteria elevazioni



Spalla 1 – carpenteria fondazioni



Spalla 2 – carpenteria elevazioni



Spalla 2 – carpenteria fondazioni

### 6.6.2.4 Ponte Fosso Borrino Rampa Gr-Si Svincolo Ruffolo

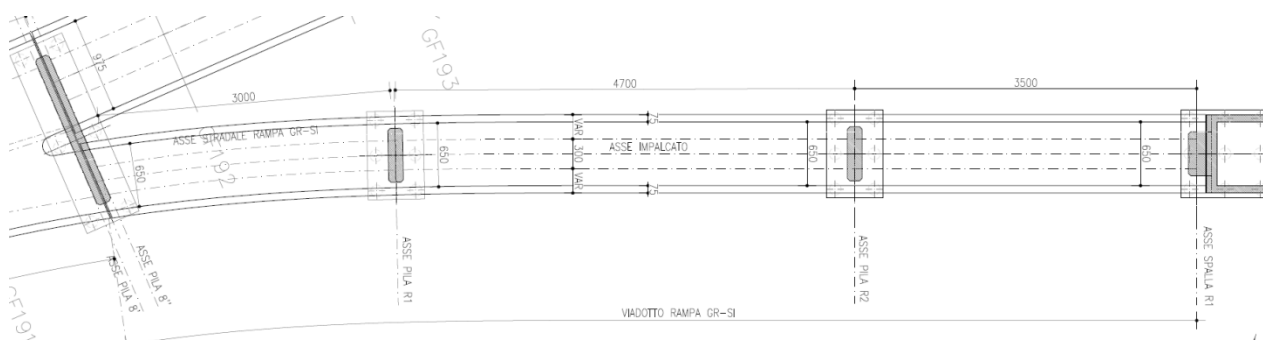
Il tratto iniziale della rampa Gr-Fi dello svincolo di Ruffolo, in continuità con il viadotto Rilugo della carreggiata Est della via principale, si sviluppa lungo un viadotto di tre luci sino a raggiungere la

quota adeguata per impostare la sede stradale in rilevato. L'impalcato è realizzato in sezione a cassone mista, composta da travi in acciaio solidarizzate ad una soletta d'estradosso in c.a.

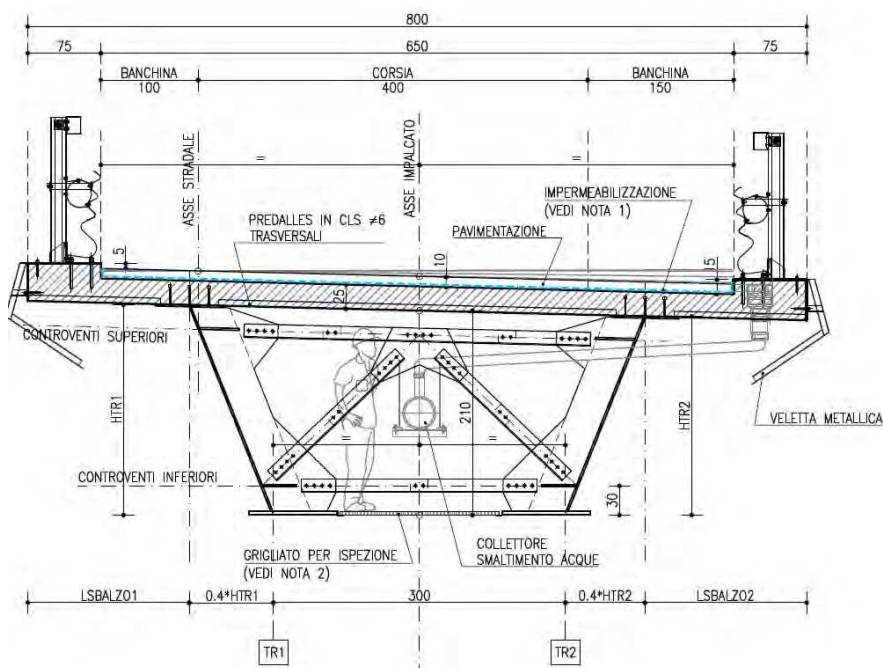
Le travi sono collegate in direzione trasversale da traversi reticolari nel piano verticale e irrigidite nel piano orizzontale da controventi disposti a "X" sia a livello inferiore che superiore. La sezione risulta pertanto torsiorigida in ogni condizione di costruzione.

L'impalcato, come detto, si sviluppa su 3 luci di 35+47+30 m e presenta un andamento generalmente rettilineo con una leggera curva sulla campata da 30 m.

Il sistema di vincolo è realizzato in schema tradizionale isostatico con punto fisso sulla spalla R1, tutti gli appoggi sono a disco elastomerico confinato in acciaio-teflon.



Pianta generale



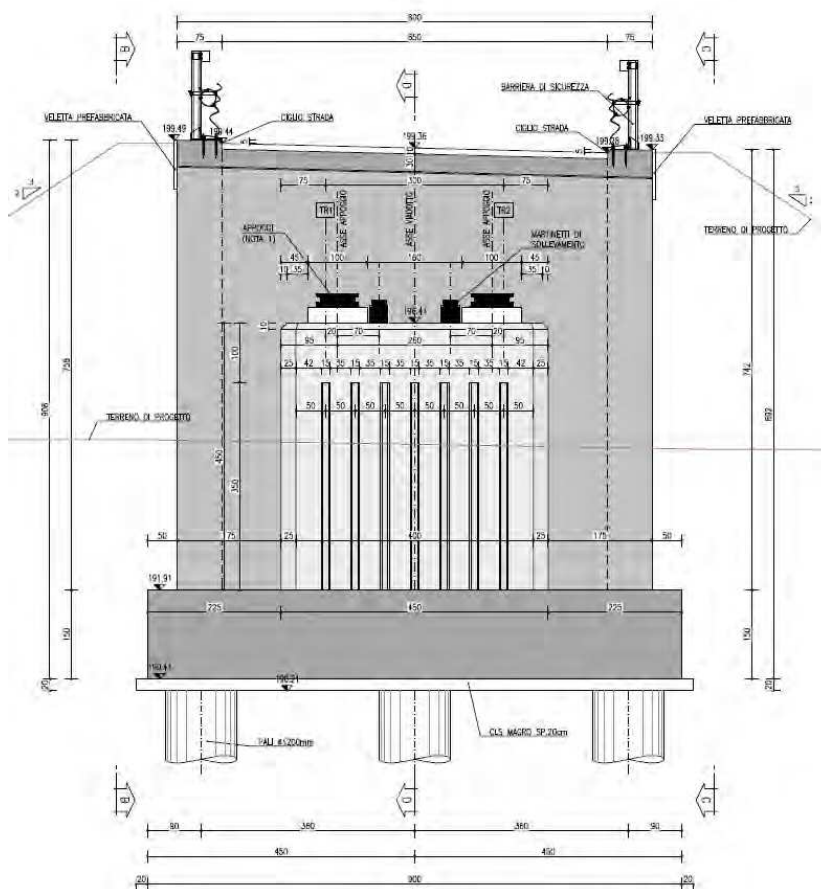
Sezione tipica impalcato

Le opere geotecniche accessorie al completamento dell'opera sono:

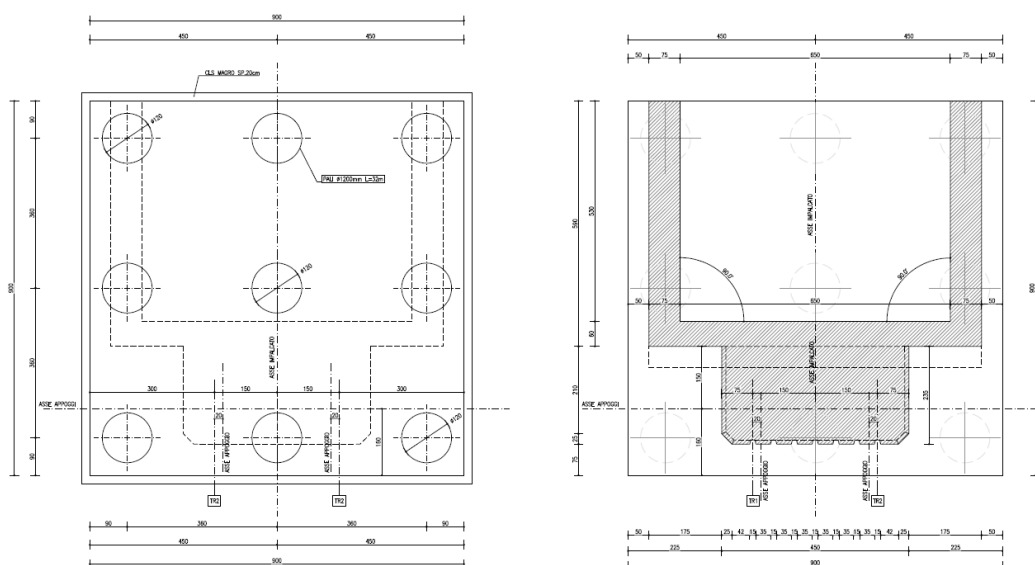
- Spalla, per la spalla 1, fondata su 3x3 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=32.0m.
- Pila, per le pile 1 – 2, fondata su 4x2 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=20.0m;



Per la spalla si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 9.00x900m. Dall'estradosso della fondazione si eleveranno i muri d'ala della spalla per un'altezza variabile da 7.42m a 7.58m.

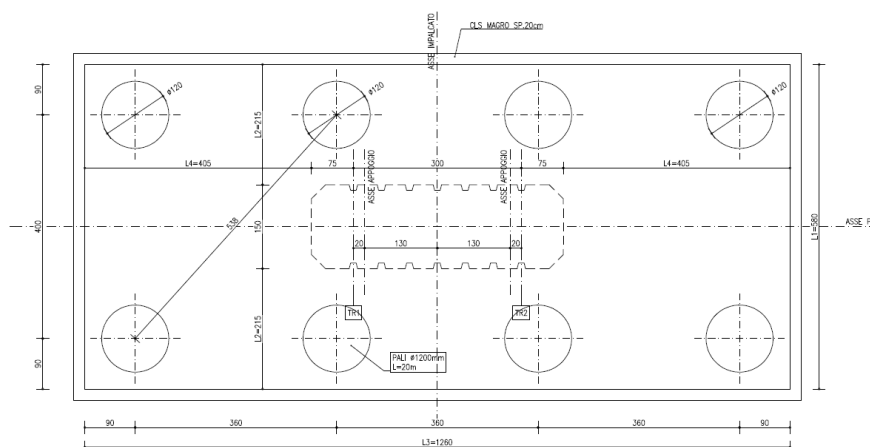


Spalla 1 – carpenteria elevazioni



Spalla 1 – carpenteria fondazioni

Per le pile si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 12.60x5.80m. Dall'estradosso della fondazione si eleveranno i fusti delle pile per un'altezza variabile da 7.50m a 10.00m.



Pila tipo – carpenteria pianta

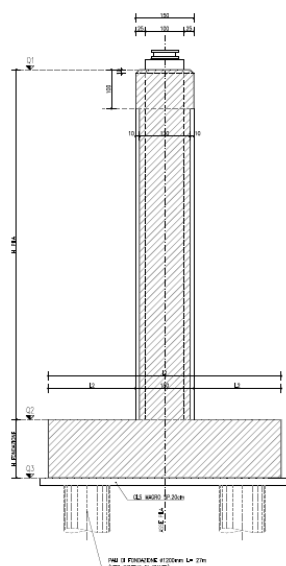


Figura 29: Pila tipo – carpenteria elevazioni

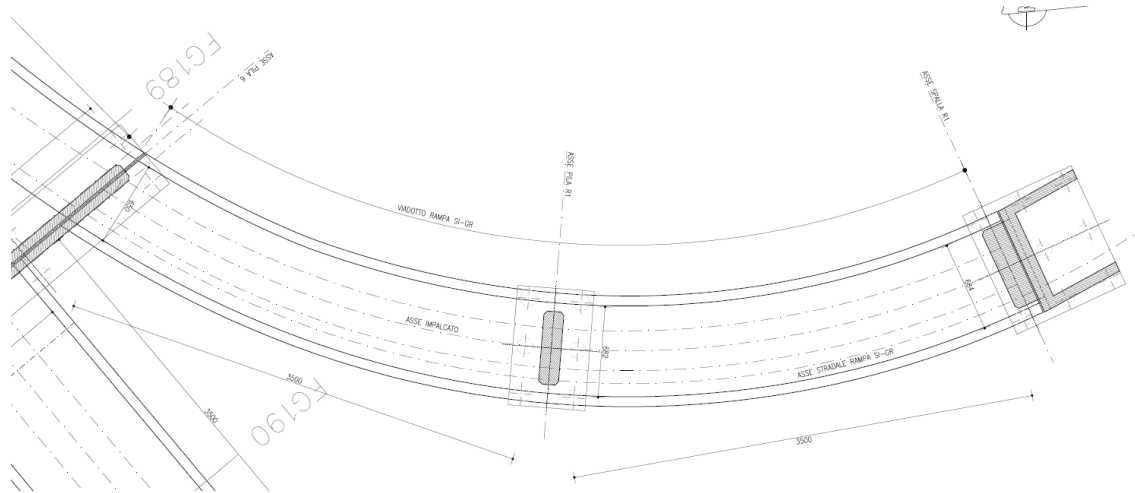
### 6.6.2.5 Viadotto Rampa Si-Gr Svincolo Ruffolo

Il tratto terminale della rampa Si-Gr dello svincolo di Ruffolo si sviluppa lungo un viadotto a due luci che si chiude in corrispondenza del Viadotto Rilugo Ovest. L'impalcato è realizzato in sezione a cassone mista, composta da travi in acciaio solidarizzate ad una soletta d'estradosso in c.a..

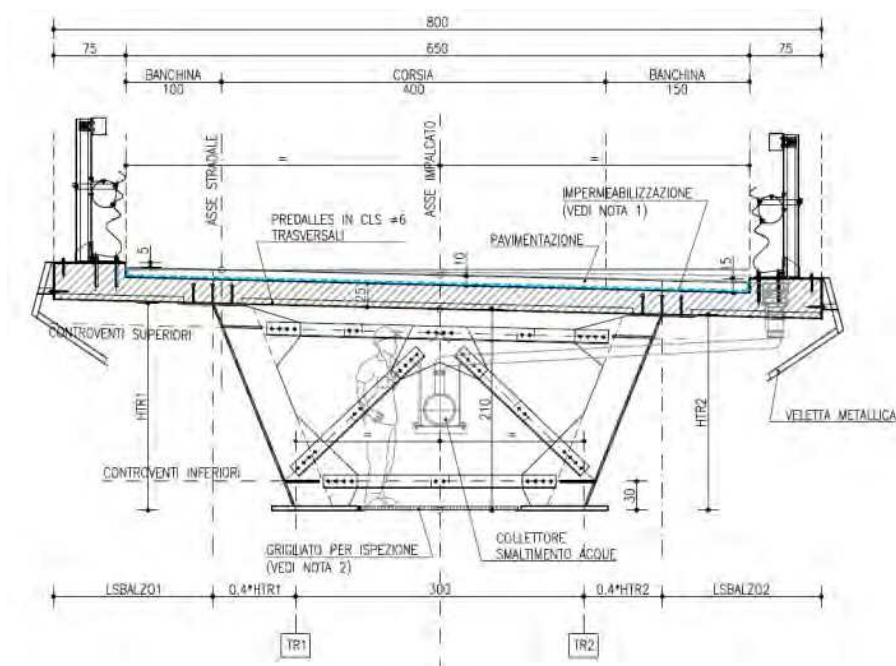
Le travi sono collegate in direzione trasversale da traversi reticolari nel piano verticale e irrigidite nel piano orizzontale da controventi disposti a "X" sia a livello inferiore che superiore. La sezione risulta pertanto torsiorigida in ogni condizione di costruzione.

L'impalcato si sviluppa su n°2 luci di 35+35 m e presenta un andamento in curva su entrambe le campate.

Il sistema di vincolo è realizzato in schema tradizionale isostatico con punto fisso sulla spalla R1, tutti gli appoggi sono a disco elastomerico confinato in acciaio-teflon.



Pianta generale

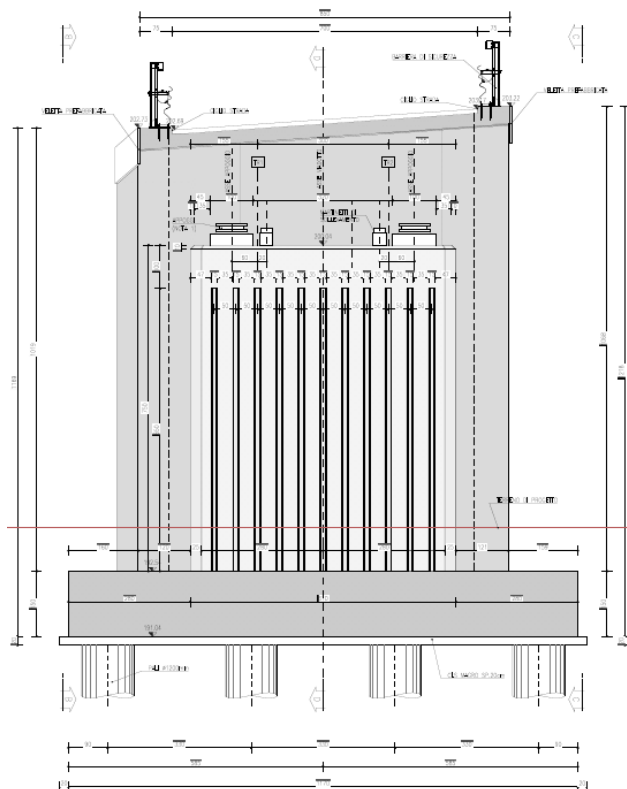


Sezione tipica impalcato

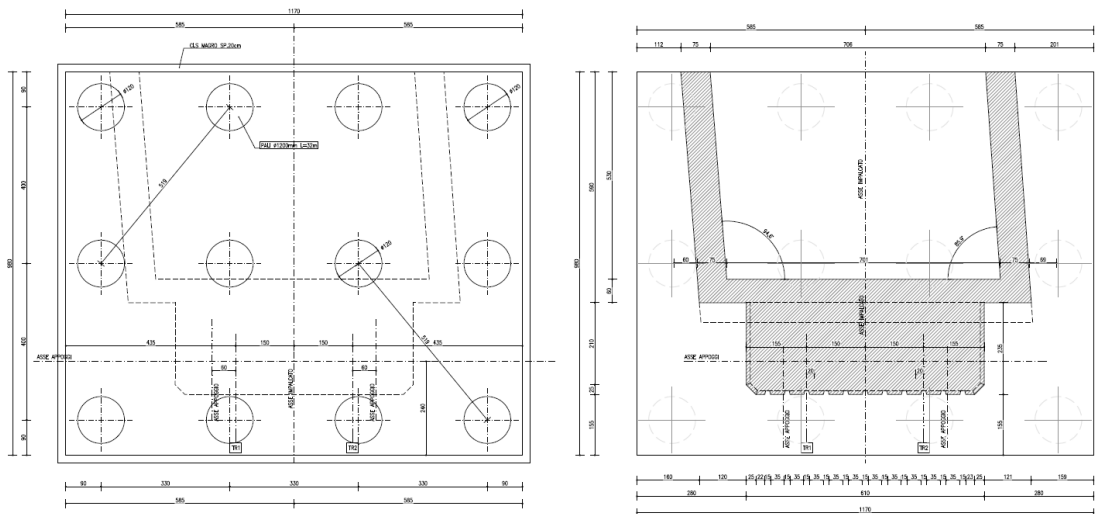
Le opere geotecniche accessorie al completamento dell'opera sono:

- Spalla, per la spalla 1, fondata su 4x3 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=32.0m.
- Pila, per la pila 1, fondata su 3x2 pali trivellati Ø1200 di lunghezza L=25.0m;

Per la spalla si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 11.7x9.80m. Dall'estradosso della fondazione si eleveranno i muri d'ala della spalla per un'altezza variabile da 10.19m a 10.68m.

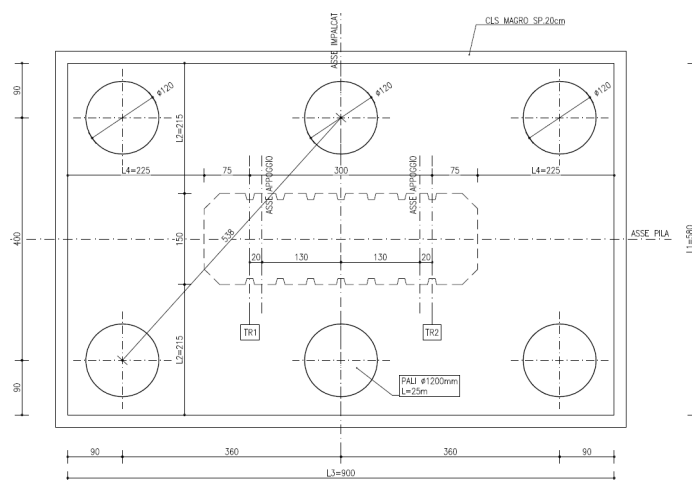


Spalla 1 – carpenteria elevazioni

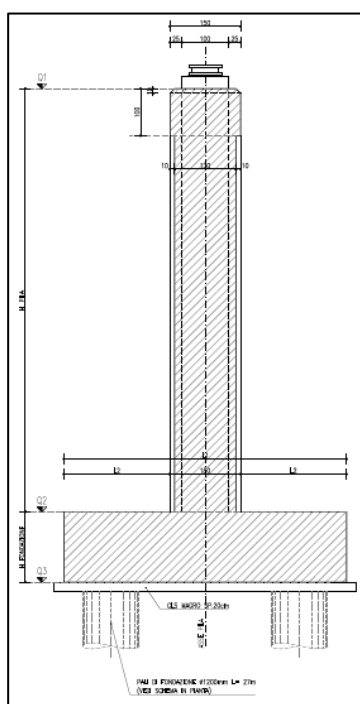


Spalla 1 – carpenteria fondazioni

Per le pile si prevede la realizzazione di una fondazione di spessore pari a 1.50m e dimensione in pianta pari a 9.00x5.80m. Dall'estradosso della fondazione si eleverà il fusto della pila per un'altezza di 11.00m.



Pila 1 – carpenteria pianta



Pila 1 – carpenteria elevazioni

### 6.6.2.6 Ponte linea ferroviaria Siena Buonconvento

Ai margini dello svincolo di Ruffolo, in corrispondenza della curva terminale dell'intervento, il tracciato della statale è scavalcato, per mezzo di un ponte, dalla linea a semplice binario, non elettrificata, Siena – Buonconvento. La stessa ferrovia, superata la statale, continua al di sopra della Strada provinciale del Ruffolo collocata sul margine nord della stessa statale e confinata all'interno di un manufatto scatolare addossato alla spalla del ponte. L'interferenza con l'ampliamento della E78 è risolta attraverso la realizzazione di un nuovo ponte a luce unica al di sopra delle due infrastrutture stradali. Sia l'attuale ponte che il vicino manufatto scatolare verranno demoliti integralmente fatto salvo le parti sottostanti il terreno e non interferenti con le nuove opere di fondazione.

Le principali caratteristiche strutturali della sovrastruttura sono riportate di seguito.

Tipologia strutturale	Ponte metallico a struttura reticolare, con impalcato composto da diagonali, traversi, elementi verticali e travi catena
Schema statico verticale	Isostatico in semplice appoggio, singola campata
Numero di binari	Impalcato a singolo binario
Materiale	L'acciaio previsto è tipo S355K2W
Posizionamento tracciato	Andamento planimetrico in curva con raggio R=375m Profilo altimetrico piatto
Elevazione	Elevazione della catena superiore rispetto alla catena inferiore: $f = 8,40$ m (Rapporto $f/L = 8.4/62 = 1/7.38$ )
Schema statico orizzontale	Iperstatico (spalla mobile: 1 multidirezionale + 1 longitudinale unidirezionale; spalla fissa: 1 dispositivo di supporto fisso + 1 trasversale unidirezionale)
Dispositivi di appoggio	Appoggi in elastomero armato confinato
Giunti di spostamento e dilatazione	Ad entrambe le estremità dell'impalcato
Giunti di spostamento dei binari	Previsto 1 giunto di rotaia lato spalla mobile
Lunghezza campata	62.00 m fra gli appoggi
Tipo di armamento	Su ballast, con cassone in calcestruzzo non collaborante
Velocità di linea	$V = 160$ km/h
Controventature	Mediante campi controventati con aste metalliche nel piano orizzontale superiore e inferiore dell'impalcato

Le figure che seguono descrivono i tratti essenziali delle strutture.

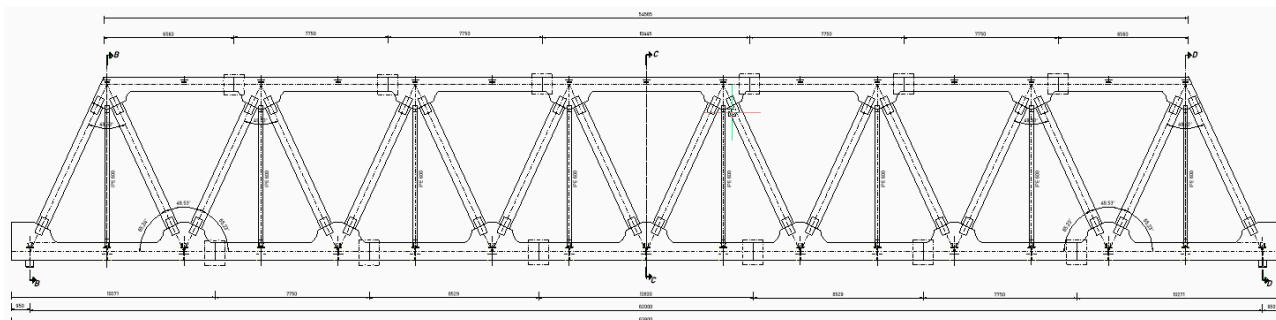


Figura 30: aspetto generale dell'impalcato – prospetto

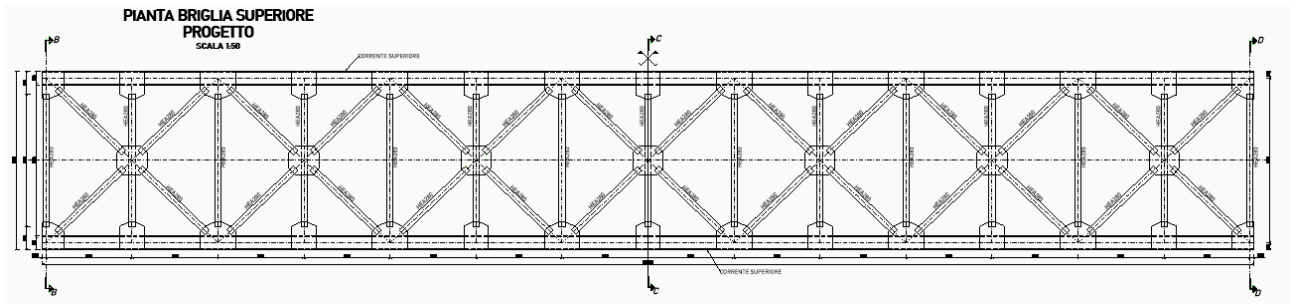


Figura 31: aspetto generale dell'impalcato – pianta superiore

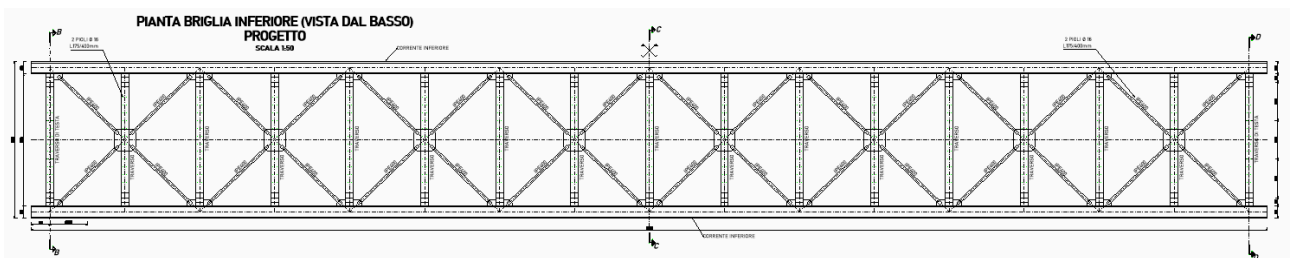
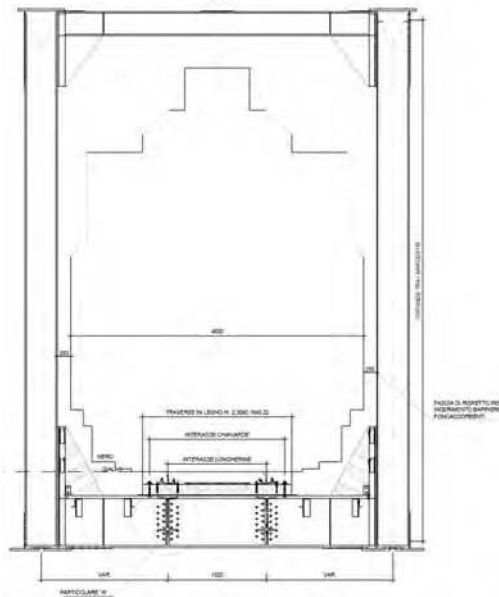
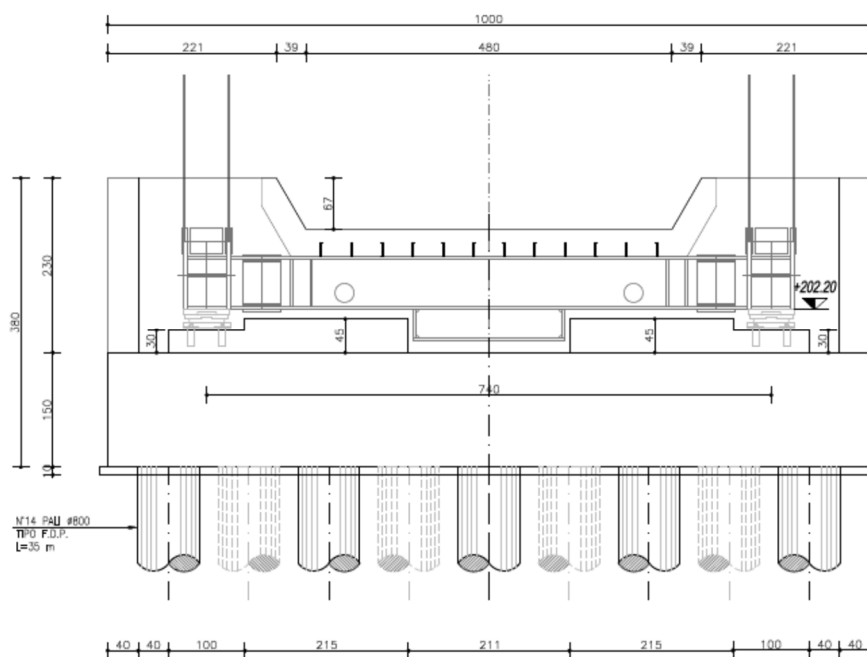


Figura 32: aspetto generale dell'impalcato – pianta inferiore



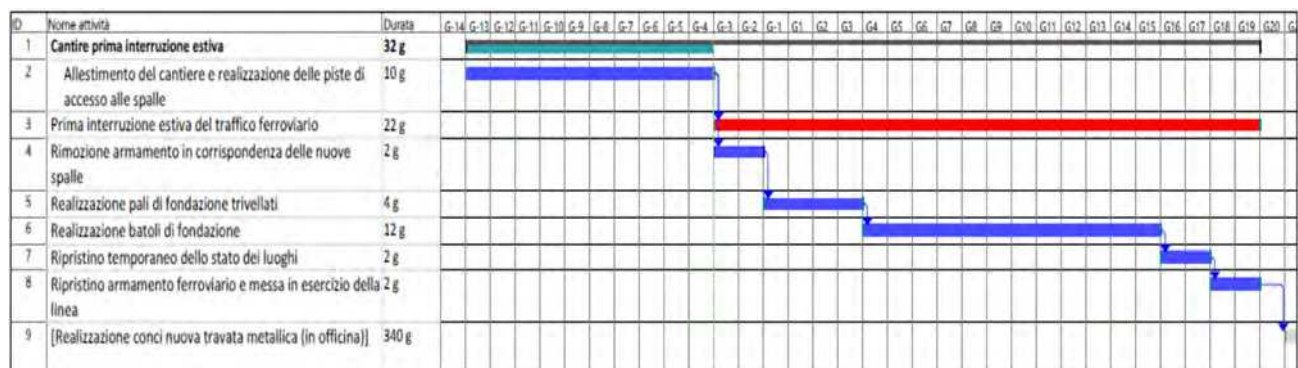
Le spalle sono di tipologia tradizionale, ovvero in calcestruzzo gettato in opera, poggianti su pali trivellati che in questo caso sono di tipologia FDP, in quanto si ha la necessità di attingere a resistenze ed efficienza maggiore rispetto a quelli trivellati tradizionali, tenendo anche in considerazione i carichi elevati e la relativa limitazione geometrica entro cui inscrivere i plinti.



Le fasi realizzative del ponte sono state pensate in modo da assecondare le esigenze di esercizio della linea e sfruttare quindi finestre temporali di interruzione della linea indicate da RFI. In relazione a ciò gli interventi in corrispondenza del binario saranno cadenzati su due successive interruzioni:

- Nella prima sospensione dell'esercizio della linea si prevede di realizzare le fondazioni e le spalle del ponte;
- Nella seconda sospensione dell'esercizio si procederà con il varo dell'impalcato precedentemente assemblato a piè d'opera.

Di seguito è riportato il cronoprogramma dei lavori di costruzione del ponte dove, per una migliore leggibilità non sono dettagliate per intero le lavorazioni che intercorrono fra un'interruzione e la successiva, corrispondente alla produzione della travata in carpenteria metallica in officina.



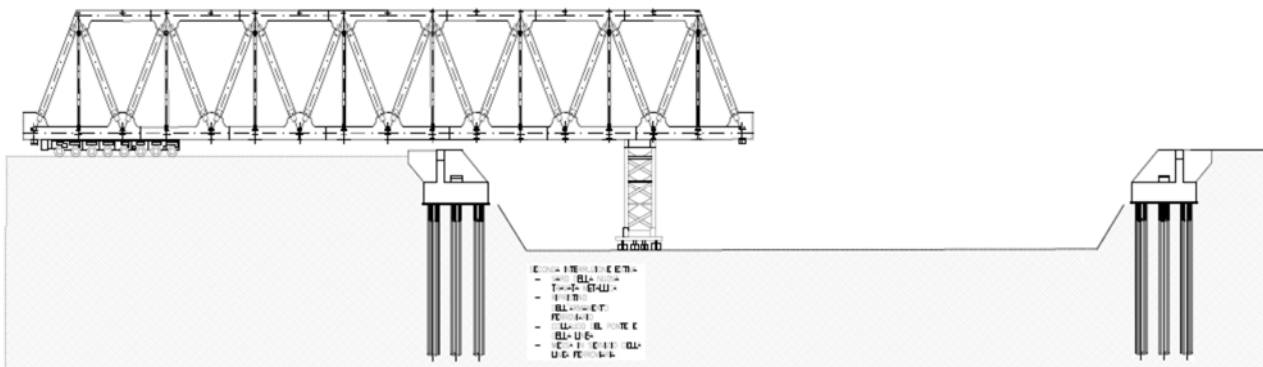
*cronoprogramma prima interruzione*



9	[Realizzazione conci nuova travata metallica (in officina)]	340 g	
10	Cantiere seconda interruzione estiva	40 g	
11	Creazione del terrapieno a fianco della linea approvvigionamento dei conci e assemblaggio dell'impalcato	20 g	
12	Posizionamento su carrelloni di varo	2 g	
13	Seconda interruzione estiva del traffico ferroviario	20 g	
14	Rimozione armamento e ballast per il tratto interessato	2 g	
15	Esposizione dei batoli di fondazione, installazione e regolazione appoggi	2 g	
16	Demolizione contemporanea e completa degli impalcati, delle elevazioni	8 g	
17	Preparazione della fascia di transito dei carrelloni	2 g	
18	Preparazione del rilevato ferroviario per passaggio carrelloni	3 g	
19	Traslazione impalcato in allineamento di varo su rilevato ferroviario	2 g	
20	Varo in avanzamento, rotazione e posizionamento su appoggi provvisori sulle fondazioni	1 g	
21	Calaggio sugli appoggi definitivi	1 g	
22	Ripristino della sede stradale della E78 e riapertura al traffico definitiva	2 g	
23	Posizionamento armamento sul ponte e controlli	4 g	
24	Prova di carico statica e dinamica (notturno, chiusura della E78 sottostante)	1 g	

*cronoprogramma seconda interruzione*

Per quanto riguarda la fase di varo, si prevede di ricorrere ad una traslazione dell'intera travata metallica, precedentemente assemblata su rilevato artificiale a nord della linea (da qui l'altimetria si presenta più favorevole) mediante l'utilizzo di carrelloni. Questa tecnologia è stata già impiegata in diverse occasioni simili e con impalcati di peso maggiore, e garantisce quindi affidabilità e rapidità d'esecuzione.



*Esempio di varo del nuovo ponte della Bologna-Venezia sulla A14 Foto Gruppo FS Italiane*

**RTP di progettazione:**

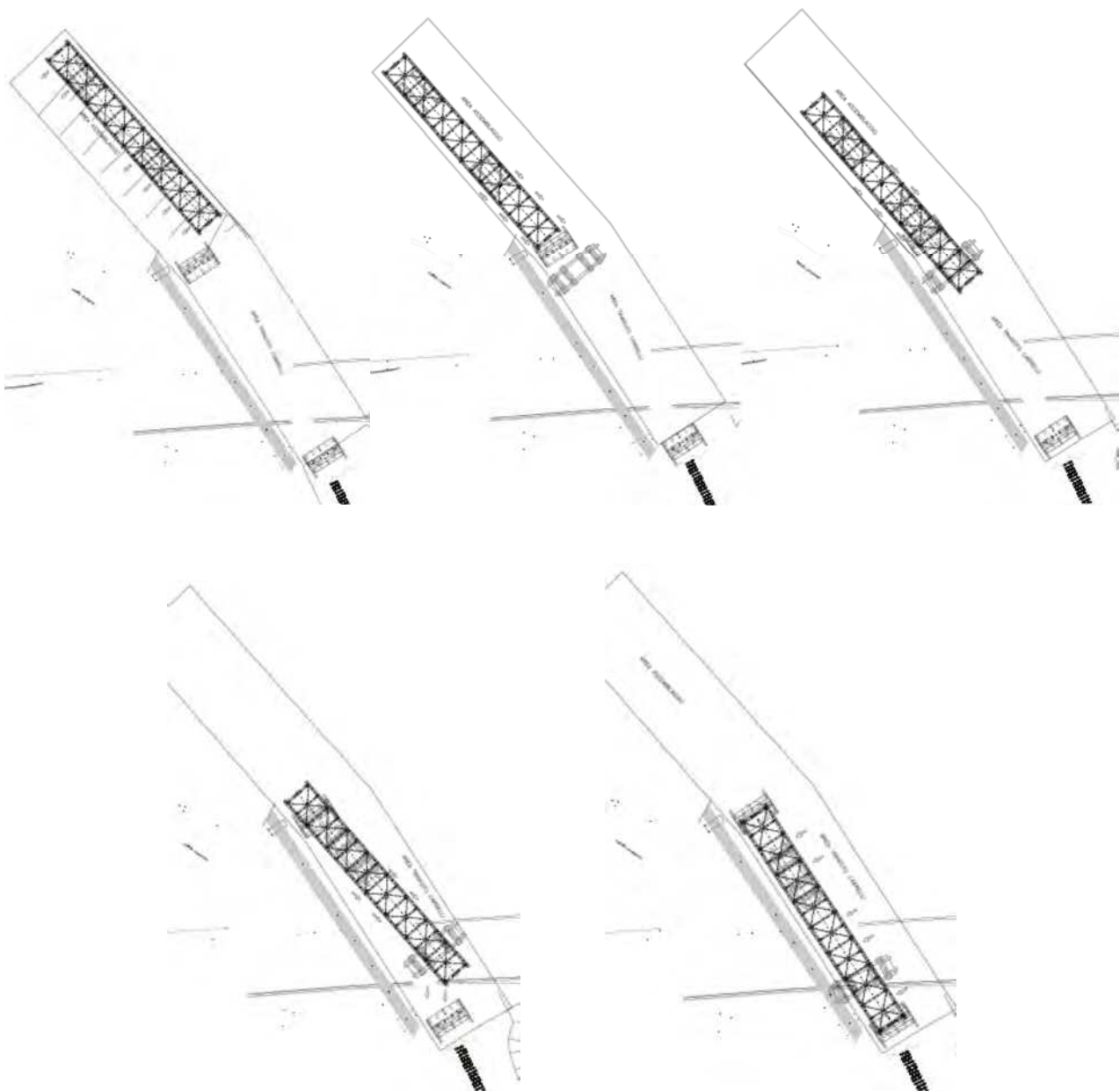
**Mandataria:**

**Mandanti:**



Il varo della travata metallica, precedentemente realizzata in un cantiere allestito in un'area adiacente, avverrà con l'utilizzo di una pila di sostegno mobile, che attraverserà perpendicolarmente sia la strada statale sia la strada provinciale adiacente, sostenendo il ponte e accompagnandolo fino all'appoggio definitivo sugli impalcati.

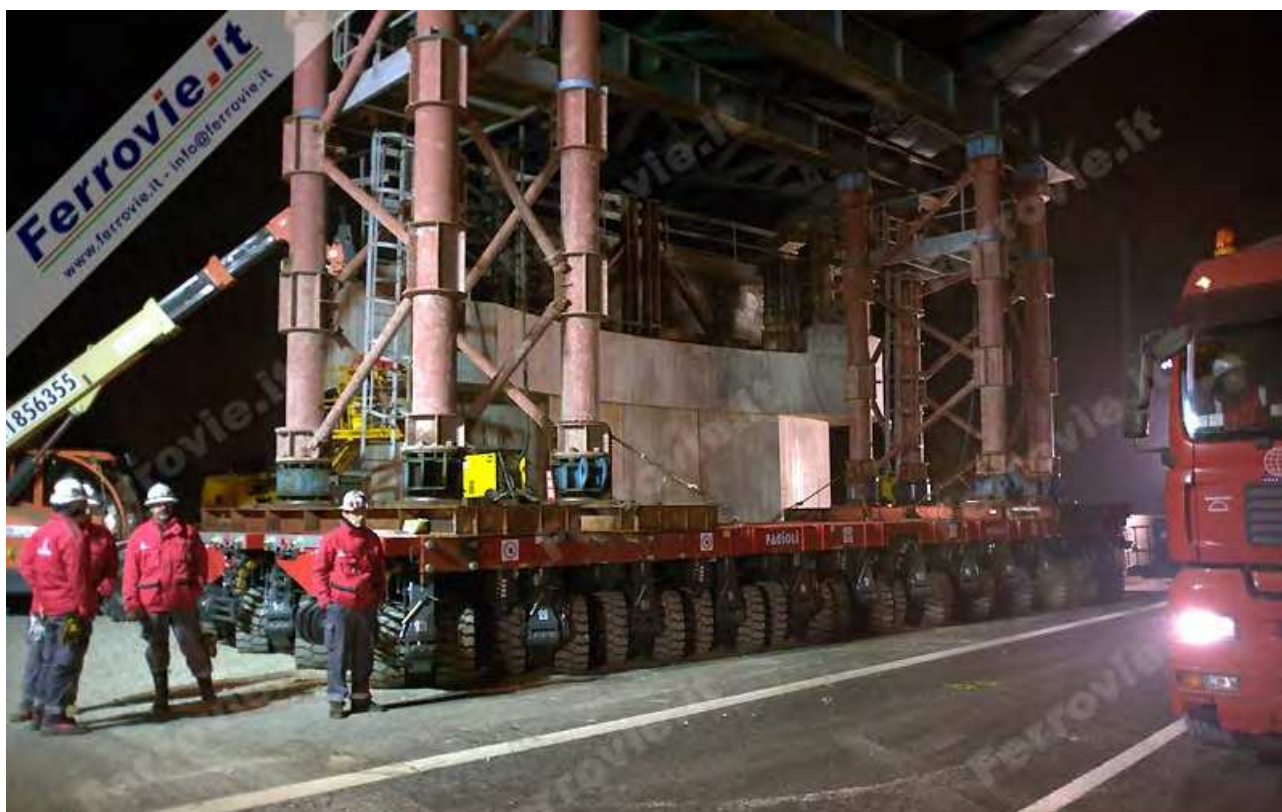
Alla singola chiusura notturna delle strade sottostanti, il ponte viene traslato sui binari e fatto avanzare fino a che la parte frontale non oltrepassa la nuova spalla e viene presa in carico da una pila di sostegno mobile (carrellone) che, in coppia con quello retrostante, può avanzare e ruotare fino al raggiungimento della spalla opposta, e quindi permettere il calaggio del manufatto sugli apparecchi d'appoggio.



*Fasi di varo notturno dell'impalcato mediante carrelloni*

Fasi varo travata metallica:

- Chiusura completa al traffico;
- regolarizzazione del piano di rotolamento dei carrelloni nel tratto di attraversamento delle carreggiate autostradali (per superare il dislivello dovuto alla pendenza trasversale);
- avanzamento per gran parte del percorso;
- trasferimento della parte posteriore su sistema di skiddaggio (in tale fase la rimanente lunghezza di appoggio posteriore dell'impalcato metallico è minore della lunghezza dei carrelli SPMT);
- allontanamento dei carrelli semoventi posteriori;
- completamento dell'avanzamento;
- correzioni finali della posizione planimetrica;
- trasferimento del carico su appoggi provvisori su entrambe le pile.
- Allontanamento della torre di varo;
- asportazione degli elementi di regolarizzazione della superficie di traslazione dei carrelli;
- ripristino delle barriere di sicurezza fra le carreggiate;
- riapertura al traffico;
- calaggio sugli appoggi definitivi;
- ricostruzione del tratto muro di controripa demolito per consentire il passaggio dei carrelloni.



*Esempio di pila di sostegno mobile*

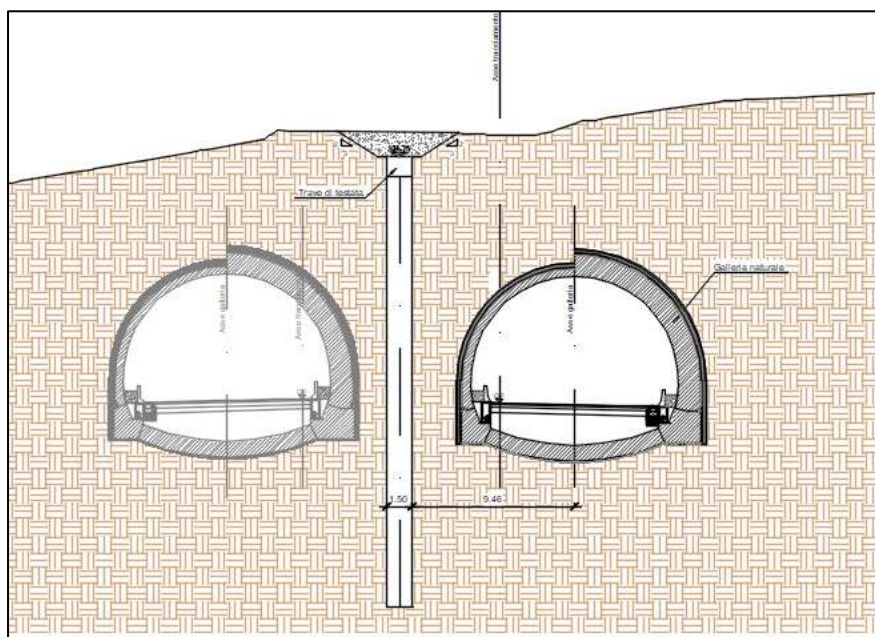
### 6.6.3 Gallerie

Nel seguito è riportata la descrizione delle due gallerie San Lazzero e Bucciano presenti in progetto. Per tali gallerie, ad oggi esistenti in singola canna bidirezionale (con sezione stradale assimilabile al tipo C2), è previsto il raddoppio delle carreggiate mediante la realizzazione di una nuova galleria (carreggiata est) e il rifacimento con ampliamento della galleria esistente (carreggiata ovest) per adeguamento della carreggiata alla sezione stradale di tipo B.

Durante la realizzazione delle due gallerie, verrà sempre mantenuta in esercizio la viabilità esistente; i lavori di costruzione della nuova viabilità avverranno pertanto secondo le seguenti fasi esecutive:

1. realizzazione della nuova canna (carreggiata est) con traffico in esercizio sulla canna esistente;
2. rifacimento della canna esistente (carreggiata ovest) a seguito dello spostamento del traffico sulla canna nuova ultimata.

Dal momento che le gallerie San Lazzero e Bucciano attuali resteranno in esercizio durante la fase di costruzione delle rispettive canne est, al fine di preservare le relative strutture esistenti da eventuali interferenze dovute alle adiacenti lavorazioni, si è prevista, prima dell'inizio delle operazioni di scavo, l'esecuzione di un diaframma di protezione da realizzarsi nel setto di terreno in mezzo alle due canne. A titolo di esempio si riporta nella figura seguente una sezione trasversale in corrispondenza del tratto di galleria Bucciano scavato in naturale in cui è visibile il diaframma di protezione.



La realizzazione dei diaframmi lungo il tratto in naturale verrà necessariamente eseguito da piano campagna. Tale operazione dovrà essere effettuata per fasi al fine di garantire il mantenimento della viabilità di superficie, con particolare riguardo alla strada statale Cassia, secante il tracciato della Galleria San Lazzero, per la quale le lavorazioni verranno eseguite con la parzializzazione delle corsie.

### 6.6.3.1 Galleria San Lazzerò

La canna est della galleria San Lazzerò si estende tra le progressive km 1+232.72 (imbocco lato Grosseto) e km 1+388.64 (imbocco lato Fano) e presenta una lunghezza complessiva di 155.92 m, di cui 40.83 m in naturale e 86.99 m (lato Grosseto) + 28.10 m (lato Fano) in artificiale.

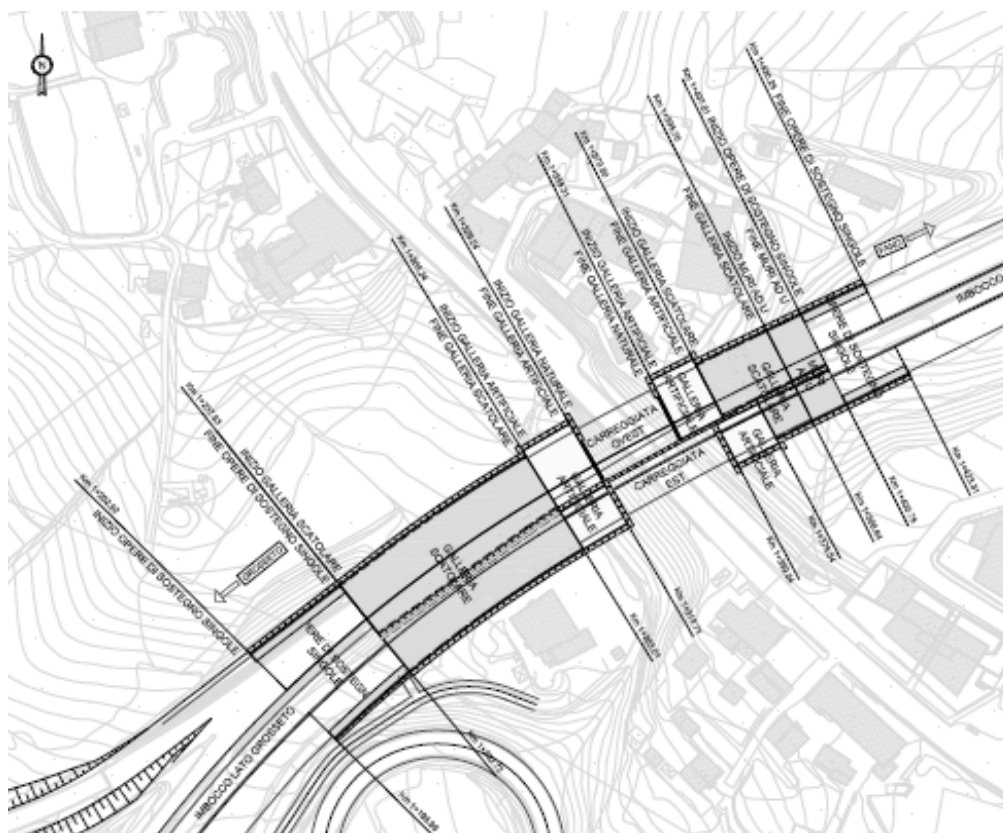
La canna ovest si estende tra le progressive km 1+237.63 (imbocco lato Grosseto) e km 1+395.70 (imbocco lato Fano) e presenta una lunghezza complessiva di 158.07 m, di cui 29.07 m in naturale e 88.61 m (lato Grosseto) + 40.39 m (lato Fano) in artificiale.

La galleria si sviluppa in un contesto superficiale caratterizzato dal sottopassaggio del rilevato stradale della S.S. Cassia, oltre che dalla presenza di alcune abitazioni dislocate ai lati del tracciato nel tratto di galleria in artificiale.

La galleria relativa alla carreggiata ovest ripercorre il tracciato della galleria esistente con una sezione di scavo di dimensioni maggiori; lungo tale tracciato, le indagini geognostiche svolte in sito hanno evidenziato la presenza di materiale di riporto antropico in adiacenza alla galleria esistente, avvalorando l'ipotesi di realizzazione dell'opera a cielo aperto (sbancamento, getto della galleria artificiale e successivo ricoprimento).

In sede di progetto esecutivo, sarà necessario approfondire le indagini per verificare tale assunzione nonché accertarsi dell'assenza di eventuali opere di sostegno preesistenti che potrebbero interferire con l'esecuzione della nuova galleria.

Nella figura seguente è mostrato il tracciato della galleria San Lazzerò.



Entrambe le canne della galleria San Lazzerò sono situate su un tratto di tracciato in cloide a

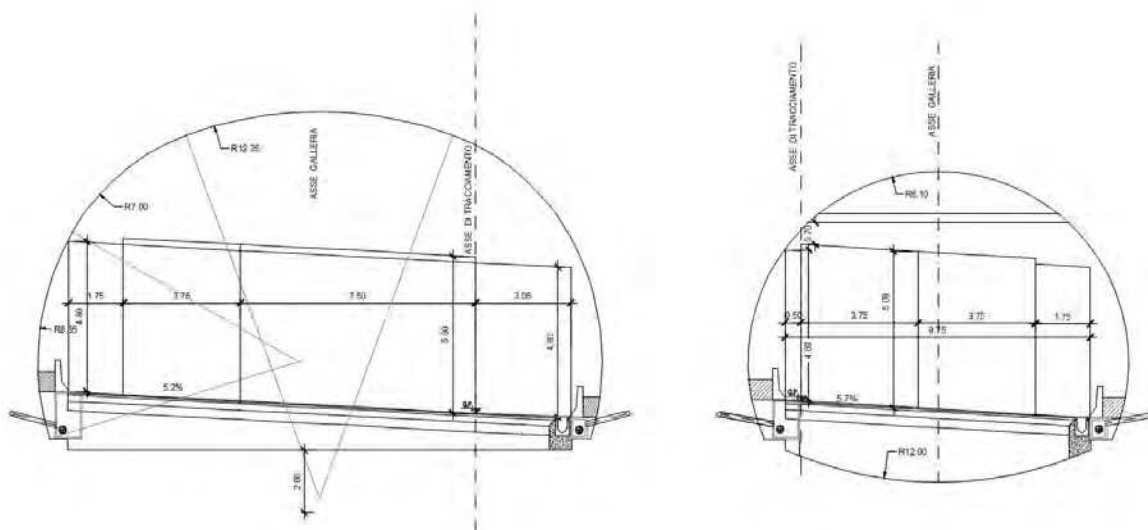
eccezione indicativamente dei primi 30 m lato Grosseto in cui sono in curva circolare.

La canna est della galleria San Lazzerò contiene una piattaforma stradale con larghezza complessiva di 9.75 m, costituita da due corsie con medesimo senso di marcia di larghezza 3.75 m e due banchine di larghezze rispettivamente 1.75 m e 0.5 m. Procedendo verso l'imbocco lato Grosseto, la larghezza della piattaforma stradale aumenta al fine di garantire la visibilità in curva.

La canna ovest della galleria San Lazzerò contiene una piattaforma stradale con larghezza di 13.5 m (lato Fano), la quale ospita tre corsie di larghezza 3.75 m di cui due di marcia e una di decelerazione per l'uscita allo svincolo (situato poco dopo l'imbocco lato Grosseto della galleria) e due banchine di larghezze rispettivamente 1.75 m e 0.5 m. Procedendo verso l'imbocco lato Grosseto, la larghezza della piattaforma stradale aumenta al fine di garantire la visibilità in curva.

La pendenza trasversale della piattaforma stradale per entrambe le canne è variabile e raggiunge il valore massimo del 7% nella zona di imbocco lato Grosseto.

La sagoma utile è stata mantenuta di altezza (misurata in verticale) pari a 5 m nelle corsie di marcia e pari a 4.8 m nelle banchine laterali come visibile dalla seguente figura.



Altimetricamente, il tracciato di entrambe le canne della galleria San Lazzerò presenta un andamento a schiena d'asino con il punto di massimo situato rispettivamente per la canna est in prossimità dell'imbocco lato Grosseto e per la canna ovest nel tratto centrale. La pendenza massima raggiunta è pari a circa 0.75% per la canna est e 0.43% per la ovest.

Su entrambi i lati della pavimentazione a salvaguardia dello svio degli automezzi sono ubicati profili ridirettivi a tergo dei quali sono messe a disposizione delle aree per eventuali canalizzazioni impiantistiche.

Relativamente ai sistemi di drenaggio, per entrambe le canne è stato previsto quanto segue:

- canaletta prefabbricata in calcestruzzo continua su tutto lo sviluppo della canna posta

all'interno della sede stradale in adiacenza al ciglio inferiore, atta alla raccolta dei liquidi eventualmente scolanti sulla piattaforma (per esempio liquidi di lavaggio o accidentalmente sversati in caso di incidenti che possono coinvolgere autobotti o mezzi di trasporto di sostanze pericolose).

- due tubazioni in PVC  $\phi$  250, disposte lungo i margini della carreggiata, per la raccolta, mediante pozzetti in cls con interasse 25m, delle acque di infiltrazione preliminarmente convogliate lungo tubazioni di drenaggio in PVC  $\phi$  160 poste a tergo del rivestimento definitivo ai piedi della calotta e a contatto con il terreno;

Per il tratto di galleria realizzato in naturale è prevista la metodologia di scavo in tradizionale.

In tali tratte le coperture risultano variabili da un minimo di circa 3 m in corrispondenza delle sezioni di imbocco, fino a un massimo di circa 10 m.

#### 6.6.3.1.1 Contesto geologico

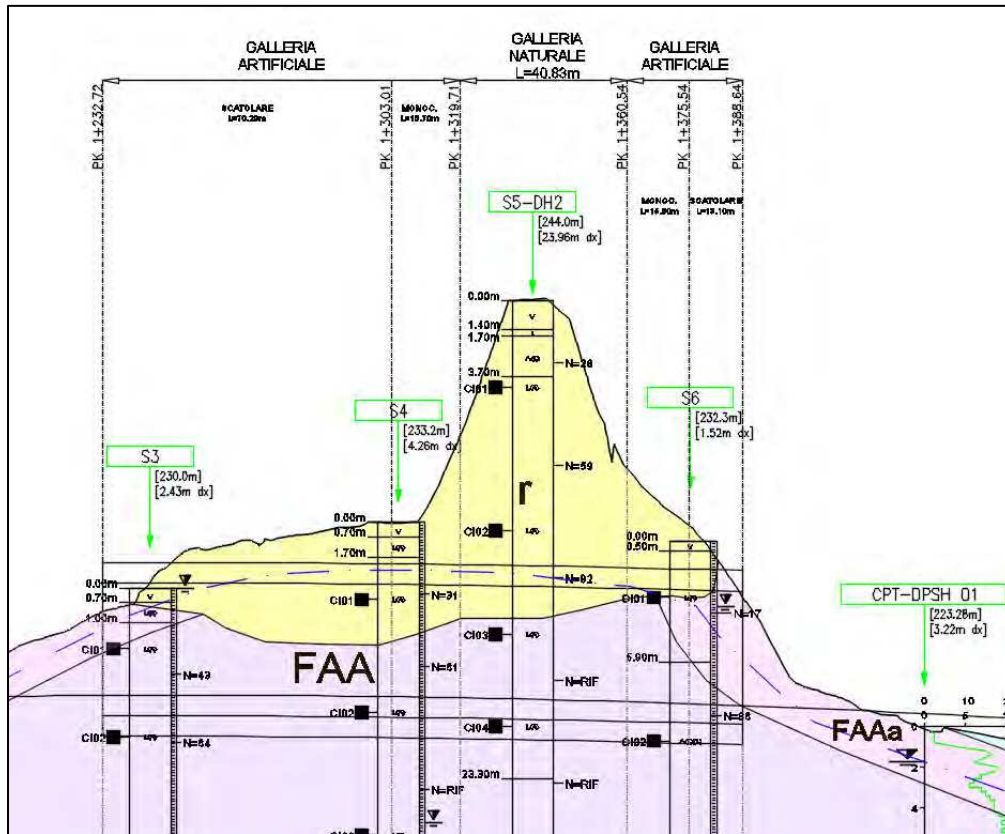
I materiali coinvolti nello scavo delle due canne della galleria San Lazzerò risultano essere

- materiali antropici di ricoprimento (r), posti in sito durante le fasi costruttive della galleria San Lazzerò attualmente esistente.
- argille azzurre alterate (FAAa) costituite da argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi, da poco a mediamente consistenti;
- argille azzurre (FAA) da molto consistenti a dure;

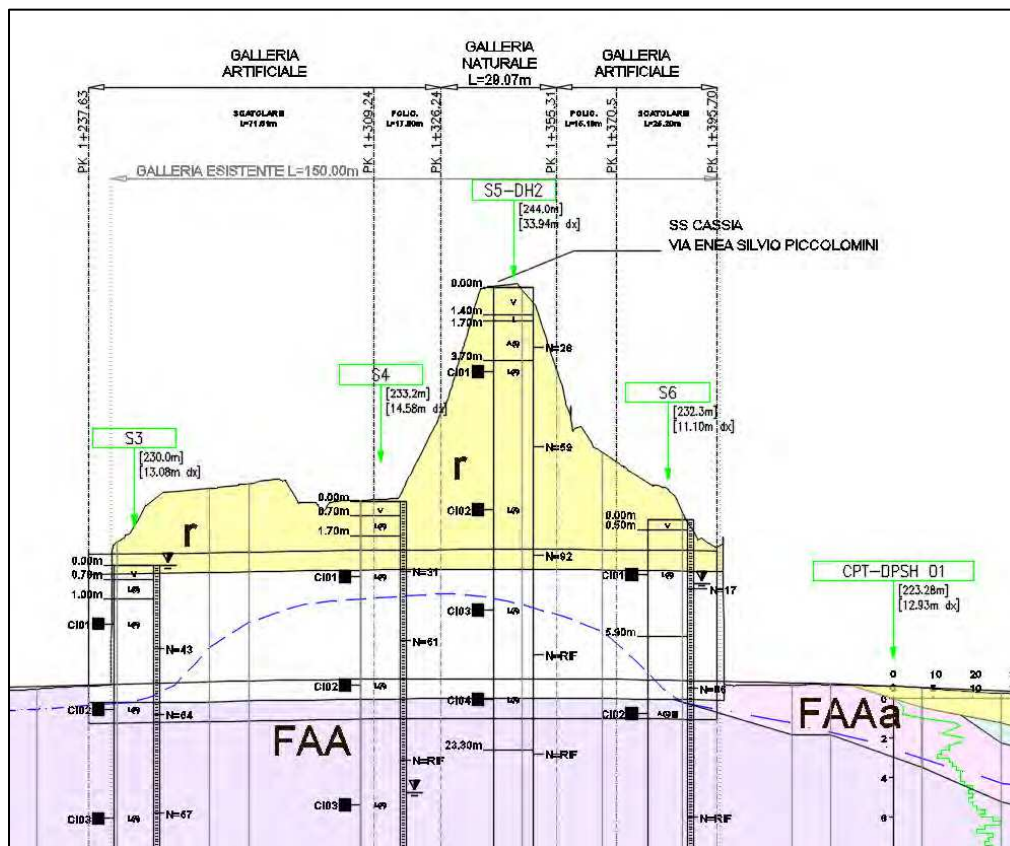
Per una descrizione maggiormente dettagliata della stratigrafia in sito e delle formazioni geotecniche ivi presenti si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale.

Nelle due figure seguenti sono riportati rispettivamente i profili geotecnici delle canne est e ovest della galleria San Lazzerò.

**Carreggiata est**



**Carreggiata ovest**



I profili geotecnici della galleria mostrano, nell'area in esame, la presenza di falda superficiale, la

RTP di progettazione:

Mandataria:

Mandanti:





quale interessa le gallerie fino circa alla quota del piano dei centri.

Nelle analisi, a favore di sicurezza, la presenza della falda è stata considerata fino alla quota della calotta.

#### **6.6.3.1.2 Descrizione delle sezioni tipo**

Data la modesta estensione delle tratte in naturale delle due canne della galleria San Lazzerò e la presenza di una stratigrafia pressoché costante, in fase progettuale, si è previsto di adottare una singola sezione tipo per ciascuna delle due canne.

Negli elaborati di progetto, le due sezioni tipologiche di seguito descritte sono identificate come:

- GN-01 per la canna ovest;
- GN-02 per la canna est.

#### **Sezione GN-01 – canna ovest**

Per la sezione tipo GN-01, ovvero quella di dimensioni maggiori per la presenza di una piattaforma stradale a tre corsie, si prevede l'utilizzo di una sezione policentrica cilindrica avente un'area del fronte di scavo (intesa riferita alla sola porzione di fronte effettivamente presente ovvero alla parte non interessata dalla presenza della galleria esistente) di 132.91 m<sup>2</sup>.

Per tale sezione tipo, viste le notevoli dimensioni, le ridotte coperture e lunghezze della galleria, nonché la presenza della sovrastante arteria viaria, si è adottata una soluzione caratterizzata da interventi sul contorno costituiti da tubi di grosso spessore in acciaio, disposti anticipatamente lungo l'intera lunghezza della galleria, secondo le modalità descritte nel seguito.

In particolare, l'intervento prevede la messa in opera di n. 29 tubolari in acciaio  $\phi 600$  spessore 95 mm orizzontali in calotta per un angolo di 150° (passo 90 cm circa) installati mediante sistema "Pipe ramming" e successivamente cementati.

Per lo scavo, che avverrà al di sotto dei suddetti interventi, mediante sfondi massimi di 1 m e campi di avanzamento di 6 m per l'esecuzione del consolidamento in avanzamento sul fronte e sul contorno, sono previsti i seguenti interventi:

- n. 78 tubi in VTR orizzontali  $\phi 60/40$  disposti al fronte con maglia indicativamente di 1.2 x 1.2 m<sup>2</sup> di lunghezza 18 m e sovrapposizione minima di 12 m, diametro di perforazione 9 cm;
- applicazione sul fronte di scavo di 5 cm di betoncino di sicurezza al termine di ogni sfondo e di 10 cm al termine di ogni campo;
- applicazione sul contorno di scavo (piedritti e calotta) di 5 cm di betoncino fibrorinforzato (fibre di acciaio 30kg/m<sup>3</sup>) di prima fase, 2 centine IPN 200 accoppiate a passo 1 m, 25 cm di betoncino fibrorinforzato di seconda fase e 5 cm di betoncino di regolarizzazione;

- n. 28 tubi in VTR  $\phi 60/40$  disposti al contorno e posizionati in mezzo ai tubolari  $\phi 600$  di cui al punto precedente, con inclinazione  $5^\circ$  e interasse circa 85 cm di lunghezza 18 m e sovrapposizione minima di 12 m, diametro di perforazione 9 cm.



Il sistema "Pipe Ramming" consiste sostanzialmente nell'infilaggio di tubi in acciaio nel terreno, per battitura. Tale sistema è basato sull'impiego di unità percussive (rammer) pneumatiche che vengono utilizzate per batter la testa di spezzoni di tubo in acciaio. Una volta stabilita la direzione di

avanzamento, il tubo viene fatto scorrere su una slitta sufficientemente lunga rispetto al diametro del tubo da installare (da 5 a 10 volte il diametro) in modo da garantire un sufficiente rispetto della direzione pre-impostata. In generale, l'errore di posizionamento della tubazione raggiunge valori massimi dell'1% della lunghezza di infissione.

La testa del tubo funge anche da utensile di taglio. Poiché la tubazione da installare presenta un diametro di 600 mm, la testa del tubo viene lasciata aperta (infissione a fronte aperto) in modo da permettere al terreno di entrare all'interno del tubo, limitando così i dislocamenti di materiale e di conseguenza le sovrappressioni nel terreno e sulle sovrastrutture esistenti.

Le tubazioni in acciaio sono installate per spezzoni che vengono saldati testa a testa man mano che ciascun spezzone viene fatto penetrare completamente nel terreno.

Utilizzata in terreni omogenei di natura coesiva o granulare, questo tipo di tecnica (ed in particolare in quella a fronte aperto) arreca il minor disturbo al terreno e alle sovrastrutture, in quanto il volume di terreno dislocato è pari (teoricamente) al volume delle sole pareti piene del tubo in acciaio (e pertanto trascurabile). Inoltre le leggere sovrappressioni che si generano a seguito dell'infissione, garantiscono che non si verifichino subsidenze della superficie sovrastante. Questa tecnica trova impiego prevalentemente negli attraversamenti dei corpi stradali e ferroviari.

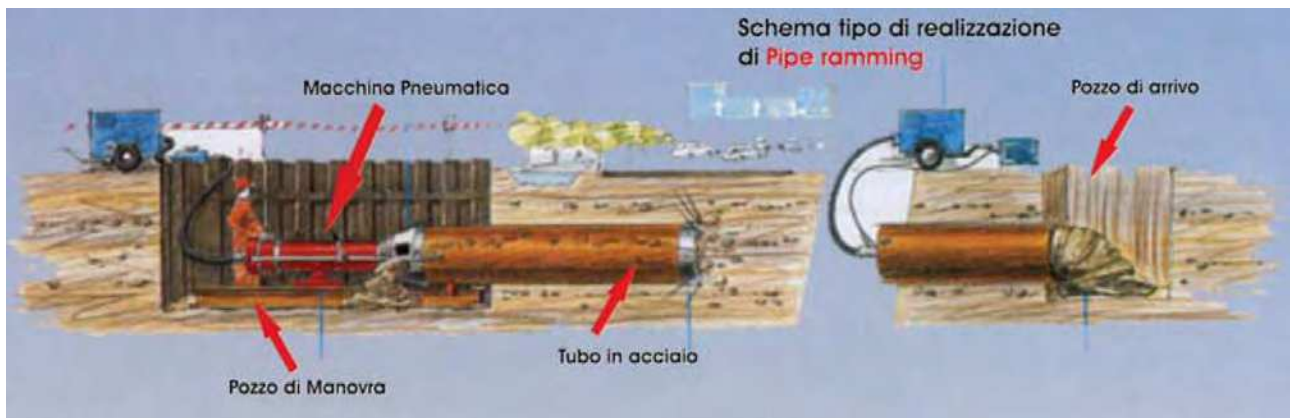


Realizzazione di calotta per sottopasso ferroviario



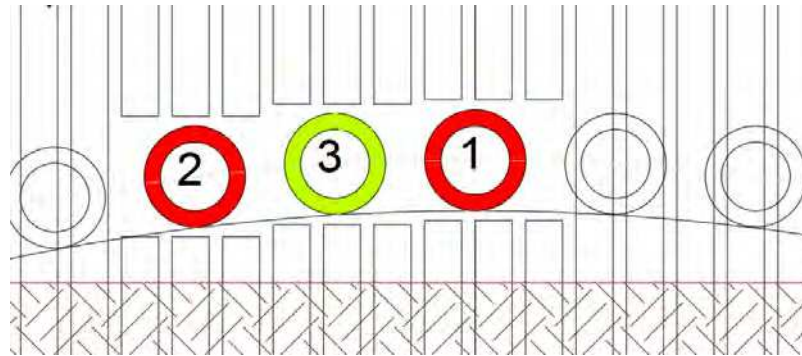
TAV. Roma/Napoli  
Via Lufrano (Na)

Le fasi di lavorazione per l'installazione delle tubazioni secondo la tecnica sopra descritta possono essere sinteticamente riassunte nei seguenti punti



- creazione di una trincea, in corrispondenza del tubo da infiggere, di dimensioni longitudinali di 15-18m. Taglio della parete di imbocco di dimensioni poco superiori alla tubazione da infiggere.
- posizionamento dello spezzone di tubo in acciaio aperto in testa (lunghezza 5-10 volte il diametro del tubo) su di una slitta di lunghezza adeguata sulla quale viene fatto scorrere il tubo per garantire la direzione impostata; infissione del tubo mediante unità percussive pneumatiche. I successivi spezzoni verranno saldati testa a testa man mano che ciascun spezzone viene fatto penetrare completamente nel terreno;

- raggiunta l'infissione desiderata, si procede con la preparazione del piano per l'infissione del tubo adiacente, sfalsato di un elemento. A seguire, infissione della tubazione interposta tra quelle precedentemente infisse;



- Eseguita l'infissione di tutte le tubazioni, si procede con lo scavo del pozzo di arrivo (imbocco sul lato opposto), svuotamento delle tubazioni e cementazione delle stesse.

La soluzione di utilizzare come intervento di presostegno del contorno del cavo tubolare in acciaio di medio diametro cementati presenta i seguenti vantaggi:

- garanzia di elevata resistenze strutturale fornita dai tubi metallici cementati;
- riduzione dell'ingombro complessivo durante la fase di scavo della galleria rispetto a una soluzione di scavo con sezione troncoconica;
- tecnica di infissione semplice, con tempi di allestimento minimi, adatta a spazi ristretti e con ridotto disturbo del terreno circostante.

L'ulteriore installazione al contorno di barre VTR è stata predisposta onde evitare il possibile sgrottamento del terreno situato in mezzo ai tubolari di acciaio sopra citati, i quali presentano una distanza reciproca netta di circa 30 cm.

Si precisa che per la canna ovest della galleria San Lazzerò, dove attualmente è presente la galleria esistente, gli interventi di consolidamento al fronte verranno realizzati solo sulla porzione effettivamente presente di quest'ultimo.

Una volta completata la realizzazione del rivestimento di prima fase, si procederà con l'installazione del pacchetto di impermeabilizzazione costituito da un telo in PVC di spessore 2 mm e peso specifico 1.3 g/cm<sup>2</sup> protetto da uno strato di tessuto non tessuto di 400 g/m<sup>2</sup> a filo continuo. L'acqua di ammasso verrà raccolta mediante tubi di drenaggio in PVC microfessurati  $\phi$ 160 mm posti sopra le murette.

Durante le fasi di scavo si procederà con l'esecuzione di n. 4 perforazioni a distruzione di nucleo in

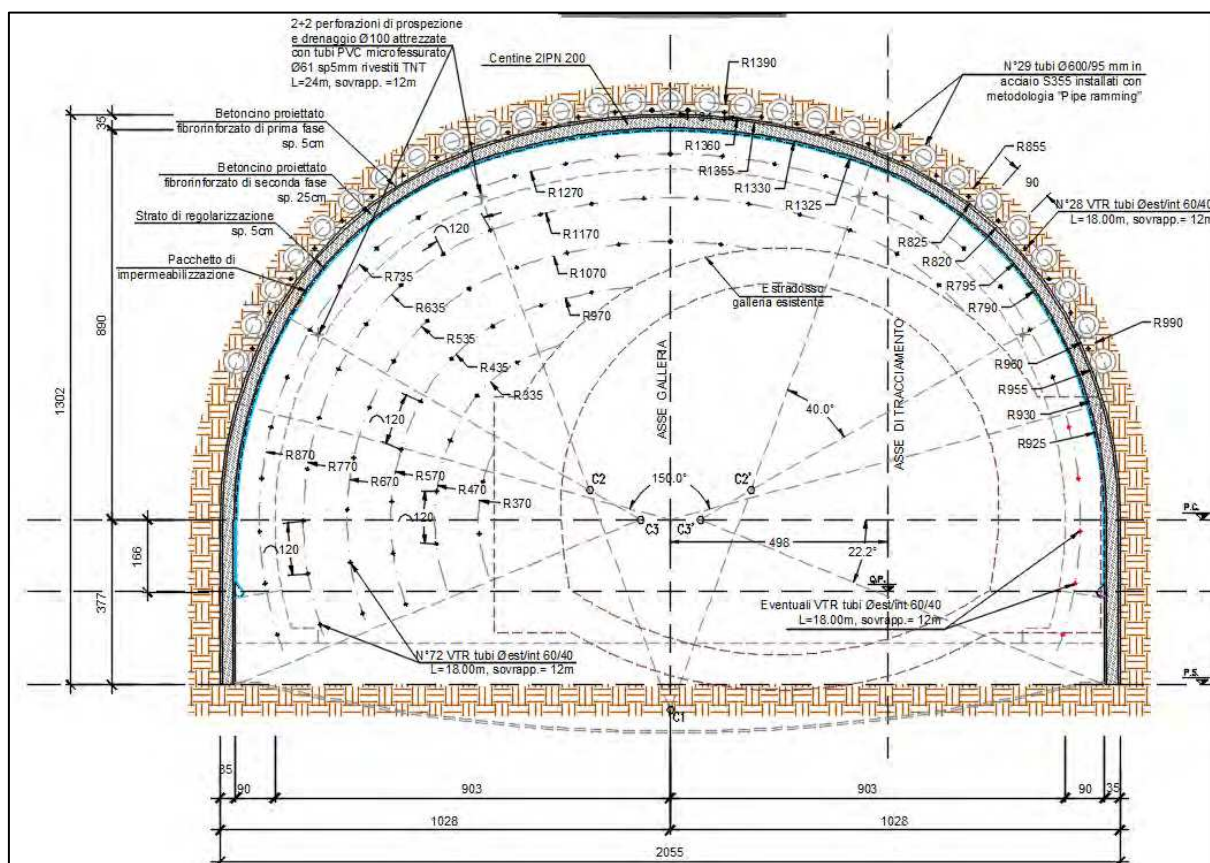
avanzamento della lunghezza massima di 24m e di diametro 100mm e sovrapposizione minima 12 m. Ogni perforazione, avente un'inclinazione rispetto all'orizzontale minima di 5°, dovrà essere attrezzata con tubo in PVC microfessurato (senza tratto cieco) ad alta resistenza (4.5 MPa alla trazione) Ø61mm e spessore 5 mm, rivestito con TNT, per consentire il drenaggio di eventuali acque presenti sul contorno dello scavo.

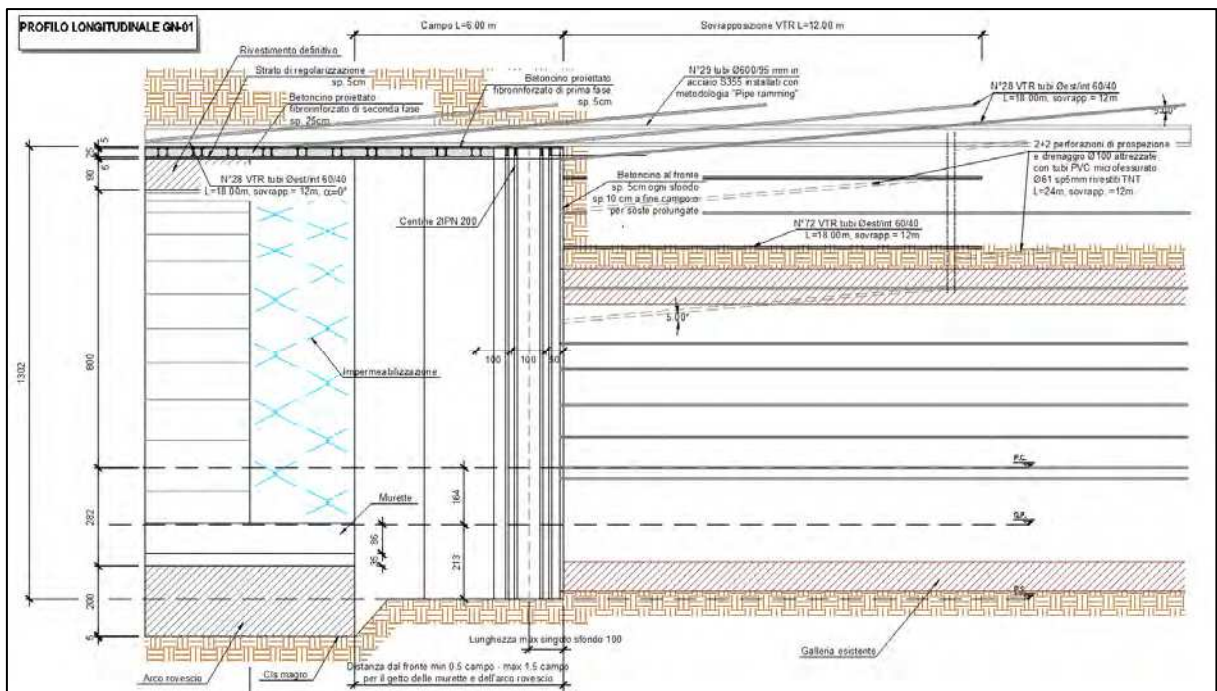
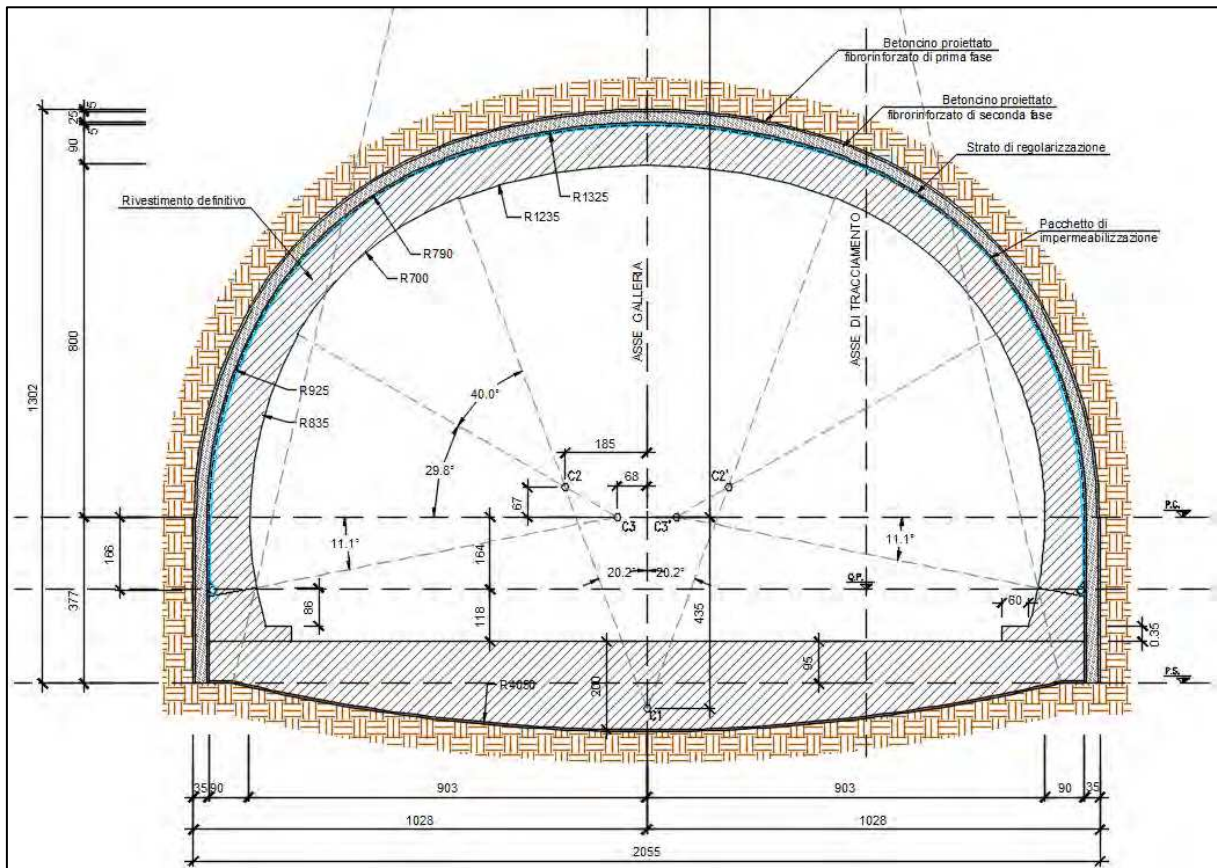
Lo scavo e il getto dell'arco rovescio verranno eseguiti per campi di 6 m a partire da una distanza massima dal fronte di scavo di 9 m.

Per l'arco rovescio si prevede uno spessore variabile in sezione da un minimo di 115 cm in prossimità delle murette a un massimo di 200 cm in mezzeria.

Il rivestimento di seconda fase definitivo in calotta e sui piedritti presenta uno spessore di 90 cm.

Nelle seguenti figure si riportano rispettivamente le configurazioni, in sezione e in profilo, della fase di scavo e della fase definitiva relative alla sezione tipo GN-01.





Le modalità esecutive per l'avanzamento dello scavo della sezione tipo GN-01 prevedono schematicamente le seguenti fasi di lavoro:

- Realizzazione degli interventi di presostegno del cavo mediante installazione in calotta dei

tubolari in acciaio  $\phi 600$  spessore 95 mm cementati.

- Esecuzione degli interventi in avanzamento all'inizio di ogni campo da 6 m (consolidamento al fronte e al contorno);
- Scavo della parte di fronte non interessata dalla presenza della galleria esistente e demolizione e rimozione del rivestimento definitivo della stessa mediante avanzamento progressivo per sfondi 1 m e contestuale messa in opera del rivestimento di prima fase secondo le modalità definite dai disegni di progetto;
- Getto dell'arco rovescio a distanza vincolata dal fronte di scavo (massimo 9 m);
- Regolarizzazione del betoncino proiettato del rivestimento di prima fase, posa in opera dell'impermeabilizzazione e getto del rivestimento definitivo in calcestruzzo armato a distanza dal fronte di scavo non vincolata.

Si specifica che prima dell'inizio della demolizione del rivestimento definitivo della galleria esistente sarà necessario verificare lo spessore effettivo di tale rivestimento mediante l'esecuzione di carotaggi e, nel caso in cui il limite dell'estradosso del rivestimento esistente risultasse esterno alla sezione di scavo prevista in progetto, sarà necessario provvedere, a seguito della demolizione e rimozione del rivestimento definitivo esistente, al riempimento dell'eventuale extra scavo mediante betoncino proiettato o getti localizzati di calcestruzzo.

Relativamente alle sezioni di imbocco, sia lato Grosseto che lato Fano si prevede l'applicazione della medesima sezione tipo sopra descritta (denominata negli elaborati in progetto come GN-01-Imb).

### **Sezione GN-02 – canna est**

Per la sezione tipo GN-02 la quale deve ospitare una piattaforma stradale a due corsie, si prevede l'utilizzo di una sezione troncoconica avente un'area di scavo al fronte minima di 133.2 m<sup>2</sup> e massima di 157.4 m<sup>2</sup> e considerando campi di avanzamento di 6 m e sfondi con lunghezza massima di un 1 m, sono previsti i seguenti interventi:

- n. 48 tubi in VTR orizzontali  $\phi 60/40$  disposti al fronte con maglia indicativamente di 1.2 x 1.2 m<sup>2</sup> di lunghezza 18 m e sovrapposizione minima di 12 m, diametro di perforazione 90 mm;
- applicazione sul fronte di scavo di 5 cm di betoncino di sicurezza al termine di ogni sfondo e di 10 cm al termine di ogni campo o in caso di soste prolungate;
- applicazione sul contorno di scavo (piedritti e calotta) di 5 cm di betoncino fibrorinforzato (fibre di acciaio 30kg/m<sup>3</sup>) di prima fase, 2 centine IPN 180 accoppiate a passo 1 m, 20 cm di betoncino fibrorinforzato di seconda fase e 5 cm di betoncino di regolarizzazione;
- n. 38 infilaggi  $\phi 127$  spessore 10 mm posizionati in calotta per un angolo di 120° con inclinazione di 7.6°, lunghezza di 15 m e sovrapposizione minima di 9 m, diametro di perforazione 160 mm.

Una volta completata la realizzazione del rivestimento di prima fase, si procederà con l'installazione del pacchetto di impermeabilizzazione costituito da un telo in PVC di spessore 2 mm e peso specifico 1.3 g/cm<sup>2</sup> protetto da uno strato di tessuto non tessuto di 400 g/m<sup>2</sup> a filo continuo. L'acqua di ammasso verrà raccolta mediante tubi di drenaggio in PVC microfessurati  $\phi$ 160 mm posti sopra le murette.

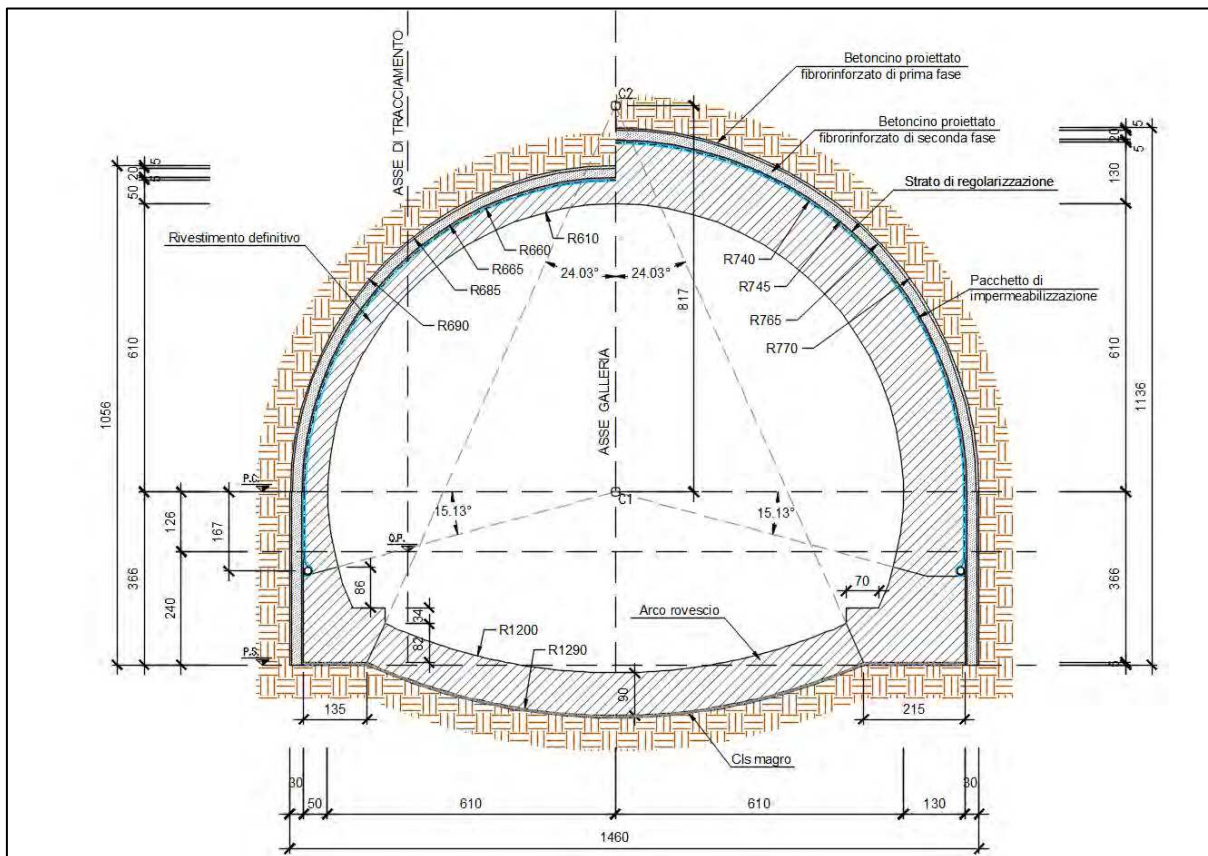
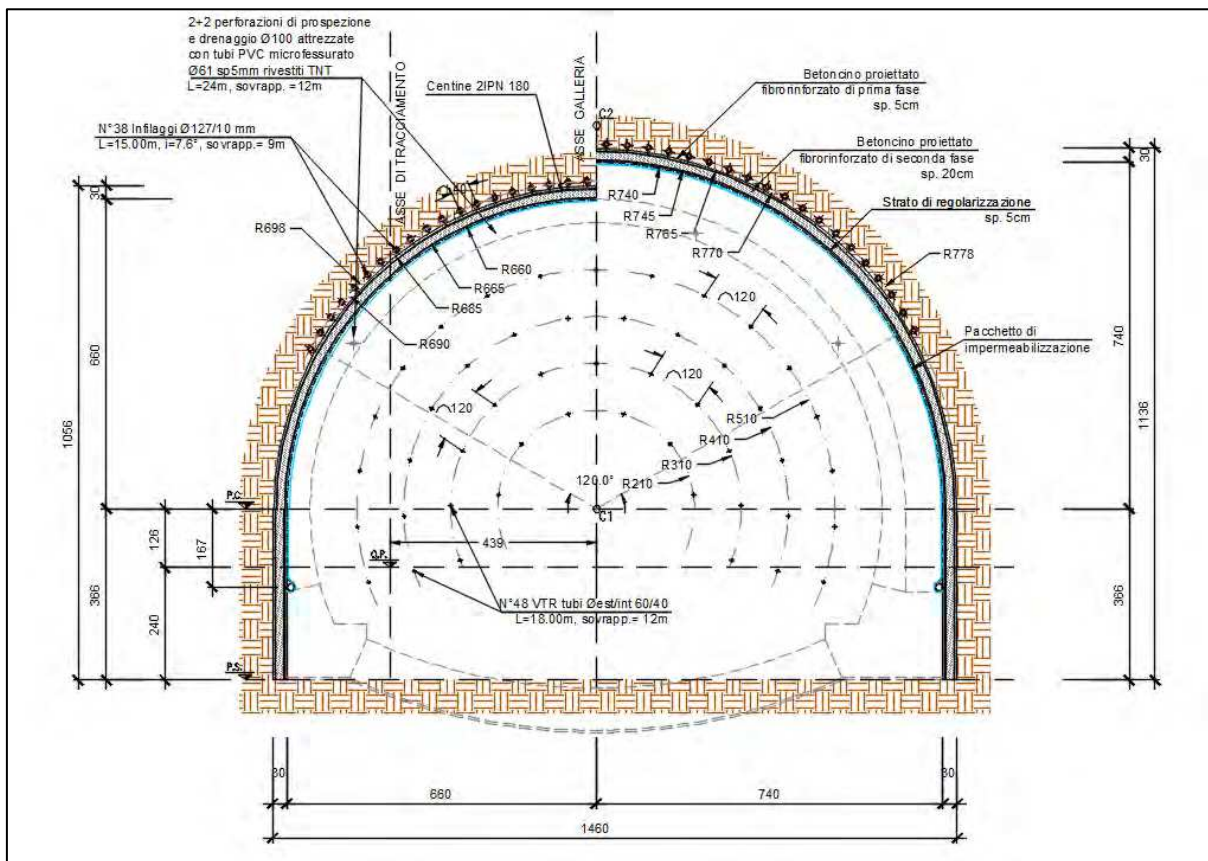
Durante le fasi di scavo si procederà con l'esecuzione di n. 4 perforazioni a distruzione di nucleo in avanzamento della lunghezza massima di 24m e di diametro 100mm e sovrapposizione minima 12 m. Ogni perforazione, avente un'inclinazione rispetto all'orizzontale minima di 5°, dovrà essere attrezzata con tubo in PVC microfessurato (senza tratto cieco) ad alta resistenza (4.5 MPa alla trazione)  $\phi$ 61mm e spessore 5 mm, rivestito con TNT, per consentire il drenaggio di eventuali acque presenti sul contorno dello scavo.

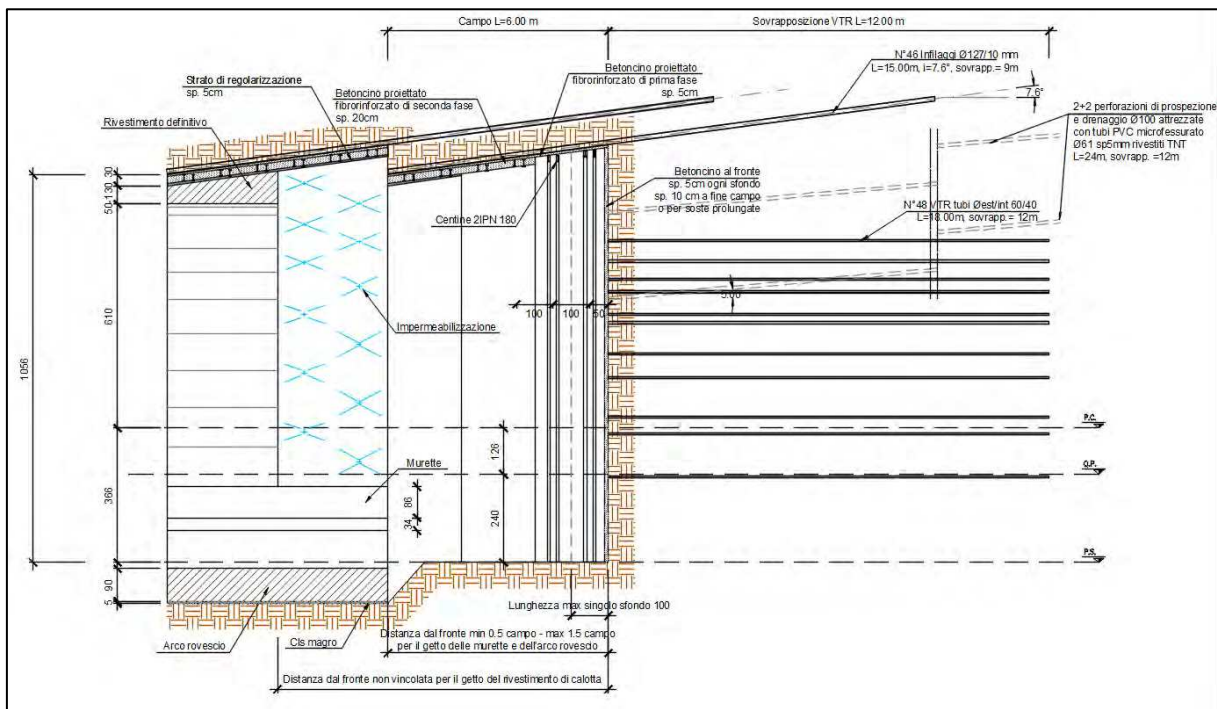
Lo scavo e il getto dell'arco rovescio verranno eseguiti per campi di 6 m a partire da una distanza massima dal fronte di scavo di 9 m. Per l'arco rovescio si prevede uno spessore di 90 cm.

Il rivestimento di seconda fase definitivo in calotta e sui piedritti presenta uno spessore rispettivamente nella sezione di minimo e nella sezione di massimo di 50 cm e 130 cm.

Nelle seguenti figure si riportano rispettivamente le configurazioni, in sezione e in profilo, della fase di scavo e della fase definitiva relative alla sezione tipo in oggetto.







Le modalità esecutive per l'avanzamento dello scavo della canna est, ovvero quella di nuova realizzazione, prevedono schematicamente le seguenti fasi di lavoro:

- Esecuzione degli interventi in avanzamento all'inizio di ogni campo da 6 m (consolidamento al fronte e al contorno);
- Scavo a piena sezione con sfondi di avanzamento di 1 m e successiva messa in opera di 5 cm di betoncino proiettato sul fronte (10 cm se a fine campo) e del rivestimento di prima fase secondo le modalità definite dai disegni di progetto;
- Getto dell'arco rovescio a distanza vincolata dal fronte di scavo (massimo 9 m);
- Regolarizzazione del betoncino proiettato del rivestimento di prima fase, posa in opera dell'impermeabilizzazione e getto del rivestimento definitivo in calcestruzzo armato a distanza dal fronte di scavo non vincolata.

Relativamente agli imbocchi in naturale della canna est della galleria San Lazzerò si prevede l'applicazione della medesima sezione tipo sopra descritta (denominata negli elaborati di progetto come GN-02-Imb).

### 6.6.3.1.3 Descrizione delle opere di imbocco

Relativamente alle tratte di imbocco della due canne della galleria San Lazzerò, l'attacco degli scavi in sotterraneo avviene mediante la preparazione di una trincea di approccio sostenuta da paratie. Tali paratie sono costituite da diaframmi in calcestruzzo armato di spessore 1.5 m e larghezza del singolo pannello di 2.5 m. Date le elevate altezze di scavo da sostenere (con valori massimi che raggiungono circa 18.5 m in prossimità degli imbocchi in naturale) si prevede di contrastare i diaframmi mediante l'utilizzo di solettoni in calcestruzzo armato con funzionalità provvisoria o definitiva a seconda della situazione considerata.

In particolare, relativamente alle opere di imbocco della galleria San Lazzerò si evidenziano le seguenti tre configurazioni differenti:

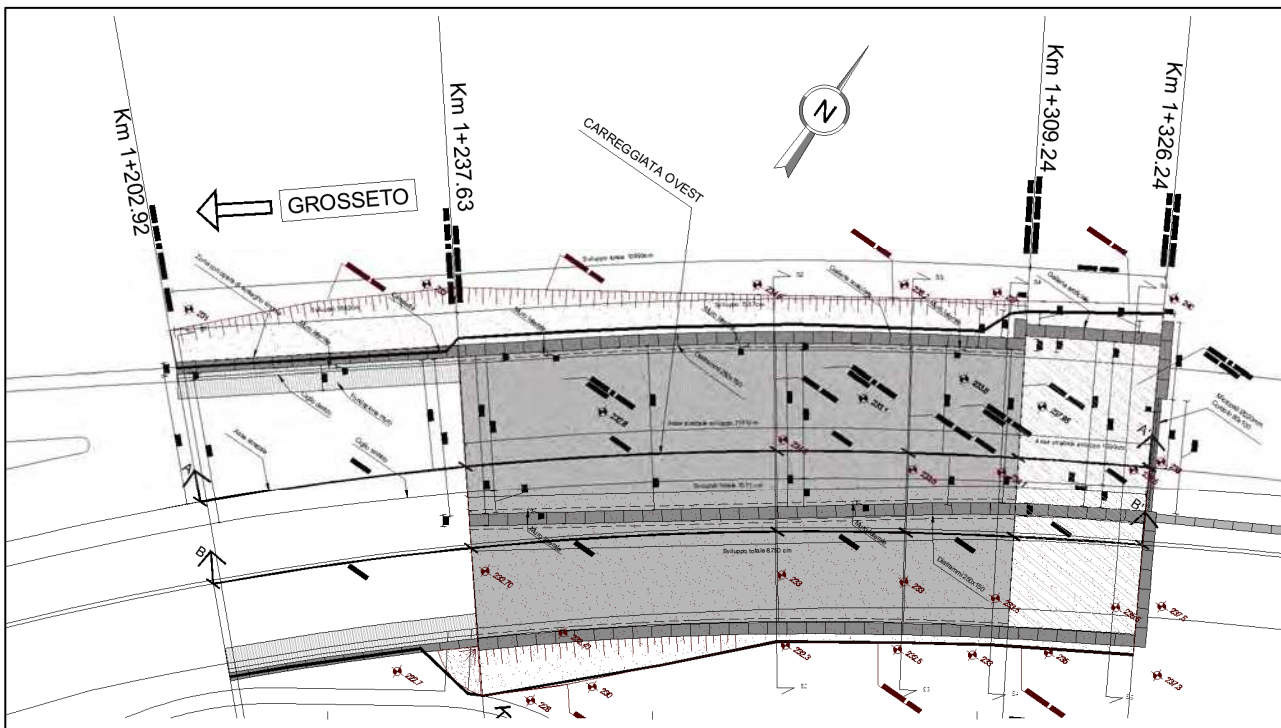
1. nei primi circa 15 m in adiacenza agli imbocchi in naturale, dove si hanno le massime altezze di scavo da sostenere, sono previsti diaframmi di sostegno provvisori, contrastati in testa mediante un solettone in c.a. anch'esso con funzione provvisoria. Nella configurazione definitiva, in queste tratte, verrà realizzata, internamente ai diaframmi e al di sotto del solettone provvisorio, una galleria artificiale con sezione monocentrica o policentrica a seconda che si tratti della canna est o della canna ovest.
2. Nei tratti successivi ai primi circa 15 m dagli imbocchi in naturale si prevede la realizzazione di una galleria artificiale con sezione scatolare. Pertanto, in tali tratti, i diaframmi avranno funzione di sostegno definitiva e verranno contrastati mediante l'utilizzo di una soletta in c.a. anch'essa definitiva. L'estensione dei tratti per cui è prevista tale soluzione è correlata alla quota del terreno in sito; si prevede, infatti, di utilizzare la soluzione della galleria artificiale con sezione scatolare fintanto che l'altezza del terreno sia tale da permetterne il minimo ricoprimento in fase definitiva.
3. Appena dopo le gallerie artificiali, la strada in progetto procede in trincea a cielo aperto con gli scavi laterali sostenuti in fase definitiva dai diaframmi i quali saranno rivestiti mediante muri in calcestruzzo armato di forma a "U" o a "L" a seconda del caso considerato.

La scelta progettuale che, relativamente ai tratti di galleria artificiale, prevede il passaggio da una sezione di tipo scatolare a una sezione con intradosso curvilineo è dettata dalle seguenti considerazioni:

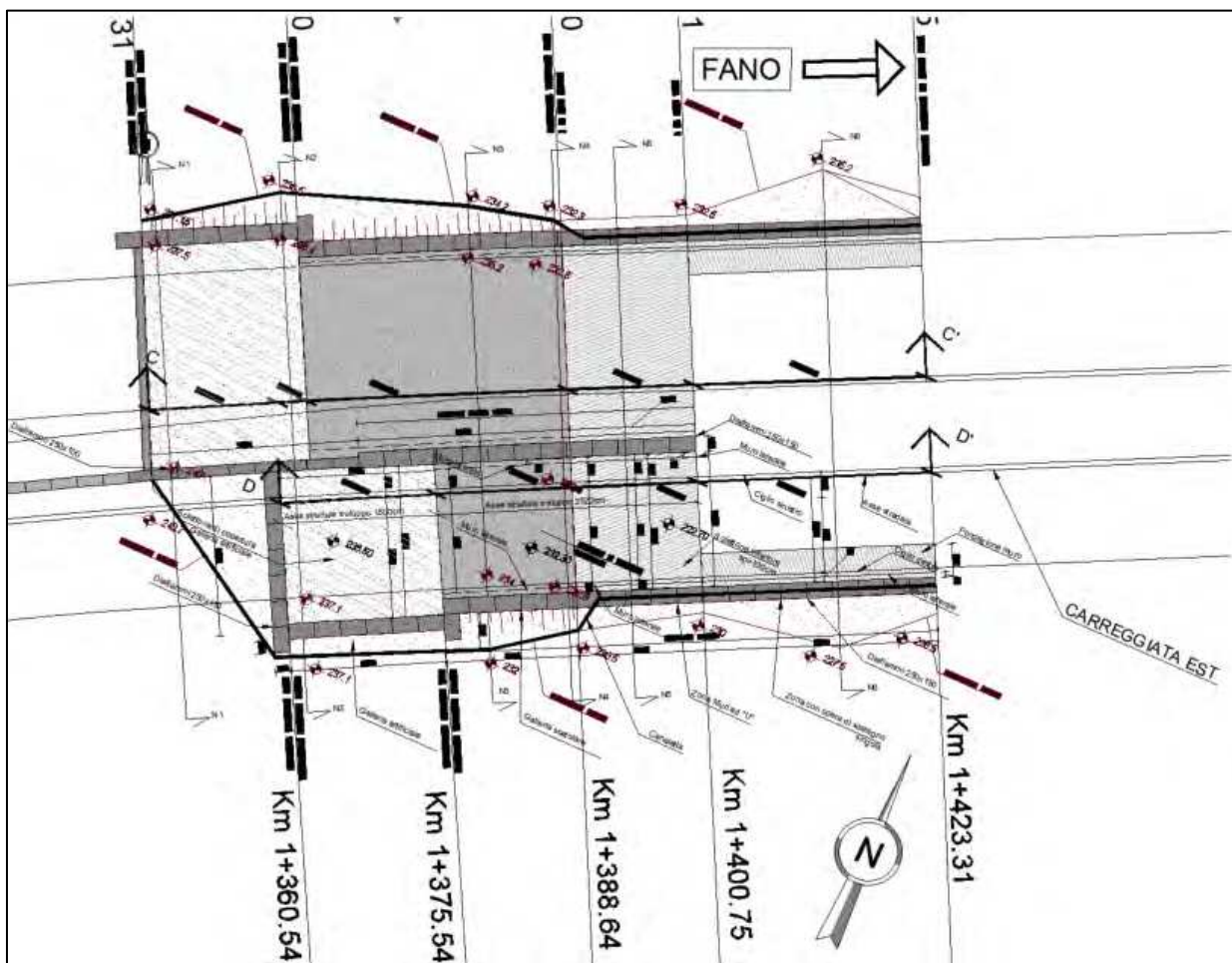
- In prossimità dell'imbocco in naturale è necessario prevedere una configurazione in fase provvisoria che garantisca ai macchinari atti all'esecuzione degli interventi di consolidamento al fronte e al contorno del primo campo di scavo gli spazi sufficienti per lavorare e allo stesso tempo consenta di sostenere altezze di scavo molto elevate. Pertanto, è stata valutata la soluzione di utilizzare un solettone in c.a. per il contrasto dei diaframmi in fase provvisoria. La presente considerazione motiva anche la necessità di prevedere un aumento della distanza reciproca fra i diaframmi posti in prossimità degli imbocchi in naturale.
- Non risulta possibile realizzare l'intera tratta di galleria artificiale con una sezione monocentrica o policentrica in quanto, la maggiore altezza di tale sezione rispetto a una soluzione di tipo scatolare, non ne consentirebbe l'adeguato ricoprimento in fase definitiva.

Nel seguito si riportano le planimetrie con le sistemazioni definitive delle zone di imbocco della galleria San Lazzerò.

**Imbocco lato Grosseto – planimetria sistemazione definitiva**



**Imbocco lato Fano – planimetria sistemazione definitiva**



Relativamente alle pareti di imbocco delle tratte in naturale si prevede:

RTP di progettazione:

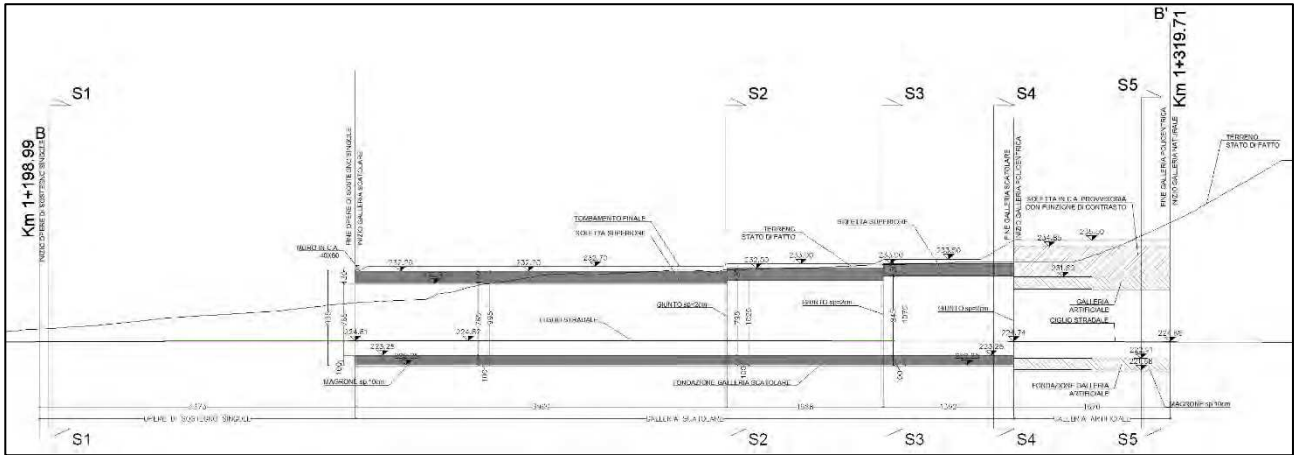
Mandataria:

Mandanti:

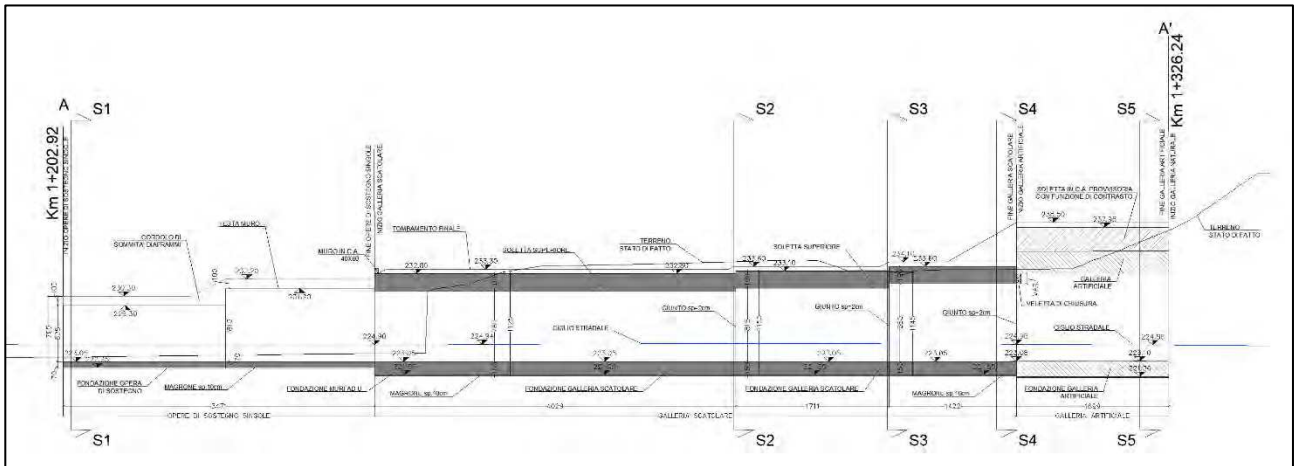
- per la canna est di nuova realizzazione l'utilizzo dei diaframmi analoghi a quelli di sostegno;
- per la canna ovest, data l'impossibilità di realizzare una parete di imbocco mediante diaframma a causa della presenza della galleria esistente, si provvederà alla realizzazione di una berlinese in micropali i quali avranno lunghezze variabili determinate dal raggiungimento della quota dell'estradosso della calotta della galleria esistente.

Si riportano di seguito i profili in asse delle gallerie artificiali.

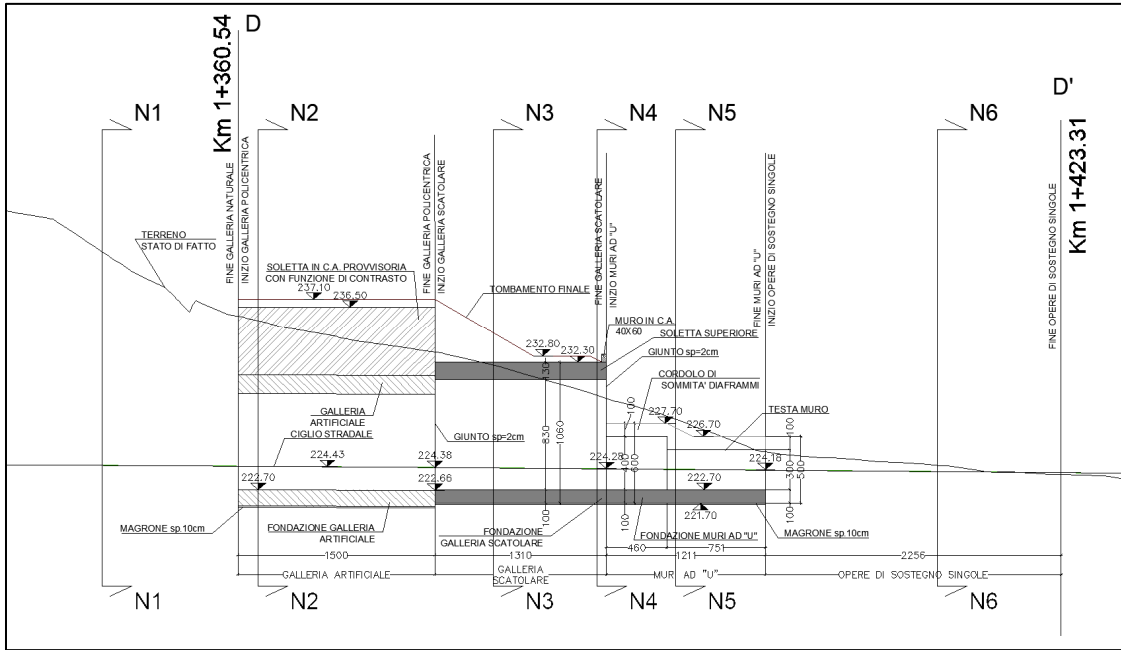
**Profilo in asse stradale della galleria artificiale – lato Grosseto canna est**



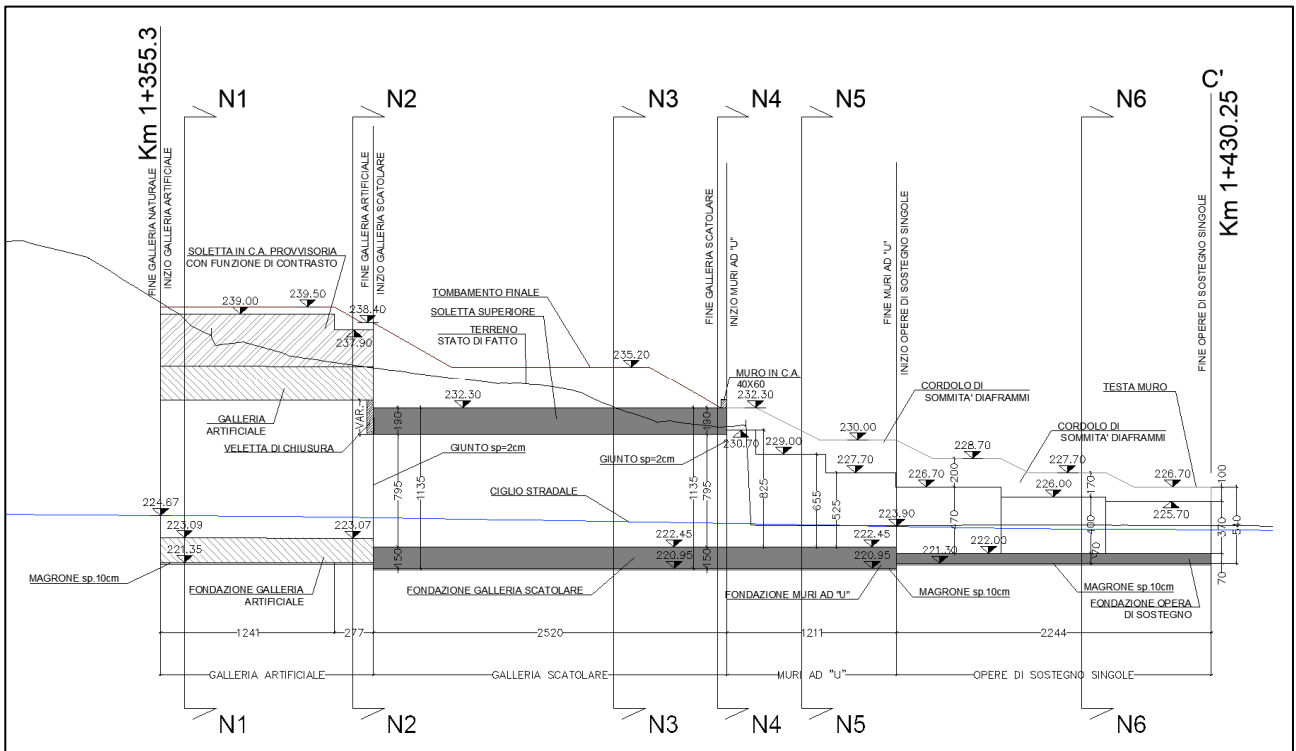
**Profilo in asse stradale della galleria artificiale – lato Grosseto canna ovest**



**Profilo in asse stradale della galleria artificiale – lato Fano canna est**



**Profilo in asse stradale della galleria artificiale – lato Fano canna ovest**



**6.6.3.1.4 Fasi esecutive – galleria San Lazzero**

Premesso che durante le fasi esecutive dell'opera in oggetto si prevede di mantenere attivo il traffico attualmente in esercizio, di seguito si riporta la sequenza temporale di esecuzione dei principali interventi atti alla realizzazione delle canne est e ovest della galleria San Lazzero.

- 1) Realizzazione degli sbancamenti necessari al raggiungimento della quota di realizzazione

dei diaframmi previsti in progetto ed esecuzione degli stessi; i diaframmi situati sul lato nord della canna esistente (carreggiata ovest) dovranno essere realizzati in un secondo momento una volta dismessa la galleria esistente, a seguito del trasferimento del traffico veicolare sulla nuova carreggiata est.

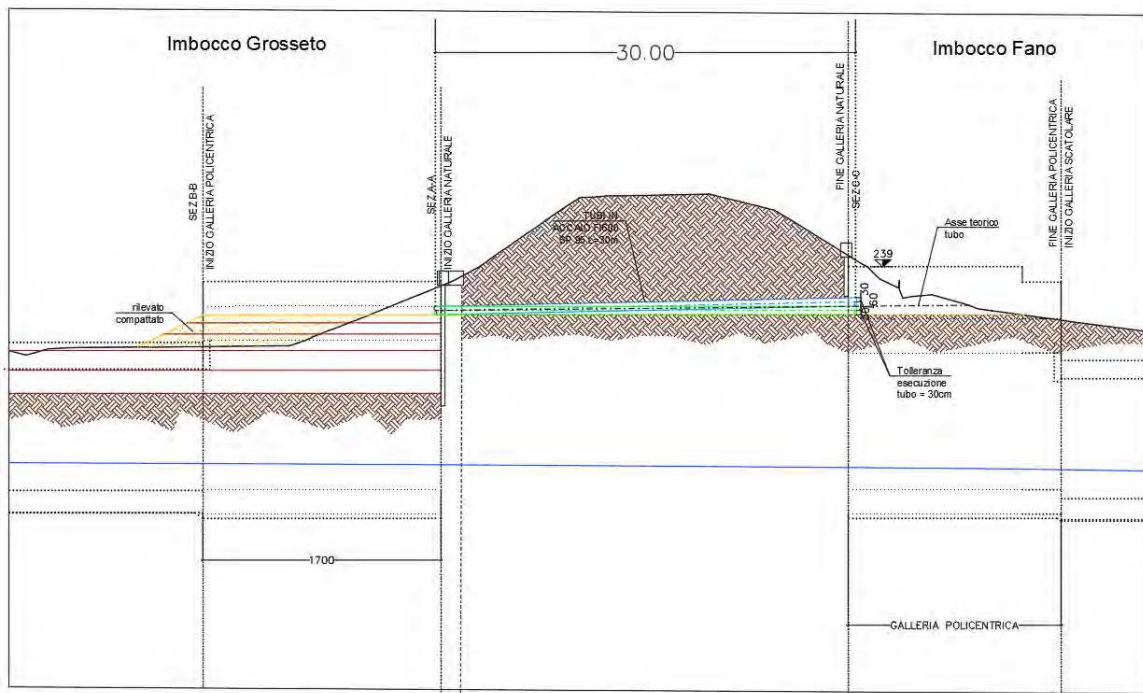
- 2) Scavo progressivo del terreno nelle zone di imbocco lato Grosseto e lato Fano della carreggiata est e, in particolare:
  - scavo fino alla quota di getto dei solettoni in c.a. (sia definitivi che provvisori) ed esecuzione degli stessi;
  - scavo di ribasso per fasi successive fino alla quota del piano di scavo della galleria nella tratta a cielo aperto e al di sotto dei solettoni;
  - durante lo scavo per fasi sotto al solettone, esecuzione degli interventi in avanzamento sul fronte di scavo della galleria in naturale (sezione di imbocco).
  - attacco degli scavi in sottterraneo dall'imbocco lato Grosseto e realizzazione della galleria naturale seguendo le fasi esecutive già esposte al precedente paragrafo di descrizione delle sezioni tipo;
  - realizzazione dei due tratti di galleria artificiale con sezione curvilinea;
  - realizzazione dei due tratti di galleria artificiale con sezione scatolare;
  - realizzazione dei muri a "U" e a "L" previsti per la configurazione definitiva;
  - completamento delle opere complementari all'interno della canna est quali tubazioni idrauliche, impianti e pavimentazione stradale e messa in esercizio della canna est.
- 3) A seguito dello spostamento del traffico dalla carreggiata esistente (ovest) a quella di nuova realizzazione (est), si procede con la realizzazione delle berlinesi di sostegno in corrispondenza delle pareti di imbocco della galleria naturale della canna ovest e dei diaframmi lato nord.
- 4) Scavo progressivo del terreno nella zona di imbocco lato Grosseto della canna ovest e, in particolare:
  - scavo per fasi fino alla quota necessaria per permettere l'installazione dei tubi metallici cementati  $\phi 600$  con tecnica "Pipe ramming" per il presostegno della calotta della galleria naturale e installazione degli stessi come meglio descritto nel seguito;
- 5) Scavo progressivo del terreno nella zona di imbocco lato Fano e, in particolare:
  - scavo per fasi fino alla quota delle tubazioni in acciaio; esportazione del terreno contenuto nelle tubazioni e cementazione delle stesse;
- 6) Getto dei solettoni in c.a. (sia definitivi che provvisori); in particolare, il primo tratto di solettone provvisorio curvilineo ingloberà gli spezzoni di tubo fuoriuscenti dalle pareti di imbocco;
- 7) Scavo di ribasso per fasi successive fino alla quota del piano di scavo della galleria e contemporanea demolizione della galleria esistente;
- 8) Realizzazione, a partire dall'imbocco lato Grosseto, della galleria naturale con contestuale

demolizione del rivestimento della galleria esistente seguendo le fasi esecutive già esposte al precedente paragrafo di descrizione delle sezioni tipo, al quale si rimanda.

- 9) Realizzazione dei due tratti di galleria artificiale con sezione curvilinea.
- 10) Realizzazione dei due tratti di galleria artificiale con sezione scatolare.
- 11) Realizzazione dei muri a "U" e a "L" previsti per la configurazione definitiva.
- 12) Completamento delle opere complementari all'interno della canna ovest quali tubazioni idrauliche, impianti e pavimentazione stradale.
- 13) Ricoprimento di tutte le tratte di galleria in artificiale, finalizzazione della sistemazione idraulica e messa in esercizio della carreggiata ovest.

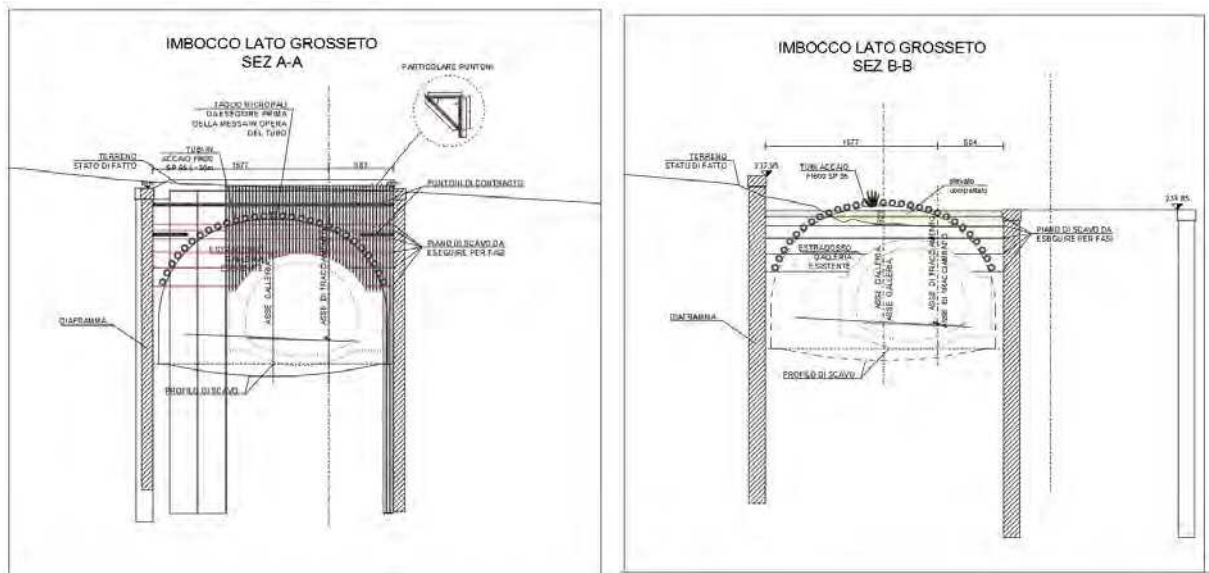
Per la visualizzazione grafica delle fasi esecutive della galleria Bucciano si rimanda all'elaborato T00GN01OSTPE01 – "Fasi Costruttive".

Relativamente al punto 4) in cui si fa riferimento all'installazione dei tubi metallici cementati  $\phi 600$  con tecnica del "Pipe ramming", si specificano le seguenti sottofasi:



- realizzazione di un primo piano di lavoro di lunghezza minima di 17 m alla quota relativa al posizionamento dei tubi di chiave calotta; la differenza di quota del terreno naturale tra l'imbocco (sez. A-A) e la sezione posta a 17 m (sez. B-B) comporta l'esecuzione di un rilevato compatto o livellato con un getto di calcestruzzo magro, affinché venga garantito lo spazio sufficiente per posizionare la slitta sulla quale verranno appoggiati gli spezzoni di tubo di lunghezza 10 m per essere spinti successivamente nel terreno. Eseguiti i primi tubi per fasi alternate (rif. alla descrizione riportata al par.6.6.3.1.2), si procederà per step successivi all'abbassamento del piano di lavoro al fine di consentire l'installazione dei tubi posizionati a quote inferiori.

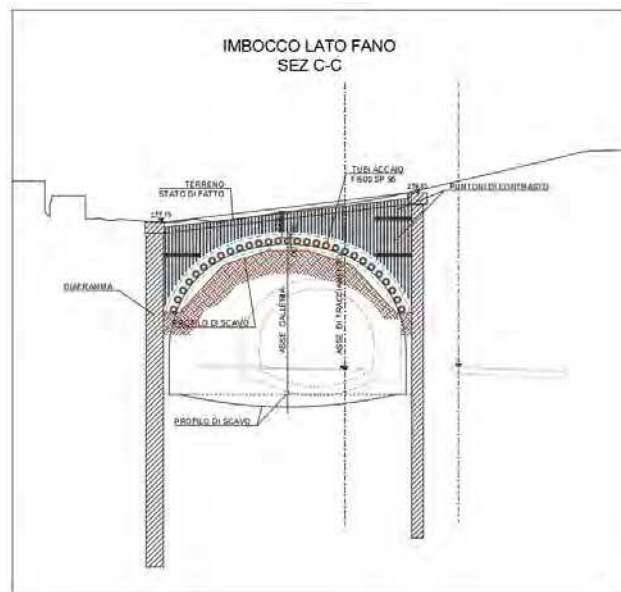




Durante le operazioni sopra descritte, sarà opportuno, per la sicurezza delle maestranze, irrigidire la struttura della galleria esistente mediante centinature e puntellazioni provvisorie;

- ultimata la realizzazione di tutti i tubi, si potrà procedere alla realizzazione del solettone semicircolare di contrasto delle paratie posizionate all'imbocco lato Grosseto che, nel primo tratto ingloberà i tubi in acciaio. Per delimitare il getto del solettone all'intradosso, potrà essere riportato materiale di riempimento disposto con sagomatura circolare oppure potrà essere adottato un cassero costituito da centine e lastre in legno.

- In contemporanea o successivamente all'esecuzione dell'imbocco lato Grosseto, si potrà procedere allo scavo per la realizzazione del solettone all'imbocco lato Fano. Durante lo scavo di ribasso con sagomatura del terreno a forma semicircolare, dovranno essere posizionati dei puntoni di contrasto sui micropali per conferir loro un contenimento prima del getto del



solettone. Le tubazioni fuoriuscenti dalla parete d'imbocco verranno inglobate nel getto del solettone, previa l'esecuzione delle lavorazioni di svuotamento del terreno all'interno dei tubi e il loro successivo riempimento con calcestruzzo.

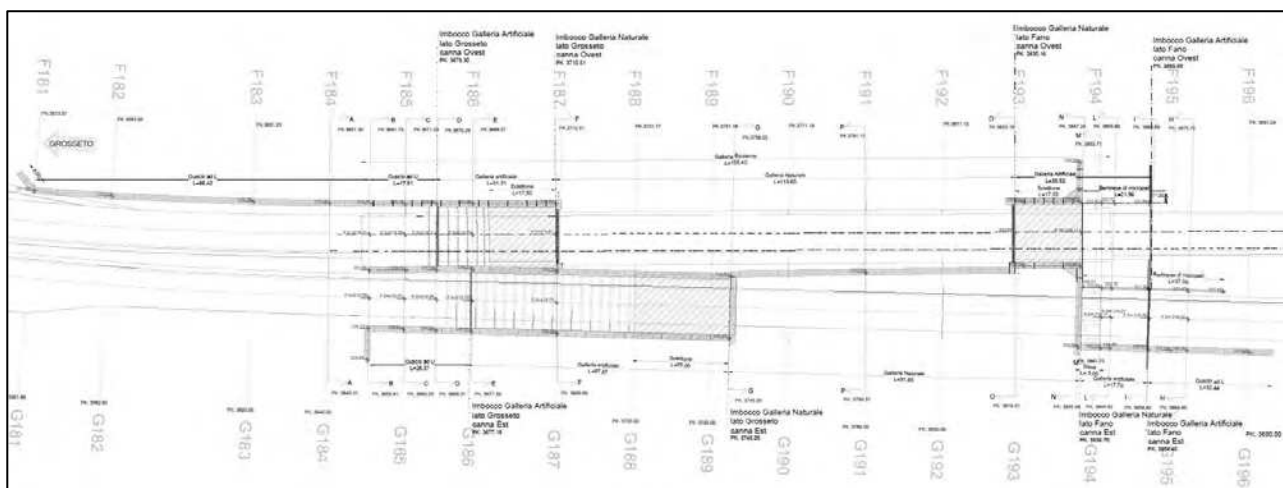
### 6.6.3.2 Galleria Bucciano

La canna est della galleria Bucciano si estende tra le progressive km 3+677.18 (imbocco lato Grosseto) e km 3+854.40 (imbocco lato Fano) e presenta una lunghezza complessiva di 177.22 m,

di cui 91.65 m in naturale e 67.87 m (lato Grosseto) + 17.70 m (lato Fano) in artificiale.  
La canna ovest si estende tra le progressive km 3+679.30 (imbocco lato Grosseto) e km 3+865.69 (imbocco lato Fano) e presenta una lunghezza complessiva di 186.39 m, di cui 119.65 m in naturale e 31.21 m (lato Grosseto) + 35.53 m (lato Fano) in artificiale.

Dal momento che la canna ovest in progetto ripercorre il tracciato della galleria esistente con una sezione di scavo di dimensioni maggiori e considerate le incertezze sulle modalità di esecuzione della galleria esistente, la quale potrebbe essere stata realizzata mediante scavo in naturale con relativi interventi di consolidamento o in artificiale con l'ausilio di opere di sostegno, in sede di progetto esecutivo sarà necessario verificare la metodologia utilizzata per la realizzazione della struttura sotterranea e accertarsi che, in relazione alla soluzione adottata, non vi siano interferenze con le opere preesistenti tali da compromettere la corretta esecuzione delle opere in progetto.

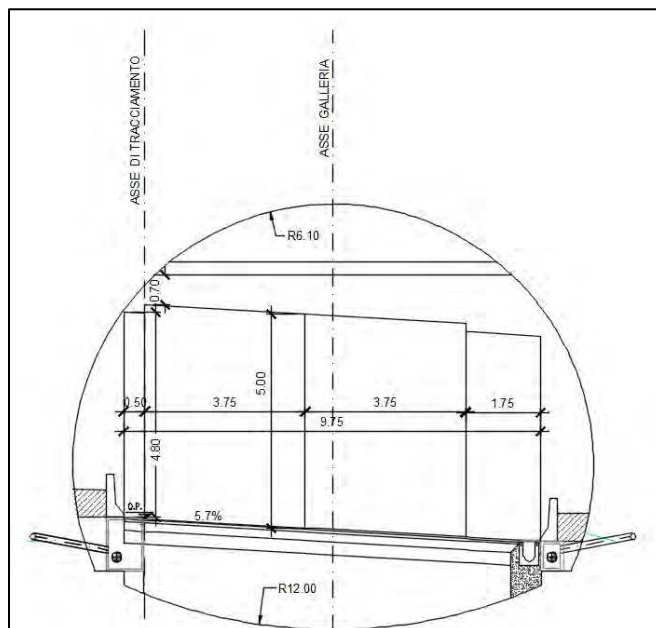
Nella figura seguente è mostrato il tracciato della galleria Bucciano.



Entrambe le canne della galleria Bucciano contengono una piattaforma stradale con larghezza complessiva di 9.75 m, costituita da due corsie con medesimo senso di marcia di larghezza 3.75 m e due banchine di larghezze rispettivamente 1.75 m e 0.5 m (sezione stradale di tipo extraurbano principale categoria B).

La pendenza trasversale della piattaforma stradale per entrambe le canne è costante e pari a 2.5% eccetto per il tratto iniziale della canna ovest (lato Grosseto) dove la pendenza cresce in fino a raggiungere il valore di 3.4% alla sezione di imbocco della galleria artificiale.

La sagoma utile è stata mantenuta di altezza (misurata in verticale) pari a 5 m nelle corsie di marcia e pari a 4.8 m nelle banchine laterali come visibile dalla seguente figura.



Entrambe le canne della galleria Bucciano presentano un andamento di in rettilineo ad eccezione dei primi metri (lato Grosseto) della canna ovest i quali risultano in clotoide.

Altimetricamente, il tracciato di entrambe le canne della galleria Bucciano presenta un andamento a schiena d'asino con pendenza massima pari a circa 0.66% per la canna est e 0.72% per la ovest.

Su entrambi i lati della pavimentazione a salvaguardia dello svio degli automezzi sono ubicati profili ridirettivi a tergo dei quali sono messe a disposizione delle aree per eventuali canalizzazioni impiantistiche.

Relativamente ai sistemi di drenaggio, per entrambe le canne è stato previsto quanto segue:

- canaletta prefabbricata in calcestruzzo continua su tutto lo sviluppo della canna posta all'interno della sede stradale in adiacenza al ciglio inferiore, atta alla raccolta dei liquidi eventualmente scolanti sulla piattaforma (per esempio liquidi di lavaggio o accidentalmente sversati in caso di incidenti che possono coinvolgere autobotti o mezzi di trasporto di sostanze pericolose).
- due tubazioni in PVC  $\phi$  250, disposte lungo i margini della carreggiata, per la raccolta, mediante pozzetti in cls con interasse 25m, delle acque di infiltrazione preliminarmente convogliate lungo tubazioni di drenaggio in PVC  $\phi$  160 poste a tergo del rivestimento definitivo ai piedi della calotta e a contatto con il terreno;

Per il tratto di galleria realizzato in naturale è prevista la metodologia di scavo in tradizionale.

In tali tratte le coperture risultano variabili da un minimo di circa 3 m in corrispondenza delle sezioni di imbocco, fino a un massimo di circa 8 m.

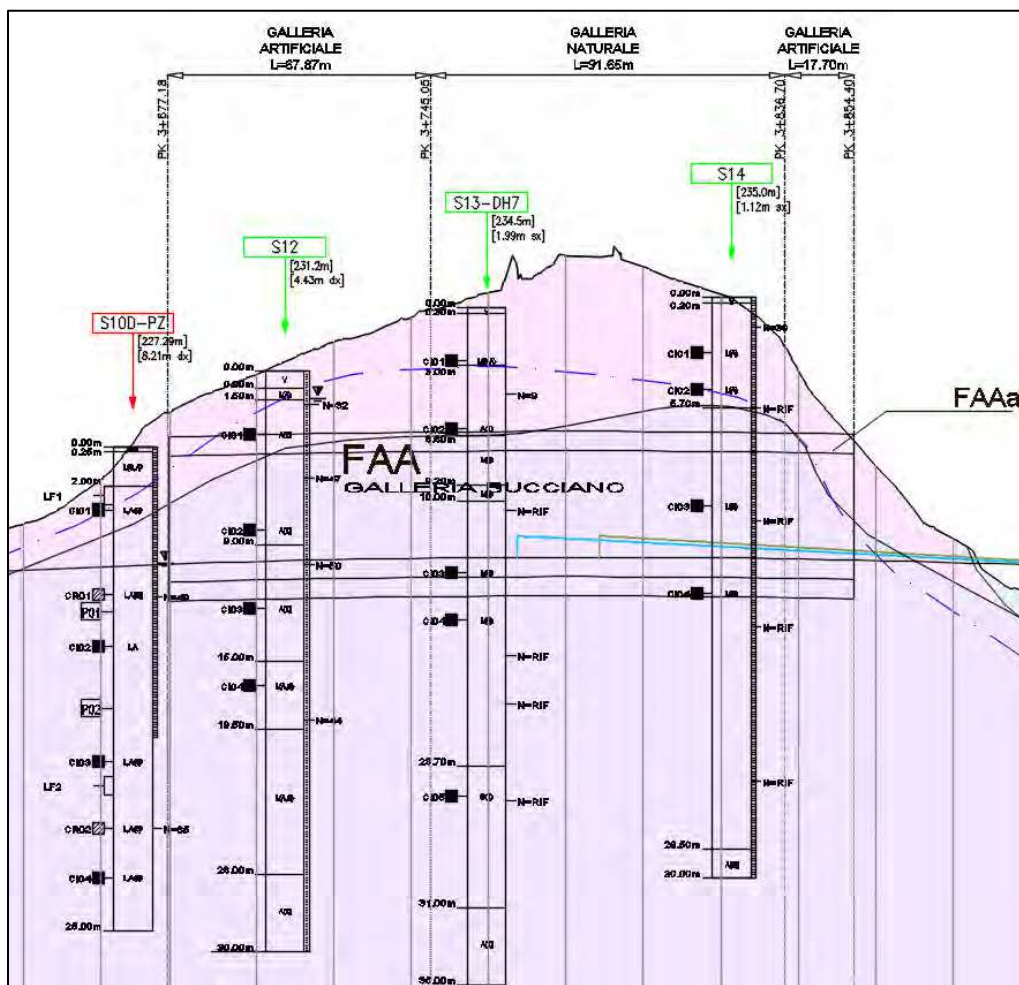
### 6.6.3.2.1 Contesto geologico

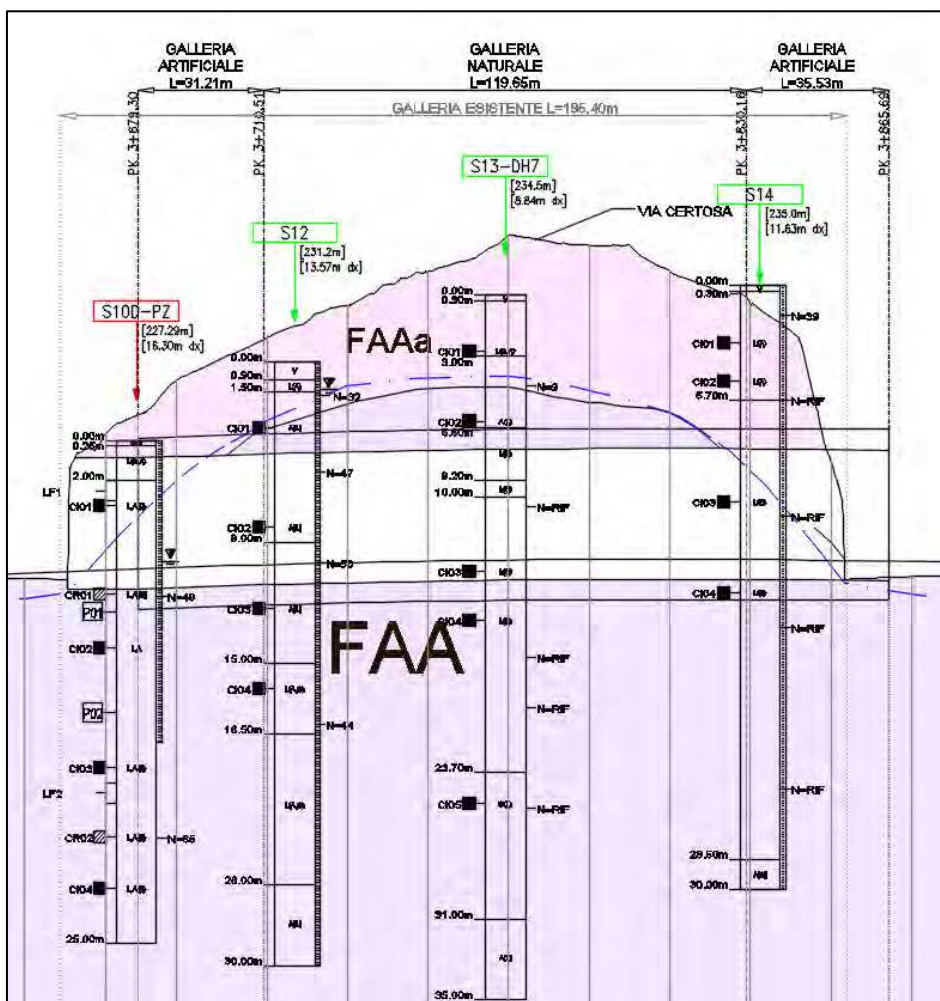
I materiali coinvolti nello scavo delle due canne della galleria Bucciano risultano essere

- argille azzurre alterate (FAAa) costituite da argille limose, limi argillosi e limi sabbiosi, da poco a mediamente consistenti;
- argille azzurre (FAA) da molto consistenti a dure;

Per una descrizione maggiormente dettagliata della stratigrafia in sito e delle formazioni geotecniche ivi presenti si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale.

Nelle due figure seguenti sono riportati rispettivamente i profili geotecnici delle canne est e ovest della galleria Bucciano.





I profili geotecnici della galleria mostrano, nell'area in esame, la presenza di falda superficiale, la quale interessa le gallerie fino circa alla quota del piano dei centri. Nelle analisi, a favore di sicurezza, la presenza della falda è stata considerata fino alla quota della calotta.

#### 6.6.3.2.2 Descrizione delle sezioni tipo

Dal momento che le due canne della galleria Bucciano contengono la medesima piattaforma stradale e sono situate all'interno della stessa stratigrafia e considerata la modesta estensione del tratto da realizzare in naturale, si prevede, per tali tratte, l'adozione di una sola sezione tipologica, con scavo in tradizionale a piena sezione e con andamento troncoconico.

Negli elaborati di progetto, la sezione tipologica di seguito descritta è identificata come:

- GN-03 per la canna ovest;
- GN-04 per la canna est.

Per tale sezione tipo, avente un'area al fronte minima di 133.2 m<sup>2</sup> e massima di 157.4 m<sup>2</sup> e considerando campi di avanzamento di 6 m e sfondi con lunghezza massima di un 1 m, sono previsti i seguenti interventi:

- n. 48 tubi in VTR orizzontali  $\phi 60/40$  disposti al fronte con maglia indicativamente di  $1.2 \times 1.2 \text{ m}^2$  di lunghezza 18 m e sovrapposizione minima di 12 m, diametro di perforazione 90 mm (presenti solo per la GN-04);
- applicazione sul fronte di scavo di 5 cm di betoncino di sicurezza al termine di ogni sfondo e di 10 cm al termine di ogni campo o in caso di soste prolungate;
- applicazione sul contorno di scavo (piedritti e calotta) di 5 cm di betoncino fibrorinforzato (fibre di acciaio  $30\text{kg/m}^3$ ) di prima fase, 2 centine IPN 180 accoppiate a passo 1 m, 20 cm di betoncino fibrorinforzato di seconda fase e 5 cm di betoncino di regolarizzazione;
- n. 46 infilaggi  $\phi 127$  spessore 10 mm posizionati in calotta per un angolo di  $150^\circ$  con inclinazione di  $7.6^\circ$ , lunghezza di 15 m e sovrapposizione minima di 9 m, diametro di perforazione 160 mm.

Si precisa che per la canna ovest della galleria Bucciano (GN-03), dove attualmente è presente la galleria esistente, non si prevedono interventi di consolidamento al fronte in quanto quest'ultimo non è presente.

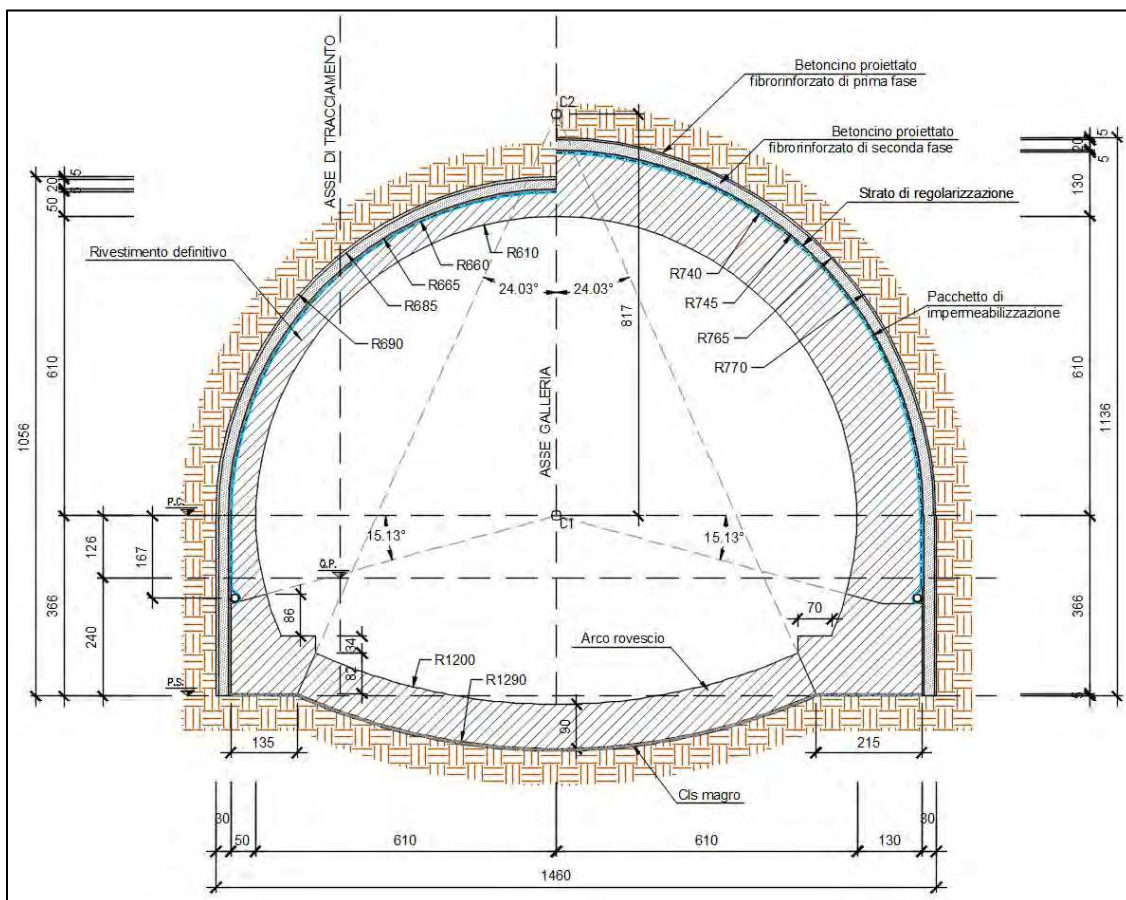
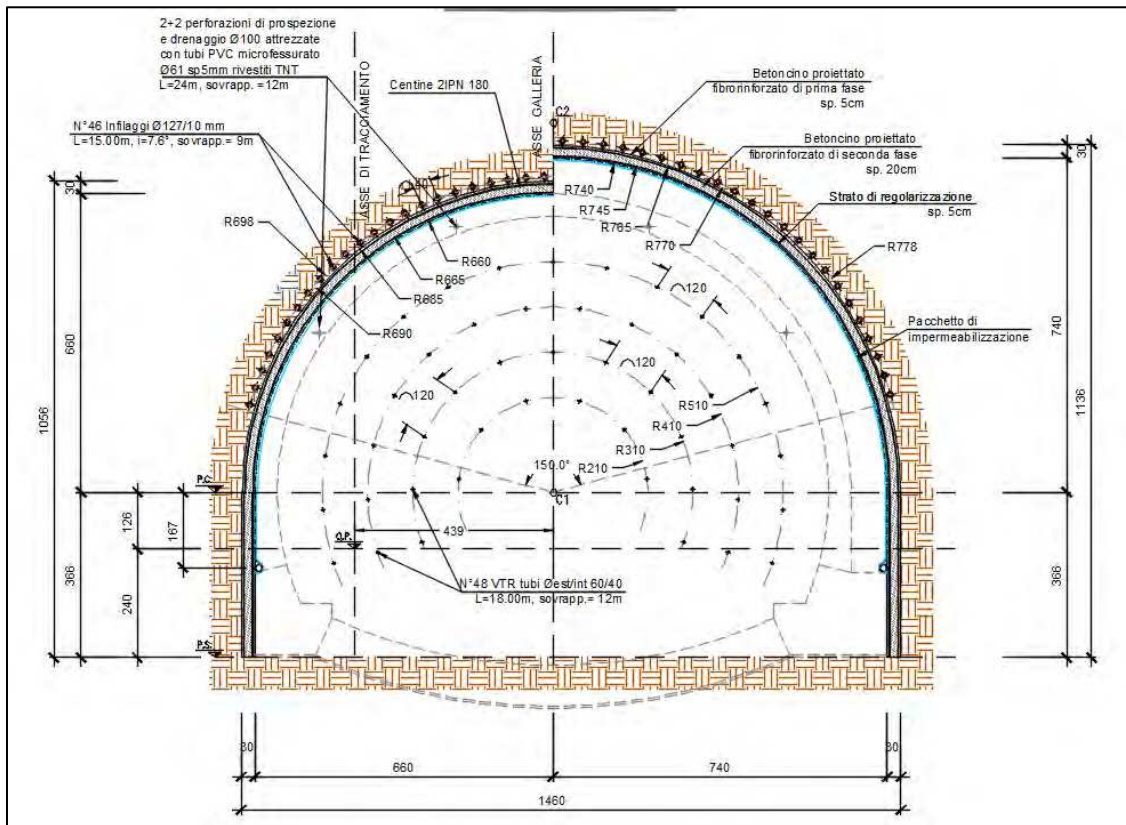
Una volta completata la realizzazione del rivestimento di prima fase, si procederà con l'installazione del pacchetto di impermeabilizzazione costituito da un telo in PVC di spessore 2 mm e peso specifico  $1.3 \text{ g/cm}^2$  protetto da uno strato di tessuto non tessuto di  $400 \text{ g/m}^2$  a filo continuo. L'acqua di ammasso verrà raccolta mediante tubi di drenaggio in PVC microfessurati  $\phi 160$  mm posti sopra le murette.

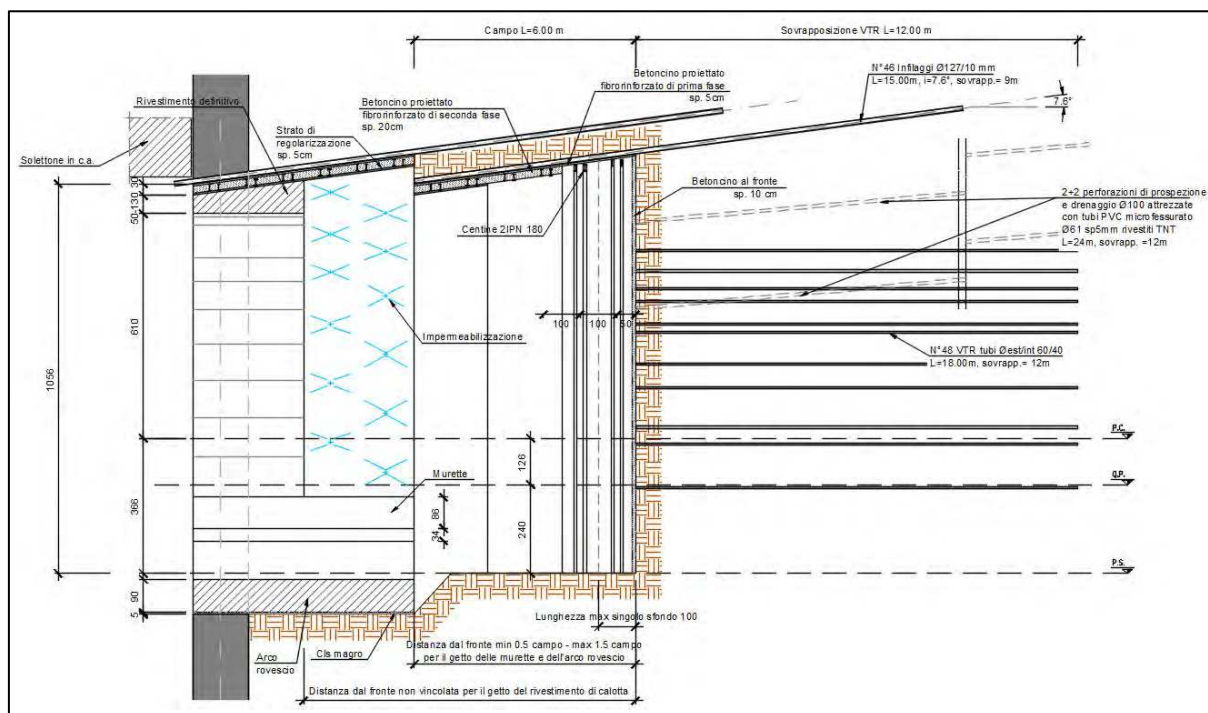
Durante le fasi di scavo si procederà con l'esecuzione di n. 4 perforazioni a distruzione di nucleo in avanzamento della lunghezza massima di 24m e di diametro 100mm e sovrapposizione minima 12 m. Ogni perforazione, avente un'inclinazione rispetto all'orizzontale minima di  $5^\circ$ , dovrà essere attrezzata con tubo in PVC microfessurato (senza tratto cieco) ad alta resistenza (4.5 MPa alla trazione)  $\phi 61$ mm e spessore 5 mm, rivestito con TNT, per consentire il drenaggio di eventuali acque presenti sul contorno dello scavo.

Lo scavo e il getto dell'arco rovescio verranno eseguiti per campi di 6 m a partire da una distanza massima dal fronte di scavo di 9 m. Per l'arco rovescio si prevede uno spessore di 90 cm.

Il rivestimento di seconda fase definitivo in calotta e sui piedritti presenta uno spessore rispettivamente nella sezione di minimo e nella sezione di massimo di 50 cm e 130 cm.

Nelle seguenti figure si riportano rispettivamente le configurazioni, in sezione e in profilo, della fase di scavo e della fase definitiva relative alla sezione tipo in oggetto.





Le modalità esecutive per l'avanzamento dello scavo della canna est, ovvero quella di nuova realizzazione, prevedono schematicamente le seguenti fasi di lavoro:

- Esecuzione degli interventi in avanzamento all'inizio di ogni campo da 6 m (consolidamento al fronte e al contorno);
- Scavo a piena sezione con sfondi di avanzamento di 1 m e successiva messa in opera di 5 cm di betoncino proiettato sul fronte (10 cm se a fine campo) e del rivestimento di prima fase secondo le modalità definite dai disegni di progetto;
- Getto dell'arco rovescio a distanza vincolata dal fronte di scavo (massimo 9 m);
- Regolarizzazione del betoncino proiettato del rivestimento di prima fase, posa in opera dell'impermeabilizzazione e getto del rivestimento definitivo in calcestruzzo armato a distanza dal fronte di scavo non vincolata.

Mentre per la canna ovest, realizzata in sostituzione dell'esistente, si prevede:

- Esecuzione degli interventi in avanzamento all'inizio di ogni campo da 6 m (consolidamento al contorno);
- Demolizione e rimozione del rivestimento definitivo della galleria esistente con avanzamento progressivo per step di 1 m e contestuale messa in opera del rivestimento di prima fase secondo le modalità definite dai disegni di progetto;
- Getto dell'arco rovescio a distanza vincolata dalla zona di demolizione del rivestimento della galleria esistente (massimo 9 m);
- Regolarizzazione del betoncino proiettato del rivestimento di prima fase, posa in opera dell'impermeabilizzazione e getto del rivestimento definitivo in calcestruzzo armato a distanza dal fronte di scavo non vincolata.



Si specifica che prima dell'inizio della demolizione del rivestimento definitivo della galleria esistente sarà necessario verificare lo spessore effettivo di tale rivestimento mediante l'esecuzione di carotaggi e, nel caso in cui il limite dell'estradosso del rivestimento esistente risultasse esterno alla sezione di scavo prevista in progetto, sarà necessario provvedere, a seguito della demolizione e rimozione del rivestimento definitivo esistente, al riempimento dell'eventuale extra scavo mediante betoncino proiettato o getti localizzati di calcestruzzo.

Relativamente agli imbocchi in naturale della galleria Bucciano si prevede l'applicazione della medesima sezione tipo sopra descritta ad eccezione dell'imbocco lato Fano della canna est, per il quale il campo della sezione troncoconica avrà una lunghezza ridotta di 4.5 m e variabilità dello spessore del rivestimento definitivo da 70 cm nella sezione minima a 130 cm nella massima.

#### **6.6.3.2.3 Descrizione delle opere di imbocco**

Relativamente alle tratte di imbocco della due canne della galleria Bucciano, l'attacco degli scavi in sotterraneo avviene mediante la preparazione di una trincea di approccio sostenuta da paratie. Tali paratie sono costituite da diaframmi in calcestruzzo armato di spessore 1.5 m e larghezza del singolo pannello di 2.5 m. Date le elevate altezze di scavo da sostenere (valori massimi di circa 16.5 m in prossimità degli imbocchi in naturale lato Grosseto e di 14 m lato Fano) si prevede di contrastare i diaframmi mediante l'utilizzo, a seconda del caso in oggetto di studio, di: puntoni metallici, solettoni in calcestruzzo armato, tiranti a trefoli e tiranti in VTR.

Relativamente alle pareti di imbocco delle tratte in naturale si prevede:

- per la canna est di nuova realizzazione l'utilizzo dei diaframmi analoghi a quelli di sostegno;
- per la canna ovest, data l'impossibilità di realizzare una parete di imbocco mediante diaframma a causa della presenza della galleria esistente, si provvederà alla realizzazione di una berlinese in micropali i quali avranno lunghezze variabili determinate dal raggiungimento della quota dell'estradosso della calotta della galleria esistente.

Per la sistemazione definitiva si prevede la realizzazione di tratti di galleria artificiale con sezione avente sagoma interna curvilinea con le stesse dimensioni geometriche del tratto in naturale.

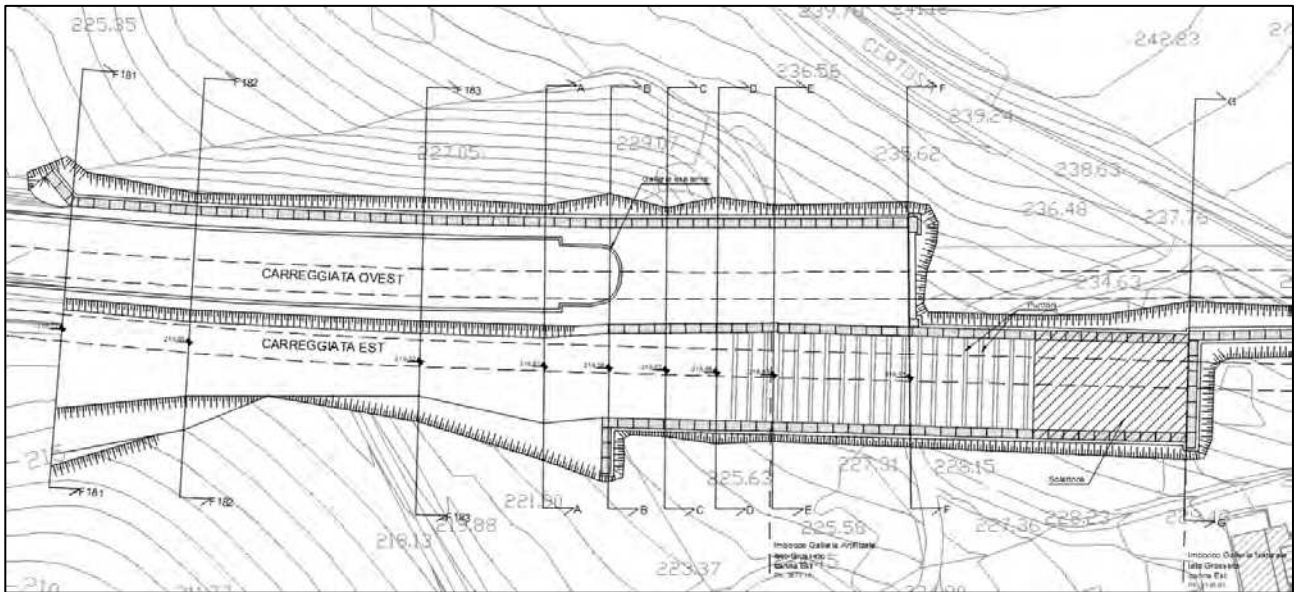
Per tutte le gallerie artificiali è previsto il completo ricoprimento.

Fuori dalle gallerie artificiali, la strada procede in trincea a cielo aperto con gli scavi laterali sostenuti in fase definitiva oltre che dai diaframmi anche da muri in calcestruzzo armato di forma a "U" o a "L" a seconda del caso considerato.

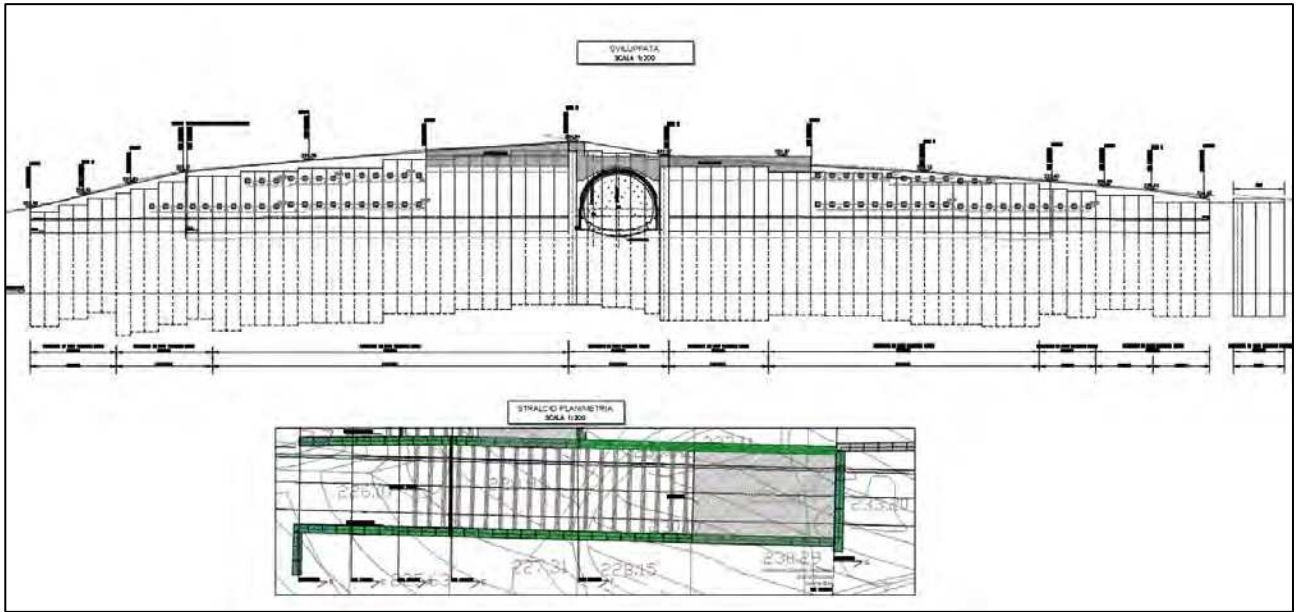
Nel seguito si riportano le descrizioni delle sistemazioni provvisorie e definitive delle zone di imbocco della galleria Bucciano.

#### **Imbocco lato Grosseto**

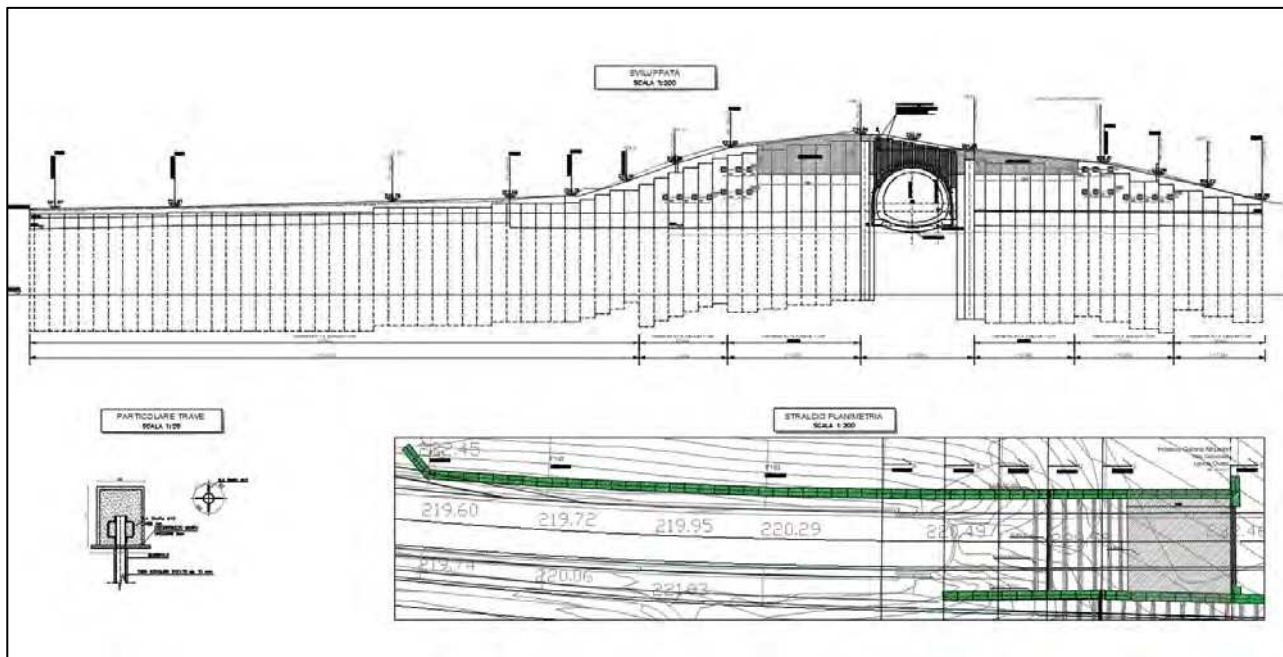
Nelle seguenti figure si riportano rispettivamente la planimetria e le sviluppate delle opere di sostegno previste agli imbocchi delle canne est e ovest lato Grosseto.



**Canna est**



## Canna ovest



Considerate le elevate altezze di scavo da sostenere in fase provvisoria, con valori massimi di circa 16.5 m in prossimità degli imbocchi dei tratti in naturale, si è previsto di contrastare i diaframmi mediante l'utilizzo di puntoni metallici e di solettoni in calcestruzzo armato.

In particolare, la scelta progettuale di contrastare i diaframmi mediante uno o due ordini (in funzione dell'altezza di scavo da sostenere) di puntoni metallici provvisori presenta i seguenti vantaggi:

- rispetto alla soluzione che prevede l'utilizzo di un solettone di contrasto in testa ai diaframmi, i puntoni risultano di più semplice installazione e consentono un risparmio sui volumi di calcestruzzo da utilizzare;
- durante le fasi di scavo l'utilizzo dei puntoni metallici consente una maggiore flessibilità nella scelta delle quote di imposta dei contrasti con conseguente facilità di adattamento alle differenti configurazioni che si riscontrano in funzione della variabilità delle altezze dei diaframmi;
- per la soluzione che prevede puntoni metallici la fase di getto della galleria artificiale risulta più agevole rispetto al caso con solettone in quanto il getto della calotta risulta essere a cielo aperto e quindi operativamente più facile da eseguirsi;
- allontanandosi dalla zona di imbocco delle tratte in naturale, le altezze del terreno e quindi dei diaframmi si riducono, pertanto in queste zone la soluzione di contrastare i diaframmi in testa mediante un solettone e di realizzare al di sotto di quest'ultimo la galleria artificiale non sarebbe fattibile in quanto in fase definitiva non ci sarebbe sufficiente spazio per il ricoprimento della struttura.

Si evidenzia inoltre che, considerata la disposizione in pianta dei diaframmi, con particolare riferimento alla fila centrale, non è possibile utilizzare come tipologia di contrasti i tiranti in quanto

questi andrebbero a interferire con la canna in adiacenza.

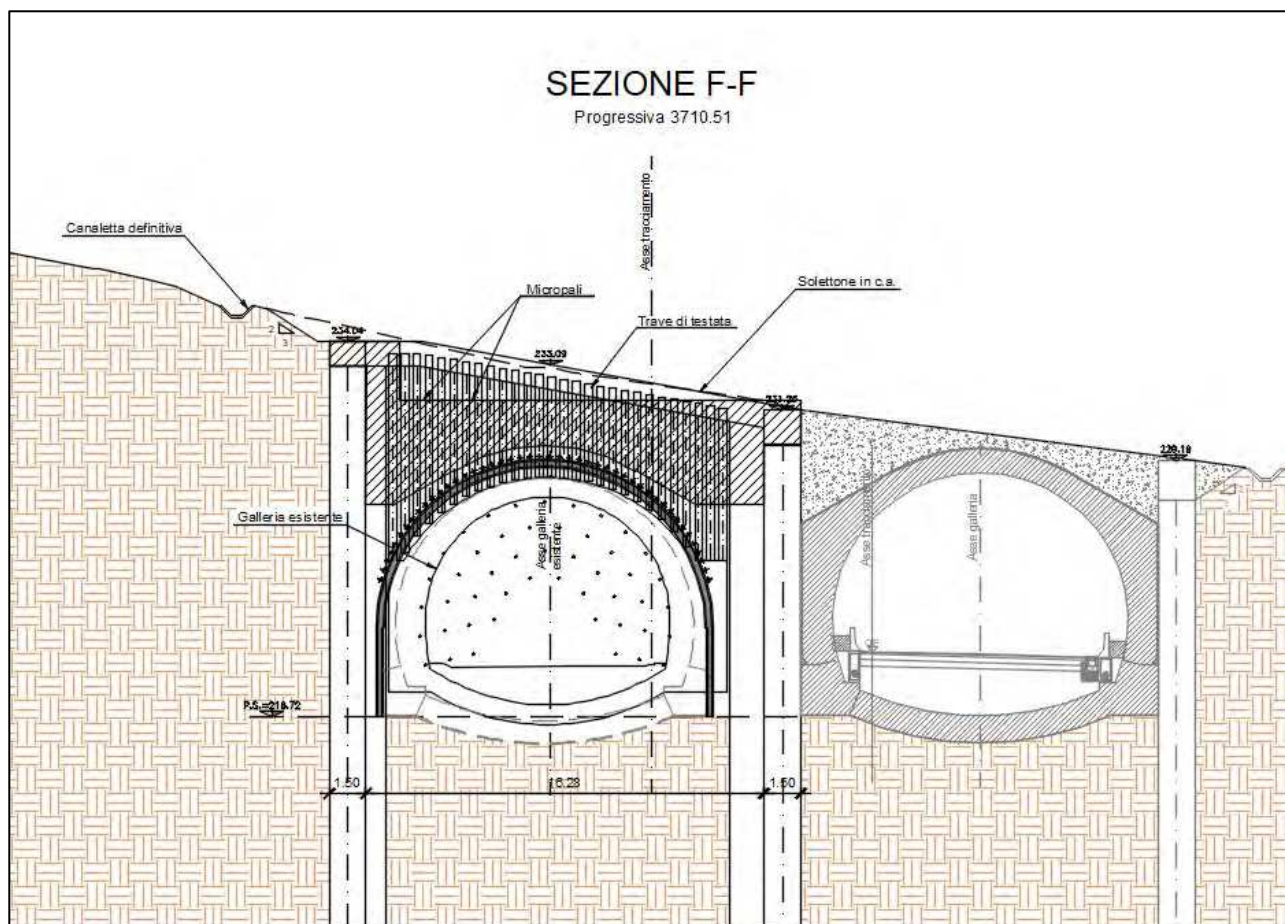
I puntoni da utilizzare in progetto presentano lunghezze variabili circa comprese fra 14 m e 16 m, hanno un diametro esterno  $\phi$  610 mm, spessore 12.7 mm, in acciaio S355, collegati alle estremità alle paratie mediante piastre bullonate (si veda figura seguente). Tali puntoni dovranno garantire un carico di lavoro minimo (in funzione di una lunghezza di 16 m di luce) pari a 2500 kN.



Nelle aree antistanti gli imbocchi delle tratte in naturale (rispettivamente per una lunghezza di 25 m per la canna est e di 17.5 m per la canna ovest) è stata prevista la soluzione di contrastare i diaframmi in testa mediante l'utilizzo di un solettone di calcestruzzo armato. Tale scelta progettuale è stata eseguita sulla delle seguenti due considerazioni:

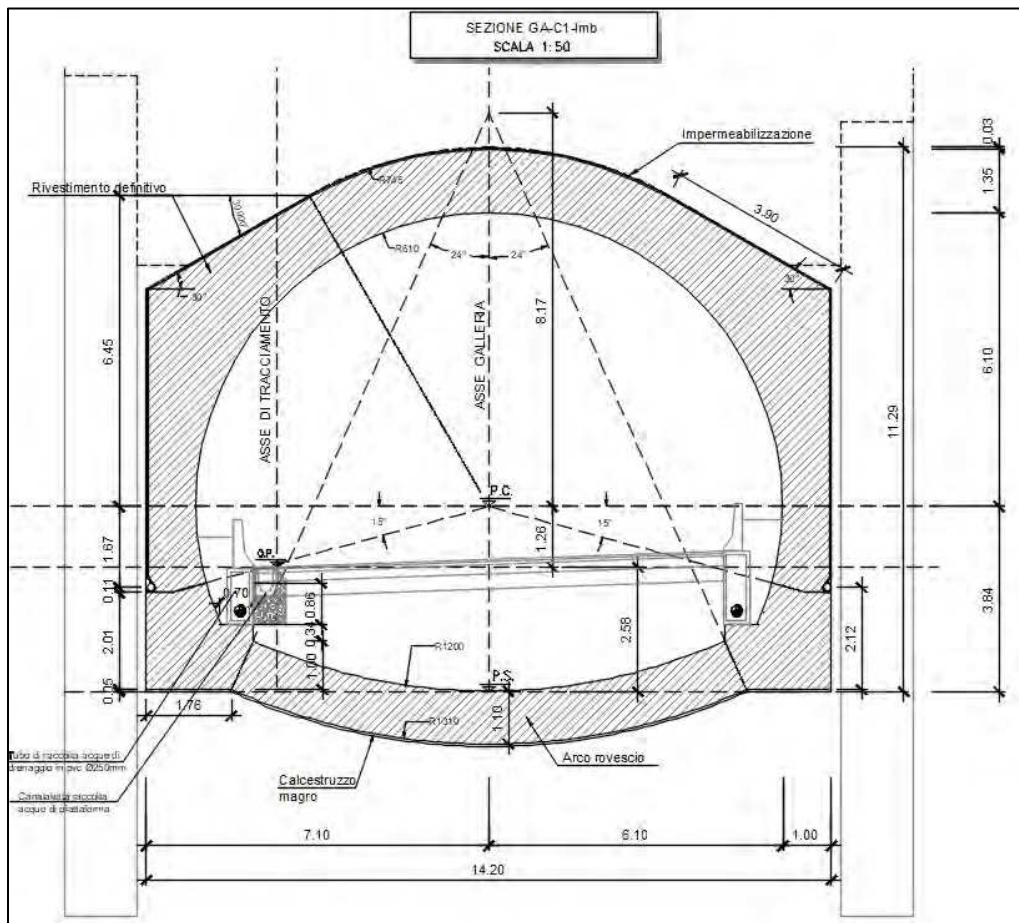
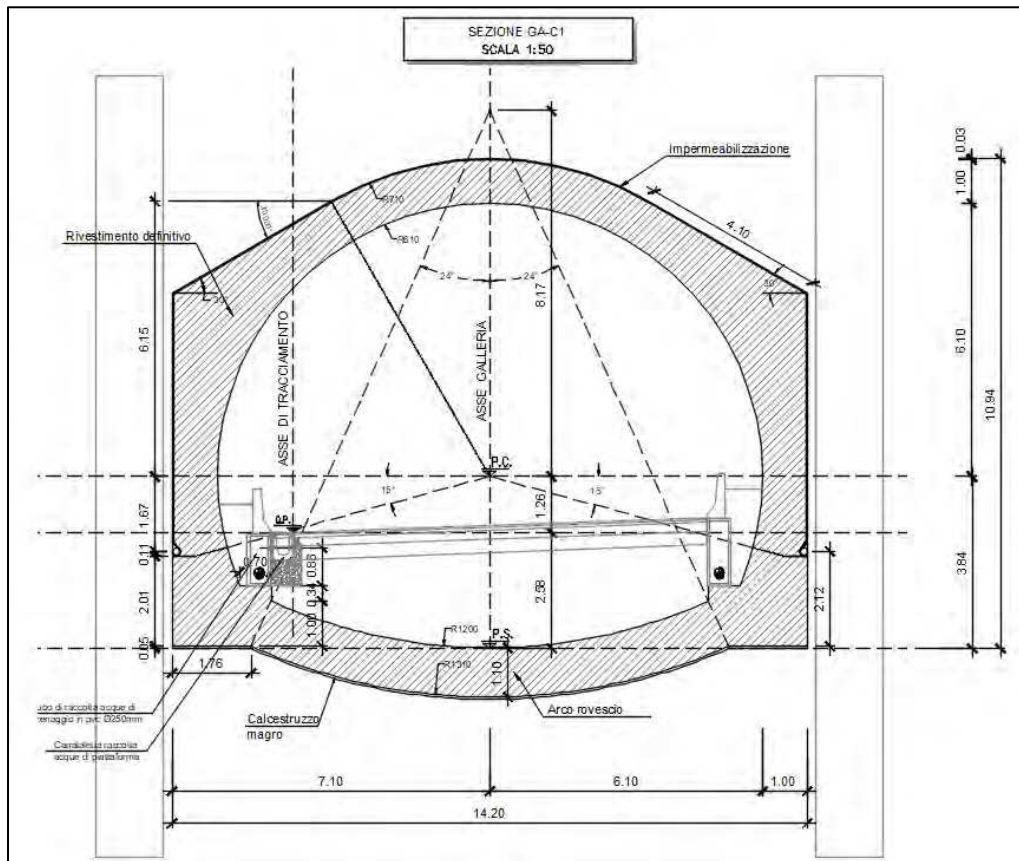
- in prossimità dell'imbocco in naturale, non è possibile posizionare puntoni in quanto questi interferirebbero con i macchinari necessari per l'installazione del primo campo di interventi di consolidamento al fronte (se presenti) e al contorno;
- considerate le elevate altezze da sostenere in tali zone l'utilizzo di un contrasto diffuso (e non puntuale come si avrebbe nel caso dei puntoni metallici) risulta più cautelativo.

In aggiunta alle considerazioni sopra riportate, il solettone in calcestruzzo armato, con riferimento alla canna ovest (a sostituzione della galleria esistente), permette di sostenere la parete di imbocco in micropali da realizzarsi nella parte di terreno al di sopra della calotta della galleria esistente eliminando la necessità di prevedere appositi sistemi di contrasto peraltro di difficile esecuzione.



In fase definitiva si prevede la realizzazione di due tratte di galleria artificiale rispettivamente di lunghezza 67.87 m per la canna est e 31.21 m per la canna ovest. Per entrambe le canne la geometria della sezione di galleria artificiale è la medesima.

Il getto della galleria artificiale sarà eseguito in parte a cielo aperto e in parte al di sotto del solettone di contrasto. Nelle seguenti due figure si riportano rispettivamente le carpenterie della sezione artificiale nel tratto corrente e nel tratto al di sotto del solettone. Le due configurazioni differiscono solamente per lo spessore in calotta, rispettivamente di 90 cm per la sezione corrente (denominata GA-C1) e 135 cm per quella sotto il solettone (GA-C1-imb); la differenza fra i due spessori è dovuta alla necessità di consentire lo spazio sufficiente al di sotto del solettone per la realizzazione del primo campo di infilaggi necessari per procedere con lo scavo in naturale. Tali infilaggi vengono realizzati prima del getto della galleria artificiale.

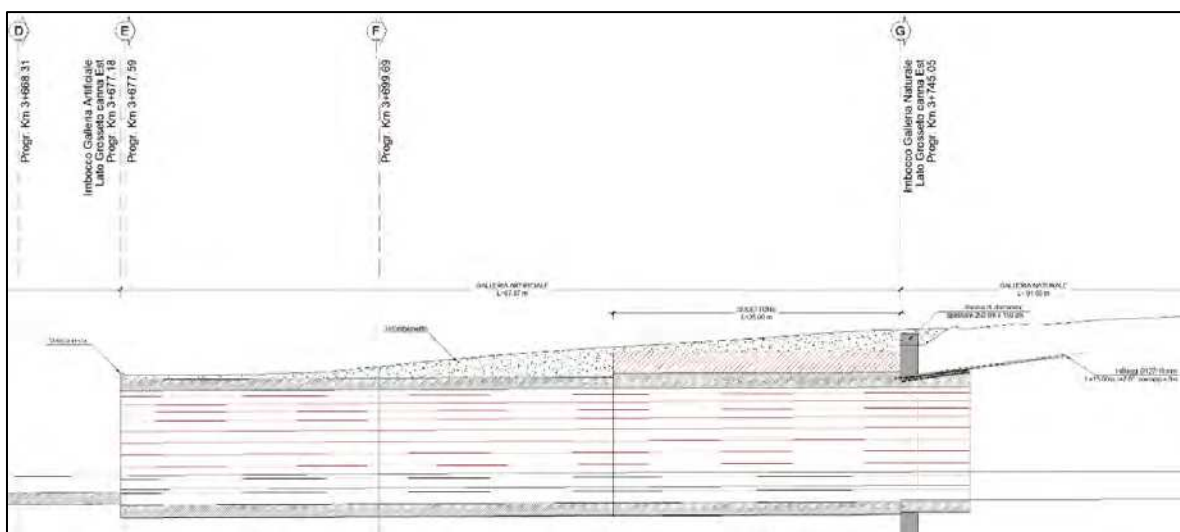


La scelta progettuale di prevedere una sezione in artificiale curvilinea al posto di una sezione di tipo

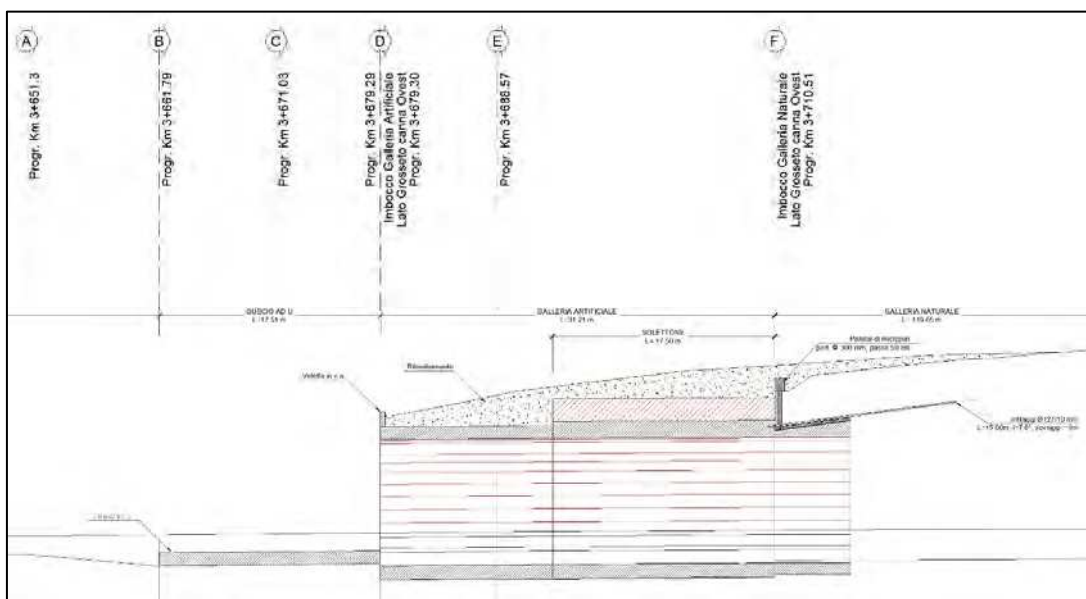
scatolare con solettone piatto in testa (come invece fatto per la galleria San Lazzerò) è stata effettuata con l'intento di mantenere la medesima sagoma interna della galleria naturale anche nella tratta in artificiale evitando il cambio di sezione interna e mantenendo l'intradosso della calotta costante lungo tutto lo sviluppo della galleria, senza la presenza di un salto tra la calotta curva della galleria naturale e l'eventuale soletta piana della galleria artificiale. Tale scelta progettuale è consentita (a differenza della galleria San Lazzerò) dall'andamento altimetrico del terreno in sito che, seppur comporta coperture di modesta entità, queste sono sufficienti a garantire il completo ricoprimento della galleria artificiale.

Nelle seguenti figure si riportano i profili in asse delle gallerie artificiali rispettivamente per la canna est e ovest.

### Canna est



### Canna ovest

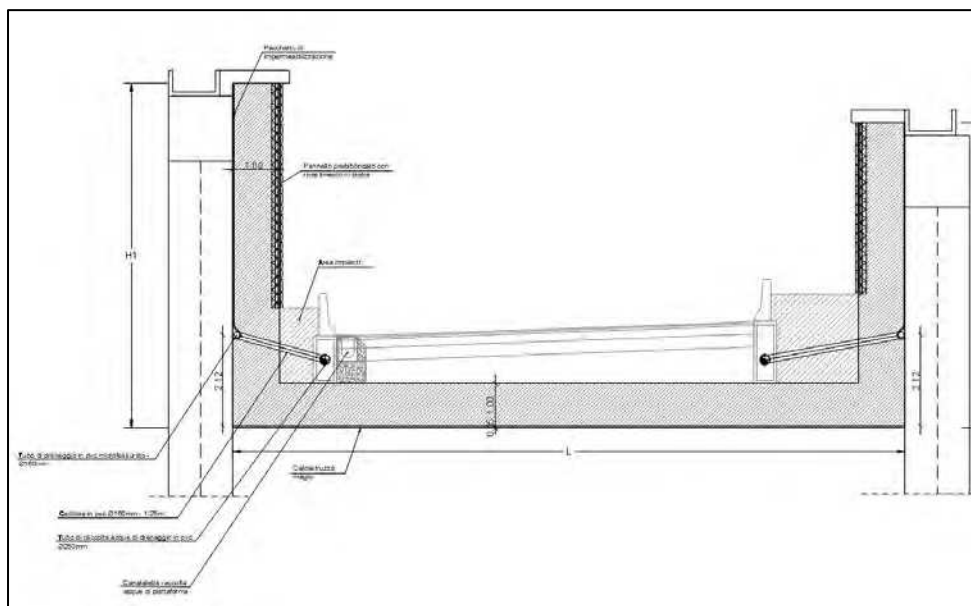


Subito dopo le tratte di galleria artificiale le due piattaforme stradali proseguono in trincea a cielo aperto. Premesso che in tali tratte i diaframmi hanno carattere definitivo, in adiacenza a questi

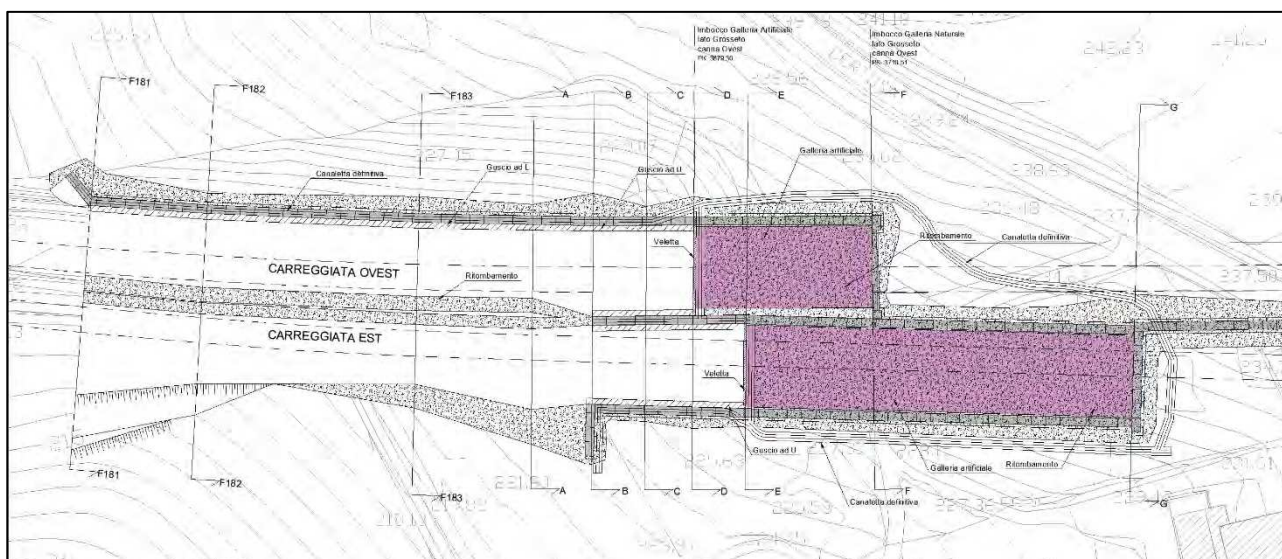
verranno realizzati muri a "U" per una lunghezza di rispettivamente 26.37 m per la canna est e di 17.51 m per la canna ovest.

Con riferimento alla sola canna ovest, dopo il tratto di guscio a "U" è previsto un tratto di estensione pari a 88.42 m di guscio ad "L" a rivestimento del diaframma precedentemente realizzato il quale, si precisa, ha funzione di sostegno anche in fase definitiva.

Sia per i muri a "U" che per i muri a "L" è previsto un ricoprimento dell'elevazione lato strada mediante un pannello prefabbricato con rivestimento in pietra e la presenza di un pacchetto di impermeabilizzazione con membrana in PVC posizionato dietro il muro, fra quest'ultimo e il diaframma e di un tubo di drenaggio microfessurato in PVC  $\phi 160$  mm.



Di seguito si riporta la planimetria con la configurazione definitiva dell'imbocco lato Grosseto.

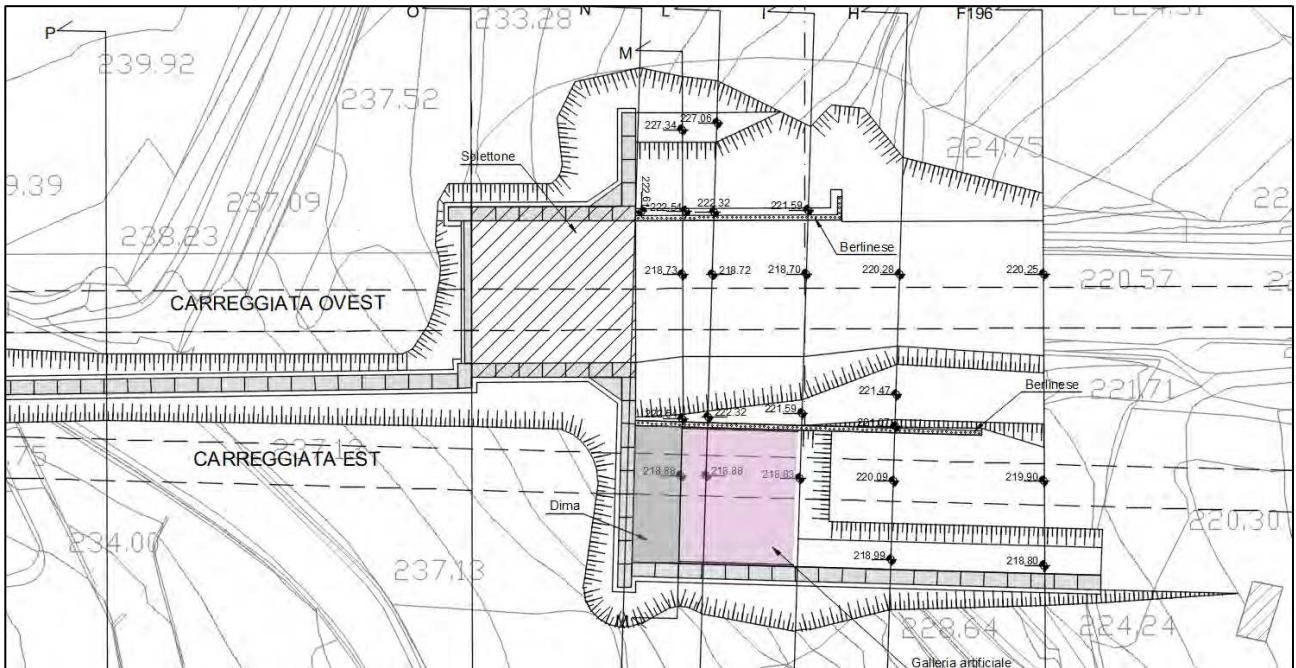


Si evidenzia che gli scavi in fase provvisoria verranno eseguiti con pendenze del 2 su 3, mentre per i ricoprimenti in fase definitiva si considererà una pendenza limite di 4 su 7.

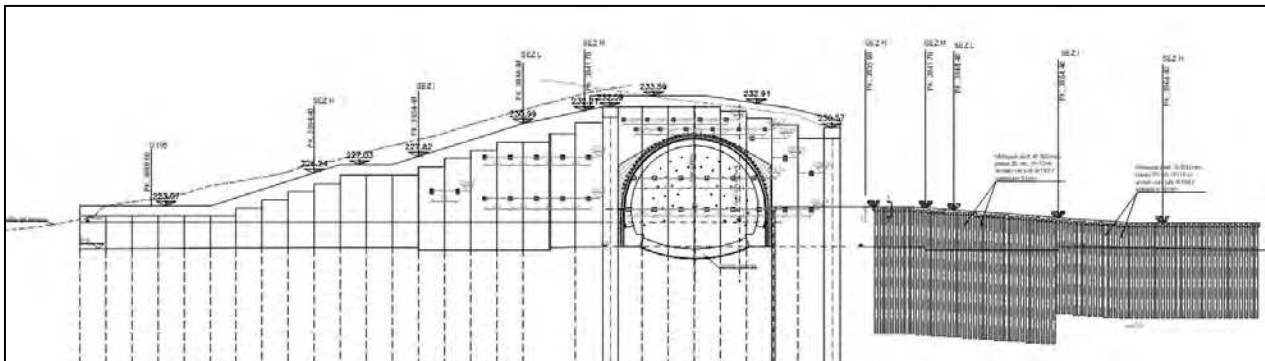


**Imbocco lato Fano**

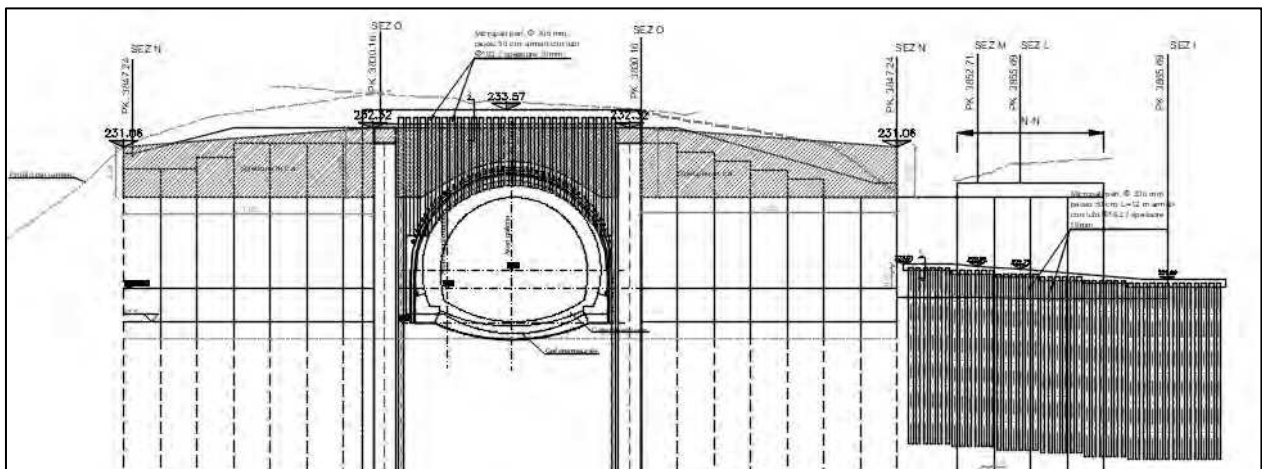
Nelle seguenti figure si riportano rispettivamente la planimetria e le sviluppate delle opere di sostegno previste agli imbocchi delle canne est e ovest lato Fano.



**Canna est**



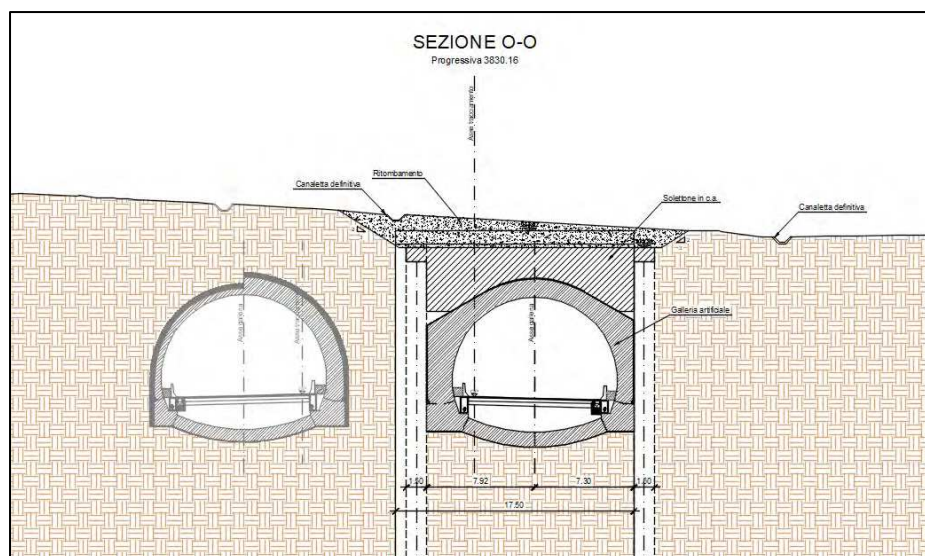
**Canna ovest**



Analogamente a quanto già visto per gli imbocchi lato Grosseto, anche per la canna ovest

all'imbocco lato Fano è previsto il sostegno degli scavi di approccio allo scavo in naturale mediante diaframmi di spessore 1.5 m e larghezza del singolo pannello di 2.5 m per un tratto di estensione di circa 17.5 m, contrastati in testa mediante un solettone in calcestruzzo armato (si veda figura seguente).

Per le motivazioni che giustificano tale scelta progettuale si rimanda al paragrafo precedente.

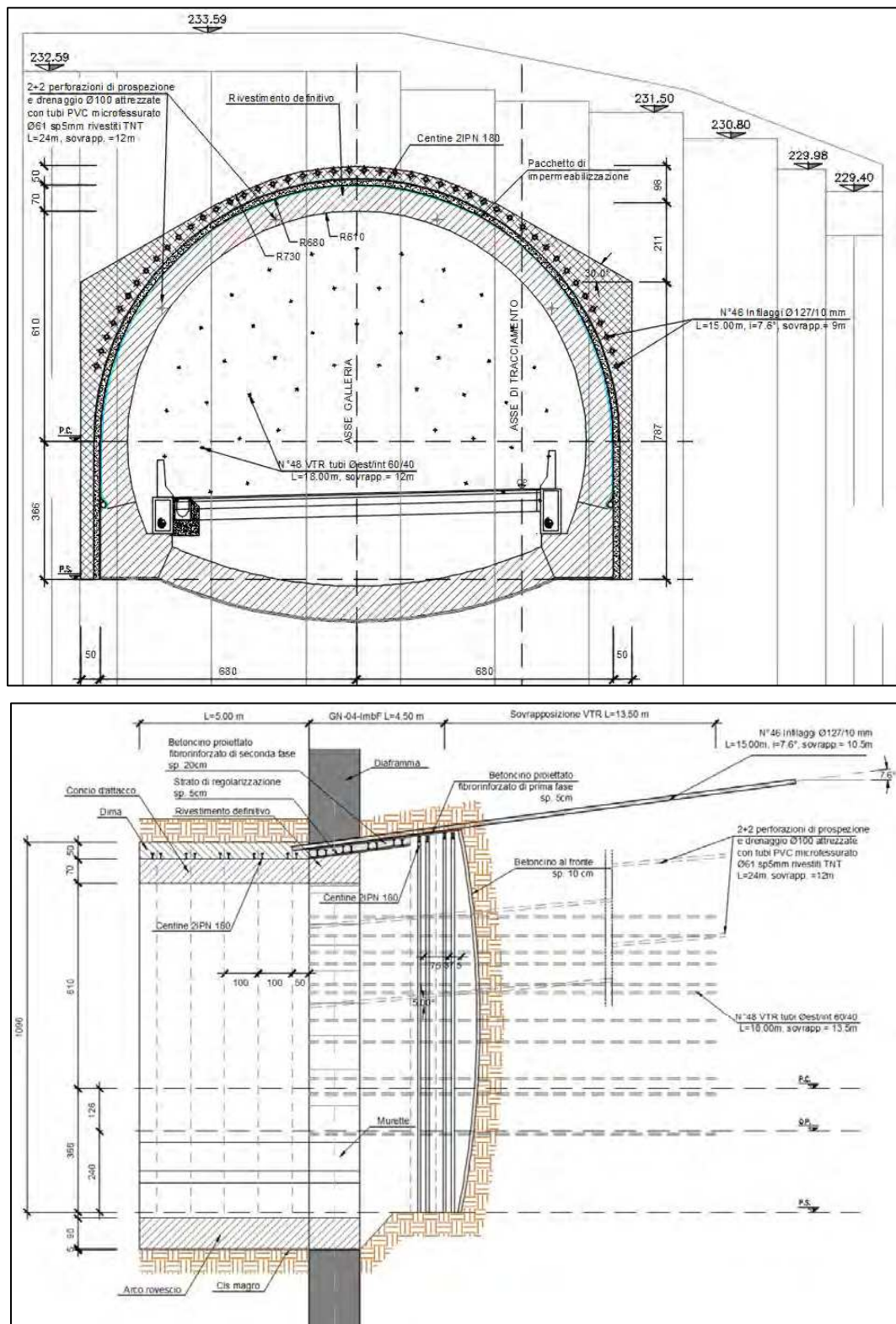


Dal momento che le coperture di terreno all'imbocco lato Fano, via via che ci si allontana dalle sezioni di attacco in naturale, decrescono rapidamente, per tale imbocco, a differenza di quanto fatto sul lato Grosseto, è stato possibile, in parte, raggiungere le quote di fondo scavo anche mediante l'adeguata combinazione di sbancamenti e berlinesi provvisorie di micropali a sbalzo.

Solamente sul lato sud dell'imbocco in naturale della canna est, dove l'altezza di scavo da sostenere varia indicativamente da 14 m a 4 m, sono stati previsti diaframmi contrastati (fintanto che le altezze di scavo sono superiori ai 9 m) mediante uno/due ordini di tiranti a trefoli.

Sulla parete di imbocco della tratta in naturale della canna est che, a differenza degli altri imbocchi, non è contrastata dalla presenza del solettone in c.a., si prevede il posizionamento di 3 ordini di contrasto realizzati mediante tiranti in VTR al posto che con trefoli in acciaio, così da non avere problemi di interferenza durante la realizzazione degli interventi di consolidamento al fronte e al contorno e in fase di scavo della galleria naturale.

Inoltre, sempre in conseguenza dell'assenza del solettone in c.a. all'imbocco è stato necessario prevedere in fase provvisoria la realizzazione di una dima d'attacco la cui estensione longitudinale è prevista di 5 m e spessore 0.5 m.

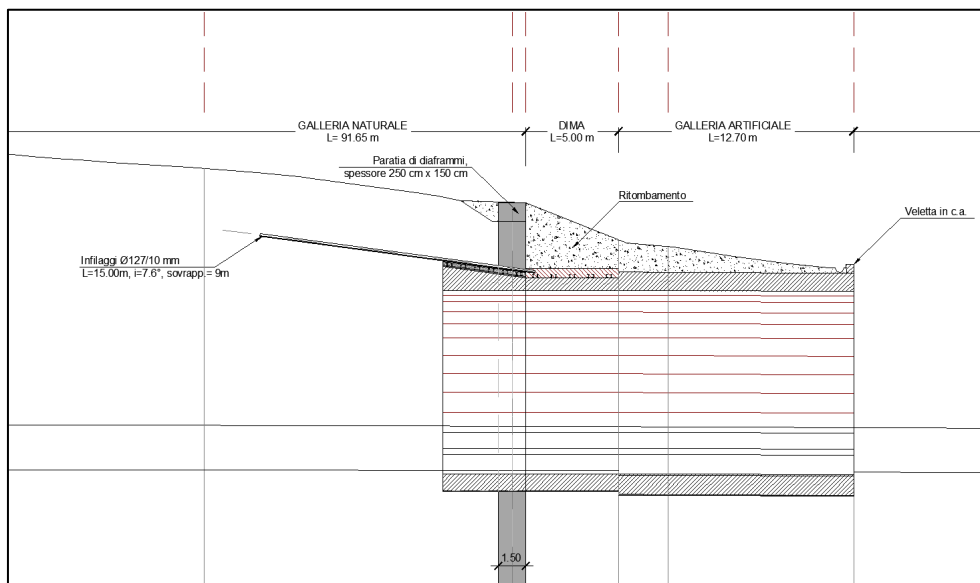


In fase definitiva si prevede la realizzazione di due tratte di galleria artificiale rispettivamente di lunghezza 17.70 m per la canna est e 35.53 m per la canna ovest. Per entrambe le canne la geometria della sezione di galleria artificiale è la medesima già illustrata nel precedente paragrafo relativo all'imbocco lato Grosseto al quale si rimanda sia per la visualizzazione delle sezioni che per le considerazioni a esse correlate.

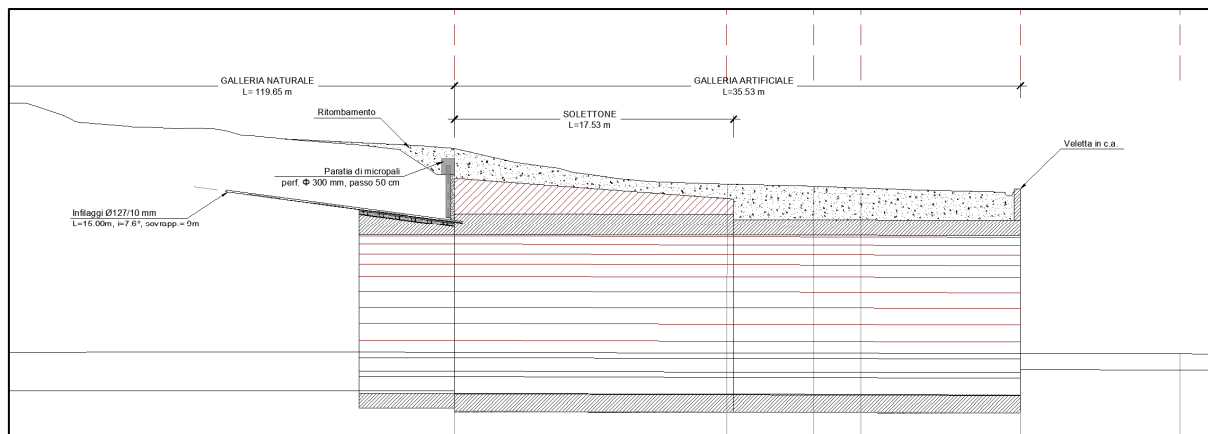
Per entrambe le gallerie artificiali è previsto il completo ricoprimento.

Nelle seguenti figure si riportano i profili in asse delle gallerie artificiali rispettivamente per la canna est e ovest.

### Canna est

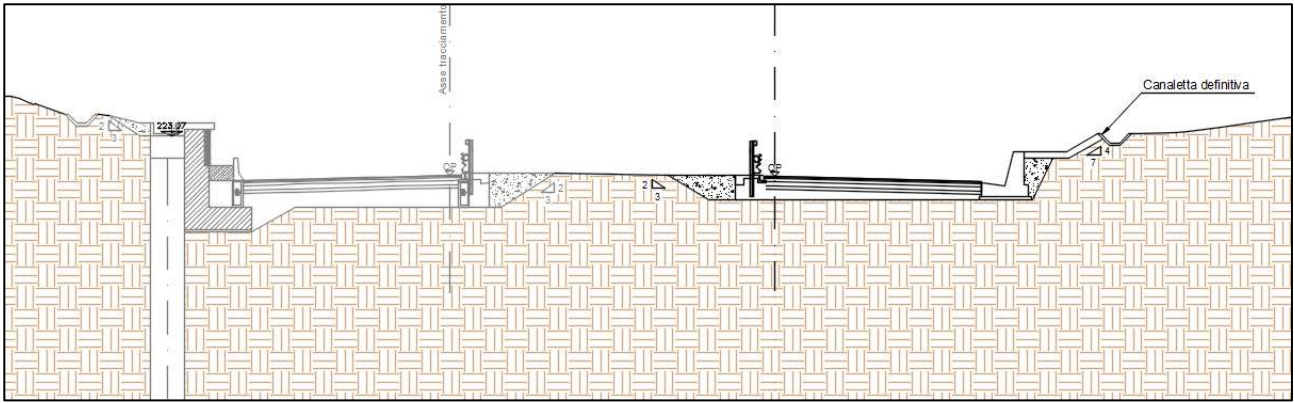


### Canna ovest

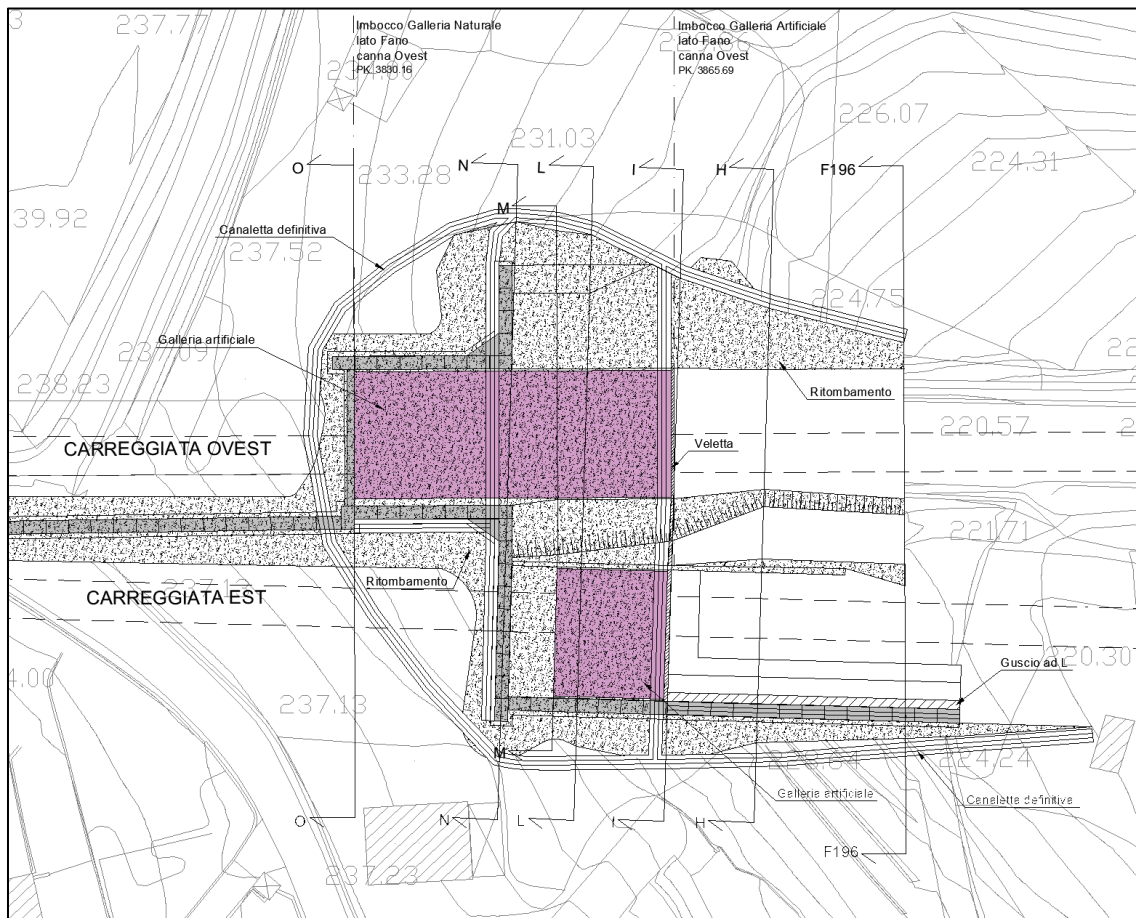


Subito dopo le tratte di galleria artificiale le due piattaforme stradali proseguono a cielo aperto e, in particolare:

- per la piattaforma stradale uscente dalla canna est è prevista, solo sul lato sud, la presenza del tratto (non più tirantato) di diaframma realizzato in fase provvisoria e con funzione di sostegno del terreno anche in fase definitiva coperto mediante un muro a "L" posto in opera per la configurazione definitiva per un tratto di estensione di 32.44 m;
- la piattaforma stradale lato ovest procede con la sezione stradale corrente, con un muretto di sostegno del terreno di altezza circa pari a 2 m posizionato sul lato nord.



Di seguito si riporta la planimetria con la configurazione definitiva dell'imbocco lato Fano.



Si evidenzia che gli scavi in fase provvisoria verranno eseguiti con pendenze del 2 su 3, mentre per i ricoprimenti in fase definitiva si considererà una pendenza limite di 4 su 7.

#### 6.6.3.2.4 Fasi esecutive – Galleria Bucciano

Premesso che durante le fasi esecutive dell'opera in oggetto si prevede di mantenere attivo il traffico attualmente in esercizio, di seguito si riporta la sequenza temporale di esecuzione dei principali interventi relativi alla realizzazione delle canne est e ovest della galleria Bucciano.

- 1) Realizzazione degli sbancamenti necessari al raggiungimento della quota di realizzazione di tutti i diaframmi previsti in progetto ed esecuzione degli stessi (i diaframmi situati sul lato nord

della canna esistente potranno anche essere realizzati in un secondo momento una volta dismessa la galleria esistente, a seguito del trasferimento del traffico veicolare sulla nuova carreggiata est).

- 2) Scavo progressivo del terreno nelle zone di imbocco lato Grosseto e lato Fano della canna est e, in particolare:
  - all'imbocco lato Grosseto lo scavo procederà per fasi interrompendosi momentaneamente in corrispondenza delle quote in corrispondenza delle quali si prevede, a seconda del tratto considerato, o la realizzazione del solettone di contrasto o il posizionamento dei puntoni metallici. Una volta realizzato il solettone/posizionati i puntoni, lo scavo potrà procedere al di sotto di tali elementi di contrasto fino al progressivo raggiungimento della quota di fondo scavo;
  - all'imbocco lato Fano lo scavo procederà per fasi interrompendosi momentaneamente in corrispondenza delle quote in corrispondenza delle quali si prevede l'installazione dei tiranti a trefoli (o in VTR per la parete di imbocco). Una volta installati i tiranti si procederà con lo scavo fino a raggiungere la quota di realizzazione della berlinese provvisoria posta sul lato nord della canna est. A questo punto, realizzata la berlinese si potrà procedere con il raggiungimento della quota di fondo scavo.
- 3) Con riferimento alla canna est, attacco degli scavi in sotterraneo dall'imbocco lato Grosseto e realizzazione della galleria naturale seguendo le fasi esecutive già esposte al precedente paragrafo di descrizione delle sezioni tipo al quale si rimanda.
- 4) Con riferimento alla canna est, esecuzione dello scavo e del getto dell'arco rovescio del tratto di galleria artificiale e successivamente realizzazione del getto della restante parte di sezione di galleria artificiale, previa rimozione dei puntoni che interferirebbero con tale operazione.
- 5) Realizzazione dei muri a "U" e a "L" previsti per la configurazione definitiva.
- 6) Completamento delle opere complementari all'interno della canna est quali tubazioni idrauliche, impianti e pavimentazione stradale e messa in esercizio della canna est.
- 7) A seguito dello spostamento del traffico dalla canna esistente a quella di nuova realizzazione, si procede con la realizzazione delle berlinesi di sostegno in corrispondenza delle pareti di imbocco della galleria naturale della canna ovest (ed eventualmente dei diaframmi lato nord se non ancora realizzati).
- 8) Esecuzione progressiva degli scavi nelle zone degli imbocchi lato Grosseto e lato Fano della canna ovest seguendo gli stessi accorgimenti di cui al precedente punto 2, con la sola eccezione che in questo caso i diaframmi sono contrastati solamente mediante puntoni e solettone in c.a., non sono presenti tiranti. Contestualmente a questa fase si procederà con l'esecuzione dello sbancamento in corrispondenza dell'imbocco lato Fano atto al raggiungimento della quota di imposta della berlinese provvisoria e si realizzerà tale opera.

Raggiungimento della quota di fondo scavo.

- 9) Con riferimento alla canna ovest, realizzazione, a partire dall'imbocco lato Grosseto, della galleria naturale con contestuale demolizione del rivestimento della galleria esistente seguendo le fasi esecutive già esposte al precedente paragrafo di descrizione delle sezioni tipo al quale si rimanda.
- 10) Con riferimento alla canna ovest, esecuzione dello scavo e del getto dell'arco rovescio del tratto di galleria artificiale e successivamente realizzazione del getto della restante parte di sezione di galleria artificiale, previa rimozione dei puntoni che interferirebbero con tale operazione.
- 11) Realizzazione dei muri a "U" e a "L" previsti per la configurazione definitiva.
- 12) Completamento delle opere complementari all'interno della canna ovest quali tubazioni idrauliche, impianti e pavimentazione stradale.
- 13) Ricoprimento di tutte le tratte di galleria in artificiale, finalizzazione della sistemazione idraulica e messa in esercizio della canna ovest.

Per la visualizzazione grafica delle fasi esecutive della galleria Bucciano si rimanda all'elaborato T00GN03OSTPE01 – "Fasi Costruttive".

### 6.6.3.3 Monitoraggio

In merito alla presenza di alcuni edifici collocati in prossimità del tracciato delle gallerie San Lazzerò e Bucciano e considerato che lo scavo di gallerie a ridotte profondità in terreni deformabili, può essere causa di cedimenti superficiali e di conseguenza produrre danni alle opere civili situate nelle vicinanze, sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- T00GN00OSTRE03 – Relazione monitoraggio;
- T00GN01OSTDI01 – Monitoraggio – Planimetria e sezioni;
- T00GN03OSTDI01 – Monitoraggio – Planimetria e sezioni;

Nella relazione sopra citata è stato delineato il programma di monitoraggio che verrà adottato per il controllo tensio-deformativo delle gallerie e dei terreni interessati dagli scavi.

In particolare, con riferimento allo scavo delle tratte in naturale, si prevede un sistema di monitoraggio costituito da:

- perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento;
- rilievi sistematici del fronte di scavo;
- stazioni di misura delle convergenze del cavo con sistema ottico;
- strumentazione di controllo delle deformazioni del fronte di scavo tramite sistema ottico;
- stazioni di misura dello stato tensio – deformativo del rivestimento di prima fase;
- stazioni di misura dello stato tensio – deformativo del rivestimento definitivo;
- misura delle portate delle eventuali venute d'acqua intercettate durante l'avanzamento;
- monitoraggio del profilo di intradosso del rivestimento di prima fase (laserscan)

- monitoraggio dello spessore del rivestimento definitivo (georadar).

Per la visualizzazione della localizzazione delle stazioni di misura nonché della modalità e frequenza con cui andranno eseguiti i controlli in corso d'opera, si rimanda ai profili geotecnici progettuali di previsione.

Dato che nel corso dello scavo delle canne est delle gallerie San Lazzerò e Bucciano si manterrà operativa la canna ovest (esistente); per verificare la sicurezza di tale configurazione si è previsto un monitoraggio della canna esistente, di seguito riassunto:

- ispezione visiva a seguito di sopralluogo con frequenza minima di una volta a settimana per tutta la durata delle fasi di scavo comprensive della realizzazione degli imbocchi, con contestuale redazione di apposito verbale corredato di immagini;
- posizionamento di fessurimetri a cavallo delle preesistenti fessure del rivestimento in numero da definirsi in corso d'opera;
- esecuzione di prove di misurazione della variazione dello stato tensionale all'interno del rivestimento mediante l'utilizzo di martinetti piatti.

Per quanto riguarda le opere di imbocco viene predisposto un piano di monitoraggio che consenta di acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative, di verificare l'idoneità degli interventi e delle modalità esecutive previste in progetto e di controllare che i valori di spostamento delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in progetto.

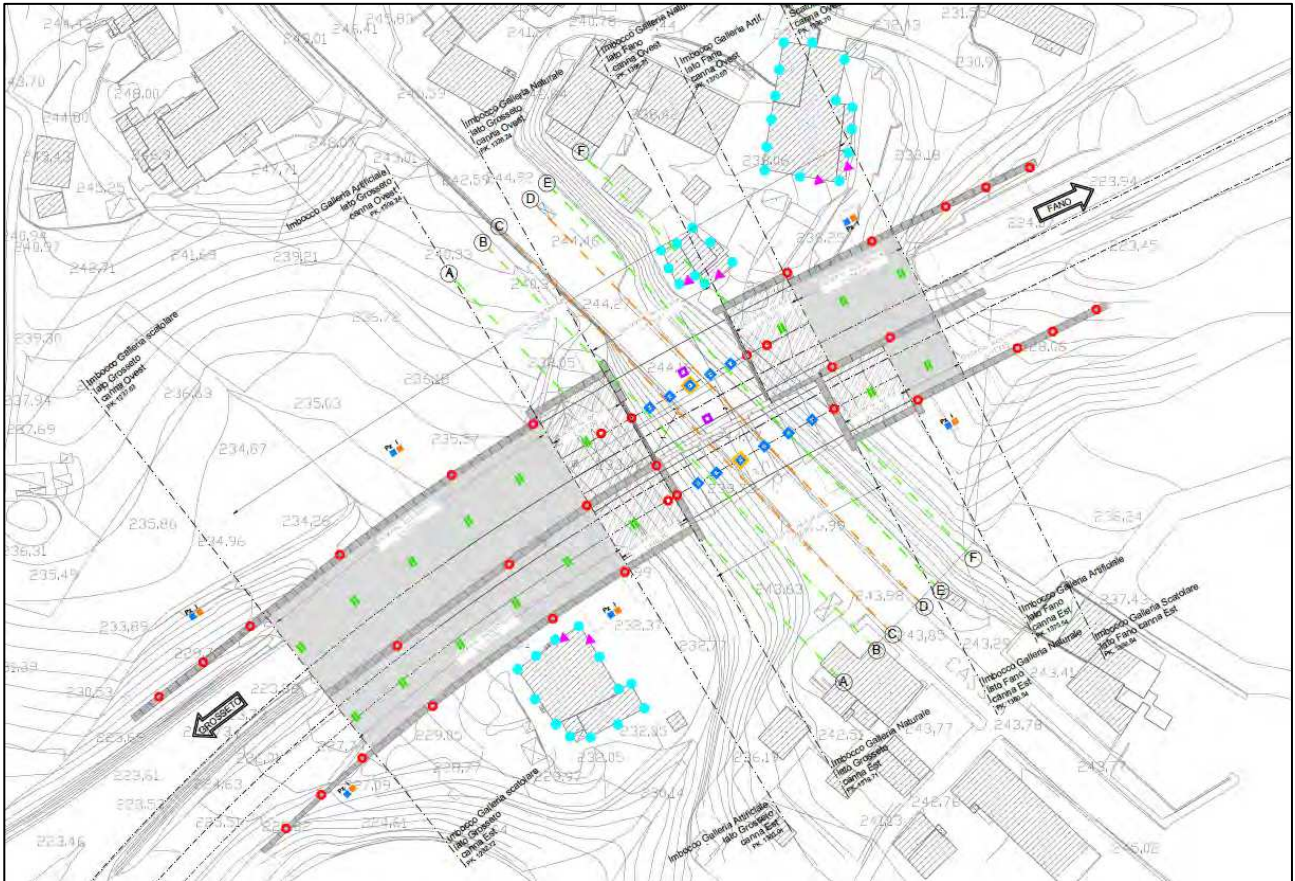
Viene pertanto definito un sistema di monitoraggio in corso d'opera, parte integrante del progetto, che contempla la seguente strumentazione:

- controlli topografici con mire ottiche installate sulle opere di sostegno. I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti del punto misurato, nelle tre direzioni dello spazio;
- celle di carico per la misura della forza agente sui tiranti o nei puntoni. Le celle di carico saranno disposte su alcuni tiranti/puntoni con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e nel proseguire delle lavorazioni. Le celle dovranno essere dotate di mire ottiche al fine di misurare eventuali spostamenti ai quali dovessero essere soggette. I terminali delle celle di carico dovranno essere alloggiati in un apposito pannello di centralizzazione.
- barrette estensimetriche installate nelle solette di contrasto delle opere di sostegno.
- misure del livello di falda mediante piezometri ubicati in corrispondenza delle paratie.
- misure delle deformazioni del terreno mediante inclinometri ubicati in corrispondenza delle paratie.

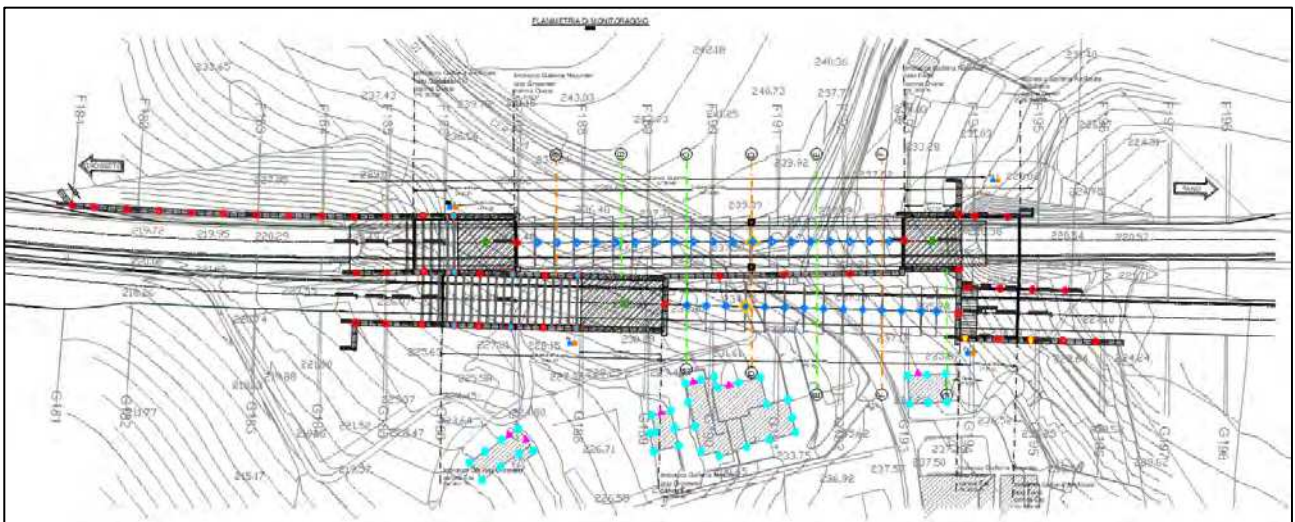
Si riportano nelle due figure seguenti rispettivamente le planimetrie delle gallerie San Lazzerò e Bucciano con l'identificazione degli interventi di monitoraggio.



## Galleria San Lazzero



## Galleria Bucciano



## 6.7 OPERE D'ARTE MINORI

### 6.7.1 Sottovia stradali

I sottopassi minori (Cerchiaia, e acceso alla stazione di rifornimento gas) sono dei classici manufatti in calcestruzzo gettato in opera costituiti da soletta di fondo, piedritti, e soletta superiore del tratto coperto eseguita con lastre predalle autoportati sulla luce trasversale. Questi sottopassi si trovano

RTP di progettazione:

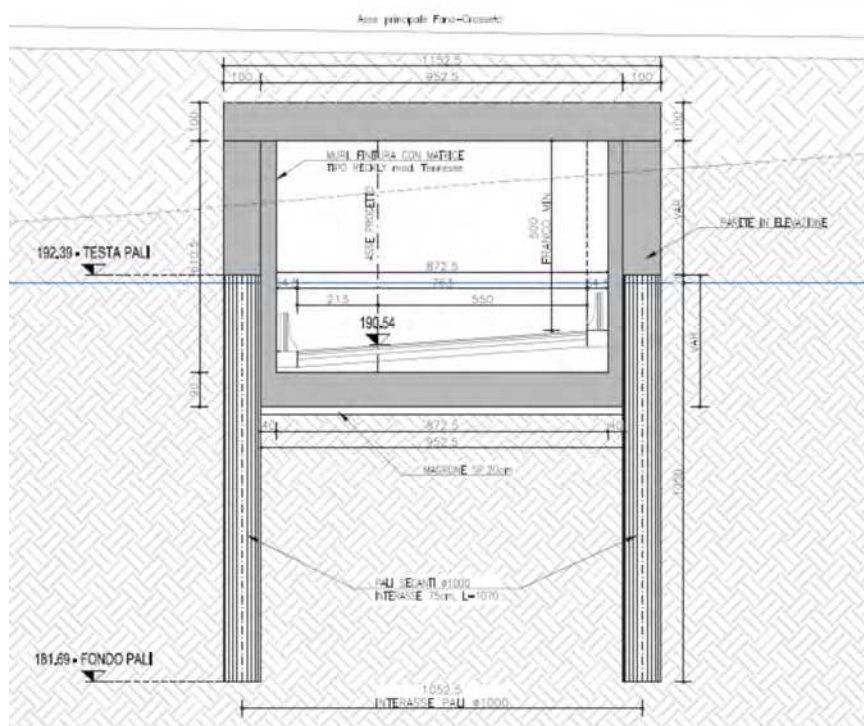
Mandataria:

Mandanti:

ad una quota d'imposta tale da risultare quasi interamente fuori terra, e comunque ad una distanza dalla falda di progetto da non necessitare di soletta di fondo nei tratti di muro di contenimento.

Diversamente, il sottopasso Ruffolo, di maggiore lunghezza e profondità, richiede uno scavo di approfondimento ben maggiore per il quale si è prevista la realizzazione per tratti, contenuti rispetto alla falda per mezzo di paratie di pali secanti trivellati della stessa tipologia di quelli fondazionali delle altre opere. La costruzione prevede che, raggiunta una certa profondità di scavo fra le paratie realizzate, per la quale queste siano sullo schema statico di mensola, esse siano connesse in sommità dalla realizzazione in opera della parte sommitale delle elevazioni e della soletta (analoga ai sottopassi) che realizza la continuità flessionale sullo schema trasversale di portale. Successivamente, a scavo ultimato, la realizzazione della soletta di fondo e delle rifodere interne in calcestruzzo permette il completamento della sezione.

In questo caso data la profondità rispetto alla falda buona parte dei muri fuori dalla canna coperta deve essere realizzato con struttura a U, fino al raggiungimento della quota di progetto della falda stessa.

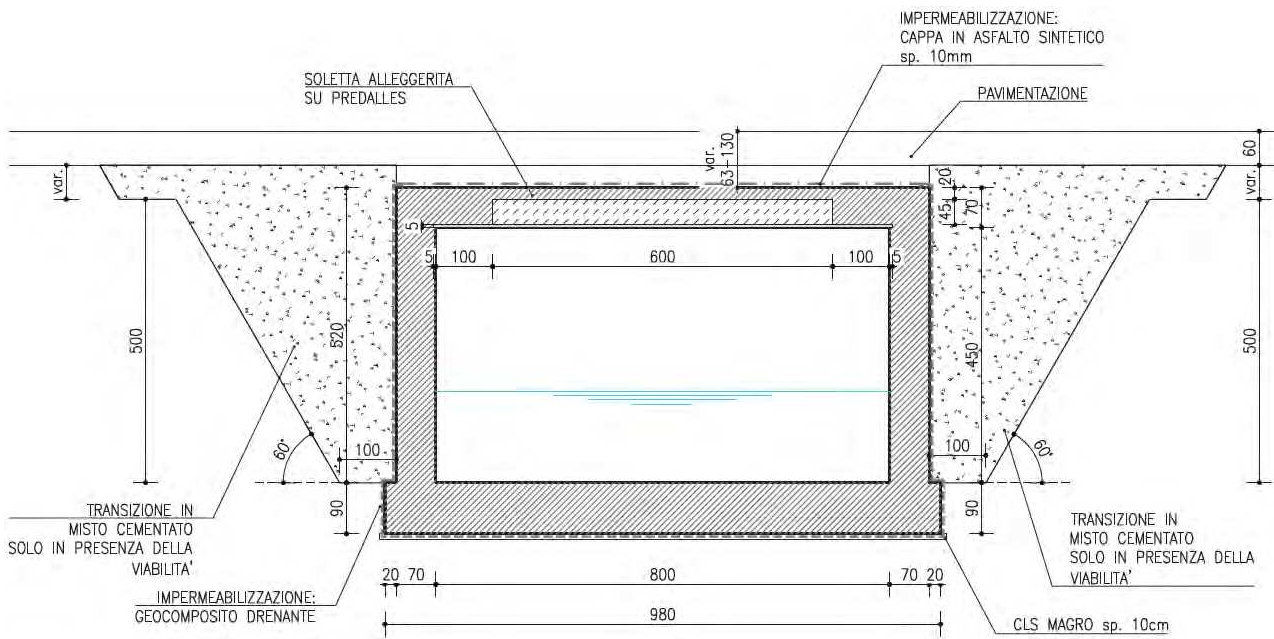


Sottovia Ruffolo – sezione trasversale

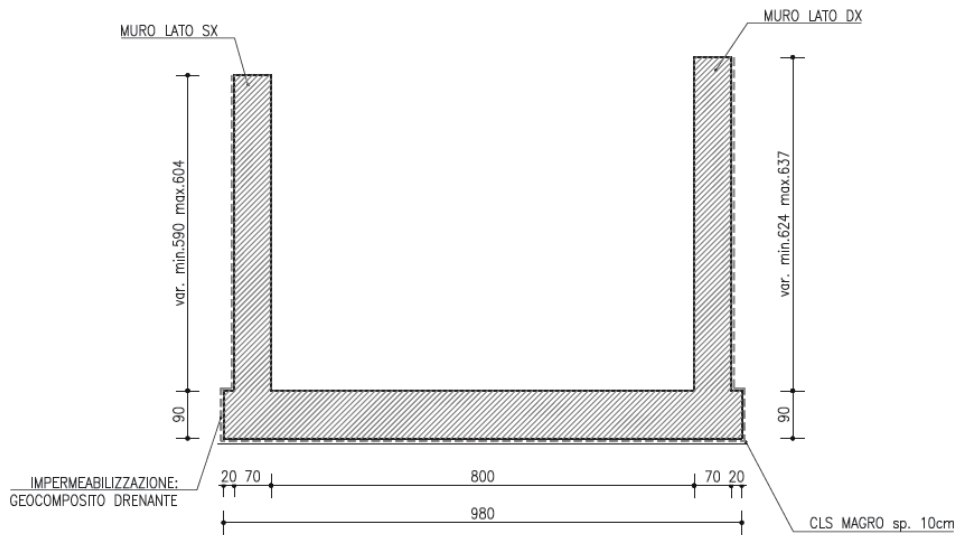
## 6.7.2 Ponticelli e manufatti idraulici

### 6.7.2.1 Manufatto scatolare Torrente Rilugo

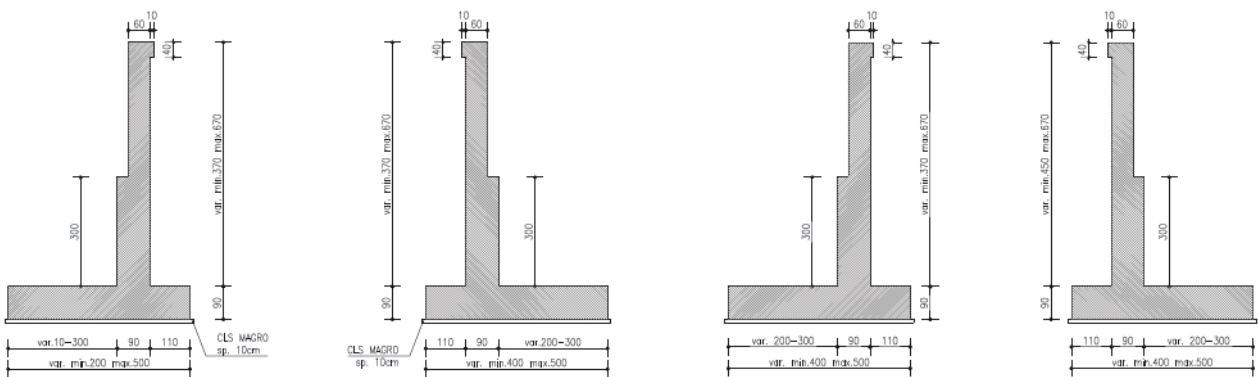
L'opera principale consiste in un manufatto scatolare di dimensioni interne pari a 8,0x4,5m. La soletta superiore è alleggerita con l'utilizzo di predalles. Il raccordo tra gli scatolari è realizzato con un muro a U mentre la parte terminale dell'opera consiste in muri a mensola di imbocco e sbocco.



Manufatto scatolare – sezione trasversale



Muri a U – sezione trasversale



Muri di imbocco/sbocco – sezioni trasversali tipo

Le opere geotecniche accessorie al completamento dell'opera sono:

- Paratia in micropali provvisoria, per la demolizione delle opere esistenti e la realizzazione di quelle nuove;
- Manufatto scatolare, per il transito veicolare in corrispondenza della rotonda;
- Muro a U, per i tratti interni alla rotonda in cui non è previsto il transito veicolare;
- Muro di imbocco/sbocco, per i tratti terminali del manufatto.

La paratia provvisoria consiste nella realizzazione di una perforazione  $\varnothing 240$  a interasse  $i=0.40$ m di lunghezza  $L=12.0$ m e armata con tubolare  $\varnothing 168.3 \times 6$ mm in acciaio S355J. È prevista la realizzazione di 2 ordini di tiranti attivi suborizzontali a interasse di 2.00m. Tale opera ha la funzione di sostenere lo scavo di altezza massima  $H=7.0$ m per la demolizione delle opere esistenti e la realizzazione di quelle nuove.

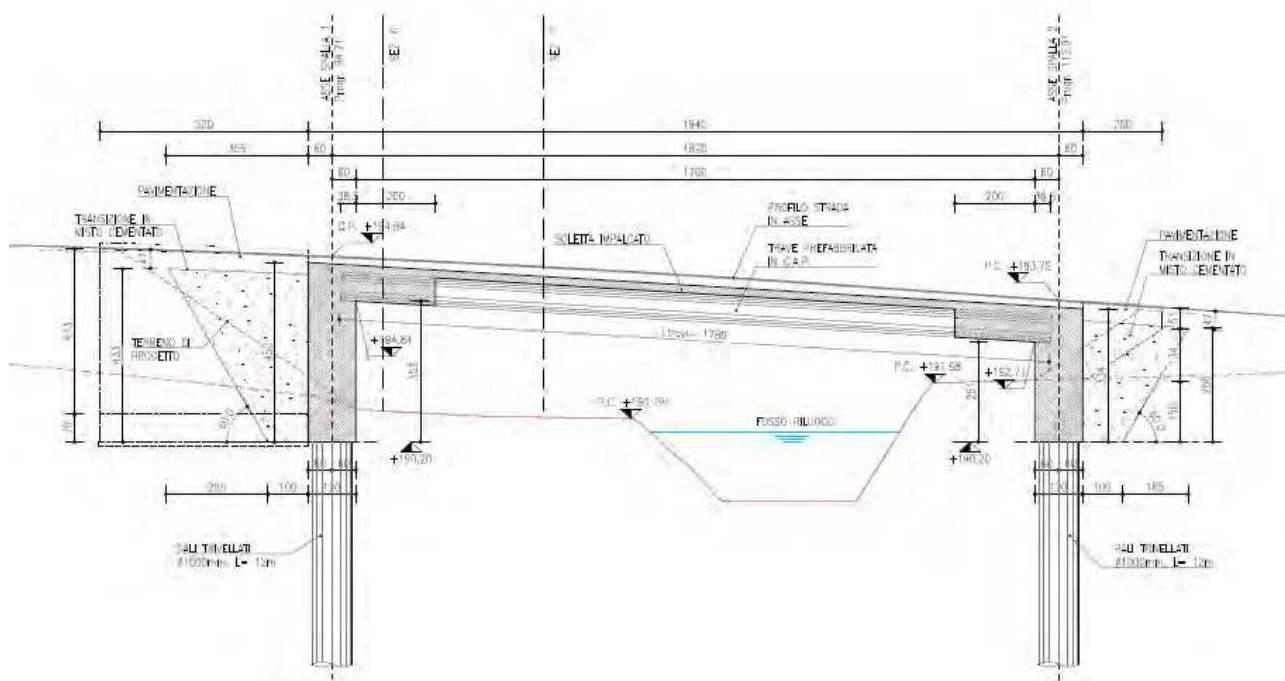
### 6.7.2.2 Ponte Torrente Riluogo strada accesso aree interne svincolo ruffolo

L'opera in esame è localizzata sulla nuova strada di accesso alle aree interne dello svincolo Ruffolo, presenta un impalcato di larghezza pari a 8.05m costituito da n.3 travi prefabbricate in c.a.p. di altezza pari a 60cm e una soletta di spessore complessivo pari a 20cm.

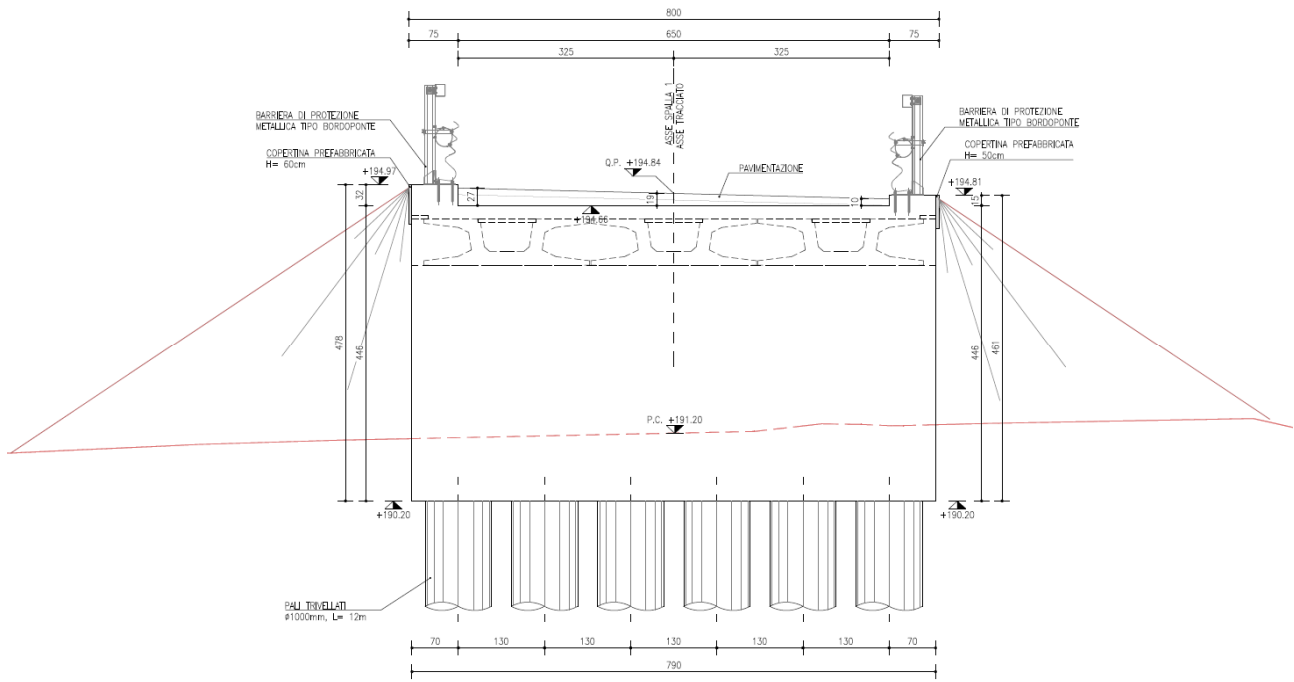
Le opere geotecniche accessorie al completamento dell'opera sono:

- Spalle, per spalla 1 – 2, fondata su 6 pali trivellati  $\varnothing 1000$  di lunghezza  $L=12.0$ m.

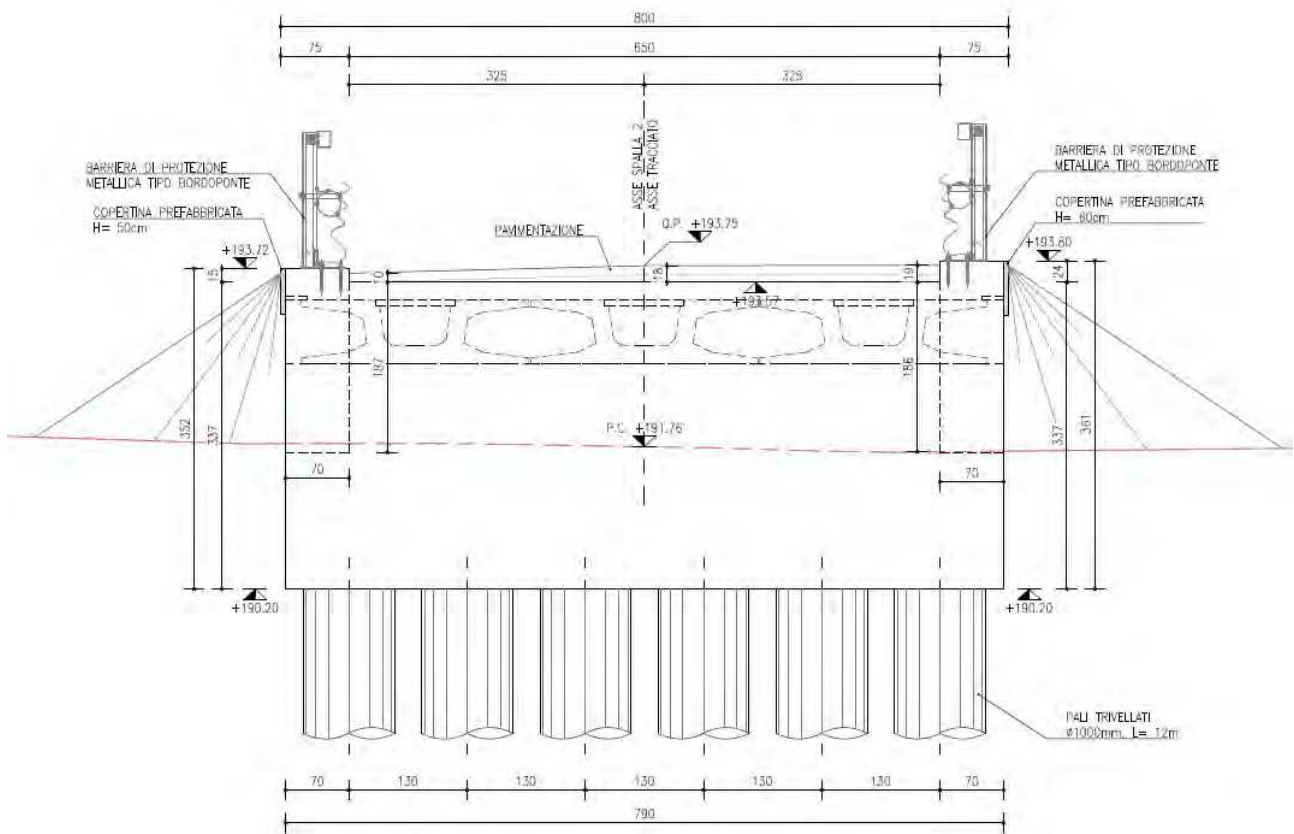
Per le spalle si prevede la realizzazione di un'elevazione di altezza  $H$  variabile da 3.34m (per la spalla 2) a 4.50m (per la spalla 1).



Sezione longitudinale in asse tracciato



Spalla 1 – sezione trasversale



Spalla 2 – sezione trasversale

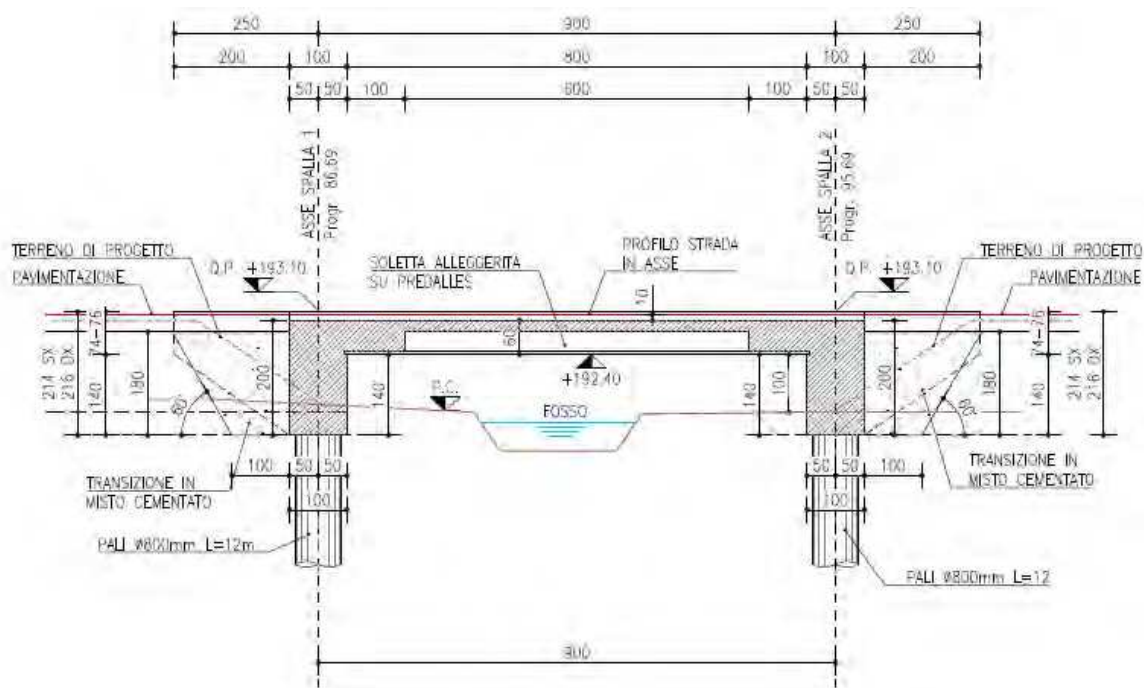
### 6.7.2.3 Ponte Fosso Borrino Strada Poderale Svincolo Ruffolo

L'opera in esame è localizzata sulla nuova strada poderale di accesso alle aree interne dello svincolo Ruffolo, presenta un impalcato di larghezza pari a 8.05m costituito da una soletta alleggerita su predalles di spessore complessivo pari a 60cm.

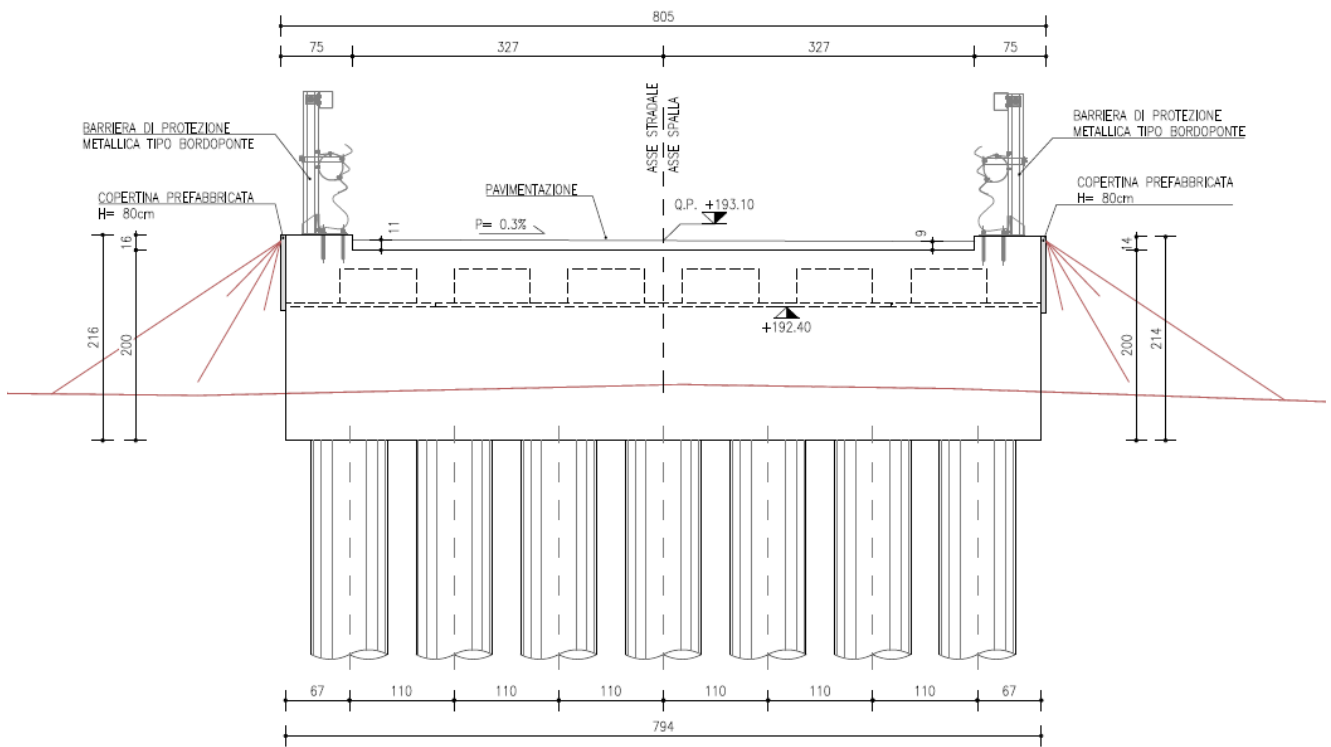
Le opere geotecniche accessorie al completamento dell'opera sono:

- Spalle, per spalla 1 – 2, fondata su 7 pali trivellati Ø800 di lunghezza L=12.0m.

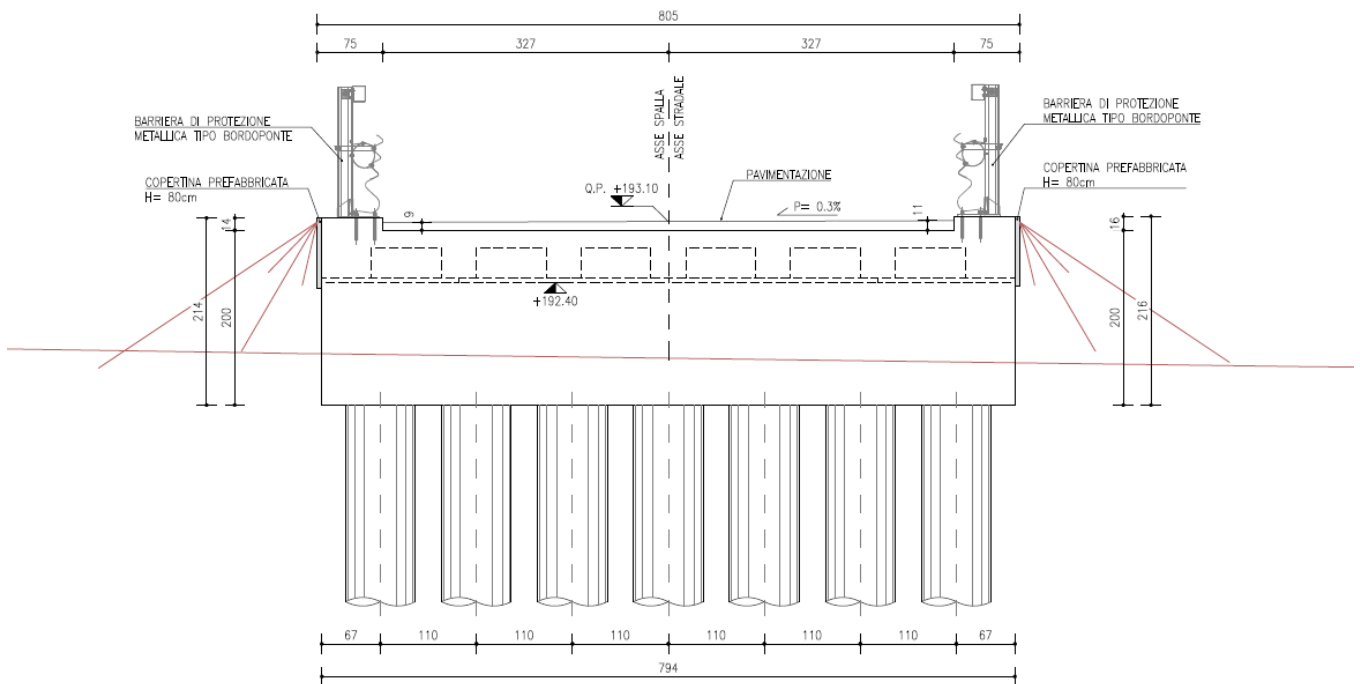
Per le spalle si prevede la realizzazione di un'elevazione di altezza  $H = 2.00\text{m}$  per entrambe le spalle.



Sezione longitudinale in asse tracciato



Spalla 1 – sezione trasversale



Spalla 2 – sezione trasversale

#### 6.7.2.4 Ponte Fosso Borrino Rampa Si-Fa Svincolo Ruffolo

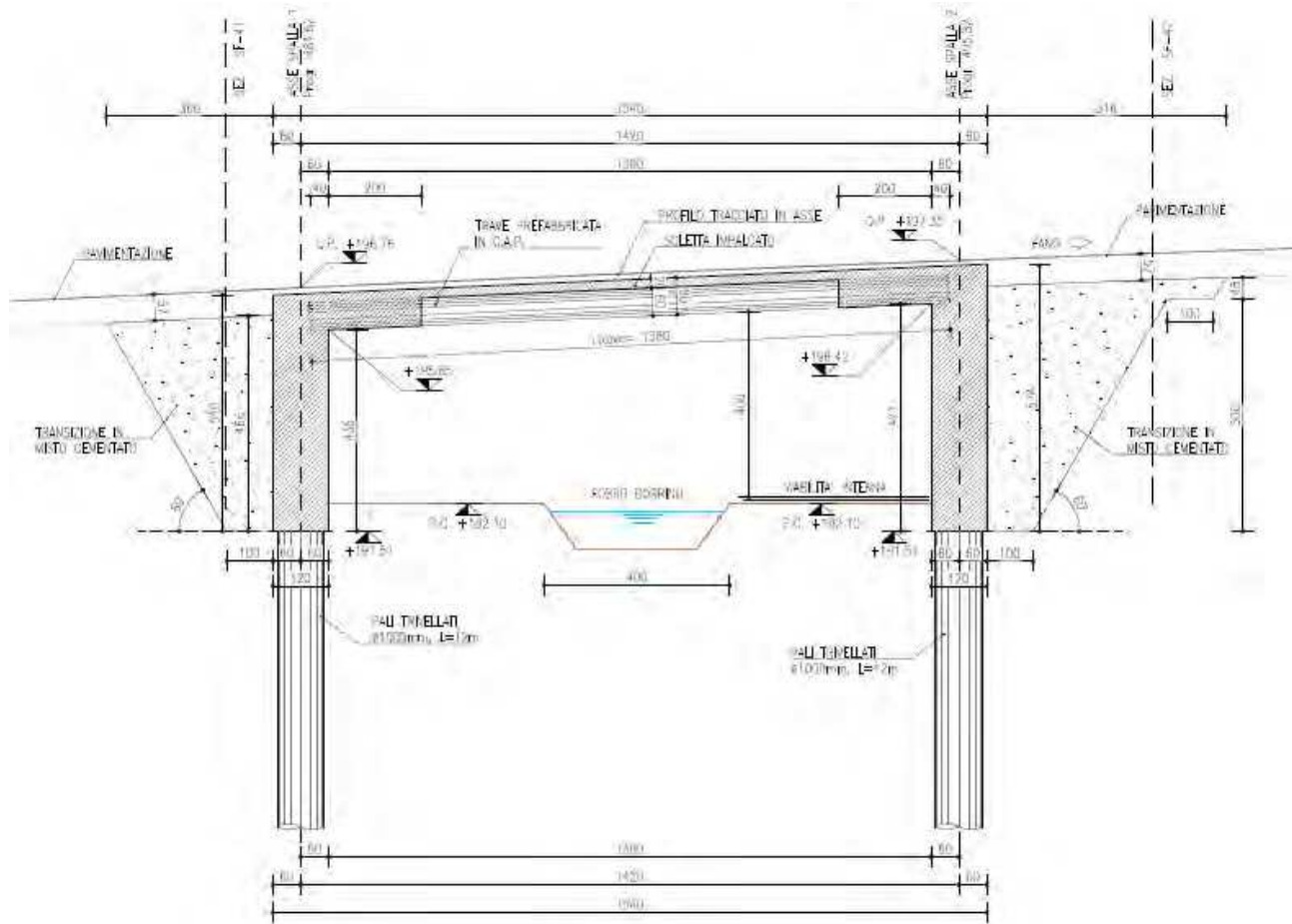
L'opera in esame è localizzata sulla rampa Siena – Fano dello svincolo Ruffolo, presenta un

impalcato di larghezza pari a 8.05m costituito da n.3 travi prefabbricate in c.a.p. di altezza pari a 60cm e una soletta di spessore complessivo pari a 20cm.

Le opere geotecniche accessorie al completamento dell'opera sono:

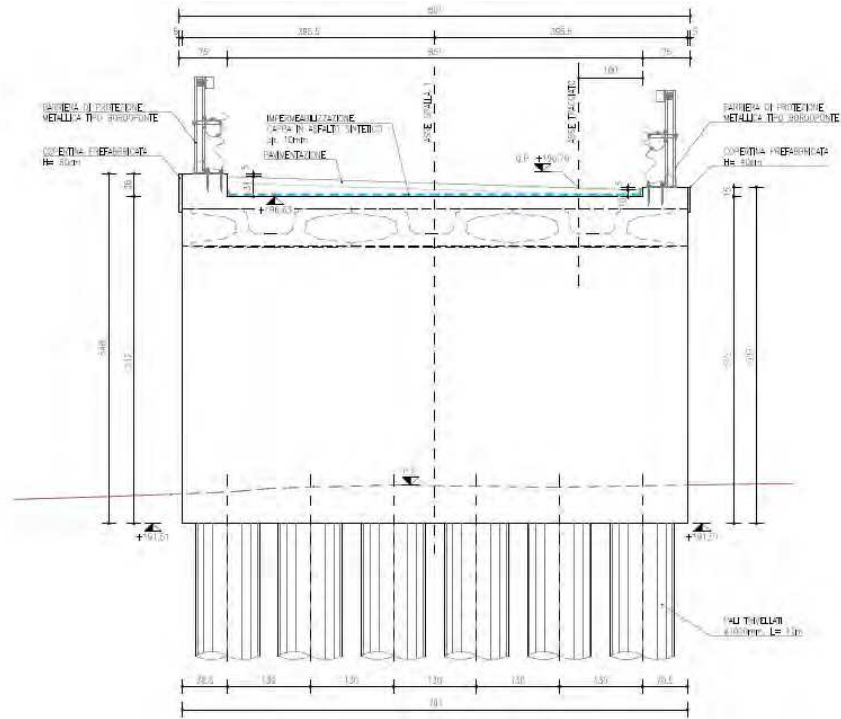
- Spalle, per spalla 1 – 2, fondata su 6 pali trivellati Ø1000 di lunghezza L=12.0m.

Per le spalle si prevede la realizzazione di un'elevazione di altezza  $H$  variabile da 5.10m (per la spalla 1) a 5.74m (per la spalla 2).

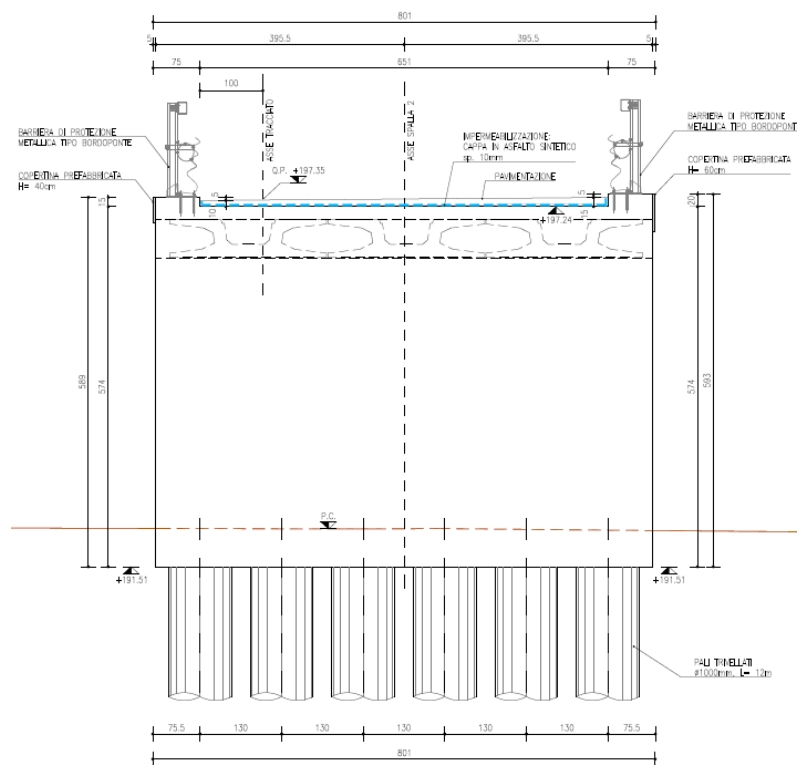


Sezione longitudinale in asse tracciato





Spalla 1 – sezione trasversale



Spalla 2 – sezione trasversale

### 6.7.3 Opere di sostegno

Le opere di sostegno previste sono costituite da muri prefabbricati modulari, secondo altezze variabili e secondo due tipologie:

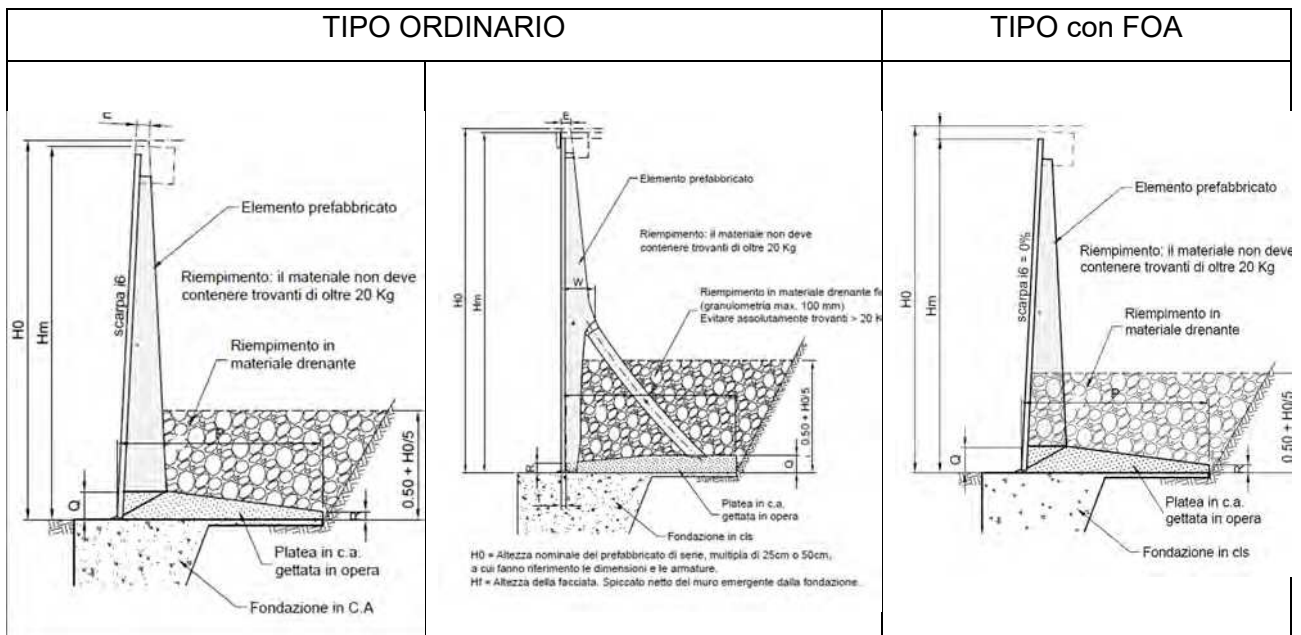
- Muri in cemento armato di altezza variabile da 3.50m a 9.50m realizzati con elementi prefabbricati tipo Tensiter con barriera di sicurezza;
- Muri in cemento armato di altezza variabile da 3.50m a 9.50m realizzati con elementi prefabbricati tipo Tensiter con anche barriera antifonica altezza massima 5.00 m.

L'individuazione di tali strutture è indicata nell'elenco seguente:

- 06.08.02 - Muro di sostegno carr. Est - prog. 1+107 - 1+126 (OS.02)
- 06.08.03 - Muro di sostegno carr. Est - prog. 4+101 - 4+154 (OS.03)
- 06.08.04 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.04)
- 06.08.05 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.05)
- 06.08.06 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.06)
- 06.08.07 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.07)
- 06.08.08 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.08)
- 06.08.09 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.09)
- 06.08.10 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.10)
- 06.08.11 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.11)
- 06.08.12 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.12)
- 06.08.13 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.13)
- 06.08.14 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.14)
- 06.08.15 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.15)
- 06.08.16 - Muro di sostegno - Svincolo di Cerchiaia (OS.16)
- 06.08.17 - Muro di sostegno - Svincolo di Ruffolo (OS.17)
- 06.08.22 - Muro di sostegno - Svincolo di Ruffolo (OS.22)
- 06.08.23 - Muro di sostegno - Svincolo di Ruffolo (OS.23)
- 06.08.24 - Muro di sostegno - Svincolo di Ruffolo (OS.24)
- 06.08.25 - Muro di sostegno - Svincolo di Ruffolo (OS.25)
- 06.08.26 - Muro di sostegno - Svincolo di Ruffolo (OS.26)
- 06.08.27 - Muro di sostegno - Svincolo di Ruffolo (OS.27)

La struttura è costituita per l'elevazione da pareti modulari prefabbricate per differenti altezze, ogni 50 cm, e larghezza di 1.25 cm, i moduli sono posati su una fondazione diretta, costituita dalla platea armata e una sottofondazione massiccia in cls sempre gettata contro terra.

Le dimensioni delle fondazioni sono parametriche funzione delle altezze del pannello di elevazione, come da sezioni tipologiche e da tabelle sotto riportate.

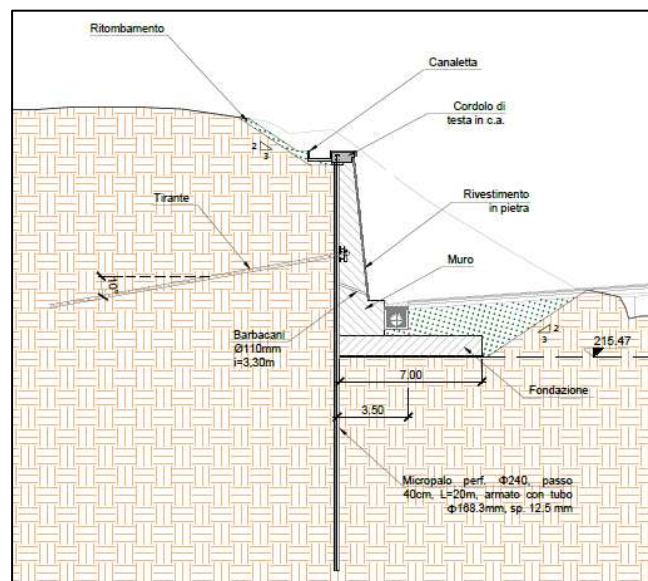


### 6.7.4 Paratie di pali

Nel tratto di strada in progetto compreso fra le progressive 3+994.27 e 4+147.04, al fine di consentire il raddoppio della carreggiata e al contempo limitare gli sbancamenti della scarpata situata subito a nord della sede stradale attualmente esistente, è stata prevista la realizzazione delle seguenti opere di sostegno descritte nel seguito:

- Berlinese provvisoria;
- Muro di sostegno definitivo.

Si riportano di seguito una sezione tipologica che mostra l'intervento in progetto.



Le altezze di scavo relative al presente intervento variano da circa un massimo di 10 m a un minimo di 5 m.

La berlinese provvisoria verrà realizzata mediante micropali con diametro di perforazione  $\phi 240$  mm disposti a passo 40 cm, armati mediante tubolare in acciaio  $\phi 168.3$  mm, spessore 12.5 mm.

Davanti ai micropali verrà disposta una rete elettrosaldada  $\phi 5$  mm ricoperta da uno strato protettivo di betoncino proiettato di 10 cm.

Per i tratti di paratia con altezza di scavo maggiore di 5 m verrà previsto l'utilizzo di un ordine di tiranti provvisori a 4 trefoli, disposti a passo 2.4 m, al fine di garantire la stabilità dell'opera di sostegno.

In fase definitiva verrà realizzato un muro di sostegno in c.a. gettato in opera antistante alla berlinese provvisoria con altezze (comprensive della fondazione) variabili da un massimo di 10 m a un minimo di 5 m.

A tergo del cordolo del muro è previsto il posizionamento di una canaletta ad "U" per la raccolta delle acque di dilavamento della scarpata.

Per l'elevazione del muro è previsto un rivestimento mediante pannelli prefabbricati.

## 6.8 IMPIANTI TECNOLOGICI

Nel presente progetto si prevede la realizzazione di:

- Dotazioni impiantistiche la galleria "San Lazzero" e "Bucciano";
- Impianti di illuminazione svincoli "Cerchiaia" e "Ruffolo" (compresa rotonda caserma) ;
- Impianti di illuminazione corsie Area di Servizio;

### 6.8.1 Impianti elettrici gallerie

L'impianto elettrico avrà origine dal punto di consegna in BT; l'energia elettrica sarà fornita dall'ENEL, tramite sistema di I° categoria esercito alla tensione di 400V Trifase con neutro; il sistema di distribuzione adottato sarà di tipo TT. Sono previsti due punti di fornitura distinti indicativamente ubicati nelle immediate vicinanze degli attuali punti di fornitura.

L'impianto di illuminazione sarà realizzato con proiettori specifici con corpo in pressofusione/estruso di alluminio con ottica asimmetrica per l'illuminazione di rinforzo e simmetrica per quella permanente. I proiettori, completi di accessori, saranno equipaggiati con sorgenti a LED per una potenza di 472 W per il rinforzo e di 37 W per la permanente rispettivamente 62370 e 5130 lm.

I corpi illuminanti saranno ancorati alla passerella asolata mediante staffe sagomate e relativi accessori tutto in acciaio inox. I circuiti di illuminazione di rinforzo saranno realizzati con cavo di tipo FG16M16 - 0,6/1 kV, unipolare, flessibile, non propaganti l'incendio, isolati in gomma HEPR ad alto modulo di qualità G16 sotto guaina termoplastica speciale di qualità M16, rispondente alle norme CEI e conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Prodotti da Costruzione (CPR UE 305/11), mentre per i circuiti di illuminazione permanente saranno utilizzati cavi di tipo resistente al fuoco FTG18(O)M16-0.6/1 kV . Per quanto riguarda la derivazione elettrica, per l'alimentazione dei proiettori utilizzati per i circuiti di rinforzo e permanenti, questa verrà realizzata mediante cassette in lega di alluminio avente classe II di isolamento, collegata ad una presa IEC309 (CEE) 2x16A tramite un cavo multipolare a doppio isolamento. Il proiettore sarà corredato da una spina IEC390 (CEE) 2x16A che andrà inserita nella presa di cui sopra garantendo oltre al collegamento elettrico anche un facile e veloce scollegamento del proiettore in caso di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Le cassette di derivazione dei proiettori che costituiscono l'emergenza saranno del tipo resistente al fuoco collegata ad una presa CEE 2x16A tramite un cavo multipolare, resistente al fuoco, a doppio isolamento. Il proiettore sarà corredato da una spina CEE 2x16A che andrà inserita nella presa di cui sopra garantendo oltre al collegamento elettrico anche un facile e veloce scollegamento del proiettore in caso di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Per quanto riguarda il numero dei circuiti elettrici di alimentazione, il presente progetto prevede, per ciascun fornice, la seguente configurazione:

- n. 1 circuiti monofase per illuminazione permanente e notturna;
- n. 1 circuiti trifase per illuminazione di rinforzo;

n. 1 circuito per alimentazione rilevatore di luminanza posto all'esterno dell'imbocco;  
I circuiti di illuminazione previsti raddoppiano per la canna ovest della galleria San Lazzerò.  
Le caratteristiche dei corpi illuminanti, delle canalizzazioni, delle linee elettriche, il dimensionamento di tutti i componenti facenti parte dell'impianto, il numero e la consistenza di tutte le apparecchiature e dei materiali sono descritti negli allegati elaborati grafici e di calcolo.

### **6.8.1.1 Funzionamento impianto**

Al fine di garantire la sicurezza del traffico ed il risparmio energetico, l'illuminazione della galleria deve poter variare proporzionalmente alla luminanza debilitante misurata dalla distanza di riferimento. A tal fine sarà installato, a circa 120 metri dall'imbocco, un luminanzometro in grado di "vedere" l'illuminamento naturale (luminanza debilitante - cd/mq) all'ingresso. La sonda sarà installata ad un'altezza di circa 5 metri in modo da non essere influenzata dal traffico pesante e sarà puntata sulla mezzeria della sezione d'entrata a 1,5 metri dal piano della carreggiata.

Sarà possibile quindi, durante le ore diurne, regolare l'intensità dell'illuminazione di rinforzo per adattarla alle condizioni esterne. A tal fine saranno installate all'interno di ciascun proiettore di rinforzo, idonee schede di interfaccia che comunicheranno con la centralina posta in quadro. In particolare si prevede di installare un sistema di controllo e diagnostica dei singoli punti luce basato sulla comunicazione in tempo reale a onde convogliate tra regolatore e singoli proiettori a LED, secondo le prescrizioni della EN 50065-1 (trasmissioni di segnali su rete elettriche a bassa tensione nella gamma di frequenze da 3 a 148,5 kHz). Con questa opzione è possibile controllare il singolo punto luce, realizzare scenari personalizzati di illuminazione, verificare il consumo energetico dell'impianto e segnalare eventuali guasti. Il sistema previsto si integra con altri sistemi di controllo presenti o futuri.

La tecnologia LED permette di ottimizzare i livelli di dimmerazione fino al 15-20% del loro flusso iniziale mantenendo sempre le condizioni percettive necessarie e garantendo una sensibile riduzione dei consumi.

Durante le ore notturne rimane accesa la sola illuminazione permanente (notturna) che è in grado di garantire il livello di luminanza richiesto per la viabilità notturna.

### **6.8.2 Impianti elettrici svincoli**

L'impianto elettrico avrà origine dal punto di consegna in BT; l'energia elettrica sarà fornita dall'ENEL, tramite sistema di 1° categoria esercito alla tensione di 400V Trifase con neutro; il sistema di distribuzione adottato sarà di tipo TT. Sono previsti tre punti di fornitura distinti indicativamente ubicati nelle immediate vicinanze degli impianti da alimentare.

La necessità dell'impianto di illuminazione stradale in corrispondenza degli svincoli è indicata dal D.M. 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", il quale, al punto 6 dell'allegato, prescrive che "l'illuminazione delle intersezioni stradali deve essere sempre prevista nei seguenti casi:

La modalità di illuminare gli svincoli stradali deriva dall'applicazione della norma tecnica UNI 11248:2016 "Illuminazione stradale: Selezione delle categorie illuminotecniche", preposta alla definizione delle caratteristiche prestazionali degli impianti di illuminazione stradale, insieme al resto del quadro normativo (UNI EN 13201-2-3-4).

La norma, che si basa sui contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115:2010 e sui principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici presenti nel rapporto tecnico CEN/TR 13201-1 fornisce le linee guida per determinare le condizioni di illuminazione di una data zona della strada in relazione alla categoria illuminotecnica individuata dalla norma stessa.

Lo scopo è quello di contribuire, per quanto di competenza dell'impianto di illuminazione, alla sicurezza degli utenti della strada, alla sicurezza pubblica e al buon smaltimento del traffico.

Con questi riferimenti, vengono forniti gli elementi per selezionare le zone di studio, individuare le categorie illuminotecniche e le caratteristiche per definire le procedure di calcolo e di verifica, nonché, in particolare, per fornire i criteri decisionali sull'opportunità di illuminare una strada.

L'applicazione della norma consente la configurazione di un impianto che garantisca la massima efficacia di contributo alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne e soprattutto permetta il conseguimento del risparmio energetico e la riduzione dell'impatto ambientale.

Ciò premesso, le scelte progettuali adottate per l'illuminazione delle diverse tratte stradali interessate dal presente progetto, consentono una suddivisione degli impianti in base ai requisiti illuminotecnici richiesti, come di seguito riportato:

- Svincolo Cerchiaia
- Svincolo Ruffolo
- Rotatoria caserma;
- Corsia di decelerazione e accelerazione area di servizio.

La realizzazione degli impianti dovrà inoltre tener conto delle indicazioni contenute nella nota ANAS "Standardizzazione degli impianti tecnologici, contenimento e monitoraggio dei relativi consumi energetici".

Per garantire i valori di luminanza, illuminamento medio e uniformità generale l'impianto di illuminazione sarà realizzato con seguenti tipologie di corpi illuminanti:

- Armatura stradale tipo 1 - 76W - 8990+9950lm (in funzione della tipologia di ottica)
- Armatura stradale tipo 2 - 150W - 20030lm
- Proiettore - 81W - 10920lm

I vari corpi illuminanti saranno installati su pali con altezza fuori terra di 10m (dotati di eventuale sbraccio funzionale al tipo di installazione).

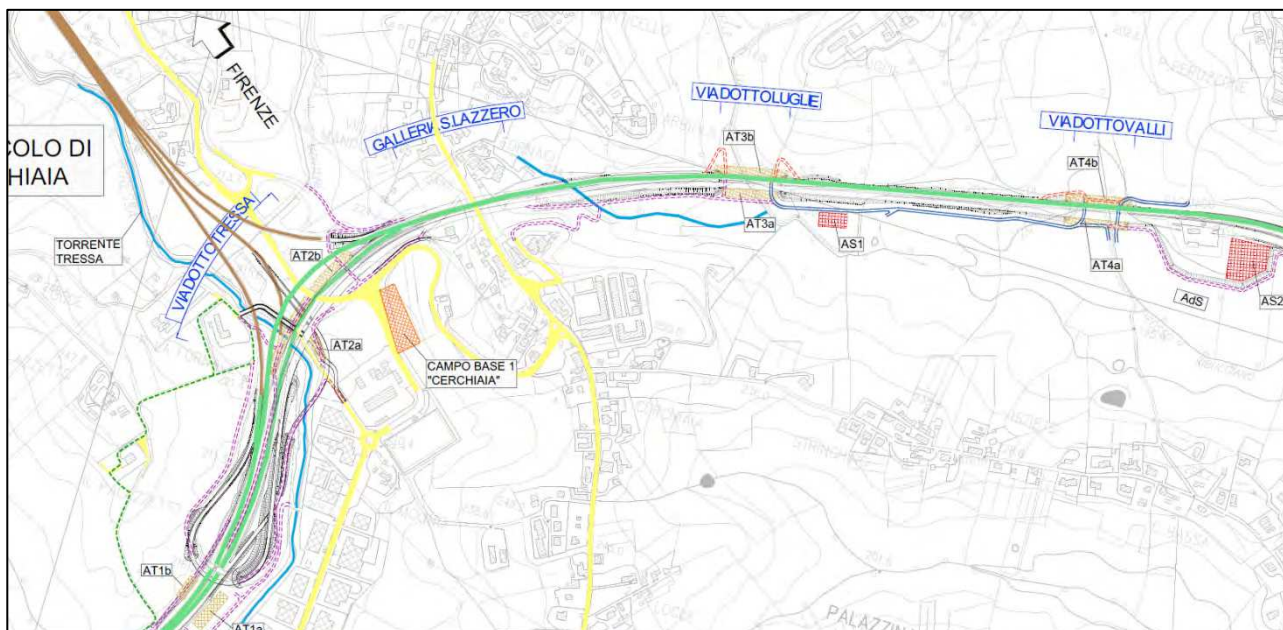
Per le caratteristiche degli apparecchi illuminanti si rimanda agli elaborati progettuali.

La simulazione illuminotecnica è stata effettuata con un software specialistico.

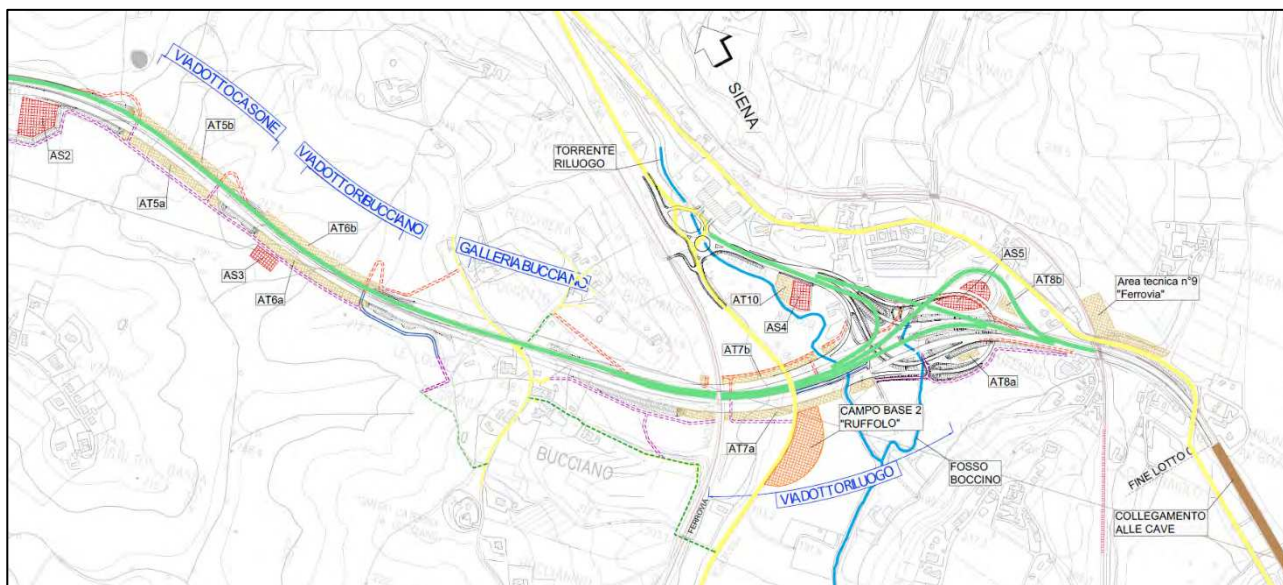
È inoltre prevista l'installazione di un semaforo a chiamata a servizio dell'uscita della caserma.

## 7 ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE

La relazione di cantierizzazione (T00CA00CANRE01A), a cui si rimanda per maggiori approfondimenti, indica i principali ambiti di realizzazione dell'intervento, individuati per ottimizzare la realizzazione dei vari tratti omogenei nonché il piano dei trasporti di cantiere, con la definizione puntuale della viabilità a servizio dell'opera durante l'intero arco temporale dei lavori.



Localizzazione aree di cantiere - lato Svincolo Cerchiaia



Localizzazione aree di cantiere – lato Svincolo Ruffolo



Le aree da destinare a cantiere sono state individuate in modo da soddisfare in linea generale i seguenti requisiti:

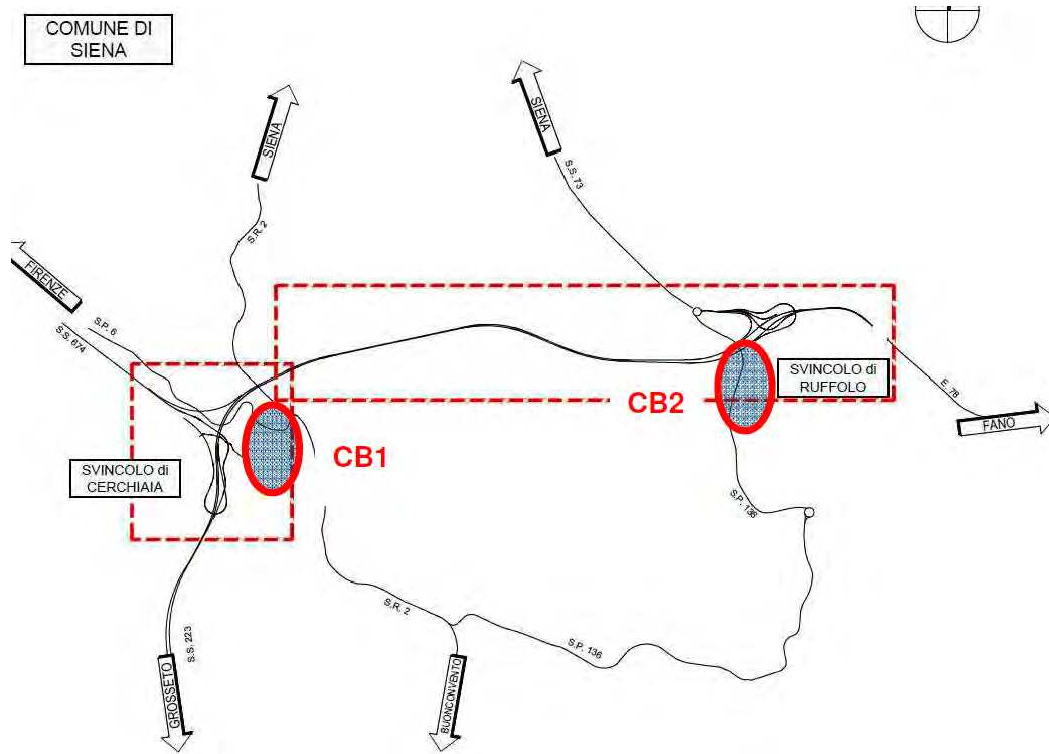
- garantire una capacità produttiva giornaliera in base alla programmazione dei lavori;
- soddisfare il fabbisogno di superficie necessaria ad ospitare in modo funzionale le attrezzature, le maestranze e i materiali in stoccaggio;
- essere zone idonee ad ospitare i cantieri logistici, con caratteristiche morfologiche pianeggianti e di adeguata estensione, nonché opportunamente distanti da emergenze storico-testimoniali e naturalistiche di pregio. L'obiettivo è stato di limitare le operazioni di sbancamento e di bonifica (anche se qualche sistemazione in più andrà fatta per il Campo Base 1), facilitando al contempo la naturale mitigazione percettiva nei confronti del paesaggio;
- ubicare le aree di cantiere in posizione strategica rispetto agli interventi, ottimizzando gli spostamenti delle maestranze e delle materie prime durante le fasi operative;
- consentire una facile accessibilità rispetto alla viabilità esistente;
- limitare al minimo gli impatti indotti alle realtà insediative, evitando di localizzare il cantiere in prossimità di ricettori sensibili.

Le aree di cantiere individuate per lo sviluppo delle attività si distinguono in:

- Cantiere Base o Base-Operativo
- Cantiere Operativo
- Aree tecniche
- Aree di Stoccaggio

Sono state individuate due aree a disposizione dell'organizzazione generale del cantiere, sia per lo stoccaggio dei materiali che per la collocazione degli uffici e delle strutture logistiche a servizio delle maestranze e a supporto delle operazioni e dei mezzi. In particolare, tali zone sono:

- Campo Base n° 1 (di circa 4.500 mq): posto in corrispondenza dello Svincolo di Cerchiaia, insistente proprio nella zona industriale con uscita ed entrata sulla Strada di Cerchiaia in Comune di Siena (SI).
- Campo Base n° 2 (di circa 8.700 mq): posto in corrispondenza dello Svincolo di Ruffolo, insistente in una zona in aperta campagna a sud dell'asse principale, con uscita ed entrata sulla Traversa Romana Aretina, in Comune di Siena (SI).



Localizzazione delle aree di cantiere

Per entrambe le aree l'accesso ed il collegamento con la viabilità esistente è diretto e non necessita di opere specifiche.



Planimetrie di stralcio campi base

Le Aree Tecniche sono funzionali alla realizzazione delle principali opere distribuite lungo il tracciato: Ponti, Cavalcavia, Sottovia, Galleria.

Sono tutte ubicate nelle immediate vicinanze delle opere di cui sono al servizio, accessibili prevalentemente da viabilità locali e qualcuna da piste di cantiere appositamente realizzate, in corrispondenza delle aree di difficile accessibilità, ma prossime alle opere. Le superfici variano dai 400mq ai 6.000 mq.

Le Aree tecniche, con apprestamenti ridotti rispetto ai cantieri operativi, hanno gli impianti ed i servizi strettamente legati all'esecuzione della specifica opera o lavorazioni da eseguire nella zona di pertinenza.

Sono invece previste 5 aree di stoccaggio terre, che sono state ubicate in corrispondenza di aree di maggior estensione, prevalentemente libere da coltivazioni e su aree pianeggianti. In corrispondenza di queste aree è previsto di accantonare i volumi di scavo, provenienti dalla Galleria e dalle trincee.

Il terreno vegetale sarà separato dallo stoccaggio del terreno di recupero, in quanto è destinato a ricostituire la coltre vegetale dei ripristini e dei rimodellamenti; ciò, allo scopo di non ridurre le proprietà vegetali di ricostituzione della vegetazione autoctona.

Di seguito in tabella si riportano le caratteristiche principali delle Aree Tecniche e di stoccaggio previste.

	DESCRIZIONE	N.	NOME	SUPERFICIE
<b>CB</b>	CAMPO BASE	2	CB 1 "CERCHIAIA"	4 500 mq
			CB 2 "RUFFOLO"	8 700 mq
<b>AT</b>	AREA TECNICA	18	AT 1 a	1 480 mq
			AT 1 b	700 mq
			AT 2 a	(25x50) 1 250 mq
			AT 2 b	3 300 mq
			AT 3 a	1 430 mq
			AT 3 b	1 950 mq
			AT 4 a	1 750 mq
			AT 4 b	1 750 mq
			AT 5 a	3 400 mq
			AT 5 b	3 600 mq
			AT 6 a	3 800 mq
			AT 6 b	3 900 mq
			AT 7 a	5 150 mq
			AT 7 b	3 260 mq
			AT 8 a	400 mq
			AT 8 b	600 mq
			AT 9 "Ferrovia"	5 480 mq
			AT 10	1 320 mq
<b>AS</b>	AREA DI STOCCAGGIO	5	AS 1	(25x50) 1 250 mq
			AS 2	4 300 mq
			AS 3	(25x50) 1 250 mq
			AS 4	1 700 mq
			AS 5	2 700 mq

I Cantieri Base e Operativi mantengono la loro ubicazione per tutta la durata dei lavori, le aree tecniche e di stoccaggio, possono essere dismesse rispettivamente appena vengono completate le opere di pertinenza o appena si alloca il materiale stoccato.

Un aspetto importante del progetto di cantierizzazione consiste nello studio della viabilità che sarà utilizzata dai mezzi coinvolti nei lavori. Tale viabilità è costituita da piste di cantiere, realizzate specificatamente per l'accesso o la circolazione nelle aree di lavoro e dalla rete stradale esistente o di progetto. La scelta delle strade da utilizzare per la movimentazione dei materiali, dei mezzi e del personale è stata effettuata sulla base dei seguenti criteri:

- minimizzazione della lunghezza dei percorsi in aree residenziali o lungo viabilità con elementi di criticità (strette, semafori, passaggi a livello, ecc.);
- scelta delle strade a maggior capacità di traffico;
- scelta dei percorsi più rapidi per il collegamento tra il cantiere/area di lavoro e la viabilità a lunga percorrenza.

I percorsi dei mezzi di cantiere, oltre che sulle Strade Provinciali e locali esistenti limitrofe e di attraversamento della E78, saranno di due tipologie:

- Strade esistenti da adeguare (strade bianche), quando si riutilizzeranno percorsi esistenti di cui si prevede un ampliamento o un rifacimento del fondo;
- Piste di nuova realizzazione, quando non ricalcano percorsi esistenti;
- Viabilità secondarie di progetto.

In particolare, per quanto riguarda la viabilità di cantiere, in linea di massima si può indicare che la maggior parte delle piste di cantiere da realizzare per il raggiungimento delle aree corrispondenti al tracciato principale e alle opere tra i due svincoli rimarranno in essere anche a fine lavori, così da diventare strade a servizio dei terreni circostanti, ma anche utili alla manutenzione stessa delle opere d'arte realizzate. Tutte le altre piste di cantiere a supporto degli svincoli saranno invece demolite, una volta completate le rampe e i tracciati di progetto nelle varie fasi. Tale suddivisione con la rappresentazione delle aree dei campi base, aree tecniche, di stoccaggio e le varie piste di cantiere sono rappresentate in maniera completa nella tavola di progetto T00CA00CANPL01A (di cui in calce si allega tabella con le varie suddivisioni e dimensioni).

Per quanto attiene al contenimento dell'impatto ambientale del cantiere, il progetto individua tutti gli accorgimenti necessari a ridurre al minimo l'impatto ambientale del cantiere in oggetto. Nello specifico le misure prese in considerazione sono le seguenti:

- Contenimento delle emissioni inquinanti nell'atmosfera attraverso la copertura dei carichi durante i trasporti, la pulizia degli pneumatici dei veicoli di cantiere, il rispetto della bassa velocità di transito dei mezzi, la predisposizione di impianti a pioggia per le aree destinate a deposito di inerti, la riduzione delle superfici non asfaltate e l'innaffiamento delle viabilità di cantiere
- Contenimento delle emissioni acustiche tramite la corretta scelta delle macchine e attrezzature prediligendo macchinari omologati in conformità alle direttive europee e il più possibile insonorizzati, la manutenzione dei mezzi e delle attrezzature e corrette modalità operative e di predisposizione del cantiere, l'utilizzo quali interventi passivi di barriere mobili fono assorbenti.
- Misure per la salvaguardia della qualità delle acque facendo particolare attenzione a tutte le lavorazioni e le attività che potrebbero determinare un'alterazione della qualità delle acque
- Modalità di stoccaggio dei rifiuti garantendo adeguate modalità trattamento e smaltimento e individuando aree di deposito degli stessi lontane dai baraccamenti e adeguatamente cintate e protette
- Modalità di stoccaggio delle sostanze pericolose effettuate con l'intento di proteggere il sito da potenziali agenti inquinanti
- Impianti lavar ruote
- Cannoni nebulizzatori al fine di ridurre polvere e odori sgradevoli
- Recinzioni metallica con telo antipolvere
- Aree di stoccaggio dei materiali inquinanti costituite da idonea copertura anti pioggia, idoneo sistema di raccolta e trattamento acque di percolazione e idonea impermeabilizzazione dello strato di sottofondo, al fine di evitare contaminazioni degli strati del sottosuolo e della falda
- Trattamento delle acque meteoriche di cantiere minimizzando i rischi, nella fase di scelta dei siti di cantiere in modo tale da non entrare direttamente in conflitto con i corsi d'acqua presenti, in seguito predisponendo gli accorgimenti in corrispondenza delle aree di cantiere predisponendo le necessarie impermeabilizzazioni e la realizzazione di adeguate opere fognarie e di trattamento.

## 8 FASI ESECUTIVE

Il progetto di cantierizzazione in esame è stato studiato con la finalità di ottimizzare la realizzazione dei vari tratti omogenei e il relativo piano di trasporti di cantiere riferito alla viabilità di servizio dell'opera durante l'intera fase di realizzazione dei lavori.

Il progetto in esame trattandosi di un'opera di adeguamento di un'infrastruttura esistente, presenta una serie di criticità legate alla fase realizzativa che si riferiscono in particolar modo alla possibilità di mantenere in esercizio le direttrici esistenti e secondariamente all'accessibilità delle aree di lavoro in corrispondenza delle opere più significative.

Lo schema generale che si è voluto adottare per limitare tali criticità, si basa sulla realizzazione in prima fase di tutte le opere esterne ai sedimi stradali esistenti al fine di non interferire con il traffico in esercizio sulla viabilità esistente; nello specifico si prevede la realizzazione della nuova carreggiata sud Grosseto – Fano comprensiva delle opere d'arte; nelle fasi successive si utilizzerà la nuova carreggiata realizzata per mantenere il traffico in esercizio e quindi intervenire sull'adeguamento della carreggiata esistente (Fano - Grosseto)

I nodi più critici riguardano la sistemazione dei nuovi svincoli di Cerchiaia e Ruffolo dove si dovrà intervenire con delle sotto - fasi e relative parzializzazioni del traffico per garantire sia la realizzazione delle opere d'arte maggiori e minori che per garantire dove possibile la funzionalità completa dell'intersezione. Per non penalizzare ulteriormente il traffico in esercizio, si è valutata la possibilità di intervenire in fasi successive alla realizzazione degli adeguamenti di questi svincoli, anticipando nella fase iniziale l'intervento sullo svincolo di Cerchiaia e una volta ultimato e aperto al traffico nella sua nuova configurazione, passare alla realizzazione dei lavori sullo svincolo di Ruffolo. Per le lavorazioni che obbligatoriamente dovranno essere eseguite con la chiusura parziale del traffico in esercizio (zone di attacco piano altimetrico ai piani viabili esistenti) ne verrà vincolata l'esecuzione alle ore notturne.

## 9 CAVE E DISCARICHE

Nell'ambito della progettazione in esame, è stato redatto il Piano di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo (cfr. elaborato T00GE02GEORE01, Relazione tecnica), in cui è riportato il bilancio delle terre generale dell'infrastruttura in progetto, dove i volumi dei materiali di scavo, in base alle loro caratteristiche ed al possibile loro riutilizzo, vengono confrontati con i fabbisogni necessari alla realizzazione dell'opera, coerenti con i dati riportati nel computo metrico.

Nella tabella del bilancio terre sono stati riportati i volumi dei fabbisogni, costituiti da:

- 414.815 mc di materiale da rilevato, di cui 370.169 mc per il corpo dei rilevati di nuova realizzazione (comprensivi dei volumi dovuti alla bonifica geotecnica dei terreni di sottofondo) e 44.647 mc circa per la sostituzione dei volumi di scotico e gradonatura;
- 102.164 mc di materiale necessario per il ritombamento delle gallerie artificiali e degli scavi di fondazioni delle opere all'aperto (plinti di fondazione dei viadotti, ecc.), laddove non sono richieste particolari caratteristiche prestazionali del terreno da un punto di vista geotecnico;
- 44.288 mc di terreno vegetale per le scarpate dei rilevati e delle trincee e per le aree di rimodellamento e ripristino ambientale previste in progetto.

Dal bilancio delle terre i volumi dei fabbisogni non bilanciati dai volumi dei materiali di scavo e, quindi, da fornire attraverso gli impianti di approvvigionamento esterni, risultano pari a:

- 314.930 mc di mista naturale di cava per la formazione dei rilevati
- 2.713 mc di terreno vegetale

Oltre a tali volumi, risulteranno necessari anche i seguenti quantitativi di materiali pregiati, per i quali si prevede in ogni caso la fornitura presso idonei impianti di cava:

- 30.965 mc di misto granulometrico stabilizzato
- 33.194 mc di misto cementato
- 2.545 mc di materiale arido anticapillare
- 3.280 mc di materiale drenante
- 6.212 mc di materiale drenante per arco rovescio
- 2.999 mc di sabbia

È stata quindi condotta una ricognizione degli impianti di cava per la verifica della effettiva disponibilità ad approvvigionare i quantitativi dei materiali di cava richiesti. L'ubicazione delle cave è mostrata nell'elaborato di progetto T00CA00CANCO01 - "Corografia ubicazione siti di cava/discarica e deposito e percorsi di collegamento" dove sono stati indicati gli impianti di cava più prossimi all'area di intervento, ove sarà possibile l'approvvigionamento dei materiali indicati. Nella tabella sottostante sono riassunte le principali caratteristiche degli impianti: nome impianto, impresa, ubicazione, materiale prodotto, distanza media dal cantiere, estremi autorizzazione e volume estraibile; nell'Allegato 7.1 alla Relazione di cui al Piani di Utilizzo sono riportate le autorizzazioni di tali impianti,

dalle quali è possibile verificare che i volumi totali estraibili risultano sufficienti a coprire i fabbisogni del cantiere.

SITI DI CAVA PER APPROVVIGIONAMENTO INERTI							
	Nome impianto	Ubicazione	Materiale prodotto	Distanza		Autorizzazione e durata	Volume estraibile
				CB 1	CB 2		
C1	CAVA PIANELLA Inertiscavi Srl	Strada di Rondinella, 10 loc. Pianella (SI)	inerti	15 km	11 km	Convenz. area cantiere del 28/12/1999 scadenza 31/12/2025	22.000-25.000 annui
C2	CAVA PANCOLE Inertiscavi Srl	loc. Pancole Castelnuovo Berdardenga (SI)	inerti fluviali (sabbie e ghiaie)	14 km	10 km	Prot. n°21351 del 22/12/2018 scadenza 31/12/2025	80.000-90.000 mc
C3	BENOCCI & C. SpA	loc. Madonnino dei Monti- Petroio Trequanda (SI)	sabbie e ghiaie	57 km	52 km	Proroga di 3 anni al Prot. N°200 del 15/01/2014 scadenza 24/07/2024	397.470 mc
C4	CAVA PIANI D'ORCIA Inerti Val d'Orcia Srl	loc. S. Angelo Scalo Montalcino (SI)	ghiaia e pietrisco alluvionale	59 km	62 km	Decreto n.4946 del 04/04/2019 scadenza 31/12/2025	600.000 mc
C5	MONTENERO CAVE Inerti Val d'Orcia Srl	loc. Pian delle Birbe, fraz. Montenero Castel del Piano (GR)	inerti	78 km	79 km	Aut. n°2 del 08/11/2012 scadenza 08/11/2030	12.000 mc annui

*Impianti di cava per l'approvvigionamento di inerti*

Dall'analisi del bilancio delle terre, risulta che il quantitativo di materiale di scavo in esubero dai possibili riutilizzi nell'ambito del progetto è pari a 495.138 mc; tale materiale di scavo è costituito da terreni a prevalente componente limoso-argillosa-sabbiosa, perlopiù idonei per *riempimenti e rinterrì*.

Tali materiali, ai sensi del D.P.R. 120/2017 e delle linee guida S.N.P.A. (delibera 54/2019), verranno gestiti in *regime derogatorio di sottoprodotti* (art. 184- bis D.Lgs. 152/2006 e Titolo II del D.P.R. 120/2017).

È stata quindi condotta una ricognizione degli impianti di cava presenti nella zona ai fini di un conferimento delle terre e rocce da scavo, in esubero dai riutilizzi in cantiere, come *sottoprodotti* in operazioni di recupero ambientale delle stesse, privilegiando gli impianti di cava che ricadono in un raggio relativamente ristretto dall'area di intervento. In particolare, sono stati individuati come siti di destinazione finale delle terre e rocce da scavo le seguenti cave:

- Cava "Pancole" – Castelnuovo Berdardenga (SI);
- ex-Cava "Val di Merse" – Monteriggioni (SI).

L'area della Cava Pancole ricade in Comune di Castelnuovo Berdardenga (SI), ubicato circa 8 km a est dell'intervento. Si tratta, in particolare, di una cava in area golenale che sfrutta giacimenti di sabbie e ghiaie di origine alluvionale e classificata, secondo il Piano Strutturale del Comune di Castelnuovo Berdardenga, a destinazione urbanistica tipo "*agricola - ambiti per l'istituzione di ANPIL, riserve e parchi*". La cava è autorizzata a ricevere il conferimento delle terre come sottoprodotti, purché sia verificata la conformità ai limiti di *Colonna A* della Tab.1 dell'All. V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs.152/06).



L'area dell'ex Cava Val di Merse è una cava inattiva di breccia che ricade in Comune di Monteriggioni (SI) ed è posta a circa 15 km a nord-ovest della zona di Cerchiaia (inizio intervento). Da un punto di vista urbanistico, l'area è inserita nella "zona cave del P.A.E.R.P (art. 22 piano strutturale)" e il tipo di destinazione è "ripristino e rinterro cava inerti" come riportato nella dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà allegata al presente elaborato. Per il ripristino della ex-cava, il conferimento delle terre, in regime di *sottoprodotti*, potrà avvenire purché siano verificate le seguenti conformità: *non pericolosità del materiale* (ai sensi della Parte IV del D.Lgs. 152/06), *rispetto dei limiti di Colonna A* della Tab.1 dell'All. V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs.152/06), *rispetto dei limiti del testi di cessione* (All.3 del DM 05/02/98 e ss.mm.ii.).

In particolare, gli impianti di cava idonei ad accogliere le terre e rocce da scavo come *sottoprodotti* sono ubicati nell'area ad una distanza variabile tra un minimo di 10 km ed un massimo di 15 km, come risulta dalle tabelle sottostanti di riepilogo di seguito riportate; nell'Allegato 7.2 alla Relazione di cui al Piani di Utilizzo, sono riportate le autorizzazioni e relative documentazioni delle cave suddette, mentre nell'elaborato di progetto T00CA00CANCO01 ne è stata indicata l'ubicazione.

SITI DI DESTINAZIONE FINALE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO (SOTTOPRODOTTI)						
	Nome impianto	Ubicazione	Distanza		Autorizzazione e durata	Quantità accettate
			CB 1	CB 2		
T1	CAVA PANCOLE Inertiscavi Srl	loc. Pancole Castelnuovo Berdardenga (SI)	14 km	10 km	Prot. n°21351 del 22/12/2018 scadenza 31/12/2025	260.000 mc
T2	EX-CAVA VAL DI MERSE Italcave Srl	Monteriggioni (SI)	15 km	15 km	Pratica 49B-C/2015 SUAP 83/2020 Aut. n°1/2016 del 13/07/2016 scadenza 13/07/2023	490.000-495.000 mc

*Impianti di cava per la destinazione finale delle terre e rocce da scavo*

Il progetto in esame prevede inoltre i seguenti quantitativi derivanti dalle demolizioni delle strutture esistenti, ovvero:

- 21.291 mc di demolizioni sovrastrutture stradali: conglomerati bituminosi;
- 49.335 mc di demolizioni strutture in cls;
- 5.421 tonnellate di acciaio proveniente dalla demolizione delle strutture.

Tali materiali verranno gestiti come *rifiuti* e dovranno essere conferiti in idonei impianti di recupero con opportuno *Formulario di Identificazione dei Rifiuti (FIR)*, come previsto dalla normativa sui rifiuti. Gli impianti di recupero individuati sono tutti autorizzati ai sensi dell'art. 208 del D.Lgs. 152/06 (regime ordinario); nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche principali dei diversi impianti e le relative distanze dal cantiere.

Nell'Allegato 7.3 alla Relazione di cui al Piani di Utilizzo è riportata tutta la documentazione relativa alle autorizzazioni degli impianti mentre nell'elaborato di progetto T00CA00CANCO01 ne è stata indicata l'ubicazione.

IMPIANTI DI RECUPERO (Autorizzazione ordinaria ex Art. 208 D.lgs. 152/06)							
	Nome impianto	Ubicazione	CER autorizzati	Distanza		Autorizzazione e durata	Quantità accettate
				CB 1	CB 2		
D1	Mori Sauro Rottami Srl	Strada di Ribucciano, Siena (SI)	170405 170101 170302 170904	5 km	3 km	D.D. 1326 del 30/08/2018 Prov. concl. n°170 del 24/09/2018 scadenza 24/09/2028	3.680 t/anno (170405: 2.300 t/anno)
D2	Italcave Srl Ex-Cava Val di Merse	Monteriggioni (SI)	170101 170904 170504	15 km	15 km	D.R. n° 10549 del 19/07/2017 (integr. D.R. n° 7667 del 21/05/2018) scadenza 19/07/2027	50.000 t/anno (170101: 40.000 t/anno)
D3	Di Sorbo Antonio	loc. Ficaiole Rapolano Terme (SI)	170101 170904 170302 170504	35 km	28 km	D.D. n° 2710 del 20/11/2015 scadenza 20/11/2025	36.500 t/anno (170101, 170904: 20.750 t/anno) (170302: 1.500 t/anno)
D4	Conglomerati Valdelsa	Strada di Orneto, loc. Fosci Poggibonsi (SI)	170302	37 km	41 km	D.D. n° 1411 del 22/05/2014 scadenza 22/05/2024	2242 t/anno

## Impianti di recupero

In ultima analisi, alla luce dei volumi di calcestruzzo e di conglomerato bituminoso necessari alla realizzazione del progetto, pari rispettivamente a 222.312 mc e 30.678 mc, è stata condotta una ricognizione degli impianti di produzione presenti nella zona per la verifica della effettiva disponibilità ad approvvigionare i quantitativi dei materiali richiesti; la localizzazione di tali impianti è indicata nell'elaborato di progetto T00CA00CANCO01 - "Corografia ubicazione siti di cava/discarica e deposito e percorsi di collegamento".

Id	● Impianti di Conglomerato Bituminoso		Campo Base 1		Campo Base 2	
	Impresa	Indirizzo	Tempo	Km	Tempo	Km
A1	Ruffoli S.r.l.	S.S. 223 Località La Rancia, 53016 Murlo (SI)	15'	18	17'	21
A2	Menconi S.r.l.	Località Magliana, 53026 Pienza (SI)	54'	55	53'	54

Id	● Impianti di Calcestruzzo		Campo Base 1		Campo Base 2	
	Impresa	Indirizzo	Tempo	Km	Tempo	Km
B1	Barbetti Materials S.p.A.	Strada Renaccio, 30 53100 Siena (SI)	6'	4	2'	2
B2	Bentoval	SR 222 Chiantigiana, 53100 Monteriggioni (SI)	11'	10	14'	9

## 10 INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE

L'obiettivo generale gli Interventi di inserimento paesaggistico – ambientale è quello di realizzare un sistema di interventi a verde che si integrano con il paesaggio naturale presente, che porti a ridurre le interferenze dell'opera sulle condizioni ambientali attuali.

L'elaborazione del progetto di inserimento ambientale ha tenuto conto delle analisi compiute nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale relative all'assetto paesaggistico e vegetazionale del territorio in cui si inserisce il tracciato di progetto.

Per l'elaborazione del progetto si è reso necessario un approfondimento in campo rivolto al riconoscimento dei complessi vegetazionali presenti nel territorio interessato dal tracciato stradale, finalizzato a individuare i principi e i criteri sui quali impostare la progettazione dell'inserimento ambientale. Sono state evidenziate le aree ritenute più sensibili da un punto di vista naturalistico, quali gli attraversamenti idrici, gli elementi afferenti alla Rete ecologica provinciale (elementi di connessione ecologica, aree di elevata biodiversità ecc.) e gli ambiti caratterizzati da consorzi vegetali naturali. Le scelte progettuali sono state inoltre supportate dalla conoscenza degli strumenti di pianificazione sovraordinata (PTR Toscana, PTCP Siena, PU Comune di Siena), che riconoscono l'importanza paesaggistica del territorio interessato dal tracciato.

Considerata la necessità paesaggistica di mantenere quanto più aperta la scena visiva, la presenza di viadotti ha costituito il tema di progettazione privilegiato. La scelta di non "mascherare" gli elementi strutturali, ma di lasciarli percepibili anche sulla lunga distanza è quindi stata affrontata sia da un punto di vista architettonico (colore, superficie, materiali), sia da un punto di vista vegetazionale di progetto.

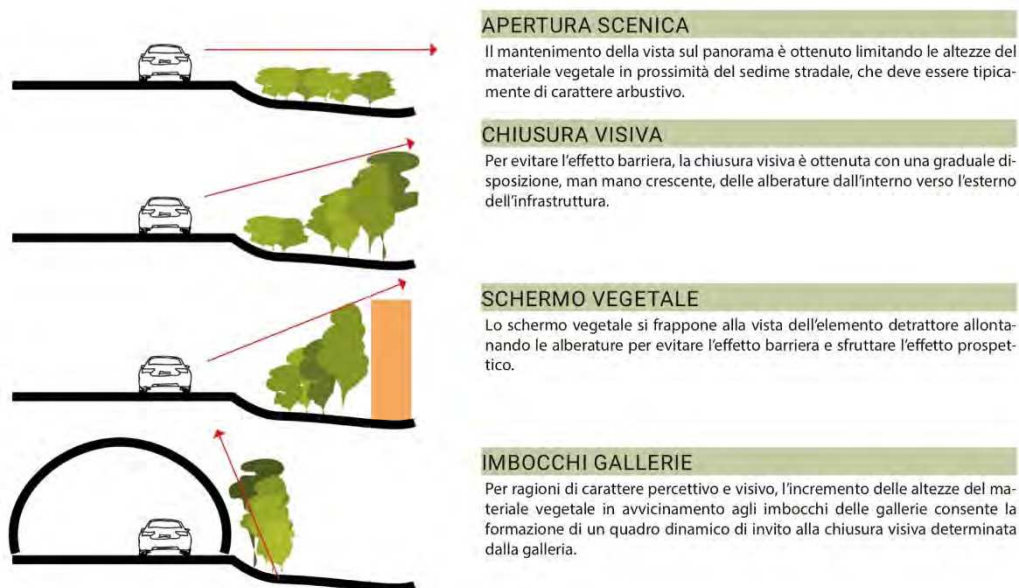
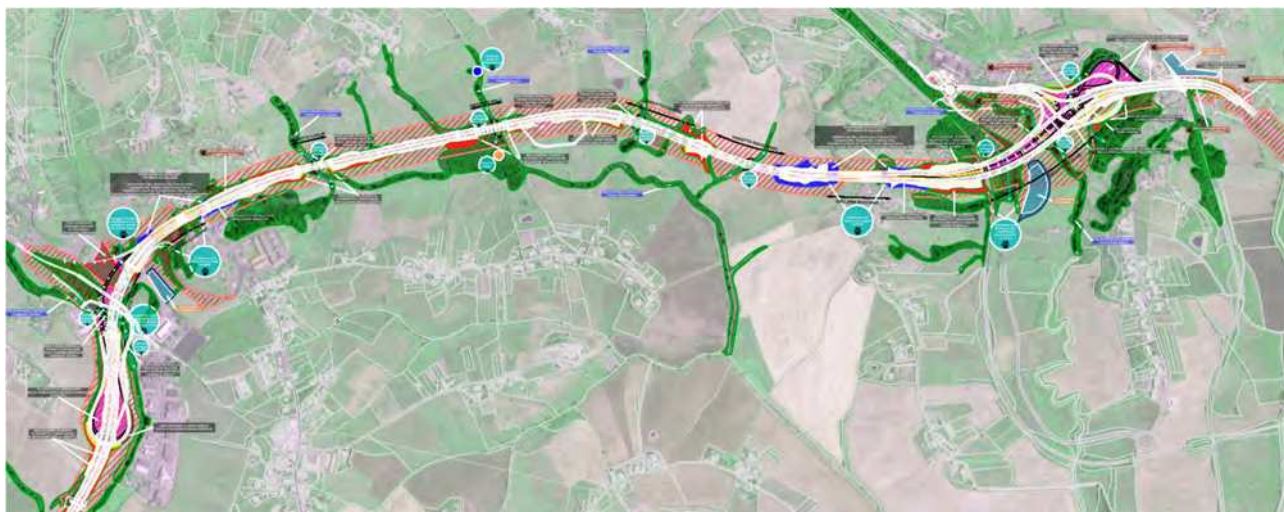


Figura 33 – Estratto dall'elaborato Analisi percettiva dall'interno dell'infrastruttura, cod. elab. T00IA10AMBFO03A.

Le tipologie arbustive e arboree impiegate sono rilevabili nella documentazione del Regolamento Urbanistico Comunale sono individuate per ogni condizione ambientale. La scelta delle specie si è basata anche sulle indicazioni presenti nelle NTA del POC (art. 105 e 115) e nel Piano Regionale della Qualità dell'Aria PRQA della Regione Toscana

Le scelte sono infatti volte a un corretto inserimento paesistico, facendo riferimento alle formazioni vegetali della tradizione rurale, privilegiando, nel territorio rurale e nelle fasce di transizione, il ricorso a specie tipiche di percorsi e delimitazioni poderali. La scelta delle specie dovrà comunque essere sempre orientata dalla peculiarità del contesto, dalle condizioni pedoclimatiche del sito di impianto e dalla frequenza manutentiva.

I sestri di impianto hanno tenuto conto delle caratteristiche di sviluppo delle specie e delle necessità di manutenzione e mantenimento.



**Figura 5 - Planimetria generale interventi di inserimento paesaggistico e ambientale (rif. tav. T00IA01AMBPL02A)**



### IMBOCCHI GALLERIE

Gli imbocchi della Galleria S. Lazzerio e della Galleria Bucciano hanno, oggi, una buona dotazione

arborea e arbustiva, che, seppure di scarso valore forestale è gradevole dal punto di vista paesaggistico. La realizzazione delle nuove canne comporterà, pertanto, la necessità di ripristinare le condizioni originarie.

Ove tecnicamente possibile, si propone la messa a dimora di specie arboree e arbustive che abbiano anche capacità di assorbimento degli inquinanti tipici delle emissioni da traffico (latifoglie decidue con foglie di grandi dimensioni, per esempio faggi, aceri e frassini).

### SCARPATE E TRINCEE

Le nuove scarpate e le trincee di progetto saranno decorate con specie arbustive di altezza contenuta. Il progetto stradale prevede la formazione di rilevato e strato di terreno vegetale e ove previsto, la stesura di biostuoie.

Inoltre le scarpate saranno inerbite mediante idrosemina.

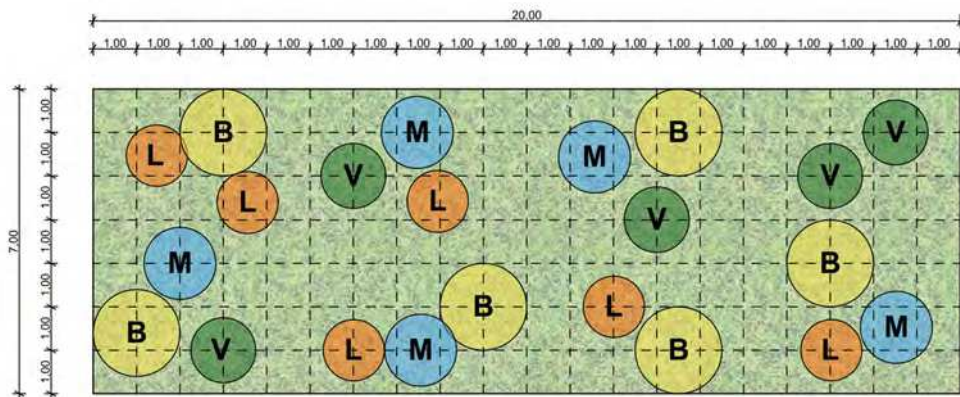


Figura 34 – Sesto di impianto scarpate e trincee

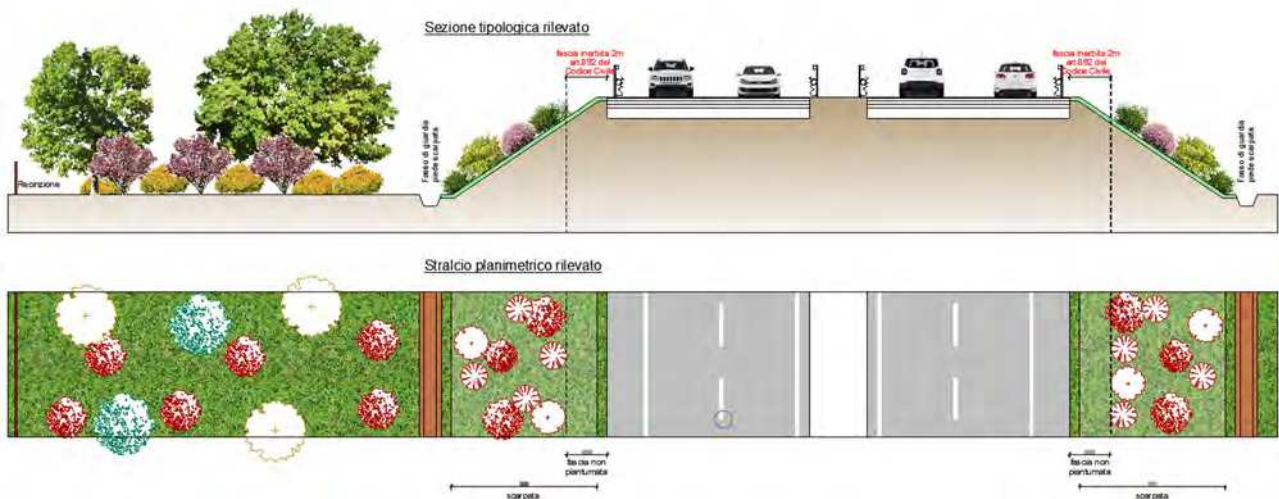


Figura 35 - Sezione stradale tipologica in rilevato

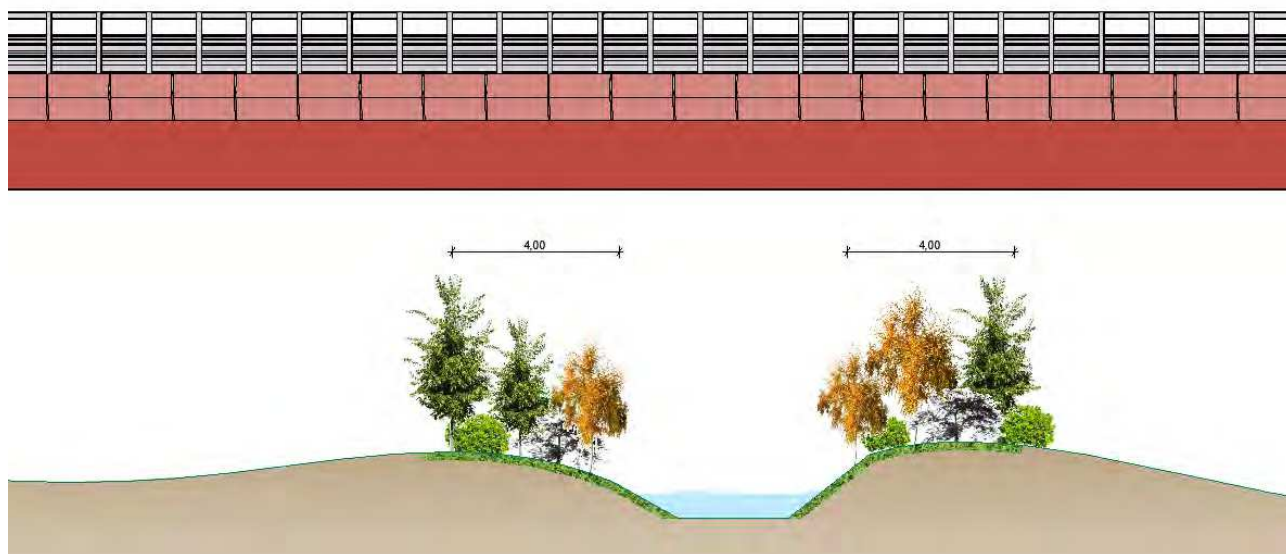
Specie	numero	Sup. sesto d'impianto
<b>V</b> <i>Viburnum tinus</i> Viburno	5	140,00 mq.
<b>B</b> <i>Crataegus monogyna</i> Biancospino	6	
<b>M</b> <i>Myrtus communis</i> Mirto	5	
<b>L</b> <i>Ligustrum vulgare</i> Ligustro	6	
Formazione di manto erboso con idrosemina	140,00 mq.	

### VEGETAZIONE RIPARIALE E PASSAGGI FAUNISTICI

Al termine dei lavori, quale intervento di ripristino ambientale e di natura paesaggistica, le fasce ripariali lungo le sponde dei canali saranno ripristinate per una larghezza di circa 4 metri dal limite esterno di entrambe le sponde.

Per la ricucitura del corridoio vegetazionale e in linea con le linee di indirizzo comunali, si propone la messa a dimora di specie idrofile autoctone che possano tempestivamente presidiare i terreni che sono stati oggetto di lavorazioni e favorire il ripopolamento naturale. Tra le specie se ne ritrovano idonee al consolidamento delle superfici dei pendii che presentano un potenziale dilavamento superficiale.

Il sesto viene inoltre incrementato con essenze eduli utili, in modo da invogliare la fauna in spostamento a ritrovare l'utilizzo di questi passaggi.

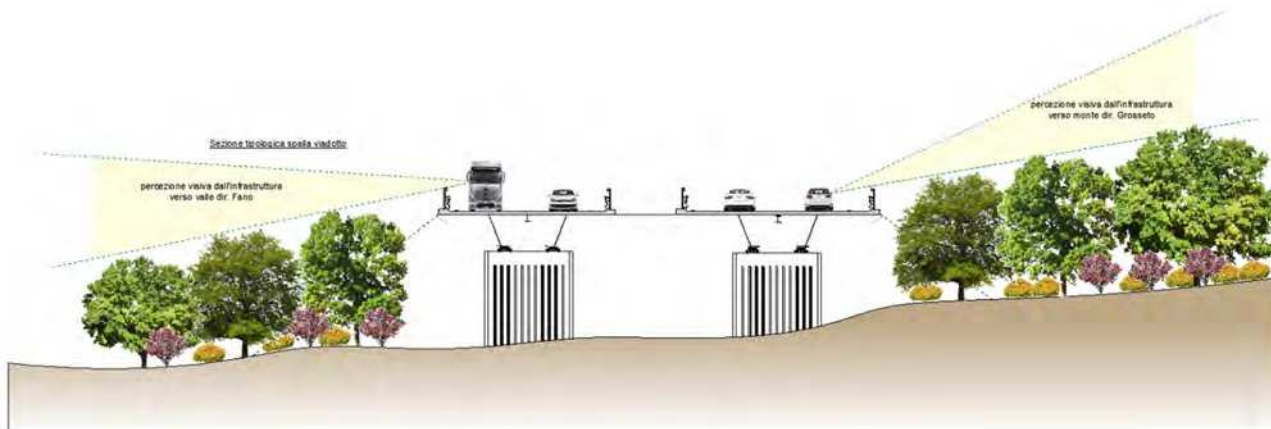


**Figura 36 - Sezione tipologica ricucitura vegetazionale ripariale in prossimità dei nuovi viadotti**

### RICUCITURA MACCHIE BOSCADE

Gli interventi di inserimento paesaggistico e di mitigazione sono finalizzati all'aumento della qualità biologica al fine di sostenere il processo di incremento della biodiversità soprattutto in corrispondenza dei corridoi di connettività ecologica rappresentati dai corsi d'acqua (minori e maggiori) intercettati dall'infrastruttura.

Le aree boscate, ove intercettate, saranno ripristinate con tipi forestali idonei anche per contrastare il popolamento naturale da parte di specie aliene e alloctone.



**Figura 15 - Sezione tipologica mitigazione vegetazionale spalla viadotto/piede scarpata e ricucitura con la vegetazione esistente**

### TERRERINFORZATE RINVERDITE

Nel progetto in esame, la tecnologia delle terre armate viene utilizzata, oltre che per un tratto dello svincolo di Ruffolo, nella porzione sud-est dello svincolo di Cerchiaia per contenere l'impronta dello svincolo stesso evitando in particolare di interessare le aree più vicine al torrente Tressa, al fine di garantire il passaggio dei mezzi di manutenzione.

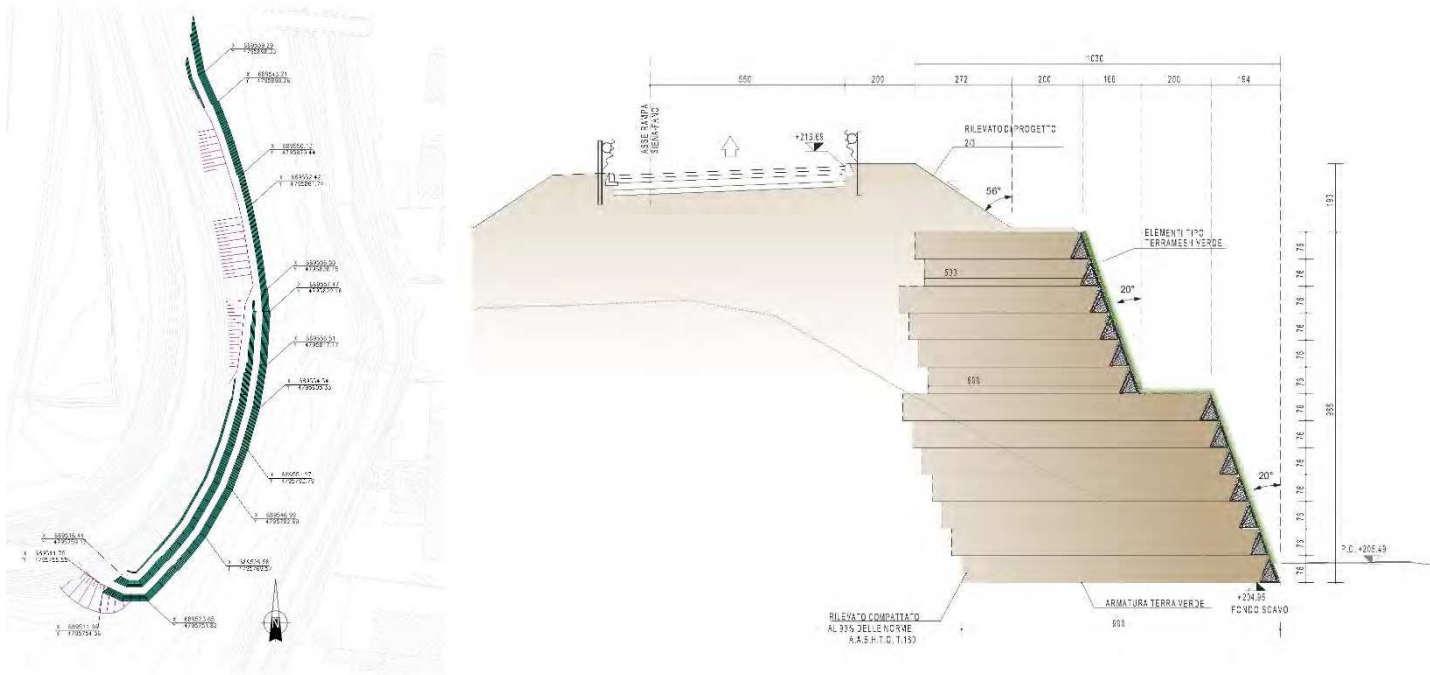


Figura 17 - Pianta e sezione dell'intervento in terra mesh

## 10.1 STUDIO ARCHITETTONICO

Lo studio degli elementi architettonici delle opere maggiori è stato elaborato sulla scorta dell'analisi delle indagini condotte.

Con lo scopo di migliorare il livello di compatibilità paesaggistica dell'intervento, la qualità architettonica si è focalizzata principalmente sulle opere d'arte, di sostegno e di mitigazione acustica. Considerata la necessità paesaggistica di mantenere quanto più aperta scena visiva, la presenza di viadotti ha costituito il tema di progettazione privilegiato.

La scelta di non "mascherare" gli elementi strutturali ma di lasciarli percepibili anche sulla lunga distanza è quindi stata affrontata sia da un punto di vista materico (colore, superficie, materiali), sia da un punto di vista del disegno complessivo in termini di luce fra le pile e di elementi di coronamento. La scelta di porre attenzione alle viste dall'interno dell'infrastruttura esistente ha condotto verso soluzioni "aperte", riducendo l'uso di mascheramenti vegetazionali avulsivi dal contesto.

A supporto delle soluzioni "aperte" anche la frammentazione dell'infrastruttura, costituita da viadotti e gallerie, unitamente alla morfologia del territorio interessato.

Si sintetizzano di seguito gli elementi che caratterizzano l'infrastruttura.

## STUDIO DEL COLORE

Lo studio delle pile è stato condotto a partire dal colore del contesto architettonico e naturale che caratterizza il territorio:



- Le murature in laterizio del Palazzo Comunale;
- La pavimentazione di Piazza del Campo, anch'essa costruita da mattoni che formano gli spicchi della particolare forma a conchiglia, separati da strisce di travertino, con un cerchio esterno in pietra serena;
- Le argille che caratterizzano i seminativi;
- Il pigmento denominato "terra di Siena".

Attraverso l'uso di un software specifico, a partire da queste colorazioni si è ottenuta una combinazione di colori R.G.B. (*Red Green Blue*) proposta per la pigmentazione dei calcestruzzi impiegati per le pile e le spalle dei viadotti.

Da alcuni scorci più significativi, con lo stesso approccio, si sono ricavate le *palette* di colori rappresentativi del paesaggio attraversato dall'infrastruttura.

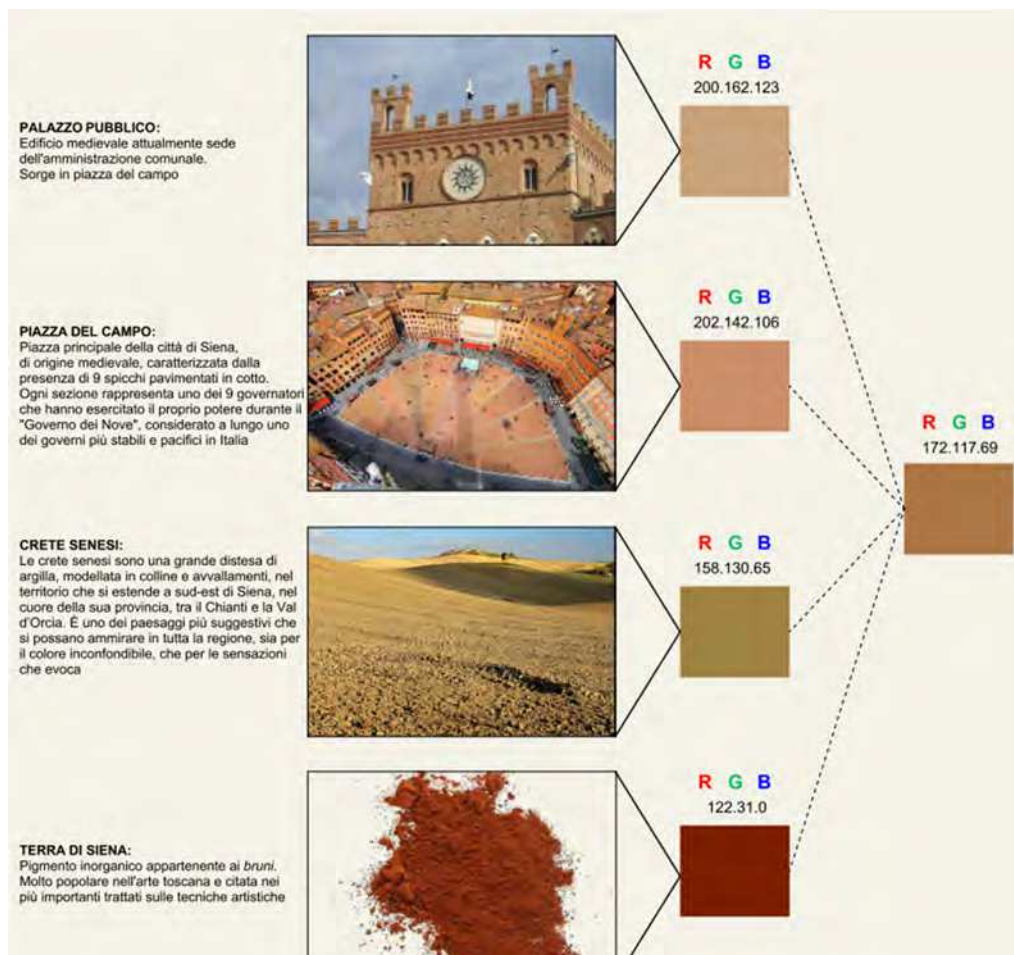


Figura 6: Schema analisi dei colori

La colorazione ruggine tipo *corten* è stata ritenuta la più consona per le parti metalliche a corredo dell'infrastruttura (barriere fonoassorbenti, rivestimenti imocchi ecc.). Tale materiale resiste alla

corrosione atmosferica e alle sollecitazioni meccaniche, garantendo maggior durabilità (ciclo di vita) e minor manutenzione nel tempo.



**Figura 7: Esempio campionatura colori R.G.B. Tipo Color Designer®, Xd Adobe®.**

## VIADOTTI

L'impalcato strutturale dei viadotti è costituito prevalentemente da doppia trave in acciaio corten, inclinata al fine di ridurre lo spessore stesso della struttura e, di conseguenza, contenere il dimensionamento e l'impatto delle pile dei viadotti.

Lo studio strutturale, in sinergia con quello architettonico dei viadotti, ha quindi tenuto in considerazione i seguenti elementi:

- Tipologia del materiale della struttura portante del viadotto: acciaio corten;
- Tipologia e geometria della struttura portante del viadotto: travi principali inclinate;
- Interasse delle pile in considerazione del contesto, della morfologia e dell'idraulica del territorio interessato;
- Rapporto tra altezza pile ed il loro interasse;
- Forma delle spalle, ove non è possibile schermarle completamente con scarpate inerbite;
- Percezione del prospetto dei viadotti con l'inserimento di apposito carter.

Gli effetti di tale approccio sull'inserimento dell'opera nel contesto sono pertanto riassumibili nelle seguenti caratteristiche:

- Riduzione della percezione dell'impalcato e, di conseguenza, miglior inserimento nel paesaggio;

- Snellezza e riconoscibilità delle pile;
- Leggibilità e riconoscibilità del prospetto, mediante le finiture lineari del carter.

## PILE

Le pile dei viadotti sono state studiate nel dettaglio, in quanto la loro forma, dimensione e pigmentazione, incide particolarmente con la struttura sovrastante e sull'inserimento ambientale dell'opera nel suo complesso.

Lo studio della pila si è focalizzato principalmente sul contesto entro il quale si insedierà, diventandone parte integrante; l'obiettivo progettuale era l'individuazione di un elemento dalla forma "pulita", ma altamente rappresentativo del contesto naturale e antropico.

Gli elementi portanti appaiono quindi snelli e poco impattanti, rivestendo al contempo un significato simbolico quasi fossero la riproduzione *extra moenia* delle fortificazioni senesi.

Al fine di esaltarne il disegno e aumentarne la percezione longilinea, si è proposta la formazione di rastremature verticali, ottenute con apposite matrici fondo cassero. Tale trattamento richiama alla mente, riproducendoli, i solchi paralleli tipici delle lavorazioni agricole dei seminativi attraversati.

L'uso del colore rafforza e accompagna l'elemento di matericità del trattamento delle superfici.



Figura 1: campo arato (foto drone 2020)



Figura 2: campo arato (foto drone 2020)



**Figura 5: passaggio dallo schizzo al render**

## **SPALLE**

Il trattamento superficiale e materico delle spalle dei viadotti si allinea alle scelte progettuali praticate per le pile: il calcestruzzo pigmentato riprende la gamma delle terre frutto del precedente studio del colore, e i solchi praticati alla base dell'appoggio dell'impalcato sono i medesimi delle pile.

L'intero manufatto ha una finitura con matrice fondo cassero, analogamente agli altri elementi caratterizzanti l'intervento.



**Figura 5: Modello 3d tipologico della spalla e sezione tipologica della spalle**

## CARTER

Con l'intento di assottigliare la struttura del viadotto, ma allo stesso tempo renderla riconoscibile lungo l'intero tracciato, è stato studiato un elemento (carter) metallico in grado di ottemperare a tali esigenze. Inoltre, grazie alla sagomatura ad angolo convesso, è in grado di oscurare completamente la tubazione di raccolta delle acque meteoriche posizionate al di sotto dell'impalcato, garantendone comunque una facile accessibilità per i lavori di ispezione e manutenzione. La finitura corten dell'impalcato e del carter concorrono alla riduzione dell'effetto intrusivo dell'opera nel contesto.



**Figura 9: Render prospettivo viadotto tipologico**

Al fine di interrompere la continuità dettata dalle linee orizzontali del viadotto, il carter è stato studiato come somma di moduli di larghezza pari 146 cm. distanziati tra loro di 4 cm. Tale segno verticale, corrispondente ad un altro elemento verticale, quale il piantino di sostegno del *guard rail* avente passo di 150 cm, andrà a ritmare la percezione visiva del viadotto stesso.

## BARRIERE ACUSTICHE

Un altro elemento presente soprattutto in corrispondenza dello svincolo di Ruffolo, vista la presenza di ricettori sensibili esistenti in prossimità della nuova viabilità di progetto, è la barriera acustica. Dallo studio acustico allegato al progetto definitivo è emerso che tali barriere avranno altezza variabile dai 4 ai 5 metri fuori terra.

Tali barriere saranno di due tipi: integrate con i guard rail di progetto, oppure singole, opportunamente arretrate al fine di garantire la deformazione del guard rail secondo normativa.

La struttura delle barriere fonoassorbenti è prevista in acciaio corten in modo da mantenere il *file rouge* caratteristico dell'intervento. Anche il tamponamento del primo elemento cieco sarà rivestito in corten, mentre il rimanente pannello superiore è previsto in PMMA trasparente.

L'esigenza di conservare un certo grado di trasparenza è fondamentale per garantire la percezione visiva del paesaggio sia per chi percorre la nuova viabilità, sia per chi è residente nelle zone limitrofe. Le parti trasparenti sono frammentate da serigrafia opaca orizzontale decrescente dal basso verso l'alto a protezione dell'avifauna.



**Figura 14: Render barriera integrata antirumore con i primi 2 metri ciechi**

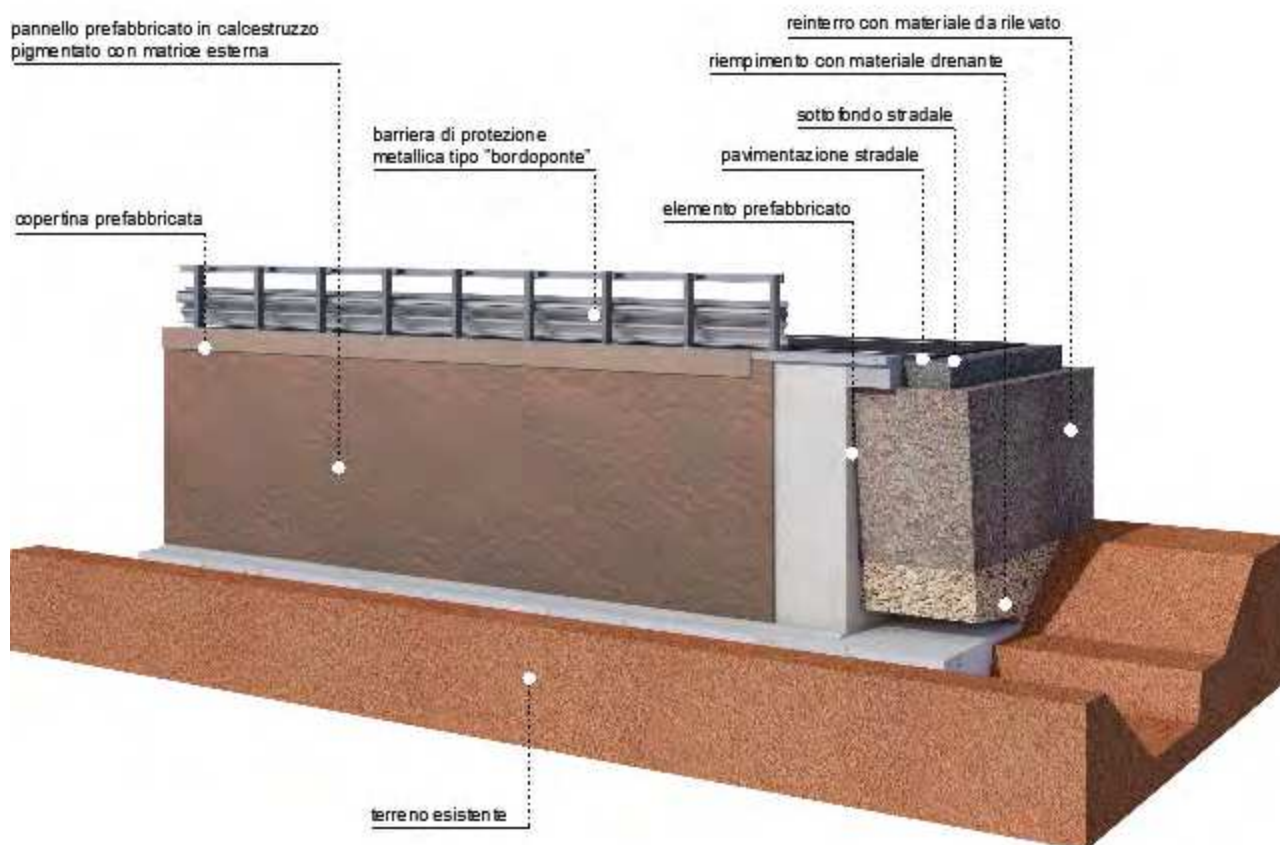
Le barriere antirumore devono collocarsi nella classe massima di assorbimento acustico A5 secondo la norma UNI EN 1793-1 e nella classe di isolamento acustico B3 A5 secondo la norma UNI EN 1793-2.

## MURI DI SOSTEGNO

Lungo il tracciato sono previste opere di sostegno costituite da muri prefabbricati modulari posizionati in funzione delle esigenze del tracciato.

Tali opere in cemento armato, hanno altezza variabile da 3.50 m a 9.50 m, con barriere fonoassorbenti o barriere di sicurezza ancorate in testa al muro.

Vista la significativa altezza di tali muri di sostegno, si è considerato l'utilizzo di pannelli prefabbricati aventi funzione di rivestimento del manufatto, con lo scopo specifico di rendere meno impattante e, allo stesso tempo, gradevole l'elemento fuori terra, sia per gli utenti stradali della nuova viabilità, sia per chi percorrerà le strade secondarie adiacenti.



**Figura 16: spaccato tridimensionale muro di sostegno tipologico**

Il pannello prefabbricato sarà realizzato in azienda, mediante l'uso di matrice fondo cassero avente trama richiamante un terreno arido e un impasto pigmentato del calcestruzzo. Le tecniche si ricollegano allo studio dei viadotti.

La scelta delle cromie si accompagna al rimando formale: i solchi delle pile e il trattamento superficiale dei muri si integrano al contesto, richiamandone i segni a diversa scala: dal dettaglio alla vista d'insieme. I manufatti si confrontano con l'ambiente circostante ad ogni distanza: la vastità dell'intervento, infatti, impone la cura del rapporto con il contesto sia per l'osservatore prossimo alla

singola opera d'arte, sia per chi la percepisce nell'insieme, trovandosi in un punto di vista più distante.

Il linguaggio agricolo si declina poi in un lessico contemporaneo, ricorrendo a materiali espressione della progettazione contemporanea quali il calcestruzzo pigmentato e l'acciaio ossidato corten.



DIMENSIONS

Uses	Dimensions (mm)	Order Number
100	≤2950 ij ≥2600	C 2123
50	≤3000 ij ≥1000	F 2123
10	≤3000 ij ≥1000	T 2123

100-timer formliners are supplied in an individual dimension within the maximum indicated dimensions.

The specified widths of the 10-timer and 50-timer formliners are a fixed dimension and ensure the continuity of the structure in the case of linear patterns. The longitudinal direction of the pattern is variable and can be ordered from 1 m up to the maximum dimension in 50 cm steps.



Figura 17: estratto scheda tecnica matrice fondo cassero

### IMBOCCHI GALLERIE

La presenza lungo il tracciato di 2 gallerie, San Lazzerò e Bucciano, modificate nel progetto definitivo per esigenze geometriche e di tracciato, ha portato a considerare tali opere d'arte maggiore come veri e propri portali di ingresso sia per chi giunge dallo svincolo di Cerchiaia in direzione Fano, sia per chi giunge dallo svincolo di Ruffolo in direzione Grosseto.

Le scelte architettoniche si pongono come obiettivo la ricerca di coerenza stilistica, ricercando una riconoscibilità unitaria dell'intervento, pur misurandosi con le cromie e le forme circostanti. Quindi per i quattro imbocchi si è optato per l'uso di due materiali principali, il calcestruzzo pigmentato gettato su cassero con fondo a matrice, e l'acciaio ossidato tipo corten.

Come per le scelte delle pile, il rimando è chiaramente alla matericità del contesto naturalistico circostante e a uno stile vernacolare-rurale: il calcestruzzo ripropone la superficie del terreno arato, mentre il corten rimanda alle superfici dei mezzi agricoli che hanno modellato nei secoli il suolo.

La Galleria di San Lazzerò, avente una lunghezza complessiva di 155.2 m, si sviluppa in un contesto superficiale caratterizzato dal sottopassaggio del rilevato stradale della S.S. Cassia, oltre che dalla presenza di alcuni fabbricati residenziali dislocati ai lati del tracciato nel tratto di galleria artificiale.

Gli imbocchi presentano un profilo scatolare, con dimensioni importanti di luce e di spessore di



impalcato. Il fronte della struttura risulta caratterizzato da due aperture di ampiezza differente e da solai di copertura di spessore diversi (130 cm dir. Fano - 190 cm dir. Grosseto).

Analogamente ai viadotti, si è scelto di utilizzare un carter metallico in acciaio corten. Il carter è costituito da dei fogli piegati ad angolo convesso, questa scelta consente di ingentilire l'impatto della testa del solaio, rendendola più affilata e riducendone visivamente la mole, uniformando lo spessore dei due imbocchi e creando un effetto di chiaroscuro che assottiglia la percezione dell'imbocco.

Il setto centrale risulta inoltre lievemente arretrato rispetto all'allineamento dei due laterali, conferendo all'architrave sommitale maggior unitarietà e sbalzo, marcandone l'aggetto.

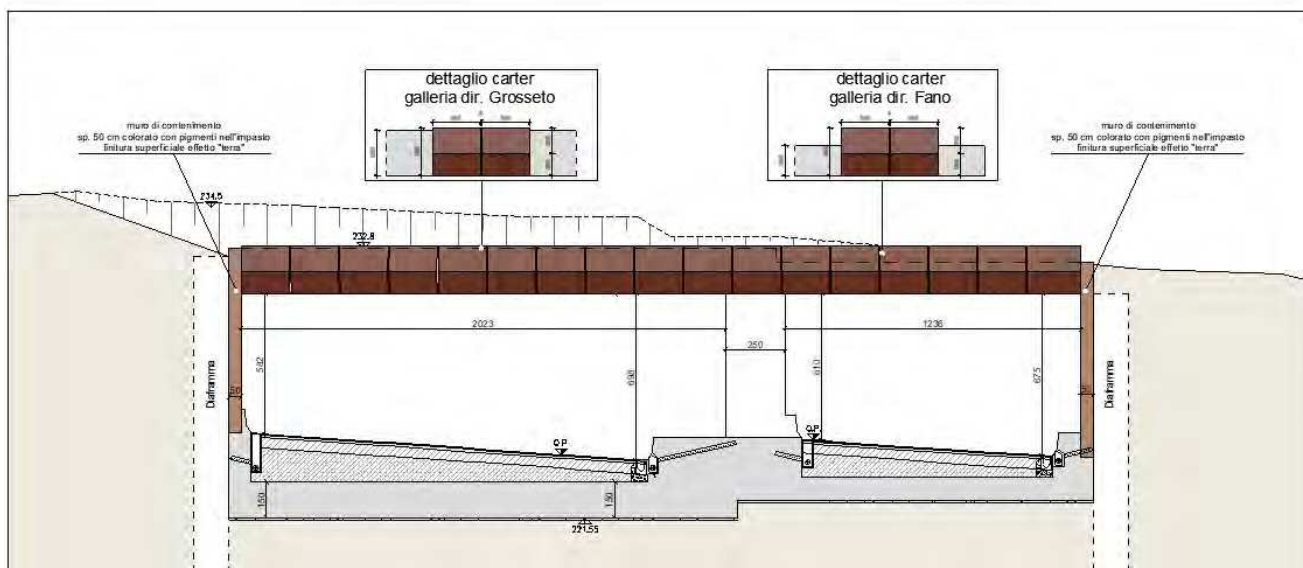


Figura 18: Soluzione imbocco galleria San Lazzero

I tratti di imbocco artificiali della Galleria Bucciano, si estendono per uno sviluppo complessivo di 177.22 m. e, diversamente della galleria San Lazzero, presentano uno sfasamento delle canne ovest ed est e una sagoma finale curvilinea.

Anche per tali imbocchi è stata studiata una soluzione in grado di realizzare dei veri e propri portali di ingresso in lastre modulari (250x125 cm) di acciaio corten in modo da rendere uniforme, sia come geometria sia come materiale, la percezione della presenza di un tratto in galleria.

Le dimensioni del portale sono in questo caso più importanti, ma si inseriscono in una morfologia tale per cui il manufatto non risulta visibile da scenari in primo piano o da ricettori limitrofi, è invece visibile principalmente dall'infrastruttura.

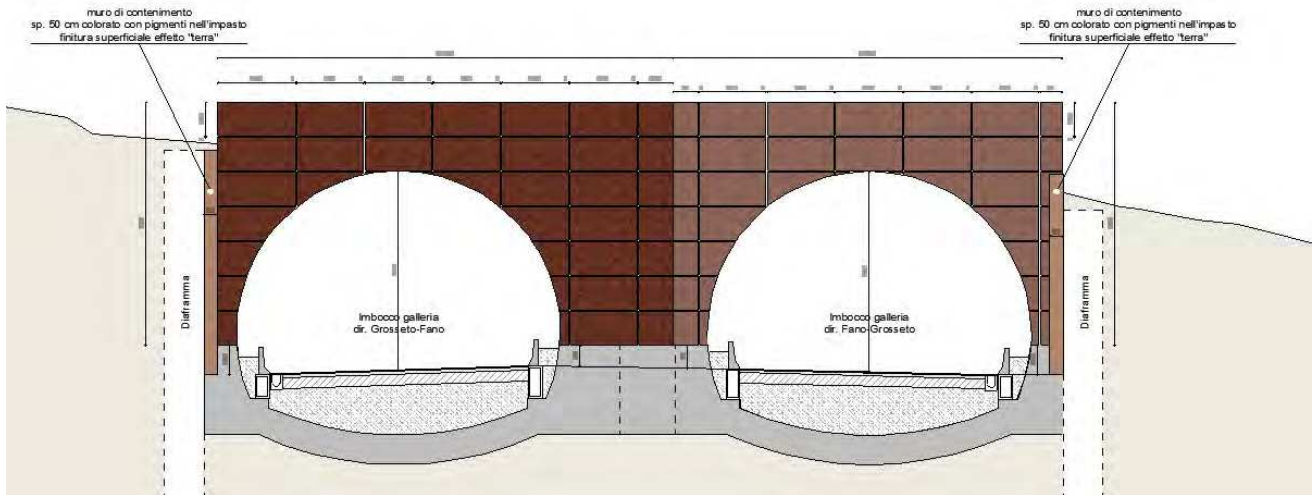


Figura 19: Soluzione imbocco galleria Bucciano



Figura 20: Fotosimulazione imbocco galleria san Lazzero dir. Fano



Figura 21: Fotosimulazione imbocco galleria Bucciano dir. Fano

## 10.2 STUDIO ACUSTICO

### 10.2.1 Premessa

Le analisi condotte nello studio sono state finalizzate ad effettuare una valutazione del clima acustico attuale e di quello futuro connesso alla realizzazione del progetto in esame.

Il livello di rumore attualmente esistente è stato definito mediante una campagna di rilievi fonometrici di breve durata (30') ed una seconda campagna di rilievi fonometrici settimanali, a scuole aperte, condotte rispettivamente nei mesi di luglio e settembre/ottobre 2020.

Successivamente, tramite l'ausilio del modello previsionale *SoundPlan*, sono state elaborate le simulazioni utili a definire il clima acustico indotto dalla rete stradale attuale e dallo scenario di progetto.

Sulla base della cartografia 3D disponibile è stato elaborato il modello digitale del terreno, sul quale sono stati posizionati successivamente gli edifici ricettori selezionati. Mediante le misure fonometriche il modello è stato opportunamente calibrato. Si è proceduto quindi alla elaborazione ed alla determinazione dei livelli di rumore sulla facciata dei singoli ricettori, determinati mediante l'applicazione del modello di simulazione per rappresentare l'evoluzione dell'ingombro acustico generato dal traffico esistente nella fase ante operam e previsto nella fase post operam.

## 10.2.2 Valutazione previsionale di clima acustico

Innanzitutto, è stato effettuato il censimento dei ricettori all'interno di una fascia di indagine che, sulla base delle indicazioni normative, ha un'ampiezza di 250 metri per lato dall'infrastruttura (fascia di pertinenza acustica B); tale attività ha avuto lo scopo di individuare e caratterizzare tutti quegli edifici potenzialmente critici dal punto di vista dell'impatto acustico indotto dal nuovo progetto infrastrutturale. I ricettori individuati sono in totale 147, tutti residenziali eccezion fatta per quello localizzato in Ruffolo, sede del dipartimento di Siena dell'ARPA Toscana e del dipartimento di prevenzione dell'ASL. All'interno dell'ambito di analisi, fascia di pertinenza acustica B, non è stata riscontrata la presenza di ricettori sensibili (scuole, ospedali, case di cura, case di riposo).

Successivamente, tramite i rilievi fonometrici effettuati e l'ausilio del modello previsionale *SoundPlan*, sono state elaborate le simulazioni utili a definire il clima acustico dell'ambito territoriale entro il quale si colloca l'intervento, per gli scenari di analisi; i flussi veicolari rappresentativi dei diversi scenari esaminati ed utilizzati in ingresso al modello di simulazione acustica sono stati desunti dall'elaborato "Relazione trasportistica" (T00EG00GENRE03). Più precisamente gli scenari modellizzati sono stati i seguenti:

- *ante operam*, attraverso la simulazione delle infrastrutture esistenti;
- alternativa 0, scenario del "non fare", attraverso la simulazione delle infrastrutture esistenti con l'incremento dei flussi veicolari attesi;
- *post operam*, attraverso la simulazione della sola infrastruttura di progetto, considerando pertanto la riduzione dei limiti per concorsualità acustica delle infrastrutture esistenti non modellizzate (SR2 e linee ferroviarie intercettate dal tracciato), per la valutazione dei livelli di immissione di rumore da ascrivere all'intervento in esame, come indicato dal D.M. 29.11.2000;
- *post operam* mitigato;
- corso d'opera, attraverso la simulazione degli impatti acustici dalle aree di cantiere fisse e mobili.

Le risultanze emerse dalle modellazioni, con la lettura dei valori di immissione calcolati sulle facciate degli edifici e determinati mediante l'applicazione del modello, sono di seguito sintetizzate. La verifica è stata effettuata con l'analisi dei valori di immissione calcolati sulle facciate dei ricettori considerati ed il confronto dei limiti emersi dalla normativa di riferimento.

Scenario Stato di Fatto (Ante Operam): si riscontrano superamenti dei limiti per i ricettori 35 – 94 – 95 – 101 – 102 – 118.

Scenario Alternativa 0: si riscontrano superamenti dei limiti per i ricettori 35 – 42 – 43 – 94 – 95 – 96 – 101 – 102 – 103 – 109 – 110 – 111 – 112 – 113 – 116 – 117 – 118. Rispetto allo stato di fatto, la scelta di non realizzare l'opera comporta un incremento dei ricettori impattati, con un aumento medio dei livelli di rumore di 2.9 dB(A) nel periodo diurno e 4.1 dB(A) nel periodo notturno.

**Scenario Stato di Progetto:** si riscontrano superamenti dei limiti per i ricettori 9 – 10 – 35 – 40 – 42 – 43 – 71 – 72 – 93 – 94 – 95 – 96 – 100 – 101 – 102 – 112 – 113 – 116 – 117 – 118 – 119 – 120 – 121 – 122 – 127 – 136 – 137 – 138 – 139 – 140 – 141 – 142 – 145 – 146 – 147. In assenza di mitigazioni, l'incremento di capacità veicolare dovuto al raddoppio comporta un incremento dei livelli di rumore.

**Scenario Stato di Progetto Mitigato:** non si riscontrano casi di superamento. L'introduzione di opportune misure mitigative consente il pieno rispetto dei limiti: rispetto allo scenario di progetto non mitigato, si registra una generale riduzione della pressione sonora, con decrementi medi di -5.1 dB(A) sia nel periodo diurno che notturno.

Ai fini della riduzione dell'impatto acustico evidenziato dagli esiti del modello diffusionale di cui si è detto, sono state individuate quali misure di mitigazione acustica da applicarsi al fine di eliminare gli impatti generati dalla realizzazione del progetto: la stesa di manto drenante fonoassorbente lungo l'intero asse stradale e l'installazione di barriere antirumore.

Oltre all'asfalto fonoassorbente, al fine di riportare al di sotto delle soglie di normativa i ricettori impattati, nella fase post operam è quindi altresì prevista la posa in opera di barriere antirumore, opportunamente dimensionate in quanto ad altezza e lunghezza.

Le schermature sono previste con tre modalità di realizzazione in ragione della disposizione rispetto ai dispositivi di ritenuta. Cioè, al fine di scongiurare qualsiasi interazione tra il sistema veicolo/barriera ed eventuali ostacoli non cedibili, come ad esempio una barriera antirumore, è necessario che questi siano collocati oltre ad una distanza minima in funzione della tipologia del sistema di ritenuta. Nel caso in esame, la barriera di sicurezza è di tipo H2, bordo laterale, per cui tale distanza minima è pari a 2,3 metri.

In sintesi, le barriere previste:

- rilevato/trincea; a 2,3 metri dalla barriera di sicurezza;
- muro; in testa al muro nel caso che questo abbia comunque un'altezza superiore a quella del sistema di ritenuta;
- integrata; laddove per mancanza di spazio non sia possibile posizionare la barriera antirumore oltre la distanza minima dai dispositivi di sicurezza; in questi casi si utilizza un sistema misto che incorpora entrambi i sistemi.

Per il dettaglio degli interventi si rimanda alla relazione specialistica.

ID	LUNGHEZZA [m]	ALTEZZA [m]
FOA 1	100	4 dal piano campagna (in testa alla trincea)

		(2 m ciechi in acciaio corten + 2 m trasparenti in PMMA)
FOA 2	85	3 dal piano stradale (2 m ciechi in acciaio corten + 1 m trasparenti in PMMA)
FOA 3	500	5 dal piano stradale (2 m ciechi in acciaio corten + 3 m trasparenti in PMMA)
FOA 4	230	5 dal piano stradale (2 m ciechi in acciaio corten + 3 m trasparenti in PMMA)
FOA 5	440	5 dal piano stradale (2 m ciechi in acciaio corten + 3 m trasparenti in PMMA)
FOA 6	155	5 dal piano stradale (2 m ciechi in acciaio corten + 3 m trasparenti in PMMA)

## 11 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

### 11.1 PREMESSA

A seguito della lettura approfondita degli elaborati del progetto definitivo oggetto di SIA e della documentazione di cui allo studio di impatto ambientale si è predisposto il piano di monitoraggio del progetto, inteso come compendio puntuale ed esauriente delle modalità di valutazione dello stato ambientale in relazione alle sue diverse componenti. Il PMA è stato sviluppato sugli aspetti maggiormente significativi delle condizioni ambientali dell'area, cercando di garantire allo stesso tempo la significatività d'insieme delle rilevazioni con la loro sostenibilità economica.

### 11.2 OBIETTIVI GENERALI

Come noto il piano di monitoraggio assume valenza di strumento operativo per la verifica delle previsioni delle precedenti fasi progettuali e dello studio di impatto ambientale; inoltre, la sua prescrizione costituisce un fondamentale elemento di garanzia affinché il progetto sia concepito e realizzato nel pieno rispetto delle esigenze ambientali.

A tal proposito, il PMA persegue diverse finalità che rendono conto dell'iter procedurale ambientale cui il progetto è stato sottoposto: il suo esperimento dovrà in primis verificare lo scenario previsionale ricostruito nel SIA e caratterizzare, dunque, l'evoluzione nel tempo dei cambiamenti ambientali durante la realizzazione dell'opera e nel corso del suo esercizio. Il PMA, inoltre, permetterà di far fronte a tutte le possibili occorrenze non paventate nella stesura del progetto e attivare dei sistemi di allarme che informino in tempo reale di qualunque scostamento dal quadro previsionale di riferimento; in questo modo, si potrebbero studiare in tempo reale le contromisure per le problematiche riscontrate, così come appurare l'effettiva adeguatezza delle eventuali opere di mitigazione.

In via generale, le finalità proprie di un PMA sono così sintetizzabili:

- verificare la conformità alle previsioni di impatto individuate nel SIA per quanto attiene le fasi di costruzione e di esercizio dell'opera;
- correlare gli stati ante operam, in corso d'opera e post operam, al fine di valutare l'evolversi della situazione ambientale;
- garantire, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale, al fine di rilevare prontamente eventuali situazioni non previste e/o criticità ambientali e di predisporre ed attuare tempestivamente le necessarie azioni correttive;
- verificare l'efficacia delle eventuali misure di mitigazione;
- effettuare, nelle fasi di ante operam, di costruzione e di esercizio, gli opportuni controlli sull'esatto adempimento dei contenuti e delle eventuali prescrizioni e raccomandazioni formulate nel provvedimento di compatibilità ambientale.

### 11.3 ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEL MONITORAGGIO

Il primo elemento comune connesso alla caratterizzazione ambientale di un monitoraggio è costituito dalla sua articolazione temporale; a tal riguardo, questo è scandito secondo tre distinti momenti: monitoraggio *ante operam*, in corso d'opera e *post operam*.

Il monitoraggio *ante operam* è predisposto per accertare lo stato fisico dei luoghi e le caratteristiche originarie dell'ambiente naturale ed antropico; la sua definizione è un aspetto fondamentale nella lettura critica degli effetti di un'opera sull'ambiente e consente di valutarne la sostenibilità fornendo il termine di paragone per la valutazione dello "stato ambientale attuale" nei vari stadi di avanzamento lavori.

Il monitoraggio in corso d'opera avrà luogo durante tutto il corso delle lavorazioni, secondo i tempi e le modalità più opportune a caratterizzare ed a verificare gli impatti. La sua realizzazione serve a valutare l'evoluzione degli indicatori ambientali nel tempo, affinché emerga l'effettiva incidenza degli impatti sulle componenti ambientali e sia possibile definire una modellizzazione del fenomeno, utile alla stesura di correttivi per la mitigazione; in tale fase sarà possibile, inoltre, acclarare ulteriori ed impreviste dinamiche di impatto che richiederanno anche la rielaborazione di alcune decisioni progettuali. La sua funzione assurge a strumento di prevenzione e precauzione, predisponendo una sorta di sistema di allerta per il contenimento del danno ambientale e la pianificazione delle rispettive contromisure.

Il monitoraggio *post operam* è effettuato durante la fase di esercizio dell'infrastruttura e concorre a valutare la rispondenza degli scenari attuali rispetto a quelli previsionali ricostruiti nello studio di impatto ambientale e/o nelle precedenti fasi di monitoraggio. I valori ottenuti dalla campagna di acquisizione dati una volta confrontati con le determinazioni ante operam consentiranno la determinazione degli scarti apprezzati negli indicatori ambientali e di valutare, dunque, eventuali deviazioni rispetto alle attese modellistiche. Tutto ciò assume una grande importanza perché potrebbe portare all'accettazione delle opere di mitigazione e compensazione ambientale allegate al progetto o richiederne l'integrazione; il fine prioritario di tale campagna resta comunque quello di controllare che l'insieme dei parametri prescelti per la caratterizzazione dello stato ambientale non superino i limiti ammissibili per legge.

### 11.4 MODALITÀ DI REDAZIONE ED ATTUAZIONE DEL PMA

La predisposizione del PMA ha seguito il seguente percorso metodologico ed operativo:

- identificazione delle azioni di progetto che generano, per ciascuna fase (*ante operam*, in corso d'opera, *post operam*), impatti ambientali significativi sui singoli fattori ambientali e/o agenti fisici;
- identificazione dei fattori ambientali e/o agenti fisici da monitorare; per ciascuno di essi si è proceduto ad individuare:



- ✓ le aree di indagine di riferimento nell'ambito di cui programmare le attività di monitoraggio e localizzare le stazioni/punti di monitoraggio in corrispondenza dei quali effettuare i campionamenti (rilevazioni, misure, ...);
- ✓ i parametri analitici descrittivi dello stato quali-quantitativo dei fattori ambientali e/o agenti fisici attraverso cui controllarne l'evoluzione nello spazio e nel tempo, verificare la coerenza con le previsioni effettuate nello SIA e l'efficacia delle misure di mitigazione adottate;
- ✓ le tecniche di campionamento, di misura ed analisi e la relativa strumentazione da utilizzare;
- ✓ la frequenza dei campionamenti e la durata complessiva dei monitoraggi nelle diverse fasi temporali;
- ✓ le metodologie di controllo di qualità, validazione, analisi ed elaborazione dei dati;
- ✓ le eventuali azioni da intraprendere in relazione all'insorgenza di condizioni anomale e/o critiche inattese rispetto ai valori di riferimento assunti;
- ✓ le modalità di restituzione (in termini di contenuti e struttura) dei dati funzionali a documentare le modalità di attuazione e gli esiti del MA, anche ai fini dell'informazione al pubblico.

La messa in opera delle direttive di piano presuppone alcuni passaggi interlocutori mirati all'approntamento del sistema operativo di acquisizione dati. Stabilite le linee guida del PMA, i responsabili della campagna di acquisizione dati dovranno effettuare dei sopralluoghi per valutare i modi più idonei per la materializzazione della stazione di rilevamento e di tutte le esternalità che potrebbero incidere sulle rilevazioni; è chiaro che la collocazione planimetrica della stazione dovrà essere univocamente georeferenziata e la sua materializzazione dovrà raccogliere preventivamente tutte le autorizzazioni ed i nulla osta del caso. Altri compiti riguarderanno, inoltre, il reperimento delle apparecchiature stabilite dal progetto di PMA e la definizione dei protocolli più significativi per la conduzione delle prove e per l'emissione dei loro risultati, influenzati anche da evidenze e condizionamenti locali. La complessità di gestione di una mole di informazioni spesso gravosa impone, infine, un sistema organico per l'elaborazione e restituzione dei dati, secondo sistemi informativi di uso comune, che rendano i dati facilmente fruibili sia nelle amministrazioni che da parte dei soggetti interessati; a tal proposito, onde evitare la ridondanza delle informazioni, i dati dovranno presentare alcuni requisiti e rispondere a criteri di completezza congruenza e chiarezza.

## 11.5 FATTORI AMBIENTALI E/O AGENTI FISICI CONTENUTI NEL PMA

Nello Studio di Impatto Ambientale sono state esaminate diverse tematiche ambientali, intese sia come fattori ambientali sia come pressioni, e le loro reciproche interazioni in relazione alla tipologia ed alle caratteristiche specifiche dell'opera, nonché al contesto ambientale nel quale si inserisce, con particolare attenzione agli elementi di sensibilità e di criticità ambientali preesistenti.

I fattori ambientali considerati nel PMA sono i seguenti:

- aria;

- paesaggio;
- suolo;
- acque superficiali;
- acque sotterranee;
- flora
- fauna.

In ordine agli agenti fisici invece, sono stati considerati:

- rumore;
- vibrazioni.

Per ciascuno dei fattori/agenti fisici individuati è stata analizzato il quadro normativo di riferimento, sono stati specificati gli obiettivi, le modalità e l'articolazione temporale di ciascun tipo di monitoraggio, ed infine sono stati posizionati i punti di indagine dislocati nell'area circostante il progetto. E' altresì disponibile il cronoprogramma complessivo delle attività di monitoraggio (T00MO00MOACR01).

## 12 INTERFERENZE PP.SS.

Per la progettazione in esame si è provveduto ad individuare i vari servizi interferenti con l'opera in oggetto sia attraverso i dati forniti dagli enti gestori che attraverso il contatto diretto con i referenti del comune di Siena. Una volta acquisite le informazioni necessarie si è potuto quindi produrre gli elaborati planimetrici di progetto specifici relativi allo stato di fatto.

Si riportano di seguito i nominativi degli enti gestori dei servizi in esame con i rispettivi referenti e responsabili.

N.	Ente gestore	Tipologia di interferenza	Indirizzi e riferimenti tecnici
1	<b>ACQUEDOTTO DEL FIORA s.p.a</b>	Rete acquedotto pubblico e fognatura	protocollo@pec.fiora.it Viale Toselli ,9/a – 53100 SIENA Tucci Carlo – tel. 335-6088821 carlo.tucci@fiora.it
2	<b>CENTRIA RETI GAS s.r.l.</b>	Rete metano	centria.pec@cert.centria.it Viale Toselli ,9/a - 53100 Bari Alessio – tel. 335-7900710 abari@centria.it
3	<b>CITELUM .</b>	Rete illuminazione pubblica e impianti semaforici	consipservizioluce3@legalmail.it Via Belfiore,15 – 50144 Firenze
4	<b>ENEL DISTRIBUZIONE s.p.a.</b>	Rete energia elettrica MT-BT	eneldistribuzione@pec.enel.it Strada Petriccio-Belriguardo, 43 - 53100 SIENA De Magistris – 3298603484 giovanni.demagistris@e-distribuzione.com
5	<b>TERNA s.p.a.</b>	Rete energia elettrica AT	aot-firenze@pec.terna.it Via dei della Robbia, 41 - 50132 FIRENZE
6	<b>TELECOM ITALIA s.p.a.</b>	Rete telecomunicazioni	telecomitalia@pec.telecomitalia.it Via Nino Bixio, 1 - 53100 SIENA
7	<b>CONSORZIO TERRE CABLATE.</b>	Rete fibra ottica	consorzioterrecablate@pec.conorzioterrecablate.it Viale Toselli ,9/a - 53100 Magrino Fabio 3492679526-0577049513
8	<b>WINDTRE S.p.A.</b>	Rete telecomunicazioni	windnetworkdeploymentcentro@pec.windtre.it
9	<b>FASTWEB S.p.A.</b>	Rete telecomunicazioni	fiber.network.centro@pec.fastweb.it
10	<b>INFRACOM S.p.A.</b>	Rete fibra ottica	fibracentronord@pec.irideos.it
11	<b>SNAM</b>	Rete metanodotto	distrettoceoc@pec.snam.it Zeoli Gianni 3404936708 gianni.zeoli@snam.it

Sono stati contattati tutti gli enti gestori attraverso posta certificata (pec) nella quale è stata fatta specifica richiesta di indicare relativamente al progetto quali fossero le linee interferenti. Ad oggi è pervenuta risposta solo da alcuni enti dei quali si allega la documentazione ricevuta nell'elaborato progettuale T00IN00INTRE01 – Relazione interferenze; tale documentazione da parte dell'ente gestore riporta unicamente lo stato di fatto delle loro reti senza evidenziare uno studio di risoluzione con relativa quantificazione economica, che dovrà essere prodotta e fornita in seguito a successivi coordinamenti con gli stessi enti gestori o nell'ambito della Conferenza dei Servizi di prossima convocazione.

## 13 ESPROPRI

La parte espropri è stata sviluppata in riferimento alla normativa di seguito evidenziata, per quanto riguarda la stima dei costi di espropriazione, asservimento ed occupazione temporanea:

- *D.P.R. 8 giugno 2001 n. 327;*
- *D.Lgs. 27 dicembre 2002 n. 302;*
- *D.Lgs. 27 dicembre 2002 n. 330;*
- *Legge Finanziaria 24 dicembre 2007 n. 244;*
- *Sentenza Corte Costituzionale n. 348/2007;*
- *Sentenza Corte Costituzionale n. 181/2011.*

La determinazione delle aree da espropriare in via definitiva è stata eseguita in ottemperanza alle indicazioni presenti nel CSA di Anas Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori – Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Servizi di Ingegneria e Architettura (rev. Ottobre 2018) – Capitolo 17, e a quanto emerso dalle indicazioni ricevute dal referente del settore espropri – interferenze di Anas in fase di redazione della presente progettazione.

Nello specifico, le fasce di occupazione definitiva considerate sono:

- Per i tratti in rilevato e in trincea: il limite di proprietà si estende di 1 m oltre il limite della recinzione;
- Per i tratti in viadotto: il limite di occupazione definitiva si estende per una distanza pari a 7 m oltre la proiezione a terra dell'impalcato, nel caso in cui la fondazione risultasse esterna alla proiezione a terra dell'impalcato il limite di proiezione coinciderà dalla fondazione medesima.
- Per i tratti in galleria: il limite di occupazione definitiva si estende planimetricamente per 1 m lateralmente all'ingombro della galleria e longitudinalmente fino ad una altezza di ricoprimento di 10m.

Per la determinazione delle indennità d'esproprio, si rimanda all'elaborato progettuale specifico T00ES00ESPRES01 - Relazione giustificativa delle indennità di esproprio.

## 14 LINEE GUIDA PIANO DI COORDINAMENTO E SICUREZZA

Le Linee Guida per la stesura del Piano Di Sicurezza e Coordinamento, redatte ai sensi del D.Lgs. 81/08, contengono le informazioni e procedure per la tutela della salute e la prevenzione degli incidenti nel cantiere per i lavori riferiti alle opere in progetto.

Scopo del documento in esame è quello di rendere disponibile all'Appaltatore tutte le informazioni utili ai fini della prevenzione e protezione dai rischi interferenziali cui possono essere esposti i lavoratori nello specifico appalto.

Tale documento costituisce quindi un fondamentale documento contrattuale e ad esso devono attenersi l'Appaltatore e tutti i suoi sub appaltatori e lavoratori autonomi che concorrono a realizzare l'opera. Il Piano è stato elaborato sulla scorta delle indicazioni fornite dal progettista, sulla base di ipotesi formulate in relazione alla localizzazione delle aree di cantiere, alla fase di intervento e ai tempi di realizzazione dell'opera.

Il documento oltre a contenere, come disposto nell'art. 100 del D.Lgs. 81/08, le misure generali e particolari relative alla sicurezza e salute dei lavoratori che dovranno essere utilizzate dall'Appaltatore nell'esecuzione dei lavori, riporta l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi interferenziali, e le conseguenti procedure esecutive, gli apprestamenti e le attrezzature atte a garantire per tutta la durata dei lavori il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori nonché la stima dei relativi costi.

Sono inoltre comprese le misure di prevenzione dei rischi risultanti dall'eventuale presenza simultanea o successiva delle varie imprese ovvero dei lavoratori autonomi ed è redatto anche al fine di provvedere, quando ciò risulti necessario, all'utilizzazione di impianti comuni quali infrastrutture, mezzi logistici e di protezione collettiva.

## 15 BONIFICA ORDIGNI BELLICI

L'attività di bonifica preventiva da ordigni esplosivi residuati bellici ha lo scopo di accertare ed eliminare la presenza di ordigni esplosivi sul suolo e sottosuolo delle aree interessate dai lavori.

Il progetto della Bonifica da Ordigni Esplosivi residuati bellici interrati è stato redatto sulla base dei dettami del D.Lgs 9/04/2008 n.81 e in relazione alle seguenti direttive di riferimento:

- Direttiva Bonifica Bellica Sistemica Terrestre GEN-BST-001 Edizione 2017 del Ministero della Difesa;
- Circolare MD/GGEN/03437 del 8/6/2011;
- Capitolato Ministero Difesa Esercito ed. 1984

Le prescrizioni di legge prevedono che detti lavori di bonifica siano eseguiti da imprese regolarmente iscritte, oltre che all'Albo Nazionale dei Costruttori, all'Albo dei Fornitori del Ministero della Difesa e che il personale impiegato debba essere munito di brevetto di specializzazione B.C.M., anch'esso rilasciato dal Ministero della Difesa.

L'Autorità Militare, peraltro, interviene anche nell'autorizzazione all'utilizzo di procedure ed attrezzature di ricerca e rimozione.

La scelta delle tipologie e delle modalità di esecuzione delle Bonifiche si basa su quanto previsto delle direttive tecniche dettate dall'Ufficio BCM del Reparto Infrastrutture competente.

In linea generale le operazioni di bonifica si articolano nelle fasi riportate di seguito:

- Pulizia preliminare delle superfici da bonificare, taglio della vegetazione ove necessario.
- Ricerca e localizzazione di ordigni e masse ferrose giacenti fino a m 1.00 di profondità.
- Ricerca e localizzazione di ordigni e masse ferrose, giacenti oltre m 1.00 di profondità.
- Avvicinamento ed identificazione degli ordigni e masse ferrose mediante scavi, recuperi, distruzione e/o allontanamento dei reperti.

Sulla base delle considerazioni espresse in maniera più dettagliata nell'elaborato di riferimento T00SI01SICRE01 - Relazione BOB, si riportano nella seguente tabella le estensioni areali delle varie tipologie di bonifica:

	TIPOLOGIA DI BONIFICA	AREA (mq)
1	Bonifica superficiale fino a 1.00m (estesa su tutta la superficie di occupazione dell'intervento)	555.000,00
2	Bonifica profonda fino a 3.00m (estesa su tutta la superficie di occupazione dell'intervento)	555.000,00
3	Bonifica profonda fino a 5.00m	14.200,00
4	Bonifica profonda fino a 7.00m	64.000,00

## 16 CRONOPROGRAMMA

Il programma dei lavori è stato sviluppato nel dettaglio per tutti i nodi di interferenza con la viabilità attuale, con la finalità di minimizzare il disagio sia al traffico di attraversamento che a quello legato alle attività produttive presenti.

Tale programma, al fine di permettere un continuo flusso di passaggio in ingresso a Siena Sud e in direzione Fano prevede come priorità la realizzazione dello Svincolo di Cerchiaia e di tutte le opere in affiancamento a sud del tracciato principale esistente, costituito sia da interventi in galleria che anche la nuova realizzazione di viadotti. Si passerà quindi in seconda battuta alla realizzazione dello Svincolo di Ruffolo con l'adeguamento del tracciato principale esistente e di tutte le opere d'arte che lo formano.

Sono state analizzate ed evidenziate le fasi esecutive delle opere, le opere provvisorie da realizzare, la viabilità provvisoria e le deviazioni, giungendo a definire la durata complessiva dei lavori e la durata delle limitazioni al traffico prevista nella singola fase di cantiere.

I tempi di esecuzione di ogni opera inseriti all'interno del Cronoprogramma sono rappresentati in giorni naturali e consecutivi, con solo lavorazioni diurne e compreso un andamento stagionale sfavorevole adottato pari a circa il 10% dei giorni complessivi.

**La durata totale dei lavori quindi, tenendo conto sia dei tempi d'esecuzione delle opere, sia delle interferenze e sovrapposizioni, delle esigenze legate alla viabilità, è pari a 1330 giorni naturali e consecutivi.**

È previsto quindi un programma lavori che in linea generale vede dapprima la realizzazione delle tratte e svincoli prive di interferenze con la viabilità esistente e successivamente il completamento con gli svincoli e le tratte di innesto sulla viabilità esistente sistemata.

Per il dettaglio delle tempistiche relative alle fasi costruttive si fa riferimento all'elaborato T00CA00CANCRO1.

## 17 QUADRO ECONOMICO

Per la valutazione del valore delle opere e degli oneri della sicurezza si sono applicati gli Elenchi prezzi ANAS del 2020 e, nel caso di lavorazioni non presenti, è stato necessario inserire alcuni prezzi aggiuntivi (PA), per i quali sono state redatte specifiche analisi prezzi.

In particolare, i listini ANAS utilizzati sono:

- NC-MS.2020 - Rev.0 Nuove Costruzioni e Manutenzione Straordinaria
- MO.2020 - Rev.0 Manutenzione Ordinaria
- PM-IG-MA.2020 - Rev.0 Prove, Indagini e Monitoraggio
- IT.2020 - Rev.0 Impianti Tecnologici
- CE.2020 - Rev.0 Costi Elementari
- SIC.2020 - Rev.0 Sicurezza