

**ITINERARIO INTERNAZIONALE E78  
S.G.C. GROSSETO - FANO  
ADEGUAMENTO A 4 CORSIE  
NEL TRATTO GROSSETO - SIENA (S.S. 223 "DI PAGANICO")  
DAL KM 41+600 AL KM 53+400 - LOTTO 9**

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **FI15**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL PROGETTISTA:**

Dott. Ing. Federico Durastanti  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A844

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**IL R.U.P.**

Dott. Ing.  
Raffaele Franco Carso

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

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



Dott.Ing. N.Granieri  
Dott.Arch. N.Kamenicky  
Dott.Ing. V.Truffini  
Dott.Arch. A.Bracchini  
Dott.Ing. F.Durastanti  
Dott.Ing. E.Bartolucci  
Dott.Geol. G.Cerquiglini  
Geom. S.Scopetta  
Dott.Ing. L.Sbrenna  
Dott.Ing. E.Sellari  
Dott.Ing. L.Dinelli  
Dott.Ing. L.Nani  
Dott.Ing. F.Pambianco  
Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini  
Dott. Ing. S.Sacconi  
Dott. Ing. G.Cordua  
Dott. Ing. V.De Gori  
Dott. Ing. C.Consorti  
Dott. Ing. F.Dominici

Dott. Ing. V.Rotisciani  
Dott. Ing. F.Macchioni  
Geom. C.Vischini  
Dott. Ing. V.Piunno  
Dott. Ing. G.Pulli  
Geom. C.Sugaroni



**ELABORATI GENERALI  
INQUADRAMENTO DELL'OPERA  
Relazione generale**

**CODICE PROGETTO**

PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG.  
**L O F I 1 5    E    1 9 0 1**

**NOME FILE**

*T00-EG00-GEN-RE01*

**CODICE ELAB.**

**T 0 0 E G 0 0 G E N R E 0 1**

**REVISIONE**

**A**

**SCALA:**

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
<b>A</b>	Emissione	28/02/2020	L.Sbrenna	E.Bartolucci	N.Granieri

INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
1.1	DESCRIZIONE DELL’INTERVENTO .....	5
1.2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	7
1.3	RISCONTRO AL PARERE N .62/2017 DEL CSLLPP .....	8
1.3.1	PREMESSA.....	8
1.3.2	ASPETTI VIARI .....	9
1.3.3	ASPETTI GEOLOGICI.....	12
1.3.4	ASPETTI STRUTTURALI.....	13
1.3.5	ASPETTI INERENTI ALLA CANTIERIZZAZIONE.....	14
1.3.6	ASPETTI TECNICO-ECONOMICI.....	15
<b>1.4</b>	<b>SEZIONI TIPO DI PROGETTO.....</b>	<b>16</b>
1.4.1	Asse principale.....	17
1.4.2	Rampa monodirezionale .....	17
1.4.3	Rampa bidirezionale.....	18
1.4.4	Rotatoria .....	18
1.4.5	Strada comunale.....	18
1.4.6	Strada vicinale.....	18
1.4.7	Strada secondaria .....	18
1.4.8	Strada campestre .....	19
<b>1.5</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE.....</b>	<b>19</b>
1.5.1	Elementi planimetrici .....	19
1.5.2	Elementi altimetrici .....	19
<b>2</b>	<b>GEOLOGIA E GESTIONE MATERIE.....</b>	<b>20</b>
2.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	20

2.2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....	20
2.2.1	Pericolosità geomorfologica – Analisi del PAI Ombrone .....	21
2.2.2	Inquadramento geologico .....	21
2.2.3	Caratteristiche idrogeologiche .....	23
2.2.4	Sismicità .....	24
2.3	GESTIONE DELLE MATERIE .....	25
3	GEOTECNICA.....	27
4	IDROLOGIA E IDRAULICA .....	29
4.1	IDROLOGIA.....	29
4.2	IDRAULICA .....	35
4.2.1	Modello bidimensionale del fiume Merse .....	35
4.2.2	Attraversamenti principali: ponticelli.....	44
4.2.3	Attraversamenti secondari: tombini idraulici .....	47
4.3	SISTEMA DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE.....	48
5	OPERE D'ARTE .....	50
5.1	OPERE D'ARTE MAGGIORI .....	50
5.1.1	Viadotto sul fiume Merse .....	50
5.1.2	Viadotto sul Fosso Ornate .....	52
5.1.3	Cavalcavia .....	54
5.1.4	Sottovia.....	61
5.2	OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO.....	63
5.2.1	Ponticelli .....	63
5.2.2	Tombini.....	64
5.3	OPERE DI SOSTEGNO .....	66
5.4	OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA E OPERE DI PROTEZIONE.....	66

5.4.1	Scogliere .....	66
5.4.1	Vimate vive .....	73
5.4.2	Briglie .....	74
5.4.3	Opere di sostegno delle terre: Terre Armate e Terre Rinforzate .....	75
5.5	INTERVENTI DI MITIGAZIONE PAESAGGISTICO-AMBIENTALE .....	75
5.6	STUDIO ACUSTICO .....	80
5.7	BARRIERE ACUSTICHE .....	81
5.8	STUDIO ATMOSFERA .....	82
5.9	SOTTOPASSI FAUNISTICI .....	84
5.10	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE .....	85
5.11	PIANO AMBIENTALE DELLA CANTIERIZZAZIONE .....	86
6	IMPIANTI.....	90
7	INTERFERENZE .....	91
8	ESPROPRI .....	93
8.1	CRITERI PER LA DETERMINAZIONE DELLE AREE INTERESSATE .....	93
8.2	CRITERI PER LA DEFINIZIONE DELL'INDENNITA' DI ESPROPRIO .....	93
8.3	CALCOLO DELL'INDENNITA' DI ESPROPRIO .....	94
9	BONIFICA ORDIGNI BELLCI.....	95
10	CANTIERIZZAZIONE E FASI COSTRUTTIVE .....	96
10.1	CANTIERE BASE.....	96
10.2	CANTIERE OPERATIVO 1 E CANTIERE OPERATIVO 2 .....	100
10.3	CANTIERE OPERATIVO 3 .....	102
10.4	CANTIERE OPERATIVO 4 E CANTIERE OPERATIVO 5 .....	104
10.5	CANTIERE OPERATIVO 6 E CANTIERE OPERATIVO 7 .....	106
10.6	CANTIERE OPERATIVO 8 E CANTIERE OPERATIVO 13 .....	108



10.7 CANTIERE OPERATIVO 10 .....	110
10.8 CANTIERE OPERATIVO 11 E CANTIERE OPERATIVO 12 .....	112
10.9 VIABILITA' DI CANTIERE .....	113
10.10 CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI.....	120
11 COSTI DELL'OPERA E QUADRO ECONOMICO .....	121

## 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 transeuropea 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.

Tale intervento è previsto nell'Intesa Generale Quadro tra il governo e la regione Toscana del 18 Aprile 2003 e successivi Atti Aggiuntivi, nel Contratto di programma per l'anno 2015 e nella proposta di Piano Pluriennale 2016-2020 tra l'ANAS S.p.A ed il ministero delle infrastrutture e dei trasporti con appaltabilità 2020.

Il tratto Grosseto-Siena è suddiviso in 11 lotti di cui il lotto 9, oggetto del presente intervento, ne rappresenta il completamento.

L'intervento permetterà di realizzare una strada con sezione di tipo B di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti il 5 Novembre 2001.

La progettazione definitiva dell'intervento non è stata preceduta dallo sviluppo di un progetto preliminare in quanto prima dell'entrata in vigore della legge 11 febbraio 1994, n.109, “Legge quadro in materia di lavori pubblici”, era stato elaborato un progetto di massima, corredato da studio di impatto ambientale e inerente l'adeguamento a quattro corsie dell'intero tronco Grosseto-Siena.

Il suddetto progetto di massima, assimilato ad un progetto preliminare, è stato posto a base delle successive fasi progettuali.

A seguito della richiesta del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti INF.STRA.U.0004655 del 27/04/2016 (acquisita con prot. CDG-0047649-A del 27/04/2017), ANAS ha proceduto all'adeguamento normativo del progetto definitivo (sezione stradale; norme tecniche costruzioni ; etc.) ed all'aggiornamento dei costi dell'intervento.

In particolare l'asset normativo su cui si è basato l'aggiornamento del progetto definitivo è costituito dal D.M. 14/01/08 “Norme tecniche per le costruzioni” (NTC2008) e DM 5/11/2001 per la progettazione stradale.

Il progetto definitivo è stato, infine, approvato con prescrizioni con la Delibera CIPE n.40 del 24 Luglio 2019.

Nel presente progetto esecutivo si sono sostanzialmente ripercorse le scelte progettuali del progetto definitivo approvato, presentando tuttavia alcune ottimizzazioni atte all'ottemperanza delle prescrizioni del CIPE ed aggiornando la progettazione secondo D.M. 17/01/18 “Norme tecniche per le costruzioni” (NTC2018).

### 1.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento oggetto della presente “E78 S.G.C. Grosseto-Fano. Adeguamento a 4 corsie del tratto Grosseto-Siena (S.S. 223 “di Paganico”) dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9” si estende per circa 11,8 km all'interno dei Comuni Monticiano, Murlo e Sovicille in provincia di Siena regione Toscana.

Lo stesso andrà a completare l'opera di ampliamento della viabilità S.S. 223 esistente, già realizzato nei tratti confinanti a sud e a nord.

Riallacciandosi al lotto precedente, il tracciato ha inizio in corrispondenza dell'attraversamento del fiume Ornate, che avviene mediante un viadotto in acciaio-calcestruzzo a tre campate (50-85-50) di lunghezza complessiva di 185 m.

---

RELAZIONE GENERALE

Superato il fiume, l’asse si sviluppa lungo il corridoio già individuato dalla viabilità esistente. Dalla progr. 43+200 alla progr. 43+400 circa, il tracciato si avvicina ad una delle anse del fiume Merse; il terreno scosceso sul versante est rende necessaria la realizzazione di una lunga opera di sostegno lato destro per contenere il rilevato ed evitare ogni possibile interferenza con il fiume.

Al km 43+985 circa è presente il primo di quattro cavalcavia di progetto, ideato allo scopo di permettere l’attraversamento di una viabilità secondaria esistente (Viabilità Secondaria 1 di progetto); la stessa poi, dopo essere sfociata nella Viabilità Vicinale 3 con un’intersezione a raso, prosegue assestandosi sul lato destro del tracciato.

Dopo un nuovo graduale affiancamento dell’asse principale al fiume Merse, alla progressiva 44+540 circa si sviluppa lo Svincolo del Picchetto, caratterizzato da una Rotatoria lato est ed una lato ovest del tracciato, le quali fungono da elemento di raccordo fra le rampe provenienti dell’asse principale e la rete locale di viabilità. La connessione fra i due versanti del tracciato viene garantita mediante il primo dei sottovia presenti nel lotto, che collega così le due rotatorie.

Alla progr. 45+180 il tracciato incrocia quindi l’alveo del fiume Merse: tale interferenza viene gestita mediante la realizzazione di un nuovo viadotto in acciaio-calcestruzzo a quattro campate (30-40-60-45) di lunghezza complessiva di 175 m.

Subito dopo l’attraversamento del fiume, ha inizio la tratta del progetto caratterizzata dalla presenza delle risaie ambo i lati (dalla progr. 45+800 alla progr. 47+240): la loro struttura ed il loro funzionamento, caratterizzato da una serie di terrazzamenti ed argini che ne permettono la suddivisione e la gestione idraulica, vengono mantenuti nei tratti in rilevato dalla scarpata stradale stessa, mentre nei restanti casi mediante la profilatura di nuovi argini.

Al km 48+480, dopo avere garantito l’accesso all’esistente area di servizio situata sul versante est del tracciato, sullo stesso lato si sviluppa la Viabilità Comunale 1 di progetto che, fatta eccezione per un primo breve tratto, si attesta come complanare dell’asse principale per quasi un 1,5 km.

All’interno della zona delle risaie, alla progr. 47+010, si sviluppa quindi lo Svincolo Fontazzi, caratterizzato da un’unica Rotatoria lato est e da un sottovia attraverso il quale le rampe del lato ovest sono connesse alle viabilità sul lato opposto. Dalla suddetta rotatoria sfiora la Viabilità Secondaria 2 di progetto la quale, situata inizialmente sul lato destro dell’E78, si porta poi sul sinistro: tale attraversamento viene gestito mediante un nuovo sottovia situato alla progr. 48+510.

Da un punto di vista altimetrico, il tracciato inizia quindi a innalzarsi seguendo il più possibile il terreno esistente, e dopo aver attraversato un’ampia zona boschiva, raggiunge la sua massima quota in prossimità della progr. 49+026; esso poi discende nella piana situata più a nord, nella quale è prevista la realizzazione di due nuovi cavalcavia, il primo alla progr. 50+863, e l’altro alla progr. 52+111. Il secondo in particolare, denominato “Agricola Merse”, permette la connessione del borgo Filetta e della località Bagnaia rispettivamente con la rete stradale esistente situata sul lato est ed ovest del tracciato.

A partire da questo punto, su ambi i lati dell’asse principale si attestano due viabilità complanari (Viabilità Secondaria 4 e Viabilità Secondaria 5), che rimangono in affiancamento fino alla progr. 53+280 circa, ove è situato l’ultimo svincolo del Lotto 9, lo Svincolo Ponticini. Anche questo, come già quello del Picchetto, è caratterizzato da due rotatorie collocate sui due versanti del tracciato, le quali fungono da elemento di raccordo fra le rampe provenienti dell’asse principale e la rete di viabilità locali. La connessione fra i due versanti del tracciato viene in questo caso garantita mediante l’ultimo cavalcavia, situato alla progr 53+126.

L’intervento termina alla progr. 53+400, fatta eccezione per un breve tratto di ricucitura che lo ricollega al lotto successivo.

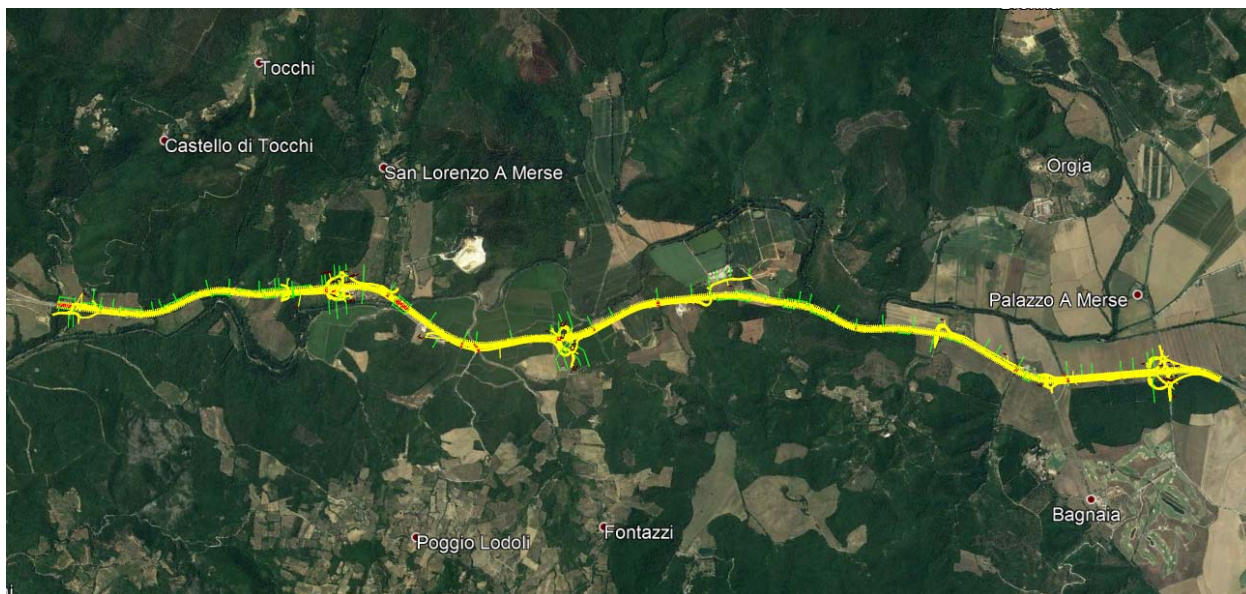


Figura 1.1: Inquadramento dell'opera

## 1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Si riepiloga, nel seguito, il quadro delle principali normative di riferimento.

Il presente progetto, relativamente agli aspetti stradali, è stato redatto sulla base dei seguenti riferimenti normativi:

- 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 18-02-92, n. 223: “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza”, così come aggiornato dal DM 21/06/04: “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza”.
- 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;
- DM 19-04-06 “Norme funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”, pubblicato sulla G.U. n. 170 del 24-07-06.

Le strutture sono state dimensionate nel rispetto della normativa di riferimento:

- L. 1086 05.11.1971 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- Legge n. 64 del 2 febbraio 1974 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- Decreto Ministeriale del 17/01/2018 - “Norme Tecniche per le Costruzioni”;

- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 “ Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- UNI EN 206-1:2016, “Calcestruzzo – Parte 1: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI 11104-2016, “Calcestruzzo – Parte 1: specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”;
- UNI EN 1992-1-1 – 2005: “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-1-1 – 2005: “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio”;
- UNI-EN 1997-1 - 2005: “Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali”;
- UNI-EN 1998-1 - 2005: “Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI-EN 1998-5 - 2005: “Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1537: “Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Tiranti di ancoraggio”.

I principali riferimenti normativi per la Tutela del territorio e dell'Infrastruttura dal Rischio Idraulico sono:

- Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Toscana (PAI)
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)
- Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC2018)
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.
- Legge Regionale 79/2012
- Regio Decreto del 25/07/1904 n.523

### **1.3 RISCONTRO AL PARERE N .62/2017 DEL CSLLPP**

#### **1.3.1 PREMESSA**

Si premette che, con nota prot. CDG-0142949-P del 03.12.2015 l’ANAS ha trasmesso il progetto definitivo, con richiesta di espressione delle valutazioni tecnico-economiche di competenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, nella seduta del 14.12.2017 ha espresso il parere n. 62/2017, trasmesso con nota prot. U.0007210 in data 19.12.2017.

Il presente paragrafo vuole costituire un utile strumento nel fornire indicazioni sugli adeguamenti introdotti nel progetto esecutivo in recepimento delle indicazioni espresse, ovvero nel fornire i chiarimenti alle osservazioni esposte.

Per semplificarne la lettura, la denominazione dei paragrafi è stata mantenuta così come nel parere esaminato.

I progettisti nello sviluppo della progettazione hanno adeguato gli elaborati solo per quanto riguarda gli elementi di carattere prescrittivo.



### 1.3.2 ASPETTI VIARI

#### 1.3.2.1 Aspetti connessi alla sicurezza

*“Redigere una relazione ai sensi dell’art. 4 del D.M. del 22 Aprile 2004, nella quale siano analizzati gli aspetti connessi con le esigenze di sicurezza attraverso la dimostrazione che l’intervento, nel suo complesso, è in grado di produrre, oltre che un miglioramento funzionale della circolazione, anche un innalzamento del livello di sicurezza. Tale documento, una volta redatto, può essere valutato dall’Organo competente per la sicurezza stradale, individuato secondo il citato D. Lgs. 35/2011.”*

Così come indicato nel parere è stata redatta una “Relazione di tecnica e di analisi sulla sicurezza ai sensi dell’art. 4 del D.M. 22/04/2004” volta a dimostrare che gli interventi previsti nel progetto sono in grado di apportare un innalzamento del livello di sicurezza rispetto alla configurazione attuale sia dal punto di vista dei singoli assi stradali che dal punto di vista delle intersezioni.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-EG00-TRA-RE03	Relazione di tecnica e di analisi sulla sicurezza ai sensi dell’art. 4 del D.M. 22/04/2004

#### 1.3.2.2 Aspetti relativi alle scelte progettuali

*“Tutti gli aspetti relativi alle funzioni e alle esigenze di carattere trasportistico, all’impostazione del progetto stradale, alle caratteristiche del tracciato, degli svincoli e del corpo stradale, devono essere esaurientemente trattati in un apposito elaborato, che consenta di raccogliere, sistematizzare e dare evidenza documentale alle valutazioni progettuali compiute ed alle scelte di progetto operate.”*

Al fine di spiegare e motivare adeguatamente tutte le scelte progettuali è stata redatta una “Relazione tecnica dei tracciati”. In questo elaborato si illustrano le scelte progettuali e le modellazioni che sono state redatte secondo normativa.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-EG00-TRA-RE01	Relazione di tecnica dei tracciati

#### 1.3.2.3 Aspetti relativi alla visibilità

*“La definizione della velocità di progetto è determinata soltanto dall’andamento planimetrico del tracciato, e pertanto non risulta possibile limitare la stessa per mezzo dell’imposizione di un limite di velocità. Tale provvedimento può semmai individuarsi, invece, come azione rivolta alla mitigazione degli effetti causati dalla non conformità evidenziata, ma l’efficacia della stessa deve essere verificata sulla base di un’approfondita analisi di sicurezza, ed eventualmente assicurata per mezzo di azioni ulteriori, quali ad esempio l’adozione di sistemi di monitoraggio del traffico e di controllo delle velocità. Pertanto, per la particolare collocazione dei tratti indicati (in corrispondenza delle progressive 43+600-44+100 e 48+600-49+400) si potrebbero presentare esigenze di visibilità più stringenti ( quale in particolare la necessità di garantire la distanza di visibilità per il cambiamento di corsia, della cui verifica non si ha evidenza nella documentazione di progetto presentata). Si ritiene necessario che la problematica venga ulteriormente analizzata ed i provvedimenti necessari siano definiti in coerenza con la già citata relazione di sicurezza prevista dall’art. 4 del D.M. 22 Aprile 2004.”*

A questo proposito sono stati redatti degli elaborati appositi inerenti i diagrammi di visibilità per l’asse principale; l’obiettivo è garantire che la distanza di visibilità effettivamente disponibile all’utente che percorre la strada sia sempre maggiore della distanza necessaria all’arresto in sicurezza del veicolo. Laddove tale condizione non era di per sé garantita, sono stati introdotti gli opportuni allargamenti per visibilità sulle banchine della piattaforma. Tale analisi è stata condotta per entrambe le corsie e per ambo i sensi di marcia, tenendo conto dell’andamento plano-altimetrico del tracciato. Nei medesimi elaborati è stata valutata anche la visibilità per cambio corsia, in particolare nei tratti di approccio agli svincoli. Laddove tale visibilità non risultava garantita, ai fini di mantenere un elevato livello di sicurezza, è stato opportunamente previsto un incremento della segnaletica di preavviso che permetta di effettuare la manovra del cambio corsia per tempo ed in sicurezza

Codice elaborato	Titolo elaborato
P00-PS00-TRA-DG01÷02	Diagrammi velocità progressive crescenti/decrescenti

#### 1.3.2.4 Aspetti relativi all’instradamento dei flussi veicolari

*“Non si dovrebbe far riferimento soltanto alla verifica della capacità o del livello di servizio, ma anche alla funzionalità riguardo all’esecuzione delle manovre da parte dei mezzi pesanti, nonché al corretto instradamento dei flussi veicolari ed alla necessità di prevenire l’eventuale accesso di veicoli in contromano sulle rampe. Si raccomanda pertanto di approfondire le valutazioni compiute, considerando nel prosieguo dell’iter progettuale anche la possibilità di adottare schemi o soluzioni diverse, ed in ogni caso di documentare tutte le verifiche ed analisi di progetto sviluppate.”*

Per ottemperare al parere espresso è stata condotta un’analisi a conferma della capacità di ricezione e smistamento dei flussi di traffico delle rotatorie di progetto come elementi terminali delle rampe di svincolo e di connessione alla viabilità esistente. In riferimento invece alla manovre dei mezzi pesanti in corrispondenza delle rotatorie, sono stati redatti degli elaborati specifici che illustrano l’iscrivibilità delle suddette manovre per i veicoli di maggiori dimensioni. Infine, per il corretto instradamento del flusso veicolare in approccio alle rotatorie, è stata prevista l’apposizione di segnali di indicazione (anche adeguatamente anticipati), completi di schemi riportanti le direzioni e le località di destinazione. Al fine di limitare il rischio di accidentale accesso dei veicoli contromano alle rampe, nella segnaletica orizzontale sono state, inoltre, inserite delle strisce sonore per la separazione delle corsie con senso di marcia opposto ed è stata prevista una segnaletica verticale atta ad indicare con precisione il corretto senso di percorrenza delle rampe.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-EG00-TRA-RE01	Relazione di tecnica dei tracciati
V00-SV01÷03-TRA-PP02	Verifica di iscrizione delle traiettorie svincoli
P00-PS01-TRA-PN17÷32	Planimetria della segnaletica orizzontale e verticale

#### 1.3.2.5 Riciclaggio del materiale proveniente dalle demolizioni

*“Non è previsto il riciclaggio del materiale proveniente dalla demolizione della pavimentazione esistente in conglomerato bituminoso. Tale circostanza va necessariamente considerata in fase di progetto definitivo, altrimenti rappresenterebbe un’opportunità persa sia in termini economici che ambientali, in quanto il materiale fresato ottenuto dalla demolizione della vecchia pavimentazione, se non riutilizzato, comporterà dei costi di smaltimento oltre a quelli necessari per l’approvvigionamento di materiale lapideo*

*vergine per il confezionamento delle miscele. Anas dispone delle conoscenze necessarie per prevedere nella sovrastruttura di progetto l'impiego di un conglomerato bituminoso riciclato a freddo, in sostituzione della miscela in misto cementato e/o del misto granulare di fondazione con benefici anche in termini di prestazioni globali.”*

Così come espressamente richiesto per la sovrastruttura di progetto è stato adottato un conglomerato bituminoso riciclato a freddo (con bitume schiumato o emulsione bituminosa) in sostituzione della miscela misto cementato e/o misto granulare di fondazione.

Il fresato relativo alla pavimentazione demolita sarà reimpiegato per la realizzazione della base del pacchetto di progetto (come da Capitolato ANAS) fino ad un massimo del 30 % in peso. In particolare, in attesa di dati derivanti da indagini per manutenzione passata nella tratta esistente, si ipotizza ragionevolmente uno spessore di 20 cm per i neri della pavimentazione esistente. Nel caso non si trovassero dati sulla pavimentazione esistente si rimanda alla DL il compito di effettuare una stima più precisa in fase di appalto. La Relazione è stata integrata in tal senso.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-GE01-GEO-RE01	Piano di utilizzo Terre e Rocce - Relazione
T00-CA00-CAN-RE01	Verifica di iscrizione delle traiettorie svincoli

#### 1.3.2.6 Aspetti relativi alle pavimentazioni

*“Il PD deve essere corredato da una dettagliata relazione di calcolo razionale di tutte le sovrastrutture, al fine di documentare la vita utile delle pavimentazioni in relazione ai flussi di traffico previsti.”*

È stata redatta una “Relazione di dimensionamento della pavimentazione stradale”.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-EG00-TRA-RE02	Relazione di dimensionamento della pavimentazione stradale

#### 1.3.2.7 Indicazioni per la scelta delle miscele in conglomerato bituminoso

*“Prevedere, specificandolo nella relazione di calcolo e negli elaborati grafici e tecnico-amministrativi (i.e. particolari costruttivi, elenco prezzi e computo metrico estimativo) un impiego di bitume modificato per il confezionamento delle miscele in conglomerato bituminoso, sia chiuse (base e collegamento) che porose (usura drenante).”*

Tale aspetto è stato trattato nella “Relazione di dimensionamento della pavimentazione stradale”. Infatti i calcoli sono stati effettuati prevedendo, sia per le miscele in conglomerato bituminoso chiuse che per quelle porose, dei valori di modulo elastico compatibili con la modifica del bitume.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-EG00-TRA-RE02	Relazione di dimensionamento della pavimentazione stradale



### 1.3.3 ASPETTI GEOLOGICI

#### 1.3.3.1 Contesto geologico

*“Aggiungere un inquadramento del contesto geologico strutturale dell’area che condiziona la stabilità dei versanti anche in relazione ai tagli che saranno realizzati ( potrebbe essere utile un inquadramento dei caratteri geologico strutturali e delle formazioni presenti così come presentate nella cartografia geologica ufficiale dell’area). Deve, inoltre, essere inserita un’illustrazione delle indicazioni del PAI circa la pericolosità da frana e di inondazione dell’area attraversata”*

La relazione geologica è stata articolata illustrando gli aspetti litologico-stratigrafici, geostrutturali-geomeccanici e geomorfologici dinamici, tenendo conto di quanto definito dal PAI e dal PGRA.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-GE00-GEO-RE01	Relazione geologica

#### 1.3.3.2 Stabilità dei versanti

*“Sarebbe opportuno un insieme di riflessioni sulle condizioni di stabilità dei versanti e le potenziali interazioni con il tracciato.”*

Lo studio geologico ha tenuto conto dei caratteri morfologici evolutivi .con particolare riguardo alle aree in cui possano avere interferenze con il tracciato di progetto. Sono stati quindi esaminati gli aspetti relativi al modellamento fluvio-denudazionale dovuto alle acque superficiali non organizzate ed incanalate, le forme di erosione accelerata lungo i pendii, di sovraincisione in alveo ed i fenomeni erosivi di sponda

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-GE00-GEO-RE01	Relazione geologica
T00-GE00-GEO-CG10÷16	Carta geomorfologica

#### 1.3.3.3 Interazione con le falde

*“Illustrare le isopieziche e la potenziale interazione delle falde con le opere stradali in progetto.”*

Nello studio idrogeologico sono state prese in considerazione le informazioni ricavate dai piezometri eseguiti nella campagna indagini e dai Piani strutturali Comunali disponibili. Sul SIRA-ARPAT è stato individuato il Pozzo idropotabile “il Picchetto”. Sono stati inoltre considerati i pozzi denunciati all’ISPRA nell’Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984) in cui sono indicate le profondità di ogni punto d’acqua, le falde intercettate, i tratti sfenestrati (tubo filtro), la stratigrafia intercettata, le portate massime emunte e quelle di esercizio.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-GE00-GEO-CI01÷07	Carta idrogeologica
T00-GE00-GEO-RE01	Relazione geologico

#### 1.3.3.4 Sezioni interpretative di dettaglio

*“Completare la parte geologica con sezioni interpretative di dettaglio che illustrino l’interazione del corpo stradale e degli interventi con i litotipi presenti in sito e gli eventuali potenziali fenomeni di instabilità.”*

Per poter studiare in maniera sufficientemente approfondita l’interazione del tracciato stradale con i litotipi presenti in sito sono state redatte nove sezioni geologiche e geotecniche in punti significativi, che illustrano l’interazione del tracciato con le diverse unità geologiche e geotecniche identificate.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-GE00-GEO-SG01+09	Sezioni geologiche trasversali
T00-GE00-GET-SG01+09	Sezioni geotecniche trasversali

#### 1.3.3.5 Ricognizione dei fenomeni di dissesto

*“L’opera si configura principalmente come un allargamento della sede stradale esistente, sarebbe utile proporre una ricognizione di eventuali fenomeni di dissesto manifestatesi in passato in relazione al contesto geologico in cui si sviluppa il tracciato stradale.”*

Nel corso dello studio geologico è stata svolta una specifica ricerca finalizzata all’individuazione dei possibili fenomeni di dissesto che si sono verificati nel passato, sia mediante sopralluoghi in sito sia mediante analisi fotogeologica e consultazione di informazioni di archivio bibliografiche e cartografiche (PAI-IFFI-AVI\_GNDICI-Consortio Lamma-Geoscopio).

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-GE00-GEO-RE01	Relazione geologica-
T00-GE00-GEO-CG10+16	Carta geomorfologica

### 1.3.4 ASPETTI STRUTTURALI

#### 1.3.4.1 Valutazione azioni sismiche

*“Approfondire alcuni aspetti specialistici della valutazione della risposta alle azioni sismiche quali quelli relativi alla velocità di propagazione dell’input sismico. In fase esecutiva potranno anche essere aggiornate ed approfondite le valutazioni relative ad eventuali cedimenti differenziali.”*

Le valutazioni riguardanti la velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali e di taglio ( $V_p$  e  $V_s$ ) nei terreni interessati dalle opere sono state effettuate tenendo conto dei risultati delle indagini sismiche integrative effettuate in fase di progettazione esecutiva (campagna 2019)

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-GE00-GET-RE02	Relazione sismica

### 1.3.5 ASPETTI INERENTI ALLA CANTIERIZZAZIONE

#### 1.3.5.1 Esercizio durante le fasi di lavoro

*“Il piano di cantierizzazione esecutivo deve essere completato con una planimetria, in opportuna scala, che indichi in modo più chiaro come si intenda mantenere in esercizio l’infrastruttura esistente durante le varie fasi di lavoro. Valutare, inoltre, l’entità e la direzione dei flussi di traffico generato dal cantiere sulla pubblica via nonché il suo impatto sul traffico veicolare, al fine di valutare il livello di servizio della viabilità interessata da tali flussi, ed in caso di eccessivo decadimento, progettare le opportune misure di mitigazione, nonché di ripristino e di riparazione della viabilità interessata al termine dei lavori.”*

Sono state redatte le fasi di cantiere con le indicazioni dei flussi di traffico di cantiere. Per quanto riguarda la strada in oggetto verrà sempre mantenuto il traffico in esercizio parzializzando la sede stradale.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-CA00-CAN-PE01÷04	Fasi esecutive e gestione del traffico – Planimetria fasi

#### 1.3.5.2 Accorgimenti per la protezione dei corsi d’acqua

*“Gli stessi accorgimenti introdotti per i cantieri 1, 2, 6 e 7 per proteggere i vicini corsi d’acqua, siano posti in opera anche per il cantiere n. 3 che pure lambisce un fosso naturale.”*

Affinchè i corsi d’acqua siano protetti, le aree di cantiere sono perimetrate con un fosso di guardia a sezione trapezia.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-CA00-CAN-LF01÷06	Cantieri operativi: layout

#### 1.3.5.3 Sistemazione singolo sito

*“Propedeuticamente alla ultimazione della progettazione esecutiva dell’opera principale deve essere redatta anche la “sistemazione del singolo sito in scala adeguata” come richiesto dall’art. 25 c. 5 del DPR 207/2010.”*

Per ottemperare a quanto richiesto sono stati redatti degli appositi elaborati.

Codice elaborato	Titolo elaborato
T00-CA00-CAN-LF01÷06	Cantieri operativi: layout

### **1.3.6 ASPETTI TECNICO-ECONOMICI**

#### **1.3.6.1 Schema di contratto**

*“Allegare al progetto lo schema di contratto, che contiene le clausole dirette a regolare il rapporto tra stazione appaltante e impresa, distinte in rapporti tra alta vigilanza e la direzione lavori e rapporti tra la direzione lavori e l’esecutore.”*

A seguito di consegna ad Anas del progetto esecutivo, l’ufficio gare preposto in Anas provvederà alla redazione dello schema di contratto.

#### **1.3.6.2 Quadro economico**

*“Il quadro economico deve essere comprensivo delle spese tecniche di progettazione.”*

Le spese tecniche di progettazione sono ricomprese nell’ambito degli oneri di investimento (voce C del q.e.)

<b>Codice elaborato</b>	<b>Titolo elaborato</b>
T00-EG00-CMS-ET01	Quadro economico-

#### 1.4 SEZIONI TIPO DI PROGETTO

Lo sviluppo della fase progettuale del Lotto 9 interessa, oltre all’asse principale, un elevato numero di viabilità le quali in molti casi costituiscono tratti di ricucitura o di ri-geometrizzazione di strade esistenti.

Al fine di poter distinguere ciascun asse a seconda della destinazione d’uso, della funzionalità e del livello di sicurezza, sono state definite molteplici sezioni tipo. In alcuni casi, inoltre, al medesimo asse è stato assegnato più di una tipologia di sezione a seconda della tratta.

Nella seguente tabella sono elencate le viabilità presenti nel progetto, associate alle rispettive sezioni tipo.

NOME VIABILITÀ	SEZIONE TIPO	INTERVALLO DI APPLICAZIONE
Vicinale 1	Vicinale	Da 0+000.00 a 0+325.68
	Campestre non asfaltata	Da 0+325.68 a fine asse
Vicinale 2	Campestre non asfaltata	Da 0+000.00 a 0+226.00
	Vicinale	Da 0+226.00 a fine asse
Secondaria 1	Secondaria	-
Vicinale 3	Vicinale	-
Rampa Picch. 1	Rampa monodirezionale	-
Rampa Picch. 2	Rampa monodirezionale	-
Rampa Picch. 3	Rampa monodirezionale	-
Rampa Picch. 4	Rampa monodirezionale	-
Rampa Picch. 5	Rampa bidirezionale	-
Vicinale 4	Vicinale	-
Rampa Picch. 6	Rampa bidirezionale	-
Rampa Picch. 7	Rampa bidirezionale	-
Comunale 1	Comunale	-
Rotatoria Picch. est	Rotatoria	-
Rotatoria Picch. ovest	Rotatoria	-
Comunale 2	Campestre asfaltata	Da 0+000.00 a 0+180.00
	Secondaria	Da 0+180.00 a 0+460.00
	Comunale	Da 0+460.00 a fine asse
Secondaria 2	Secondaria	-
Rampa Font. 1	Rampa monodirezionale	-
Rampa Font. 2	Rampa monodirezionale	-
Rampa Font. 3	Rampa monodirezionale	-
Rampa Font. 4	Rampa monodirezionale	-
Rampa Font. 5	Rampa bidirezionale	-
Vicinale SP33	Vicinale	-
Rampa Font. 6	Rampa bidirezionale	-
Campestre 1	Campestre non asfaltata	-
Rotatoria Font. est	Rotatoria	-

NOME VIABILITÀ	SEZIONE TIPO	INTERVALLO DI APPLICAZIONE
Secondaria 3b	Secondaria	-
Secondaria 3	Secondaria	-
Secondaria 5 bis	Secondaria	-
Secondaria 4	Secondaria	-
Secondaria 5	Secondaria	-
Rampa Ponti. 1	Rampa monodirezionale	-
Rampa Ponti. 2	Rampa monodirezionale	-
Rampa Ponti. 3	Rampa monodirezionale	-
Rampa Ponti. 4	Rampa monodirezionale	-
Rampa Ponti. 5	Rampa bidirezionale	-
Rampa Ponti. 6	Rampa bidirezionale	-
Rampa Ponti. 7	Rampa bidirezionale	-
Comunale SP99 est	Comunale	-
Comunale SP99 ovest	Comunale	-
Vicinale 5	Vicinale	-
Vicinale 6	Vicinale	-
Rotatoria Ponti. est	Rotatoria	-
Rotatoria Ponti. ovest	Rotatoria	-

Di seguito sono riportate e descritte le diverse possibili sezioni tipo adottate nel progetto, tuttavia si rimanda all’elaborato T00-EG00-TRA-RE01 dove tali argomenti vengono trattati in maniera più esaustiva.

#### 1.4.1 Asse principale

Sezione di categoria B per l’asse principale (D.M. 05/11/2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”), relativa a strada extraurbane principali a carreggiate separate; la piattaforma pavimentata presenta una larghezza complessiva pari a 22 m (a meno di ulteriori allargamenti della stessa per motivi di visibilità), i cui elementi sono così definiti:

- spartitraffico di larghezza 2,50 m;
- banchina in sinistra da 0,50 m (oltre eventuali allargamenti per visibilità);
- n.4 corsie (2 per senso di marcia) di modulo 3,75 m ciascuna;
- eventuale corsia specializzata (ingresso/uscita) di modulo 3,75 m;
- banchina esterna in destra da 1,75 m (oltre eventuali allargamenti per visibilità);
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,70 m.

#### 1.4.2 Rampa monodirezionale

Rampa monodirezionale a singola corsia, presenta una piattaforma pavimentata con larghezza complessiva di 6,00 m, i cui elementi sono così definiti:

- banchina in sinistra da 1,00 m (oltre eventuali allargamenti per visibilità);
- corsia da 4,00 m (oltre eventuali allargamenti per iscrizione);
- banchina in destra da 1,00 m (oltre eventuali allargamenti per visibilità);
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,70 m.

#### 1.4.3 Rampa bidirezionale

Rampa bidirezionale a doppia corsia, presenta una piattaforma pavimentata con larghezza complessiva di 9,50 m, i cui elementi sono così definiti:

- banchina in sinistra da 1,00 m (oltre eventuali allargamenti per visibilità);
- n.2 corsie (1 per senso di marcia) di modulo 3,75 m ciascuna (oltre eventuali allargamenti per iscrizione);
- banchina in destra da 1,00 m (oltre eventuali allargamenti per visibilità);
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,70 m.

#### 1.4.4 Rotatoria

Sezione della rotatoria a singola corsia, presenta una piattaforma pavimentata con larghezza complessiva di 8,00 m, i cui elementi sono così definiti:

- banchina in sinistra da 1,00 m;
- corsia da 6,00 m;
- banchina in destra da 1,00 m;
- in rilevato, arginello esterno di larghezza totale pari a 1,70 m.

#### 1.4.5 Strada comunale

Strada comunale a doppia corsia, presenta una piattaforma pavimentata con larghezza complessiva di 9,00 m, i cui elementi sono così definiti:

- banchina in sinistra da 1,00 m (oltre eventuali allargamenti per visibilità);
- n.2 corsie (1 per senso di marcia) di modulo 3,55 m ciascuna (oltre eventuali allargamenti per iscrizione);
- banchina in destra da 1,00 m (oltre eventuali allargamenti per visibilità);
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m.

#### 1.4.6 Strada vicinale

Strada vicinale a doppia corsia, presenta una piattaforma pavimentata con larghezza complessiva di 8,50 m, i cui elementi sono così definiti:

- banchina in sinistra da 1,00 m (oltre eventuali allargamenti per visibilità);
- n.2 corsie (1 per senso di marcia) di modulo 3,25 m ciascuna (oltre eventuali allargamenti per iscrizione);
- banchina in destra da 1,00 m (oltre eventuali allargamenti per visibilità);
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m.

#### 1.4.7 Strada secondaria

Strada secondaria a doppia corsia, presenta una piattaforma pavimentata con larghezza complessiva di 6,00 m, i cui elementi sono così definiti:

- banchina in sinistra da 0,25 m;
- n.2 corsie (1 per senso di marcia) di modulo 2,75 m ciascuna (oltre eventuali allargamenti per iscrizione);
- banchina in destra da 0,25 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m.

### 1.4.8 Strada campestre

Strada campestre a doppia corsia, presenta una piattaforma mono falda pavimentata con larghezza complessiva di 4,00 m, i cui elementi sono così definiti:

- n.2 corsie (1 per senso di marcia) di modulo 2,00 m ciascuna (oltre eventuali allargamenti per iscrizione);
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,25 m.

Questa viabilità è presente sia in forma pavimentata che sterrata.

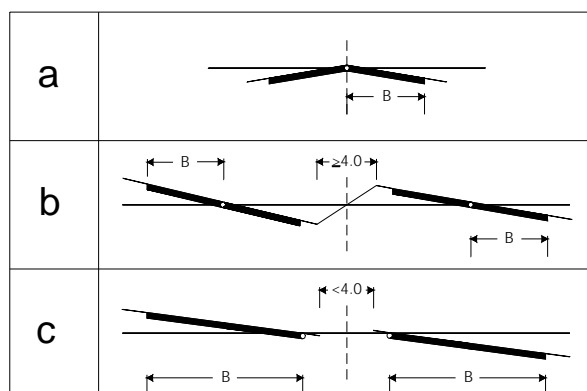
## 1.5 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Vengono ora illustrate le caratteristiche geometriche degli assi di progetto appartenenti al Lotto 9 ed i criteri seguiti per la loro corretta definizione. Tuttavia, come anticipato nel precedente paragrafo, molte delle viabilità oggetto della progettazione costituiscono la rigeometrizzazione o il rifacimento di viabilità esistenti: esse quindi non rientrano in modo vincolante nel DM 05/11/2001, che è considerato comunque una linea guida da mantenere vigente fintanto che le condizioni lo rendono possibile.

### 1.5.1 Elementi planimetrici

La geometrizzazione della linea d'asse è stata effettuata con riferimento ai criteri del DM 05/11/2001, utilizzando una successione di rettili e cerchi, raccordati da curve di transizione (clotoidi) opportunamente dimensionate.

Per il tracciato dell'E78, trattandosi di una Strada Extraurbana Principale, lo studio dell'asse planimetrico prevede un unico asse posizionato sulla mezzieria delle due carreggiate, con la rotazione della sagoma applicata sui cigli delle corsie interne di ciascuna carreggiata, secondo la tipologia “c” prevista nella seguente figura di cui al D.M. 5/11/2001.



In tutti gli altri casi invece, fatta eccezione per le rampe monodirezionali in quanto costituite da piattaforma monofalda, trattandosi di viabilità a singola carreggiata, l'asse planimetrico è sempre situato sulla mezzieria della carreggiata, con la rotazione della sagoma applicata secondo la tipologia “a”.

### 1.5.2 Elementi altimetrici

Il profilo longitudinale dell'asse principale è stato geometrizzato tramite livellette e raccordi parabolici, nel pieno rispetto dei criteri di normativa.



## 2 GEOLOGIA E GESTIONE MATERIE

### 2.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nelle varie fasi di progettazione sono state eseguite nell’area oggetto di studio le sottoelencate campagne di indagine:

- campagna indagine del 2000 a sostegno del progetto definitivo;
- campagna indagine del 2019 a sostegno del progetto esecutivo.

Le indagini geognostiche eseguite nel mese di febbraio 2000 sono consistite in:

- n. 56 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo (S1÷ S56) all’interno dei quali sono state eseguite n. 236 prove penetrometriche dinamiche SPT; sono stati prelevati n.118 campioni da analizzare in laboratorio, di cui n. 92 rimaneggiati e n. 26 indisturbati. In n. 7 verticali è stato installato un piezometro a tubo aperto.

*La campagna di indagine realizzata nel 2019 per la redazione del progetto esecutivo è consistita nella realizzazione di:*

- n. 29 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo all’interno dei quali sono state eseguite n. 121 prove penetrometriche dinamiche SPT e sono stati prelevati n. 170 campioni da sottoporre a prove di laboratorio, di cui n. 110 rimaneggiati e n. 60 indisturbati. Sono stati installati piezometri in n. 17 sondaggi, tutti con cella di Casagrande e n. 5 con l’aggiunta di un piezometro a tubo aperto; all’interno di n. 6 sondaggi è stato installato un tubo per l’esecuzione di prove geofisiche “Down-Hole”.
- n. 8 prove pressiometriche.
- n. 4 prove di permeabilità in foro *Lefranc*.
- n. 8 indagini geofisiche di sismica a rifrazione in onde P e S.
- n. 9 prospezioni sismiche MASW.

n. 23 pozzetti esplorativi spinti fino alla profondità massima di 2.0 m da p.c., all’interno dei quali sono state condotte n. 18 prove di carico su piastra circolare (PLT) alla profondità di 0.20÷0.30 m da p.c.; sono stati inoltre prelevati n. 23 campioni rimaneggiati, n. 1 da ciascun pozzetto.

### 2.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL’AREA

Il tracciato oggetto di studio si sviluppa in un settore meridionale del territorio Senese in cui scorre il F. Merse, affluente del Fiume Ombrone, corso d’acqua che taglia ortogonalmente il rilievo della Montagnola Senese, con percorsi meandrici incassati; alcuni tratti di meandro abbandonati durante l’evoluzione dell’area sono ben visibili in foto aerea a quote più alte fino a 400 m circa. Tale assetto è interpretabile come un caso di precedenza per cui un originario drenaggio principale con direzione antiappenninica ha progressivamente scavato le formazioni in graduale sollevamento, senza subire deviazioni di percorso.

Il reticolo idrografico nell’area studiata presenta diversi tipi di drenaggio. I più diffusi sono quelli dendritico e subparallelo-dendritico che si presentano a tessitura più fine ed alta densità nei terreni argillosi, dove sono anche presenti forme calanchive. In tali tipi di drenaggio è comunque rilevabile anche un certo controllo strutturale dell’andamento delle aste fluviali principali, che sono quasi sempre orientate in direzione NE-SO oppure NO-SE.

La morfologia del territorio nelle aree fluviali è praticamente piatta (con pendenze inferiori al 5%), trattandosi della pianura alluvionale del F. Merse.

Particolarmente evidenti risultano essere le superfici alluvionali, distinte in tre ordini di terrazzi in base alla loro età, talvolta rimodellate dall'erosione o dall'intervento antropico. Si ritrovano lungo il corso del F. Merse, a varie quote nelle zone meno acclivi dei rilievi.

Sono poco frequenti i movimenti di massa gravitativi, rappresentati in massima parte da frane antiche, ormai stabilizzatesi, poste prevalentemente nei terreni riferibili al *Gruppo del Verrucano*.

Rimandando alla carta geomorfologica allegata nel corridoio di studio analizzato sono stati osservati e cartografati i seguenti elementi geomorfologici principali:

- Detrito di falda (dt)
- Alluvioni fluviali attuali (a)
- Cumuli di frana (F)
- Alluvioni fluviali terrazzate (at-at1-at2-at3)
- Scarpate di erosione
- Erosione fluviale di sponda
- Alveo in approfondimento
- Vallecola a V
- Vallecola a fondo concavo
- Area interessata da erosione diffusa
- Laghetti artificiali

### 2.2.1 Pericolosità geomorfologica – Analisi del PAI Ombrone

Nella relazione generale redatta dall'Autorità di Bacino del Fiume Ombrone vengono descritti e analizzati i contenuti "minimi" per il progetto di Piano per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale (PAI), così come definiti dalla Legge 18.05.1989 n° 183, dal D. Lgs. 11.06.1998 n° 180, convertito con Legge 03.08.1998 n° 267, e dagli "Atti di Indirizzo" emanati per avere una metodologia univoca nell'individuare gli squilibri ed i relativi punti di crisi sul territorio e nel proporre interventi di mitigazione del rischio che ne deriva.

Con il citato D. Lgs. N° 180/98 il PAI ha individuato le aree a maggior rischio idrogeologico e, in base all'atto di indirizzo approvato con DPCM 29.09.1998, sono state perimetrate quelle a pericolosità di frana elevata e molto elevata con i relativi rischi.

Lungo il tratto stradale compreso nel comune di Monticiano il PAI identifica n. 4 aree, che sono state oggetto di rilevamenti ed osservazioni specifiche e che hanno consentito di riconoscere che si tratta essenzialmente di aree soggette ad erosione diffusa e non a movimenti gravitativi in atto o potenziali.

### 2.2.2 Inquadramento geologico

L'area in esame è situata nella Toscana sud-occidentale; essa è caratterizzata da rilievi pedeappenninici costituiti dalle formazioni del Basamento Metamorfico della Serie Toscana e dalle Unità Liguridi di copertura (vedasi Figura 2.1).

L'area è estremamente complessa sia per la grande varietà di rocce e terreni presenti che per lo stato di minuta frammentazione tettonica a cui è stata sottoposta. Dal punto di vista stratigrafico, le Formazioni affioranti nell'area interessata dal progetto sono situate al di sopra del basamento paleozoico e appartengono ai seguenti complessi, in ordine di sovrapposizione:

- Unità di Monticiano-Roccastrada;
- Unità della “Falda toscana”;
- Unità Liguri alloctone s.l.;
- Complesso Neoautoctono;
- Alluvioni recenti ed attuali.

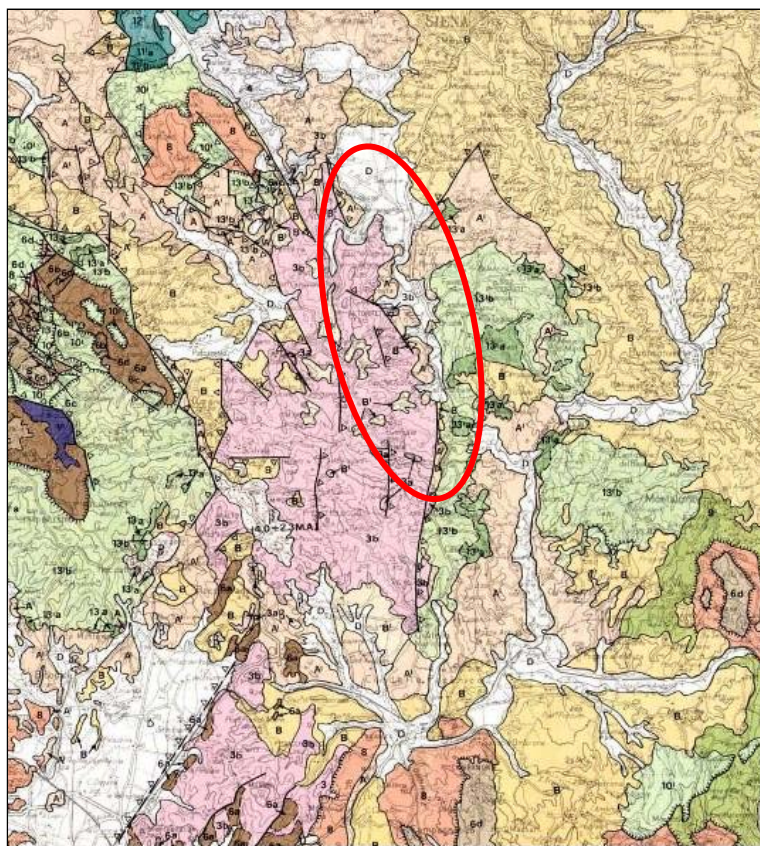


Figura 2.1 Stralci della Carta Strutturale dell'Appennino settentrionale (tratta da CNR).

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame, partendo dal basso, sono le seguenti:

#### DOMINIO TOSCANO – FALDA TOSCANA (TRIASSICO SUP.)

**Calcare cavernoso (CV)** – È costituito da un accumulo di brecciami calcarei con elementi derivanti in gran parte della formazione anidritica del Trias superiore.

#### DOMINIO LIGURE INTERNO (CRETACICO SUP.-PALEOCENE)

**Formazione di Sillano (SIL)** – È costituita prevalentemente da argilliti e argilliti siltose, grigio scure e marroni, spesso manganesifere.

#### DOMINIO LIGURE ESTERNO (GIURASSICO SUP. – CRETACICO INF.)

**Argille a Palombini (Pb)** - Tale formazione è costituita da un'alternanza di strati di argilloscisti, di colore grigio scuro, con patine varicolori e strati generalmente di medio spessore, di calcari silicei di colore grigio scuro, a grana finissima noti con il nome di “Palombini”. Subordinatamente si possono ritrovare sottili intercalazioni di arenarie quarzose di colore grigio scuro.

#### CICLO STRATIGRAFICO DEL MIOCENE

**Formazione di Cerreto a Merse, breccie di Grotti (CM)** – È costituita da breccie e conglomerati ad elementi di dimensioni variabili da 2 a 30 centimetri. Intercalati alla breccia sono individuabili blocchi di calcare cavernoso di dimensioni metriche. La matrice è costituita da sabbie e sabbie limose calcaree di colore giallo-arancio o rosso ruggine per processi pedogenetici.

#### CICLO STRATIGRAFICO DEL PLIOCENE

**Argille azzurre (Pa)** - Si tratta essenzialmente di argille più o meno marnose e argille siltose, di aspetto in genere massiccio e di colore grigio-turchino al taglio fresco, grigio chiaro-giallo pallido in superficie alterata.

**Sabbie e sabbie argillose (Ps)** - Si tratta di sabbie gialle, generalmente grossolane, talvolta classate, ma più spesso con abbondante frazione limosa o argillosa. Generalmente sono molto compatte, tanto che possono presentare anche scarpate verticali.

#### DEPOSITI QUATERNARI

**Depositi fluvio-lacustri (dl)** - La natura dei depositi è fortemente condizionata dai litotipi affioranti sulle sponde del lago antico e si tratta essenzialmente di sedimenti limoso-argillosi che contengono rari ciottoli calcarei.

**Alluvioni fluviali antiche terrazzate (at1 at2 at3)** - I sedimenti dei depositi alluvionali terrazzati antichi si possono ritrovare a varie altezze rispetto ai corsi d’acqua attuali, si va da un minimo di 5-20 m ad un massimo che supera i 100 m. Nel complesso, si tratta di depositi formati da sabbie con intercalazioni di ghiaietto, ghiaie e ciottoli con elementi eterometrici (fino a 30-40 cm di diametro) ed eterogenei (di natura prevalentemente anagenitica e quarzitica, subordinatamente calcarea), frutto del disfacimento dei litotipi. Sono inoltre presenti livelli pelitici, sia argillosi che limosi.

**Alluvioni fluviali recenti terrazzate (at)** - Sono generalmente costituite da sabbie e ciottoli eterometrici di natura eterogenea, con subordinati limi. I caratteri litologici sono controllati fortemente dalle caratteristiche dei terreni costituenti il proprio bacino imbrifero

**Cumuli di frana (F)** - I cumuli di frana sono formati da depositi grossolani, con la locale presenza di massi frammisti a ciottoli e ghiaia in matrice sabbioso limosa.

**Alluvioni fluviali attuali (a)** - Sono presenti, con estensioni variabili, lungo i principali corsi d’acqua, ossia lungo il F. Merse e lungo il T. Farma. Sono costituiti da percentuali variabili di argilla, limo, sabbia e ciottoli, con prevalenza dei livelli psammitici. Lo spessore della copertura alluvionale è solitamente maggiore vicino al corso d’acqua e si assottiglia, annullandosi alle estremità.

**Detrito di falda (DT)** - Sono presenti coperture detritiche (talvolta estese) costituite da materiale incoerente di varia natura, derivante dall’alterazione e dall’erosione dei terreni affioranti o dall’accumulo di masse rocciose movimentate per frana. I Detriti vanno pertanto a sovrapporsi indifferentemente a tutte le Formazioni precedentemente descritte, con l’eccezione dei Depositi alluvionali attuali (a) e talvolta dei Depositi alluvionali terrazzati recenti ed antichi (at). I detriti comprendono, quindi, gli accumuli di frana, le falde detritiche vere e proprie e le zone in cui è presente comunque una copertura incoerente, forse di origine colluviale o eluviale.

### 2.2.3 Caratteristiche idrogeologiche

Il tipo di permeabilità dei terreni descritti nel precedente capitolo sono essenzialmente suddivisibili in due tipi: i terreni sciolti e non cementati (quali i sedimenti mio-pliocenici e recenti) possiedono una permeabilità primaria o interstiziale che dipende essenzialmente dalla porosità, quindi dalla granulometria, e compattezza del deposito, mentre i terreni lapidei, i livelli diagenizzati delle sabbie e delle argille e/o i livelli cementati dei conglomerati, possiedono una permeabilità di tipo secondario, a luoghi per dissoluzione dei termini carbonatici, dovuta essenzialmente alla fratturazione e alla comunicazione dei sistemi di fratture.

Per quanto concerne la possibilità di circolazione idrica e di presenza di falde idriche all’interno delle formazioni suddette possono essere fatte le seguenti osservazioni preliminari.



Nell’ambito del Calcere Cavernoso” la circolazione idrica è molto sviluppata e costituisce falde di base delle strutture carbonatiche che alimentano le sorgenti poste ai loro confini, con portate costanti e talora elevate.

Per quel che riguarda le Argille a Palombini ed il Flysch di Sillano le possibilità di circolazione idrica sono limitate alle porzioni litoidi fratturate nelle quali possono essere presenti falde discontinue di modesta estensione in grado di alimentare piccole, pur se localmente numerose, sorgenti a regime irregolare.

Nell’ambito dei Depositi Neogenici si osserva che nei sedimenti più marcatamente granulari è presente una discreta circolazione idrica, ma le potenzialità della stessa sono limitate a causa sia della discontinuità che della limitata estensione di tali affioramenti (sabbie e sabbie limose marine plioceniche).

Nelle coltri detritiche di maggiore spessore possono instaurarsi acquiferi epidermici che alimentano piccole sorgenti per lo più a regime intermittente. Nell’ambito della piana alluvionale del F. Merse sono presenti falde idriche di una certa potenzialità, circolanti preferenzialmente nelle porzioni granulometricamente più grossolane.

Il maggiore acquifero è rappresentato dalle Brecce di Grotti che costituisce uno dei maggiori acquiferi della Toscana Meridionale (secondo, per risorsa idrica, solo a quello del M. Amiata). Tale acquifero, da cui trae la maggior parte dell’approvvigionamento idropotabile la città di Siena, è denominato Acquifero del M. Maggio-Montagnola Senese ed occupa un territorio molto vasto.

L’aquiclude dell’acquifero è costituito dalle rocce metamorfiche del Dominio toscano (Gruppo carbonatico-argilloso-siliceo della Montagnola Senese). Lateralmente, esso è confinato dalle formazioni di bassa permeabilità relativa rappresentate delle unità liguri e dai depositi sabbioso-argillosi miocenici e pliocenici.

Nel territorio esaminato sono presenti pozzi pubblici e privati, le cui ubicazioni sono state riportate nella Carta Idrogeologica allegata. Il punto d’acqua maggiormente sensibile più vicino alla strada in progetto è il pozzo idropotabile “il Picchetto”, ubicato nel comune di Monticiano nell’omonima località, gestito dall’acquedotto del Fiora.

In base ai rilevamenti ed alle indagini svolte, unitamente alle informazioni ricavate dai dati idrogeologici ufficiali reperiti, è stato ricostruito il possibile andamento delle circolazioni idriche sotterranee che sono state rappresentate graficamente nella Carta Idrogeologica allegata.

Si riconosce l’esistenza di n. 3 circuiti idrogeologici principali, di seguito descritti:

**Falda freatica superficiale principale:** si sviluppa principalmente nelle alluvioni del Fiume Merse e dei suoi affluenti ed ha una continuità laterale con le Brecce di Grotti presenti al bordo dell’ampia vallata. Il livello di base (aquiclude) è costituito dai termini argillosi a bassa permeabilità pliocenici, argillitici flyschiodi e dal Verrucano. Il Fiume Merse ne rappresenta l’asse di drenaggio principale.

**Falda freatica superficiale secondaria sospesa:** si tratta di modeste circolazioni contenute nelle sabbie plio-pleistoceniche riscontrabili presso Podere Rancia (pk. 48+700÷49+100) e sostenute dalle argille plioceniche.

**Falda artesiani profonda:** rappresenta, come più volte descritto nei paragrafi precedenti, la falda di maggior interesse idrogeologico dell’area e si sviluppa nei termini carbonatici del Calcere cavernoso limitati superiormente dai depositi argillitici flyschoidi e/o dalle relative fasce cataclasate a bassa permeabilità.

#### 2.2.4 Sismicità

L’Ordinanza PCM n. 3274/2003 ha aggiornato l’assegnazione dei Comuni alle zone sismiche, adottando un criterio cautelativo e introducendo la zona 4 che indica pericolosità moderata.

Con la D.G.R. Toscana n. 431 del 19.06.2006 viene approvata una prima classificazione sismica Nazionale con cui i comuni di Sovicille, Murlo e Monticiano oggetto di studio vengono classificati nella categoria 3S.

Successivamente con DGR 878 del 08/10/2012 nell’ottica del totale recepimento della OPCM n. 3519 del 28.04.2006 si esegue una Riclassificazione sismica dei comuni della Regione Toscana” in cui i comuni di Monticiano, Murlo e Sovicille vengono classificati nella categoria 3.

In data 02-05 2014 con la DGRT n. 421, a seguito della fusione di 14 comuni Toscani e della conseguente istituzione di 7 nuove amministrazioni comunali, si approva un aggiornamento della classificazione sismica regionale relativa agli allegati 1 (elenco dei comuni) e 2 (mappa) della DGRT n. 878 – 2012.

In base all’emanazione dei criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale tramite l’OPCM 3274/03, in seguito aggiornata con l’OPCM 3519 del 28 aprile 2006 “Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale”, si evidenzia che i Comuni di Monticiano, Murlo e Sovicille’ in riferimento alla Classificazione sismica dei comuni italiani aggiornata 2015 dal Dipartimento della Protezione Civile, ricade in una zona identificata come “zona 3”.

Regione	Provincia	Cod_Istat	Denominazione	Zona sismica 2014
Toscana	Siena	09052018	Monticiano	3
Toscana	Siena	09052019	Murlo	3
Toscana	Siena	09052034	Sovicille	3

Estratto da “Classificazione sismica dei comuni italiani – 2015 - Dipartimento della Protezione Civile”.

### 2.3 GESTIONE DELLE MATERIE

Il bilancio delle materie è stato impostato sulla base delle informazioni ricavate dal progetto stradale e dal cme. La possibilità di riutilizzo del materiale proveniente dagli scavi è stata valutata sulla base delle indagini ambientali e del quadro conoscitivo geologico geotecnico.

Dalle indagini ambientali è emerso che il materiale proveniente dagli scavi può essere riutilizzato nell’ambito del cantiere, ad eccezione del materiale afferente ai pozzetti PZ08 e PZ40, dove si hanno superamenti dei limiti di colonna A per “idrocarburi pesanti” e “idrocarburi policiclici aromatici”.

Dal bilancio dei volumi risulta che il volume di scavo in banco è pari a circa 533'524 mc, mentre il volume di rilevato è pari a 1'054'931 mc.

Si prevede di riutilizzare circa l’80% del materiale proveniente dagli scavi (pari a circa 471000 mc) per la realizzazione dei rilevati stradali. Del volume di scavo circa 62'500 mc saranno gestiti come rifiuti con codice CER 170405 e allontanati dal cantiere (materiale proveniente dalle aree afferenti ai pozzetti PZ08 e PZ40).

	Scavi (mc)	Rilevati e rinterrati (mc)	Materiale a discarica (mc)	Materiale da riutilizzare (mc)	Totale materiale da approvvigionare (mc)
In banco	533'524.15	1'054'931.28	62'490.89	471'033.26	<b>583'898.02</b>
Movimentati	693'581.40	1'265'917.53	81'238.16	612'343.24	<b>653'574.30</b>

Dal bilancio delle materie risulta che il materiale da approvvigionare per la realizzazione dei rilevati è pari a circa 653'574 mc.

Per lo smaltimento del materiale di risulta dagli scavi sono stati individuati dei siti idonei per lo stoccaggio finale, sia per la gestione come sottoprodotto sia per la gestione come rifiuto. I siti sono riportati nella tabella seguente:

<i>Proprietà</i>	<i>Sito</i>	<i>Localizzazione</i>
<i>Cava di Poggio Petriccio</i>	<i>Cava</i>	<i>loc. Poggio Petriccio, Campagnatico - GR</i>
<i>SIENA AMBIENTE</i>	<i>Impianto di recupero/discarica</i>	<i>Loc. Abbadia S. Salvatore - SI</i>
<i>PERNA ELIO</i>	<i>Impianto di recupero/discarica</i>	<i>Loc. Sabatina - Campagnatico - GR</i>

Visto il volume elevato di materiale da appravvigionare per la realizzazione dei rilevati sono stati individuati dei siti idonei per la fornitura del materiale:

<i>Gestore</i>	<i>Sito</i>	<i>Localizzazione</i>	<i>Denominazione</i>
<i>Consorzio Maremmano Cave</i>	<i>Cava</i>	<i>Poggio Petriccio, Campagnatico</i>	<i>Poggio Petriccio</i>
<i>Cava Bartolina s.r.l.</i>	<i>Cava</i>	<i>loc. Bartolina, Giuncarico</i>	<i>Cava Bartolina</i>

### 3 GEOTECNICA

Come descritto nel paragrafo relativo all'inquadramento geologico, l'area oggetto dell'intervento, in superficie, è caratterizzata per la gran parte dalla presenza di depositi alluvionali terrazzati, costituiti prevalentemente da terreni a grana grossa (sabbie e ghiaie). Il substrato di base è costituito dalla formazione del Calcare Cavernoso.

Al di sotto delle alluvioni e localmente affioranti nei tratti meno pianeggianti, sono presenti le formazioni del calcare cavernoso (CV) e delle Argille a Palombini (Pb), fino a circa la progressiva al km 46+400; nel tratto tra le progressive ai km 46+400 e 51+250 circa, il substrato è costituito dalle formazioni delle breccie di Grotti (CM) e di Sillano (SIL); infine, dalla progressiva al km 52+250 circa fino a fine tracciato il substrato è costituito dalla formazione delle argille azzurre plioceniche (Pa).

Nel dettaglio, le unità geotecniche intercettate dal tracciato sono le seguenti:

- **Unità geotecnica A:** depositi alluvionali, all'interno dei quali sono comprese le formazioni geologiche delle alluvioni fluviali terrazzate, recenti e antiche, e di quelle fluviali attuali; esso sono costituiti da sabbie e ghiaie, talvolta limose (*unità geologiche at, at2, at3, a*).
- **Unità geotecnica B:** argilliti appartenenti alla formazione geologica delle Argille con calcari Palombini, il cui comportamento meccanico è a grana fine (*unità geologica Pb*).
- **Unità geotecnica C:** formazione del Calcare Cavernoso, che si presenta sotto forma di una breccia di calcare dolomitico (*unità geologica CV*).
- **Unità geotecnica D:** conglomerati costituiti da breccie e materiale sabbioso-limoso, appartenenti alla formazione geologica di Cerreto a Merse o Breccie di Grotti (*unità geologica CM*).
- **Unità geotecnica E:** argille e limi argillosi, di colore grigio, da consistenti a molto consistenti (*unità geologiche dl, Pa, Ps, Sil*).

Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei parametri geotecnici definiti per le unità geotecniche precedentemente descritte. In particolare, per le grandezze caratterizzate da intervalli di variabilità piuttosto ampi, si riporta tra parentesi un range più ristretto di valori [caratteristici] che è possibile assumere per il progetto delle opere che interessano il tracciato.



Tabella 1: Caratterizzazione unità geotecniche.

Unità geotecnica	Unità geologica	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$z$ (m da p.c.)	$c_u$ (kPa)	$E'$ (MPa)	OCR (-)	$C_c$ (-)	$C_s$ (-)	$c_v$ (m <sup>2</sup> /s)
A Sabbia e ghiaia	a, at, at2, at3	19.5	5÷30 [10÷20]	24÷32 [25÷27]	0÷2 >2	-	5÷25 25÷50	-	-	-	-
B Argilliti	Pb	20	10÷30	22÷35 [28÷30]	0÷20 >20	150÷250 100÷250	50÷120 100÷300	3÷5 1.5÷3	0.1÷0.2	0.04÷0.08	1x10 <sup>-7</sup> ÷1x10 <sup>-6</sup>
C Calcare/Ghiaia	CV	21	13÷14	34÷35	0÷10 >10	-	40÷80 60÷250	-	-	-	-
D Breccia/Ghiaia	CM	19	0	35÷44 [35÷37]	0÷12 >12	-	50÷100 100÷250	-	-	-	-
E Argille/Limi	dl, Pa, Ps, Sil	19.5	10÷35	22÷28 [23÷25]	0÷18 >18	80÷250	40÷80 80÷120	3÷5 1.5÷3	0.1÷0.3	0.05÷0.07	5x10 <sup>-8</sup> ÷5x10 <sup>-7</sup>

## 4 IDROLOGIA E IDRAULICA

### 4.1 IDROLOGIA

Lo studio idrologico consiste nella definizione delle massime portate di piena da porre alla base dello studio idraulico necessario sia al corretto dimensionamento idraulico delle opere di attraversamento stradale dei corsi d’acqua, sia alla verifica della compatibilità idraulica delle opere medesime, così come definito nell’ambito delle vigenti norme.

Per la determinazione delle piogge di progetto sono stati presi a riferimento i parametri della curva di possibilità pluviometrica applicando il metodo di regionalizzazione della Regione Toscana, ricavati dalle mappe di regionalizzazione scaricabili dal sito della Regione Toscana al sito <https://www.regione.toscana.it/-/nuovi-dati-sulla-regionalizzazione-delle-precipitazioni> per precipitazioni di durata superiore all’ora.

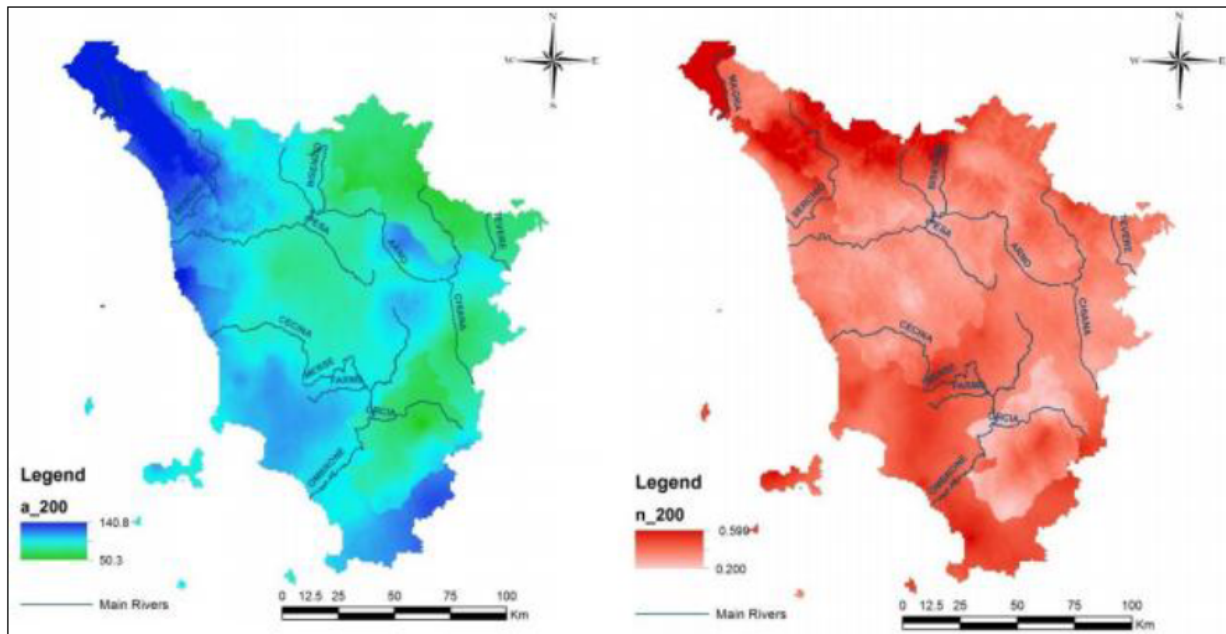


Figura 4.1 - Spazializzazione sull’intera regione dei parametri “a” ( sinistra) e “n” ( destra) della LSPP per Tr 200 anni. - “Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme LSPP

Si sono ricavati i valori relativi all’altezza di pioggia secondo l’espressione classica (per assegnato tempo di ritorno), per durate inferiori e superiori all’ora:

$$h = at^n$$

essendo

- h = altezza di pioggia espressa in mm,
- t = durata di pioggia espressa in ore,
- a, n = parametri della curva di possibilità pluviometrica.

Per poter individuare la legge di pioggia da associare ai bacini individuati (vedi elaborato T00-ID00-IDR-CO01-A) si sono stimate le altezze di pioggia in funzione dei parametri a ed n ricadenti all’interno del singolo bacino e successivamente sono state mediate le singole altezze di pioggia per avere il valore effettivo di pioggia nei singoli bacini.

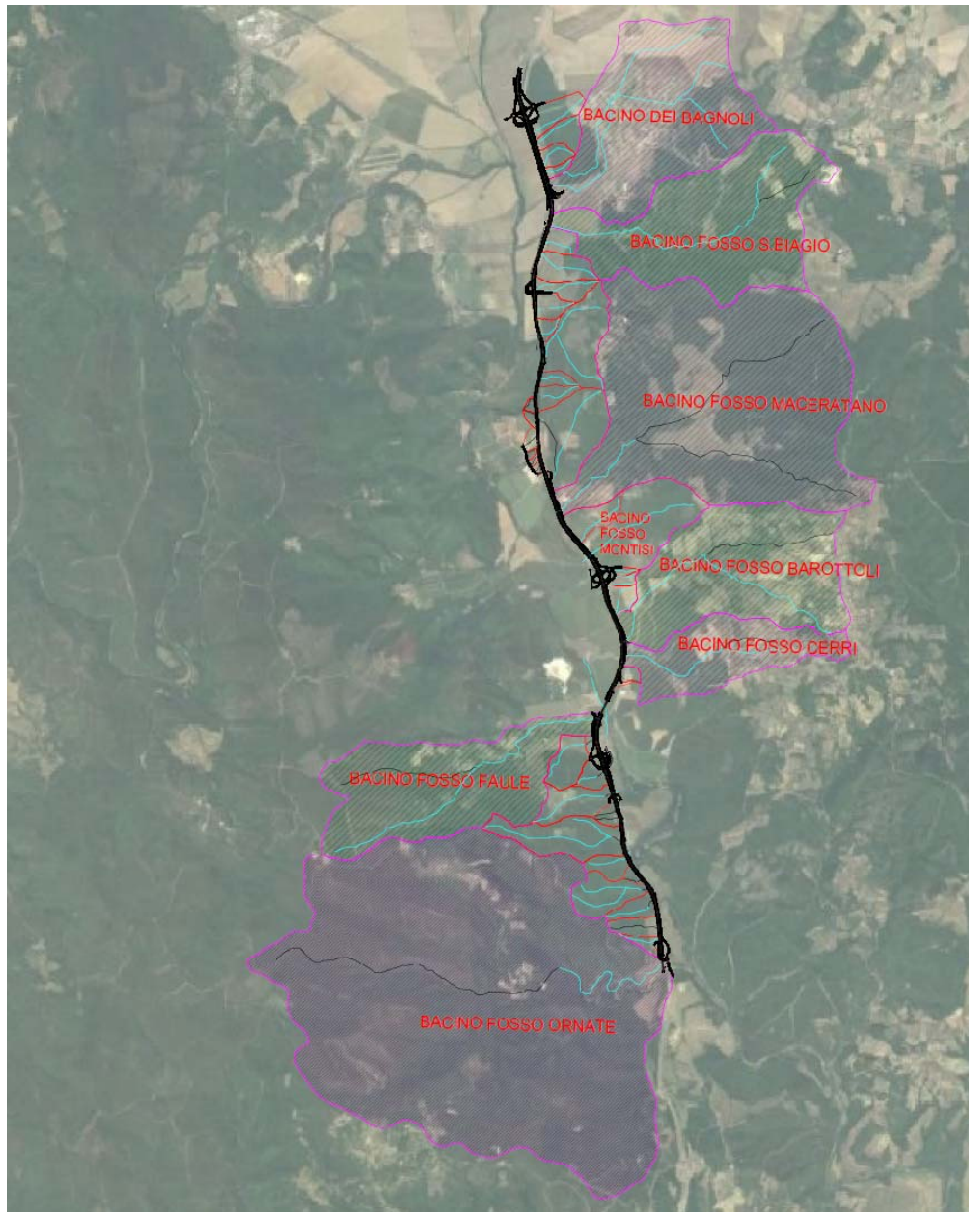


Figura 4.2 - Corografia dei bacini

In particolare sono stati analizzati n°8 sottobacini d'interesse, che ricadono tra quelli da sottoporre a controllo ai sensi della L.R. 79/2012 e smi, elencati di seguito nell'ordine procedendo lungo la viabilità di progetto da Siena verso Grosseto ed illustrati in Figura 4.2

1. Fosso Bagnoli
2. Fosso S. Biagio
3. Fosso Maceratano
4. Fosso Montisi
5. Fosso Barottoli
6. Fosso Cerri

7. Fosso Faulle
8. Fosso Ornate

In riferimento ai tempi di ritorno dell’evento di progetto, sono stati utilizzati i seguenti metodi di ricostruzione delle portate:

- per gli attraversamenti dei corsi d’acqua ricadenti nell’elenco della LR n. 79/2012 e smi, è stato applicato il metodo del Curve Number per l’individuazione del coefficiente di deflusso, applicando il metodo razionale per il calcolo delle portate con Tr 200 anni;
- per gli attraversamenti delle opere d’arte secondarie (ponticelli), nonché per i dimensionamenti e verifica dei tombini e dei manufatti per lo smaltimento delle acque di piattaforma, è stato applicato il metodo razionale, in ragione delle ridotte dimensioni dei bacini, con stima del coefficiente di deflusso.

I risultati delle elaborazioni idrologiche effettuate per la stima delle portate di progetto, meglio illustrate nell’elaborato T00-ID00-IDR-RE01, sono riportati nelle seguenti tabelle di sintesi.

BACINO	CN(III)	S	K	$\phi$	Q[m <sup>3</sup> /s]
<b>Ornate</b>	<b>78,7</b>	<b>68,74</b>	<b>0,66</b>	<b>0,49</b>	<b>102,3</b>
<b>7</b>	<b>79,5</b>	<b>65,50</b>	<b>1,65</b>	<b>0,30</b>	<b>7,3</b>
<b>Faule</b>	<b>79,0</b>	<b>67,52</b>	<b>0,92</b>	<b>0,38</b>	<b>33,1</b>
<b>Cerri</b>	<b>91,3</b>	<b>24,20</b>	<b>0,41</b>	<b>0,63</b>	<b>39,9</b>
<b>Barottoli</b>	<b>91,9</b>	<b>22,39</b>	<b>0,30</b>	<b>0,71</b>	<b>61,3</b>
<b>Montisi</b>	<b>89,3</b>	<b>30,43</b>	<b>0,53</b>	<b>0,56</b>	<b>22,3</b>
<b>Maceratano</b>	<b>88,6</b>	<b>32,68</b>	<b>0,35</b>	<b>0,68</b>	<b>83,0</b>
<b>S.Biagio</b>	<b>86,4</b>	<b>39,98</b>	<b>0,49</b>	<b>0,58</b>	<b>45,1</b>
<b>Bagnoli</b>	<b>88,4</b>	<b>33,33</b>	<b>0,42</b>	<b>0,63</b>	<b>52,3</b>

Tabella 2 – Portate di progetto per gli attraversamenti principali – Ponticelli

principali	Kirpich			
	tc (ore)	h (mm)	ic (mm/h)	Q (m3/s)
tombino 2	0.15	40.90	272.64	<b>3.55</b>
tombino 3	0.15	40.84	272.28	<b>3.30</b>
tombino 4	0.15	41.05	265.61	<b>8.60</b>
tombino 5	0.15	40.51	270.05	<b>0.90</b>
tombino 6	0.15	40.84	272.28	<b>3.30</b>
tombino 7	0.24	47.06	197.23	<b>11.90</b>
tombino 8	0.15	39.79	265.25	<b>1.00</b>
tombino 9	0.15	39.85	275.69	<b>0.50</b>
tombino 10	0.15	40.51	270.05	<b>0.10</b>
tombino 11	0.15	40.51	270.05	<b>2.50</b>
tombino 12	0.15	40.51	270.05	<b>7.30</b>
tombino 13	0.15	40.51	270.05	<b>1.40</b>
tombino 15	0.15	40.51	270.05	<b>2.60</b>
tombino 16	0.15	40.51	270.05	<b>1.20</b>
tombino 18	0.15	40.51	270.05	<b>5.20</b>
tombino 19	0.19	43.19	223.71	<b>17.80</b>
tombino 20	0.15	40.51	270.05	<b>0.60</b>
tombino 22	0.15	40.51	270.05	<b>2.90</b>
tombino 23	0.15	40.51	270.05	<b>1.80</b>
tombino 24	0.15	40.51	270.05	<b>1.30</b>
tombino 25	0.15	40.51	270.05	<b>3.00</b>
tombino 26	0.15	40.51	270.05	<b>3.70</b>
tombino 27	0.15	40.51	270.05	<b>5.80</b>
tombino 28	0.15	40.51	270.05	<b>3.10</b>
tombino 29	0.15	40.51	270.05	<b>1.20</b>
tombino 30	0.15	40.51	270.05	<b>2.30</b>
tombino 31	0.15	40.51	270.05	<b>4.10</b>
tombino 32	0.18	43.13	239.61	<b>4.50</b>

Tabella 3 – Portate di progetto per i tombini



La viabilità principale in progetto è attraversata dal Il fiume Merse, affluente in destra idrografica del fiume Ombrone in corrispondenza del viadotto omonimo, denominato “Merse”. La Figura 4.3 mostra il bacino idrografico del fiume in esame.

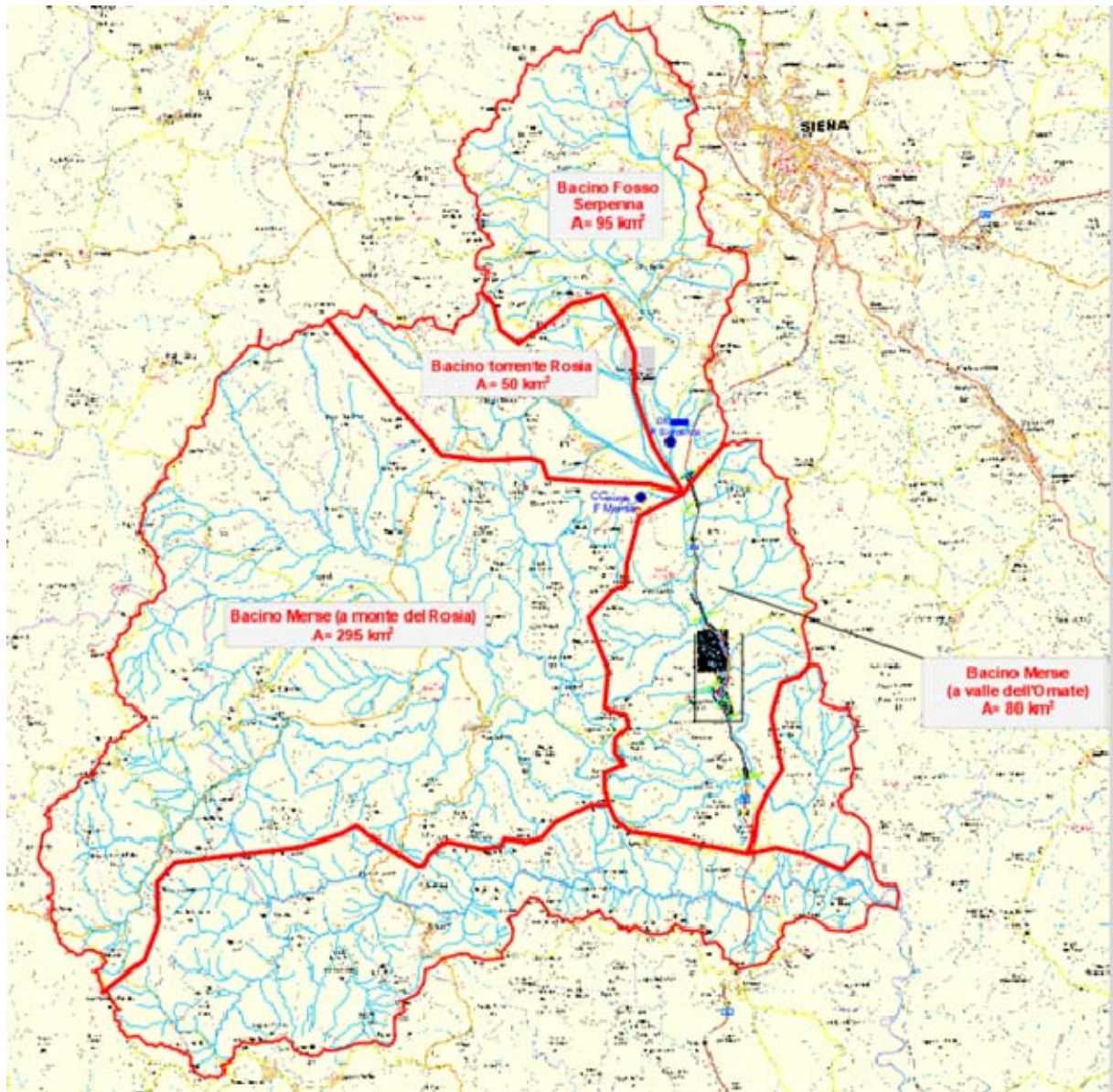


Figura 4.3 - Bacino del Merse

In ragione delle dimensioni del bacino idrografico sotteso, pari a circa 500 km<sup>2</sup> in corrispondenza della stazione idrografica di Ornate, la portata di piena con Tr 200 anni da utilizzarsi per le verifiche idrauliche è stata individuata confrontando i risultati dei seguenti metodi:

- analisi della serie storica dei dati idrometrici disponibili;
- ricostruzione dell'idrogramma di piena mediante l'applicazione del metodo di Nash;
- analisi dei dati dello studio di regionalizzazione delle portate di piena in Toscana.

Dalle analisi effettuate risultano i seguenti dati di portate al colmo con tempo di ritorno duecentennale:

- analisi della serie storica delle portate registrate dall'idrometro di Ornate:
- $Q_{200} = 1050$  mc/s
- ricostruzione con il modello di Nash (taratura su evento del novembre del 1966):
- $Q_{200} = 999$  mc/s
- regionalizzazione delle portate di piena in Toscana, con maggiorazione del 30% (dati Ufficio Regionale della Tutela del Territorio di Siena):
- $Q_{200} = 996$  mc/s



## 4.2 IDRAULICA

### 4.2.1 Modello bidimensionale del fiume Merse

In fase di progetto esecutivo è stato sviluppato lo studio idrodinamico dell’area di esondazione del fiume Merse delimitata a nord dall’incrocio con la provinciale “SP99” e a sud con l’attraversamento sul fiume Ornate, per una lunghezza di tratto di fiume analizzato pari a 16.2 km e per un’area totale di 15.2 km<sup>2</sup>.

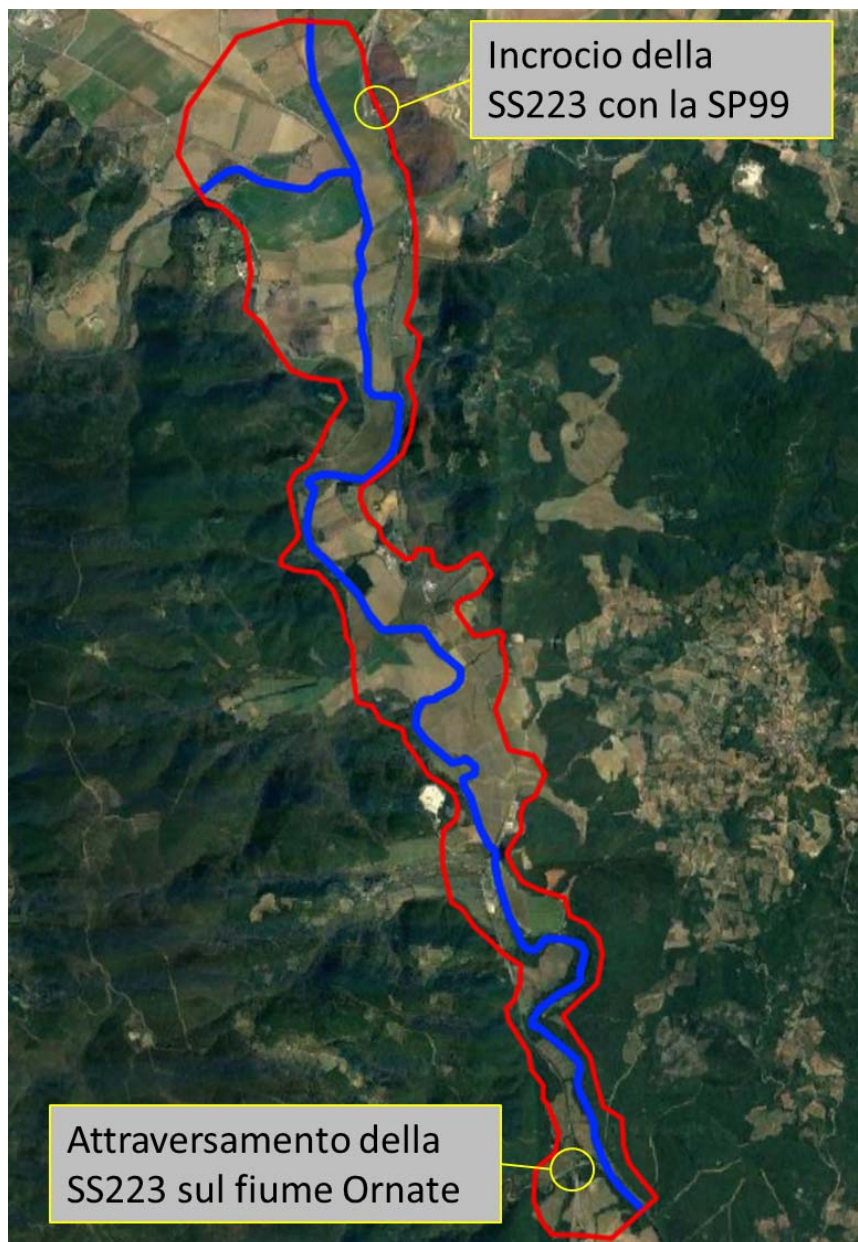


Figura 4.4 - Area di studio per la modellazione idrodinamica.

Tale studio è finalizzato alla determinazione delle aree potenzialmente inondabili lungo il nuovo tracciato e alla loro possibile interferenza con tutti i nuovi interventi previsti, quali ponti, svincoli, etc. E’ stato eseguito un confronto tra “ante operam” e “post operam” al fine di valutare, attraverso lo studio



del regime di propagazione delle piene, un non incremento del rischio idraulica da parte delle opere in progetto.

Il quadro conoscitivo di riferimento per la caratterizzazione idrologica del bacino del fiume Merse e la definizione delle aree a pericolosità idraulica sono attualmente riportati nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A., 2014).

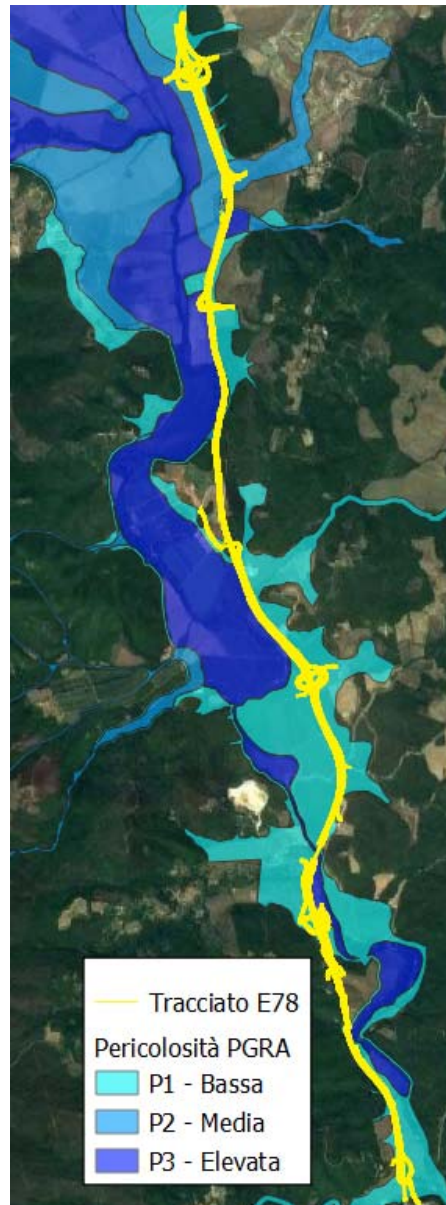


Figura 4.5 - Pericolosità idraulica secondo il PGRA

In particolare, sono individuate 3 classi di pericolosità idraulica (P3 - elevata, P2 - media, P1 - bassa).

- La classe di pericolosità elevata (P3) fa riferimento ad un evento caratterizzato da un tempo di ritorno compreso tra 20 e 50 anni.
- La classe di pericolosità media (P2) fa riferimento ad un evento caratterizzato da tempo di ritorno compreso tra i 100 e 200 anni.

- La classe di pericolosità bassa (P1) fa riferimento ad un evento caratterizzato da un tempo di ritorno compreso tra i 200 e i 500 anni.

Il confronto tra le diverse informazioni, ed in particolare tra le sezioni trasversali dell'alveo rilevate durante apposite campagne topografiche ed i rilievi LiDAR, ha permesso, nell'implementazione del modello idraulico sviluppato, di utilizzare i dati più aggiornati, che riproducessero maggiormente le attuali condizioni in alveo e nelle aree golenali, potenzialmente inondabili.

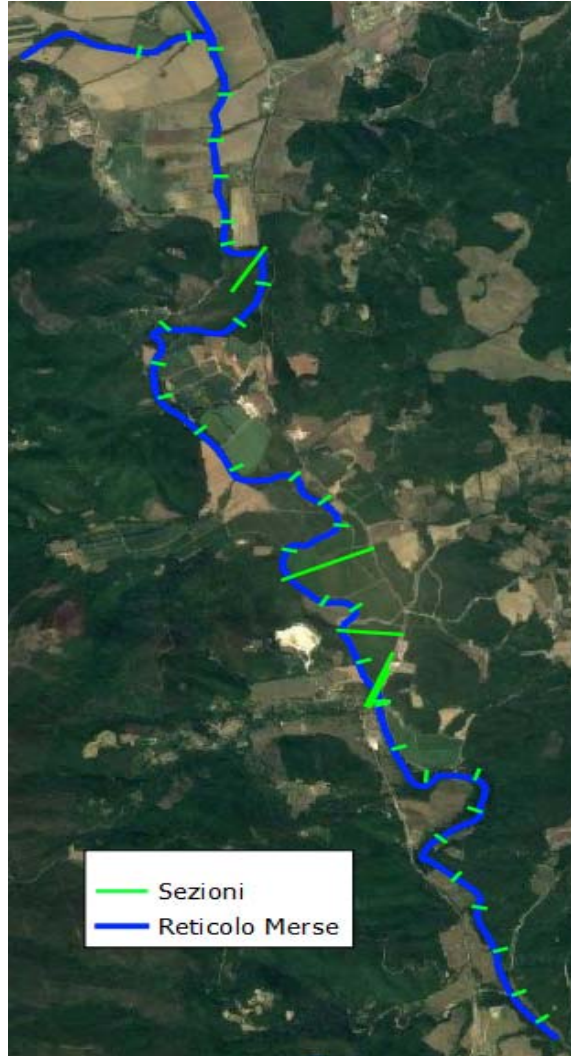


Figura 4.6 - Sezioni idrauliche rilevate in sito

Per la riproduzione dell'orografia al di fuori dell'alveo è stato utilizzato un modello digitale di elevazione (DEM) laser-altimetrico (LiDAR) con risoluzione 1x1 m<sup>2</sup>.

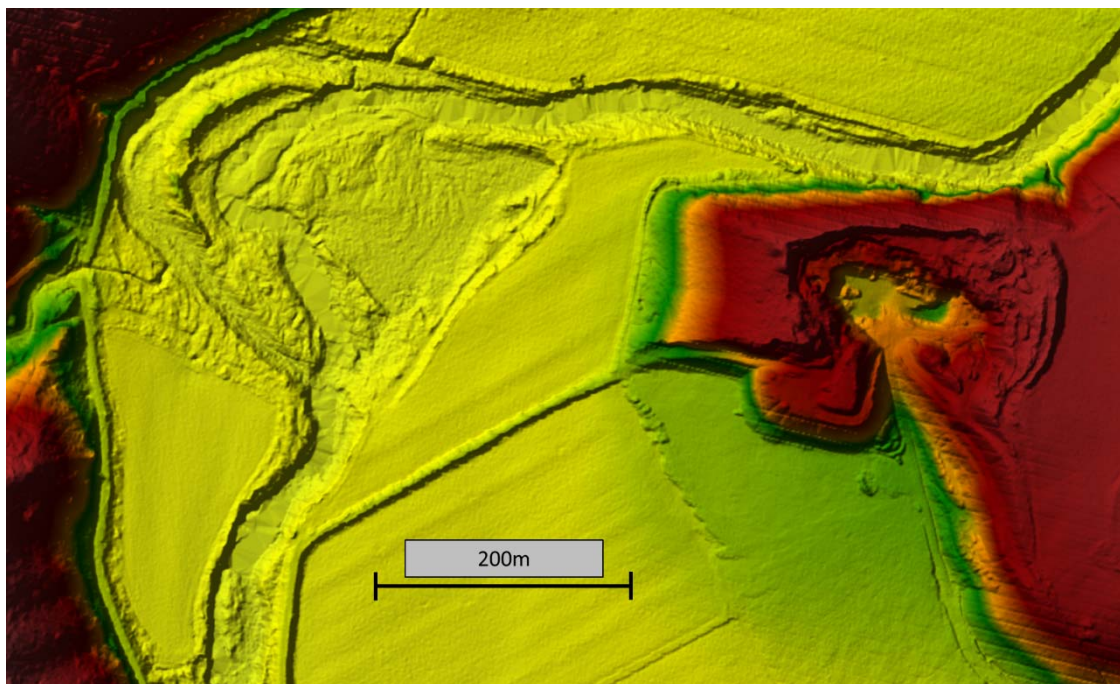


Figura 4.7 - Esempio di modello di elevazione (particolare dell'area di studio).

La griglia di calcolo per la modellazione è stata posta pari a  $20 \times 20$  m<sup>2</sup>. Lungo tutto l'alveo e in tutte quelle aree con bruschi cambiamenti di quota (argini, risaie, rilevati, pile), è stata aumentata la risoluzione della griglia.

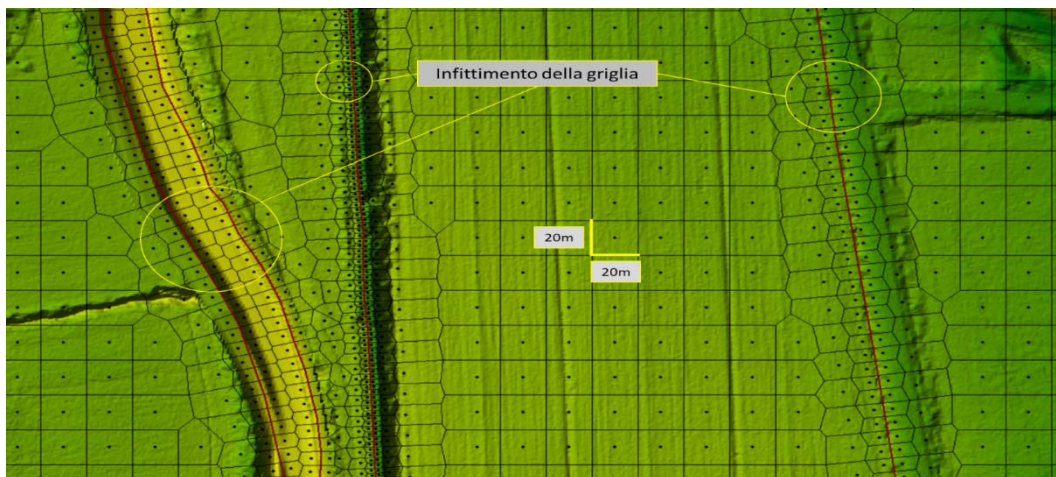


Figura 4.8 - Griglia di calcolo del modello bidimensionale: lungo tutto l'alveo e in corrispondenza di argini, rilevati, pile e limiti delle risaie, la griglia è stata infittita per tener conto del brusco cambiamento di quota.



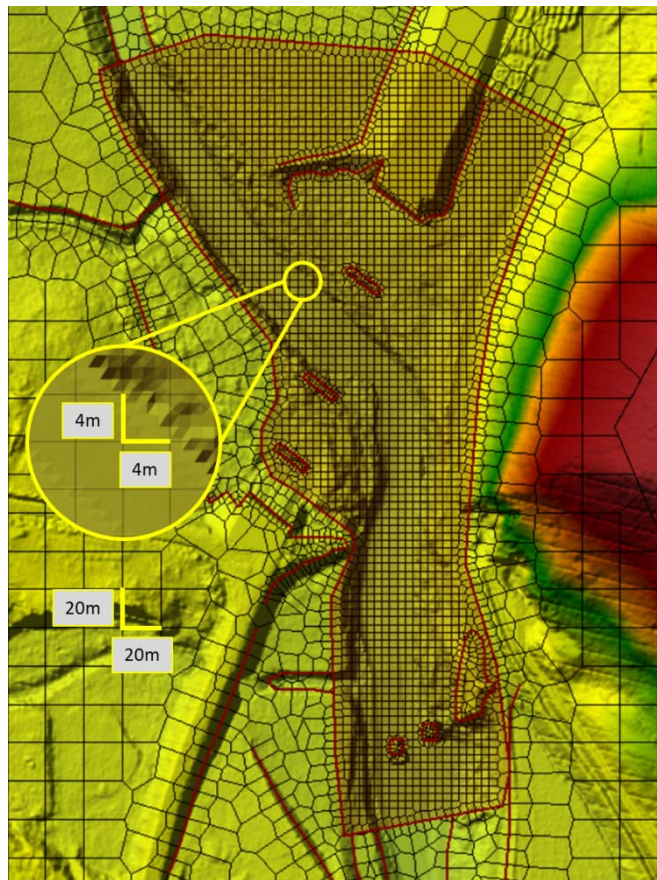


Figura 4.9 - Infittimento della griglia in corrispondenza dell'attraversamento sul fiume Merse.

La modellazione sviluppata con i dati ottenuti dal LiDAR è stata integrata all'interno delle sponde dell'alveo utilizzando l'informazione delle sezioni rilevate, lungo tutto il tratto analizzato. La Figura 4.11 e la Figura 4.10 mostrano un esempio di LiDAR grezzo e LiDAR modificato tenendo conto dei rilievi topografici.

E' possibile osservare un ottimo accordo dei dati topografici. La variabilità delle quote in corrispondenza dell'alveo è dovuta al fatto che le sezioni topografiche sono complete di batimetria mentre il DTM è acquisito mediante tecnologia LIDAR che scansiona la superficie dell'acqua e non il fondo alveo bagnato.

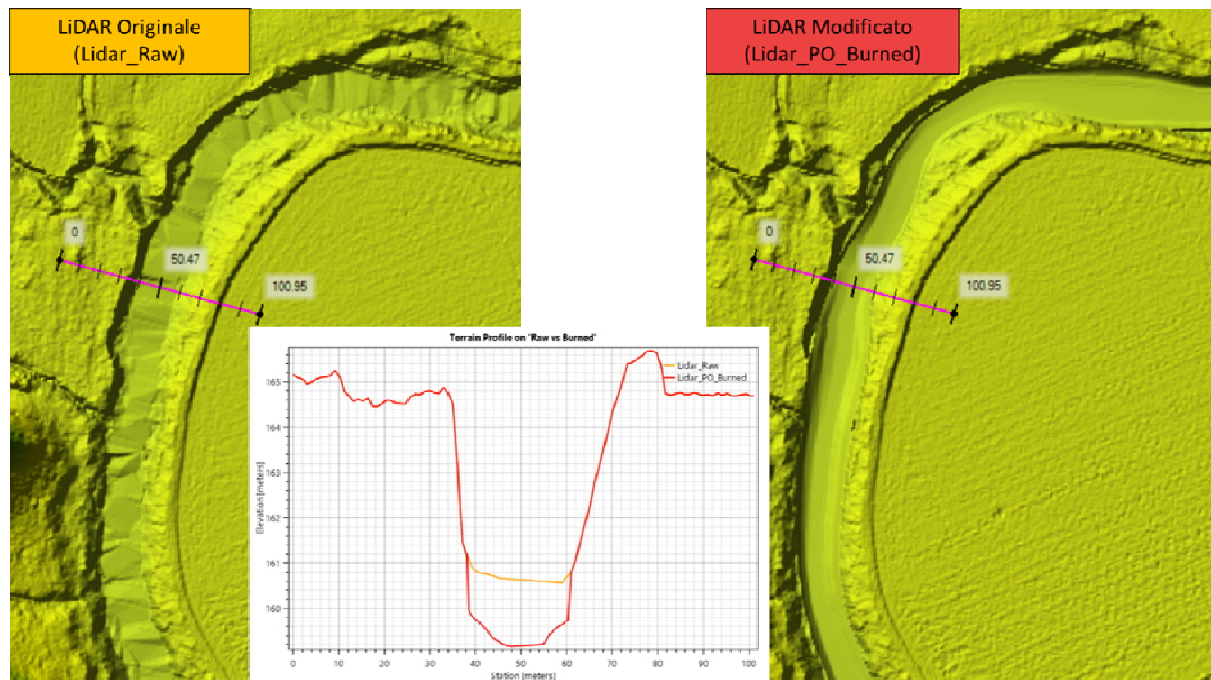


Figura 4.10 - Confronto tra LiDAR originale (figura di sinistra) e LiDAR modificato (figura di destra) in funzione dei rilievi topografici disponibili. Il grafico mostra il profilo della sezione tracciata sulle mappe secondo i due LiDAR.

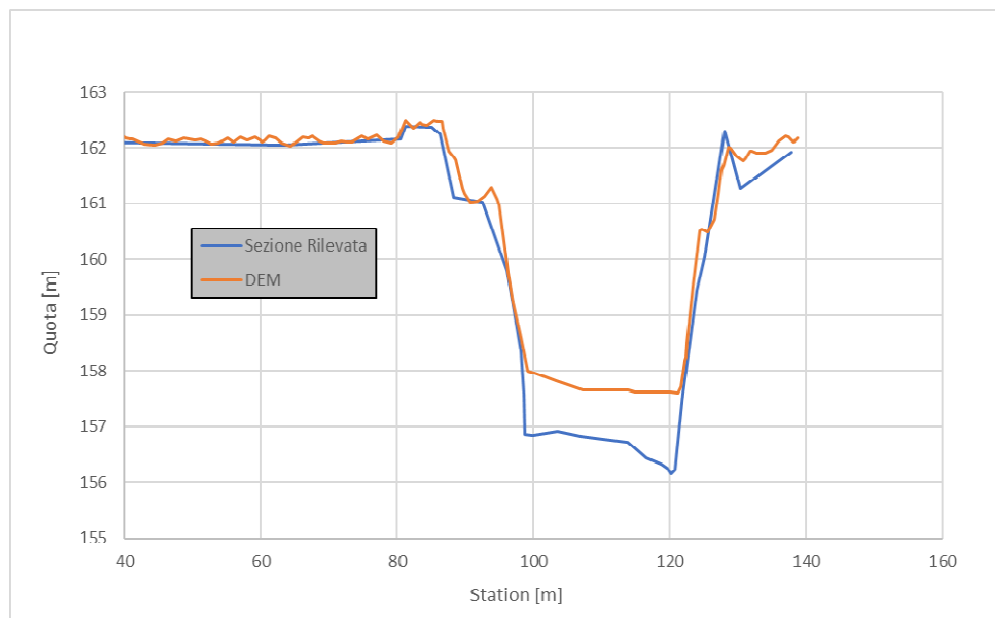


Figura 4.11 - Differenza tra una sezione rilevata e una sezione tracciata

Per la determinazione del coefficiente di scabrezza su tutta l'area di studio è stato utilizzato il dataset CORINE Land Cover (CLC) e ad ogni classe di uso del suolo è stato associato un valore del coefficiente di Manning.

La figura 18 mostra la mappa dei coefficienti di Manning per tutta l’area di studio. Per l’alveo è stato utilizzato un coefficiente di Manning pari a 0.035 (Chow, 1959).

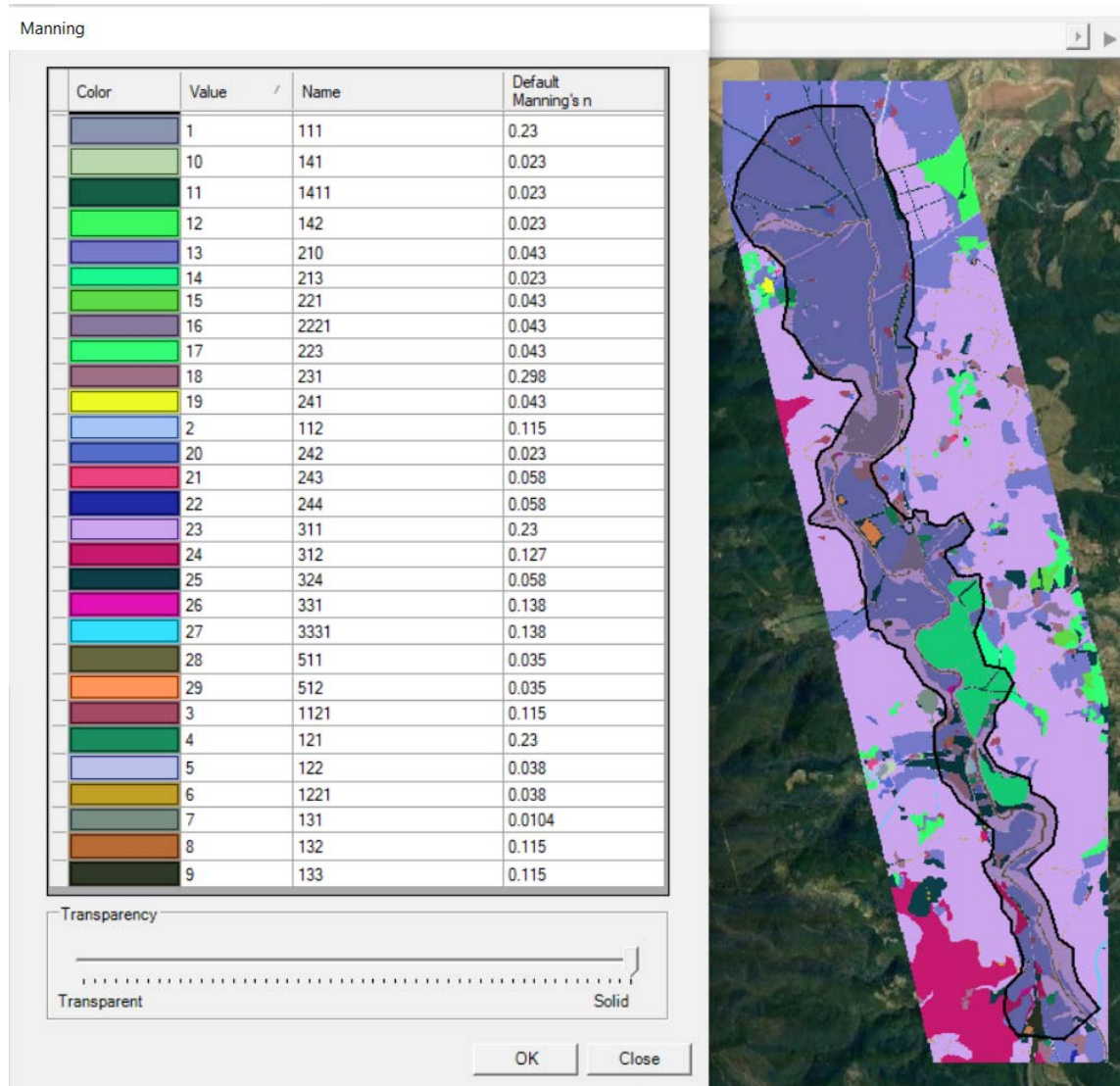


Figura 4.12 - Distribuzione spaziale del coefficiente di Manning per l'area di studio. La tabella di conversione è quella presente in Tabella 3 dell’articolo “Calibration of 2d hydraulic inundation models in the floodplain region of the lower Tagus river” di Pestan

La condizione al contorno di valle consiste nell’imporre la pendenza delle perdite di carico totali pari alla pendenza dell’alveo, pari a 0.005 nel tratto terminale di alveo considerato, mentre quella di monte consiste nell’inserire i due idrogrammi di pioggia calcolati.



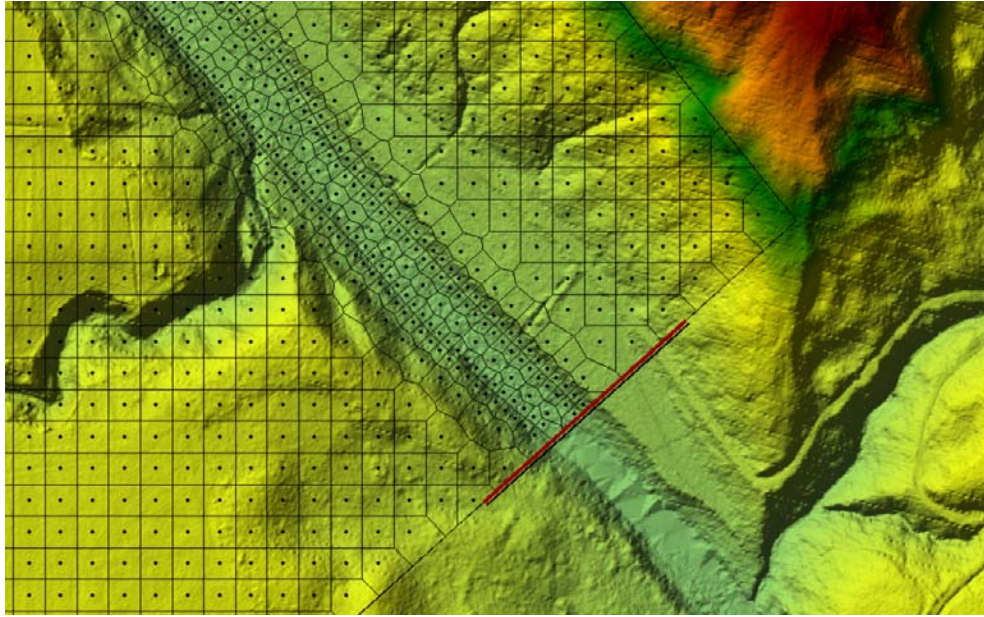


Figura 4.13 - Condizione al contorno di valle

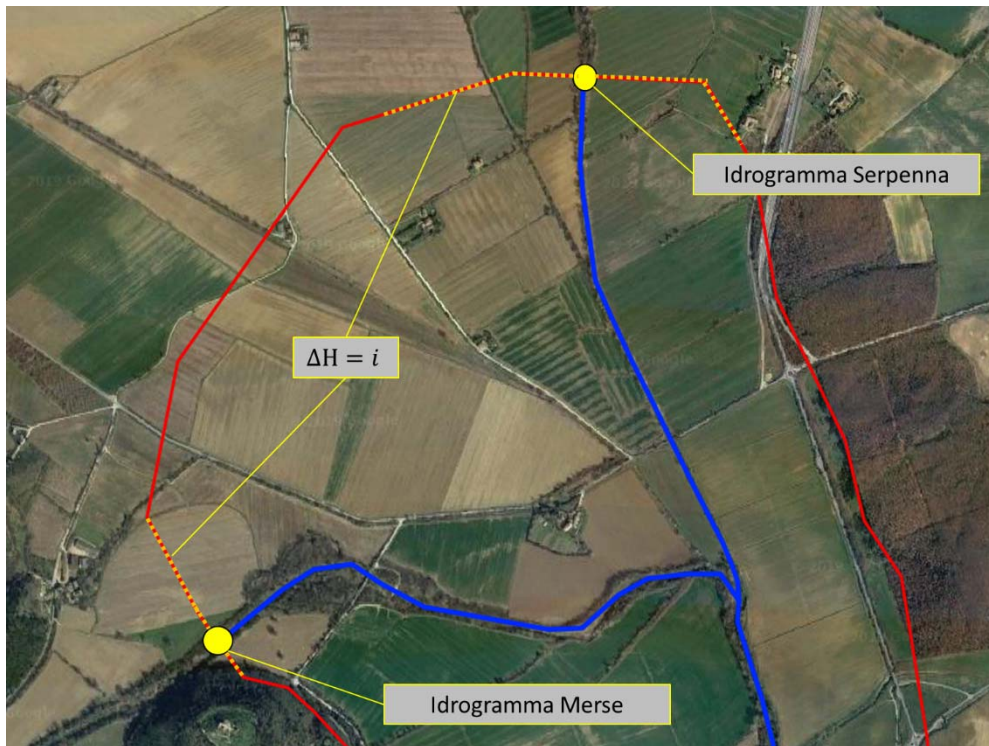


Figura 4.14 - Condizioni al contorno di monte

La scelta dei tre tempi di ritorno è stata effettuata per poter simulare in ordine, le aree di inondazione durante la fase realizzativa dell’infrastruttura (Tr 10 anni), i tiranti del fiume Merse durante un evento di piena avente tempo di ritorno 30 anni per avere le condizioni al contorno per le verifiche dei ponticelli, e 200 anni per la verifica idraulica del viadotto sul Fiume Merse e le aree di esondazione del fiume stesso.



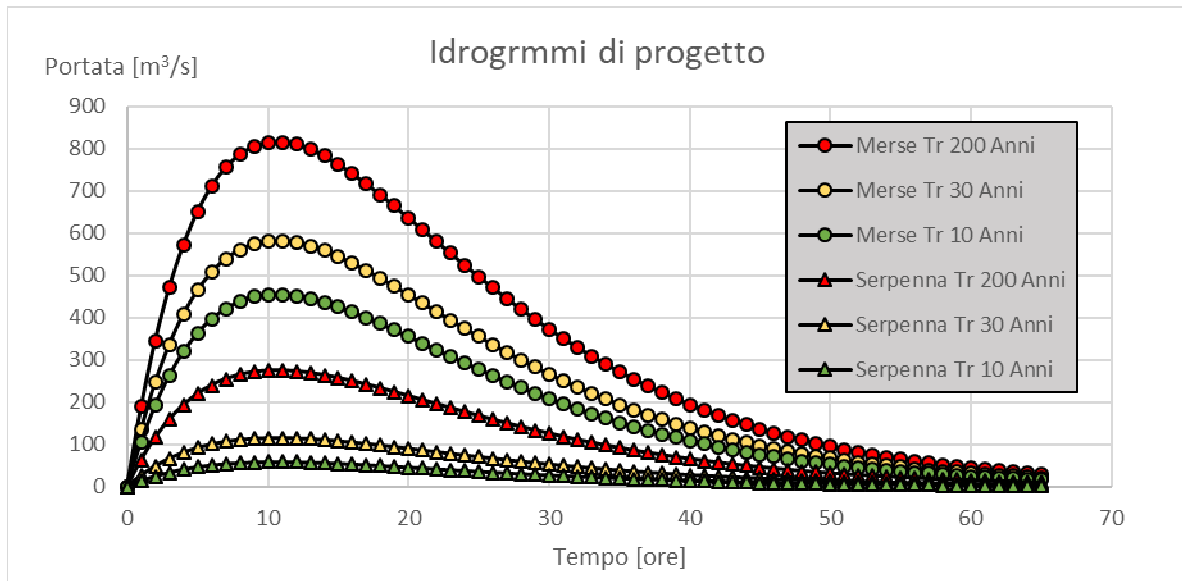


Figura 4.15 - Idrogrammi in input al modello come condizioni al contorno di monte, per il fiume Merse (indicato con cerchi) e per il fosso Serpenna (indicato con triangoli), per un tempo di ritorno pari a 10 anni (in verde), 30 anni (in giallo) e 200 anni (in rosso)

Dallo studio bidimensionale non sono emerse criticità idrauliche sia sull'infrastruttura che sulle aree limitrofe ad essa. Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato T00-ID00-IDR-RE03. Risulta che le variazioni complessive in termini di estensione delle esondazioni e di variazione del volume invasato sul tratto di modello, non siano variazioni tali da influenzare in modo rilevabile la dinamica di piena. Per il viadotto Merse il franco minimo è 2.20, superiore al valore minimo (1.50m) previsto dalla normativa (NTC 2018). Si riassumono di seguito i risultati più significativi.

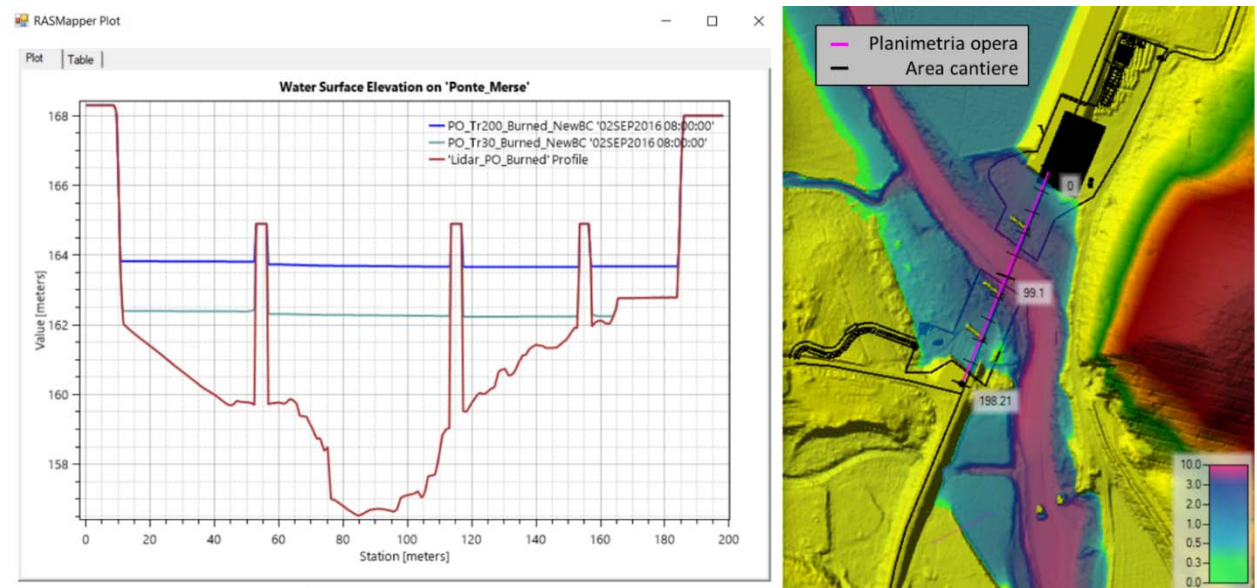


Figura 4.16 - Sezione sul ponte di attraversamento del fiume Merse post-operam

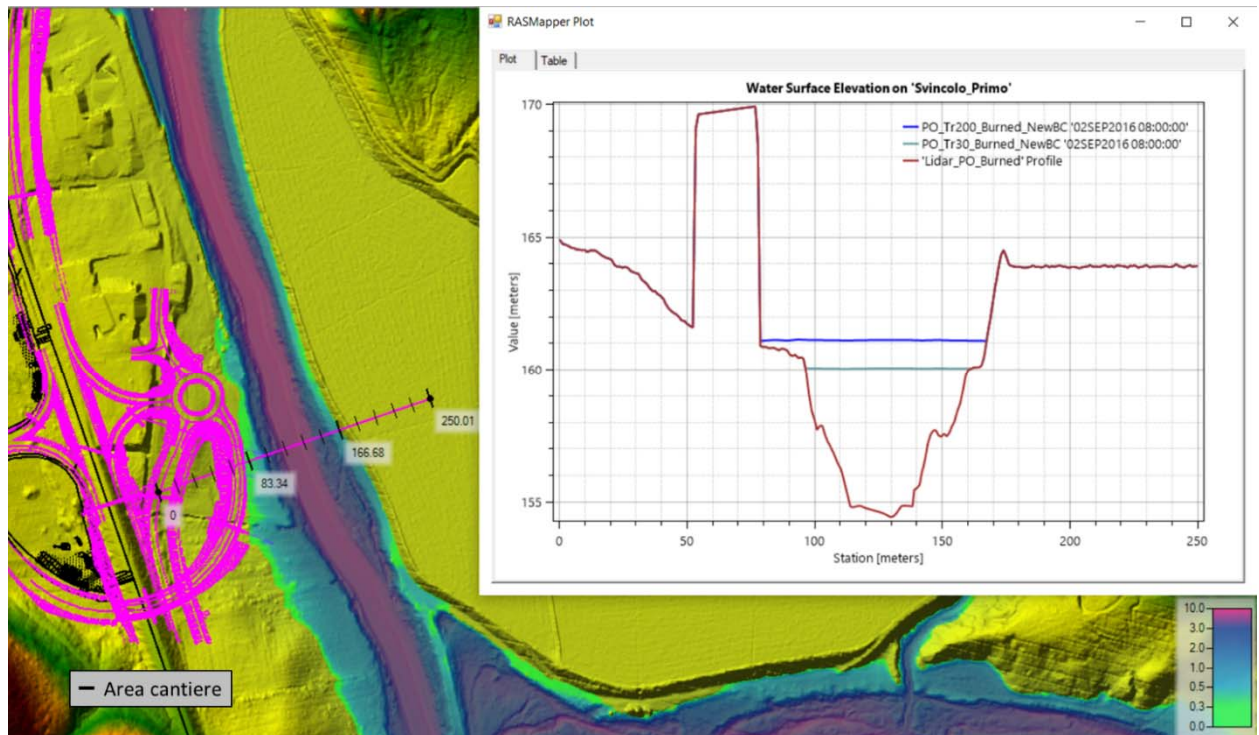


Figura 4.17 - Sezione sullo svincolo di valle post-operam

#### 4.2.2 Attraversamenti principali: ponticelli

Per gli attraversamenti principali, realizzati con ponticelli, oltre alla verifica idraulica delle opere stesse, si è studiata la compatibilità idraulica del nuovo tracciato all'interno del territorio, prevedendo sistemazioni idrauliche con lo scopo di:

- assicurare con il periodo di ritorno previsto la sicurezza dell'infrastruttura stradale;
- diminuire le eventuali condizioni di rischio, eliminando o riducendo eventuali esondazioni nella zona di intervento;
- non alterare le condizioni di deflusso idrico e solido nel tratto oggetto di studio;
- impedire divagazioni che possano andare ad interessare le opere di fondazione delle pile o delle spalle;
- assicurarsi che l'evoluzione della livelletta d'alveo, non approfondisca l'incisione esistente in corrispondenza dell'opera di attraversamento;
- evitare le conseguenze derivanti dai fenomeni di erosione localizzata.

Le simulazioni di calcolo sono state eseguite con il programma HEC RAS sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers, che consente di verificare il moto di correnti a pelo libero in regime permanente con tempi di ritorno pari a 200 anni. Per ogni attraversamento è stata eseguita una modellazione in regime di moto permanente, introducendo i manufatti in progetto.

Inoltre, è stato eseguito un confronto tra "ante operam" e "post operam" al fine di valutare, attraverso lo studio del regime di propagazione delle piene, un non incremento del rischio da parte delle opere previste.

Il profilo idraulico indotto dalla piena con Tr 200 anni è stato verificato con franchi di sicurezza minimi assunti pari a 1,50 metri rispetto l'intradosso del manufatto di progetto.

Le verifiche idrauliche degli attraversamenti principali sono riportati nel seguente elenco, in cui sono riportati i nomi degli attraversamenti fossi in accordo alla normativa vigente LR79/2012 e le relative opere:

- Corsi d'acqua elenco:
  - Fosso Bagnoli (opera S21);
  - Fosso S. Biagio (opere S20 – S19);
  - Fosso Maceratano (opera S15);
  - Fosso Montisi (opera S14)
  - Fosso Barottoli (opera S12);
  - Fosso Cerri (opera S11);
  - Fosso Faulle (opere S9 – S8);
  - Fosso Ornate (opera S2);
- Opera d'arte:
  - S05 – 06;
  - S17.

Di seguito si mostra, per ciascun attraversamento, quali sono le quote considerate nella verifica e il relativo franco idraulico.

	tipologia strada	quota intradosso verifica (m)	quota acqua imbocco (m)	FRANCO IDRAULICO (m)
attraversamento S 5	principale	188.66	185.68	2.98
	secondaria vicinale 4	188.66	184.93	3.73
fosso Faulle	secondaria comunale 6	168.00	164.62	3.38
	principale	168.54	164.54	4.00
fosso Cerri	secondaria comunale 1	170.24	167.76	2.48
	principale	169.42	167.31	2.11
fosso Barottoli	secondaria comunale 1	170.00	167.43	2.57
	principale	169.70	167.70	2.00
fosso Montisi	secondaria comunale 2	174.57	170.17	4.40
	principale	174.52	167.73	4.79
fosso Maceratano	secondaria comunale 2	170.77	168.87	2.10
	principale	170.84	168.67	2.17
attraversamento S 17	principale	177.10	174.56	2.54
fosso San Biagio	principale	184.68	181.77	2.91
	secondaria fuori progetto	182.50	180.74	1.94
fosso del Bagnoli	secondaria comunale 4	182.50	180.74	1.94
	principale	183.38	182.82	2.56
	secondaria comunale 5	154.50	151.49	3.01
fosso Ornate	secondaria vicinale 1	154.50	151.49	3.01

Tabella 4 - Risultati simulazione ponticelli

Alla luce delle precedenti considerazioni, la configurazione finale di progetto risulta idraulicamente compatibile con le norme della legislazione vigente di protezione dai rischi idraulici e con la conformazione odierna dei luoghi.

Per poter realizzare i nuovi attraversamenti idraulici si è provveduto all’inalveazione dei torrenti mediante la costruzione di fossi realizzati in massi cementati che recapitano le acque di versante raccolte direttamente al recapito finale individuato.

#### 4.2.3 Attraversamenti secondari: tombini idraulici

I criteri di progetto seguiti nel dimensionamento delle opere di attraversamento e presidio in corrispondenza dei corsi d’acqua minori realizzati con tombini consistono essenzialmente in:

- garantire la trasparenza idraulica dell’infrastruttura prevedendo opere di attraversamento adeguatamente diffuse lungo l’intero tracciato;
- garantire il deflusso della piena di progetto con adeguato franco di sicurezza tenendo conto del possibile trasporto solido;
- assicurare con un periodo di ritorno di 200 anni la sicurezza dell’infrastruttura stradale;
- assicurare la facilità di accesso per periodiche manutenzioni.

Nel dimensionamento delle opere si è cercato di non determinare restringimenti delle sezioni dei corsi d’acqua e si è verificato che i massimi livelli per le portate di progetto, non determinino gradi di riempimento superiori al 67% dell’altezza dell’opera, con un franco minimo tra la quota di intradosso del manufatto e la quota di carico idraulico totale almeno pari a 50 cm.

Un ulteriore fattore tenuto in considerazione per le opere previste è stato l’esame delle esigenze per una corretta manutenzione dell’opera, onde poter ridurre al minimo gli interventi atti a garantire l’efficienza dell’opera ed in ogni caso a ridurre a livelli minimi i costi. Per tale finalità, le dimensioni dei tombini, in taluni casi sovrabbondanti rispetto alle portate di progetto, sono state determinate tenendo in conto assicurando in ogni caso la facilità di intervento in sicurezza per le future operazioni manutentive oltre alla compatibilità idraulica.

In definitiva il progetto prevede lungo la viabilità principale 33 tombini di dimensione minima pari a Ø1500 e lungo le viabilità secondarie 16 tombini Ø1500.

Le simulazioni di calcolo sono state eseguite con il programma HY8 secondo le ipotesi di moto permanente, ad eccezione del tombino 19, che per le dimensioni del bacino, è stato analizzato con il software HE-CRAS. Di seguito si riportano i risultati principali delle analisi per le opere oggetto. Per maggiori approfondimenti si rimanda alla relazione T00-ID00-IDR-RE05.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
P19	650	PF 1	17.80	174.60	175.16	175.16	175.29	0.008257	1.10	11.76	38.17	0.65
P19	600	PF 1	17.80	173.12	173.89	174.05	174.40	0.053499	3.55	6.11	27.58	1.79
P19	550	PF 1	17.80	170.95	173.50	171.95	173.50	0.000014	0.16	151.41	172.97	0.04
P19	500	PF 1	17.80	172.29	173.32	173.32	173.48	0.009835	2.09	10.73	32.24	0.82
P19	450	PF 1	17.80	169.00	171.37	169.56	171.37	0.000004	0.06	222.51	163.91	0.02
P19	400	PF 1	17.80	169.00	171.37	169.57	171.37	0.000010	0.11	109.54	163.91	0.02
P19	351		Bridge									
P19	350	PF 1	17.80	169.00	170.51	170.51	170.51	0.000064	0.21	63.18	123.56	0.05
P19	300	PF 1	17.80	167.96	169.48	169.61	170.00	0.025890	3.69	8.04	60.52	1.22
P19	250	PF 1	17.80	167.18	168.65	168.78	169.00	0.014479	2.71	7.53	28.83	0.99
P19	200	PF 1	17.80	166.71	168.17	168.17	168.19	0.001120	0.64	32.16	89.47	0.26
P19	150	PF 1	17.80	166.56	168.06	168.05	168.07	0.001239	0.48	33.68	105.10	0.26
P19	100	PF 1	17.80	166.27	167.84	167.80	167.94	0.006320	1.79	13.20	36.30	0.62
P19	50	PF 1	17.80	166.13	167.62	167.55	167.68	0.004191	1.40	17.66	56.45	0.51
P19	0	PF 1	17.80	166.68	167.30	167.30	167.38	0.008690	1.56	16.03	83.57	0.74

Tabella 5 - Risultati simulazione tombino 19



RELAZIONE GENERALE

ID Opera	Q [m <sup>3</sup> /s]	Qmonte [s.l.m.]	Qvalle [s.l.m.]	L [m]	i [%]	h/f [m]	r [m]	R [%]	Manning
T02	3,55	164,11	163,79	31,00	1%	2,00	0,88	<b>44%</b>	0,012
T03	3,30	162,56	162,02	35,50	1,5%	2,00	0,72	<b>36%</b>	0,012
T04	8,60	162,00	161,61	38,71	1%	2,00	1,48	<b>74%</b>	0,012
T05	0,90	167,73	167,31	28,63	1,5%	1,50	0,37	<b>25%</b>	0,012
T05'	0,90	166,68	166,37	21,50	1,5%	1,50	0,37	<b>25%</b>	0,012
T06	3,30	169,83	168,70	37,37	3%	2,00	0,56	<b>28%</b>	0,012
T07	11,90	163,08	161,51	52,31	3%	2,00	0,28	<b>14%</b>	0,012
T08	1,00	184,73	184,23	83,71	3%	1,50	0,31	<b>21%</b>	0,012
T08'	1,00	181,46	180,88	18,76	3%	1,50	0,31	<b>21%</b>	0,012
T09	0,50	187,90	186,83	35,92	3%	1,50	0,20	<b>13%</b>	0,012
T10	0,10	188,42	188,00	32,23	1,5%	2,00	0,07	<b>4%</b>	0,012
T11	2,50	169,09	158,90	58,93	3%	2,00	0,47	<b>24%</b>	0,012
T12	7,30	167,00	166,00	65,53	1,5%	2,00	1,31	<b>66%</b>	0,012
T13	1,40	164,89	163,83	33,71	3,15%	1,50	0,39	<b>26%</b>	0,012
T15	2,60	168,97	167,32	55,49	3%	2,00	0,48	<b>24%</b>	0,012
T16	1,20	175,00	174,00	38,31	3%	1,50	0,36	<b>24%</b>	0,012
T18	5,20	166,60	166,14	30,90	1,5%	2,00	1,01	<b>51%</b>	0,012
T19	17,80	169,58	169,00	58,25	1%	3,00	1,98	<b>66%</b>	0,012
T20	0,60	199,28	198,82	31,30	1,5%	1,50	0,28	<b>19%</b>	0,012
T22	2,90	185,40	184,07	44,07	3%	2,00	0,52	<b>26%</b>	0,012
T23	1,80	178,00	177,00	34,07	3%	2,00	0,37	<b>19%</b>	0,012
T24	1,30	175,76	175,29	31,30	1,5%	1,50	0,48	<b>32%</b>	0,012
T25	3,00	174,09	137,63	37,63	1%	2,00	0,78	<b>39%</b>	0,012
T26	3,70	176,96	176,66	28,54	1,1%	2,00	0,91	<b>46%</b>	0,012
T27	5,80	178,50	178,05	31,12	1,5%	2,00	1,09	<b>55%</b>	0,012
T28	3,10	179,07	178,78	28,54	1%	2,00	0,80	<b>40%</b>	0,012
T29	1,20	179,40	178,38	68,97	1,5%	1,50	0,45	<b>30%</b>	0,012
T30	2,30	179,17	178,13	70,74	1,5%	2,00	0,56	<b>28%</b>	0,012
T31	4,10	181,62	180,67	64,28	1,5%	2,00	0,85	<b>43%</b>	0,012
T32	4,50	181,30	180,31	67,29	1,5%	2,00	0,91	<b>46%</b>	0,012

Tabella 6 - Tabella riepilogativa verifica tombini interferenti con la viabilità principale

### 4.3 SISTEMA DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE

Per garantire lo smaltimento delle acque meteoriche lungo la piattaforma stradale, si è realizzato un sistema di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma mediante la realizzazione di un sistema chiuso per circa il 90% del Lotto9 realizzando un sistema di collettori in PEAD, caditoie, pozzetti e vasche di prima pioggia. Laddove non era possibile intervenire con un sistema chiuso si è optato al classico sistema aperto mediante l'utilizzo di canalette, embrici e fossi di guardia.

La verifica di un idoneo dimensionamento delle canalizzazioni di drenaggio è stata effettuata facendo riferimento alle condizioni di moto uniforme, attraverso la relazione di Chezy.

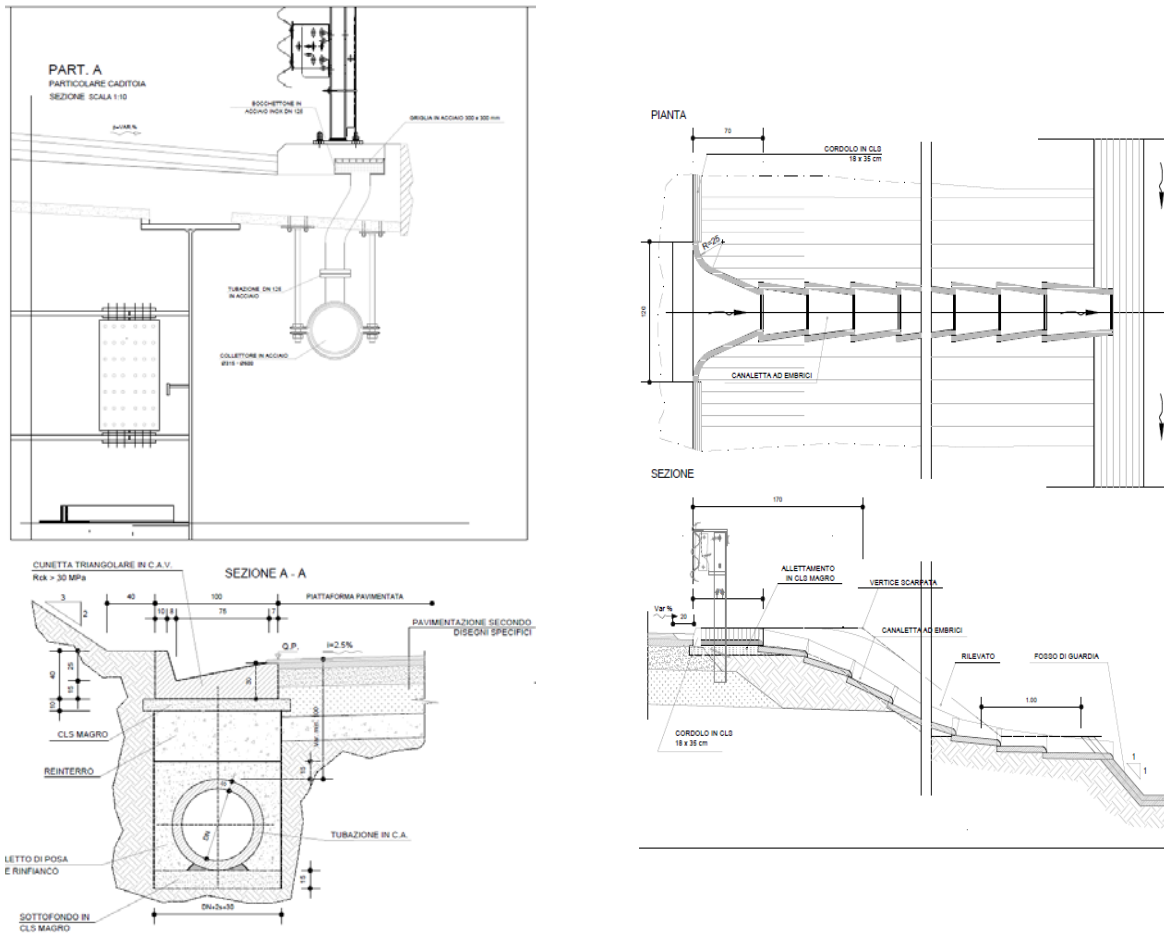


Figura 4.18 - Particolare smaltimento acque

Per le specifiche del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma si rimanda all'elaborato T00-ID00-IDR-RE02.



## 5 OPERE D’ARTE

Lungo il tracciato si prevede la costruzione di 2 viadotti, 4 cavalcavia, 3 sottovia, 20 ponticelli e 49 tombini. Il censimento delle opere d’arte presenti ha individuato 34 opere d’arte suddivise in 2 viadotti, 9 ponticelli e 23 tombini; di cui è prevista la demolizione completa, sia per ragioni di compatibilità idraulica, sia per il necessario ampliamento delle luci da superare a seguito dell’inserimento della nuova carreggiata sia per la necessità di adeguare il progetto ai nuovi standard di sicurezza normativi.

Le opere in progetto sono state verificate applicando le NTC 2018. In particolare si è adottata la vita nominale pari a 100 anni e classe d’uso IV per tutte le opere d’arte ad eccezione delle opere di sostegno per le quali la vita nominale è di 50 anni e la classe d’uso IV.

### 5.1 OPERE D’ARTE MAGGIORI

#### 5.1.1 Viadotto sul fiume Merse

I viadotti sul fiume Merse sono due viadotti distinti, uno per ciascuna carreggiata, costituiti da quattro campate con luce di calcolo rispettivamente pari a 30-40-60-45m e lunghezza complessiva di 175 m. L’impalcato è a sezione mista di larghezza variabile con valore minimo pari a 11.25m. L’impalcato del viadotto in sinistra, in affiancamento all’esistente da demolire, è costituito da 2 travi in acciaio, mentre l’impalcato in destra è costituito da 2 travi in acciaio nelle prime tre campate e da 3 travi nell’ultima campata da 45.00m, di altezza variabile da 2.20 a 2.80m. Per entrambi i viadotti sono stati previsti traversi a parete piena posti ad un interasse pari a 5.00m, una soletta in c.a. composta di lastre predalles e calcestruzzo armato gettato in opera per uno spessore complessivo pari a 30+6cm e controventi orizzontali a livello dell’intradosso dell’impalcato. Le spalle dei viadotti sono spalle tradizionali realizzate in calcestruzzo armato e fondate su pali di grande diametro ( $\varnothing 1500$ ), mentre le pile circolari di diametro  $\varnothing 3000$  sono fondate su pozzi di 6m di diametro e profondità 12m, per la cui costruzione sono previsti pali secanti  $\varnothing 600$  di lunghezza 20m. Per gli appoggi, al fine di ridurre le sollecitazioni trasmesse dall’impalcato alle sottostrutture in fase sismica, sono previsti isolatori HDRB per tutte le sottostrutture.

Si riportano di seguito alcune viste dell’opera in progetto.

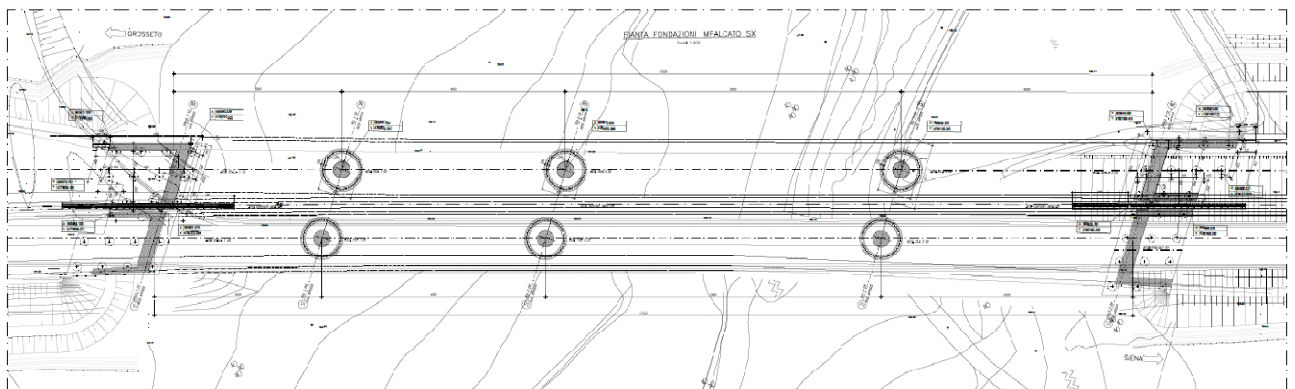


Figura 5.1 – Pianta Viadotto sul fiume Merse

**RELAZIONE GENERALE**

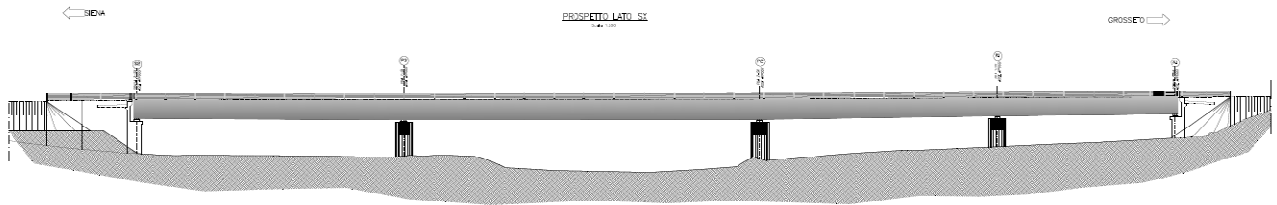


Figura 5.2 – Prospetto viadotto sul fiume Imerse

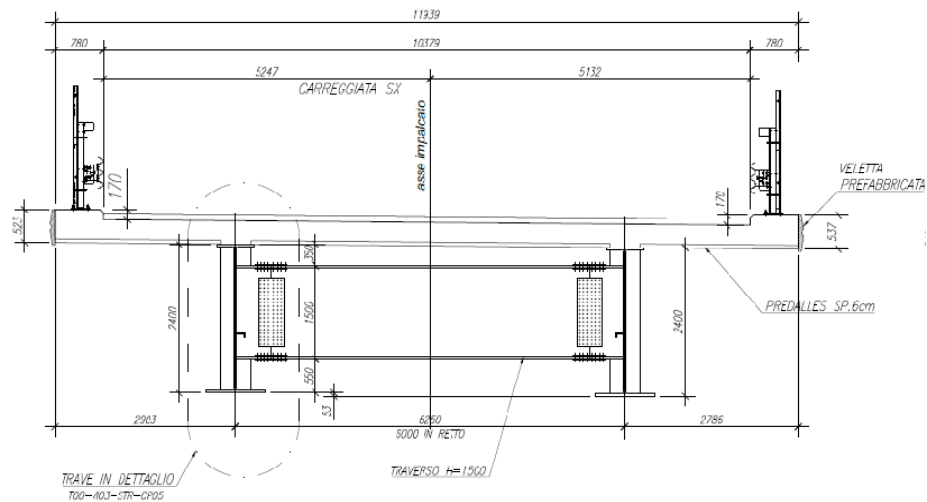


Figura 5.3 – Sezione trasversale impalcato Viadotto sul fiume Merse

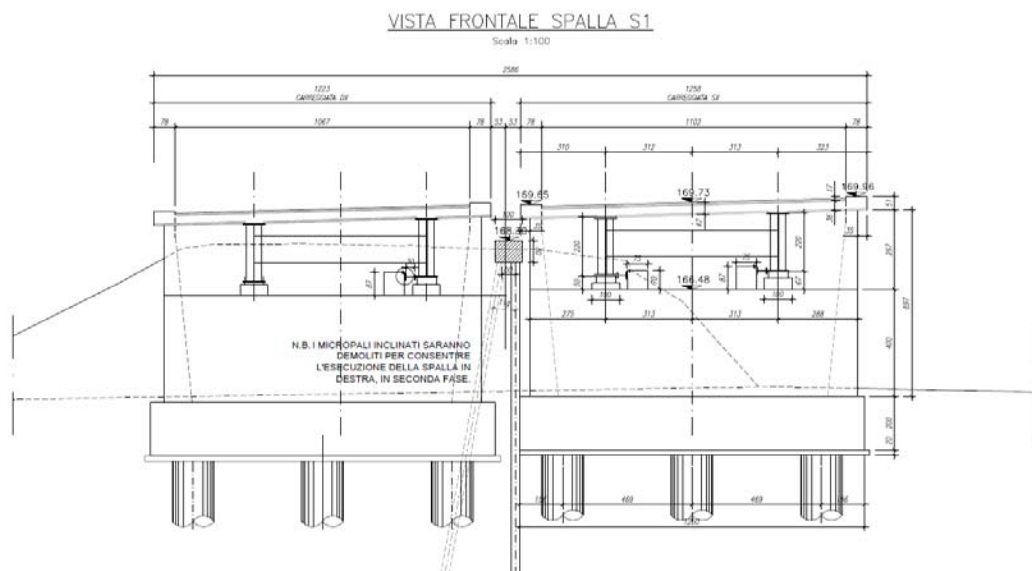


Figura 5.4 – Sezione trasversale spalle Viadotto sul fiume Merse

**RELAZIONE GENERALE**

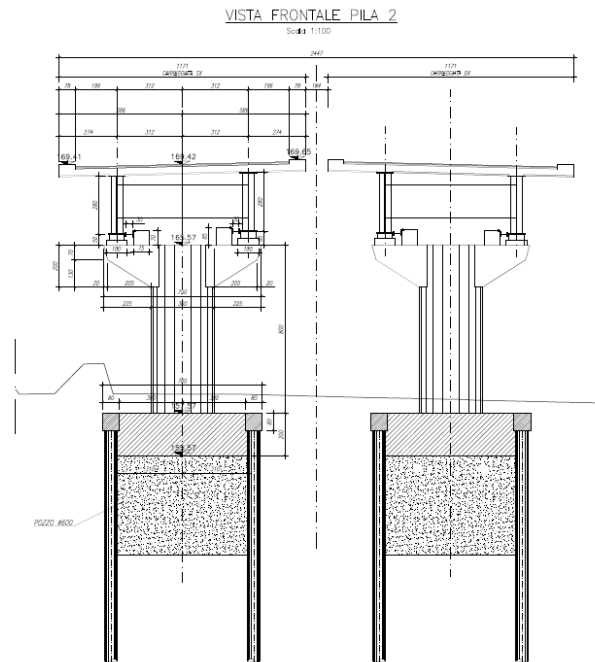


Figura 5.5 – Sezione trasversale pile Viadotto sul fiume Merse

### 5.1.2 Viadotto sul Fosso Ornate

I viadotti sul fiume Ornate sono due viadotti distinti, uno per ciascuna carreggiata, identici, solo sfalsati planimetricamente. Sono costituiti da tre campate con luce di calcolo rispettivamente pari a 50-85-50m e lunghezza complessiva di 185 m, impalcato a sezione mista di larghezza pari a 11.25m. Gli impalcati sono costituiti da 2 travi in acciaio di altezza variabile da 2.50 a 3.70m, da traversi a parete piena posti ad un interasse medio di 5.00m e da una soletta in c.a. composta di lastre predalles e calcestruzzo armato gettato in opera per uno spessore pari a 30+6cm e controventi orizzontali a livello dell'intradosso dell'impalcato. In ciascun viadotto è prevista una spalla passante fondata su pali Ø1200 ed una spalla tradizionale fondata su pali Ø1500. Le pile circolari di diametro Ø3000 sono fondate su pozzi di 6m di diametro e profondità 12m, per la cui costruzione sono previsti pali secanti Ø600 di lunghezza 20m. Per gli appoggi, al fine di ridurre le sollecitazioni trasmesse dall'impalcato alle sottostrutture in fase sismica, sono previsti isolatori HDRB per tutte le sottostrutture.

Si riportano di seguito alcune viste dei viadotti.

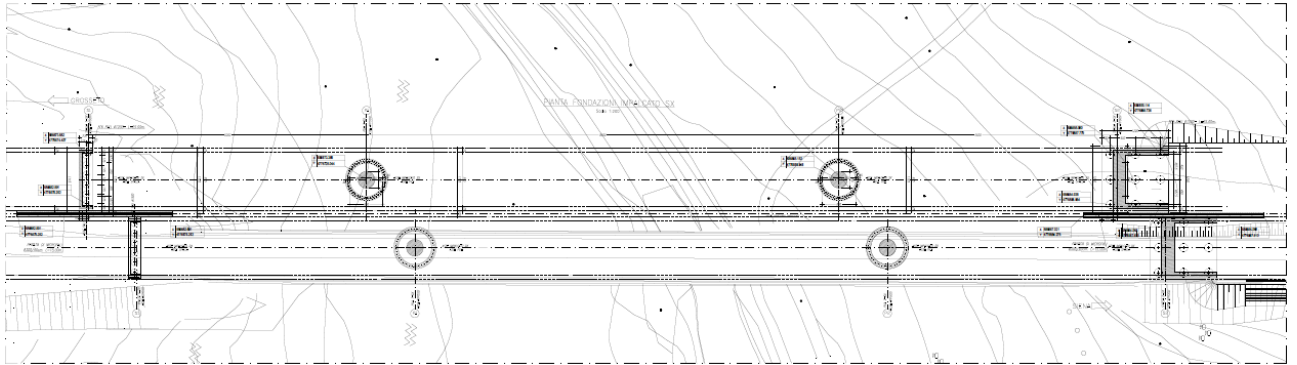


Figura 5.6 – Pianta Viadotto sul fiume Orate

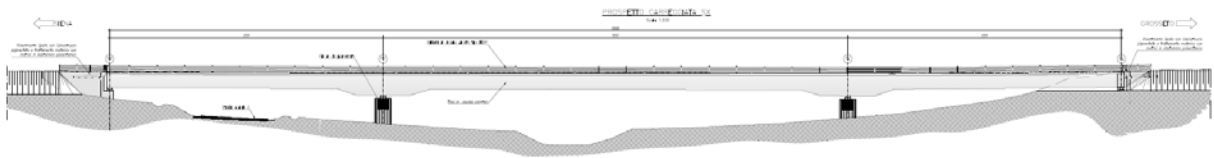


Figura 5.7 – Prospetto Viadotto sul fiume Orate

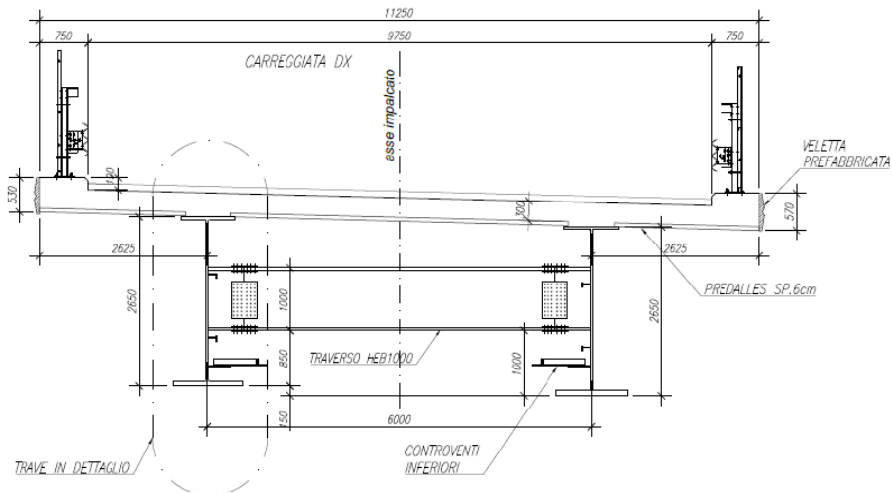


Figura 5.8 – Sezione trasversale impalcato Viadotto sul fiume Orate

RELAZIONE GENERALE

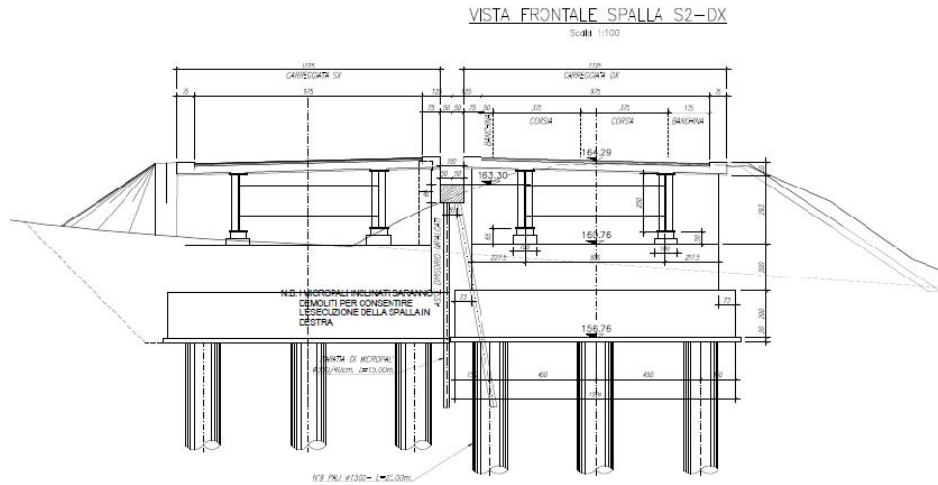


Figura 5.9 – Sezione trasversale spalle Viadotto sul fiume Ornate

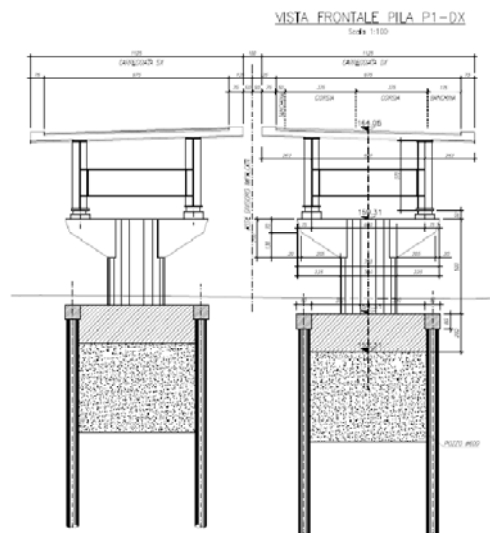


Figura 5.10 – Sezione trasversale pile Viadotto sul fiume Ornate

### 5.1.3 Cavalcavia

Nel progetto esecutivo sono stato confermati i cavalcavia già previsti nel progetto definitivo, ovvero il cavalcavia al km 43+985 per l'attraversamento di una viabilità secondaria esistente, il cavalcavia "Frontignano" con cui la viabilità comunale sovrappassa l'asse principale alla progressiva km 50+863 e il cavalcavia dello svincolo "Ponticini" con cui si sovrappassano l'asse principale e le complanari viabilità comunali 4 e 5 (km 53+126). Infine, per garantire il collegamento della località Bagnaia con la rete viaria locale e con il versante ovest del tracciato principale, è stata prevista la realizzazione di un nuovo cavalcavia che colleghi le viabilità Comunale 4 (Secondaria 4 nel PE) e Comunale 5 (Secondaria 5 nel PE).

### Cavalcavia al km 43+986

Il cavalcavia presenta campata unica di luce pari a 40m, con impalcato a sezione mista di larghezza costante pari a 7.50m. L'impalcato è costituito da n° 2 travi in acciaio di altezza pari a 1.85m, da traversi a parete piena, posti ad un interasse pari a 4.00m e da una soletta in c.a. composta di lastre predalles e calcestruzzo armato gettato in opera per uno spessore pari a 30+6cm, sono previsti inoltre controventi orizzontali a livello dell'intradosso dell'impalcato. Le due spalle del cavalcavia sono realizzate in calcestruzzo armato, fondate su pali di grande diametro ( $\varnothing 1200\text{mm}$ ). Per gli appoggi, al fine di ridurre le sollecitazioni trasmesse dall'impalcato alle sottostrutture in fase sismica, sono previsti isolatori HDRB.



**RELAZIONE GENERALE**

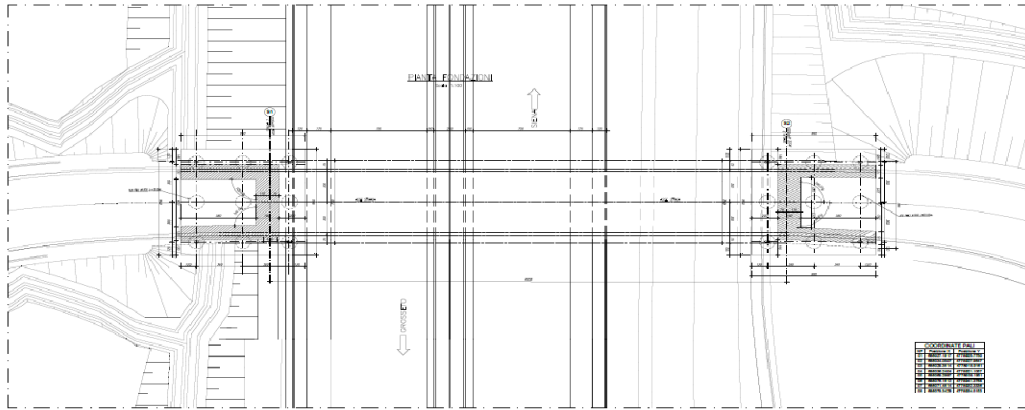


Figura 5.11 – Pianta CV01

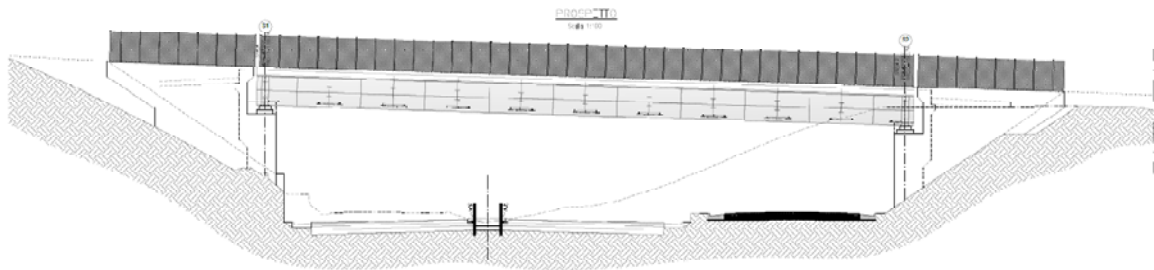


Figura 5.12 – Prospetto CV01

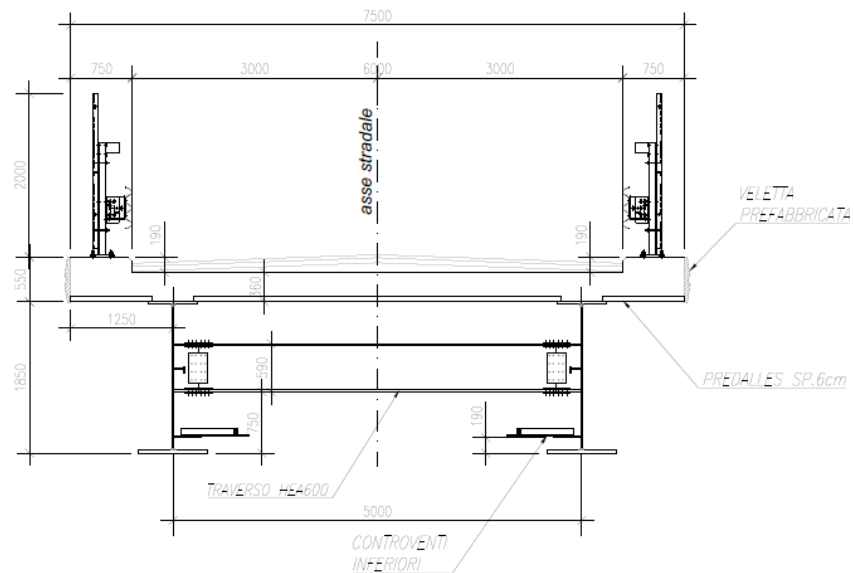


Figura 5.13 – Sezione trasversale CV01

### Cavalcavia Frontignano al km 50+864

Il cavalcavia presenta campata unica di luce pari a 44m, con impalcato a sezione mista di larghezza costante pari a 7.50m. L'impalcato è costituito da n° 2 travi in acciaio di altezza pari a 2.05m, da traversi a parete piena, posti ad un interasse pari a 4.00m e da una soletta in c.a. composta di lastre predalles e calcestruzzo armato gettato in opera per uno spessore pari a 30+6cm, sono previsti inoltre controventi orizzontali a livello dell'intradosso dell'impalcato. Le due spalle del cavalcavia sono realizzate in terra armata con due cordoli, con funzione di appoggio per l'impalcato fondati su pali di grande diametro ( $\varnothing 1200\text{mm}$ ). Per gli appoggi, al fine di ridurre le sollecitazioni trasmesse dall'impalcato alle sottostrutture in fase sismica, sono previsti isolatori HDRB.

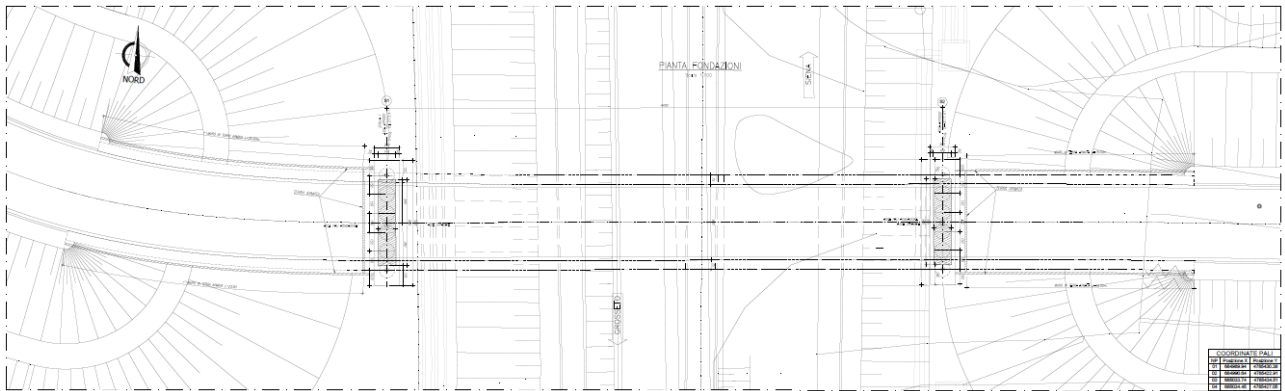


Figura 5.14 – Pianta CV02

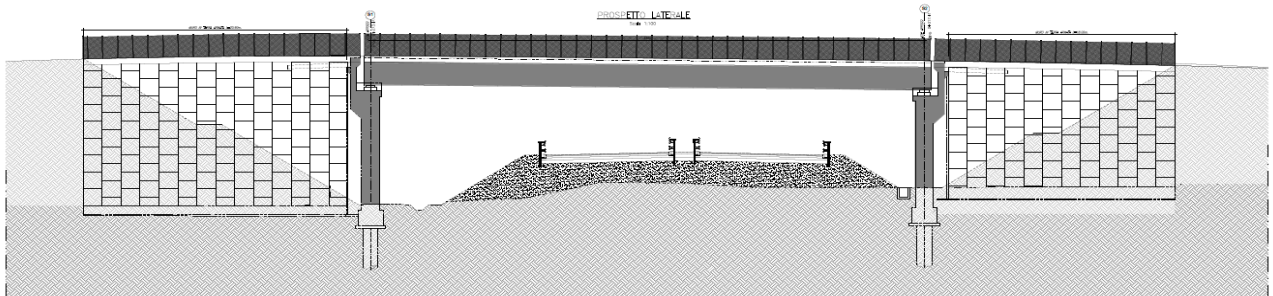
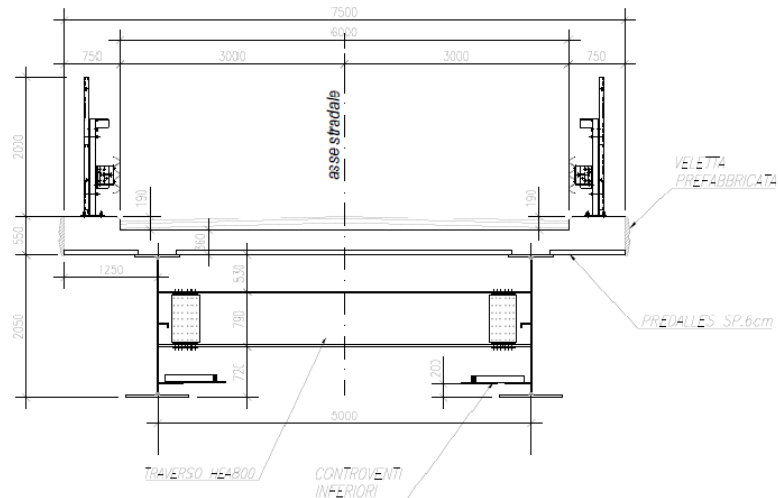


Figura 5.15 – Prospetto CV02

RELAZIONE GENERALE



gura 5.16 – Sezione trasversale CV02

**Cavalcavia di svincolo Ponticini al km 53+127**

Il cavalcavia presenta tre campate di luce pari rispettivamente a 24-36-24m, con impalcato a sezione mista di larghezza costante pari a 11m. L’impalcato è costituito da n° 2 travi in acciaio di altezza pari a 1.75m, da traversi a parete piena, posti ad un interasse pari a 4.00m e da una soletta in c.a. composta di lastre predalles e calcestruzzo armato gettato in opera per uno spessore pari a 30+6cm, sono previsti inoltre controventi orizzontali a livello dell’intradosso dell’impalcato. Le due spalle del cavalcavia sono realizzate in terra armata con due cordoli, con funzione di appoggio per l’impalcato fondati su pali di grande diametro ( $\varnothing 1200\text{mm}$ ). Le pile poggiano su pali  $\varnothing 1200$ . Per gli appoggi, al fine di ridurre le sollecitazioni trasmesse dall’impalcato alle sottostrutture in fase sismica, sono previsti isolatori HDRB.

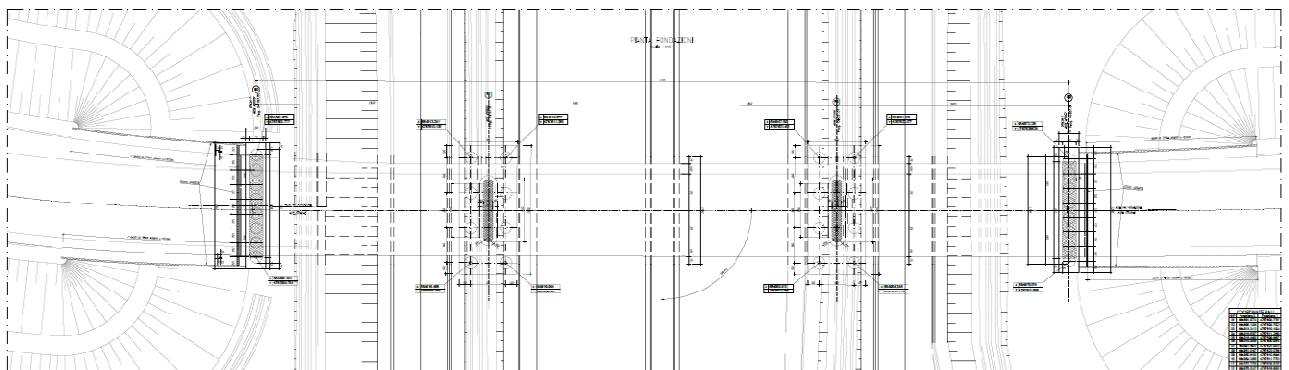


Figura 5.17 – Pianta CV03

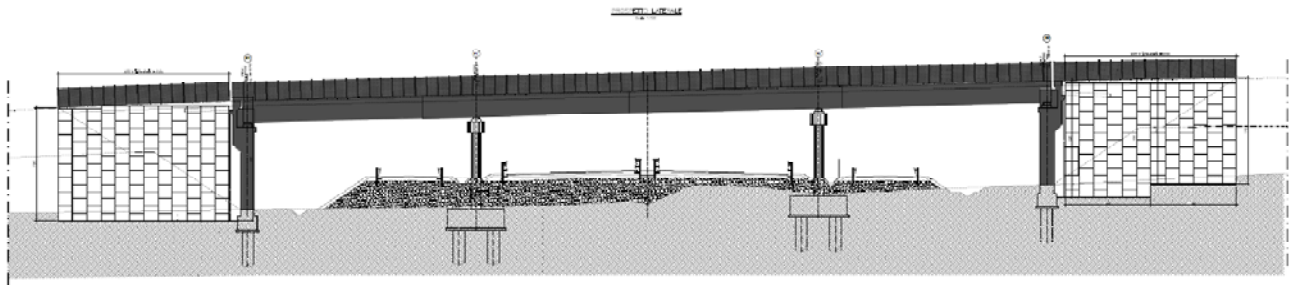
**RELAZIONE GENERALE**

Figura 5.18 – Prospetto CV03

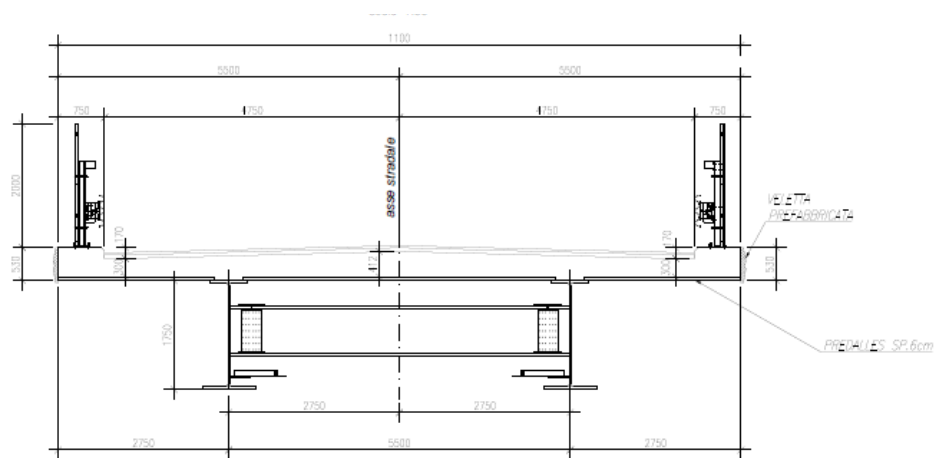


Figura 5.19 – Sezione trasversale CV03

**Cavalcavia agricola Merse al km 52+111**

Il cavalcavia presenta campata unica di luce pari a 40m, con impalcato a sezione mista di larghezza costante pari a 7.50m. L'impalcato è costituito da n° 2 travi in acciaio di altezza pari a 1.85m, da traversi a parete piena, posti ad un interasse pari a 4.00m e da una soletta in c.a. composta di lastre predalles e calcestruzzo armato gettato in opera per uno spessore pari a 30+6cm, sono previsti inoltre controventi orizzontali a livello dell'intradosso dell'impalcato. Le due spalle del cavalcavia sono realizzate in calcestruzzo armato, fondate su pali di grande diametro ( $\varnothing 1200\text{mm}$ ). Per gli appoggi, al fine di ridurre le sollecitazioni trasmesse dall'impalcato alle sottostrutture in fase sismica, sono previsti isolatori HDRB.

**RELAZIONE GENERALE**

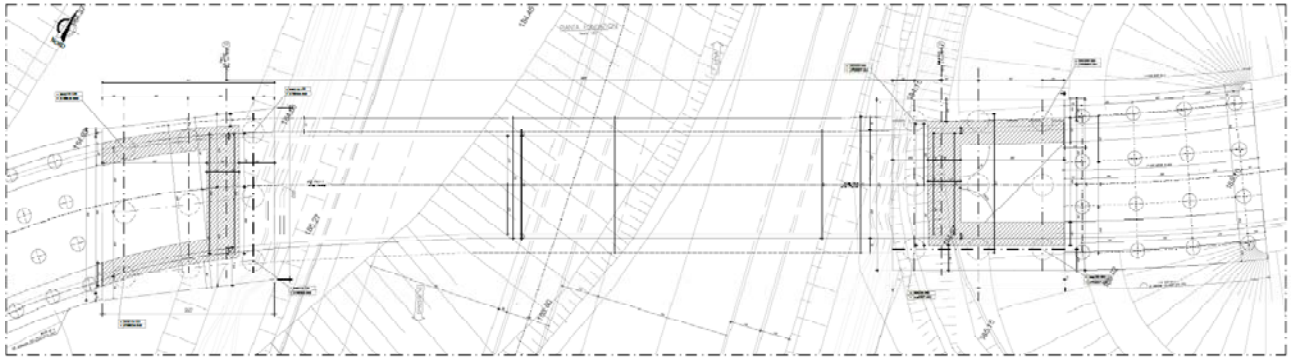


Figura 5.20 – Pianta CV04

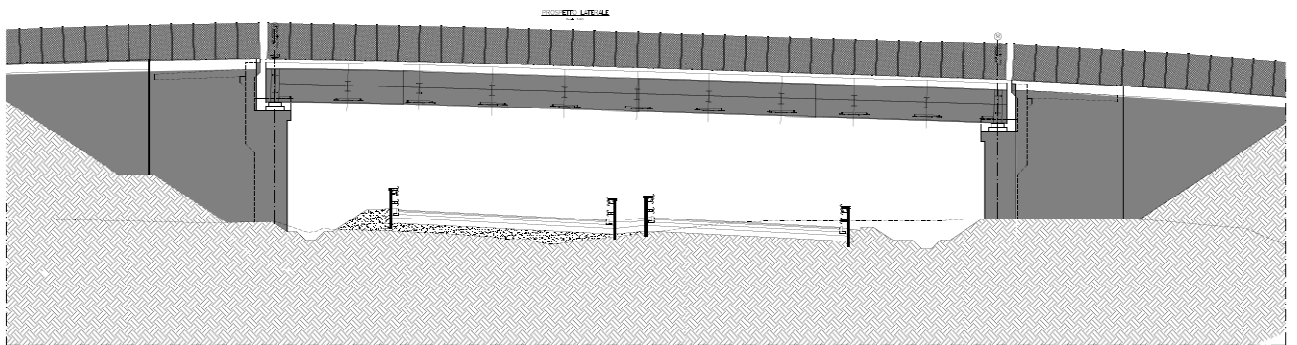


Figura 5.21 – Prospetto CV04

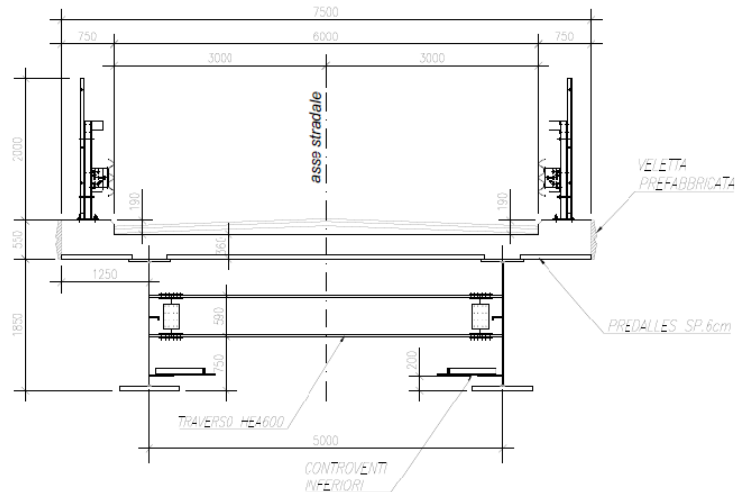


Figura 5.22 – Sezione trasversale CV04



#### 5.1.4 Sottovia

Lungo il tracciato sono previsti 3 sottovia, rispettivamente in corrispondenza dello svincolo “Il Picchetto” (km 44+375), il sottovia dello svincolo “Fontazzi” (km 46+909) e il sottovia con cui la viabilità comunale 2 attraversa l’asse principale (km 48+521).

##### Sottovia al km 44+371 sullo svincolo Picchetto

La struttura è costituita da uno scatolare in c.a. gettato in opera di dimensioni interne variabili da 15.50x6.50m a 16.50x6.50m e sviluppo complessivo di 45.20m, a singola carreggiata, con spessori di piedritti e pareti pari ad 1.50 m e solaio di fondazione di spessore 1.60 m. Completano la struttura muri ad U e micropali provvisionali  $\varnothing$  250 interasse 40cm tirantati, resi necessari per l’approfondimento dello scavo durante la costruzione.

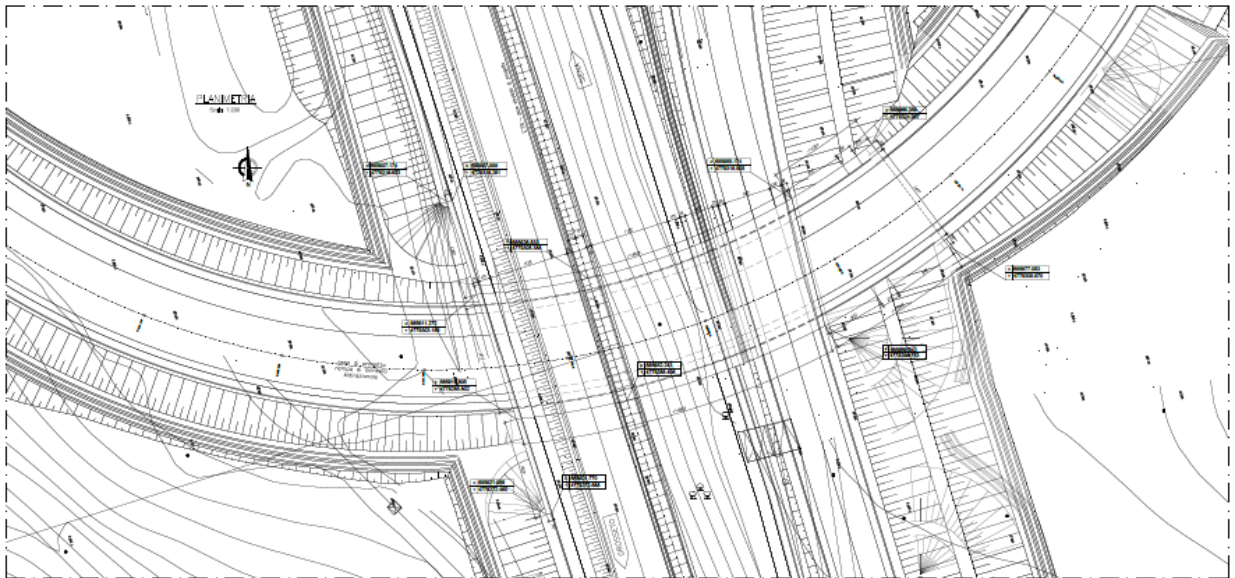


Figura 5.23 – Planimetria

##### Sottovia al km 46+894 sullo svincolo Fontazzi

La struttura è costituita da uno scatolare in c.a. gettato in opera e sviluppo complessivo di 32.06m, a doppia canna, con spessori di piedritti e pareti pari ad 1.50 m e solaio di fondazione di spessore 1.60 m. Completano la struttura muri andatori a mensola e micropali provvisionali  $\varnothing$  250 interasse 40cm tirantati, resi necessari per l’approfondimento dello scavo durante la costruzione.

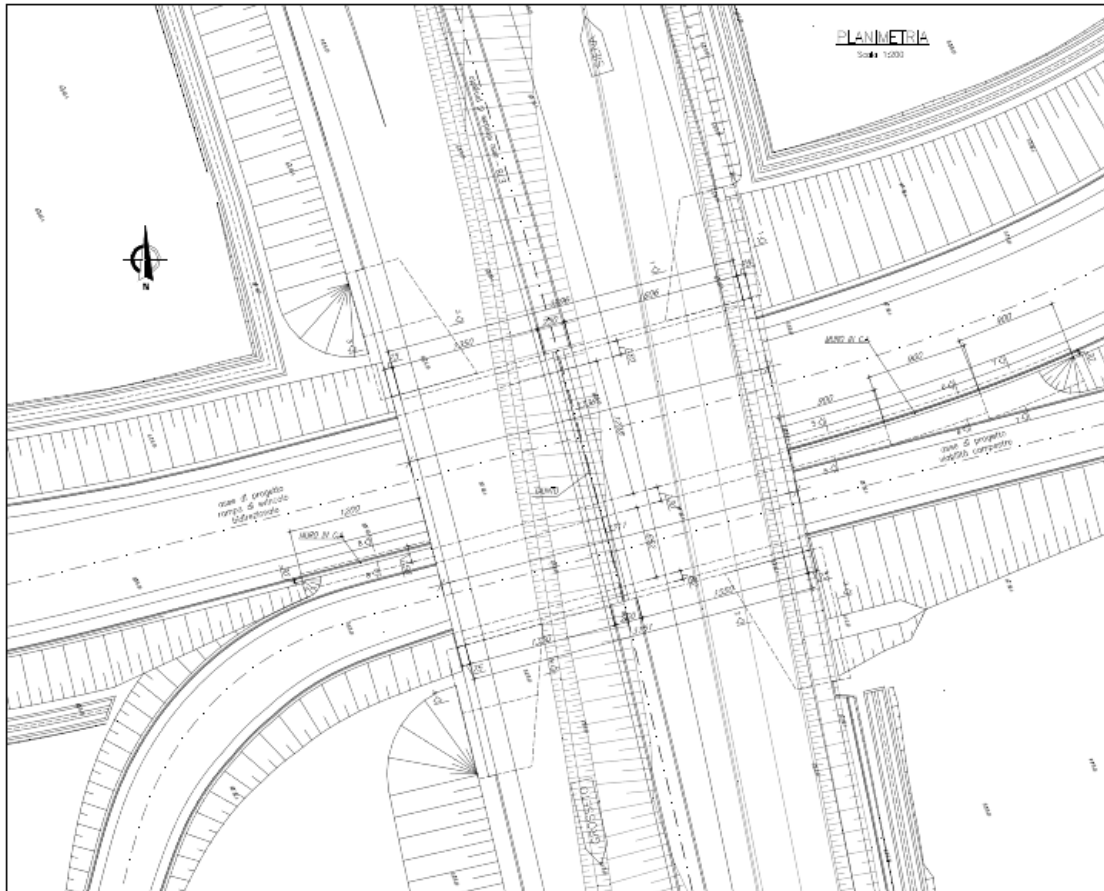


Figura 5.24 – Planimetria

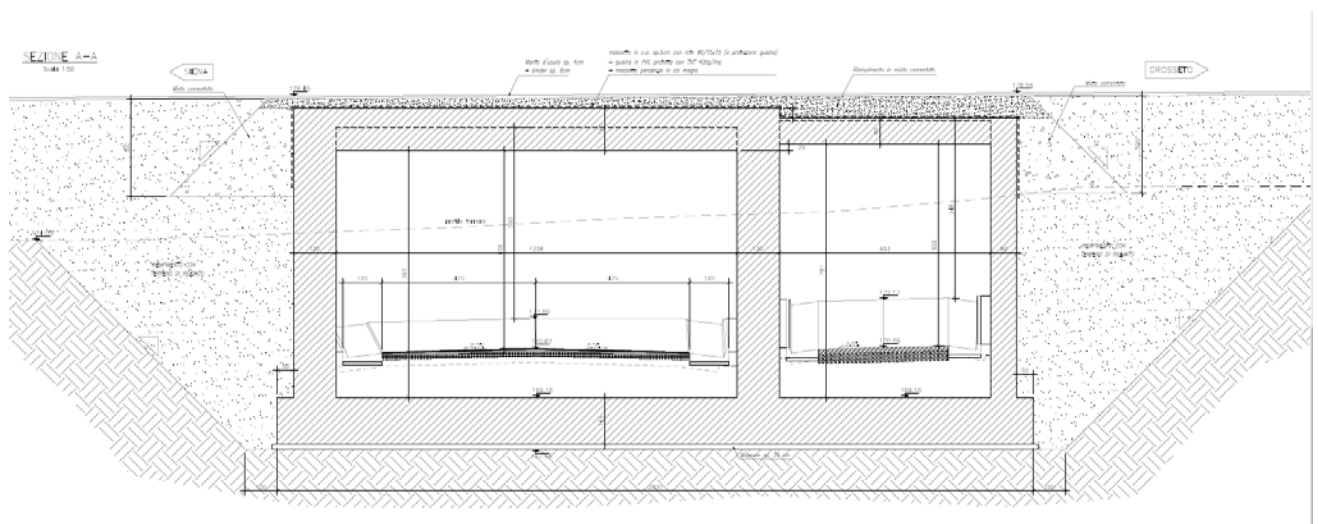


Figura 5.25 – Sezione trasversale

### Sottovia al km 48+511 sulla Viabilità Secondaria “2”

La struttura è costituita da uno scatolare in c.a. gettato in opera di dimensioni 6.800x8.00m e sviluppo complessivo di 23.50m, a singola carreggiata, con spessori di piedritti e pareti pari ad 0.90 m e solaio di fondazione di spessore 1.10 m. Completano la struttura muri ad U e micropali provvisionali  $\varnothing$  250 interasse 40cm tirantati, resi necessari per l’approfondimento dello scavo durante la costruzione.

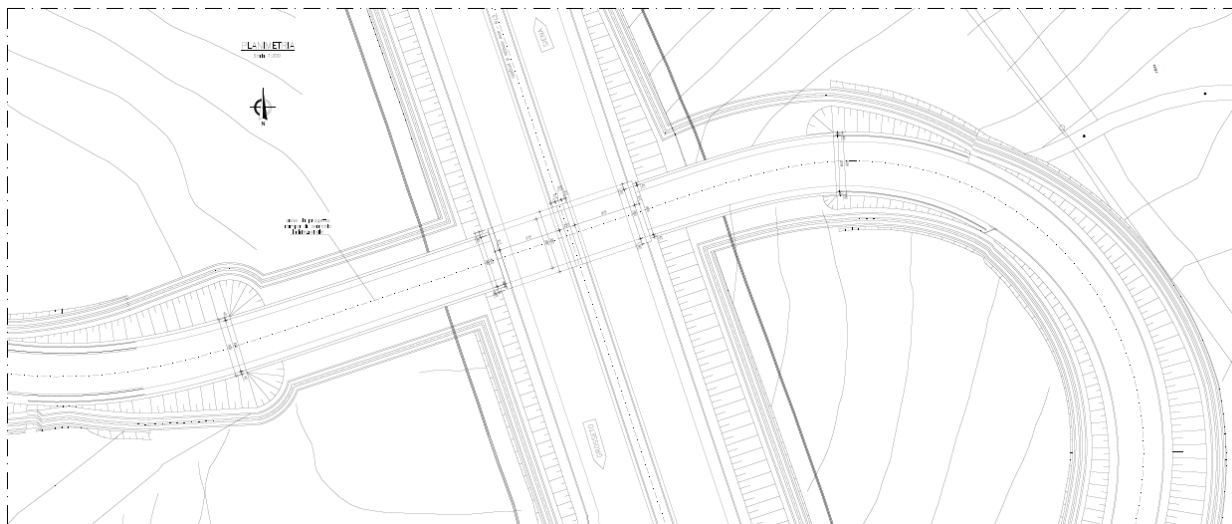


Figura 5.26 – Planimetria

## 5.2 OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO

Le opere di attraversamento idraulico sono costituite da ponticelli per gli attraversamenti maggiori e tombini idraulici per gli attraversamenti secondari.

### 5.2.1 Ponticelli

In fase di progetto definitivo è stata confermata la soluzione prevista nel PD, con la demolizione integrale delle opere esistenti e la successiva ricostruzione per attraversare entrambe le carreggiate della nuova infrastruttura. L’impalcato dei ponticelli verrà realizzato con travi prefabbricate e soletta collaborante in c.a., di luce pari a 10m o 20m, sostenuto da spalle anch’esse in c.a. gettato in opera su fondazioni profonde. In presenza di franchi idraulici ridotti si è adottata la sezione scatolare. Per ogni struttura, le fasi di costruzione tengono conto sia del mantenimento in esercizio della viabilità sia dell’interferenza con la struttura esistente. Si riassumono nella tabella seguente le caratteristiche dei ponticelli adottati.

PROGRESSIVA PE (m):	NOME PE:	NOME OPERA:	VIABILITA' INTERESSATE:	TIPOLOGIA IMPALCATO	LUCE (m)
		S 02	Secondaria Vicinale 1	scatolare	27
		S 03	Secondaria Vicinale 1		4.5
44032.79	Attrav S 5	S 05	Principale	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	10
	Attrav S 5	S 06	Secondaria Vicinale 4	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	10
	Fosso Faule	S 08	Secondaria Comunale 6	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	10
45012.59	Fosso Faule	S 09	Principale	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	10
45914.713	Fosso Cerri	S 11 P	Principale	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	10
	Fosso Cerri	S 11 sec	Secondaria Comunale 1	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	10
46046.019	Fosso Barottoli	S 12 P	Principale	scatolare	15
	Fosso Barottoli	S 12 sec	Secondaria Comunale 1	scatolare	15
47266.823	Fosso Montisi	S 14 P	Principale	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	10
	Fosso Montisi	S 14 sec	Secondaria Comunale 2	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	10
47976.383	Fosso Maceratano	S 15 P	Principale	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	20
	Fosso Maceratano	S 15 sec	Secondaria Comunale 2	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	20
50038.196	Attrav S 17	S 17	Principale	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	10
51753.695	Fosso San Biagio	S 19	Principale	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	20
	Fosso San Biagio	S 20	Secondaria	Travi c.a.p. e soletta in c.a.	20
52298.383	Fosso Bagnoli	S 22	Principale	scatolare	15
	Fosso Bagnoli	S 21 sec	Secondaria Comunale 4	scatolare	15
	Fosso Bagnoli	S 22 sec	Secondaria Comunale 5	scatolare	15

Tabella 7 – Geometria e posizionamento ponticelli

### 5.2.2 Tombini

Si prevede la realizzazione di 33 tombini lungo la viabilità e 16 tombini Ø1500 lungo le viabilità secondarie. Di questi 13 sono stati progettati per svolgere anche funzione faunistica. Per ogni struttura, le fasi di costruzione tengono conto del mantenimento in esercizio della viabilità sia dell'interferenza con la struttura esistente.

Tombini E78 - Lotto 9				
Nome	Progressiva PE (m)	tipo	sezione (DN-b*h)	Attraversamenti faunistici
tombino 2	41+162.535	scatolare	2,5*2	F
tombino 3	42+528.553	scatolare	3*2	F
tombino 4	42+672.158	scatolare	2,5*2	F
tombino 5	42+849.189	circolare	1500	
tombino 6	43+168.017	scatolare	2*2	
tombino 7	43+372.099	circolare	3*2	F
tombino 8	43+694.138	circolare	1500	
tombino 9	43+860.176	circolare	1500	
tombino 11	44+337.504	scatolare	2,5*2	F
tombino 11 C	44+466.17	circolare	1500	
tombino 11 D	44+516.94	circolare	1500	
tombino 12	44+748.255	scatolare	2*2	
tombino 13	45+513.182	circolare	1500	
tombino 15	46+426.094	scatolare	2,5*2	F
tombino 16	46+820.128	circolare	2x2	
tombino 17	47+022.753		2X2	
tombino 18	47+501.275	scatolare	2,5*2	F
tombino 19	48+325.172	scatolare	3*3	
tombino 20	49+200.536	circolare	1500	
tombino 22	49+511.640	scatolare	2,5*2	F
tombino 23	49+774.040	scatolare	2*2	
tombino 24	50+313.903	circolare	1500	
tombino 25	50+622.181	scatolare	2,5*2	F
tombino 26	50+836.856	scatolare	2,5*2	F
tombino 27	51+362.520	scatolare	2,5*2	F
tombino 28	51+490.772	scatolare	2,5*2	F
tombino 29	52+440.696	circolare	1500	
tombino 30	52+553.212	scatolare	2*2	
tombino 31	52+846.980	scatolare	2*2	
tombino 32	52+969.751	scatolare	4*2,5	F
tombino 33	53+204.237	scatolare	2*2	
tombino 34	53+338.74	scatolare	2*2	
tombino 35	53+653.31	scatolare	2*2	

Tabella 8 – Geometria e posizionamento tombini sulla viabilità principale



RELAZIONE GENERALE

Tombini E78 - Lotto 9			
Nome	Progressiva PE (m)	tipo	sezione (DN-b*h)
tombino S 01	Vicinale 2	circolare	1500
tombino S 02	svincolo Picchetto	circolare	1500
tombino S 03	svincolo Picchetto	circolare	1500
tombino S 04	svincolo Picchetto	circolare	1500
tombino S 05	svincolo Picchetto	circolare	1500
tombino S 06	svincolo Fontazzi	circolare	1500
tombino S 07	svincolo Fontazzi	circolare	1500
tombino S 08	svincolo Fontazzi	circolare	1500
tombino S 09	Secondaria 2	circolare	1500
tombino S 10	Secondaria 2	circolare	1500
tombino S 11	Secondaria 2	circolare	1500
tombino S 12	Secondaria 2	circolare	1500
tombino S 13	Secondaria 2	circolare	1500
tombino S 14	svincolo Ponticini	circolare	1500
tombino S 15	svincolo Ponticini	circolare	1500
tombino S 16	svincolo Ponticini	circolare	1500

Tabella 9 – Geometria e posizionamento tombini sulle viabilità secondarie

### 5.3 OPERE DI SOSTEGNO

Il progetto prevede la realizzazione di 22 opere di sostegno (muri, paratie, terre rinforzate), per le quali, per contrastare l'artificialità dei paramenti a vista, si sono adottati, in luogo delle superfici cementizie a vista, particolari pannelli prefabbricati rivestiti in pietra locale coerenti con le tipologie costruttive del luogo o pigmentati per un migliore inserimento ambientale.

### 5.4 OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA E OPERE DI PROTEZIONE

#### 5.4.1 Scogliere

Il progetto esecutivo prevede la realizzazione di quattro opere di protezione spondale finalizzate alla salvaguardia dell'infrastruttura ai possibili rischi idraulici.

In particolare sono previste quattro scogliere lungo il fiume Merse alle progressive:

- A protezione dello svincolo il Picchetto;
- Al km 50+180 in destra idraulica;
- lungo le pile del ponte sul Fiume Merse
- Tra il km 43+160 e il km 43+390 scogliere a protezione delle terre rinforzate.

Queste opere oltre a determinare un miglioramento dal punto di vista ambientale in termini di compatibilità idraulica apportando impatti positivi, sono volte alla rinaturalizzazione delle sponde fluviali



in massi con l'obiettivo di mitigarne l'impatto paesaggistico tramite l'inserimento di talee di specie arbustive dotate di elevata capacità di propagazione vegetativa.

È previsto l'inserimento di talee delle specie vegetali "Salix elaeagnos" (salice ripaiolo) in corrispondenza delle spalle nelle scogliere fuori acqua, mentre tra i massi posti sulle sponde fluviali si prevede l'aggiunta e l'intasamento con inerte sabbioso.

Le talee e gli astoni dovranno essere prelevati dal selvatico e messi a dimora nel verso di crescita previo taglio a punta e con disposizione perpendicolare o leggermente inclinata rispetto al piano di scarpata. I materiali impiegati dovranno essere di due o più anni di età, L min. 50-80 cm e Ø 2 - 5 cm e astoni (rami L 100-300 cm, dritti e poco ramificati). Dovranno sporgere al massimo per un quinto della loro lunghezza e in genere non più di 15 cm e con 3 gemme fuori terra. Le talee e gli astoni dovranno essere prelevati, trasportati e stoccati in modo da conservare le proprietà vegetative adottando i provvedimenti cautelativi in funzione delle condizioni climatiche e dei tempi di cantiere (copertura con teloni, immersione in acqua fredda, sotto la neve, in cella fredda-umida). La messa a dimora, infine, dovrà essere effettuata di preferenza nel periodo invernale, con esclusione dei periodi di gelo, e a seconda delle condizioni stagionali anche in altri periodi con esclusione del periodo di fruttificazione dei salici.

Di seguito si descrivono le 4 opere nel dettaglio.

#### OPERE DI DIFESA SPONDALE AL KM 50+320sx – KM50+180dx

Le scogliere previste lungo questa chilometrica, a differenza di quanto redatto dal precedente Progetto Definitivo, verranno realizzate sia in sinistra che in destra idraulica, la scelta di realizzare una seconda in quanto, dallo studio bidimensionale del Fiume Merse è emersa un'accelerazione locale delle particelle fluide in prossimità di tale sponda dovute alla realizzazione della scogliera in sinistra idraulica. Tale accelerazione dei filetti fluidi può, con il tempo, provocare erosioni localizzate lungo la sponda in destra idraulica del Fiume Merse generando così danni causati non dalla natura del Fiume stesso, bensì dall'opera che si andrà a realizzare per difendere il nuovo rilevato stradale.

Nell'immagine riportata si nota l'incremento di velocità lungo la sponda in destra idraulica del Fiume Merse.

Per la determinazione delle dimensioni dei massi naturali da impiegare per la costruzione della scogliera di protezione si è proceduto analogamente a quanto già riportato nel Progetto Definitivo variando, a seguito della modellazione bidimensionale, le velocità lungo l'opera assumendo che i massi possano essere assimilati a sfere per quanto riguarda la superficie ortogonale alla direzione della corrente ed il volume.

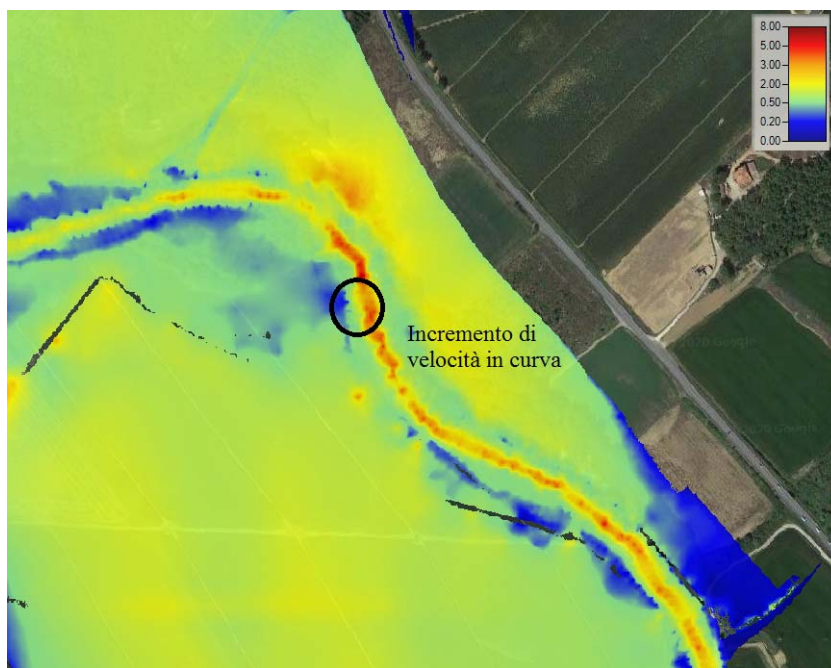


Figura 27 - Modello bidimensionale

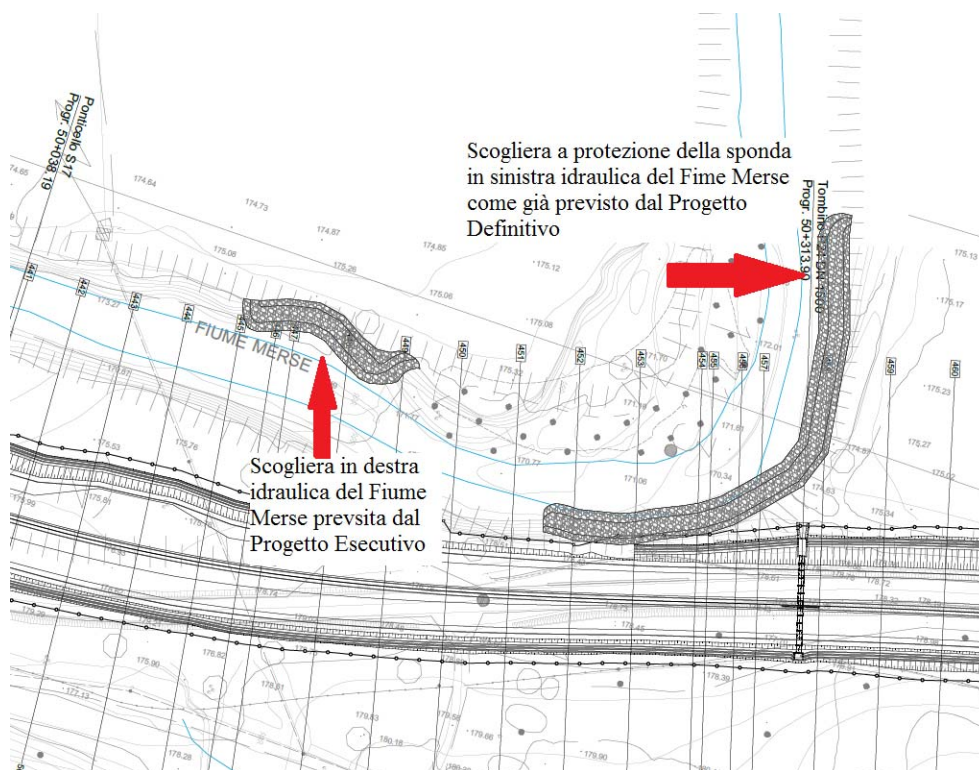


Figura 28 - Opere di difesa spondale Fiume Merse PE

VERIFICHE DEI FENOMENI DI EROSIONE LOCALIZZATA SULLE PILE DEL VIADOTTO SUL FIUME MERSE

MANDATARIA



MANDANTE



**ICARIA**  
società di ingegneria

Il Progetto definitivo prevedeva la realizzazione di opere di difesa delle pile del viadotto sul Fiume Merse a causa della corrente generata lungo le pile stesse. Nel Progetto Esecutivo, dopo lo studio bidimensionale del Fiume Merse, si sono rimodellate le protezioni in funzione delle velocità calcolate lungo le pile stesse. La metodologia adottate per il dimensionamento e le verifiche delle protezioni delle pile in massi naturali è il medesimo adottato dal Progetto Definitivo, anche per questa tipologia di protezione come per quelle spondali precedentemente descritte, si sono aggiornati i valori di velocità e per il caso specifico delle geometrie strutturali delle pile e delle fondazioni.

Nel Progetto Esecutivo si è aggiunta una ulteriore difesa in massi naturali rispetto a quanto previsto dal Precedente Progetto Definitivo. In funzione dello studio bidimensionale del Fiume Merse si sono evidenziate due problematiche che in fase di Progetto Definitivo non sono emerse e cioè, la necessità di proteggere la spalla in sinistra idraulica in quanto ricadente all'interno dell'area di esondazione della piena duecentennale ed il prolungamento di essa lungo il rilevato di allaccio con il viadotto in quanto questo risulta, per la suddetta piena, l'argine di contenimento e, a causa di variazione plano-altimetriche del terreno si sono notate delle importati accelerazioni proprio all'innesto tra rilevato e viadotto.

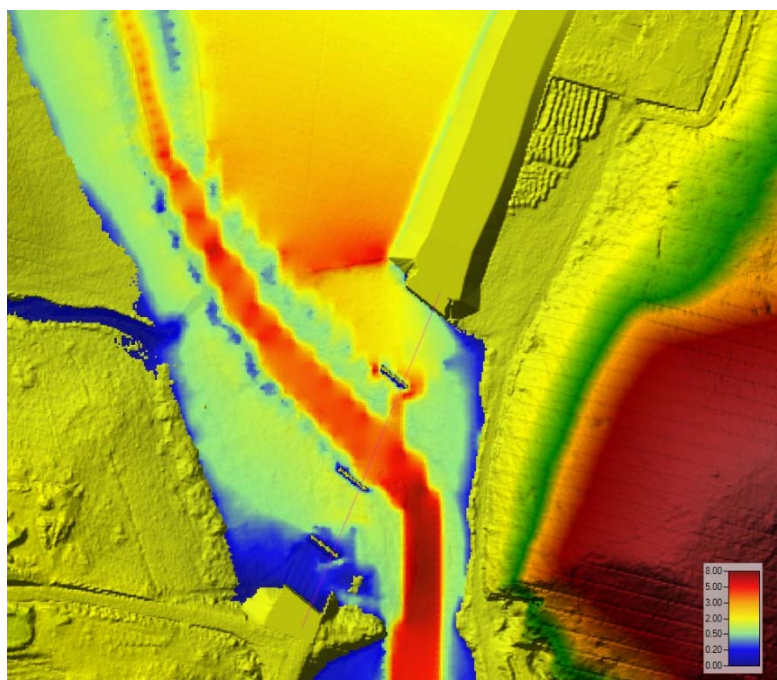


Figura 29 - Velocità sotto il viadotto Merse

Come Per le difese spondali precedentemente descritte, anche per la difesa del rilevato e della pila si è adottata la procedura utilizzata nel Progetto Definitivo.

RELAZIONE GENERALE

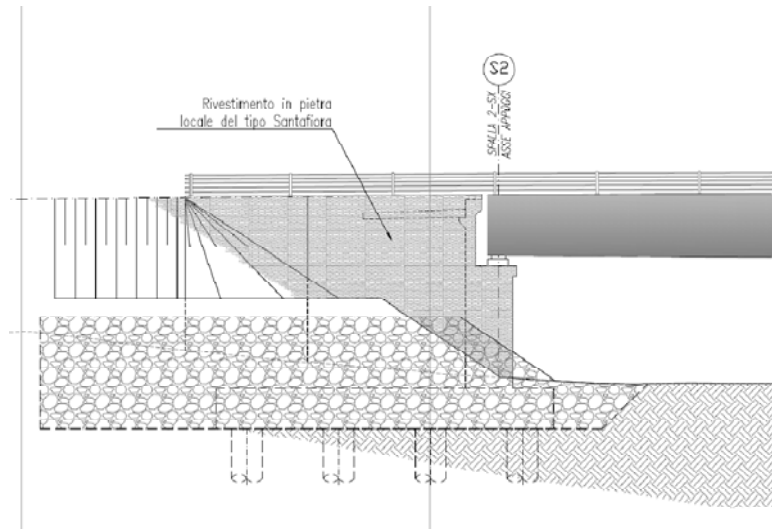


Figura 30 - Difesa rilevato e spalla S2 viadotto Merse

Per quanto concerne la tipologia di opere di difesa delle pile del viadotto Merse, si sono confermati tipologia di opere e metodologia di calcolo adottate nel Progetto Definitivo utilizzando, come già detto, i valori di velocità della corrente calcolati mediante la modellazione bidimensionale del Fiume Merse.

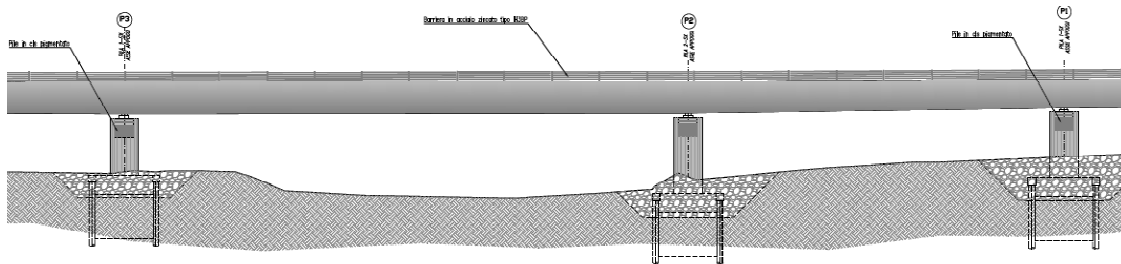
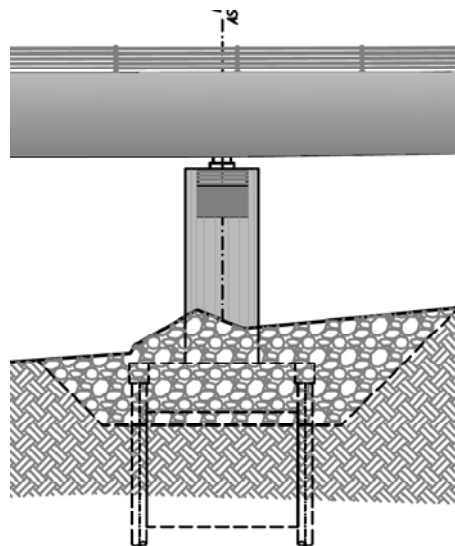


Figura 31 - Difesa pile viadotto Merse





**PROTEZIONE SVINCOLO PICCHETTO**

Durante lo studio dello svincolo Picchetto, dal punto di vista idraulico, si è evidenziata una criticità dovuta alla vicinanza del muro di sostegno all'alveo del Fiume Merse. Il piede del muro in oggetto è risultato all'interno dell'area di esondazione duecentennale del Fiume Merse, approfondendo lo studio a livello puntuale lungo lo svincolo stesso si è potuto notare che il tirante in prossimità dell'opera è dell'ordine dei centimetri di conseguenza non si sono riscontrate pericolosità idrauliche, la presenza però della piena ha portato alla decisione di realizzare una difesa al piede del muro in massi naturali per poter evitare qualsiasi tipo di instabilità dovuta alla piena decentennale. Anche in questo caso si sono adottate le medesime metodologia precedentemente illustrate facendo variare la velocità dell'acqua in funzione della progressiva dell'opera.

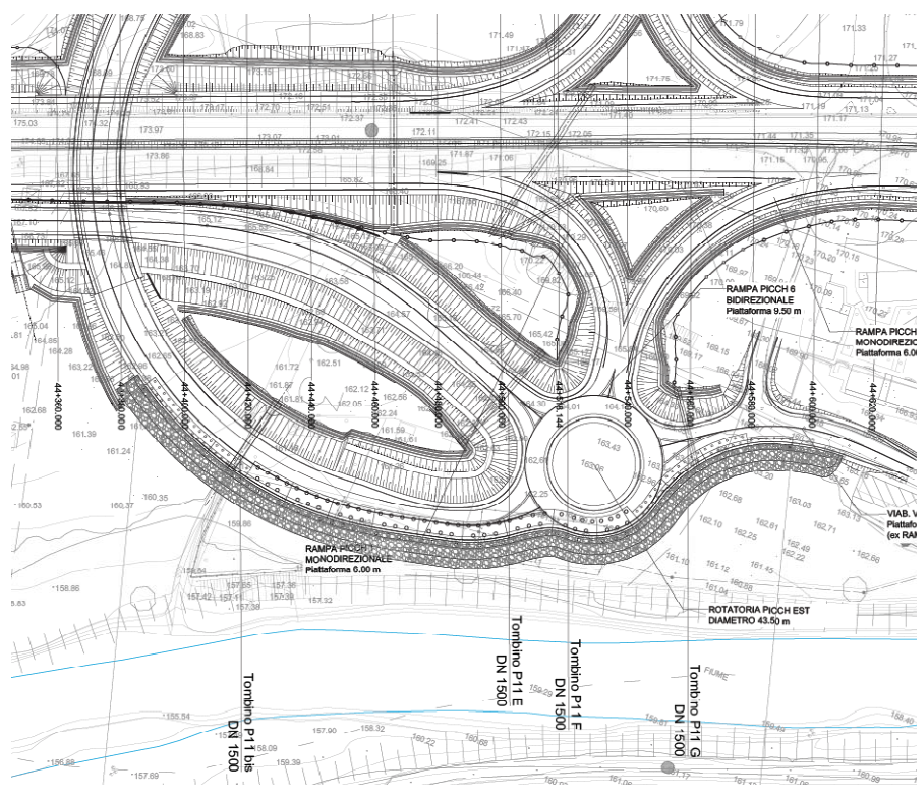


Figura 32 - Difesa svincolo Picchetto



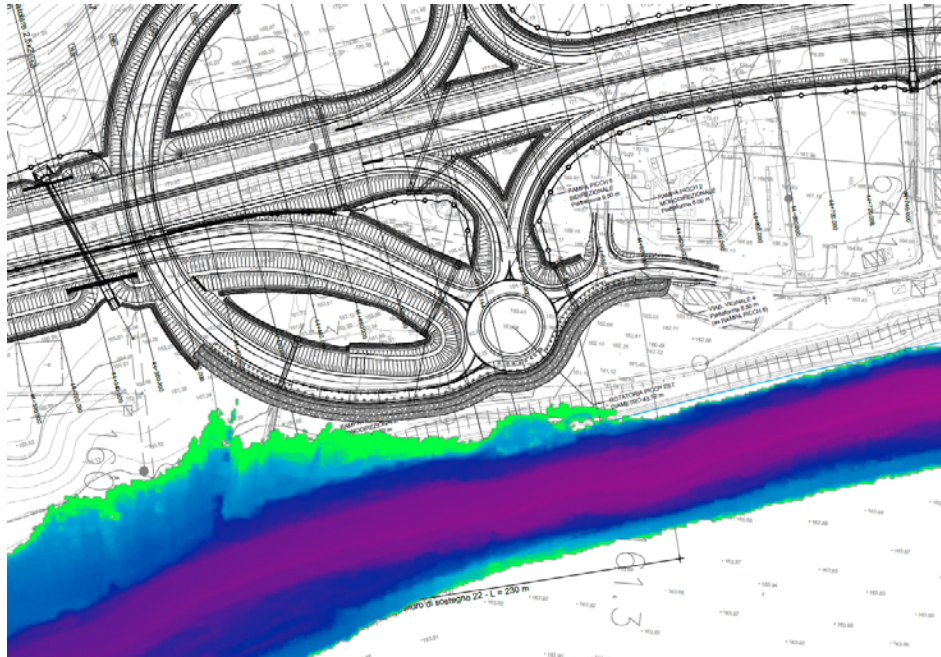


Figura 33 - Modello bidimensionale svincolo Picchetto

#### PROTEZIONE AL PIEDE DELLE TERRE RINFORZATE

Tra il km 43+160 e il km 43+390 verrà realizzata una terra rinforzata di 17m di altezza, il rilevato più alto lungo il progetto, che ha richiesto anche l’inserimento di pali di fondazione Ø800. Tale opera è posta nelle vicinanze della sponda in destra idraulica del Fiume Merse. Dagli studi idraulici è emerso che l’opera in oggetto non è interessata dalla piena duecentennale del Fiume però, essendo un’opera a sostegno del rilevato più alto di tutta il Lotto IX si è ritenuto opportuno difendere il piede del rilevato con una scogliera in massi naturali in quanto, a seguito anche degli importanti eventi piovosi registrati negli ultimi periodi.

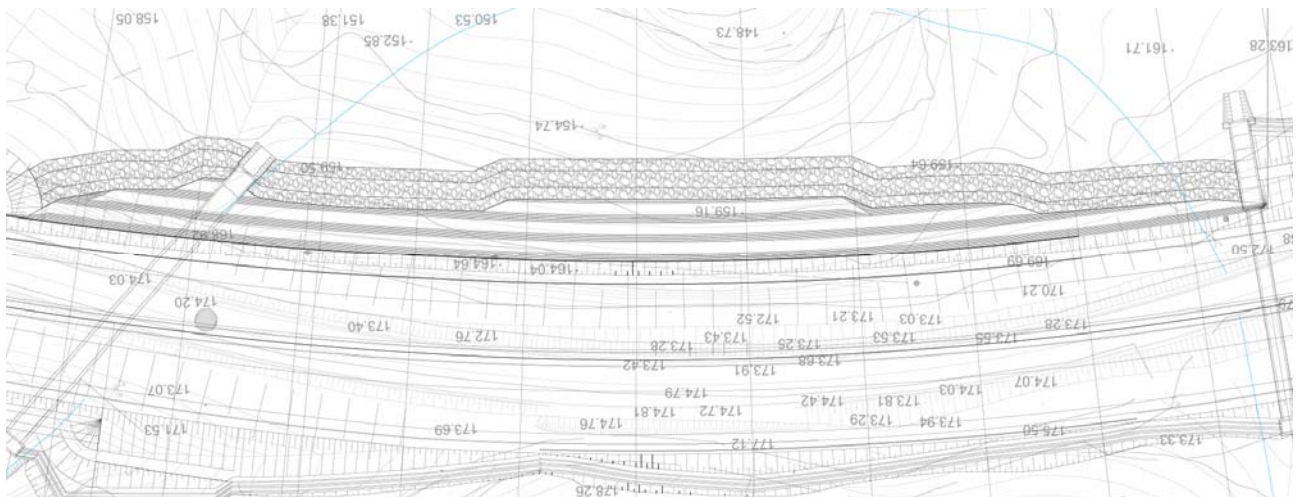


Figura 34 - Protezione terre rinforzate

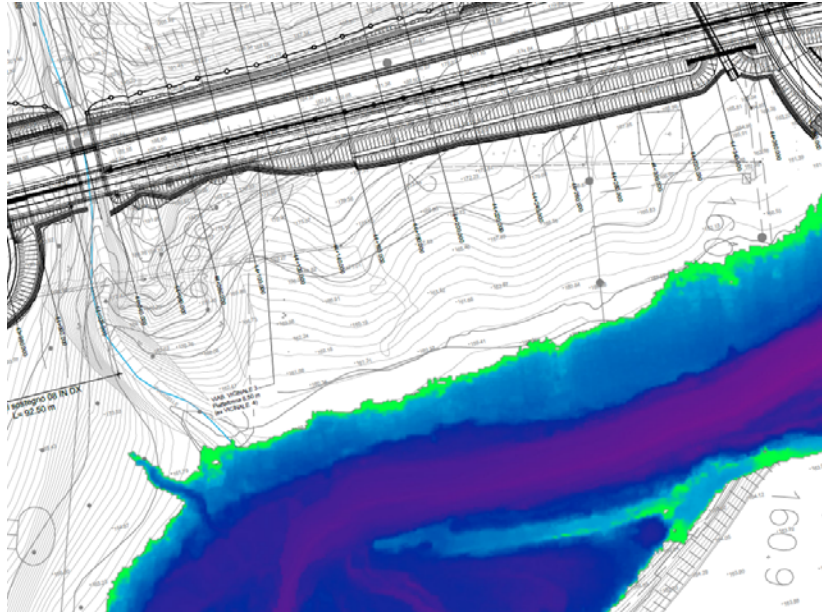


Figura 35 - Modello bidimensionale in prossimità terre rinforzate

#### 5.4.1 Vimate vive

È prevista la realizzazione di una viminata viva in prossimità del corso d'acqua presente al km 49+740 circa. La viminata viva è una struttura costituita dall'intreccio alternato di astoni attorno a pali di castagno infissi nel terreno utilizzata per scarpate e pendii con inclinazioni non superiori a 35° rispetto all'orizzontale.

La prima attività da mettere in campo sarà la preparazione preliminare del sito con le eventuali lavorazioni di rimorfologia del terreno tramite mezzo meccanico e conseguente predisposizione della sede di posa tramite lo scavo di un solco a "V" di circa 30 cm.

Lo scavo del solco di posa sarà fondamentale per evitare l'essiccamento del materiale vegetale vivo, vanificando così l'efficacia nel tempo.

La fase successiva consisterà nell'infissione verticale, sul fondo del solco, di pali di castagno scortecciato di lunghezza pari a 150 cm e di diametro di circa 8-10 cm, lasciandoli sporgere dalla superficie topografica originaria (bordo scavo) di 25 cm. La distanza nella fila tra un palo di castagno e l'altro dovrà essere pari a 1m.

Conseguentemente verranno intrecciati in maniera alternata tra i pali di castagno gli astoni di *Salix purpurea* (salice rosso). Per quanto possibile, si dovrà infliggere l'estremità basale degli astoni, cioè quella di dimensioni maggiori, nel substrato, la quale, ogni due livelli di intrecci circa, va costipata mediante pressione per aumentare la compattezza della struttura.

Durante questa operazione, se necessario, è possibile legare gli astoni di salice dell'ultimo intreccio a qualche palo di castagno mediante filo di ferro zincato di diametro di 2 mm.

Fondamentale sarà rispettare il verso di crescita: il diametro più grande indica la parte basale, le gemmazioni che hanno forma triangolare hanno il vertice rivolto verso l'alto e la base verso il basso.

Andrà poi ricolmato il solco con il materiale di risulta dello scavo e ricostituita la superficie topografica e saranno infine realizzati i successivi allineamenti a distanza di 2 metri circa parallelamente al primo.

Poichè nella realizzazione di questa struttura si utilizzano materiali vegetali vivi è fondamentale operare durante il periodo di riposo vegetativo.

#### 5.4.2 Briglie

È prevista la realizzazione di briglia viva in prossimità del corso d'acqua presente al km 49+740 circa. La briglia viva in legname e pietrame è una tecnica di ingegneria naturalistica che si utilizza trasversalmente ai corsi d'acqua a regime torrentizio ma caratterizzati da deflusso minimo costante. Poichè posta ortogonalmente alla direzione della corrente del corso d'acqua ne rallenta la velocità con conseguente diminuzione dell'erosione dell'alveo. La presenza costante di acqua in alveo garantisce una maggiore durabilità della struttura di legno, non soggetta a cicli di disseccamento/imbibizione. Il materiale vegetale vivo, una volta attecchito e sviluppato, svolge un'efficace azione di consolidamento della struttura mediante l'apparato radicale e di drenaggio mediante la traspirazione fogliare.

Per la realizzazione delle briglie la prima attività da mettere in campo sarà la preparazione preliminare del sito con le eventuali lavorazioni di rimorfologia del terreno tramite mezzo meccanico e conseguente predisposizione della sede di posa con disposizione ortogonale alla direzione della corrente del corso d'acqua e ad una quota inferiore rispetto all'originale livello di fondo alveo.

La fase successiva sarà la realizzazione di una soglia in pietrame, tramite l'utilizzo del mezzo meccanico, di diametro circa di 45-50 cm. Successivamente verranno posati e fissati i tronchi di pino nero longitudinali (correnti) della lunghezza di 4-5 m disposti ortogonalmente alla direzione della corrente del corso d'acqua in due file orizzontali e parallele. I tronchi longitudinali dovranno essere uniti l'uno all'altro mediante "incastro a sormonto" e fissati mediante trapanazione sequenziale di entrambi i tronchi e successivo inserimento con battitura manuale del chiodo costituito da tondino di ferro ad aderenza migliorata di diametro di circa 14mm. Ovviamente il chiodo deve avere una lunghezza pari al massimo del diametro dei due tronchi e i tronchi contigui (per l'incastro "a sormonto" devono presentare diametri simili e compatibili).

Dopo la posa dei tronchi longitudinali, verranno posati e fissati i tronchi trasversali (montanti) posizionati parallelamente alla direzione della corrente d'acqua e fissati mediante trapanazione sequenziale di entrambi i tronchi (trasversale e longitudinale) e successivo inserimento del chiodo.

Gli strati intermedi dovranno essere riempiti con pietrame di dimensioni ridotte corrispondente ad un diametro di circa 30-40 cm.

In eventuali interstizi che si possono formare si prevede l'inserimento di materiale terroso proveniente dallo scavo, qualora questo presenti buone caratteristiche, e si dovranno realizzare strati successivi fino alle indicazioni progettuali.

Nelle zone laterali della struttura comprese tra le future superfici di sponda e gli estremi inferiori della gaveta verrà posizionato il materiale vegetale vivo, che è composto da astoni autoctoni propensi alla riproduzione vegetativa e appartenenti alla famiglia delle Salicaceae, in particolare specie igrofila *Salix purpurea* (salice rosso).

L'astone dovrà sporgere esternamente alla struttura per 15 cm, la densità ottimale è di 7-8 elementi al metro.

Fondamentale sarà rispettare il verso di crescita: il diametro più grande indica la parte basale, le gemmazioni che hanno forma triangolare hanno il vertice rivolto verso l'alto e la base verso il basso.

Poichè nella realizzazione di questa struttura si utilizzano materiali vegetali vivi è fondamentale operare durante il periodo di riposo vegetativo.

### 5.4.3 Opere di sostegno delle terre: Terre Armate e Terre Rinforzate

Le opere di sostegno delle terre rappresentano un sistema di miglioramento delle caratteristiche del terreno mediante l'impiego di elementi sintetici o metallici (rinforzi), disposti in strati orizzontali e in grado di collaborare con il terreno stesso per costituire un sistema con caratteristiche migliori del solo terreno.

Le opere di sostegno delle terre si dividono in due classi principali in relazione all'inclinazione della scarpata:

- Muri in terra armata, con inclinazione sull'orizzontale  $\geq 70^\circ$
- Pendii in terra rinforzata, con inclinazione sull'orizzontale  $\leq 70^\circ$

Il PE inserisce tre opere di sostegno delle terre, non previste nel PD, in particolare in prossimità dei cavalcavia di Frontignano (km 50+863) e “I Ponticini” (km 53+126) si prevede l'inserimento di terre armate a protezione delle spalle dei cavalcavia, infine tra il km 43+160 e il km 43+390, dove è presente il rilevato più alto lungo il progetto, verrà realizzata una terra rinforzata di 17m di altezza che ha richiesto anche l'inserimento di pali di fondazione  $\varnothing 800$ .

I muri in terra armata presentano vari vantaggi rispetto alle tradizionali opere di sostegno in cemento armato. Sono strutture molto elastiche in grado di sopportare sia azioni sismiche meglio delle strutture rigide sia deformazioni significative prima di raggiungere lo stato limite di servizio, evitando quindi il ricorso a fondazioni profonde. Inoltre, la rapidità di costruzione e l'impiego di materiali a costo relativamente basso, rendono tale soluzione economicamente più vantaggiosa rispetto ai muri in cemento armato, consentendo inoltre l'adozione delle soluzioni estetiche più adatte al contesto realizzativo, grazie alla varietà di tipologie di paramento e di colori disponibili sul mercato. Nel progetto in esame a causa dell'altezza elevata delle spalle dei due cavalcavia, è risultato necessario l'inserimento di muri in terra armata.

In prossimità del rilevato è risultato sufficiente l'inserimento di pendii rinforzati, che presentano, rispetto all'opera precedente, hanno un aspetto del tutto simile a normali rilevati con la differenza che l'inclinazione della scarpata rinforzata non è condizionata dalle caratteristiche meccaniche del terreno, rendendo pertanto possibile una significativa minore occupazione di spazio. Come per le terre armate, l'impiego dei pendii in terre rinforzate è vantaggioso dal punto di vista economico e dei tempi necessari per la realizzazione. Rispetto all'impiego del cemento armato, infatti, sono necessarie opere contenitive di dimensioni inferiori, realizzate con costi inferiori e in minor tempo. Inoltre, l'utilizzo di materiali presenti sul sito di costruzione consente un notevole risparmio sui costi di trasporto e di approvvigionamento dei materiali.

Le terre rinforzate costituiscono un sistema estremamente diffuso e versatile per realizzare rilevati stradali e ferroviari, muri di sostegno, argini fluviali, barriere antirumore, spalle di ponti ed altro ancora, ci cui si riportano nelle immagini seguenti alcune applicazioni significative.

### 5.5 INTERVENTI DI MITIGAZIONE PAESAGGISTICO-AMBIENTALE

Allo scopo di eliminare gli impatti con il paesaggio e l'ambiente circostante, nonché a ridurre il livello di gravità sono state previste in fase di Progetto Esecutivo misure atte al corretto inserimento ambientale e paesaggistico dell'infrastruttura, il cui livello di successo è legato anche al rapporto con le aree circostanti, determinando a volte la necessità di intervenire in ambiti più allargati rispetto a quelli strettamente occupati dal corpo stradale.

Il progetto di adeguamento a quattro corsie della Strada Statale esistente Grosseto-Fano, si pone come obiettivo principale quello di provvedere all'inserimento paesaggistico-ambientale dell'opera nel contesto



## RELAZIONE GENERALE

paesaggistico circostante e prevede quindi, non solo una semplice riqualificazione estetico-percettiva ma anche, e soprattutto, una rifunzionalizzazione di tipo ecologico-strutturale, configurando l'opera come elemento di connessione di rete a carattere infrastrutturale ed ecologico.

L'obiettivo generale 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. In particolare, nella progettazione degli interventi e nella scelta delle essenze si è tenuto conto del tipo e degli stadi seriali delle formazioni presenti al contorno, individuando in tal modo le specie maggiormente idonee all'impianto. Le specie autoctone sono, infatti, quelle che, in quanto insediatesi spontaneamente nel territorio in esame, maggiormente si adattano alle condizioni pedoclimatiche della zona e, che, grazie alla maggiore capacità di attecchimento, assicurano una più facile riuscita dell'intervento.

Le aree sulle quali si pone maggiore attenzione relativamente agli interventi di ripristino ambientale sono sicuramente quelle relative ai tre svincoli presenti nel lotto: svincolo del Picchetto, svincolo di Fontazzi e svincolo dei Ponticini. Ulteriori aree che necessitano particolare approfondimento sono quelle relative alle sistemazioni in prossimità dei due nuovi viadotti necessari per l'attraversamento della viabilità principale in corrispondenza dei due maggiori corsi d'acqua presenti il torrente Ornate ed il Fiume Merse. Sempre legate alla presenza di questi corsi d'acqua sono da valutare con attenzione le aree in pendio comprese fra la viabilità principale e l'alveo del fiume che in due casi risultano piuttosto ripide e ristrette. Ultima categoria di zone sensibili sono quelle che vedono la presenza di abitati, sostanzialmente limitate al nucleo storico di Filetta ed alla limitrofa area turistico-termale attualmente in fase di realizzazione (Agricola Merse). È stata, a tal proposito, inserita una fascia di mitigazione boscata per mascherare per quanto possibile la E78, lo svincolo, e la bretella dalle vedute nell'area di San Lorenzo a Merse ed incrementata la fascia di mitigazione in corrispondenza dell'Agricola Merse.

Le misure di inserimento ambientale dell'infrastruttura sono state definite in relazione alle diverse tipologie del progetto stradale. Per gli interventi di mitigazione da realizzare in prossimità del bordo strada sono state prese in considerazione solo le specie arbustive che hanno un'altezza potenziale di accrescimento non superiore ai 10 metri, nel pieno rispetto delle norme del codice stradale che vietano l'impianto di alberi, lateralmente alla strada, ad una distanza inferiore alla massima altezza raggiungibile dall'essenza a completamento del ciclo vegetativo.

I sestii di impianto, laddove possibile in relazione alle caratteristiche delle opere, sono stati progettati al fine di rendere il più naturaliforme possibile la messa a verde. Inoltre, è stata effettuata un'attenta analisi degli elementi vegetali da utilizzare, al fine di realizzare un'elevata presenza di biomassa vegetale che, oltre ad esercitare effetti significativi su microclima ed inquinamenti, porterà ad aumentare la biodiversità con la formazione di strutture adatte ad essere luogo di rifugio, nutrizione e riproduzione per numerose specie di animali (uccelli, piccoli mammiferi, anfibi, insetti).

Nella progettazione degli interventi e nella scelta delle essenze si è tenuto conto del tipo e degli stadi seriali delle formazioni presenti al contorno, individuando in tal modo le specie maggiormente idonee all'impianto. Nella scelta delle specie da adottare è stato previsto principalmente l'impiego di specie autoctone. Tali specie sono infatti quelle che, in quanto insediatesi spontaneamente nel territorio, maggiormente si adattano alle condizioni pedoclimatiche della zona e, che, grazie alla maggiore capacità di attecchimento, assicurano una più facile riuscita dell'intervento. Esse inoltre risultano più resistenti verso gli attacchi esterni (gelate improvvise, siccità, parassitosi) e necessitano in generale di una minore manutenzione consentendo di ridurre al minimo, in fase di impianto, l'utilizzo di concimi chimici, fertilizzanti o antiparassitari.

Gli interventi di mitigazione previsti hanno prevalentemente l'obiettivo di riqualificare, laddove possibile, le formazioni vegetali interferite da elementi del progetto che comportano l'abbattimento di



porzioni di cenosi arboreo-arbustive. Esse possono consistere in interventi di rinfoltimento delle fitocenosi presenti, laddove queste presentano bassi valori di copertura degli strati arborei-arbustivi in modo da sviluppare e favorire i processi di chiusura del manto vegetale, oppure nell’impianto di nuove formazioni adiacenti a quelle esistenti e coerenti con le locali dinamiche vegetazionali, al fine di costituire un elemento a protezione delle stesse o di compensare la prevista sottrazione della fitocenosi interferita.

Il rinfoltimento della vegetazione permette anche di ricostituire corridoi biologici, interrotti dall’abbattimento di vegetazione arborea ed arbustiva, o di formarne di nuovi, tramite la connessione della vegetazione frammentata; tali corridoi sono importanti per la fauna presente. Nella realizzazione degli interventi si dovranno seguire alcuni criteri-guida tesi soprattutto a ricreare forme di vegetazione il più possibile simili a quella spontanea esistente nell’area. Ciò determina la necessità dell’impiego di specie autoctone, di favorire ed accelerare il dinamismo naturale della vegetazione, di rispettare le proporzioni tra le specie e la loro disposizione sul terreno.

In ottemperanza alle prescrizioni relative agli “Aspetti di tutela dei beni di interesse archeologico, dei beni storici, artistici e demotnoantropologici, dei beni architettonici e del paesaggio” di cui alla Delibera CIPE 40/2019, è stato effettuato inoltre un apposito approfondimento volto a definire la fattezze specifica delle finiture di tutte le opere d’arte della E78 che consistono in muri di sostegno in c.a., muri di controripa, paratie, tombini idraulici, scatolari e per attraversamenti faunistici, sottovia, cavalcavia, ponticelli, viadotti e infine anche delle barriere acustiche.

Tutte le opere sopramenzionate sono state studiate tanto sul piano morfotipologico quanto su quello materico e cromatico, affinché garantiscano il massimo grado di integrazione dell’intera infrastruttura nel contesto paesaggistico di riferimento esprimendo un’omogeneità linguistica e stilistica. I criteri con cui è stata definita la caratterizzazione specifica delle opere rispondono all’esigenza di rendere la nuova infrastruttura quanto più coerente possibile, nel linguaggio formale e stilistico, ai caratteri distintivi del paesaggio in cui si inserisce. L’intervento infrastrutturale ricade infatti in uno dei paesaggi di maggiore valore estetico-percettivo della regione, che si caratterizza altresì come una zona ad elevata sensibilità paesaggistica rispetto al quale lo stesso Piano di Indirizzo territoriale della Regione Toscana (di seguito PIT), tra le criticità che minacciano l’equilibrio paesaggistico dei luoghi, rileva importanti fenomeni di artificializzazione del paesaggio da imputare appunto e soprattutto alle infrastrutture, anche nell’area oggetto del presente progetto. Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, inoltre specifica azioni di “conservazione e valorizzazione di paesaggi ad alto valore naturalistico, storico e culturale”, le quali dunque devono essere interpretate e applicate alla progettazione di dettaglio di qualsiasi elemento si inserisca o si debba trasformare in tale ambito.

Oltre ad interessare la rete degli ecosistemi e la qualità ecologica dei luoghi, i processi di artificializzazione sopra menzionati, soprattutto lungo le arterie stradali, hanno un peso anche sul piano visuale andando a potenziale detrimento delle qualità sceniche e della coerenza morfo-tipologica degli elementi strutturanti del territorio. In tale senso, in un territorio come il presente, ogni minima accortezza che possa rendere i nuovi interventi più assimilabili alle morfotipologie costruttive presenti nei luoghi sono da preferirsi.

La progettazione in fase esecutiva si è dunque avvalsa di un ulteriore studio della sensibilità paesaggistica intesa dal punto di vista scenico e dei caratteri identitari da tutelare, che ha preso dunque in esame gli aspetti percettivi visuali e il sistema delle tutele dei beni paesaggistici. Dalla messa a sistema di questi due livelli di informazione è stata creata la base conoscitiva adeguata per valutare il miglior inserimento possibile delle singole opere e dunque la loro progettazione di dettaglio. Le carte infatti (codice elaborati AMBIENTE-T00-IA01-AMB-PP18, AMBIENTE-T00-IA01-AMB-PP19, AMBIENTE-T00-IA01-AMB-PP20) rispondono precisamente all’esigenza di fornire una caratterizzazione specifica e adeguata della finitura delle opere, a fronte della verifica di coerenza morfologica e cromatica rispetto all’intero contesto paesaggistico, all’impatto sul piano scenico e al rispetto dei vincoli paesaggistici.

Dall’analisi emerge che in ragione dell’assenza di direttrici o di punti di visuale di alta frequentazione, vista la presenza di una fitta vegetazione boscata intorno all’infrastruttura unita ai salti di quota, si possa escludere il determinarsi di interferenze o alterazioni significative sul piano scenico. Questo tipo di studio, recependo appieno le indicazioni fornite dalla scheda del PIT, ha inoltre evidenziato l’importanza di conferire all’infrastruttura un’adeguata capacità di mimesi con il contesto senza però rinunciare all’opportunità di sviluppare un linguaggio formale proprio, contemporaneo seppur sobrio, riconoscibile ed omogeneo lungo tutto lo sviluppo.

La progettazione delle finiture delle opere d’arte è stata eseguita con cura ed è stata svolta prediligendo prevalentemente materiali locali, quali ad esempio la Pietra di Santa Fiora, e riproducendo cromatismi assimilabili a quelli che contraddistinguono il paesaggio delle Crete Senesi. A tal fine infatti è stato eseguito anche uno studio cromatico delle costruzioni tipiche dei luoghi per poter meglio definire la colorazione delle nuove opere calibrandone il grado di integrazione nel contesto. È stata poi estratta una gamma di colori ricorrenti rispetto ai quali è stata effettuata una selezione di cromatismi maggiormente compatibili. Questo piccolo studio è stato utile alla definizione del miglior cromatismo da conferire al calcestruzzo per tutte le opere in cui esso rimarrà faccia a vista lungo l’intera infrastruttura, come ad esempio tutti i piloni dei viadotti, tutti i tombini scatolari utilizzati per gli attraversamenti faunistici, tutti i sottovia, alcuni muri e paratie oltre alle spalle di tre cavalcavia e del Viadotto sul fosso Ornate. Sono state introdotte leggere variazioni cromatiche all’interno della gamma identificata, unitamente ad una grana materica per le opere maggiormente esposte, perché in grado di conferire maggiore varietà e capacità di mimesi alle opere. In generale si può dunque affermare che la particolare colorazione del calcestruzzo sia un elemento omogeneo e ricorrente per tutta l’E78, così come lo è l’utilizzo dell’acciaio COR-TEN per tutte le opere che prevedono l’impiego di carpenteria metallica di grandi dimensioni e altresì per le barriere acustiche.

Laddove l’infrastruttura si espone maggiormente sul piano visuale (con opere di maggiori dimensioni), tanto per ragioni dettate dalla morfologia del territorio (orografia) quanto per il maggiore “grado di pubblico” che determinate aree hanno rispetto ad altre (per la presenza di insediamenti, viabilità primaria e secondaria o per la presenza di emergenze architettoniche) si prevede invece l’impiego di materiali e soluzioni tipologiche caratteristiche dell’architettura tradizionale, quali appunto paramenti in pietra locale posata a mano a ricorsi orizzontali regolari per le superfici di alcuni muri, paratie, per tutti i ponticelli, per il cavalcavia Agricola Merse e per il Viadotto sul fiume Merse. La pietra che verrà utilizzata è una arenaria cavata nell’area del grossetano e comunemente detta Pietra di Santa Fiora. Tale scelta è stata determinata sia dal particolare cromatismo della stessa, sia dalla sua disponibilità nei luoghi di progetto, garantendo quindi l’impegno di materiali locali.

In sintesi, nell’intenzione di esaudire le prescrizioni del MIBAC (parere del Ministero per i beni e le attività culturali MiBACTiMiBACT\_DG—ABAP\_SERV V1 28 /0 9 /2018 1 0025809—PI [34.19.04/86/2018, Prescrizione n°2) relativamente alla necessità di ottenere una “maggiore integrazione con il paesaggio naturale”, il progetto prevede la messa in opera di tre tipologie di finitura differenti. La scelta per ogni opera è determinata da criteri di compatibilità paesaggistica, di economicità e sostenibilità realizzativa a seguito dell’analisi della sensibilità paesaggistica sul piano scenico che è stata svolta. In particolare sono previste:

➤ ***finitura in calcestruzzo faccia a vista pigmentato.***

Questo tipo di finitura verrà impiegata per tutte quelle opere che hanno uno sviluppo superficiale limitato e/o che si espongono in modo molto limitato a condizioni di visibilità e che consistono in tombini scatolari per attraversamenti faunistici, piloni dei viadotti. Per tali opere la finitura non avrà una resa con effetto materico dal momento che è stato valutato non determinante, e quindi non necessario, per assicurare il corretto inserimento delle suddette opere d’arte sia in ragione della loro particolare morfologia che del loro grado di esposizione

visuale. Su tali opere che hanno modeste dimensioni o sviluppi di superficie limitata e che inoltre sono sempre percepite da una considerevole distanza, un lavoro specifico sulla grana della finitura non determinerebbe delle variazioni effettivamente apprezzabili sul piano scenico. Al fine dell’inserimento si valuta invece che l’adeguamento cromatico tramite la pigmentazione sia una misura molto più efficace e garantisca già di per sé la congruità linguistica auspicabile ai fini della compatibilità paesaggistica richiesta dal MIBAC. In particolare questa finitura è prevista per le prime dieci opere di sostegno (muri e paratie), così come il viadotto sul fiume Ornate e il cavalcavia sulla S4, che si collocano in una tratta dell’infrastruttura (dall’inizio tracciato km 41+600, allo svincolo “Il Picchetto” km 44+400) caratterizzata da una condizione di intervisibilità ristretta e dalla presenza di una fitta copertura boscata. In ragione di ciò, le parti di infrastruttura che ricadono in questa tratta ovvero in aree meno esposte visualmente e la cui percezione viene mascherata dalla vegetazione, presenteranno uno strato di finitura (4 cm) in calcestruzzo faccia a vista pigmentato atto a realizzare una superficie che possa arricchirsi di sfumature ricercando mimesi ed omogeneità cromatica con i materiali scelti per tutte le parti che compongono l’infrastruttura, come ad esempio l’acciaio COR-TEN utilizzato per i viadotti.

➤ ***finitura in calcestruzzo faccia a vista con resa materica conferita dall’utilizzo di apposite matrici elastici.***

Questo tipo di finitura è previsto per tutte le opere che si pongono maggiormente sul piano visuale e prevede un tipo di trattamento del calcestruzzo volto a conferire maggiore matericità a superfici con un più ampio sviluppo lineare. Questa soluzione garantisce un adeguato grado di fusione dell’infrastruttura nel contesto territoriale mantenendo però una chiara onestà linguistica e strutturale, ovvero consentendo di leggere chiaramente la struttura delle opere, senza falsificare tecniche costruttive ai soli e presunti fini estetici. Il progetto, al contrario, è volto a creare una nuova estetica dell’infrastruttura, integrando materiali locali tradizionali e cromatismi originali con materiali e tecnologie moderne, sgombrando il campo dalle banalizzazioni e dal ricorso ad un immaginario iconico obsoleto. Questo tipo di finitura è previsto per tutti i sottovia.

➤ ***paramenti lapidei dello spessore di 5 cm da realizzare in pietra arenaria di Santa Fiora posata a mano a ricorsi orizzontali regolari.***

Questa finitura è prevista laddove l’infrastruttura risulta più esposta dal punto di vista visuale, cioè in corrispondenza di visuali panoramiche dirette ravvicinate o da lontano da luoghi di visibilità alta, nelle zone a più elevata frequentazione anche turistica oltre che comprese nell’area ZSC. In particolare si prevede il rivestimento delle spalle in pietra locale a ricorsi orizzontali regolari per tutti i ponticelli, vista la loro condizione di visibilità e per questioni legate all’omogeneità linguistica di trattamento, per le superfici di alcuni muri, paratie, per il cavalcavia Agricola Merse e per il Viadotto sul fiume Merse

Per alcune opere, infine, in ragione del loro grado di esposizione visuale e della loro particolare fattezze morfologica si è scelto di non impiegare alcun tipo di trattamento particolare, ed è questo il caso dei soli tombini idraulici.

Infine è stato studiato anche l’inserimento paesaggistico delle barriere acustiche, affinché esse oltre a garantire le migliori prestazioni acustiche rispettino al contempo l’esigenza di un corretto inserimento nei luoghi. La configurazione tipologica delle barriere è stata appositamente studiata perché essa dialoghi con gli altri elementi costruttivi dell’infrastruttura, nel rispetto di una omogeneità linguistica e

compositiva. Pertanto le barriere verranno realizzate in acciaio CORTEN e in pannelli trasparenti in PMMA, riproducendo complessivamente i cromatismi utilizzati per le parti di carpenteria metallica di grandi dimensioni che caratterizzano alcune opere d’arte lungo il tracciato

## 5.6 STUDIO ACUSTICO

Per valutare l’impatto acustico allo stato attuale (ante operam) al fine di ottenere la valutazione previsionale dalla fase di esercizio (post operam) e valutare inoltre l’impatto dovuto alle attività di cantiere (corso d’opera) relative alla realizzazione dell’opera in oggetto è stato condotto uno Studio Acustico specialistico.

Allo studio acustico sono state allegate le tavole “Carta dei ricettori. Zonizzazione acustica” T00-IA02-AMB-CT01 e Schede censimento ricettori” T00-IA02-AMB-SC01 secondo quanto previsto dalle Norme I.S.O. 1996/1-I.S.O. 1996/2 – UNI 11143:2005, riportando l’ubicazione dei ricettori interessati.

Lo studio, per tenere conto delle incertezze associate alle simulazioni modellistiche adottando un approccio cautelativo, è stato condotto impiegando soglie di 2 dBA più basse rispetto ai valori dedotti dalla normativa di riferimento (D.P.R. 142/2004).

Infine, considerato che nelle simulazioni è stata utilizzata una pavimentazione stradale drenante-fonoassorbente con un abbattimento di 3 Db, è stato previsto, e descritto nell’elaborato Piano di Monitoraggio Ambientale, il monitoraggio delle prestazioni della pavimentazione drenante-fonoassorbente che consentirà di verificare e prevenire il deterioramento del clima acustico nelle aree limitrofe all’opera in esercizio e verificare l’eventuale necessità di intervenire sulle misure di mitigazione.

In particolare, lo studio ha lo scopo di:

- verificare il rispetto dei limiti di emissione ai sensi del D.P.R. 30 marzo 2004 n.142 presso i ricettori individuati relativamente allo stato attuale e futuro di esercizio
- valutare i livelli di emissione, immissione e differenziale generati dall’attività di cantiere in prossimità dei ricettori identificati;
- indicare un elenco degli accorgimenti tecnici e procedurali che saranno adottati per la limitazione del disturbo e la descrizione delle modalità di realizzazione;
- fornire una pianta dettagliata e aggiornata dell’area dell’intervento con l’identificazione degli edifici potenzialmente disturbati e della posizione dei mezzi d’opera durante le lavorazioni;
- attestare l’eventuale conformità a norme nazionali e comunitarie di limitazione delle emissioni sonore, nonché fornire un elenco dei livelli di emissione sonora delle macchine che si intende di utilizzare e per le quali la normativa nazionale prevede l’obbligo di certificazione acustica (DM n. 588/87, D. Lgs. n. 135/92 e D. Lgs. n. 137/92).

In particolare, lo studio si articola in tre fasi: una prima di analisi del territorio costituita dal censimento dei ricettori e dalla campagna fonometrica, una seconda finalizzata al calcolo dei livelli acustici in termini di mappatura al suolo e di livelli puntuali in prossimità degli edifici di interesse mediante software di simulazione e una terza infine volta alla valutazione dei valori stimati e degli eventuali interventi di mitigazione acustica qualora il confronto con i limiti acustici individuati evidenzia una condizione di superamento.

Relativamente alla prima fase, il censimento dei ricettori è stato esteso a tutti gli edifici ricadenti all’interno dell’area di studio. Inoltre per caratterizzare il clima acustico attuale ed ottenere la taratura del modello di simulazione sono stati utilizzati i dati registrati durante la campagna di misura svolta nel mese di giugno 2016 per la fase di progettazione definitiva.

La seconda fase consiste invece nella modellazione acustica del tracciato stradale sia nella configurazione attuale che di progetto attraverso il software SoundPlan 8.1. Attraverso il modello è stato possibile calcolare la mappatura acustica in termini di Leq(A) sia per il periodo diurno che notturno, nonché i livelli acustici a 1 metro dalle facciate esposte per ciascun piano dei ricettori considerati per ciascun piano degli edifici a destinazione residenziale e terziaria-ricettiva. Per lo scenario di progetto è stata utilizzata la stessa metodologia, quale anno di riferimento per la verifica dei livelli acustici e l'eventuale necessità di definire opportuni interventi di mitigazione è stato considerato l'anno 2032 quale scenario di medio termine. I valori di traffico distinti tra leggeri e pesanti nei due periodi temporali di riferimento sono stati desunti dallo studio trasportistico. In tale fase è stato valutato inoltre il clima acustico nelle condizioni di corso d'opera attraverso l'individuazione di una serie di scenari scelti in relazione alle azioni di cantiere potenzialmente più impattanti e alle aree di cantiere più prossime ai ricettori. Anche in questo caso è stato utilizzato il modello previsionale.

La terza ed ultima fase invece è finalizzata alla valutazione e verifica dei livelli acustici calcolati in relazione ai limiti acustici.

La modellazione acustica all'interno di Soundplan ha tenuto conto sia della configurazione dell'infrastruttura stradale prevista dal progetto esecutivo in termini di planimetria, profilo e opere complementari (viadotto, trincea, etc.) sia di un volume di traffico di medio termine proiettato al 2032 nelle condizioni di esercizio dell'intero corridoio della E78, considerando un manto stradale drenante-fonoassorbente. Le simulazioni hanno permesso di registrare un incremento dei livelli acustici in prossimità dei ricettori per effetto del potenziamento dell'asse stradale e dei flussi di traffico previsti transitare. In particolare, tutti i livelli in facciata simulati per lo scenario Post Operam per il periodo diurno, risultano entro i limiti normativi imposti dal Decreto del Presidente della Repubblica n°142 del 30 marzo 2004, mentre si riscontrano dei superamenti nel periodo notturno.

Alla luce dell'entità dei superamenti e della tipologia dei ricettori impattati, è stata prevista la realizzazione di interventi, tesi ad ostacolare la propagazione del rumore dalla infrastruttura di trasporto al ricettore, mediante l'installazione di specifiche barriere fonoisolanti-assorbenti.

Per quanto riguarda infine la fase di corso d'opera sono stati considerati tre differenti scenari connessi alle aree di cantiere mobile e fisse in relazione sia alle attività potenzialmente più impattanti in funzione della tipologia di sezione stradale (rilevato, viadotto, trincea, etc.) sia all'ubicazione dei ricettori più prossimi al tracciato stradale. Dalle simulazioni condotte per le attività di cantiere si evince un superamento dei limiti normativi in tutte le fasi di lavoro considerate. Al fine di mitigare il superamento dei limiti e ricondurre i livelli di pressione sonora entro i limiti previsti dai vigenti strumenti di zonizzazione acustica comunale in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti al rumore sono state previste barriere antirumore fonoassorbenti e fonoisolanti mobili di altezza 3,5 m. Le simulazioni sono quindi state condotte anche relativamente agli scenari post mitigazione ed hanno permesso di concludere che anche a fronte delle mitigazioni previste risultano essere presenti superamenti. In fase di esecuzione dei lavori sarà pertanto fatta richiesta ai Comuni interessati opportuna richiesta di autorizzazione in deroga per le attività temporanee secondo quanto disposto dalla Deliberazione Consiglio Regionale 77/00, Allegato I, Parte 3 relativamente ai cantieri stradali con durata superiore ai 5 giorni e dalle norme tecniche di attuazione dei Piani Comunali di Classificazione Acustica del territorio.

## 5.7 BARRIERE ACUSTICHE

Dallo studio acustico del PE è emerso che tutti i livelli in facciata simulati per lo scenario Post Operam per il periodo diurno, risultano entro i limiti normativi imposti dal Decreto del Presidente della Repubblica n°142 del 30 marzo 2004. In merito al periodo notturno sono emersi dei superamenti, in particolare



presso i ricettori R01\_c, R04\_c, R13 al piano 1, R18\_c, R18\_a, R22 al piano terra e piano 1. Presso tutti i restanti ricettori livelli in facciata simulati per lo scenario Post Operam in periodo notturno, risultano entro i limiti normativi imposti dal Decreto del Presidente della Repubblica n°142 del 30 marzo 2004.

Analizzando i ricettori oggetto di superamento e la loro destinazione d'uso si evince che i ricettori R13 e R22 risultano essere edifici in stato di abbandono, pertanto non necessitano intervento di mitigazione.

Alla luce dell'entità dei superamenti e della tipologia dei ricettori impattati, è stata prevista la realizzazione di interventi, tesi ad ostacolare la propagazione del rumore dalla infrastruttura di trasporto al ricettore, mediante l'installazione di specifiche barriere fonoisolanti-assorbenti.

L'analisi post mitigazione ha evidenziato l'efficacia delle barriere nei confronti di tutti i ricettori censiti. Gli interventi di mitigazione acustica proposti hanno consentito una riduzione sensibile dell'impatto acustico dovuto alla nuova infrastruttura, fino al contenimento dello stesso entro i valori limite vigenti (abbassati di 2 dB(A)) presso le strutture edilizie analizzate.

Nella progettazione e nella scelta delle barriere si è tenuto conto dei seguenti punti:

- scelta dei materiali, sulla base delle prestazioni fonoisolanti che si vogliono ottenere e dell'estetica;
- dimensionamento e calcolo strutturale, che debbono tener conto delle normative internazionali. Le sollecitazioni sono di tipo statico (il peso proprio della struttura e degli elementi) e di tipo dinamico (il vento, la pressione d'aria generata dal passaggio dei veicoli, l'urto di veicoli);
- durabilità, dei materiali strutturali, ma anche dei rivestimenti protettivi, considerando che l'ambiente stradale è altamente aggressivo;
- sicurezza, correlata alle qualità dei materiali utilizzati.

La scelta definitiva della tipologia di barriera da impiegare è altresì scaturita, in termini di gradevolezza estetica, dall'inserimento paesaggistico delle stesse, nel rispetto delle prestazioni acustiche richieste. E' quindi stato condotto uno studio di inserimento ambientale delle barriere antirumore, che consideri sia gli effetti sull'ambiente. Al fine di garantire le migliori prestazioni acustiche rispettando al contempo l'esigenza di un corretto inserimento nei luoghi, la configurazione tipologica delle barriere è stata appositamente studiata perché essa dialoghi con gli altri elementi costruttivi dell'infrastruttura, nel rispetto di una omogeneità linguistica e compositiva. Pertanto, le barriere verranno realizzate in acciaio CORTEN e in pannelli trasparenti in PMMA, riproducendo complessivamente i cromatismi utilizzati per le parti di carpenteria metallica di grandi dimensioni che caratterizzano alcune opere d'arte lungo il tracciato. Il largo utilizzo di pannelli trasparenti in PMMA si rende necessario per garantire il permanere delle relazioni visuali e sceniche presenti nei luoghi senza dunque precludere l'apertura visiva da parte dei ricettori. Tale accorgimento è stato ritenuto prioritario nell'intenzione di evitare un aggravio della frammentazione indotta dall'infrastruttura (PIT, 2015) sul piano scenico visuale e di fatto porta a delineare la migliore soluzione tecnologica e progettuale per raggiungere l'obiettivo del benessere acustico e dell'inserimento paesaggistico. I pannelli in PMMA inoltre saranno opportunamente trattati con marcatura orizzontale della lastra per evitare la collisione dei volatili. Le barriere inoltre saranno opportunamente mimetizzate attraverso protezioni vegetali.

## 5.8 STUDIO ATMOSFERA

In fase di progetto esecutivo è stato condotto uno studio specialistico contenente l'analisi dello stato della qualità dell'aria, il relativo modello di dispersione in atmosfera per la fase di cantiere e per la fase di esercizio e l'inquadramento meteorologico. Lo studio "Studio Atmosfera" (T00-IA03-AMB-RE01) riporta

l'analisi modellistica diffusionale in relazione alla componente atmosfera con lo scopo di verificare se le condizioni di traffico previste dal progetto in esame, siano tali da non determinare il superamento dei limiti di Nox, a tutela della vegetazione, stabilito dalla Direttiva CEE 2008/50.

Oltre a quanto riportato sopra, all'interno dell'elaborato è riportata la caratterizzazione della qualità dell'aria dello stato attuale, l'analisi degli impatti in corso d'opera e la verifica della qualità dell'aria dello stato post operam in seguito alla realizzazione dell'infrastruttura in analisi.

Nello specifico, sono state eseguite quindi le caratterizzazioni diffusionali nel dominio circostante all'area di realizzazione dell'infrastruttura per le tre fasi di ante operam, corso d'opera e post operam. Per ciascuna delle tre fasi sono stati analizzati i seguenti inquinanti: PM10, PM2,5 e NOx.

A corredo dello studio sono state prodotte anche le mappe diffusionali per tutte le fasi studiate, in particolare:

- AO: PM10 (media annua dell'intero dominio di studio e massimo della media giornaliera), PM2,5 (media annua) e NOx (media annua e massimo orario nel dominio di studio)
- CO: PM10 (media annua dell'intero dominio di studio e massimo della media giornaliera), PM2,5 (media annua) e NOx (media annua e massimo orario nel dominio di studio). Si precisa che le mappe diffusionali nel corso d'opera tengono conto delle azioni di mitigazioni.
- PO: PM10 (media annua dell'intero dominio di studio e massimo della media giornaliera), PM2,5 (media annua) e NOx (media annua e massimo orario nel dominio di studio)

Si sottolinea che per la fase di cantiere, nello studio sono stati applicati dei coefficienti di mitigazione per la bagnatura dei cumuli, quindi le mappe di iso-concentrazione per la fase di cantiere, relativamente agli inquinanti PM10 e PM2,5 rappresentano il contributo con l'applicazione delle mitigazioni. Mentre i risultati riportati nella relazione riportano i valori emissivi della qualità dell'aria sia con le mitigazioni che senza mitigazioni.

Dal punto di vista metodologico lo studio è articolato secondo i seguenti step:

- analisi meteorologica dell'annualità 2019;
- analisi delle concentrazioni di fondo per gli ossidi di azoto in relazione alla stazione di Montecerboli che, per tipologia e posizionamento, è risultata essere la più significativa al fine di determinare il fondo ambientale di riferimento;
- analisi del parco veicolare circolante con riferimento all'ambito territoriale della regione Toscana (ambito valutato in relazione alla tipologia di infrastruttura in esame) attraverso l'esame del documento Autoritratto 2018 dell'ACI. Tale analisi combinata con l'utilizzo del Copert V, utilizzato per la definizione dei fattori di emissioni di ogni tipologia di veicolo considerato, ha consentito di definire un fattore di emissione medio per l'infrastruttura in esame;
- in ultimo è stata eseguita la stima modellistica delle concentrazioni, attraverso l'uso del software Calroads in fase Ante Operam e Post Operam, generate dall'esercizio dell'infrastruttura ed è stata effettuata la valutazione del rapporto Opera-Ambiente in considerazione del fondo ambientale preso a riferimento. Per le valutazioni degli impatti della fase di cantiere sono state eseguite le simulazioni con il codice AERMOD.
- Dalle simulazioni condotte emerge che le concentrazioni degli inquinanti nel periodo di esercizio futuro dell'infrastruttura portano, rispetto allo stato ante-operam, ad un leggero aumento dei valori di concentrazione in alcuni recettori ed una diminuzione in altri. In tutti i casi i valori di concentrazione si mantengono comunque ben al di sotto del limite normativo sia per recettori delle aree ZSC che per i recettori antropici.

La situazione post operam, riscontrata a valle delle simulazioni, non ha riportato differenze significative rispetto alla fase ante operam in relazione al limite normativo. Pur incrementando le concentrazioni tra le due fasi, che portano nel post operam un leggero aumento dei valori di concentrazione in alcuni recettori ed una diminuzione in altri, è emerso che questi si mantengono comunque ben al di sotto del limite normativo sia per recettori delle aree ZSC che per i recettori antropici.

Anche per la fase di cantiere i valori massimi sul dominio sono risultati ampiamente al di sotto dei limiti di legge e sono concentrati all'interno delle aree di cantiere.

## 5.9 SOTTOPASSI FAUNISTICI

Tra le principali minacce di origine antropica che oggi interessano la diversità biologica vi è la frammentazione degli ambienti naturali. Recentemente, allo scopo di mitigare o di rendere questi impatti residuali, sono state proposte a livello nazionale e comunitario alcune strategie di pianificazione territoriale. Dunque, la pianificazione sul territorio delle reti infrastrutturali e delle conseguenti possibili interferenze con le reti ecologiche dovrà prevedere l'adozione di misure atte al mantenimento di popolazioni, comunità ed ecosistemi, finalizzato alla tutela delle singole specie.

La progettazione esecutiva ha, quindi, riguardato anche la progettazione dei sottopassi faunistici, affinché essi rispettino le modalità progettuali specifiche per queste opere e garantiscano la loro funzionalità specifica.

Poiché l'intervento di adeguamento a quattro corsie della E78 Grosseto-Fano potrebbe determinare diversi effetti negativi sulla componente faunistica sia in fase di esecuzione che in fase di esercizio, in fase esecutiva sono state rianalizzate e contestualizzate le misure di mitigazione finalizzate a eliminare o attenuare gli impatti sulla fauna, sia in fase di cantiere che post operam.

In fase di esercizio sono previste azioni di ripristino ambientale allo scopo di non perdere la funzionalità complessiva degli ecosistemi coinvolti dall'opera progettuale, equilibrando così il danno ecologico arrecato. Obiettivo di questa fase di progettazione è quello di recepire le prescrizioni alle quali è subordinata l'approvazione dell'intervento e verranno adempiute le Prescrizioni relative agli Aspetti Ambientali che prevedono l'attuazione delle strategie di mitigazione già individuate nello Studio di Incidenza Aggiornato del Progetto Definitivo (elaborato n.275).

Per esigenze di progettazione e per lo stato di avanzamento dei lavori, le strategie tramite le quali si procede all'ottemperanza delle prescrizioni sopramenzionate sono essenzialmente quelle di potenziare la funzione dei tombini idraulici adeguandoli a passaggi faunistici per animali di piccole e medie dimensioni.

Nella progettazione e nell'adeguamento dei passaggi faunistici, alla luce di quanto detto, si deve dunque tenere conto di diversi aspetti che combinino le esigenze faunistiche a quelle strutturali-tecniche dell'opera infrastrutturale.

I criteri di massima sui quali si è ritenuto opportuno basarsi in sede di progettazione ed adempimento alle prescrizioni, si racchiudono essenzialmente nei seguenti punti:

- Scelta dell'ubicazione che minimizzi i fattori di disturbo antropici per la fauna e, allo stesso tempo, che eviti il più possibile l'insorgere di problemi tecnici sulla progettazione e realizzazione dell'opera;
- Il dimensionamento ottimale del passaggio attraverso l'indice di apertura che tiene in considerazione delle dimensioni dell'apertura in rapporto alla lunghezza della canna, compatibilmente con le esigenze di progettazione e con le dimensioni minime raccomandabili. L'indice raccomandabile varia in funzione del tipo di passaggio, della localizzazione rispetto all'opera e delle specie animali per le quali se ne prevede la fruizione;

- Pendenza minima del pavimento della canna;
- Rampe di imbocco all’ingresso del sottopasso con pendenza massima di 30°;
- Utilizzo di materiali naturali nel rispetto della continuità con l’habitat faunistico di appartenenza;
- Previsione, all’interno del sottopasso, della frangia secca, cioè di una passerella sopraelevata rispetto al pavimento del sottopasso, elemento che garantisce all’animale di percorrere l’attraversamento all’asciutto assicurando che l’acqua non ne sommerga l’intera superficie;
- Strutture di schermatura contro il disturbo antropico (recinzioni, staccionate, vegetazione autoctona) e contro il rischio di investimento lungo tutto il tracciato (barriere anti-attraversamento);
- Predisposizione di filari di alberi e vegetazione arbustiva locale all’imbocco del passaggio e decorrente sui lati in entrambe le direzioni per una distanza di 50 metri dal punto di ingresso, vegetazione che avrà dunque il ruolo di invito per la fauna ad imboccare il sottopasso, sviandola, allo stesso tempo, dal tentativo di avvicinamento all’asse viario;
- Predisposizione di una scossalina metallica che impedisca agli anfibi e animali di piccole dimensioni di accedere alla carreggiata. La barriera si svilupperà anch’essa sui lati degli imbocchi dei passaggi, in entrambe le direzioni, per una distanza di 50 metri;
- Allestimento di reti tipo “paramassi” a doppia torsione: reti metalliche a maglie regolari che, adagiate sul terreno, impediscono alle nutrie di scavare in modo tale da evitare agli animali di compromettere la stabilità dei versanti adiacenti al tracciato stradale.
- Queste sono previste sulla parte basale dei rilevati stradali a contatto con le vasche nella zona delle risaie e consistono nel rivestimento del rilevato stesso con rete a doppia torsione al fine di rendere impossibile lo scavo da parte della nutria (*Myocastor coypus*). La protezione meccanica dell’argine verrà effettuata posando in opera una rete composta da una trama di filo metallico sottoposto a trattamento anticorrosivo (diametro del filo di 2-3 mm, maglia romboidale 8 x 10 cm) sulla quale viene estrusa una trama di materiale plastico biodegradabile. Quest’ultima ha la funzione di trattenere il terreno e permettere un rapido insediamento della vegetazione erbacea spontanea o eventualmente seminata con il metodo dell’idrosemia. In pratica, dopo poche settimane, la rete viene completamente inglobata nella parte più profonda del cotico erboso, il che permette di attuare senza problemi le normali operazioni di sfalcio che caratterizzano l’ordinaria manutenzione di questi manufatti.
- Per quei tombini in cui la vasca ha un’altezza tale da impedire l’uscita dell’animale in caso di allagamento, la frangia secca è stata prolungata mediante l’utilizzo di un solaio in predalles.

Le descrizioni dettagliate di ogni sottopasso faunistico progettato sono trattate nell’elaborato specialistico a cui si rimanda “Relazione Generale” T00-IA01-AMB-RE01.

## 5.10 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il Piano di Monitoraggio Ambientale è stato aggiornato in fase esecutiva con lo scopo di recepire le prescrizioni al PMA del Progetto Definitivo e approfondendo le tematiche interessate.

Nell’elaborato specialistico a cui si rimanda per maggiori dettagli (T00-MO01-MOA-RE01) sono state analizzate le varie componenti, specificando la tipologia di misura da eseguire e presentando una pianificazione con le indicazioni dei punti di misura, della tempistica di misure e della cadenza nelle varie fasi Ante, Corso e Post Operam.

In base ai principali orientamenti tecnico scientifici e normativi comunitari ed alle vigenti norme nazionali il monitoraggio rappresenta l'insieme di azioni che consentono di verificare gli effetti/impatti ambientali significativi generati dall'opera nelle sue fasi di attuazione.

Il Monitoraggio Ambientale è lo strumento che fornisce la reale misura dell'evoluzione dello stato dell'ambiente nelle varie fasi di attuazione di un'opera/intervento e che consente ai soggetti responsabili di individuare i segnali necessari per attivare preventivamente e tempestivamente eventuali azioni correttive qualora le “risposte” ambientali non siano rispondenti alle previsioni.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) si articola nelle seguenti tre fasi temporali distinte:

- monitoraggio *Ante Operam* (AO) che si concluderà prima dell'inizio delle attività interferenti con la componente ambientale di volta in volta presa a riferimento, ossia prima dell'insediamento dei cantieri e dell'inizio dei lavori;
- monitoraggio in *Corso d'Opera* (CO) che comprende il periodo dedicato all'implementazione degli interventi, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento ed al ripristino dei siti;
- monitoraggio *Post Operam* (PO) avviato al termine dei lavori, al fine di verificare lo stato seguente alla realizzazione dell'opera.

I criteri che hanno condotto alla stesura del PMA hanno seguito i passi procedurali indicati dalle Linee Guida del Ministero dell'Ambiente (aggiornamento pubblicato nel 2018) e, in particolare, sono riassumibili in:

- analisi degli interventi previsti;
- individuazione dei principali aspetti ambientali;
- fase ricognitiva dei dati preesistenti;
- definizione dei riferimenti normativi e bibliografici: sia per la definizione delle metodiche di monitoraggio sia per la determinazione dei valori di riferimento, rispetto ai quali effettuare le valutazioni ambientali;
- scelta delle componenti ambientali;
- scelta delle aree da monitorare: dedotte a seguito di un attento esame della sensibilità alle azioni previste;
- programmazione delle attività.

Successivamente, per ciascuna componente ambientale oggetto di monitoraggio saranno precisate le fasi per le quali si prevedono le attività di monitoraggio.

Tutto ciò premesso, nel presente documento sono state affrontate le seguenti tematiche:

- Quadro normativo di riferimento;
- Descrizione del progetto;
- Articolazione del Piano di Monitoraggio Ambientale;
- Analisi delle componenti da monitorare e metodologia di misura;
- Modalità di misura e frequenza per ogni componente.
- 

## 5.11 PIANO AMBIENTALE DELLA CANTIERIZZAZIONE

Nella fase del Progetto esecutivo è stato redatto l'elaborato “Piano ambientale di cantierizzazione” (T00-IA05-AMB-RE01) in cui sono riportate le informazioni riferite al contesto ambientale, alla



distribuzione interna dell'area di cantiere e alle varie mitigazioni ambientali da adottare per la tutela dell'ambiente circostante. In particolare, il documento si compone delle seguenti parti:

- Parte A con un inquadramento generale dell'opera e descrizione del sistema di cantierizzazione;
- Parte B, contenente l'identificazione, la descrizione e la valutazione di significatività delle problematiche ambientali dirette ed indirette che si possono generare in fase di costruzione delle opere, nonché l'illustrazione degli interventi di mitigazione e delle procedure operative per il contenimento degli impatti.

In base alle considerazioni sulle caratteristiche del territorio, sulla tipologia dell'opera e delle attività da svolgere ed in funzione del sistema di cantierizzazione previsto, è stata effettuata una disamina degli Aspetti Ambientali ritenuti più significativi e considerati di rilievo per la fase di cantiere degli interventi previsti dal presente progetto:

- Paesaggio e visualità
- Acque
- Suolo e sottosuolo
- Vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi
- Emissioni in atmosfera
- Rumore
- Vibrazioni

Sono quindi state descritte le componenti ambientali sopra elencate e ritenute principalmente impattate dalla fase di cantierizzazione e sono state evidenziate le potenziali interferenze che le attività di cantiere possono causare su tali componenti nelle aree limitrofe alle aree interessate direttamente dalle lavorazioni. Infine, per tutte le componenti esaminate, sono state illustrate le principali procedure operative e gli interventi di mitigazione da adottare.

In particolare, l'identificazione degli impatti ambientali selezionati, per i quali andrà mantenuto un alto livello di attenzione anche nella successiva fase progettuale, è stata condotta analizzando l'interazione Opera-Ambiente e le Mitigazioni Ambientali.

Sono, quindi, state analizzate prima le modifiche che la componente ambientale può subire in relazione alle fasi di costruzione dell'opera. La valutazione della significatività dell'impatto è stata condotta tenendo presenti tre criteri fondamentali: la quantità dell'aspetto, cioè l'analisi delle caratteristiche dell'impatto (es. volumi, concentrazioni, ecc); la severità dell'aspetto che ne valuta il perdurare nel tempo, infine la sensibilità dell'ambiente, cioè la presenza o meno di ricettori nell'intorno dell'area di interesse.

Per ogni componente analizzata sono successivamente state proposte le misure di mitigazione da adottare in fase di cantiere, che in generale indicano la pratica tecnica da adottare al fine di tutelare l'ambiente durante le attività di cantiere e le operazioni di ripristino dei luoghi. Le procedure mitigative indicate ottemperano quanto dettato dalle Linee Guida di ARPAT.

Nello specifico nell'elenco di seguito si descrivono le emissioni previste nella fase di costruzione del progetto.

#### **Paesaggio, Vegetazione Flora e Fauna**

Le principali problematiche di impatto temporaneo sul paesaggio sono legate essenzialmente ad impatti visivi ed alterazioni della morfologia e/o della qualità del territorio su cui insisteranno i cantieri, per un periodo comunque limitato nel tempo. Per la tratta di oggetto le maggiori criticità sono state evidenziate nei confronti delle aree ZSC limitrofe, cioè ecosistemi che presentano un grado di naturalità

rilevante, e in corrispondenza dei corsi d’acqua (es. fiume Merse), che rappresentano delle vie di collegamento ecologico.

In merito a queste interferenze, vista la sensibilità elevata dei luoghi, sono state previste una serie di misure di mitigazione da realizzarsi sia in corso d’opera sia post-operam, quindi atte a ripristinare le condizioni attuali e a migliorarle. Particolare attenzione deve essere posta soprattutto al ripristino delle aree destinate ai cantieri. È quindi stato previsto un progetto di recupero delle aree interessate dai cantieri, sostanzialmente definito dal ripristino dello stato ante-operam e dalla riambientazione.

#### **Acque, Suolo e sottosuolo**

Per quanto riguarda le emissioni che interessano i fattori suolo e ambiente idrico, il PAC fornisce indicazioni sulle modalità gestionali da adottare per impedire che tali emissioni si producano. In generale gli impatti con le componenti suolo e ambiente idrico non costituiscono impatti “certi” e di dimensione valutabile in maniera precisa a priori, ma piuttosto impatti potenziali.

Le procedure di mitigazione previste allo scopo di ridurre il rischio di impatti prevedono adeguate procedure operative da adottare durante le attività di cantiere e sono ad esempio relative alla gestione e lo stoccaggio delle sostanze inquinanti e dei prodotti di natura cementizia, alla prevenzione dallo sversamento di oli ed idrocarburi, al sistema di raccolta e smaltimento acque.

#### **Atmosfera**

Gli inquinanti maggiormente prodotti dalle attività generalmente eseguite durante la fase di realizzazione dell’opera, sono rappresentati dalle particelle polverulente PM10 e PM2,5 e dalle emissioni gassose prodotte dai motori dei mezzi di cantiere, principalmente individuate negli Ossidi di Azoto (NOx). Per gli inquinanti esaminati, quindi, è stata eseguita una caratterizzazione del territorio allo stato ante operam e successivamente si è valutato l’impatto mediante modelli matematici mirati a stimare i livelli di concentrazione prodotti e valutare quindi in ultimo la necessità di prevedere degli interventi di mitigazione progettati ad hoc.

Dalle simulazioni condotte è emerso che per tutte le fasi di cantiere le emissioni di inquinanti prodotte sono al di sotto dei limiti di legge. Si ritiene quindi che l’attività di cantiere non sia impattante per la qualità dell’aria.

#### **Rumore e Vibrazioni**

Nonostante il carattere temporaneo delle attività di cantiere, l’impatto su tali componenti non è considerabile trascurabile dal momento che, durante la fase di cantierizzazione potrebbero essere rilevati dei livelli di impatto superiori ai limiti di normativa in corrispondenza degli edifici più prossimi alle aree di cantiere. È stata quindi condotta un’analisi dettagliata per i ricettori individuati lungo il tracciato dell’Opera e sono state eseguite le simulazioni mirate a stimare l’emissione prodotta dalle attività di lavoro.

Relativamente alla componente rumore, analizzando i risultati delle simulazioni effettuate, condotte in virtù della natura delle opere previste dal progetto, della tipologia di macchinari da impiegare durante la fase di cantiere e dell’entità delle opere da realizzare, si evince come tali attività genereranno effetti di una certa rilevanza dal punto di vista delle emissioni acustiche. Sono emersi superamenti dei limiti acustici, soprattutto nelle aree prossime a ricettori destinati a terziario e prossimi ai cantieri. In generale, per gli scenari simulati, le criticità evidenziate sono risolte previa adozione di apposite misure di mitigazione, consistenti nell’installazione di barriere antirumore di cantiere mobili. Si sottolinea che per alcuni scenari non è risultato possibile rientrare all’interno dei limiti previsti; pertanto sarà opportuno in fase di lavoro la richiesta di deroga per lo svolgimento di alcune lavorazioni.

Relativamente alla componente vibrazioni, dalle simulazioni condotte è emerso che i livelli di vibrazione attesi durante i lavori di realizzazione delle opere in progetto evidenziano la possibilità che vengano ad essere presenti fenomeni di annoyance. Si è reso pertanto necessario approntare un idoneo sistema di monitoraggio vibrazionale da attuarsi in corrispondenza delle aree dove queste lavorazioni risultano più prossime a ricettori.

## 6 IMPIANTI

Nella progettazione esecutiva degli impianti d’illuminazione sono state adottate le soluzioni e individuate le tecnologie che soddisfano maggiormente i seguenti obiettivi:

- la sicurezza degli utenti stradali e degli operatori;
- facilità realizzativa;
- bassi costi per gli interventi di manutenzione;
- bassi costi di esercizio;
- risparmio energetico;
- controllo in remoto del sistema
- rispetto degli standard aziendali

Gli interventi in oggetto prevedono l’illuminazione delle aree di seguito definite, costituite da diverse zone di conflitto:

- “Svincolo il Picchetto”, composto dalle zone di diversione e immissione sulla E78, dalle due rotatorie e dai rami di collegamento tra le rotatorie e le zone di diversione e immissione.
- “Svincolo di Fontanazzi”, composto dalle zone di diversione e immissione sulla E78, dalla rotatoria e dai rami di collegamento tra la rotatoria e le zone di diversione e immissione.
- “Svincolo i Ponticini”, composto dalle zone di diversione e immissione sulla E78, dalle due rotatorie e dai rami di collegamento tra le rotatorie e le zone di diversione e immissione.

Sono previste 3 forniture in bassa tensione, ciascuna in corrispondenza di ogni area di svincolo, con il quadro in posizione il più possibile baricentrica dal punto di vista elettrico.

La progettazione ha inoltre recepito le indicazioni contenute nella nota ANAS CDG-0155210-P del 26/11/2014 “Standardizzazione degli impianti tecnologici, contenimento e monitoraggio dei relativi consumi energetici” e quanto previsto nella Legge Regionale n. 37 del 21/03/2000 della Regione Toscana “Norme per la prevenzione dell’inquinamento luminoso”.

I pali utilizzati per il sostegno dei corpi illuminanti sono di altezza totale pari a 8,80 m (hft = 8,00 m). I pali sono completi delle seguenti lavorazioni eseguite e certificate dal costruttore:

- asola per l’ingresso dei conduttori di alimentazione posta a circa 300 mm dal piano di interramento.
- asola portamorsettiera (morsettiera in Classe II) completa di portello in alluminio.

L’ancoraggio dei pali è realizzato attraverso la posa in opera di idonei basamenti di fondazione.

Se non diversamente specificato negli elaborati grafici, il palo è orientato in modo tale che l’asse di simmetria longitudinale del corpo illuminante che sostiene sia perpendicolare all’asse della corsia ad esso adiacente.

Sulla sezione trasversale i pali di illuminazione sono posti ad una distanza minima di 2,3 m dal bordo della carreggiata in modo da ridurre i rischi di abbattimento in caso di svio dei veicoli.

Per maggiori dettagli si rimanda all’elaborato specifico: T00-IM00-IMP-RE01

## 7 INTERFERENZE

La zona interessata dal progetto ricade nei comuni di Monticiano, Murlo e Sovicille, in provincia di Siena.

Nel corso della progettazione è stato effettuato un sopralluogo alle reti ed impianti esistenti al fine di acquisire le necessarie informazioni in merito ad eventuali e/o possibili interferenze ed alla loro risoluzione.

Le reti ed impianti di pubblici servizi interferenti con l'opera, così come individuati dal sopralluogo e dalle informazioni raccolte, sono riportati nelle corrispondenti planimetrie e vengono qui di seguito descritti:

### **Telecom Italia S.p.A.**

Si riscontra la presenza di linee di fibra ottica e telecomunicazioni interferenti con l'intervento in progetto.

### **Enel S.p.A. Distribuzione Media Bassa Tensione**

Si riscontra la presenza di linee aeree di MT/BT interferenti con l'intervento in progetto.

### **Terna S.p.A.**

L'intervento in progetto NON interferisce con le linee aeree di AT e relativi tralicci.

### **SNAM Rete Gas S.p.A.**

L'intervento in progetto NON interferisce con il metanodotto.

### **Acquedotto del Fiora**

L'intervento in progetto interferisce con la rete idrica di vari diametri e materiali.

### **Consorzio Bonifica Grossetana Area 6 – Toscana Sud**

L'intervento in progetto interferisce con la rete idrica di vari diametri e materiali.

Nel seguito si riporta la sintesi delle interferenze censite, rimandando al paragrafo successivo il dettaglio di ciascuna.



QUADRO RIEPILOGATIVO DELLE INTERFERENZE					
N°Int.	Descrizione Interferenza	Ente Gestore	Posizione	Pk. di progetto	Viabilità
1a	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	Viabilità Vicinale 2
1b	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	44+240.00 ÷ 44+260.00 - -	Viabilità Principale Rampa Picch 5 Cantiere Operativo n°4
1c	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1d	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1e	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	Rampa Picch 5
1f	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	45+0.00 ÷ 45+20.00	Viabilità Principale
1g	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1h	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1i	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	45+740.00 ÷ 45+760.00	Viabilità Principale
1l	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1m	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	48+700.00 ÷ 48+680.00 - - -	Viabilità Principale Viabilità Secondaria 3 Cantiere Base n°9 Cantiere Operativo n°10
1n	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1o	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1p	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	Viabilità Secondaria 2
1q	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1r	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1s	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1t	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1u	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	-	-
1v	Linea elettrica BT/MT	ENEL	AEREA	45+420.00 ÷ 45+700.00	Viabilità Principale
2a	Linea fibra ottica	TELECOM FIBRA	INTERRATA	41+600.00 ÷ 53+120.00	Viabilità Principale
3a	Linea telefonica	TELECOM	AEREA	-	Viabilità Vicinale 1
3b	Linea telefonica	TELECOM	AEREA	43+220.00 ÷ 43+420.00 43+600.00 ÷ 44+080.00 - 44+220.00 ÷ 44+340.00 -	Viabilità Principale Viabilità Vicinale 3 Viabilità Principale Viabilità Vicinale 3
3c	Linea telefonica	TELECOM	AEREA	-	-
3d	Linea telefonica	TELECOM	AEREA	- 50+860.00 ÷ 49+740.00	Viabilità Principale Viabilità Principale
3e	Linea telefonica	TELECOM	AEREA	- 50+860.00 ÷ 51+480.00	Viabilità Secondaria 3 Viabilità Principale
3f	Linea telefonica	TELECOM	AEREA	51+760.00 ÷ 51+920.00	Viabilità Principale
4a	Linea acquedotto	ACQUEDOTTO DEL FIORA	INTERRATA	44+940.00 ÷ 44+960.00 - -	Viabilità Principale Viabilità Vicinale 4 Viabilità Comunale 1
4b	Linea acquedotto	ACQUEDOTTO DEL FIORA	INTERRATA	-	-
5a	Linea acquedotto	CONSORZIO BONIFICA GROSSETANA AREA 6	INTERRATA	-	Viabilità Comunale 2

## 8 ESPROPRI

Il Piano di Esproprio comprende le aree direttamente interessate dai lavori di adeguamento stradale nonché le aree individuate quali siti per la sistemazione del materiale di risulta proveniente dagli scavi e le aree di cantiere.

I comuni interessati dal progetto sono:

- Monticiano;
- Murlo;
- Sovicille.

L'area è caratterizzata da zone agricole, che possono considerarsi a prevalenza di colture seminativo e risaie, mentre alcune risultano parzialmente edificate e/o edificabili e sono ubicate

a ridosso delle varie arterie che vengono intersecate dalla nuova viabilità. In tali aree sono presenti diverse tipologie di fabbricati per lo più a destinazione civile abitativa con relative unità

annesse quali garage, magazzini e edifici per ricovero attrezzi agricoli e non.

Dal punto di vista morfologico, il territorio interessato è di tipo pianeggiante e basso collinare.

Durante i sopralluoghi effettuati, è stata riscontrata, sulle aree interessate dal progetto, anche la presenza di manufatti in legno e muratura non censiti all'Agenzia del Territorio. Per tali edifici è stato previsto un indennizzo pari al loro valore di mercato in loco.

L'estensione delle aree coinvolte è pari a:

- Aree da espropriare in via definitiva pari a circa mq 920445;
- Aree da occupare in via temporanea pari a circa mq 92940.

### 8.1 CRITERI PER LA DETERMINAZIONE DELLE AREE INTERESSATE

La determinazione delle linee di esproprio è stata fatta in maniera tale da comprendere tutte le aree necessarie per la realizzazione dei lavori, si è cercato di adeguare i limiti dalle aree di occupazione coinvolte ai limiti di proprietà catastale, cercando di limitare la formazione di particelle intercluse o piccole rimanenze.

Le aree interessate dall'intervento sono determinate in aree da espropriare su cui avverrà la realizzazione delle opere di progetto, aree oggetto di occupazione temporanea definite da: aree cantieri e relativa viabilità provvisoria, aree da destinarsi a depositi provvisori di materiali di risulta etc..

### 8.2 CRITERI PER LA DEFINIZIONE DELL'INDENNITA' DI ESPROPRI

Per quanto attiene al metodo di valutazione dei costi per l'acquisizione delle aree, esso viene applicato tenendo conto della normativa vigente in materia di espropri e delle recenti interpretazioni giurisprudenziali.

In via cautelativa si adotta la fattispecie dell'ipotesi di cessione bonaria dei beni, così come previsto dall'art. 45 del T.U. per tutti i proprietari interessati.

Allo scopo di giungere all'attribuzione del giusto valore di esproprio alle singole aree, si è proceduto alla ricerca delle destinazioni previste nei piani urbanistici vigenti, presso gli uffici comunali.

### 8.3 CALCOLO DELL'INDENNITA' DI ESPROPRIO

Per il calcolo dell'indennità di esproprio si sono suddivise le aree in agricole, edificabili, esterno ed interne ai centri edificati e fabbricati.

Si rimanda all'elaborato di riferimento: T00-ES00-ESP00-RE01, dove il suddetto argomento viene dettagliatamente affrontato.

## 9 BONIFICA ORDIGNI BELLCI

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 Sistemática 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 T00-EG03-GEN-RE01, l'estensione areale delle varie tipologie di bonifica è riportata nella seguente tabella:

TIPOLOGIA DI BONIFICA	AREA (m <sup>2</sup> )
Bonifica profonda estesa a tutta l'area di intervento con profondità 3 m	1136861.2
Bonifica ordigni bellici profonda sotto la profondità 5 m	6637.3
Bonifica ordigni bellici profonda sotto la profondità 7 m	5220.5

## 10 CANTIERIZZAZIONE E FASI COSTRUTTIVE

La corretta localizzazione dei siti di cantiere costituisce il primo provvedimento preventivo in merito al contenimento degli eventuali impatti, in quanto da esso dipendono gli effetti più significativi che si possono determinare sull’ambiente circostante e sul normale assetto funzionale delle residenze, delle viabilità e dei servizi.

In relazione all’estensione territoriale dell’intervento complessivo, si è ritenuto opportuno installare un unico Campo Base (cerchiato in rosso nell’immagine sottostante), posizionato fuori lotto in posizione baricentrica rispetto all’area di intervento.

Al cantiere base si aggiungono dodici cantieri operativi principali, legati alle lavorazioni dei viadotti, degli svincoli e dell’asse principale.

Per la determinazione delle dimensioni di ciascun cantiere, i requisiti principali richiesti per un Campo Base - Cantiere Operativo sono dettati essenzialmente dal Cronoprogramma dei lavori, dall’ammontare dei lavoratori impiegati e dal tipo di opere da costruire.

Si passa nel seguito a descrivere i vari cantieri iniziando dal Campo Base, per proseguire con i cantieri Operativi.



Figura 10.1 - Planimetria con individuazione dei cantieri base e operativi.

### 10.1 CANTIERE BASE

Il cantiere base, si trova ubicato nel Comune di Murlo, nella parte intermedia del tracciato.

L’area prescelta non presenta vincoli particolari che ne limitano l’uso ed è localizzata poco distante dall’asse principale ed è confinante con la viabilità secondaria che collega la statale ai siti di cava prescelti per l’approvvigionamento dei materiali per i rilevati. Inoltre essa è situata di fronte ad un’area in cui attualmente è presente un impianto di frantumazione e vagliatura di inerti. Per tali motivi, per la

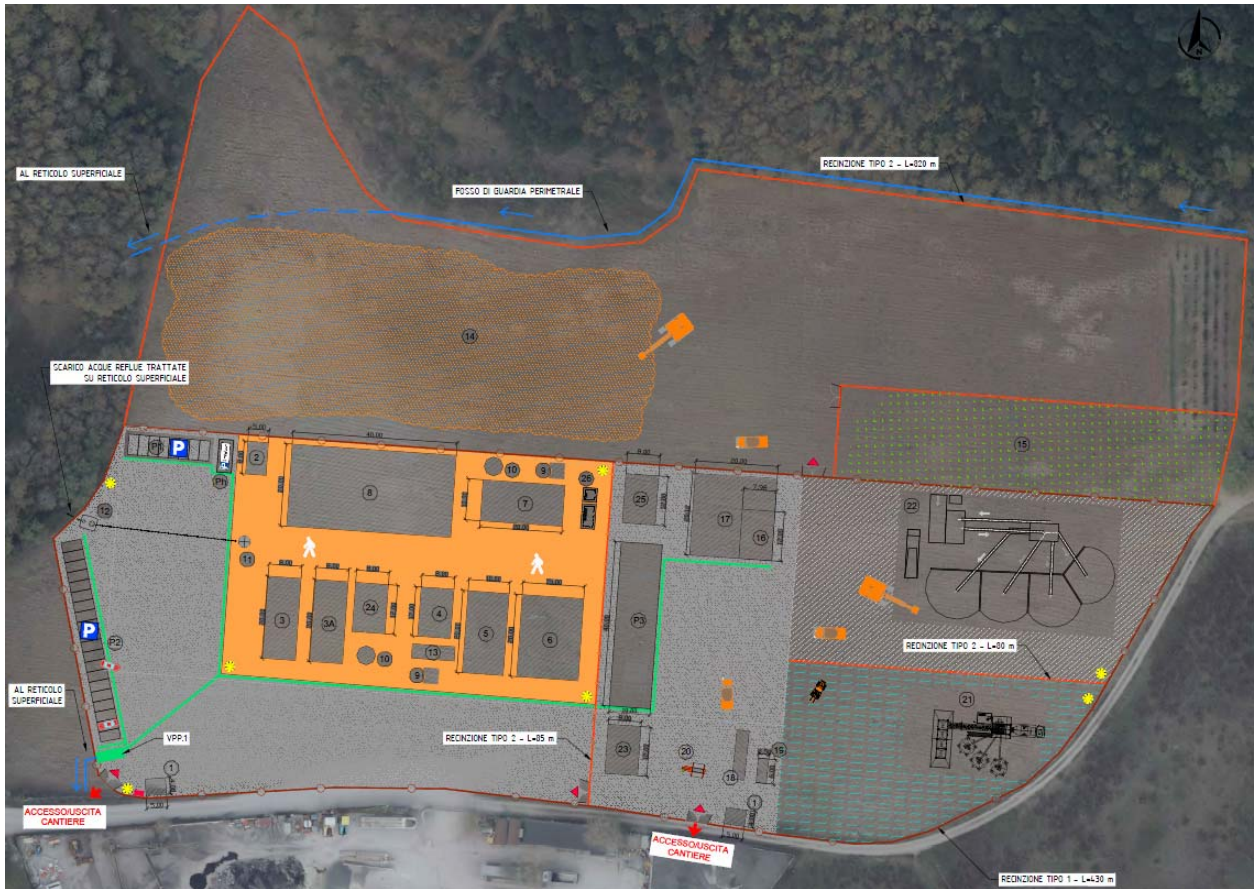


localizzazione baricentrica rispetto al tracciato e per le caratteristiche pressochè pianeggianti del sito, si prevede che tale area sia atta ad ospitare il cantiere base dell'intervento.

L'area sarà rifinita con una pavimentazione permeabile ad eccezione delle aree che richiedono particolari precauzioni dal punto di vista ambientale.

Nel cantiere base sono collocati:

- guardiana;
- infermeria;
- centrale termica;
- presidio sanitario;
- uffici;
- refettorio;
- mensa;
- sala ricreazione;
- alloggi;
- spogliatoi;
- magazzino per officina;
- officina meccanica;
- laboratorio analisi



**LEGENDA**

①	GUARDIANA	⑪	FOSSA BIOLOGICA/IMHOFF	⑳	IMPIANTO DI LAVAGGIO RUOTE MEZZI DI TRASPORTO
②	INFERMIERIA	⑫	DEPURATORE/FILTRO PERCOLATORE ANAEROBICO	㉑	IMPIANTO DI BETONAGGIO
③	UFFICI IMPRESA	⑬	DEPOSITO RIFIUTI MENSA	㉒	IMPIANTO DI FRANTUMAZIONE E CLASSIFICAZIONE
③A	UFFICI DIREZIONE LAVORI	⑭	AREA STOCCAGGIO PROVVISORIO MATERIALE PROVENIENTE DA SCAVI E STERRI - CIRCA 15600 MQ	㉓	DEPOSITO ATTREZZATURA
④	CUCINA	⑮	AREA STOCCAGGIO PROVVISORIO TERRENO DI SCOTICO CANTIERE BASE - CIRCA 2000 MQ	㉔	LABORATORIO ANALISI
⑤	REFETTORIO - MENSA	⑯	BOX MAGAZZINO OFFICINA MECCANICA	㉕	DEPOSITO OLI
⑥	SALA RICREAZIONE	⑰	TETTOIA OFFICINA MECCANICA	㉖	DEPOSITO BOMBOLE OSSIGENO
⑦	SPOGLIATOI	⑱	PESA A BILICO	㉗	POSTI AUTO A SERVIZIO DEGLI UFFICI
⑧	ALLOGGI-DORMITORI PERSONALE	㉒	CONTAINER DI SERVIZIO PER PESA	㉘	PARCHEGGI AUTO OPERAI
⑨	CENTRALE TERMICA	㉓	IMPIANTO DI LAVAGGIO RUOTE MEZZI DI TRASPORTO	㉙	POSTI SOSTA MEZZI PESANTI
⑩	SERBATOIO IDRICO	㉔	IMPIANTO DI BETONAGGIO		

Figura 10.2 - Planimetria cantiere base.

Il cantiere base verrà utilizzato come campo base per le attività logistiche e di gestione del cantiere.

Il Campo Base ospita i servizi direzionali preposti alla realizzazione dell’opera e cioè uffici della Direzione Lavori e parte degli uffici operativi preposti alla costruzione delle opere (Direzione Tecnica, Ingegneria, Produzione, Servizi Tecnici). Le varie sottoaree in cui è diviso il campo base sono collegate da strade interne che permettono il movimento di uomini e mezzi senza interessare la viabilità pubblica.

È inoltre previsto che il terreno vegetale, proveniente dallo scotico per la preparazione dell’area, venga accumulato all’interno della stessa secondo criteri che permettono l’ammendamento in vista del ripristino finale.

Il dimensionamento del cantiere è stato eseguito sulla base del numero di addetti, delle tempistiche delle lavorazioni e della conformazione delle aree a disposizione.

Il terreno proveniente dallo scavo superficiale per la preparazione dell’area “scotico”, sarà staccato in una zona adiacente all’area di cantiere. Il terreno stoccato sarà riutilizzato durante la fase di ripristino per la ricopertura vegetale dell’area.

La zona dove trovano spazio gli alloggi, uffici, mensa e refettorio è pavimentata ed ha una superficie di circa 5330 mq. Le acque meteoriche e di dilavamento sono raccolte da un sistema di drenaggio in canalette in cls vibrocompreso e destinate alla vasca di prima pioggia e disoleatore. Dopo il trattamento le acque vengono restituite al reticolo idrografico superficiale.

#### Area Logistica

All’interno dell’area logistica sono ubicate le seguenti dotazioni:

- Alloggi per il personale;
- Mensa e cucina;
- Sala ricreativa;
- Servizi igienici;
- Uffici;
- Presidio di Pronto Soccorso.

Gli uffici vengono ubicati molto vicini all’ingresso principale per le auto e sono costituiti da un edificio prefabbricato destinato all’impresa e alla direzione lavori (due moduli separati) con una superficie di circa 160+160 metri quadrati e dotato di servizi igienici, uffici, sale riunioni e di quant’altro necessario. Tali uffici sono stati dimensionati per ospitare fino a 30 persone, con una superficie media a persona di circa 10-15 mq. In adiacenza agli uffici sono ubicati 8 posti auto, alcuni dei quali coperti, riservati agli impiegati e agli eventuali ospiti. Altri 20 posti auto sono offerti sul lato opposto agli uffici.

La cucina e la mensa sono dimensionate per servire fino a 100 persone ed hanno una superficie complessiva pari a 200 mq. In adiacenza alla mensa e’ posta un serbatoio idrico per acqua potabile.

I dormitori sono costituiti da 1 edificio prefabbricato a due piani (800 mq a piano), sia per l’alloggio degli impiegati e degli operai, sia ad uso foresteria. Tutto il personale che pernotta in cantiere, verrà alloggiato in stanze singole dotate di letto, armadio, scrivania, riscaldamento/condizionamento e dotate di bagno privato. I tre edifici sono posti uno di fronte all’altro e nella zona libera intorno ad essi e’ ricavata un’area verde.

E’ stato previsto anche un locale destinato a sala ricreativa per il personale, ubicato in adiacenza agli alloggi e un locale per servizi igienici.

In questa area trovano posto anche locali tecnici (centrale termica, gruppo elettrogeno, quadro elettrico generale), la guardiania e il “Presidio di Pronto Soccorso”. Quest’ultimo è dotato di bagno, ambulatorio e un’area adibita a fermata ambulanze ed e’ ubicato in adiacenza all’ingresso del cantiere.

## 10.2 CANTIERE OPERATIVO 1 E CANTIERE OPERATIVO 2

I cantieri si trovano in corrispondenza della progressiva iniziale dell'intervento ed è situato nel Comune di Monticiano.

I due cantieri sono finalizzati all'esecuzione dei lavori sul viadotto Ornate, sia per la carreggiata in raddoppio sia per la demolizione e rifacimento del viadotto sulla carreggiata esistente.

È previsto un unico accesso per ogni cantiere, per i mezzi di servizio e per i mezzi d'opera.

L'area complessiva risulta pari a circa 3800 mq per il cantiere 1 e pari a circa 4550 mq per il cantiere 2.

Il terreno proveniente dallo scavo superficiale per la preparazione dell'area “scotico”, sarà stoccato in una zona adiacente all'area di cantiere. Il terreno stoccato sarà riutilizzato durante la fase di ripristino per la ricopertura vegetale dell'area.



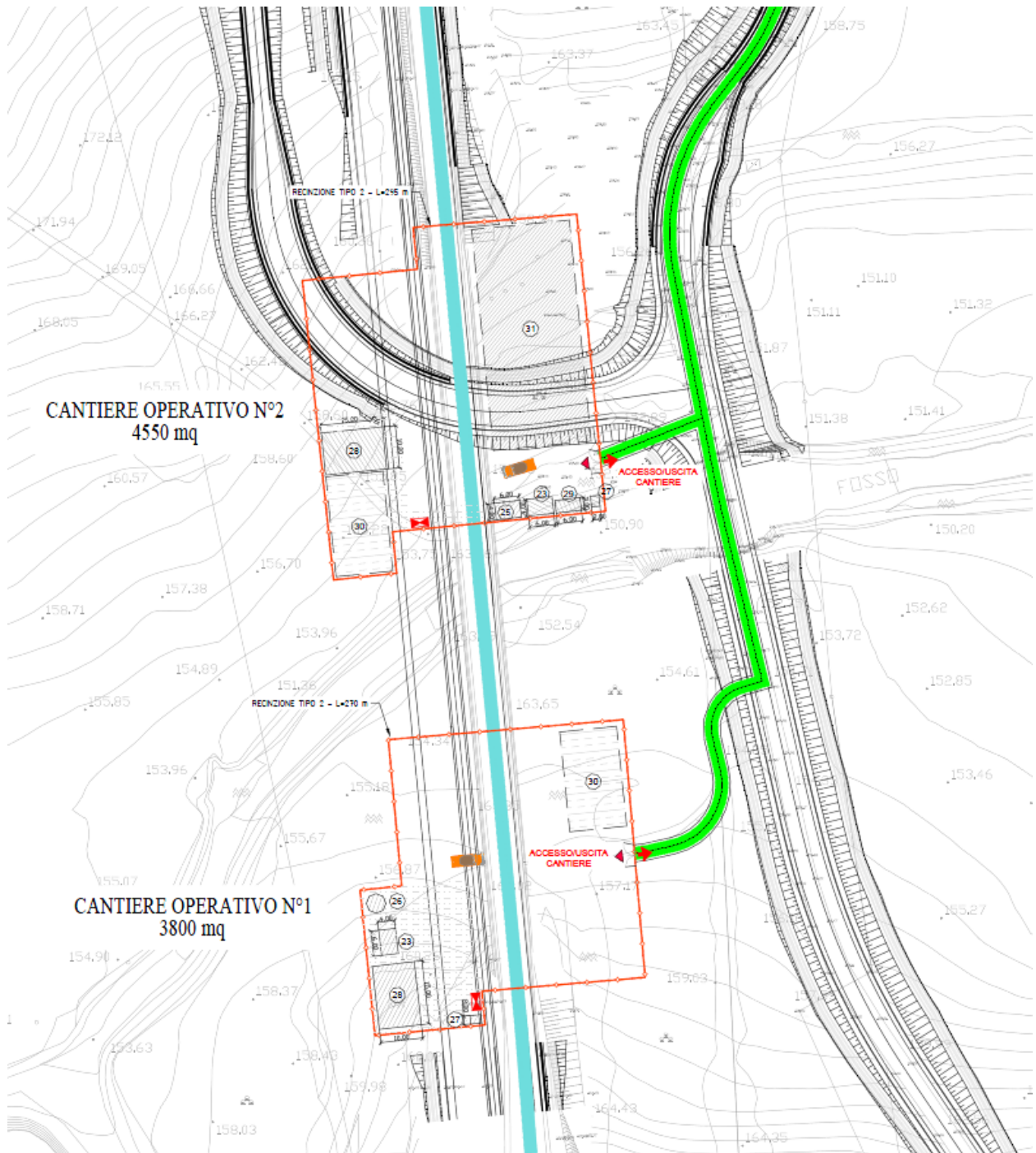


Figura 10.3 - Planimetria cantiere operativo 1 e 2.

Il cantiere verrà utilizzato per le seguenti lavorazioni:

- Viadotto Ornate.

All'interno del cantiere possiamo distinguere un'area logistica/operativa in cui saranno concentrate le installazioni tipiche di un cantiere operativo.



### Area Operativa

Nell'area operativa del cantiere 1 trovano collocazione:

- Deposito attrezzatura;
- Cisterna carburante;
- Bagno chimico servizi di zona;
- Area stoccaggio materiale di consumo;
- Area per carico/scarico materiali da costruzione.

Nell'area operativa del cantiere 2 trovano collocazione:

- Deposito attrezzatura;
- Deposito oli;
- Bagno chimico servizi di zona;
- Area stoccaggio materiale di consumo;
- Presidio sanitario;
- Area per carico/scarico materiali da costruzione;
- Zona allestimento impalcato.

### **10.3 CANTIERE OPERATIVO 3**

Il cantiere si trova in corrispondenza della progressiva 43+900 km ed è situato nel Comune di Monticiano.

Il cantiere è finalizzato all'esecuzione dei lavori sull'asse principale.

È previsto un unico accesso al cantiere, per i mezzi di servizio e per i mezzi d'opera.

L'area complessiva risulta pari a circa 12000 mq.

Il terreno proveniente dallo scavo superficiale per la preparazione dell'area “scotico”, sarà stoccato in una zona adiacente all'area di cantiere. Il terreno stoccato sarà riutilizzato durante la fase di ripristino per la ricopertura vegetale dell'area.

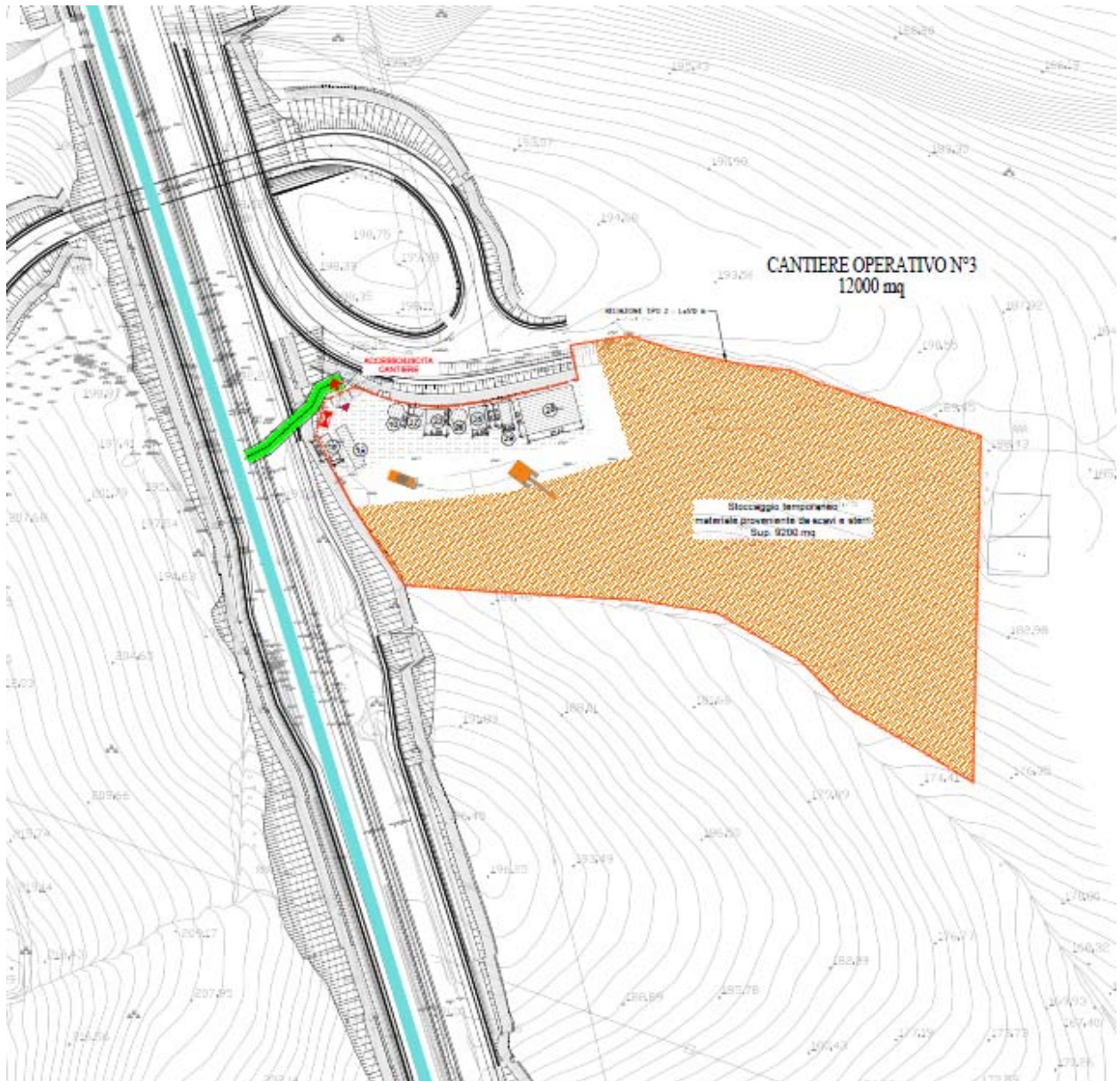


Figura 10.4 - Planimetria cantiere operativo 3.

Il cantiere verrà utilizzato per le seguenti lavorazioni:

- Asse principale da inizio lotto a pk 44+000 km.

All'interno del cantiere possiamo distinguere un'area logistica/operativa in cui saranno concentrate le installazioni tipiche di un cantiere operativo.

**Area Operativa**

Nell'area operativa del cantiere 3 trovano collocazione:

- o Serbatoio idrico;
- o Pesa per bilico;
- o Container di servizio per pesa;
- o Deposito attrezzatura;

- Deposito oli;
- Cisterna carburante;
- Bagno chimico servizi di zona;
- Area stoccaggio materiale di consumo;
- Presidio sanitario;
- Area per carico/scarico materiali da costruzione.

Questo cantiere viene utilizzato come area di deposito temporaneo per il materiale proveniente dagli scavi.

#### **10.4 CANTIERE OPERATIVO 4 E CANTIERE OPERATIVO 5**

I cantieri si trovano in corrispondenza dello svincolo Picchetto ed è situato nel Comune di Monticiano.

Il cantiere è finalizzato all'esecuzione dei lavori sull'asse principale e dello svincolo stesso.

È previsto un unico accesso al cantiere, per i mezzi di servizio e per i mezzi d'opera.

L'area complessiva risulta pari a circa 7400 mq per il cantiere operativo 4 e a 7160 mq per il cantiere operativo 5.

Il terreno proveniente dallo scavo superficiale per la preparazione dell'area “scotico”, sarà stoccato in una zona adiacente all'area di cantiere. Il terreno stoccato sarà riutilizzato durante la fase di ripristino per la ricopertura vegetale dell'area.



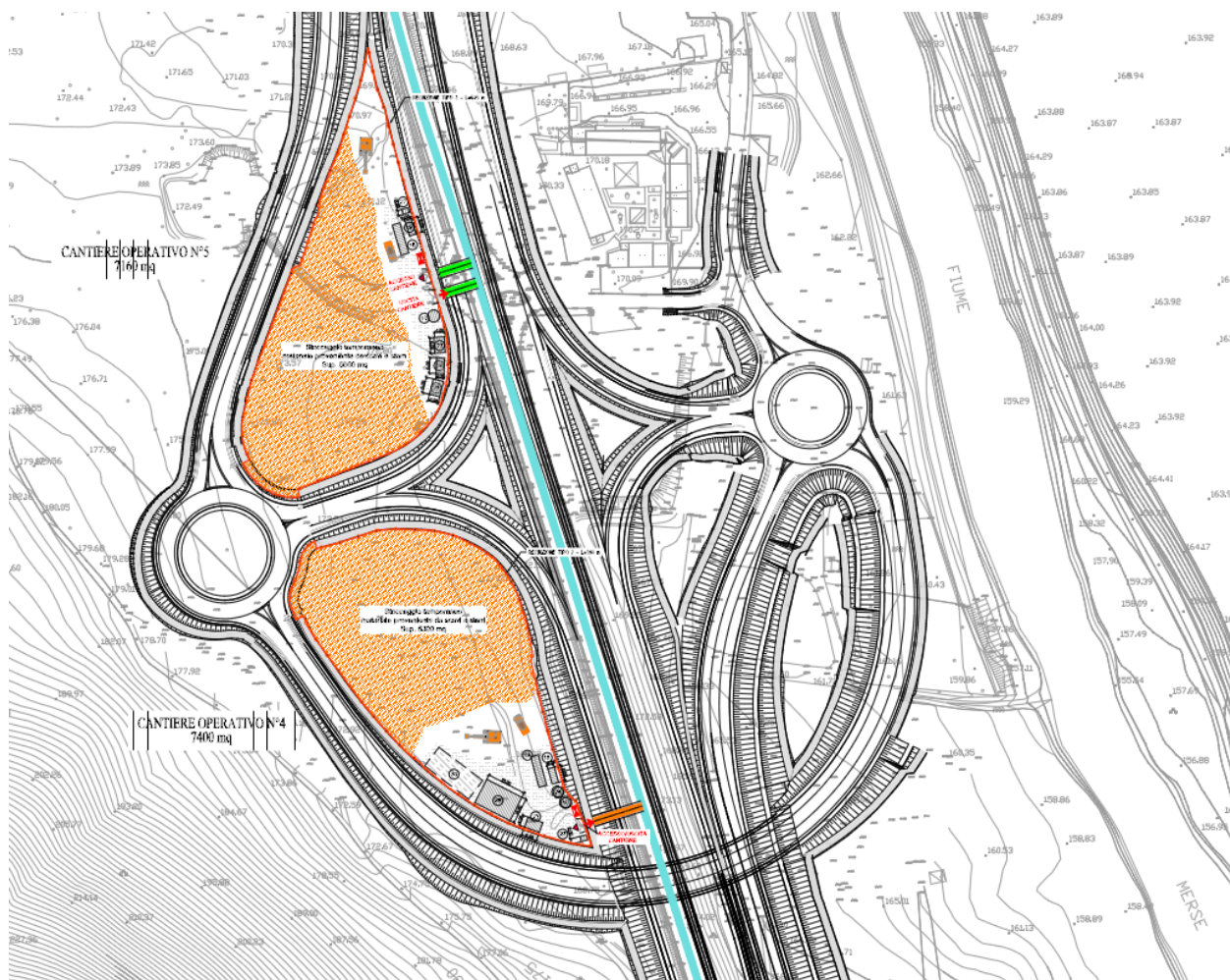


Figura 10.5 - Planimetria cantiere operativo 4 e cantiere operativo 5.

Il cantiere verrà utilizzato per le seguenti lavorazioni:

- Asse principale da pk 44+000 km fino al viadotto Merse;
- Svincolo Picchetto.

All'interno del cantiere possiamo distinguere un'area logistica/operativa in cui saranno concentrate le installazioni tipiche di un cantiere operativo.

#### Area Operativa

Nell'area operativa del cantiere 4 trovano collocazione:

- (10) Serbatoio idrico;
- (18) Pesa bilico;
- (19) Container di servizio per pesa;
- (23) Deposito attrezzatura;
- (26) Cisterna carburante;
- (27) Bagno chimico servizi zona;
- (28) Area stoccaggio materiale di consumo;
- (30) Area per carico / scarico materiali da costruzione.

Questo cantiere viene utilizzato come area di deposito temporaneo per il materiale proveniente dagli scavi.

Nell'area operativa del cantiere 5 trovano collocazione:

- o (10) Serbatotio idrico;
- o (18) Pesa bilico;
- o (19) Container di servizio per pesa;
- o (23) Deposito attrezzatura;
- o (25) Deposito oli;
- o (27) Bagno chimico servizi zona;
- o (29) Presidio sanitario;

Questo cantiere viene utilizzato come area di deposito temporaneo per il materiale proveniente dagli scavi.

### 10.5 CANTIERE OPERATIVO 6 E CANTIERE OPERATIVO 7

I cantieri si trovano in corrispondenza del viadotto Merse, rispettivamente in corrispondenza della spalla nord e della spalla sud. Il cantiere operativo 6 è situato nel Comune di Monticiano, mentre il cantiere operativo 7 è situato nel Comune di Murlo.

I cantieri sono finalizzati alla realizzazione del viadotto Merse.

È previsto un unico accesso al cantiere, per i mezzi di servizio e per i mezzi d'opera.

L'area complessiva risulta pari a circa 4500 mq per il cantiere operativo 6 e a 11000 mq per il cantiere operativo 7.

Il terreno proveniente dallo scavo superficiale per la preparazione dell'area “scotico”, sarà stoccato in una zona adiacente all'area di cantiere. Il terreno stoccato sarà riutilizzato durante la fase di ripristino per la ricopertura vegetale dell'area.



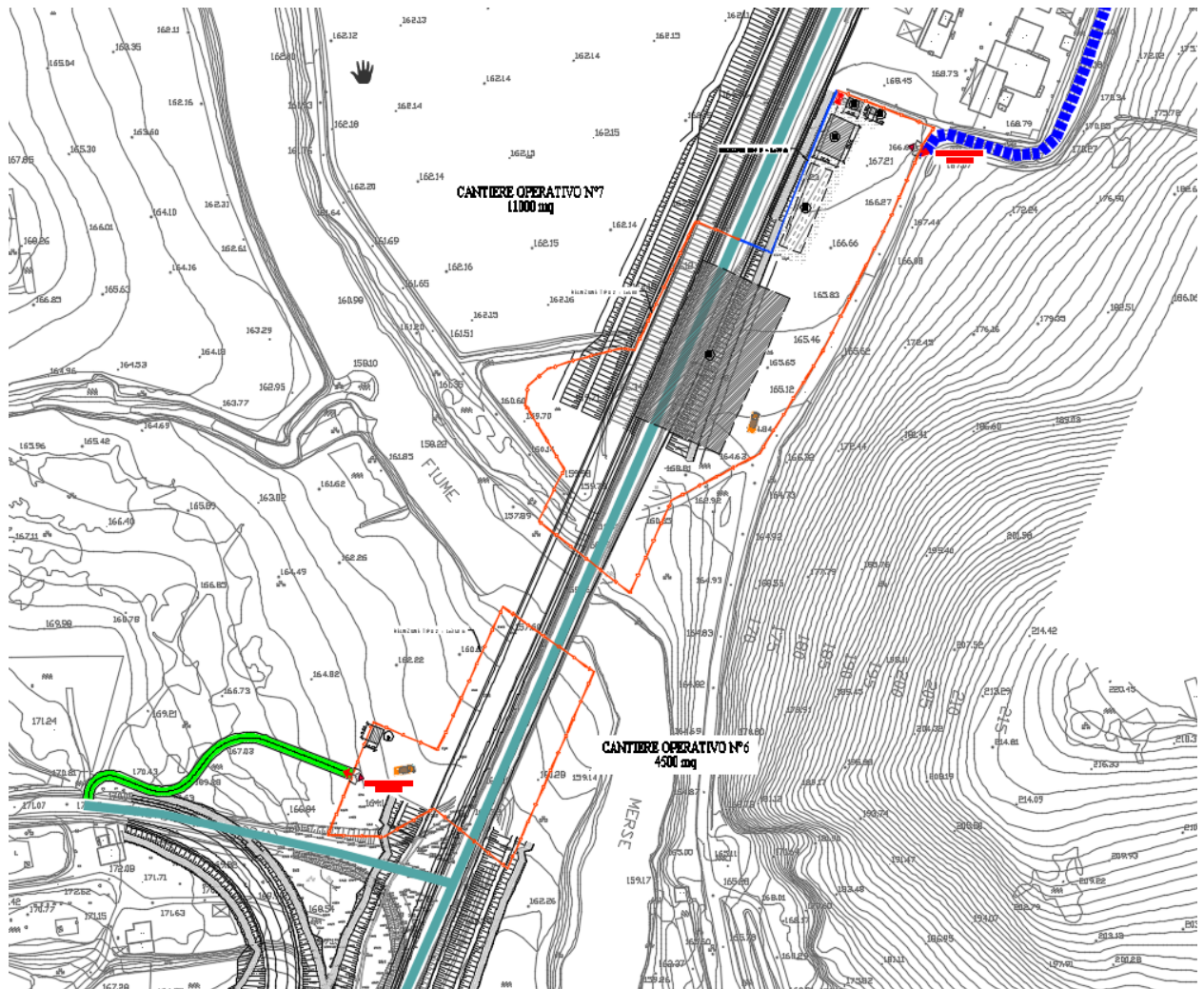


Figura 10.6 - Planimetria cantiere operativo 6 e cantiere operativo 7.

I cantieri verranno utilizzati per le seguenti lavorazioni:

- o Viadotto Merse.

All'interno del cantiere possiamo distinguere un'area logistica/operativa in cui saranno concentrate le installazioni tipiche di un cantiere operativo.

**Area Operativa**

Nell'area operativa del cantiere 6 trovano collocazione:

- o (3) Ufficio impresa;

Nell'area operativa del cantiere 7 trovano collocazione:

- o (23) Deposito attrezzatura;
- o (27) Bagno chimico servizi zona;
- o (30) Area per carico / scarico materiali da costruzione;
- o (31) Zona allestimento impalcato.

La posizione dei baraccamenti e delle aree di deposito dei materiali da costruzione è compatibile con gli studi idraulici condotti sul fiume Merse e risultano esterne alle aree di esondazione determinate per un tempo di ritorno determinato sulla base della durata dei lavori.

#### 10.6 CANTIERE OPERATIVO 8 E CANTIERE OPERATIVO 13

I cantieri si trovano in corrispondenza dello svincolo Fontazzi, nel Comune di Murlo.

I cantieri sono finalizzati alla realizzazione dell'asse principale e dello svincolo Fontazzi.

È previsto un unico accesso al cantiere, per i mezzi di servizio e per i mezzi d'opera.

L'area complessiva risulta pari a circa 5500 mq per il cantiere operativo 8 e a 3950 mq per il cantiere operativo 13.

Il terreno proveniente dallo scavo superficiale per la preparazione dell'area “scotico”, sarà stoccato in una zona adiacente all'area di cantiere. Il terreno stoccato sarà riutilizzato durante la fase di ripristino per la ricopertura vegetale dell'area.

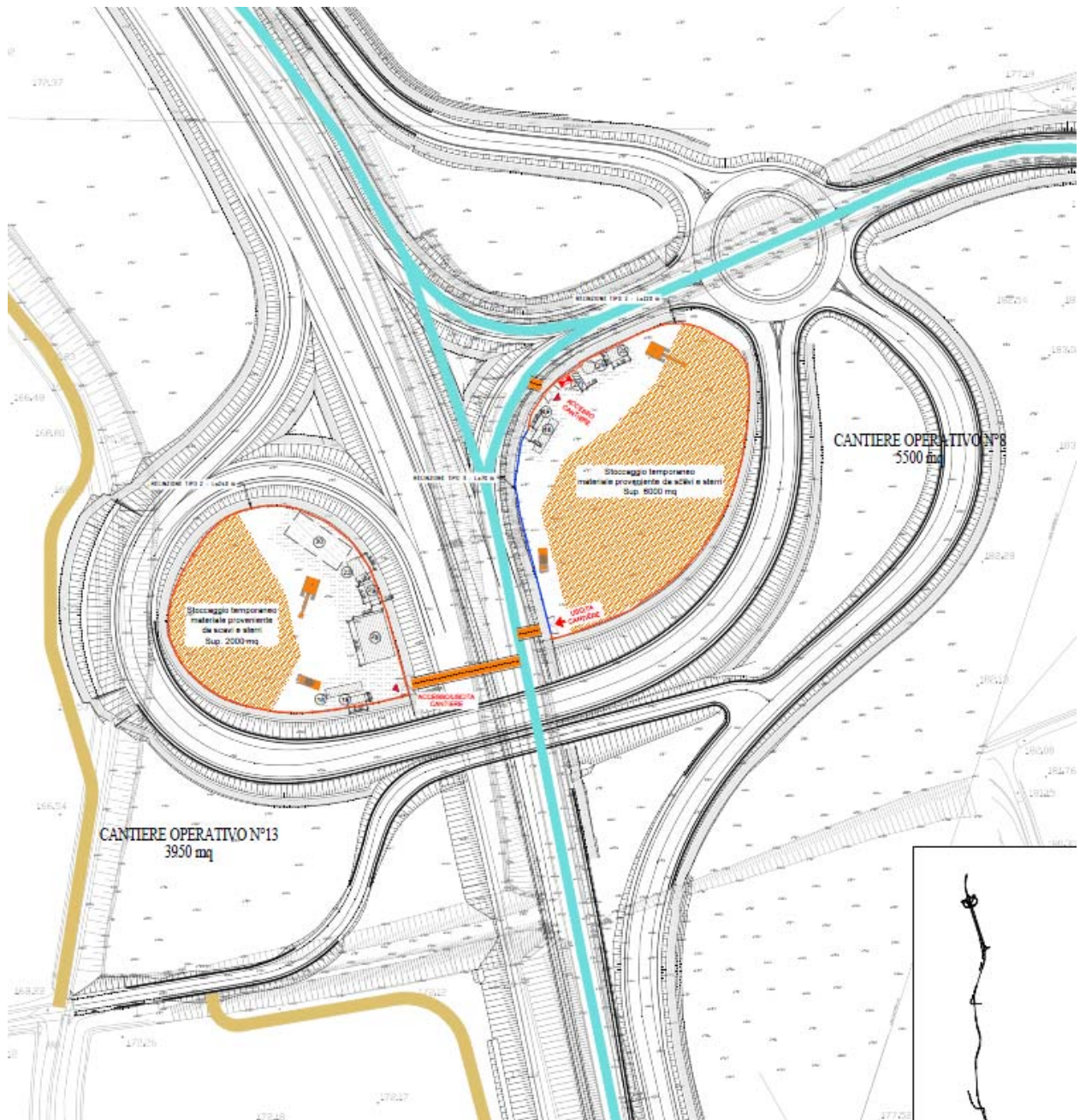


Figura 10.7 - Planimetria cantiere operativo 8 e cantiere operativo 13.

I cantieri verranno utilizzati per le seguenti lavorazioni:

- Asse principale;
- Svincolo Fontazzi.

All'interno del cantiere possiamo distinguere un'area logistica/operativa in cui saranno concentrate le installazioni tipiche di un cantiere operativo.

**Area Operativa**

Nell'area operativa del cantiere 8 trovano collocazione:

- (18) Pesa bilico;



- (19) Container di servizio per pesa;
- (25) Deposito oli;
- (26) Cisterna carburante;
- (27) Bagno chimico servizi zona;

Questo cantiere viene utilizzato come area di deposito temporaneo per il materiale proveniente dagli scavi.

Nell'area operativa del cantiere 13 trovano collocazione:

- (18) Pesa bilico;
- (19) Container di servizio per pesa;
- (23) Deposito attrezzatura;
- (28) Area stoccaggio materiale di consumo;
- (29) Presidio sanitario;
- (30) Area per carico / scarico materiali da costruzione.

Questo cantiere viene utilizzato come area di deposito temporaneo per il materiale proveniente dagli scavi.

#### **10.7 CANTIERE OPERATIVO 10**

Il cantiere si trova in corrispondenza della progressiva 50+800 km, in corrispondenza del cavalcavia Frontignano S18 ed è situato nel Comune di Sovicille.

Il cantiere è finalizzato all'esecuzione dei lavori sull'asse principale e del cavalcavia Frontignano S18.

Sono previsti due accessi al cantiere, utilizzabili uno per l'ingresso, l'altro per l'uscita.

L'area complessiva risulta pari a circa 38800 mq.

Il terreno proveniente dallo scavo superficiale per la preparazione dell'area "scotico", sarà stoccato in una zona adiacente all'area di cantiere. Il terreno stoccato sarà riutilizzato durante la fase di ripristino per la ricopertura vegetale dell'area.

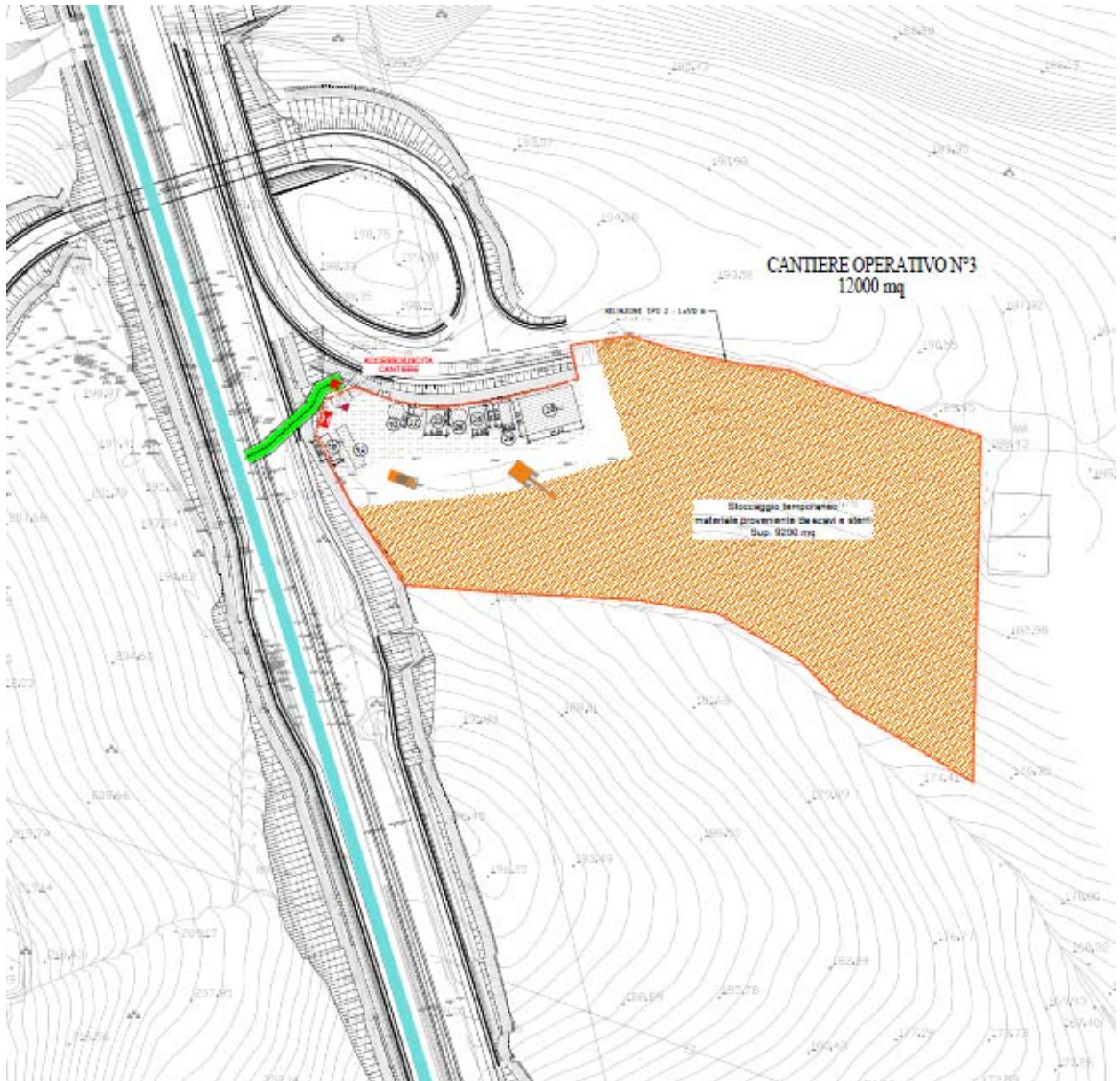


Figura 10.8 - Planimetria cantiere operativo 10.

Il cantiere verrà utilizzato per le seguenti lavorazioni:

- Asse principale;
- Cavalcavia Frontignagno S18.

All'interno del cantiere possiamo distinguere un'area logistica/operativa in cui saranno concentrate le installazioni tipiche di un cantiere operativo.

**Area Operativa**

Nell'area operativa del cantiere 3 trovano collocazione:

- (18) Pesa bilico;
- (19) Container di servizio per pesa;
- (23) Deposito attrezzatura;



- (25) Deposito oli;
- (27) Bagno chimico servizi zona;
- (28) Area stoccaggio materiale di consumo;
- (30) Area per carico / scarico materiali da costruzione;
- (31) Zona allestimento impalcato.

Questo cantiere viene utilizzato come area di deposito temporaneo per il materiale proveniente dagli scavi.

### 10.8 CANTIERE OPERATIVO 11 E CANTIERE OPERATIVO 12

I cantieri si trovano alla pk 53+200 km, in corrispondenza dello svincolo Ponticini, nel Comune di Sovicille.

I cantieri sono finalizzati alla realizzazione dell'asse principale e dello svincolo Ponticini.

È previsto un unico accesso al cantiere, per i mezzi di servizio e per i mezzi d'opera.

L'area complessiva risulta pari a circa 5450 mq per il cantiere operativo 11 e a 9400 mq per il cantiere operativo 12.

Il terreno proveniente dallo scavo superficiale per la preparazione dell'area "scotico", sarà stoccato in una zona adiacente all'area di cantiere. Il terreno stoccato sarà riutilizzato durante la fase di ripristino per la ricopertura vegetale dell'area.



Figura 10.9 - Planimetria cantiere operativo 11 e cantiere operativo 12.

I cantieri verranno utilizzati per le seguenti lavorazioni:

- Asse principale;
- Svincolo Ponticini.

All'interno del cantiere possiamo distinguere un'area logistica/operativa in cui saranno concentrate le installazioni tipiche di un cantiere operativo.

#### **Area Operativa**

Nell'area operativa del cantiere 11 trovano collocazione:

- (23) Deposito attrezzatura;
- (27) Bagno chimico servizi zona;
- (28) Area stoccaggio materiale di consumo;
- (29) Presidio sanitario;
- (30) Area per carico / scarico materiali da costruzione;
- (31) Zona allestimento impalcato.

Nell'area operativa del cantiere 12 trovano collocazione:

- (10) Serbatotio idrico;
- (18) Pesa bilico;
- (19) Container di servizio per pesa;
- (23) Deposito attrezzatura;
- (25) Deposito oli;
- (26) Cisterna carburante;
- (27) Bagno chimico servizi zona;
- (28) Area stoccaggio materiale di consumo;

Questo cantiere viene utilizzato come area di deposito temporaneo per il materiale proveniente dagli scavi.

### **10.9 VIABILITA' DI CANTIERE**

La viabilità interessata dal traffico indotto dalle attività di costruzione dell'opera in esame si estende dalle aree immediatamente limitrofe alla zona dei lavori, fino ai poli estrattivi dei materiali di costruzione ed alle discariche variamente ubicate nella Provincia di Siena e nella Provincia di Grosseto.

Lo studio della viabilità ha evidenziato due ordini di problemi. Il primo è legato alla viabilità di collegamento della zona dei lavori con le cave e discariche ed è costituito dalla necessità di individuare arterie stradali idonee al transito di mezzi pesanti, e le cui capacità e livelli di servizio non vengano significativamente ridotti per effetto del numero di viaggi orari degli autocarri diretti o provenienti dalle aree di lavoro.

Il secondo è legato alla viabilità di distribuzione lungo la tratta ed è costituito dalla necessità di utilizzare la rete viaria immediatamente adiacente alla zona dei lavori, studiando gli interventi (adeguamento tecnico e strutturale di strade pubbliche e private esistenti e costruzione di piste di cantiere) atti a consentire il transito di mezzi pesanti per il raggiungimento delle aree di lavoro ed il contenimento dell'impatto socio ambientale.

Ai fini della presente relazione è possibile ed utile dividere la viabilità a lungo raggio da quella a corto raggio.

Nella prima – viabilità provinciale – si inquadrano, essenzialmente le strade statali e provinciali che potranno essere percorse dei mezzi di cantiere, primi fra tutti i mezzi destinati al trasporto degli inerti per

i rilevati dalle cave di estrazione e il conferimento alle medesime cave di estrazione dei materiali in esubero destinati al riutilizzo o ad impianti di recupero.

Nella seconda – viabilità secondaria – si inquadrano invece le strade comunali che consentono di raggiungere e interconnettere tutte le viabilità di servizio e di cantiere utilizzate per raggiungere i luoghi di lavoro veri e propri.

La viabilità di cantiere costituisce un terzo livello di viabilità e precisamente quella occorrente ad assicurare la transitabilità nel cantiere ai mezzi del cantiere stesso, realizzata per lo più da strade private (poderali) e da piste di cantiere.

La viabilità principale interessata dal flusso di traffico indotto dalla realizzazione dell’opera può essere distinta nelle strade per le movimentazioni dei materiali tra i vari cantieri e in quella che viene utilizzata dai mezzi per l’approvvigionamento dei materiali. La prima impegna sostanzialmente le zone limitrofe del Comune di Sovicille, Murlo e Montignano, mentre la seconda riguarda le strade di collegamento tra le zone di cantiere e le cave e discariche.

In questa sede è stata fatta l’ipotesi che l’appaltatore si serva delle numerose cave presenti nella provincia di Siena e Grosseto, tale deduzione deriva dallo studio fatto sul territorio per sondare la disponibilità di materiale e la possibilità di stoccare il materiale proveniente dagli scavi. La rete viaria interessata è rappresentata nella planimetria di ubicazione cave e discariche e nelle planimetrie di viabilità di cantiere ed è costituita essenzialmente dalle seguenti arterie:

#### **Strade Statali / Provinciali**

- SGC E78 (ex SS223);
- S.P.99 strada provinciale di Grotti;
- S.P.33
- Strada provinciale delle Pinete;

#### **Strade Comunali**

- Strada Provinciale di Petriolo

Per ciò che riguarda l’uso della stessa SGC E78 per la viabilità di cantiere va considerato che nel crono programma è stato considerato che il cantiere investa ciascuna carreggiata in modo autonomo e senza sovrapposizioni con l’altra e che quindi esisterà sempre almeno una carreggiata a doppio senso di marcia per il traffico veicolare e per il traffico generato dal cantiere.

I tratti indicati nelle planimetrie di cantierizzazione, hanno lo scopo di segnalare quelli che si ritiene siano i percorsi più idonei, sia dal punto di vista funzionale che del traffico giornaliero, per raggiungere il Campo Base e le Aree Operative dislocate lungo la tratta e quelle che saranno impegnate per la realizzazione delle opere d’arte.

Per la lunghezza dell’intervento può essere garantita una continuità di collegamento longitudinale lungo il cantiere sfruttando ad esempio piste da realizzare nel sedime della futura strada.

E’ quasi sempre previsto lo spostamento dei mezzi d’opera attraverso piste di cantiere da costruire immediatamente dopo la presa in possesso delle aree e le attività di bonifica necessarie. Tali piste costituiranno un collegamento valido per tutta la durata dei lavori adattandosi di fatto con l’avanzamento dei lavori, ai rilevati in costruzione.

In alcuni casi, soprattutto quando la sede si presenterà in trincea, le piste sono ricavate lateralmente al nuovo ingombro stradale in terreni da occupare temporaneamente.

Anche la presenza di punti significativi di discontinuità di natura orografica quali corsi d’acqua di una certa importanza intersecati dalla nuova infrastruttura costituisce un ostacolo alla continuità della rete viaria di cantiere ed in alcuni casi impongono l’interruzione della pista medesima, con la realizzazione di

un allargo per la svolta dei mezzi, almeno fino a quando non sia completata la costruzione dell'opera d'arte di scavalco; in alternativa, per evitare eccessivi aumenti di percorrenza dei mezzi d'opera, si può prevedere il ricorso al posizionamento di appositi ARMCO per il superamento di tali corsi d'acqua, così come previsto per lo scavalco dei fossi minori. Quando il fosso o la scolina che interferiscono con la pista di cantiere sono di scarsa portata si ricorrerà a diverse soluzioni meno impegnative per l'impresa, quali il ritombamento temporaneo della scolina o la sua deviazione provvisoria (ad esempio parallelamente alla pista di cantiere, come adottato per la sistemazione definitiva in diversi casi lungo la linea). Nei casi invece in cui la pista di cantiere interferisce con una strada di viabilità ordinaria, si eseguirà un incrocio a raso.

La pista di cantiere, laddove non coincida con la sede stradale di progetto, verrà realizzata previo scotico del terreno agrario per uno spessore di circa 30 cm e stoccaggio provvisorio in adiacenza alle piste stesse o nelle aree a tale scopo destinate, stesa di uno strato di geotessuto con funzione di separazione, realizzazione del fondo mediante l'utilizzo di misto granulometrico 0-200 compattato (spessore circa 50 cm) e misto granulometrico 20-40 compattato (spessore circa 10 cm).

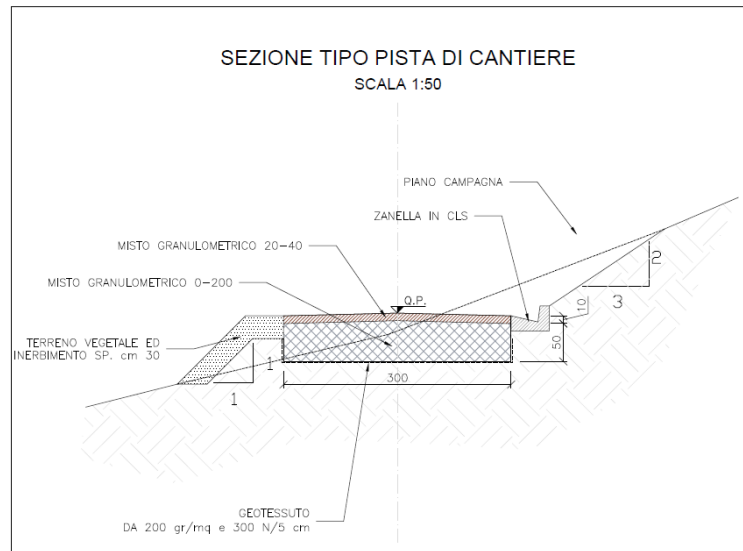


Figura 10.10 – Sezione tipo piste di cantiere.

Quando la pista di cantiere coincide con la viabilità locale esistente, o con piste già aperte e battute (utilizzate per la realizzazione della carreggiata esistente), si prevede la realizzazione di un pacchetto in misto granulometrico stabilizzato dello spessore di 20 cm, andando a regolarizzare la sede stradale esistente.

RELAZIONE GENERALE

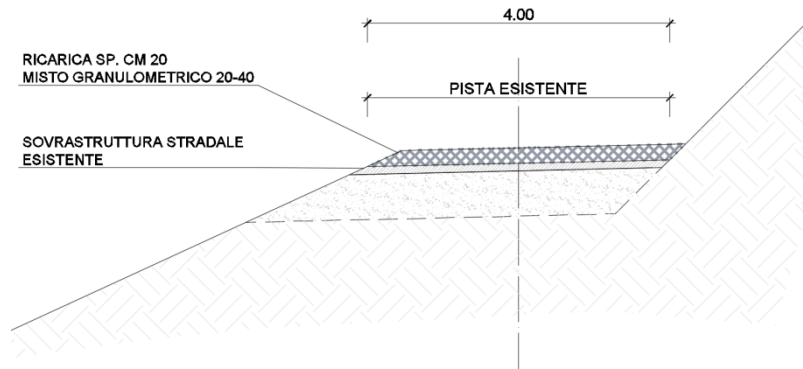


Figura 10.11 – Sezione tipo adeguamento piste esistenti.

Nel progetto si prevede di utilizzare come piste per il transito dei mezzi di cantiere:

- la viabilità locale esistente;
- adeguamento di piste esistenti (es. strade poderali);
- nuove piste di cantiere.

Per piste di cantiere di nuova realizzazione in alcuni casi se ne prevede il mantenimento in esercizio, in modo che possono essere utilizzate come strade poderali in modo da garantire il collegamento con eventuali particelle intercluse.



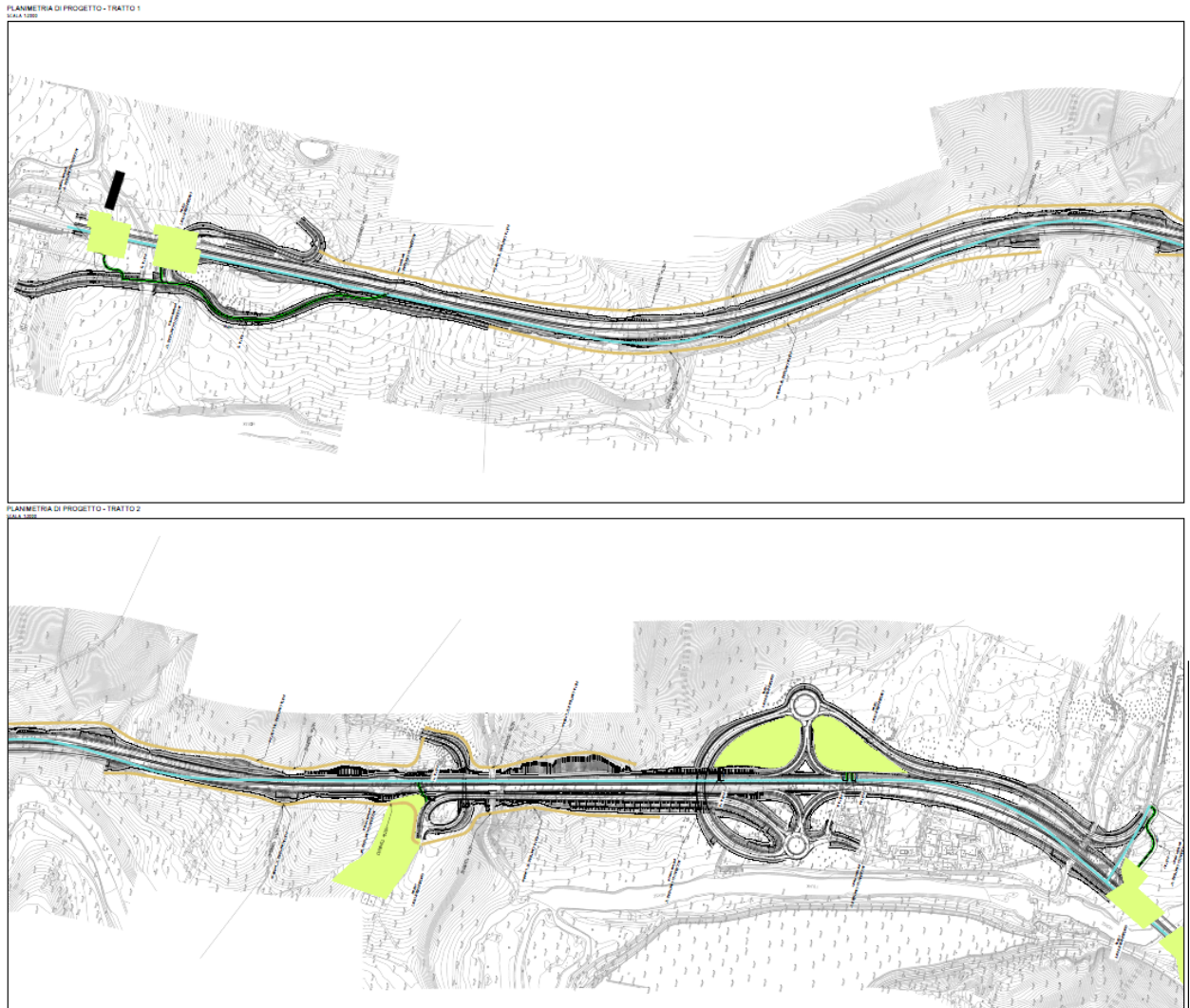


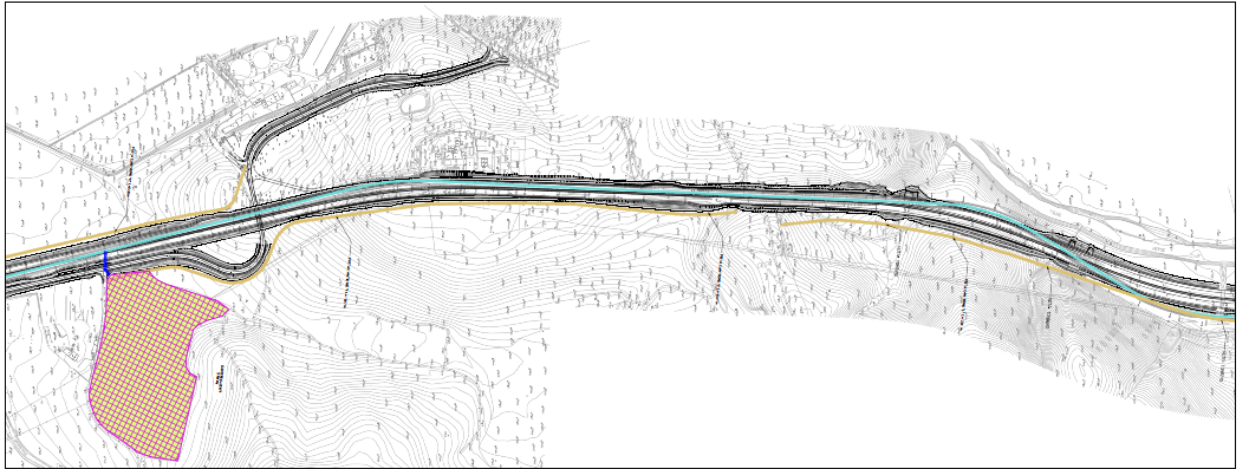
Figura 10.12 – Planimetria piste di cantiere 1.



Figura 10.13 – Planimetria piste di cantiere 2.

**RELAZIONE GENERALE**

PLANIMETRIA DI PROGETTO - TRATTO 5  
Scala 1:500



PLANIMETRIA DI PROGETTO - TRATTO 6  
Scala 1:500

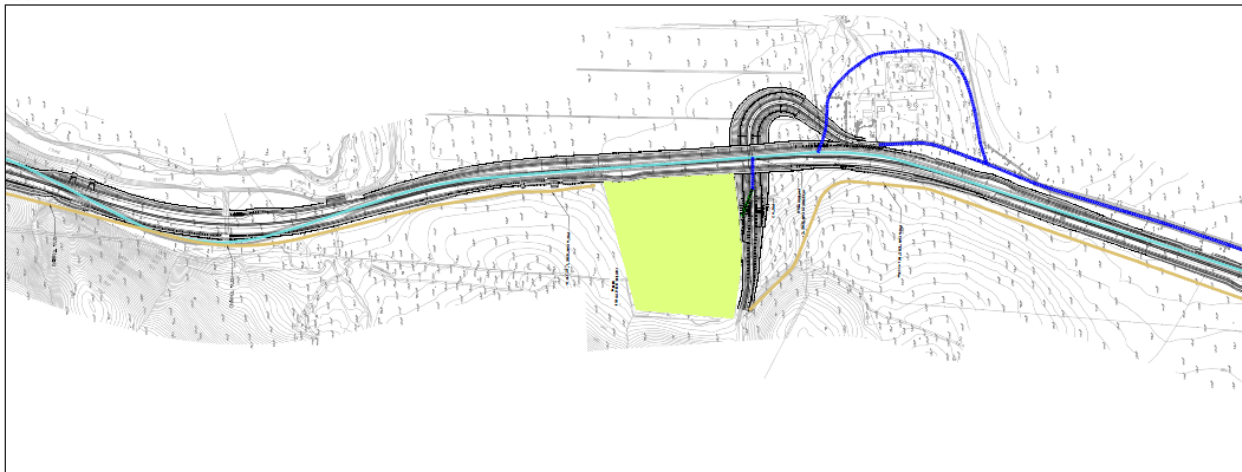


Figura 10.14 – Planimetria piste di cantiere 3.



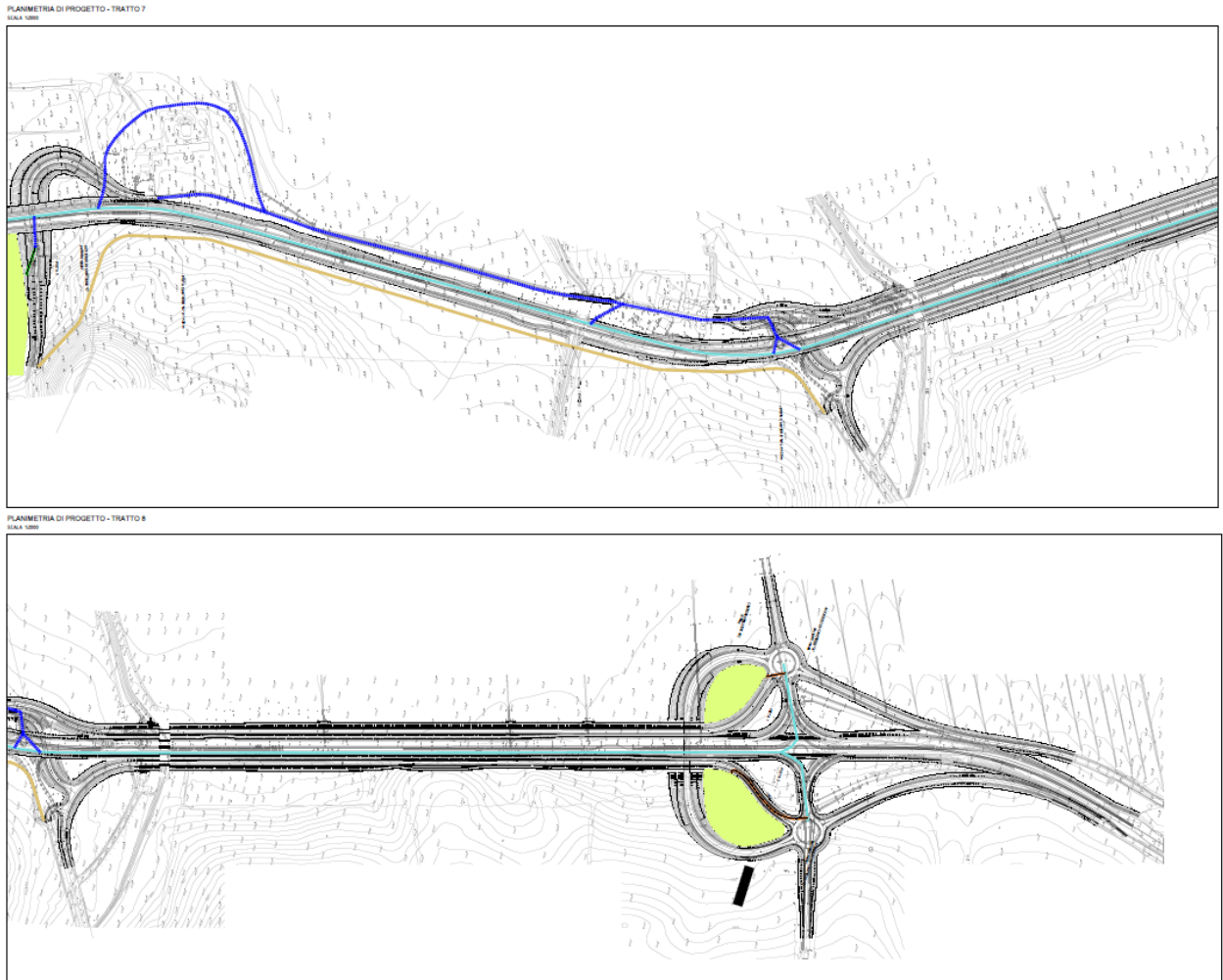


Figura 10.15 – Planimetria piste di cantiere 4.

#### 10.10 CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI

Il crono programma allegato al progetto prevede un tempo complessivo per l'esecuzione dei lavori pari a 1095 giorni naturali e consecutivi, si rimanda all'elaborato T00-EG04-GEN-CR01

## 11 COSTI DELL’OPERA E QUADRO ECONOMICO

L’importo dei lavori è stato stimato utilizzando l’Elenco Prezzi Anas per l’anno 2019.

L’importo totale per lavori e servizi è pari ad € 125.050.380,00 di cui:

- € 114.398.033,27 per lavori a corpo e misura;
- € 10.278.317,68 per oneri relativi alla sicurezza non soggetti a ribasso;
- € 374.029,05 per protocollo di legalità non soggetto a ribasso.

Le somme a disposizione dell’Amministrazione sono pari ad € 27.518.488,95

Gli Oneri di Investimento (O.I.) ammontano ad € 17.087.713,32

L’IVA per memoria è pari ad € 29.697.148,37

Di seguito si riporta la tabella di sintesi del quadro economico.



<b>ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO - FANO</b> <b>ADEGUAMENTO A 4 CORSIE NEL TRATTO GROSSETO - SIENA (S.S. 223 DI PAGANICO)</b> <b>DAL KM 41+600 AL KM 53+400 LOTTO 9</b> <b>QUADRO ECONOMICO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
A)	Lavori a base di Appalto		
a1	Sommario i Lavori a Corpo e a Misura		€ 114,398,033.27
a2	a sommare oneri relativi alla sicurezza non soggetti a ribasso		€ 10,278,317.68
a3	Protocollo di legalità (non soggetto a ribasso)	0.3%	€ 374,029.05
a4	Totale lavori più servizi	a1+a2+a3	€ 125,050,380.00
a5	A detrarre Oneri relativi alla Sicurezza e protocollo di legalità non soggetti a ribasso		€ 10,652,346.73
a6	Importo lavori soggetto a ribasso	a4-a5	€ 114,398,033.27
B)	Somme a disposizione della stazione appaltante		
b1	Interferenze		€ 2,416,109.00
b2	Rilievi , accertamenti ed indagini		€ 250,000.00
b3	Allacciamenti ai pubblici servizi		€ 200,000.00
b4	Imprevisti	6%	€ 7,782,325.52
b5	Acquisizione Aree ed Immobili Imposte di registro, ipotecarie e catastali		€ 9,300,000.00
b6	Fondo art. 113 c. 2 D.Lgs. 50/2016		€ -
b7	Spese tecniche per attività di collaudo	0.1502%	€ 187,263.88
b8	per i Commissari di cui all'art.205 c. 5 e 209 c. 16 D.Lgs. 50/2016	0.10%	€ 100,000.00
b9	spese per Commissioni giudicatrici art. 77 c. 10 D.Lgs. 50/2016	0.10%	€ 124,676.95
b10	Copertura assicurativa art.24 c. 4 D.Lgs. 50/2016	0.40%	€ 498,705.40
b11	Spese per Pubblicità e ove previsto per opere artistiche		€ 80,000.00
b12	Contributo ANAC		€ 800.00
b13	Spese per prove di laboratorio e verifiche tecniche	1.30%	€ 1,487,174.43
b14	Oneri per lo svolgimento delle attività istruttorie, di monitoraggio e controllo relative ai procedimenti di valutazione ambientale DM(MINAMB) 245/2016 (solo nel caso in cui questa voce ricorra andrà applicato a tutti gli importi esclusi espropri e oneri di legge su spese tecniche)		€ 45,882.41
b15	Oneri di legge su spese tecniche (4% di b7, b8, b9)		€ 16,477.61
b16	Attività di sorveglianza archeologica		€ 95,000.00
b17	Monitoraggio ambientale ante e post operam		€ 1,873,652.56
b18	Monitoraggio geotecnico/strutturale		€ -
b19	Fornitura corpi illuminanti		€ 67,603.92
b20	Bonifica ordigni bellici legge 177/12		€ 2,992,818.47
b21	Totale Somme a Disposizione		€ 27,518,486.95
C)	Oneri d'investimento (I)	11.2%	€ 17,087,713.32
	Totale Importo Investimento	a4+b21+C	€ 169,656,582.28
D)	IVA per memoria	22%	€ 29,697,148.37