

INTERVENTO FINANZIATO NELL'AMBITO DEL PATTO PER BOLOGNA

**VARIANTE ALLA S.P. 65 "DELLA FUTA"**

**NODO DI RASTIGNANO - 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO  
TRATTO COMPRESO TRA SVINCOLO DI RASTIGNANO E PONTE DELLE OCHE  
NEI COMUNI DI SAN LAZZARO DI SAVENA, BOLOGNA E PIANORO  
PROGETTO DEFINITIVO**


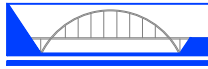
**DOCUMENTAZIONE GENERALE**

**PARTE GENERALE**

**RELAZIONE GENERALE**

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>IL PROGETTISTA SPECIALISTICO</b><br><br>Ing. Raffaele Rinaldesi<br>Ord. Ingg. Maceratan. A1068 | <b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE<br/>PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b><br><br>Ing. Raffaele Rinaldesi<br>Ord. Ingg. Macerata N. A1068 | <b>IL DIRETTORE TECNICO</b><br><br>Ing. Orlando Mazza<br>Ord. Ingg. Pavia N. 1496<br><br><b>PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI</b> |
|---|---|--|

| CODICE IDENTIFICATIVO |                             |               |          |                        |       |               |      |                       |             |      | ORDINATORE<br><br>--<br><br>SCALA<br>- |
|-----------------------|-----------------------------|---------------|----------|------------------------|-------|---------------|------|-----------------------|-------------|------|--|
| RIFERIMENTO PROGETTO  |                             |               |          | RIFERIMENTO DIRETTORIO |       |               |      | RIFERIMENTO ELABORATO |             |      |  |
| Codice Commessa       | Lotto, Sub-<br>Cod. Appalto | Prog.<br>Fase | Capitolo | Paragrafo              | W B S | Parte d'opera | Tip. | Disciplina            | Progressivo | Rev. |  |
| 111444                | 0001                        | PD            | 00       | 000                    | 00000 | 00000         | R    | G E N                 | 0002        | -0   |  |

|   |  |  |   |  |                  |               |
|---|--|--|---|--|------------------|---------------|
| <br><b>gruppo Atlantia</b> | <b>PROJECT MANAGER:</b><br><br>Ing. Raffaele Rinaldesi<br>Ord. Ingg. Macerata N. A1068 |  | <b>SUPPORTO SPECIALISTICO:</b><br><br><b>ENSER</b><br>SOCIETÀ DI INGEGNERIA |  | <b>REVISIONE</b> |               |
|   | <b>REDATTO:</b>  |  | <b>VERIFICATO:</b>  |  | n.               | data          |
|   |  |  |   |  | 0                | FEBBRAIO 2018 |
|   |  |  |   |  | 1                | -             |
|   |  |  |   |  | 2                | -             |
|   |  |  |   |  | 3                | -             |
|   |  |  |   |  | 4                | -             |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <b>VISTO DEL PROPRIETARIO DELLE OPERE</b><br><br><b>CITTÀ<br/>METROPOLITANA<br/>DI BOLOGNA</b><br><br>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO<br>Ing. Pietro Luminasi | <b>VISTO DEL CONCEDENTE</b><br><br><b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b><br><small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI E IL PERSONALE<br/>STRUTTURE DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small> |
|--|---|---|

# **AUTOSTRADA A14 BOLOGNA - BARI - TARANTO**

**POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA  
“PASSANTE DI BOLOGNA”**

**INTERVENTI DI COMPLETAMENTO DELLA RETE VIARIA DI  
ADDUZIONE COMPLETAMENTO DEL NODO DI RASTIGNANO**

## **PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE GENERALE**



Milano, Febbraio 2018

## INDICE

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>ITER PROGETTUALE E APPROVATIVO.....</b>                                    | <b>8</b>  |
| <b>3</b> | <b>AMBITO DI INTERVENTO .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>4</b> | <b>NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>                              | <b>14</b> |
| 4.1      | PROGETTO STRADALE .....   | 14        |
| 4.2      | GEOTECNICA .....  | 15        |
| 4.3      | IDROLOGIA E IDRAULICA .....   | 16        |
| 4.4      | STRUTTURE.....  | 20        |
| 4.5      | MITIGAZIONI ACUSTICHE .....   | 21        |
| 4.6      | RIFIUTI (TERRE E ROCCE DA SCAVO) .....  | 21        |
| 4.7      | OPERE A VERDE .....   | 22        |
| 4.8      | IMPIANTISTICA .....   | 22        |
| 4.9      | ESPROPRI .....  | 23        |
| <b>5</b> | <b>TOPOGRAFIA .....</b>   | <b>24</b> |
| 5.1      | RETI DI INQUADRAMENTO E RAFFITTIMENTO NEL SISTEMA RETTILINEO SPEA 2016 .....  | 24        |
| 5.1.1    | <i>Rilievo GNSS in modalità statica .....</i>                                 | <i>24</i> |
| 5.2      | ESECUZIONE DEL RILIEVO .....  | 26        |
| 5.2.1    | <i>Livellazione geometrica di alta precisione.....</i>                        | <i>26</i> |
| 5.2.2    | <i>Rilievo laser scanning .....</i>   | <i>26</i> |
| 5.2.3    | <i>Restituzione .....</i>   | <i>28</i> |
| <b>6</b> | <b>GEOLOGIA E GEOTECNICA .....</b>  | <b>30</b> |
| 6.1      | INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....   | 30        |
| 6.2      | GEOLOGIA DELL' AREA DI STUDIO .....   | 30        |
| 6.3      | CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA .....   | 31        |
| 6.4      | GEOMORFOLOGIA DELL' AREA DI STUDIO .....                                      | 32        |
| 6.5      | IDROGEOLOGIA.....   | 33        |
| 6.6      | PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICO-GEOTECNICO DI INTERESSE<br>INGEGNERISTICO ..... | 33        |
| 6.7      | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....  | 37        |
| 6.8      | VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI E CEDIMENTI .....                         | 39        |
| <b>7</b> | <b>PROBLEMATICHE IDRAULICHE.....</b>  | <b>40</b> |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 7.1       | IDROLOGIA .....   | 40        |
| 7.2       | INTERFERENZA DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL TORRENTE SAVENA .....                 | 40        |
| 7.2.1     | <i>Determinazione dei Tiranti Idrici.....</i>                                     | 42        |
| 7.3       | SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI VERSANTE .....   | 44        |
| 7.3.1     | <i>Criteri di calcolo .....</i>   | 44        |
| 7.3.2     | <i>Dimensionamento dei fossi a sezione trapezia.....</i>                          | 45        |
| 7.4       | SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA .....                                      | 46        |
| 7.4.1     | <i>Criteri di calcolo .....</i>   | 47        |
| 7.4.2     | <i>Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma .....</i> | 48        |
| <b>8</b>  | <b>IL PROGETTO STRADALE .....</b>   | <b>49</b> |
| 8.1       | DESCRIZIONE GENERALE.....   | 49        |
| 8.2       | SEZIONI TIPO .....  | 51        |
|           | <i>Asta principale.....</i>   | 51        |
|           | <i>Asta principale – sezione tipo su viadotto .....</i>                           | 52        |
|           | <i>Rotatorie Oche e Paleotto.....</i>   | 53        |
|           | <i>Viabilità secondarie.....</i>  | 53        |
| 8.3       | PAVIMENTAZIONI .....  | 54        |
| <b>9</b>  | <b>OPERE D'ARTE .....</b>   | <b>55</b> |
| 9.1       | VIADOTTO RASTIGNANO .....   | 55        |
| 9.2       | GALLERIA ARTIFICIALE SULLA LINEA FERROVIARIA BOLOGNA-PRATO.....                   | 56        |
| <b>10</b> | <b>MITIGAZIONI AMBIENTALI.....</b>  | <b>60</b> |
| 10.1      | BARRIERE ACUSTICHE .....  | 60        |
| 10.2      | OPERE A VERDE.....  | 65        |
| 10.2.1    | <i>Premessa .....</i>   | 65        |
| 10.2.2    | <i>Tipologie opere a verde.....</i>   | 65        |
| <b>11</b> | <b>CANTIERIZZAZIONE .....</b>   | <b>71</b> |
| 11.1      | AREE DI CANTIERE.....   | 71        |
| 11.2      | FASIZZAZIONE DEI LAVORI.....  | 71        |
| <b>12</b> | <b>ARCHEOLOGIA.....</b>   | <b>72</b> |
| 12.1      | PREMESSA .....  | 72        |
| 12.2      | SINTESI.....  | 73        |
| 12.3      | VALUTAZIONE DEL RISCHIO ARCHEOLOGICO .....  | 74        |
| 12.4      | CONCLUSIONI.....  | 76        |

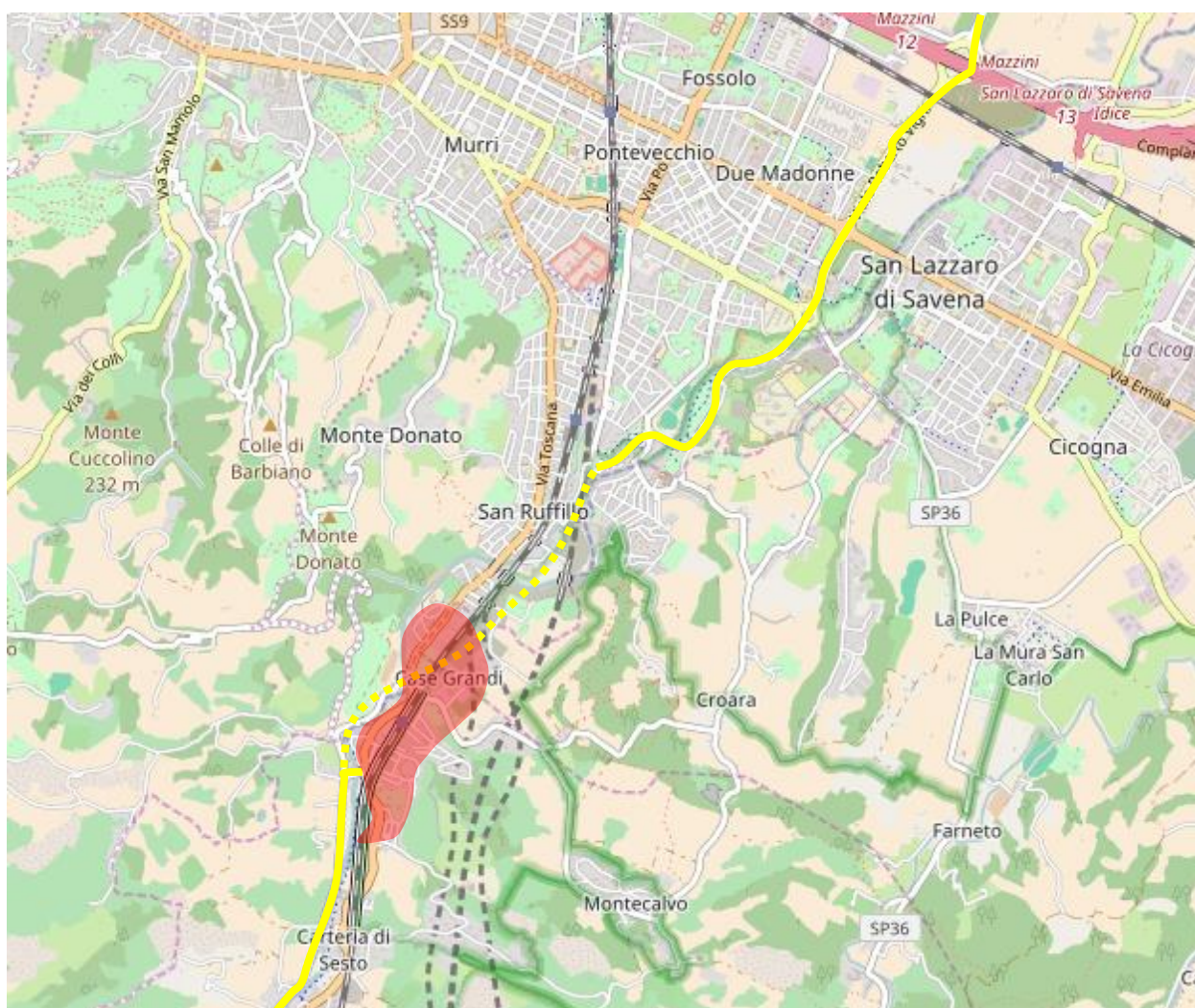
|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>13</b> | <b>ESPROPRI .....</b>  | <b>77</b> |
| 13.1      | STIMA DELLE INDENNITA' .....   | 77        |
| <b>14</b> | <b>INTERFERENZE .....</b>  | <b>79</b> |
| <b>15</b> | <b>GESTIONE DEI MATERIALI E DELLE TERRE DA SCAVO E DEI RIFIUTI .....</b>                             | <b>80</b> |
| 15.1      | INQUADRAMENTO NORMATIVO RELATIVO ALLE TERRE E ROCCE DA SCAVO .....                                   | 80        |
| 15.2      | BILANCIO DELLE TERRE .....   | 81        |
| 15.3      | CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DELLE TERRE DA SCAVO .....  | 83        |
| 15.3.1    | <i>Piano di indagine di caratterizzazione .....</i>  | <i>84</i> |
| 15.3.2    | <i>Metodica di campionamento .....</i>   | <i>85</i> |
| 15.3.3    | <i>Analisi chimiche di laboratorio .....</i>   | <i>86</i> |
| 15.3.4    | <i>Sintesi dei risultati delle caratterizzazioni .....</i>   | <i>87</i> |
| 15.3.5    | <i>Conclusioni .....</i>   | <i>88</i> |
| 15.4      | COMPATIBILITÀ AMBIENTALI DEI MATERIALI DA SCAVO NEI SITI DI<br>UTILIZZO .....                        | 89        |
| 15.5      | DEPOSITO DELLE TERRE .....   | 89        |
| 15.5.1    | <i>Caratteristiche e tipologie dell'area di deposito intermedio in attesa di utilizzo .....</i>      | <i>89</i> |
| 15.6      | DISPOSIZIONI PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI DA SMALTIRE A DISCARICA OD<br>AD IMPIANTI DI RECUPERO ..... | 91        |

## **1 PREMESSA**

La strada provinciale 65 “della Futa” (ex S.S. n° 65) è la principale via di collegamento fra l’area urbana di Bologna e i comuni della valle del Savena (Monghidoro, Loiano, Pianoro e le sue frazioni di Quarteria di Sesto e Rastignano).

Procedendo in uscita da Bologna, la SP65 ha inizio da Via Toscana in prossimità del ponte sul Savena, attraversa l’abitato di Rastignano, sorto a cavallo dei confini amministrativi dei comuni di Bologna, Pianoro e San Lazzaro e percorre la vallata in direzione di Pianoro, Loiano, Monghidoro fino a raggiungere i passi della Raticosa e della Futa e quindi scendere in Mugello, e infine a Vaglia e Firenze. Rappresentava la storica direttrice di collegamento transappennica tra Bologna e Firenze fino all’apertura dell’autostrada A1. Nel tempo, nel tratto emiliano sono nati e si sono sviluppati i maggiori insediamenti residenziali, commerciali e industriali della vallata. Alle storiche funzioni di transito e distribuzione si sono quindi affiancate quelle di penetrazione e accesso con conseguente congestione ed inadeguatezza dell’infrastruttura.

Da qui nasce la necessità di creare una viabilità alternativa alla SP 65 che risponda alle necessità di collegamento a medio-lungo raggio che si è concretizzata, all’interno dell’area urbana di Bologna, nella costruzione della strada Lungo Savena (o IN870 secondo la denominazione del consorzio CAVET costruttore dell’opera) e della strada di Fondovalle Savena nel tratto interno ai comuni di Pianoro e Loiano. Queste strade, caratterizzate da tracciati e sezioni idonee alla loro funzione, non sono attualmente direttamente collegate ma si arrestano rispettivamente all’altezza di Via Corelli e del Ponte delle Oche, ovvero a valle e a monte dell’abitato di Rastignano che è attraversabile unicamente per mezzo della viabilità storica, così come mostrato nella planimetria seguente.



*Figura 1-1: Quadrante Sud-Ovest di Bologna. La SP65 è evidenziata in arancione, la strada fondovalle Savena (a Sud) e la strada Lungo Savena (a Nord) in linea continua gialla, la direttrice della variante di Rastignano in linea puntinata gialla. L'abitato di Rastignano è evidenziato dalla campitura rossa. Cartografia OpenStreetMap*

In questa località, oltre alle particolari condizioni orografiche che vedono l'abitato strettamente raccolto attorno alla Strada Provinciale ed al Torrente Savena ai piedi delle due pendici di Monte Calvo e del Parco del Paleotto, si trovano anche i confini amministrativi di tre Comuni (Bologna, S. Lazzaro e Pianoro). Data, quindi, la particolare situazione di "località di confine", Rastignano ha avuto una urbanizzazione disordinata e caotica tutta gravitante sulla Strada Provinciale e affacciata sull'argine del Torrente Savena. Sulla stessa direttrice, a pochi metri dalla strada Provinciale, insiste inoltre la linea ferroviaria "Direttissima" Bologna - Firenze, che provoca un'ulteriore frattura longitudinale del territorio secando il centro abitato in due parti collegate tra loro da due soli passaggi, uno in sottovia ed uno in sopravvia, per tutto lo sviluppo longitudinale della frazione. A questa si sono recentemente aggiunte anche la nuova linea ad alta velocità e le linee di interconnessione con i relativi manufatti tecnologici.

La presenza inoltre del Torrente Savena, che lambisce tutte le abitazioni in destra idraulica passando praticamente alla quota degli scantinati delle abitazioni che si sviluppano lungo la Futa, costituisce un ulteriore ostacolo allo sviluppo razionale della mobilità della zona in esame. In sinistra idraulica si sviluppa il Parco del Paleotto, zona di particolare pregio ambientale, ma di difficile accesso e di scarsa fruibilità a causa anche dello stato di degrado ambientale e idrogeologico con cui si presenta il torrente Savena, confine naturale di inizio del Parco stesso.

Non essendo più sostenibile tale situazione, dati i notevoli volumi di traffico, locale e non, che attraversano l'abitato quotidianamente e che provocano un inquinamento insopportabile per i residenti, è iniziato un lungo e complesso iter progettuale per la definizione di un nuovo tracciato stradale di collegamento fra il ponte delle Oche e Via Corelli in Comune di Bologna.

Procedendo da Sud verso Nord, il nuovo collegamento si compone in tre tratti:

- 1) Variante di Rastignano – Tratto Sud (indicato in rosso in figura);
- 2) Variante di Rastignano – Tratto Nord (indicato in azzurro in figura);
- 3) Completamento Strada IN870 (anch'esso indicato in azzurro in figura);

con diversi collegamenti/svincoli con la viabilità esistente (da Sud a Nord, Ponte delle Oche, Via Torriane, bretella e rotatoria di Rastignano, bretella e rotatoria del Dazio).



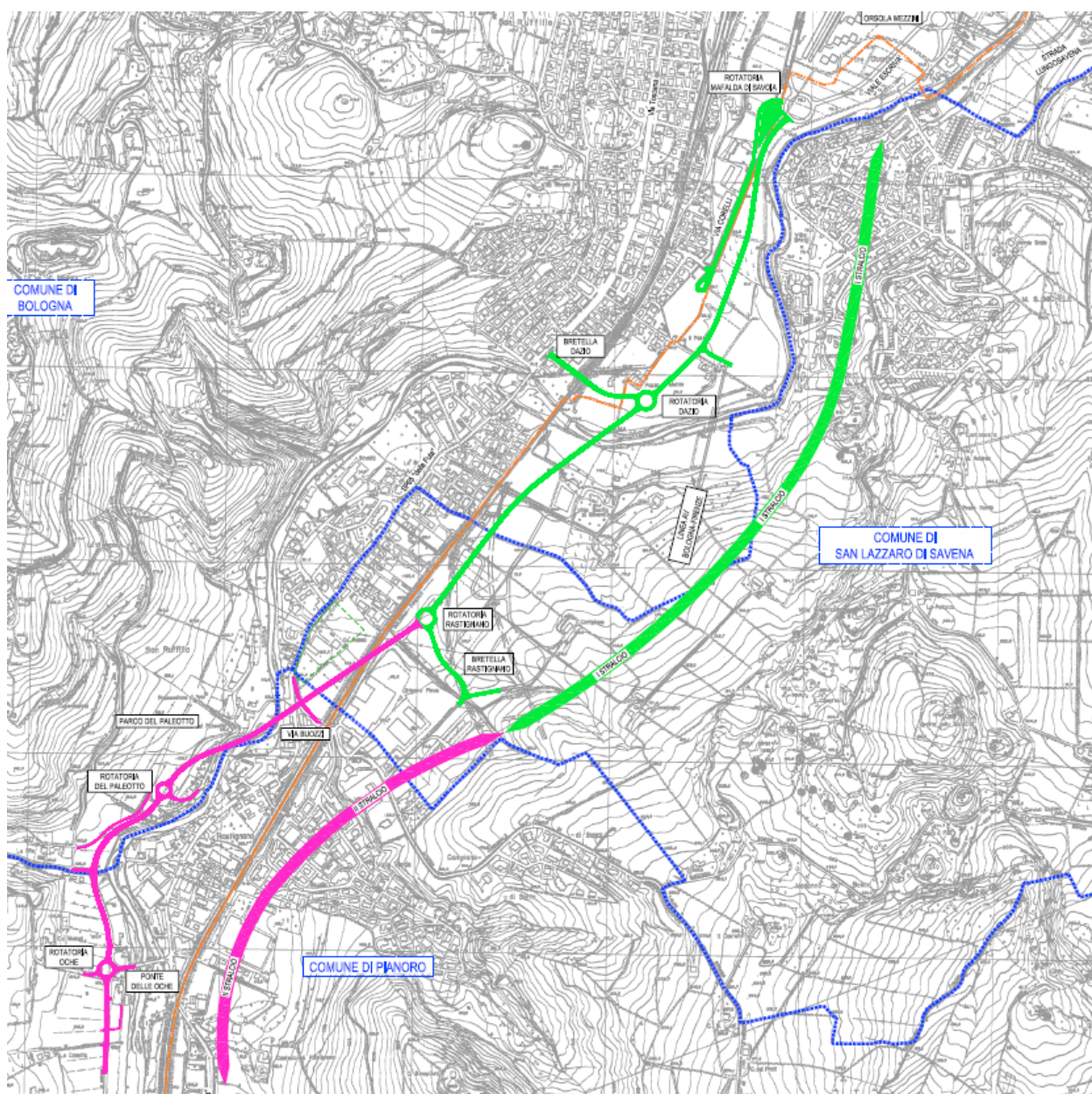


Figura 1-2: Diretrice della variante SP65: I stralcio in verde, II stralcio in lilla.

Come sarà meglio illustrato nel seguito, i due tratti settentrionali, indicati in verde nella figura, sono stati appaltati nel 2014 da RFI e sono attualmente in costruzione. Il tratto di completamento – ovvero il tratto meridionale della variante di Rastignano – è l'oggetto del presente progetto definitivo ed è rappresentato in colore lilla.

## 2 ITER PROGETTUALE E APPROVATIVO

La lunga vicenda del nodo di Rastignano ha origine dall'accordo che le Ferrovie dello Stato e TAV stipulano nel 1991 per realizzare la linea di Alta velocità in cui è compresa la tratta Bologna - Firenze.

I lavori per l'esecuzione dell'opera pongono infatti in luce esigenze di viabilità di servizio che interessano l'area comunemente conosciuta come "Nodo di Rastignano" ed infatti l'Accordo Quadro su "Quadruplicamento veloce Milano - Bologna – Firenze, Servizio Ferroviario Regionale e Centri di interscambio in Emilia Romagna, Trasporto delle merci su ferrovia", sottoscritto il 29 luglio 1994 tra Regione Emilia Romagna, Ministero dei Trasporti, Ferrovie dello Stato S.p.A. e TAV S.p.A., prevede, tra gli impegni, la soluzione del problema del superamento del nodo di Rastignano nell'ambito delle questioni relative alla viabilità di servizio.

In data 28 luglio 1995, nell'ambito della seduta conclusiva della Conferenza di Servizi per il progetto esecutivo della tratta AV/AC Bologna - Firenze (Delibera del Consiglio Provinciale n. 123 del 26.7.1995), è stato sottoscritto, da parte di Ministro dell'Ambiente, Ministro dei Trasporti, FS S.p.A., TAV S.p.A., Regione Emilia Romagna e Regione Toscana, un Accordo Procedimentale avente ad oggetto gli interventi da realizzare ai fini dell'attenuazione dell'impatto indotto dalla tratta ferroviaria AV/AC sulla situazione viaria e socio ambientale della zona.

Nella stessa sede viene sottoscritta una convenzione tra ANAS, TAV Ferrovie dello Stato, Provincia di Bologna e comuni di Bologna, Pianoro e San Lazzaro di Savena per la realizzazione, a cura di ANAS e con i finanziamenti di ANAS e TAV, della variante alla strada statale n. 65 "della Futa" (divenuta poi di competenza provinciale dall'ottobre del 2001) in corrispondenza con l'abitato di Rastignano.

A marzo 2002 la Provincia viene a conoscenza del blocco da parte del TAR della procedura d'appalto a carico di ANAS, in seguito all'accoglimento di alcuni ricorsi per errori nelle notifiche degli espropri e conseguente non corretta applicazione della legge 241. Il TAR, nell'occasione, aveva anche accertato la mancanza del procedimento "V.I.A." (Valutazione di Impatto Ambientale). A tale proposito, va sottolineato che la progettazione esecutiva era stata consegnata dalla Provincia ad ANAS nell'ottobre del 1996 completa in ogni sua parte per le leggi allora in vigore, tanto che nel 2000 ANAS aveva provveduto a rendere il progetto conforme alla Legge Merloni e al conseguente appalto senza valutare l'assenza della V.I.A., imposto dalla Legge Regionale entrata in vigore nel 1999 (L.R. 9/99). Per tale motivo la Provincia, come ente progettista, predispone successivamente la documentazione necessaria per valutazione di impatto ambientale.

Al blocco del TAR segue un anno di incontri, riunioni, scambio di lettere tra Provincia, Regione, Comuni, Ministero, TAV e ANAS, sempre con le incertezze sui percorsi possibili, fino ad aprile 2003 quando, durante una seduta della Commissione Regionale Trasporti, ANAS annuncia che l'appalto è definitivamente bloccato, e non semplicemente sospeso.

La Provincia sollecita allora il Ministero delle Infrastrutture e la stessa ANAS ad agire per sbloccare la situazione, proponendo di passare la gestione della realizzazione dell'opera a TAV o alla stessa Provincia anche tenuto conto dell'intervenuto passaggio della strada alla propria competenza (ottobre 2001).

Nel maggio 2004 la Provincia di Bologna, in sede di Conferenza dei Servizi, indetta dal ministero delle Infrastrutture per l'approvazione di interventi connessi con la Variante di San Ruffillo della tratta Alta Velocità Bologna - Firenze, condiziona l'approvazione del progetto di tale opera all'impegno da parte di TAV di realizzare il Nodo di Rastignano.

Nel giugno 2004 Provincia di Bologna e TAV stipulano la convenzione che stabilisce la presa in carico dell'opera da parte di TAV. La realizzazione avverrà secondo il progetto esecutivo già approvato da ANAS, che TAV adeguerà, senza modificarne il tracciato.

Nel febbraio del 2005, con Delibera di Giunta 54 del 22/02/05, la Provincia approva il Progetto Preliminare della Variante "SP 65 "della Futa" Attraversamento dell'abitato di Rastignano, progetto redatto ed adeguato a cura di TAV (che ha incaricato della progettazione il Consorzio CAVET) secondo il progetto esecutivo già approvato da ANAS, senza modifiche sostanziali né di tracciato planimetrico né di altimetria.

Il 18 di Gennaio 2006 TAV completa la spedizione alla Provincia del Progetto Definitivo dell'opera ed immediatamente la Provincia, con nota n° 18583 del 20/01/06, richiede alla Regione Emilia Romagna l'attivazione della necessaria procedura di V.I.A. di cui alla L.R. 9/1999 (nella quale sono attivate e comprese le procedure di Apposizione vincolo urbanistico preordinato all'esproprio di cui alla L.R. 20 Dicembre 2002, n.37 - Art. 8 comma 2, Art. 11 e Dichiarazione di pubblica utilità di cui alla L.R. 20 Dicembre 2002, n.37 - Art. 15 comma 2, Art. 16).

In data 01/02/06 viene pubblicato sul BUR n° 14/06 l'avviso di deposito del progetto definitivo contenente l'avvio delle procedure di cui sopra.

L'esame del progetto da parte della Conferenza di Servizi si è svolto con le fasi di seguito ricordate:

- ✚ Prime due sedute 8 marzo e 5 aprile 2006 a seguito delle quali, con nota in data 23/05/06, la conferenza dei servizi ha richiesto la predisposizione di integrazioni ed approfondimenti.
- ✚ In data 06/02/07 a seguito di ulteriori incontri con la R.E.R. ed altri Enti interessati, data la rilevanza delle conseguenze delle richieste sulla progettazione, la Provincia di Bologna riscontra la richiesta di integrazioni e dà mandato ai progettisti di procedere all'adeguamento della progettazione.
- ✚ In data 10/05/07, 25/05/07, 27/06/07 vengono convocate la terza, la quarta e la quinta seduta della conferenza per verificare e valutare lo stato della progettazione dell'opera.
- ✚ A seguito di ulteriori incontri e tavoli tecnici compreso un incontro con la Soprintendenza per i Beni Architettonici e la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici, la Provincia di Bologna con nota n° 909029 del 03/03/08 consegna il Progetto Definitivo dell'opera così come modificato ed integrato nell'ambito della procedura di VIA. Data la consistenza delle modifiche, modeste sotto il profilo planimetrico ma assai rilevanti sotto quello altimetrico, rese necessarie dall'evoluzione della conferenza, si opta per la ripubblicazione integrale della progettazione.
- ✚ In data 27/03/08 viene convocata la sesta seduta della Conferenza dei servizi.

✚ In data 20/06/08 e 23/07/08 vengono convocate la settima e l'ottava seduta della Conferenza dei servizi.

La Conferenza si è conclusa con la sottoscrizione del Rapporto di VIA nella seduta del 5 settembre 2008. (D.G.R. 2013 del 24/11/2008). Le prescrizioni della Conferenza di Servizi hanno portato ad aggiornare il Progetto Definitivo (luglio 2009).

In data 02/09/08 la Provincia ed il Comune di Bologna ognuno con propria Delibera di Giunta (rispettivamente 442/08 e 256/08) avevano approvato lo schema di “accordo relativo alla realizzazione della variante alla SP 65 “della Futa” e del tratto di collegamento alla viabilità comunale denominato “Bretella del Dazio”” che puntualizzava le rispettive competenze in relazione all’iter procedimentale volto alla realizzazione degli interventi.

Tale accordo risulta è stato in parte superato dall’Accordo per l’Attuazione delle Convenzioni e degli Accordi sottoscritti in merito alla Realizzazione degli Interventi di Mitigazione degli Impatti Viari e Socio Ambientali connessi alla Realizzazione della Tratta AV Bologna Firenze, tra Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ANAS, Rete Ferroviaria Italiana Regione Emilia Romagna, Provincia di Bologna, Comune di Bologna, Comune di Pianoro, Comune di San Lazzaro di Savena, Parco regionale dei Gessi Bolognesi e Calanchi dell’Abbadessa, siglato il 2/3/2011, il quale, per consentire di realizzare opere nei limiti delle disponibilità finanziarie esistenti, individuava un primo lotto funzionale (denominato “Lotto funzionale FUTA”) che prevede di limitare in prima fase la costruzione dell’asta principale della Variante alla SP65 al tratto dallo Svincolo di Rastignano (compreso) alla viabilità esistente in Comune di Bologna.

Il primo lotto funzionale è stato appaltato con la procedura di appalto integrato da RFI S.p.A. nell’anno 2014 ed è attualmente in fase di costruzione.

Il secondo lotto funzionale (completamento del nodo di Rastignano) è invece stato inserito tra gli interventi finanziati nell’ambito del “Patto per Bologna”.

La presente versione progettuale si configura come un aggiornamento del progetto approvato nella VIA del 2008 pur mantenendone l’impostazione generale e ricalcandolo sotto molti aspetti. Le modifiche sono conseguenti all’adeguamento normativo delle intersezioni nell’area del parco Paleotto e alla necessità di contenere l’impegno economico dell’intervento. In particolare la sostituzione degli svincoli a livelli sfalsati con intersezioni a raso con rotatoria ha comportato una serie di vantaggi a cascata fra i quali i principali sono:

- Una generale semplificazione della geometria degli svincoli in particolare con l’eliminazione del tratto di via del Paleotto in sotto attraversamento dell’asse principale;
- Per il tracciato principale, possibilità di adottare raggi di curvature minori così da realizzare un migliore inserimento nel territorio, ridurre l’impatto sul Parco del Paleotto e su torrente Savena;
- Eliminazione del muro di sostegno in frego al torrente e mantenimento dell’alveo naturale.



### 3 AMBITO DI INTERVENTO

L'ambito interessato dall'intervento si inserisce all'interno dell'hinterland bolognese e in particolare della periferia sud-est nei pressi dell'abitato di Rastignano. In questa zona, posta allo sbocco della Valle del Savena nella pianura padana, suddivisa fra i comuni di Bologna, San Lazzaro e Pianoro, si è sviluppato lungo la strada provinciale della Futa un complesso urbano compatto con caratteri talvolta disordinati probabilmente favoriti dalla suddivisione amministrativa. Il fiume e la linea ferroviaria storica Bologna – Firenze hanno costituito degli elementi di cesura del territorio che risulta così suddiviso fra aree densamente urbanizzate – tipicamente nate a ridosso della strada - aree agricole e naturali. Questa suddivisione è ben visibile nella foto area dell'area interessata dai lavori riportata qui di seguito.

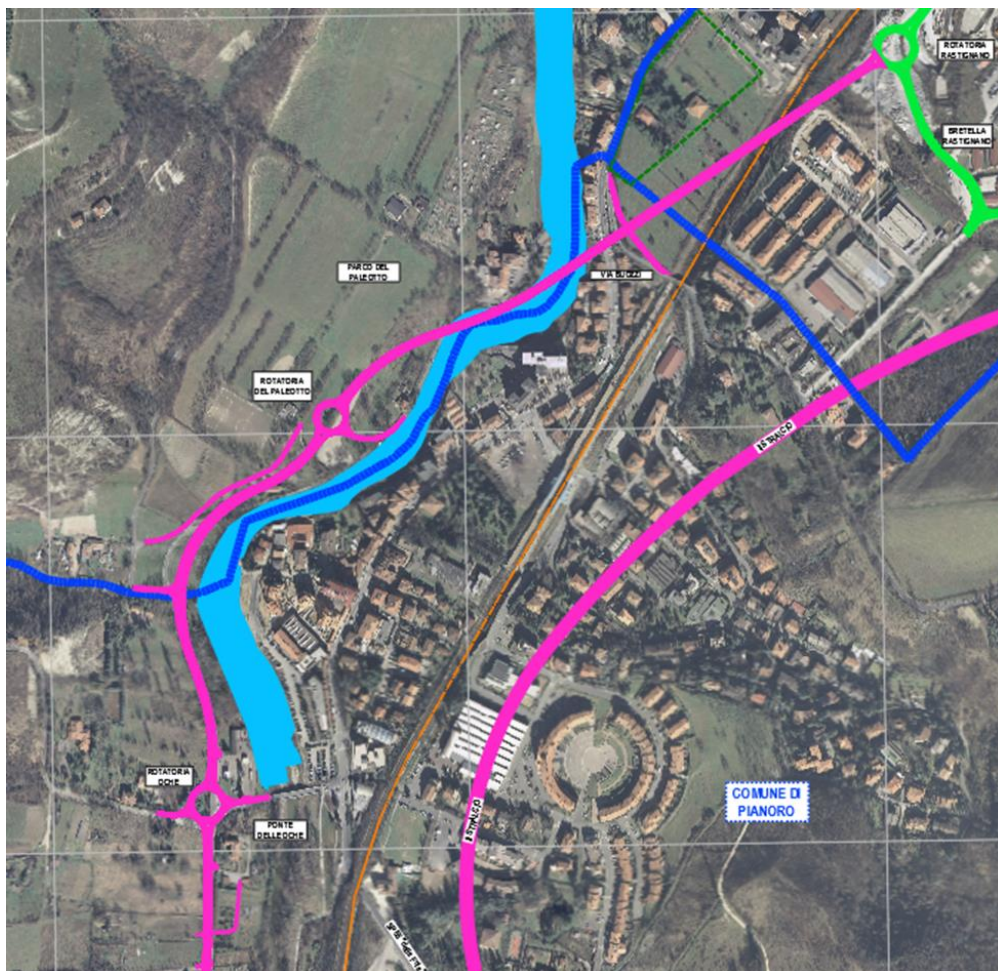


Figura 3-1: progetto su ortofotopiano.

Per buona parte, ci si riferisce alla porzione settentrionale, il contesto di intervento si presenta quindi come fortemente urbanizzato costituito da edifici a destinazione prevalentemente residenziale con presenza di insediamenti produttivi e commerciali. Particolarmente delicato da questo punto di vista risulta il tratto di attraversamento dell'abitato di Rastignano in quanto la nuova infrastruttura è prossima al complesso residenziale della località Trappolone (comune di San Lazzaro) e ai grandi condominii di Rastignano (comune di Pianoro), incrocia il tracciato storico della SP65 e si trova in prossimità dell'area tutelata ai sensi della legge 1089/39 di Villa Luisa.

I cantieri del viadotto Rastignano e delle opere di attraversamento della SP65 rappresentano il punto di maggiore delicatezza di tutto l'intervento tanto che le lavorazioni sono state concepite e organizzate in modo da ridurre al minimo indispensabile gli inevitabili impatti sui residenti e sulla viabilità, della quale comunque non è necessaria l'interruzione.

In sinistra Savena, l'ambito territoriale risulta caratterizzato da un ambito agricolo - collinare nel quale l'elemento di spicco è il Parco del Paleotto che occupa l'area compresa fra i torrenti Savena e Torriane.

## **4 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

Il progetto in esame è stato sviluppato nel rispetto delle vigenti normative. In dettaglio, i documenti normativi presi a riferimento sono di seguito dichiarati.

### **4.1 PROGETTO STRADALE**

Il progetto è stato sviluppato coerentemente con quanto previsto dal DM n. 67/S del 22.04.2004 di modifica delle "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" ed in attesa di una norma specifica per i progetti di adeguamento delle strade esistenti, prendendo a riferimento i criteri progettuali contenuti nella norma non cogente DM del 5.11.2001, prot. 6792.

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

La normativa di riferimento utilizzata per il dimensionamento delle intersezioni è rappresentata dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (D.M. 19.04.2006), che assume valore di cogenza per le nuove intersezioni.

Per le intersezioni esistenti la suddetta norma è stata presa a riferimento laddove si è intervenuti a modificare le attuali geometrie in relazione alla mutata larghezza della piattaforma autostradale. In particolare, sono state adeguate ai criteri di norma le lunghezze delle corsie specializzate di diversione e di immissione.

#### **Barriere di sicurezza**

La progettazione delle barriere di sicurezza verrà redatta in conformità alle normative vigenti e ai documenti di seguito elencati:

- A1. Direttiva del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 3065 del 25.08.2004.  
*"Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali".*
- A2. D.M. 21 giugno 2004 (G.U. n. 182 del 05.08.04).  
*"Aggiornamento alle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale".*
- A3. D.M. 18 febbraio 1992, n. 223. (G.U. n. 63 del 16.03.92).

*Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza.*

A4. D. Lg.vo n. 285/92 e s.m.i..

*Nuovo codice della Strada.*

A5. D.P.R. n. 495/92 e s.m.i..

*Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada.*

A6. D.M. 5 novembre 2001, n. 6792.

*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.*

A7. Autostrade per l'Italia - Spea

*"Monografia di progetto n. 2 BARRIERE DI SICUREZZA", Rev. Maggio 2012.*

A8. Circolare Ministero dei Trasporti del 15.11.2007 *"Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004".*

A9. Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21.07.2010 *"Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali".*

A10. Norme UNI EN 1317 "Barriere di sicurezza stradali":

-UNI EN 1317-1:2010: *"Sistemi di ritenuta stradali - Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova";*

-UNI EN 1317-2:2010: *"Sistemi di ritenuta stradali - Parte 2: Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari";*

-UNI EN 1317-3:2010: *"Sistemi di ritenuta stradali - Parte 3: Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto";*

-UNI ENV 1317-4:2003 *"Barriere di sicurezza stradali - Classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d'urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza";*

-UNI EN 1317-5:2012 *"Sistemi di ritenuta stradali - Parte 5: Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli".*

A11. DM 28.06.2011 (Gun. 233 del 06.10.2011)

*"Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale".*

## **4.2 GEOTECNICA**

I documenti normativi di riferimento in materia geotecnica sono di seguito richiamati:

- D.M. 14.01.2008, "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circ. Min. II.TT. 02.02.2009, n. 617, "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14.01.2008".



- EN 1997 Eurocodice 7 “Geotechnical Design”.
- EN 1997 Part 1: General rules.
- EN 1997 Part 2: Standards for laboratory testing
- EN 1997 Part 3: Standards for field testing.
- ASTM D4253 “Standard test methods for maximum index density and unit weight of soils using a vibratory table”.
- ASTM D4254 “Standard test method for minimum index density and unit weight of soils and calculation of relative density”.
- ASTM D1557 “Test method for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort”.
- CNR UNI 10006 “Costruzione e manutenzione delle strade – Tecnica di impiego delle terre”.
- CNR B.U., anno XXVI, n° 146 “Determinazione dei moduli di deformabilità  $M_d$  e  $M_d'$  mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.
- CNR UNI 10009 “Costruzione e manutenzione delle strade – Tecnica di impiego delle terre”.
- A.I.C.A.P. – “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce – Raccomandazioni “, 2012.

### 4.3 IDROLOGIA E IDRAULICA

#### Normativa nazionale

Di seguito vengono riportate le principali leggi nazionali in materia ambientale e di difesa del suolo, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

- RD 25/07/1904 n° 523

Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.

- Regio Decreto Legislativo 30/12/1923, n° 3267

Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani. La legge introduce il vincolo idrogeologico.

- DPR 15/01/1972 n° 8

Trasferimento alle Regioni a statuto ordinario delle funzioni amministrative statali in materia di urbanistica e di viabilità, acquedotti e lavori pubblici di interesse regionale e dei relativi personali ed uffici.

- L. 319/76 (Legge Merli)

Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.

La legge sancisce l'obbligo per le Regioni di elaborare il Piano di risanamento delle acque.

- DPR 24/7/1977 n° 616

Trasferimento delle funzioni statali alle Regioni.

- L. 431/85 (Legge Galasso)

Conversione in legge con modificazioni del decreto legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

- L. 183/89

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo. Scopo della legge è la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi (art. 1 comma 1).

Vengono inoltre individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione (art. 3); vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo (art. 6) e l'Autorità di Bacino (art. 12). Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale (artt. 13, 14, 15, 16) e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino (artt. 17, 18, 19).

- L. 142/90

Ordinamento delle autonomie locali.

- DL 04-12-1993 n° 496

Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione della Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente. (Convertito con modificazioni dalla L. 61/94).

- L. 36/94 (Legge Galli)

Disposizioni in materia di risorse idriche.

- DPR 14/4/94

Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, di cui alla legge 18 maggio 1989, N. 183.

- DPR 18/7/95

Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino.

- DPCM 4/3/96

Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della Legge Galli).

- Decreto Legislativo 31/3/1998, n° 112

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.

- DPCM 29/9/98

Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1989, N. 180. Il decreto indica i criteri di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (punto 2) e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia (punto 3).

- L. 267/98 (Legge Sarno)

Conversione in legge del DL 180/98 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania. La legge impone alle Autorità di Bacino nazionali e interregionali la redazione dei Piani Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico e le misure di prevenzione per le aree a rischio (art. 1).

- DL 152/99

“Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”.

- DL 258/00

Disposizioni correttive e integrative del DL 152/99.

- L. 365/00 (Legge Soverato)

Conversione in legge del DL 279/00 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità di settembre e ottobre 2000. La legge individua gli interventi per le aree a rischio idrogeologico e in materia di protezione civile (art. 1); individua la procedura per l'adozione dei progetti di Piano Stralcio (art. 1-bis); prevede un'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio (art. 2).

- DL 152/06

riprende integralmente il 258/00.

L'articolo 39 del succitato decreto legislativo stabilisce, inoltre, che "...le regioni disciplinano:....b) i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque di dilavamento ...siano sottoposte a particolari prescrizioni...", art.39 comma 1, e che "... i casi in cui può essere richiesto ... siano convogliate e opportunamente trattate...", art. 39 comma 3.

#### Normativa regionale

- LR 27/74

Regolamenta gli interventi in materia di opere idrauliche nei corsi d'acqua dell'Emilia-Romagna.

- Delibera giunta regionale 14 febbraio 2005 n° 286

Direttiva concernente gli indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne (artc. 39, DLgs 11 maggio 1999 n°152).

- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152

Tale decreto ha riorganizzato le Autorità di bacino introducendo i distretti idrografici. Disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche. Sostituisce ed integra il DL 152/99.

- Delibera giunta regionale 18 dicembre 2006 n° 1860

Tale delibera concerne "Linee guida d'indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia in attuazione alla deliberazione G.R. del 14 febbraio 2005 n° 286".

#### Altri strumenti di pianificazione territoriale

A scala regionale, uno strumento di pianificazione territoriale non trascurabile e strettamente legato agli interventi previsti in progetto è il Piano di Tutela delle Acque (PTA). Approvato dall'Assemblea Legislativa con Deliberazione n. 40 del 21 dicembre 2005, il PTA, conformemente a quanto previsto dal D. Lgs. 152/99 e dalla Direttiva europea 2000/60 (Direttiva Quadro sulle Acque), è lo strumento regionale volto a raggiungere gli obiettivi di qualità ambientale nelle acque interne e costiere della Regione, e a garantire un approvvigionamento idrico sostenibile nel lungo periodo. Il Piano di Tutela delle Acque è stato approvato in via definitiva con Delibera n. 40 dell'Assemblea legislativa il 21 dicembre 2005. Sul BUR - Parte Seconda n. 14 del 1 febbraio 2006 si dà avviso della sua approvazione, mentre sul BUR n. 20 del 13 febbraio 2006 si pubblicano la Delibera di approvazione e le norme.

Un altro strumento normativo molto importante è il Piano Territoriale Regionale (PTR) che contiene la programmazione con la quale si delinea la strategia di sviluppo del territorio regionale. Il PTR definisce, inoltre, gli indirizzi e le direttive per la pianificazioni di settore, per i Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali (PTCP) e per gli strumenti di programmazione negoziata.

Dalla disamina normativa emerge, in Regione Emilia Romagna, la necessità di trattare l'aliquota relativa alla prima pioggia delle acque di dilavamento delle superfici stradali/autostradali, qualora le stesse vengano immesse in corpi idrici superficiali significativi e di interesse così come definiti nel PTA, e, comunque, sulla base di esigenze di tutela stabilite dagli strumenti di pianificazione provinciale (PTCP). Le misure di trattamento previste comprendono bacini di sedimentazione, disoleatura, sistemi di fitodepurazione, fasce filtro/ fasce tampone.

#### **4.4 STRUTTURE**

Le analisi strutturali e le relative verifiche sono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente Normativa italiana e da quella europea (Eurocodici).

In particolare si è fatto riferimento alle seguenti norme:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”;
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni
- Circolare n. 617 del 2/2/2009 Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture
- UNI EN 1991 Parte 2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1991 Parte 4: Azioni sulle strutture – Azione del vento
- UNI EN 1991 Parte 5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche
- UNI EN 1992 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- UNI EN 1991 Parte 2: Ponti di calcestruzzo
- UNI EN 1993 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio

- UNI EN 1993 Parte 2: Ponti di acciaio
- UNI EN 1994 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo
- UNI EN 1994 Parte 2: Regole generali e regole per i ponti
- UNI EN 1998 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- UNI EN 1998 Parte 2: Ponti

#### **4.5 MITIGAZIONI ACUSTICHE**

I documenti normativi di riferimento in materia di mitigazioni acustiche sono di seguito richiamati:

- D.P.C.M. 1 marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".
- L. 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico".
- D.P.C.M. 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".
- D.M. 29 novembre 2000 "Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore".
- D.P.R. 30 marzo 2004, n. 142 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della Legge 26 ottobre 1995, n. 447".
- D.Lgs. 9 agosto 2005, n. 194 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".
- L.R. n. 13 del 10/08/01 "Norme in materia di inquinamento acustico".
- Deliberazione n. VII/8313 seduta del 8 marzo 2002 "Modalità e criteri di redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico".

#### **4.6 RIFIUTI (TERRE E ROCCE DA SCAVO)**

I documenti normativi di riferimento in materia di rifiuti sono di seguito richiamati:

- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.
- D.M. 10 agosto 2012, n. 161 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo"

## 4.7 OPERE A VERDE

I documenti normativi di riferimento in materia di opere a verde sono di seguito richiamati:

- LR Lombardia 27/2004 “Tutela e valorizzazione delle superfici, del paesaggio e dell'economia forestale”;
- Delibera CP di Milano n. 55/2003 “PTCP di Milano, Repertorio B”;
- Decreto Legislativo 30/04/1992 e s.m.i. “Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada”;
- Codice Civile, art. 892 “Distanze per gli alberi” e art. 893 “Alberi presso strade, canali e sul confine dei boschi”;

## 4.8 IMPIANTISTICA

I documenti normativi di riferimento in materia impiantistica sono di seguito richiamati:

- D.Lgs. 264 del 5 ottobre 2006 “Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea”;
- Legge n° 186 del 01/03/1968 riguardante la produzione di apparecchi elettrici, macchine ed installazioni elettriche;
- D.M. n° 37 del 22/01/08 "Regolamento [...] recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici";
- Legge n° 791 del 18/10/1977 riguardante la sicurezza degli apparecchi elettrici;
- D.M. 14/09/2005 (G.U. n.295 del 20/12/2005) “Norme di illuminazione delle gallerie stradali”;
- D.Lgs. n° 81 del 2008 “Attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” (c.d. "Testo Unico sulla Sicurezza");
- D.P.R. n° 320 del 20 marzo 1956 “Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo”.
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 64-20: Impianti elettrici nelle gallerie stradali;
- CEI 20-67: Guida all'uso dei cavi elettrici con tensione di esercizio di 0,6/1 kV;
- UNI 11248: Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche;
- UNI EN 13201-2: Illuminazione stradale – Requisiti prestazionali;
- UNI EN 13201-3: Illuminazione stradale – Calcolo delle prestazioni;
- UNI EN 13201-4: Illuminazione stradale – Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche;

- UNI 11095: Illuminazione gallerie stradali (per quanto concerne i sottovia carrabili);
- Legge della Regione Toscana sull'inquinamento luminoso: Legge Regionale n. 000037 del 21/03/2000 Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso;
- UNI 10779, o normative internazionali quali NFPA, per la definizione dei parametri di dimensionamento della rete incendio
- Tabella CEI UNEL 35026: Descrive la portata di corrente in regime permanente per la posa interrata per cavi elettrici aventi tensioni di esercizio fino a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.;
- Tabella CEI UNEL 35377: Descrive le prescrizioni costruttive e dimensionali dei cavi per energia tipo FG7OR-0,6/1kV;
- Tabella CEI UNEL 35752: Descrive le prescrizioni costruttive e dimensionali dei cavi per energia tipo NO7V-K;

Sono state inoltre recepite le parti più significative delle disposizioni Ministeriali e dell'ANAS sopraelencate.

Tali documenti hanno rappresentato la base per il dimensionamento delle apparecchiature e dell'impiantistica dei servizi tecnologici.

#### **4.9 ESPROPRI**

I documenti normativi di riferimento in materia di espropri sono di seguito richiamati:

- Dpr 327/2001 e s.m.i. - Testo Unico delle Espropriazioni;
- Sentenza della Corte Costituzionale n. 348 del 24 ottobre 2007 (abrogazione art. 37 dpr 327/2001);
- Sentenza della Corte Costituzionale n. 181 del 10 Giugno 2011 ( Dichiarazione di Incostituzionalità dei Valori Agricoli Medi - G.U. l<sup>a</sup> s.s. n. 26 del 15.06.2011);
- Sentenza della Corte Costituzionale n. 388 del 22.12.2012 (Dichiarazione di Incostituzionalità del art 37 comma 7 del D.P.R. 327/2001 e s.m.i.).



## **5 TOPOGRAFIA**

Il rilievo topografico dell'area interessata dall'infrastruttura stradale in oggetto è finalizzato alla restituzione di un DTM, modello digitale del terreno, tramite l'utilizzo di diverse tecniche topografiche. Inizialmente si è eseguito un inquadramento topografico tramite l'utilizzo di stazioni GNSS, per interfacciarsi alla rete ufficiale di inquadramento SPEA, e ad una livellazione di alta precisione al fine di verificare la quota dei caposaldi della rete di inquadramento e per quotare quelli di nuova realizzazione utili al raffittimento.

La successiva fase è stata eseguita utilizzando un metodo di rilievo ad alto rendimento, integrando tradizionali ed innovative tecniche di misura, in modo da fornire la base geometrico-dimensionale accurata e completa.

La tecnica di rilievo Laser Scanning è stata utilizzata per acquisire molteplici informazioni nelle zone di interferenza con ambienti urbanizzati.

### **5.1 RETI DI INQUADRAMENTO E RAFFITTIMENTO NEL SISTEMA RETTILINEO SPEA 2016**

#### **5.1.1 *Rilievo GNSS in modalità statica***

Il rilievo con posizionamento satellitare GNSS (Global Navigation Satellite System) ha riguardato il rilievo di baseline tra i vertici:

- ✓ I20, I16, R105, di "georeferenza" forniti dalla committenza, con coordinate geografiche in ETRF2000<sup>1</sup> note a priori;
- ✓ 087704, 087615, 087902, vertici della rete IGM95 dell'Istituto Geografico Militare italiano (IGM), con coordinate ETRF2000 note a priori lette dalle relative monografie direttamente acquistate presso l'IGM;
- ✓ V2, V10, V16, di raffittimento, materializzati da SPEA e da Zenith Ingegneria.

Il rilievo è stato eseguito con 2 ricevitori GNSS geodetici a doppia frequenza, modello TopCon GR3, con tempi di stazionamento di almeno 30' per le baseline tra i punti di georeferenza e di inquadramento e di almeno 20' per le baseline tra/con i punti di raffittimento.

Lo schema della rete GNSS sovrapposta alla cartografia esistente è illustrato nella figura seguente:

---

<sup>1</sup> Sulla Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27 febbraio 2012 (supplemento ordinario n. 37) è stato pubblicato il DM con cui è stato adottato un nuovo sistema di riferimento geodetico italiano denominato ETRF2000

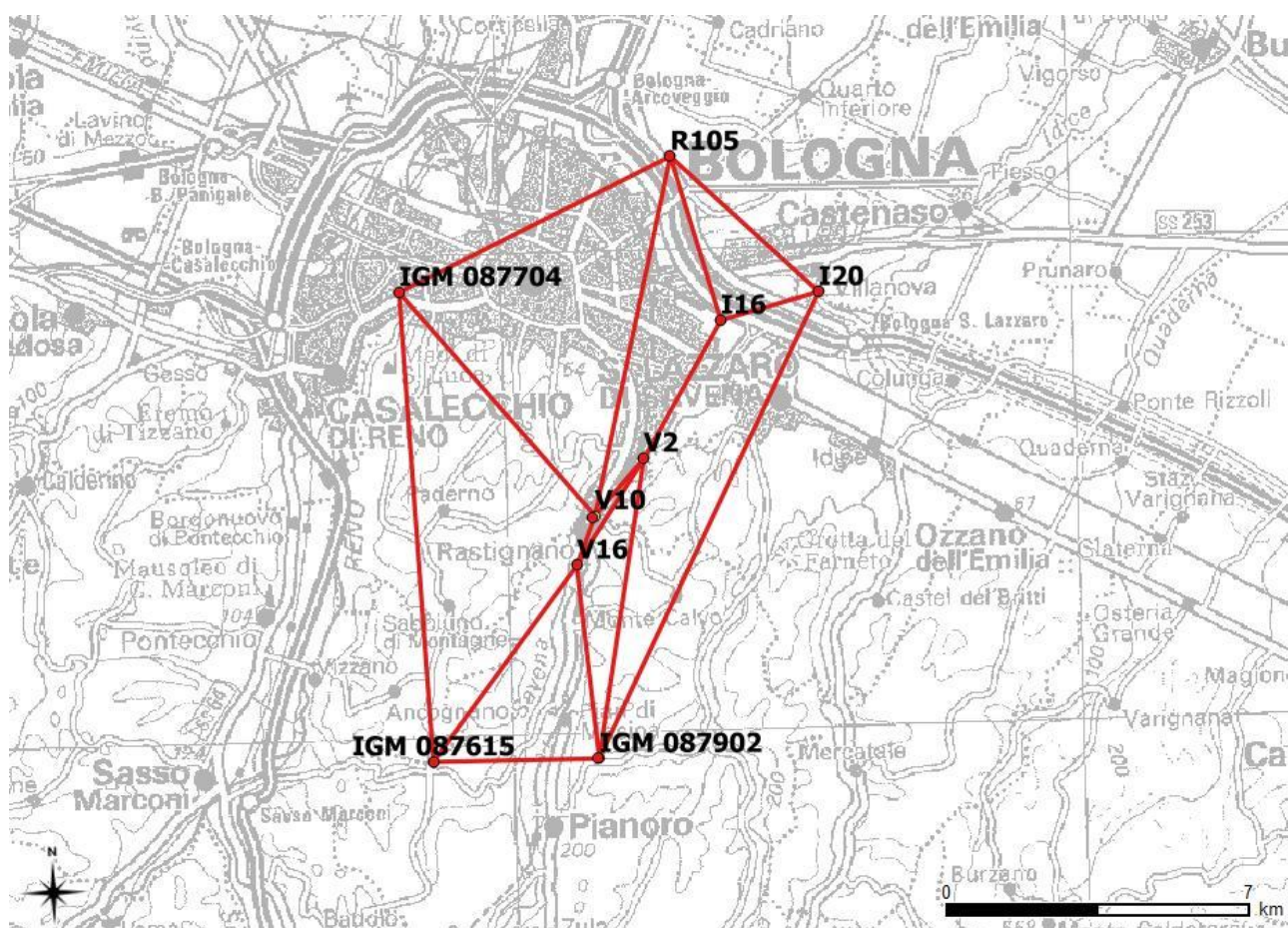


Figura 5-1: – Schema della rete GNSS

Le baseline sono state calcolate con software TopCon Tools per elaborazioni statiche in post-processing con inquadramento iniziale a minimi vincoli (con il solo vertice I020, il più vicino all'area di rilievo). Le componenti delle baseline, con i relativi parametri di varianza e covarianza, sono stati importati nel codice di calcolo StarNet che consente la compensazione di tutte le osservabili ai minimi quadrati con applicazione di test statistici ed analisi dei residui ottenuti al termine della compensazione stessa.

La compensazione ai minimi vincoli ha dato risultati più che soddisfacenti con superamento del test del Chi-quadro al 5% di errore e con deviazioni standard inferiori al cm anche per la componente altimetrica.

Come prescritto da "Istruzione Tecnica – Rilievi diretti di Campo", la rete GNSS è stata successivamente adattata (tramite una trasformazione a 7 parametri: roto-traslazione più fattore di scala) ai vertici di georeferenza e di inquadramento utilizzati: I020, I016, R105, IGM 087615, IGM 087902, IGM 087704. I residui di trasformazione sono risultati inferiori alla tolleranza di 5 cm indicata nella suddetta Istruzione Tecnica (il residuo più alto è stato pari a 3.2 cm in quota sul vertice IGM95 087902).

Al termine dell'intera elaborazione sono state ottenute le coordinate geografiche finali dei vertici della Rete di Inquadramento/Raffittimento nel sistema geodetico ERTF2000.

Per mezzo del software IGM VERTO3K tali coordinate sono state convertite in Gauss-Boaga fuso ovest ed in ED50 UTM32 più quota geoidica (l.m.m., livello medio mare), con grigliato 221.gk2 e modello ITALGEO 2005, poi sono stati calcolati ed applicati i parametri per la trasformazione piana da coordinate Gauss-Boaga a coordinate Rettilinee X, Y. I parametri sono stati determinati sulla base delle coordinate rettilinee riportate nelle monografie SPEA (con residui di trasformazione inferiori al cm).

Il procedimento sopra descritto ha consentito di ottenere per ciascuno dei vertici rilevati con il sistema satellitare GNSS:

- ✓ coordinate Gauss-Boaga fuso Ovest, ED50-UTM32,
- ✓ quota geoidica (sul livello medio mare da modello di ondulazione ItalGeo2005)
- ✓ coordinate rettilinee nel sistema SPEA.

## **5.2 ESECUZIONE DEL RILIEVO**

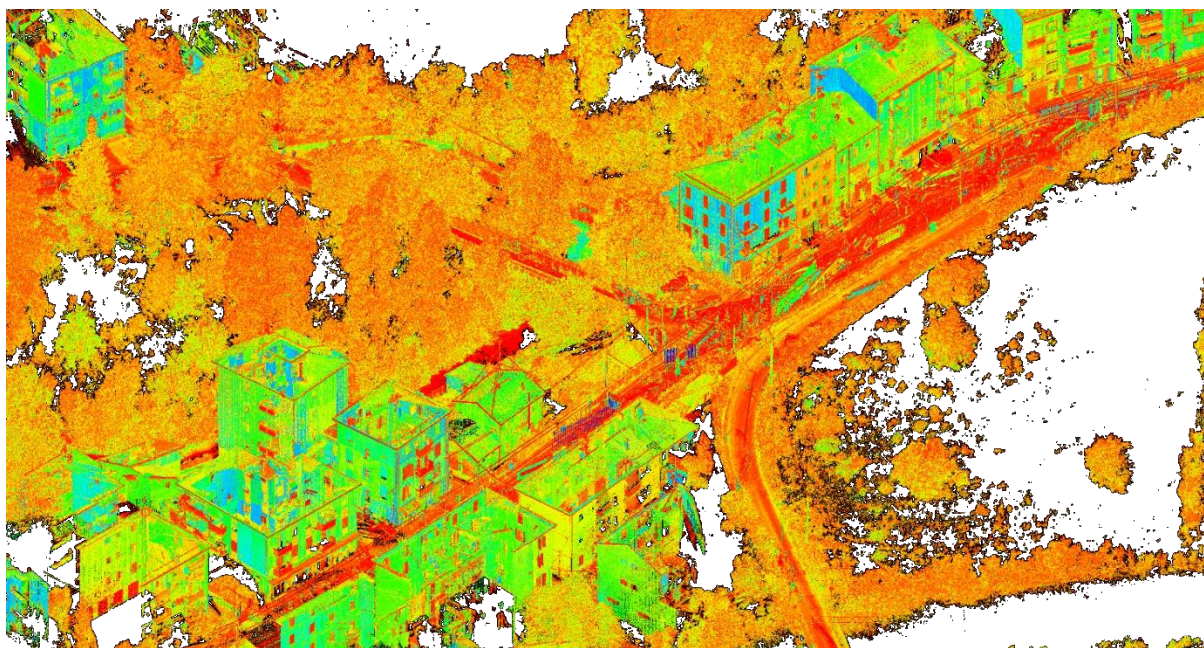
### **5.2.1 *Livellazione geometrica di alta precisione***

Al fine di verificare la correttezza delle quote e dei dislivelli geoidici i ricavati tramite il modello di ondulazione ITALGEO2005, nonché per quotare altri vertici non rilevati con il sistema satellitare GNSS, è stata realizzata una rete di livellazione geometrica di alta precisione.

### **5.2.2 *Rilievo laser scanning***

Il laser scanner 3D è uno strumento di recente introduzione, in grado di rilevare oggetti a scale e risoluzioni differenti, in tempi assai ridotti. Le sue caratteristiche principali sono quindi la velocità di acquisizione e la versatilità delle applicazioni, adattandosi al rilevamento sia di piccoli manufatti sia di grandi opere o di porzioni di territorio. I laser scanner utilizzati nel rilevamento dell'ambiente costruito sfruttano la tecnologia del tempo di volo e sono pertanto dotati di un distanziometro laser ad impulsi ad alta precisione e di uno specchio servo motorizzato: la sorgente emette un impulso laser che, in seguito alla riflessione sulla superficie di un oggetto, ritorna al ricevitore dello strumento, dove un cronometro di elevata precisione misura il tempo intercorso tra emissione e ricezione dell'impulso, determinando così la distanza tra strumento e punto rilevato. Quindi ad ogni misurazione lo strumento rileva e memorizza le coordinate del punto collimato in un sistema di riferimento cartesiano ortogonale, per poi procedere all'acquisizione di un nuovo punto secondo una griglia proiettiva la cui spaziatura è definibile in relazione al grado di dettaglio ricercato. Il risultato del rilievo è un database di coordinate tridimensionali di punti appartenenti alle superfici degli oggetti rilevati, visualizzabile in un ambiente digitale virtuale come un insieme di punti, (che prende il nome di nuvola di punti) inseriti in uno spazio tridimensionale metrico.

Per il rilevamento in oggetto è stata utilizzata una Scan Station Leica P30, la cui caratteristica principale è la presenza di un compensatore biassiale che garantisce la verticalità dell'asse generale dello strumento e che quindi rende lo strumento particolarmente adatto alla verifica della verticalità degli elementi costruttivi. La precisione sul posizionamento di ogni punto appartenente alla nuvola si attesta tra i 2mm e i 4mm, in base alla distanza di esso dallo strumento e alla complessità del rilievo.



*Figura 5-2– Vista assonometrica dell'incrocio tra Via A. Costa e Via del Paleotto*

Durante le giornate di misura sono stati istituiti dei punti di rete georeferenziati su cui è stata fatta stazione per l'acquisizione dei dati geometrici. Trattandosi di una rete georeferenziata le coordinate di tutti i punti misurati dallo scanner risultano quindi inquadrati nel sistema di coordinate di riferimento.

Alle scansioni laser scanning eseguite in rete sono state registrate anche scansioni derivanti da una diversa tecnica denominata "ICP", che utilizza un algoritmo che permette di allineare le scansioni "manualmente" o "automaticamente" a posteriori, ovvero tramite l'utilizzo del software Cyclone fornito dalla casa madre Leica. L'accortezza che si deve adoperare in campagna per effettuare questo tipo di acquisizione è quella di far sì che le scansioni abbiano una sovrapposizione di circa il 70% l'una con l'altra in modo che poi si possano legare tra di loro senza avere difficoltà.

Dall'unione di tutte le scansioni si ottiene un modello unico georeferenziato di punti da cui è possibile estrarre le informazioni richieste per poter vettorializzare l'oggetto del rilievo all'interno di un ambiente CAD.

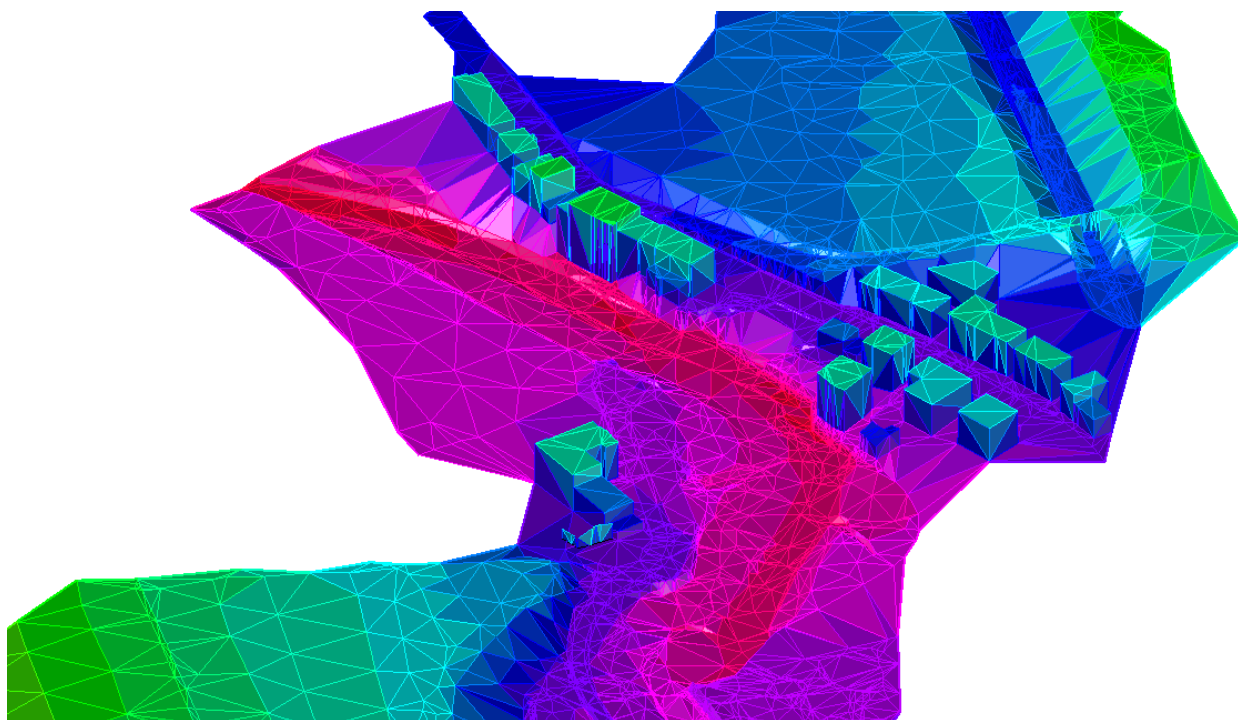


### 5.2.3 Restituzione

Al termine delle fasi di acquisizione e trattamento del dato secondo le varie tecniche di rilievo spiegate nel paragrafo precedente si è proceduto alla restituzione grafica con software specialistici in funzione del tipo di rilievo. I punti provenienti dal modello tridimensionale ottenuto da rilievo laser scanner nelle zone con interferenze urbane hanno integrato il rilievo 3D fornito da SPEA.

L'integrazione di tutte le tecniche di rilievo ha permesso di creare un modello denso di punti e linee dal quale è stato possibile ricavare un affidabile modello digitale del terreno.

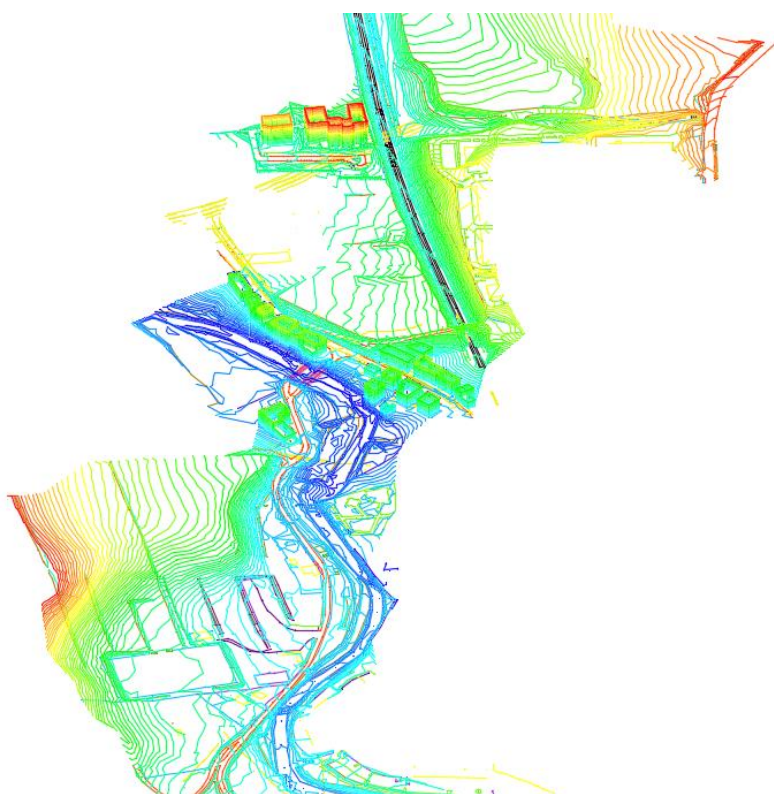
Oltre al DTM è stata ricavata la planimetria 2D di tutto il sito oggetto del rilievo.



*Figura 5-3– Particolare del DTM ottenuto*

Dal modello digitale del terreno sono state infine ricavate le curve di livello che uniscono i punti con uguale quota in modo da rappresentare graficamente l'altimetria e la morfologia del terreno.

Essendo il territorio collinare, per ottenere delle informazioni significative, le isoipse sono state estratte con un'equidistanza di 50 cm.



*Figura 5-4– Particolare delle isoipse ricavate dal modello digitale del terreno*

## **6 GEOLOGIA E GEOTECNICA**

### **6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE**

L'area di progetto si inserisce in un settore esterno dell'Appennino, che è una catena a pieghe e sovrascorrimenti, ove lo stile strutturale è dato dall'impilamento di falde lungo sovrascorrimenti, ciascuna sovente rappresentativa di un determinato dominio paleogeografico, ove quelle più interne hanno sovrascorso quelle più esterne (i termini interno/esterno si riferiscono alla vergenza orogenetica).

Durante le varie fasi orogenetiche che hanno caratterizzato questo settore appenninico, le falde sono state smembrate dall'attività tettonica lungo fasce di scorrimento meccanico, producendo un quadro composto da volumi rocciosi piuttosto complesso. La gerarchia di tali volumi, a livello più generale, li ha inquadrati in unità tettoniche, ossia volumi rocciosi delimitati da contatti meccanici e facenti parte di una stessa successione stratigrafica.

Per questa porzione della catena le unità riconosciute si sono strutturate a partire dalla fase orogenetica post-mesoalpina (Eocene medio – Pleistocene) e sono riferibili ai domini paleogeografici epiliguri e subordinatamente liguri. Tali unità tettoniche sono riferibili ad elementi di importanza regionale, sui quali esiste un generale accordo tra i ricercatori.

Per quanto attiene agli elementi tettonici di importanza regionale individuati localmente, nella valle del Savena (come in tutte le valli appenniniche) si individua un importante lineamento tettonico trasversale all'asse della catena (andamento antiappenninico SSW-NNE). Le caratteristiche di questo lineamento sono state esaminate in diversi studi sull'evoluzione tettonica mio-pliocenica della Catena, dai quali risulta che la faglia parallela alla val Savena si è impostata sin dal Miocene superiore e durante il Messiniano ha determinato la definizione di due settori a diversa subsidenza, da cui deriva la drastica diminuzione di spessore della successione evaporitica a Ovest della stessa. La linea del Savena avrebbe anche agito, in tempi successivi dalla fine del Miocene al Quaternario, come svincolo cinematico trasversale laterale ad accavallamenti di ordine maggiore.

Ai movimenti tettonici avvenuti lungo il lineamento del Savena possono essere ricondotte talune condizioni di fratturazione osservate a luoghi nei litotipi indagati, sia nell'esame strutturale degli affioramenti, sia nelle porzioni rocciose attraversati dai sondaggi geognostici.

### **6.2 GEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO**

Lungo la fascia di pertinenza del progetto (offset di 500m per lato rispetto all'asse stradale) si rinvencono le seguenti facies/formazioni geologiche:

- ❖ depositi quaternari continentali;
- ❖ unità della Successione neogenico-quaternaria del margine appenninico padano;
- ❖ unità della Successione epiliguri;
- ❖ unità della Successione ligure.

Nel seguito sono descritte le varie unità presenti, procedendo in ordine cronologico decrescente (dall'unità più recente alla più antica). Le suddivisioni stratigrafiche utilizzate per il presente studio si rifanno alla nomenclatura proposta dal Progetto CARG e adottata poi altresì dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della regione Emilia Romagna per la redazione della cartografia geologica regionale.

### 6.3 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

L'intera profondità indagata lungo tutta la tratta in progetto è caratterizzata dalla presenza di depositi di fondovalle (materasso alluvionale prevalentemente incoerente, costituito da sabbie e ghiaie frammiste in percentuali variabili e subordinatamente limi) sovrastanti un substrato tipicamente marnoso (Formazioni delle successioni Ligure ed Epiligure delle Argille Varicolori della Val Samoggia, di Cigarello, di Pantano e del Termina), avente caratteristiche di *Intermediate GeoMaterial* (IGM), ossia carattere intermedio fra una roccia in s.s. ed un terreno. E' stato convenientemente distinto uno strato più superficiale del *bedrock*, riconosciuto come più alterato ed allentato, inquadrato sotto il profilo meccanico come unità a comportamento assimilabile ad una terra coesiva (pur presentando anch'esso caratteristiche di IGM); il terreno vegetale e/o suoli agrari non sono stati oggetto di distinzione. Le unità geotecniche così individuate sono descritte in seguito:

- Unità RIP - Depositi antropici (riporto) prevalentemente incoerenti

Materiali di riporto compattato, costituiti da miscele di ghiaie, sabbie e limi, contenenti possibilmente laterizi e frammenti cementizi. Si rinvengono in maniera discontinua e locale, soprattutto nelle aree a più intensa urbanizzazione, anche grazie all'interpretazione delle foto aeree passate dell'area in progetto.

- UNITÀ 1 DAG – Depositi alluvionali prevalentemente incoerenti a grana grossa

Ghiaie e sabbie in matrice generalmente limosa, con intercalazioni di sabbie limose e limi sabbiosi, di colore variabile da bruno nocciola a grigio piombo, da sciolte a mediamente addensate. I clasti sono di dimensioni pluricentriche, spesso > 10 cm, mediamente 1÷3 cm, da sub-arrotondati ad arrotondati. Caratterizzano la maggior parte del materasso alluvionale presente lungo il tracciato.

- UNITÀ 2 DAS – Depositi alluvionali prevalentemente incoerenti a grana fine

Limi sabbiosi e sabbie limose debolmente argillose con locali livelli ghiaiosi, argillosi e ciottoli, si rinvengono generalmente in lenti discontinue a geometria variabile e di modesto spessore.

- UNITÀ 3 DAF – Depositi alluvionali prevalentemente coesivi

Limi argillosi, rinvenuti in una lente discontinua di modesto spessore.

- UNITÀ SUB alt – Substrato alterato

Porzione alterata ed allentata del substrato, costituito da marne e argilliti, subordinatamente siltiti ed areniti talora argillificate.



- UNITÀ SUB – Substrato

Marne, argilliti, intercalate a siltiti ed areniti fini, tendenzialmente poco cementate.

#### **6.4 GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO**

Il tracciato del II lotto della Variante di Rastignano si sviluppa lungo il fondovalle del torrente Savena, in una fascia altimetrica compresa tra le quote 95 ed 110 m s.l.m.

I fianchi dei versanti sono modellati con acclività media, caratterizzati da forme ondulate, che si raccordano dolcemente verso il basso con le superfici sub-pianeggianti dei terrazzi alluvionali del torrente Savena, le quali si estendono su almeno due livelli riconosciuti rispetto all'alveo attuale.

I terrazzi rappresentano il risultato dell'evoluzione quaternaria della valle, che è proceduta con un'alternanza di fasi di approfondimento erosivo (prevalentemente per sollevamento tettonico) e fasi di stasi (quiescenza tettonica). Durante queste ultime il corso d'acqua, più o meno stabile a una determinata quota, divagava nel fondovalle modellando superfici suborizzontali su cui venivano depositati i sedimenti fluviali (la cui granulometria tende a decrescere da monte verso valle). Nelle successive fasi erosive le piane di fondovalle venivano incise, rimanendo pensili rispetto al nuovo livello del greto. Nelle fasi di approfondimento quindi si creavano le scarpate che raccordano i diversi ordini di terrazzi, alcune delle quali in prossimità dell'area indagata sono abbastanza evidenti. Sui terrazzi dei diversi ordini si estendono le aree urbanizzate di San Ruffillo e Rastignano, che, coprendo in modo pressoché continuo l'area, rendono difficoltoso un esame diretto di queste morfologie.

Il torrente Savena, nel tratto interessato dal progetto, si approfondisce gradualmente e corre incassato di 3÷6m rispetto agli abitati soprastanti. Il corso del torrente si presenta sinuoso e tale pattern non è riconducibile a sole ragioni naturali, ma anche per la regimazione idraulica a cui è stato sottoposto già da epoche antiche (la costruzione della briglia che deviava parte delle acque verso l'antico mUlino del Paleotto era già esistente in epoca post-medievale e probabilmente risalente ad età romana).

Fenomeni di erosione spondale sono stati osservati nel tratto di torrente compreso tra il rio Torriane ed il ponte Paleotto (entro depositi alluvionali). Le scarpate di erosione in sponda destra sono modellate direttamente all'interno del substrato roccioso marnoso. Il tracciato interessa le aree di alveo attivo e le fasce di pertinenza fluviale solo in corrispondenza dell'attraversamento in viadotto.

Per quanto concerne la dinamica dei versanti, in corrispondenza dei settori interessati dal tracciato, non si rilevano fenomeni di instabilità in atto o in potenza. Modeste instabilità delle coperture, con scivolamento e colamento di esigui spessori, sono rintracciabili in alcuni settori di versante a quote più distanti e più elevate rispetto a quelle interessate dal tracciato. La generale stabilità dei versanti nella zona di progetto, ha portato la Regione Emilia-Romagna a classificare l'area di progetto con un grado di propensione al dissesto da assente o quasi assente a debole.

## 6.5 IDROGEOLOGIA

A livello idrogeologico generale possono essere espresse le seguenti considerazioni:

- ✓ il grado di permeabilità delle alluvioni è medio-alto in corrispondenza dei depositi alluvionali attuali e recenti e tende a decrescere all'interno dei depositi alluvionali più antichi, nei quali la matrice fine, per effetto di un'alterazione di maggiore corso, può essere più abbondante. Variazioni di permeabilità legate alla granulometria ed alla percentuale di sedimenti fini sono comunque probabili.
- ✓ all'interno del substrato litoide (unità AVS, CIG, TER e PAT), la permeabilità è bassa a molto bassa / impermeabile, ed è legata principalmente alla circolazione idrica all'interno delle discontinuità; l'osservazione dai (pochi) affioramenti disponibili e delle discontinuità rilevate nelle cassette di sondaggio ha comunque consentito di escludere la presenza sistematica di importanti discontinuità beanti, risultando queste nella quasi totalità dei casi chiuse. Laddove vi sia la presenza concomitante di orizzonti arenacei e zone di più intensa fratturazione (es: fasce cataclastiche in corrispondenza delle faglie), può verificarsi una circolazione idrica e, in funzione dei gradienti idraulici, possono riscontrarsi falde discontinue.

A livello generale, il tetto del substrato litoide costituisce un limite sostanzialmente impermeabile per il sovrastante complesso alluvionale; all'interno di questi ultimi terreni è ospitata una falda libera.

## 6.6 PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICO-GEOTECNICO DI INTERESSE INGEGNERISTICO

Vengono di seguito descritti, partendo dall'avvio del tracciato (rotatoria presso il Ponte delle Oche) verso il collegamento con il I lotto della Variante di Rastignano, gli elementi geologico-geomorfologici che possono avere maggiore influenza per la progettazione delle opere sotto il profilo geologico. Il tratto di innesto della Variante di Rastignano con la Fondovalle Savena avviene nei pressi del ponte delle Oche e si sviluppa verso nord in leggero rilevato su uno strato di terreni di riporto sovrastanti uno strato di alluvioni incoerenti (spessore 5÷7m) fino all'intersezione con il Rio Torriane. Questo tratto non presenta particolari criticità sotto il profilo geologico.

Proseguendo oltre il rio Torriane, l'altezza del rilevato cresce fino a circa 6.5m presso l'innesto con la Rotatoria del Paleotto. In questo tratto gli spessori di alluvioni si riducono a favore del substrato, il cui tetto diviene progressivamente più superficiale (sondaggio S1-RCT 2004).

Questo tratto stradale, compreso fra il rio Torriane e la pila n.4 del viadotto Rastignano, rappresenta il tratto che richiede un'analisi più accurata sotto il profilo del rischio geologico e geomorfologico, essendo un'area idrogeologicamente vincolata

Il tratto di rilevato a mezza costa corre in corrispondenza di un tratto in pendio allungato e orientato in direzione SW-NE, di altezza pari a circa 8-9m e inclinazione di 20°÷25°, modellato dall'azione fluviale del t. Savena in depositi di versante in senso lato. Tale pendio è interessato pressoché ovunque da una vegetazione arborea e arbustiva, ad eccezione della limita porzione compresa di

una decina di metri circa che raccorda l'area pianeggiante a quota 100m slm con un'area terrazzata più alta ad andamento sub-pianeggiante, ambedue adibite a prato.

La prova penetrometrica CPTU 3 (SGT 2009), eseguita a mezza costa su tale pendio, evidenzia come il sottosuolo sia costituito da un terreno eterogeneo, rappresentato da miscele variabili di limi, sabbie e ciottoli, compatibili con un deposito alluvionale sabbioso-ghiaioso. Secondo l'interpretazione geologica alla scala locale, la scarpata rappresenta il raccordo fra due aree terrazzate di diverso ordine, modellate dal t. Savena in periodi successivi e costituite da depositi di origine alluvionale.

Per quanto attiene ad eventuali problematiche di stabilità della scarpata fluviale, il rilevamento geologico e geomorfologico dell'agosto/settembre 2016 ha permesso di escludere la presenza degli elementi che identificano convenzionalmente instabilità incipienti o in potenza, quali contropendenze, trincee, ondulazioni della superficie topografica, ristagni d'acqua, segni erosivi o anomalie geotropiche della vegetazione

Non si evidenziano pertanto criticità geologiche nell'area interessata da questo segmento stradale, fatti salvi i consueti accorgimenti da adottare durante le fasi di scavo, limitando il più possibile le movimentazioni di grossi quantitativi di terreno lungo la scarpata e a monte della stessa.

Il tratto successivo comprende il viadotto Rastignano e va dalla Spalla A alla Spalla B.

In corrispondenza dell'area pianeggiante ove sarà costruita la Spalla A, le indagini geognostiche (sondaggio BH2-2009 e CPTU01-2009) hanno individuato un primo deposito superficiale di limi sabbiosi dello spessore di circa 3.5, seguito da uno spessore più esiguo di limi argillosi della potenza di 1.5m circa. Tali depositi appaiono contraddistinti da una relativa "omogeneità penetrometrica" (oscillazione relativamente contenuta dei valori di resistenza di punta) e ciò suggerisce una sostanziale differenza genetica rispetto ai depositi individuati dalla CPT03. In altre parole, i depositi individuati dalla CPTU01 -2009 possono essere ricondotti ad una facies tipicamente alluvionale. Il rinvenimento di tali materiali costituisce ad una prima analisi una anomalia sedimentologica: materiali a tessitura relativamente fine non si rinvenivano in aree di fondovalle, ancorché prossime alla pianura, in ragione delle forti energie idrauliche dei corsi d'acqua che non ne consentono la deposizione.

Una possibile spiegazione alla deposizione di tali facies può essere ricercata nella presenza della briglia del Paleotto posta poco più a valle dell'area in parola, che, stando alle (scarse) testimonianze storiche, è avvenuta in epoca romana ed aveva la funzione di deviare parte delle acque del t. Savena verso il Molino del Paleotto posto poco più a valle.

Secondo una possibile interpretazione, la costruzione della briglia ha rappresentato un nuovo livello di base a livello locale per il torrente Savena, creando parallelamente un piccolo bacino idrico locale,

in corrispondenza del quale poteva avere luogo una sedimentazione di granulometrie tradizionalmente più fini.

Tali depositi, quantunque limitati in spessore ed estensione, saranno opportunamente caratterizzati dal progettista alla luce del contributo al cedimento del rilevato che possono apportare. Dovrà inoltre essere verificato il potenziale di liquefazione delle componenti incoerenti di detti depositi.

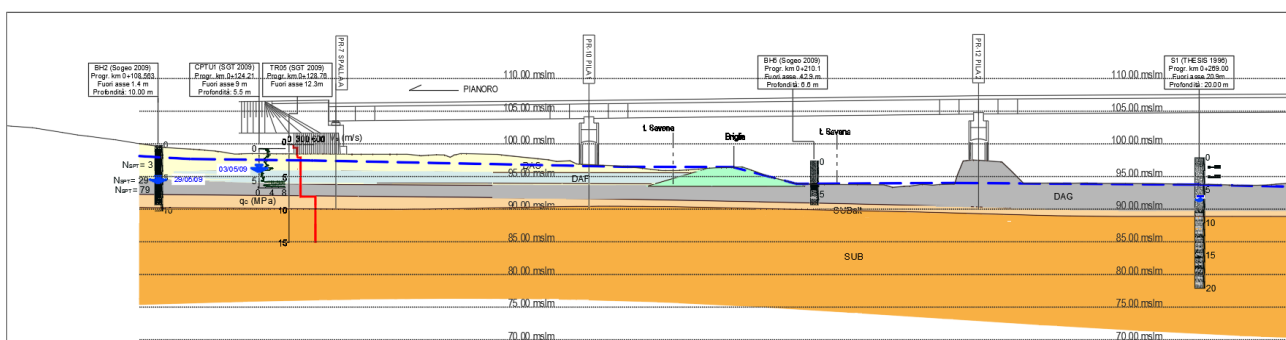
Il viadotto Rastignano è una struttura con fondazioni su pile nell'area golenale del torrente Savena; la successione stratigrafica è tipicamente composta da un materasso alluvionale di spessore variabile, giacente in discordanza stratigrafica sul sottostante substrato geologico, qui costituito dalla Formazione del Pantano. Il materasso alluvionale si distingue in alluvioni relativamente più antiche ed appartenenti all'Unità di Modena (AES8a) e coperture alluvionali più recenti ed in evoluzione (depositi quaternari continentali b1), questi ultimi rinvenuti in spessori significativi nelle aree di fondazione delle pile 3 e 4. Il torrente Savena scorre ribassato rispetto alle aree urbanizzate e terrazzate circostanti ed ha un regime idraulico tale da aver inciso il materasso alluvionale fino al substrato alterato, che di fatto si può osservare in corrispondenza dell'alveo attivo del torrente in parola.

Le quote di intradosso fondazione delle Pile del viadotto Rastignano sono approfondite fino ad intercettare il substrato, ad eccezione della Pila 4.

Nel tratto compreso fra la Pila 4 e la Spalla B del viadotto, ove questo sovrappassa via Toscana e via Buozzi, si rinviene un consistente deposito di natura antropica, messo in posto verosimilmente in epoche passate per creare superfici sub-pianeggianti destinate all'urbanizzazione di quest'area.

Per la spalla B del viadotto Rastignano è prevista una quota di intradosso della fondazione ubicata a livello del substrato.

Nell'area del viadotto Rastignano non sono osservabili criticità geologiche significative, ciò anche in relazione alla forte urbanizzazione che quest'area ha subito e che ha modificato sostanzialmente l'assetto del territorio originario, impedendo un'analisi diretta dei dati geologici e geomorfologici naturali.



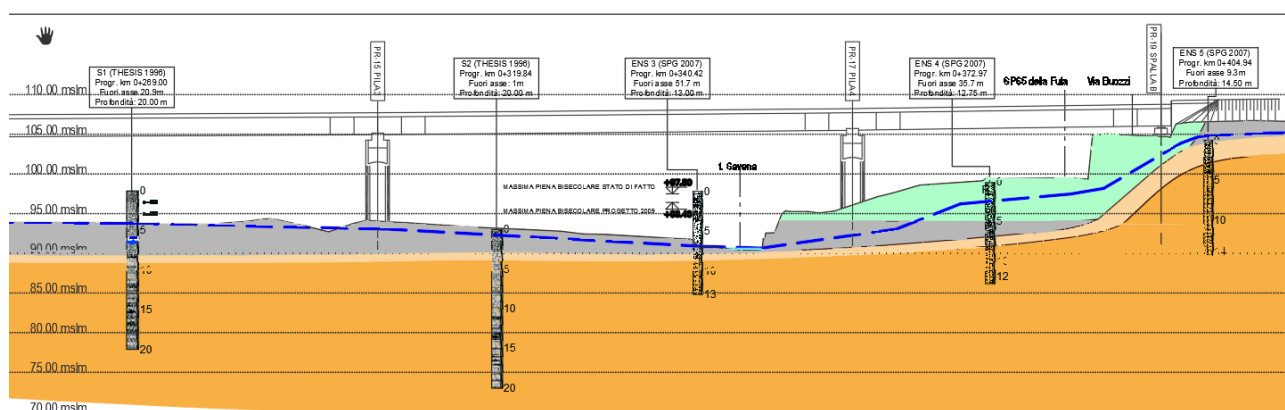


Figura 6-1: profilo geotecnico del viadotto Rastignano.

Una problematica significativa emerge sul piano idraulico ed idrogeologico e riguarda la possibile interferenza delle acque del torrente Savona, alle quali si raccorda la tavola d'acqua freatica che insiste nel materasso alluvionale circostante. La permeabilità attesa delle alluvioni, soprattutto dei depositi più recenti, unitamente ai gradienti idraulici possono infatti essere tali da comportare delle portate, in fase costruttiva, non trascurabili. Questo aspetto dovrà essere tenuto in debito conto in relazione alla tipologia di scavo da perseguire.

Il tratto successivo della strada di progetto è compreso la spalla B del viadotto Rastignano e l'opera di scavalco linea RFI. E' previsto un rilevato fra le due strutture, che si eleva progressivamente dai circa 2m (presso la spalla B del viadotto Rastignano) fino ai circa 6m (presso l'opera di scavalco linea RFI) su un terrazzo alluvionale di secondo ordine, costituito da miscele di sabbie e ghiaie in spessori medi pari a circa 3m, giacente in discordanza stratigrafica sul substrato della Formazione di Pantano. In questo tratto non si rilevano problematiche geologiche.

L'opera di scavalco della linea RFI Bologna-Firenze è una galleria artificiale che, comprendo la linea ferroviaria che qui corre in trincea, permette di risolvere l'intersezione nonostante l'elevata obliquità. Le informazioni finora acquisite dalle indagini geognostiche eseguite localmente (BH03-2009, S2-2004 per la spalla B, DPSH1-1998, BH04-2009) indicano una sostanziale planarità dell'interfaccia materasso alluvionale/substrato, pertanto non si rilevano criticità geologiche, fatte salve le necessarie opere di presidio degli scavi, mirate ad evitare potenziali problemi di stabilità alle costruzioni limitrofe ed alla infrastruttura esistente.

L'ultimo tratto dell'asse stradale è compreso fra l'opera di scavalco linea RFI e la Rotatoria Rastignano. Il rilevato di approccio ha un'altezza massima pari a circa 6m, in riduzione verso la Rotatoria Rastignano e poggia su un materasso alluvionale ghiaioso-sabbioso di spessore ridotto (circa 1m). Allo stato attuale, sono in corso in questo tratto delle ingenti movimentazioni di terreno, legate alla costruzione della Rotatoria Rastignano nell'ambito del progetto costruttivo del I lotto

funzionale della Variante di Rastignano, pertanto la verifica effettiva delle coperture e delle relative caratteristiche geotecniche dovrà essere ripetuta una volta terminate le lavorazioni in corso.

Si sintetizzano di seguito alcuni degli aspetti geologici che possono essere ritenuti rilevanti ai fini progettuali:

- ✓ La stratigrafia generale dell'area è costituita da un materasso alluvionale quaternario di spessore variabile (da qualche metro fino a 8÷9m) poggiante in discordanza stratigrafica su un substrato geologico che, ad eccezione del tratto di strada nei pressi della Rotatoria delle Oche, è costituito da rocce deboli e relativamente giovani della successione Epiligure (nell'area di progetto sono rappresentate sostanzialmente da marne e occasionalmente da siltiti/arene fini delle Formazioni di Pantano e Cigarellino).
- ✓ Il substrato possiede una permeabilità molto ridotta e si ritiene possa costituire un acquicludo, mentre il materasso alluvionale, in ragione delle caratteristiche tessiturali grossolane, può avere una permeabilità più elevata, soprattutto in corrispondenza dei depositi più recenti ed è sede di una falda freatica libera.
- ✓ Per quanto attiene all'area sottoposta a vincolo idrogeologico (fra il rio Torriane e la pila n. 4 del viadotto Rastignano), non si evidenziano problematiche inerenti alla stabilità delle aree interessate dal progetto, né si prevedono particolari impatti negativi in tal senso dagli elementi previsti a progetto, fatte salve le normali raccomandazioni in materia di movimentazione dei terreni lungo i pendii e di adeguata regimentazione delle acque superficiali.
- ✓ In merito alla zona di attraversamento dell'abitato di Rastignano, non si rilevano dai dati acquisiti e interpretati problematiche di natura geologica, pur nell'impossibilità di osservazioni approfondite nelle aree maggiormente interessate dal tessuto urbano.

## **6.7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

L'interpretazione delle indagini ha consentito di raggruppare i materiali incontrati nelle seguenti unità litostratigrafiche:

- Unità RIP: Depositi antropici (riporto) prevalentemente incoerenti
- UNITÀ 1 DAG: Depositi alluvionali prevalentemente incoerenti a grana grossa
- UNITÀ 2 DAS: Depositi alluvionali prevalentemente incoerenti a grana fine
- UNITÀ 3 DAF: Depositi alluvionali prevalentemente coesivi
- UNITÀ SUB Alt: Marne e argilliti alterate
- UNITÀ SUB: Marne e argilliti

Nel seguito si riportano nel dettaglio i valori ovvero gli intervalli entro i quali verrà operata la scelta dei parametri geotecnici caratteristici.

Tabella 6-1: Peso di volume naturale [kN/m³]

|                     | Unità RIP | Unità 1<br>DAG | Unità 2<br>DAS | Unità 3<br>DAF | Unità SUB<br>Alt | Unità SUB |
|---------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|------------------|-----------|
| $\gamma$<br>[kN/m³] | 19.0      | 20.0           | 20.0           | 19.0           | 22.0             | 22.0      |

Tabella 6-2: Resistenza non drenata [kPa]

|             | Unità 3 DAF | Unità SUB Alt |
|-------------|-------------|---------------|
| $s_u$ [kPa] | 50÷100      | 250÷400       |

Tabella 6-3: Parametri di resistenza al taglio efficace

|             | Unità RIP | Unità 1<br>DAG | Unità 2<br>DAS | Unità 3<br>DAF | Unità SUB<br>Alt | Unità SUB |
|-------------|-----------|----------------|----------------|----------------|------------------|-----------|
| $c'$ [kPa]  | 0÷2       | 0÷2            | 0÷4            | 4÷8            | 20÷25            | 50÷60     |
| $\phi'$ [°] | 30÷34     | 35÷40          | 32÷36          | 25÷30          | 24÷26            | 31÷35     |

Tabella 6-4: Moduli di deformazione [MPa]

|            | Unità RIP | Unità 1<br>DAG | Unità 2<br>DAS | Unità 3<br>DAF | Unità SUB<br>Alt | Unità SUB |
|------------|-----------|----------------|----------------|----------------|------------------|-----------|
| $E'$ [MPa] | 10÷20     | 25÷35          | 8÷10           | 4÷6            | 30÷35            | 100÷150   |

Tabella 6-5: Coefficiente di permeabilità medio [m/s]

|           | Unità RIP          | Unità 1 DAG        | Unità 2 DAS        | Unità 3 DAF        | Unità<br>SUB Alt | Unità<br>SUB |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------|
| $k$ [m/s] | 1.0E-6 ÷<br>1.0E-5 | 1.0E-5 ÷<br>1.0E-3 | 1.0E-7 ÷<br>1.0E-6 | 1.0E-8 ÷<br>1.0E-7 | 1E-9÷1E-7        |              |

## **6.8 VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI E CEDIMENTI**

E' stata verificata la stabilità dei rilevati e sono stati valutati i cedimenti attesi. Alla luce delle caratteristiche dei terreni in sito e della geometria delle opere la stabilità dei rilevati è garantita con le forme e le dimensioni standard. Anche il livello dei cedimenti attesi è tale da non richiedere l'utilizzo di tecniche particolari per il loro contenimento o la loro accelerazione.

La bonifica del piano di posa dei rilevati può essere contenuta in 30 cm e, teoricamente, limitata solo nei tratti iniziali e finali dell'asse principali. Ciononostante, in attesa delle verifiche che saranno svolte in fase costruttiva, è stata prevista per tutta l'estensione.

Le analisi svolte su campioni prelevati in pozzetti esplorativi evidenziano la possibilità di riutilizzare, dal punto di vista geotecnico, i terreni provenienti dagli scavi. In particolare i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite mostrano che i terreni plastici (prevalentemente A7-6 e A6) sono stabilizzabili con ossido di calcio ( $\text{CaO}$  – Calce viva), presentando curve granulometriche, quantità di sostanza organica e caratteristiche chimiche compatibili con i criteri di accettabilità normalmente in uso per il trattamento a calce dei terreni.



## **7 PROBLEMATICHE IDRAULICHE**

### **7.1 IDROLOGIA**

Le informazioni idrologiche necessarie a realizzare lo studio sono state ricavate dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del Reno.

### **7.2 INTERFERENZA DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL TORRENTE SAVENA**

Il Torrente Savena è l'affluente principale del Torrente Idice ed il suo bacino, situato fra i bacini di Reno, Idice e Zena, ha una superficie alla sezione di chiusura al ponte della Via Emilia di circa 168 km<sup>2</sup>. La lunghezza dell'asta principale fino a tale sezione è pari a circa 49,8 km. Da tale sezione alla confluenza con il Torrente Idice il corso del Torrente Savena si sviluppa per ulteriori 4,5 km circa.

Il Torrente Savena venne tolto dal suo alveo naturale all'altezza della località Cavedone in Comune di Bologna, circa 1,5 km a monte della Via Emilia, con lavori eseguiti negli anni 1776-1777, ed immesso nel Torrente Idice all'attuale confluenza. Il nuovo alveo seguì in massima parte il tracciato di un piccolo corso d'acqua, il rio Polo che attualmente confluisce in Savena, e venne adeguato alle portate del Savena. Il corso del torrente Savena a valle di Bologna non ebbe perciò più le acque del bacino montano e divenne un corso d'acqua, l'attuale Savena Abbandonato, nel quale si raccolgono le acque delle aree di pianura della città di Bologna.

Altre modifiche del corso naturale del Savena si ebbero per le frane che nel 1870 e nel 1951 interessarono l'alveo del torrente in località Castel dell'Alpi, dove si è formato l'omonimo lago.

L'inquadramento del tratto di Savena di interesse per il presente studio è riportato nella figura seguente. Complessivamente il tratto analizzato ha una estensione di circa 970 metri.



Figura 7-1: Inquadramento del tratto di Torrente Savena oggetto di studio.

Nella figura seguente si riporta la cartografia e la posizione delle sezioni utilizzate dall'Autorità di bacino per lo studio idrologico e idraulico.

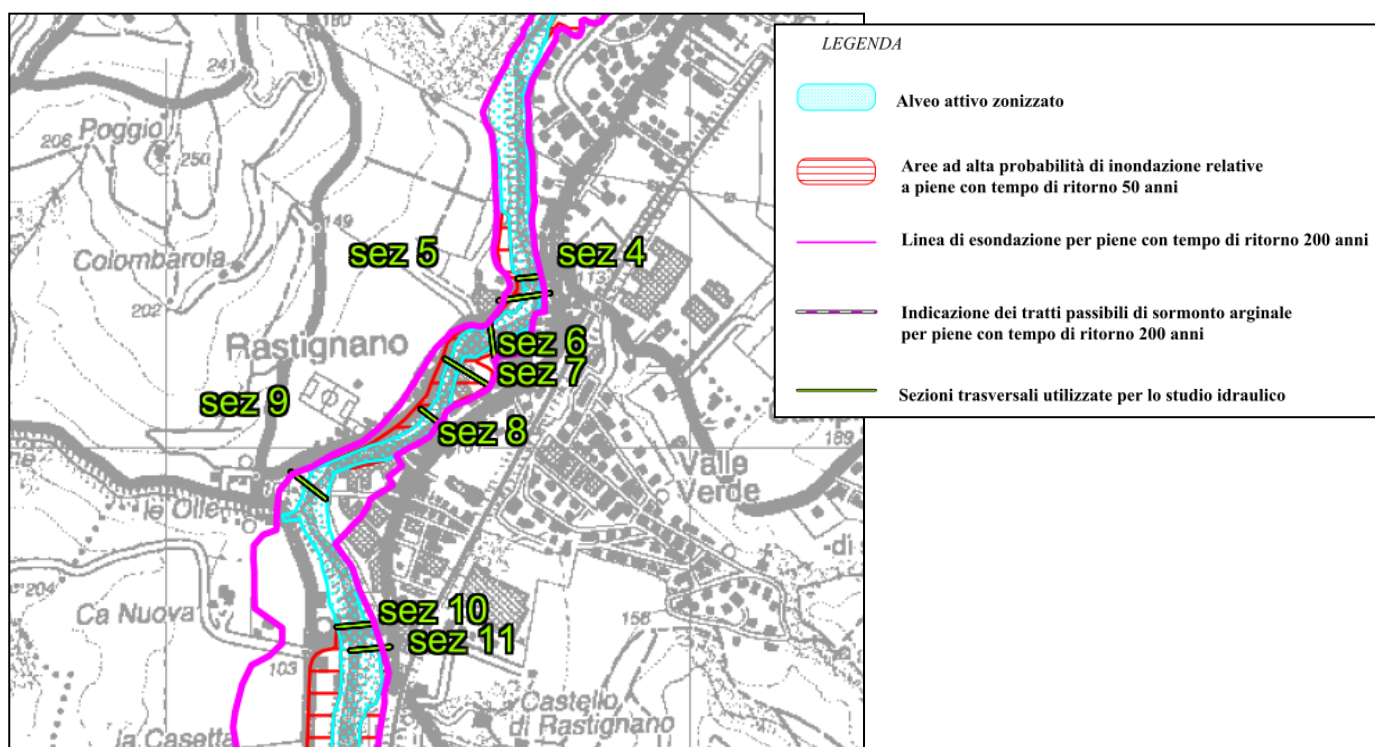


Figura 7-2: Inquadramento dei tratti di alveo oggetto di studio e rappresentazione delle sezioni utilizzate nello studio del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del Reno (Tavola B1m1).

Il tratto di interesse è pertanto compreso tra la Sez. 10 e la Sez. 4. Per le varie sezioni idrauliche presenti nella relazione redatta dall'Autorità di Bacino è quindi possibile individuare sia le portate di progetto con Tempo di Ritorno di 50 e 200 anni sia i tiranti idrici raggiunti, conseguenti a tali portate.

| CODICE | SEZIONI             |                |             | PORTATE E LIVELLI |               |                    |                | FONDO                      |
|--------|---------------------|----------------|-------------|-------------------|---------------|--------------------|----------------|----------------------------|
|        | Distanza Progr. [m] | Localizzazione | Descrizione | Lmax50 [m s.l.m.] | Qmax50 [m³/s] | Lmax200 [m s.l.m.] | Qmax200 [m³/s] | Quota del fondo (m s.l.m.) |
| 11     | 24240               | Rastignano     | m.ponte     | 102.8             | 308.5         | 103.3              | 388.0          | 98.3                       |
| 11v    | 24250               | Rastignano     | v.ponte     | 102.2             | 309.5         | 102.7              | 395.0          | 98.3                       |
| 10     | 24292               | Rastignano     |             | 102.0             | 307.6         | 102.4              | 392.5          | 97.7                       |
| 9      | 24578               | Rastignano     |             | 100.8             | 307.4         | 101.2              | 387.3          | 96.2                       |
| 8      | 24859               | Rastignano     |             | 99.6              | 307.4         | 100.0              | 387.2          | 94.5                       |
| 7      | 24972               | Rastignano     |             | 98.7              | 307.4         | 99.1               | 387.3          | 93.9                       |
| 6m     | 25057               | Rastignano     | m.briglia   | 98.2              | 307.3         | 98.6               | 387.3          | 95.3                       |
| 6      | 25067               | Rastignano     | v.briglia   | 96.8              | 307.3         | 97.5               | 387.3          | 91.4                       |
| 5      | 25190               | Rastignano     |             | 96.7              | 307.3         | 97.4               | 387.3          | 90.8                       |
| 5v     | 25200               | San Ruffillo   |             | 96.4              | 307.3         | 97.2               | 387.2          | 90.8                       |
| 4      | 25225               | San Ruffillo   | m.ponte     | 96.3              | 307.3         | 97.2               | 387.2          | 90.4                       |
| 4v     | 25235               | San Ruffillo   | v.ponte     | 95.0              | 307.3         | 95.4               | 387.2          | 90.4                       |

*Tabella – Risultati dello studio idrologico-idraulico contenuti nel Piano Stralcio dell'Autorità di bacino del Reno.*

Pertanto dai documenti redatti dall'Autorità di Bacino è possibile individuare la portata di riferimento con Tempo di Ritorno di 200 anni la si può assumere pari a 390 m³/s.

### 7.2.1 Determinazione dei Tiranti Idrici

La ricostruzione dei livelli idrici raggiunti nel corso d'acqua, con le portate precedentemente definite, è stata realizzata in condizioni di moto permanente con il programma di calcolo HEC-RAS sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineering.

Tale codice di calcolo è basato sull'integrazione delle equazioni di De Saint Venant monodimensionali trascurando le variazioni delle grandezze in gioco rispetto al tempo

Per gli alvei irregolari, si richiede innanzitutto la definizione di sezioni fluviali ad un certo interasse. Le caratteristiche dell'alveo tra le due sezioni misurate sono desunte sostanzialmente dalla interpolazione delle grandezze alle estremità. Oltre le caratteristiche geometriche globali delle sezioni occorre anche fornire una indicazione della scabrezza delle pareti per la stima delle perdite per attrito.

Il parametro di calibrazione del modello è costituito dalla scabrezza dell'alveo. Tale valore viene fissato sulla base dello stato dell'alveo valutato visivamente. Si assume pertanto una scabrezza secondo Manning pari a 0.067 s/m<sup>1/3</sup> che espressa secondo la formulazione di Gauckler-Strickler equivale a 15 m<sup>1/3</sup>/s.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno viene fissata una pendenza pari alla pendenza media del fondo nel tratto in esame e pari allo 0,83%.

Le sezioni utilizzate nel tratto in esame sono state 48 con distanza media, l'una dall'altra, di circa 20 metri. Tali sezioni sono state ricavate attraverso un rilievo di dettaglio della zona e occorre precisare che i numerosi edifici che affiancano l'alveo sono inseriti, di fatto, come se facessero parte della sezione stessa e quindi rappresentano di fatto un ostacolo al deflusso dell'acqua.

Lo studio è stato ripetuto per lo stato di fatto e per lo stato di progetto. Poiché alcuni rilevati di progetto ricadono in area esondabile, al fine di evitare un innalzamento dei tiranti idrici che sarebbe inaccettabile, in particolare per la presenza di insediamenti nelle aree esondabili, si prevede la risagomatura di un tratto della zona golenale del torrente, al fine di ripristinare all'incirca al sezione di deflusso preesistente e conseguire in fase finale tiranti idrici non superiori a quelli che caratterizzano lo stato di fatto

| Sezione | Quota pelo libero esistente | Quota pelo libero progetto | Differenze (Progetto - Esistente) |
|---------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
|         | (m)                         | (m)                        | (m)                               |
| Sez. 1  | 103.23                      | 103.29                     | 0.06                              |
| Sez. 2  | 103.10                      | 103.15                     | 0.05                              |
| Sez. 3  | 102.98                      | 103.03                     | 0.05                              |
| Sez. 4  | 102.89                      | 102.94                     | 0.05                              |
| Sez. 5  | 102.81                      | 102.86                     | 0.05                              |
| Sez. 6  | 102.80                      | 102.84                     | 0.04                              |
| Sez. 7  | 102.79                      | 102.82                     | 0.03                              |
| Sez. 8  | 102.78                      | 102.82                     | 0.04                              |
| Sez. 9  | 102.73                      | 102.76                     | 0.03                              |
| Sez. 10 | 102.65                      | 102.68                     | 0.03                              |
| Sez. 11 | 102.62                      | 102.65                     | 0.03                              |
| Sez. 12 | 102.49                      | 102.53                     | 0.04                              |
| Sez. 13 | 102.20                      | 102.29                     | 0.09                              |
| Sez. 14 | 101.89                      | 101.80                     | -0.09                             |
| Sez. 15 | 101.68                      | 101.51                     | -0.17                             |
| Sez. 16 | 101.23                      | 101.01                     | -0.22                             |
| Sez. 17 | 100.94                      | 100.89                     | -0.05                             |
| Sez. 18 | 100.89                      | 100.87                     | -0.02                             |
| Sez. 19 | 100.75                      | 100.80                     | 0.05                              |
| Sez. 20 | 100.63                      | 100.71                     | 0.08                              |
| Sez. 21 | 100.44                      | 100.52                     | 0.08                              |
| Sez. 22 | 100.36                      | 100.39                     | 0.03                              |
| Sez. 23 | 100.24                      | 100.26                     | 0.02                              |
| Sez. 24 | 100.01                      | 100.00                     | -0.01                             |
| Sez. 25 | 99.89                       | 99.89                      | 0.00                              |
| Sez. 26 | 99.74                       | 99.74                      | 0.00                              |

|         |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|
| Sez. 27 | 99.47 | 99.48 | 0.01  |
| Sez. 28 | 99.20 | 99.19 | -0.01 |
| Sez. 29 | 98.97 | 98.95 | -0.02 |
| Sez. 30 | 98.87 | 98.86 | -0.01 |
| Sez. 31 | 98.56 | 98.57 | 0.01  |
| Sez. 32 | 97.99 | 98.00 | 0.01  |
| Sez. 33 | 96.70 | 96.69 | -0.01 |
| Sez. 34 | 97.33 | 97.35 | 0.02  |
| Sez. 35 | 97.34 | 97.35 | 0.01  |
| Sez. 36 | 97.23 | 97.22 | -0.01 |
| Sez. 37 | 97.17 | 97.18 | 0.01  |
| Sez. 38 | 97.15 | 97.16 | 0.01  |
| Sez. 39 | 97.14 | 97.14 | 0.00  |
| Sez. 40 | 97.10 | 97.11 | 0.01  |
| Sez. 41 | 97.05 | 97.04 | -0.01 |
| Sez. 42 | 96.98 | 96.98 | 0.00  |
| Sez. 43 | 96.80 | 96.80 | 0.00  |
| Sez. 44 | 96.60 | 96.60 | 0.00  |
| Sez. 45 | 96.34 | 96.34 | 0.00  |
| Sez. 46 | 96.11 | 96.11 | 0.00  |
| Sez. 47 | 95.95 | 95.95 | 0.00  |
| Sez. 48 | 96.01 | 96.01 | 0.00  |
| Sez. 49 | 95.83 | 95.83 | 0.00  |

*Tabella – Confronto tra i tiranti idrici nella condizione di progetto rispetto alla situazione esistente.*

Dall'analisi della Tabella precedente si osserva che nelle condizioni di progetto il tirante idrico è di fatto simile alle condizioni attuali con un innalzamento massimo di circa 9 cm, ossia compatibile con le incertezze modellistiche di un sistema così complesso.

Pertanto la risagomatura dell'alveo per compensare la realizzazione del corpo stradale risulta efficace per evitare un innalzamento significativo del pelo libero nelle condizioni di portata con TR di 200 anni.

### **7.3 SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI VERSANTE**

Nei tratti in cui il tracciato stradale costituisce ostacolo al naturale deflusso delle acque di versante, queste vengono raccolte in fossi di guardia a cielo aperto situati al piede dei rilevati stradali o in sommità ai tratti in trincea. Nella definizione del tracciato e delle dimensioni dei fossi di guardia si terrà conto dei fossi preesistenti ovvero inalveamento di corsi d'acqua minori o incisioni naturali.

#### **7.3.1 Criteri di calcolo**

Per ogni singolo fosso è stato definito il relativo bacino imbrifero, con riferimento ai bacini numerati nell'elaborato di progetto *IDR-0002 - Planimetria bacini idrografici*, il quale rappresenta schematicamente la regimazione delle acque di versante nell'area attraversata dalla strada in progetto.

Per il dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque di versante si considera un tempo di ritorno dell'evento meteorico di progetto pari a 25 anni. Tale evento è caratterizzato dalla curva di possibilità pluviometrica definita dalla seguente relazione:

$$H = a \cdot t^n$$

in cui  $t$  rappresenta la durata dell'evento di pioggia, ed  $H$  l'altezza di pioggia ad esso relativa.

Lo studio della pluviometria è svolto facendo riferimento ai dati degli Annali Idrologici relativi alle precipitazioni registrate al pluviografo di Bologna

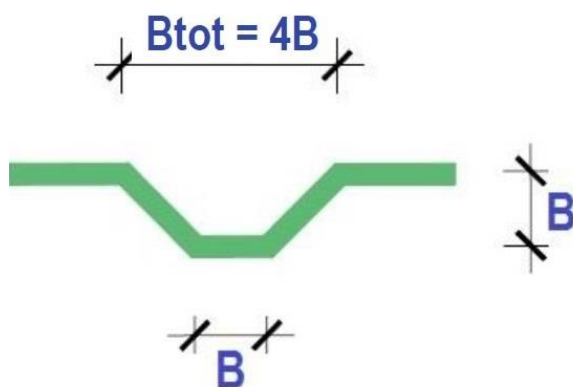
Per la determinazione della portata di progetto dei bacini idrografici si utilizza il metodo cinematico:

Per il calcolo del tempo di corrivazione  $T_C$ , che rappresenta il tempo impiegato da una goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura, si utilizza il più breve dei valori calcolati secondo tre formule tipicamente usate in letteratura (formule di Ventura, di Kirpich e di Pezzoli), e comunque non inferiore a 15 minuti ( $T_C = 0.25$ ). Tale valore costituisce di fatto un limite alle portate di progetto: tale assunzione è giustificata dalle piccole dimensioni e dai gradienti elevati dei bacini in esame, nonché dalla comune prassi progettuale.

Per tutti i versanti in esame il tempo di corrivazione risulta essere pari a 15 minuti.

### 7.3.2 Dimensionamento dei fossi a sezione trapezia

I fossi di guardia sono dimensionati con sezione trapezia e scarpate inclinate con pendenza 2:3 (vedi *Figura 7-3*). Considerando un livello di riempimento non superiore all'80%, la verifica idraulica in corrispondenza della portata di progetto è effettuata ipotizzando condizioni di moto uniforme e quindi utilizzando la formula di Chezy:



*Figura 7-3: Sezione tipica dei fossi di guardia a sezione trapezia*

I fossi di guardia hanno larghezza minima alla base pari a 0.50m, e sono generalmente non rivestiti. L'inerbimento garantisce infatti un aumento della scabrezza in grado di moderare le velocità di deflusso, riducendo la velocità delle acque e ritardando l'afflusso al recapito.

Le pendenze dei fossi di guardia sono generalmente mantenute entro il valore dell'1%, o comunque mai troppo difforni dall'andamento morfologico del piano campagna, realizzando ove necessario salti di fondo che garantiscano di svincolare il deflusso nei fossi dalle condizioni idriche di valle, evitando fenomeni di rigurgito. Contestualmente al dimensionamento idraulico dei fossi di guardia, si verifica che le velocità in condizioni di progetto non superino il valore di 2 m/s al fine di prevenire fenomeni di erosione localizzati.

#### **7.4 SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA**

Per le acque di piattaforma, data l'assenza di tratti in trincea, si adotta generalmente un sistema di smaltimento a embrici e fossi tale da minimizzare il più possibile l'utilizzo di condotte interrate. Nei tratti con doppia pendenza trasversale sono previsti due fossi ai lati del rilevato. In corrispondenza delle curve del tracciato, ove la strada presenta un'unica pendenza trasversale, si adotta un unico fosso posizionato sul lato interno rispetto all'asse stradale.

In alcuni tratti, ovvero:

- Nel collegamento tra il Ponte delle Oche e l'omonima rotonda;
- In corrispondenza del muro di sottoscarpa adiacente alla strada di collegamento al campo sportivo;
- Lungo parte della rotatoria Parco Paleotto;
- Lungo il viadotto Rastignano;
- Tra il viadotto Rastignano e la rotatoria Rastignano, punto di raccordo con il lotto successivo;
- Ove la rete di smaltimento attraversa il tracciato stradale;

Prima dell'immissione nel corpo ricettore la rete di smaltimento prevede la laminazione delle portate invasando in condizioni di progetto, come prescritto dall'Autorità di Bacino del fiume Reno, un volume di 500 m<sup>3</sup> per ogni ettaro di superficie territoriale urbanizzata ad esclusione del verde compatto. Il volume è invasato all'interno dei fossi stessi, che saranno realizzati con una modesta pendenza longitudinale (max 0.2%) e con salti di quota ove necessario a coprire i dislivelli della rete.

La funzione di laminazione dei fossi stessi sarà garantita dalla presenza di manufatti di controllo quantitativo delle portate, ad una distanza determinata dalla locale pendenza longitudinale del fosso e variabile fra 100 e 200m. Le aperture tarate di tali manufatti permettono il deflusso verso valle di una portata ridotta (max 20 l/s) favorendo il riempimento del fosso stesso.



Il controllo di qualità delle acque in uscita, come prescritto dalla delibera di Giunta Regionale n. 1860, 2006 è garantito da opportuni manufatti di disoleazione, oltre che dal folto inerbimento dei fossi stessi ai fini del trattenimento dei solidi sospesi.

La quota di scorrimento dei fossi è condizionata dall'andamento piano-altimetrico del tracciato e dalle interferenze con altri manufatti (sottopassi, viadotti, ecc.).

#### 7.4.1 Criteri di calcolo

Per il dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque di piattaforma si considera un tempo di ritorno dell'evento meteorico di progetto pari a 25 anni. Le portate di progetto si ricavano mediante il metodo cinematico, utilizzando un coefficiente di afflusso  $\phi$  pari a 0.95 per le aree pavimentate.

Il tempo di corrivazione  $T_C$  per ogni tratto di fosso/collettore si calcola come somma di due contributi:

$$T_C = T_A + T_R/1.5$$

Essendo:

$T_A$  = tempo di accesso in rete = 15 minuti

$T_R$  = tempo di percorrenza del ramo più lungo della fognatura a monte del tratto in esame

$$= \sum (L_i / V_i)$$

$L_i$  = lunghezza il fosso/collettore i-esimo del ramo più lungo della rete a monte

$V_i$  = velocità di progetto lungo il fosso/collettore i-esimo del ramo più lungo della rete a monte

Nei calcoli si è assegnata ai fossi/collettori la dimensione che permette il transito di  $Q_{\max}$  in condizioni di riempimento (rapporto fra tirante idrico e altezza massima/diametro della sezione) non superiori all'80%. La verifica idraulica in corrispondenza della portata di progetto è effettuata ipotizzando condizioni di moto uniforme e quindi utilizzando la formula di Chezy, analogamente a come illustrato nel Par. 7.3.1.



I valori del coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler per i vari materiali utilizzabili sono definiti in Tabella.

| <b>Materiale fosso/collettore</b>                      | <b><math>k_s [m^{1/3}s^{-1}]</math></b> |
|--|---|
| <i>Fosso inerbito/filtro</i>                           | 30                                      |
| <i>Calcestruzzo</i>                                    | 60                                      |
| <i>Poliestere rinforzato con fibra di vetro (PRFV)</i> | 80                                      |
| <i>Polietilene ad alta densità (PEAD)</i>              | 80                                      |
| <i>Polipropilene (PP)</i>                              | 80                                      |

*Tabella: Scabrezze relative ai diversi materiali utilizzabili nella rete*

#### **7.4.2 Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque di piattaforma**

In base ai criteri definiti nel paragrafo precedente, si definiscono le dimensioni della rete di drenaggio delle acque di dilavamento delle superfici stradali come segue.

In generale:

- ✓ I fossi a pelo libero hanno sezione trapezia con base di larghezza  $B = 0.5m$  e scarpate inclinate con pendenza 2:3. L'accesso dell'acqua ai fossi è garantito dalla presenza di embrici realizzati con un interasse di circa 10m, valore tipico utilizzato nel comune di Bologna.
- ✓ I tratti in condotta sono realizzati con tubazioni in PEAD, corrugate esternamente, avente diametro minimo DN315. L'accesso delle acque alla condotta è garantito da caditoie realizzate con un interasse di circa 12.5m, valore tipico utilizzato nel comune di Bologna.

Nella relazione specifica si definiscono, zona per zona, le dimensioni dei rami della rete di dimensioni diverse da quelle appena definite.

## 8 IL PROGETTO STRADALE

### 8.1 DESCRIZIONE GENERALE

Il presente progetto è relativo al lotto di completamento della Variante di Rastignano che si estende dalla strada fondo valle Savena al I stralcio attualmente in costruzione completando una nuova direttrice di scorrimento nel quadrante Sud-Ovest della viabilità dell'hinterland bolognese che mette in diretto e veloce collegamento la vallata del Savena con la rete principale urbana di Bologna e con il sistema tangenziale – autostrada.

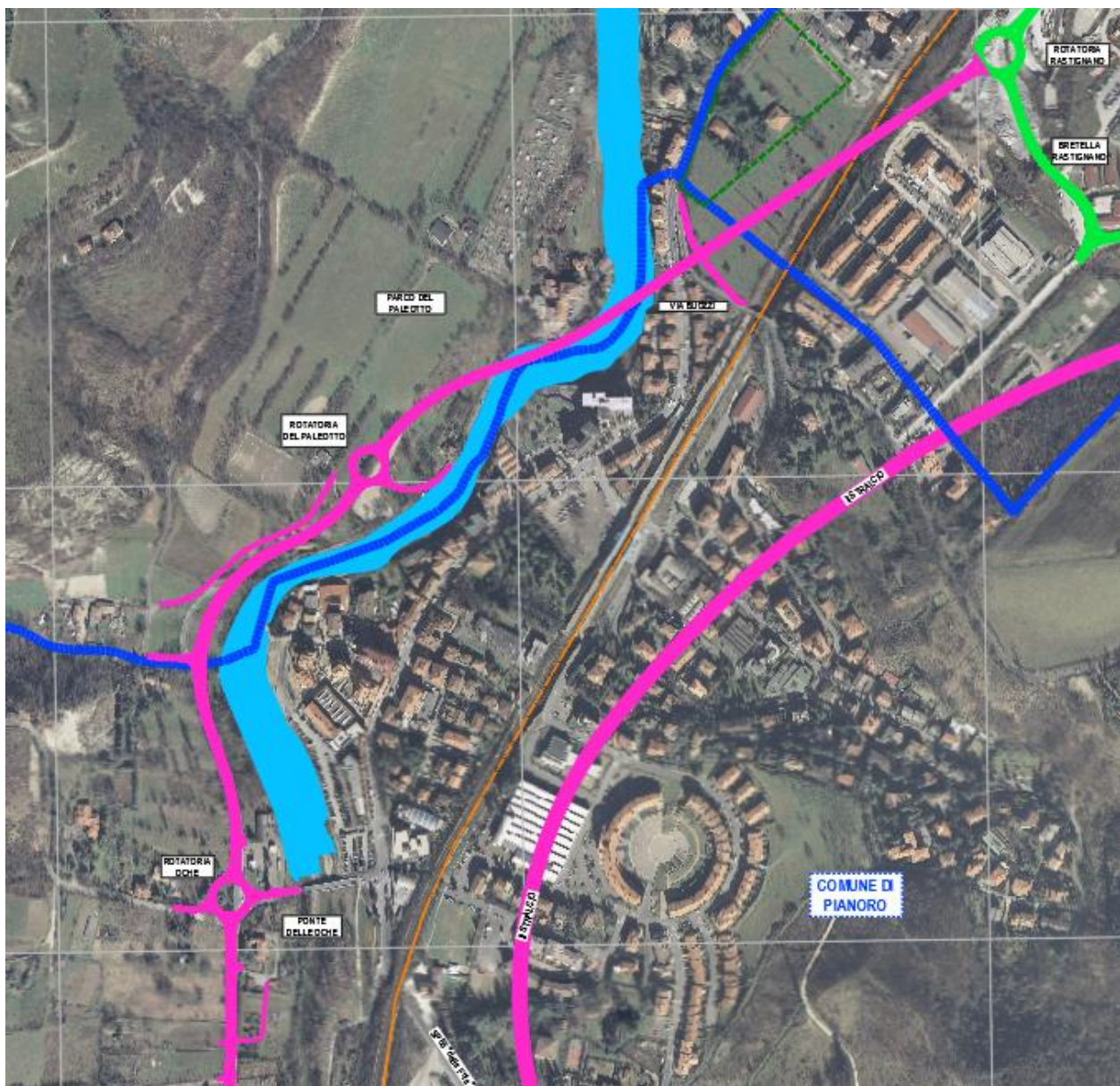


Figura 8-1: progetto su ortofotopiano.

Procedendo da sud verso nord (v. immagine precedente), l'infrastruttura può considerarsi composta dai seguenti corpi d'opera:

- ✚ TRATTO DA VIA DE GASPERI A ROTATORIA OCHE: questo tratto permette il collegamento fra la strada di tipo C1 Fondo Valle Savena e la rotatoria Oche. Costituisce l'adeguamento di un tratto di strada esistente che attualmente presenta una larghezza minore (6m).
- ✚ ROTATORIA PONTE DELLE OCHE: costituisce il raccordo tra la viabilità in progetto e quella esistente. Si tratta di una rotatoria "convenzionale" ai sensi del DM 19/04/2006 di diametro 45 m. La WBE include anche i raccordi con le esistenti Via De Gasperi (nome localmente assunto dalla strada fondovalle Savena), Via Malpasso e ponte delle Oche.
- ✚ TRATTO DA ROTATORIA OCHE A ROTATORIA PALEOTTO: tratto che connette la rotatoria ponte delle Oche alla rotatoria parco Paleotto. Si sviluppa nel primo tratto sul sedime dell'esistente Via del Paleotto, rispetto alla quale si configura come adeguamento. In prossimità del Rio Torriane, la strada guadagna quota e si discosta sia planimetricamente, sia altimetricamente, dall'esistente, raggiungendo la rotatoria Paleotto.
- ✚ COLLEGAMENTO CON VIA TORRIANE: il collegamento con Via Torriane, rappresentato da un incrocio a T con sole svolte a destra, permette il collegamento della nuova strada extraurbana secondaria con le strade comunali Via Torriane e Via del Paleotto (tratto superiore).
- ✚ COLLEGAMENTO AL CAMPO SPORTIVO: ad ovest della viabilità principale, nel tratto compreso tra via Torriane e la rotatoria Paleotto, è prevista una viabilità ad uso prevalentemente pedonale per l'accesso al campo sportivo adiacente il parco del Paleotto, attualmente accessibile da via del Paleotto. La nuova viabilità di accesso sarà collegata a quella principale per mezzo dell'intersezione con via Torriane.
- ✚ ROTATORIA PARCO PALEOTTO: la rotatoria del Paleotto, di tipo "convenzionale" ai sensi del DM 19/04/2006 con diametro 40 m, rappresenta lo snodo che consente il collegamento con il parco del Paleotto ed include anche un ramo di collegamento con Via del Paleotto (tratto inferiore), interrotta dalla nuova viabilità in progetto.
- ✚ TRATTO DA ROTATORIA PALEOTTO A ROTATORIA RASTIGNANO: il tratto che collega la rotatoria del Paleotto con il tratto Nord della Variante di Rastignano consente un rapido attraversamento dell'area di Rastignano, fino ad arrivare nel comune di San Lazzaro di Savena, dove si ricollega con il I stralcio della Variante.
- ✚ DEVIAZIONE DI VIA BUOZZI: sul lato nord-est dell'abitato di Rastignano si trova via Bruno BuoZZi, che dalla SP65 sale in direzione Monte Calvo. L'attuale tracciato di via BuoZZi interferisce con la spalla nord del viadotto Rastignano, per cui per essa è prevista, localmente, una deviazione plano-altimetrica.

Le opere d'arte principali del progetto sono le seguenti:

- ✚ SCATOLARE IDRAULICO RIO TORRIANE: l'opera permette lo scavalco del rio Torriane da parte del tratto Oche-Paleotto della viabilità in progetto.
- ✚ VIADOTTO RASTIGNANO: questo elemento rappresenta l'opera d'arte di maggiore entità del lotto sia per complessità tecnica sia per impatto sul ambiente circostante. Consente lo scavalco del torrente Savena e della SP65 della Futa, localmente denominata Via A. Costa. E' un viadotto in acciaio-calcestruzzo a travata continua composto da 5 campate di lunghezza rispettivamente di 39m, 60m, 65m, 60m, 39m per totali 263m.
- ✚ SCATOLARE DI VIA BUOZZI: permettono il sottopasso della viabilità principale da parte di Via Buozi.
- ✚ GALLERIA ARTIFICIALE SULLA FERROVIA BOLOGNA-FIRENZE: galleria artificiale che consente lo scavalco della linea ferroviaria Bologna-Firenze anche con una elevata obliquità.

A queste si aggiungono alcuni muri di sostegno nei pressi dei rilevati di approccio alle opere di scavalco, nonché altre opere minori quali manufatti idraulici, tombini idraulici e così via.

La lunghezza complessiva dell'asta principale è di circa 1560 m. Nel suo sviluppo, la viabilità percorre 3 comuni (partendo da sud verso nord):

- ✚ Comune di Pianoro, attraversato in due tratti: a Sud dove si ritrova la rotatoria del Ponte delle Oche e, subito dopo il torrente Savena, in corrispondenza dell'abitato di Rastignano.
- ✚ Comune di Bologna. All'interno di questo ambito si sviluppano parte del tratto Oche-Paleotto, la rotatoria del Paleotto ed una parte del viadotto Rastignano.
- ✚ Comune di San Lazzaro di Savena. All'interno di questa area comunale si sviluppa la parte conclusiva del tratto Paleotto-Rastignano dove ricade l'attraversamento ferroviario.

## 8.2 SEZIONI TIPO

### ***Asta principale***

La sezione tipica dell'asta principale è conforme a quanto previsto dal DM 5/11/2001 per le strade di categoria C1 (v. figura seguente).

La pendenza trasversale della piattaforma è prevista pari al 2,5% in rettilineo e inferiore al 6,0% in curva (strade soggette a frequente innevamento). La piattaforma risulta costituita da una carreggiata con una corsia da 3,75 m per senso di marcia e banchine pavimentate da 1,50 m, per una larghezza totale, esclusi gli elementi marginali, pari a 10,50 m. Sia corsie, sia banchine, sono localmente caratterizzate da allargamenti per iscrizione dei veicoli e visibilità, rispettivamente.

Il margine esterno è costituito da un arginello di larghezza pari a 0,80 m, raccordato alla scarpata con un arco di cerchio di tangente 0,50 m.



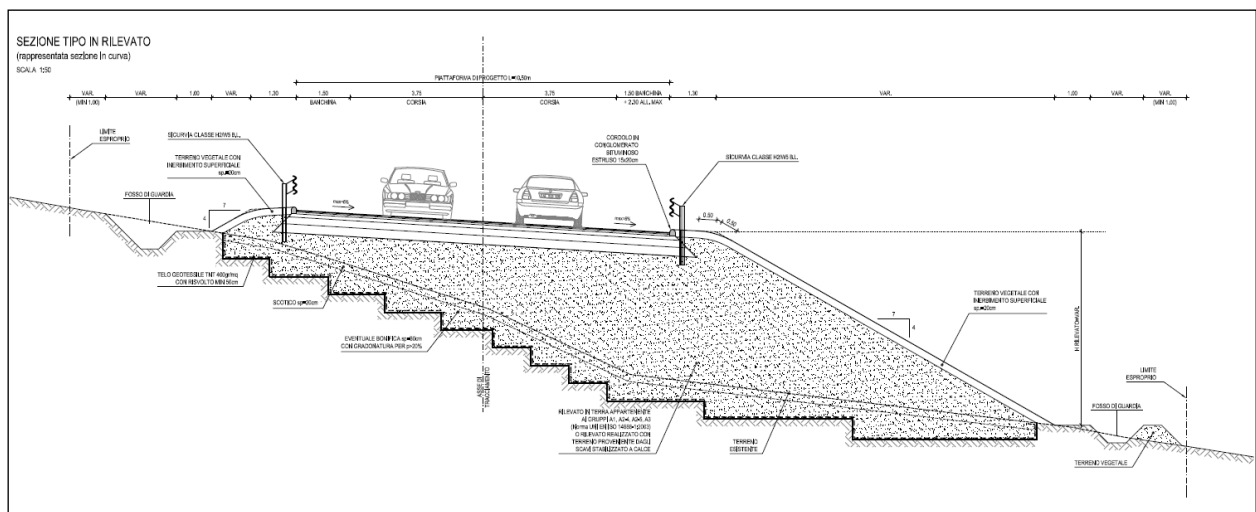


Figura 8-2: esempio di sezione trasversale tipica dell'asta principale.

Le scarpate dei rilevati stradali sono correntemente previste con pendenza 4/7 e rivestite con una coltre superficiale di terreno vegetale inerbito.

### **Asta principale – sezione tipo su viadotto**

La sezione tipo su viadotto prevede a lato della carreggiata di  $2 \times (3.75 + 1.50)$  marciapiedi di 2.40 m per ospitare le barriere di sicurezza e le barriere antirumore garantendo fra di esse lo spazio  $w$  di deformabilità della prima.

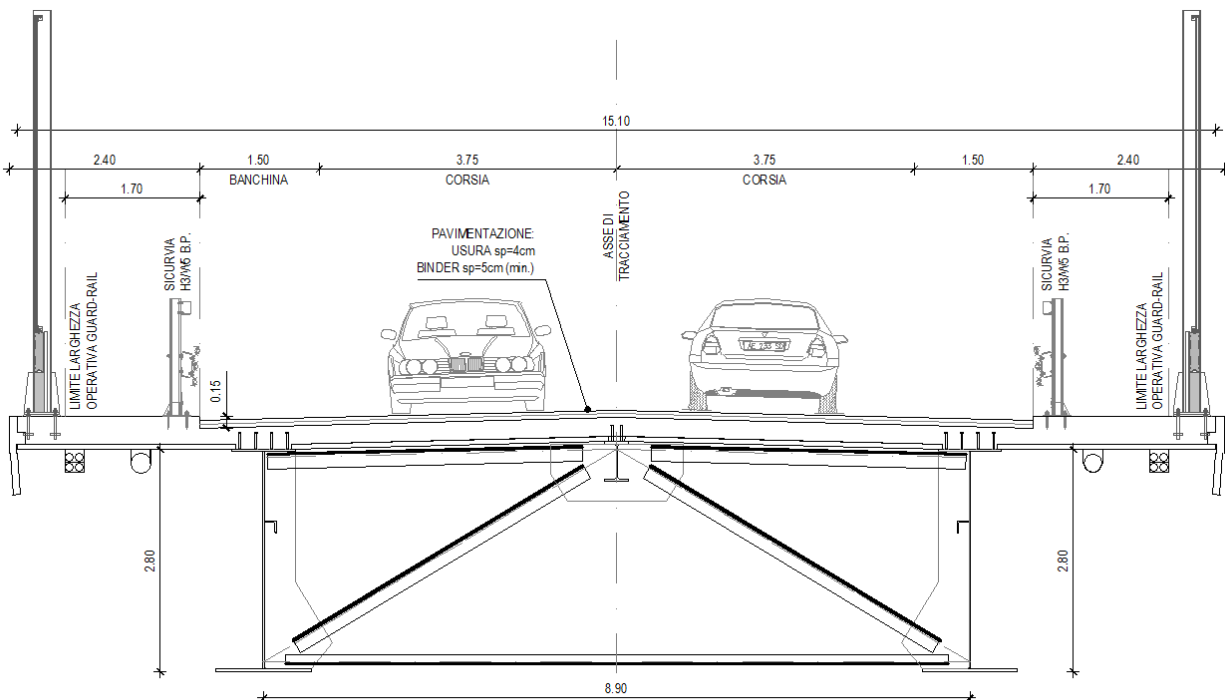
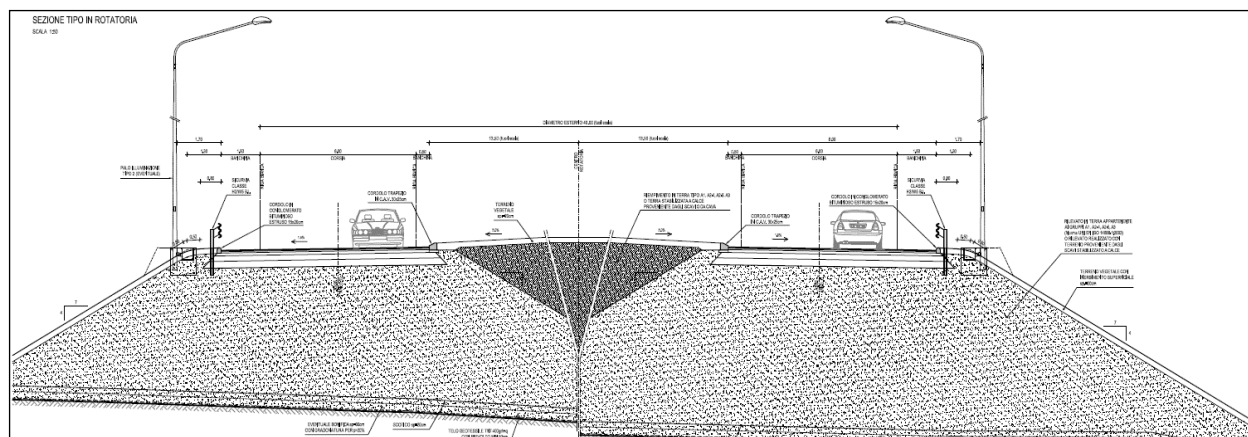


Figura 8-3: Sezione tipo su viadotto.

### **Rotatorie Oche e Paleotto**

In accordo con il DM 19/04/2006 “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*”, le rotatorie prevedono nella corona rotatoria una corsia di 6 m. Sono inoltre previste una banchina interna da 0,50 m ed una esterna da 1,50 m (pari alla banchina prevista per l'asta principale, di categoria C1), come rappresentato in Figura 8-4.

Il margine esterno è costituito da un arginello di larghezza pari a 0,80 m, raccordato alla scarpata con un arco di cerchio di tangente 0,50 m.



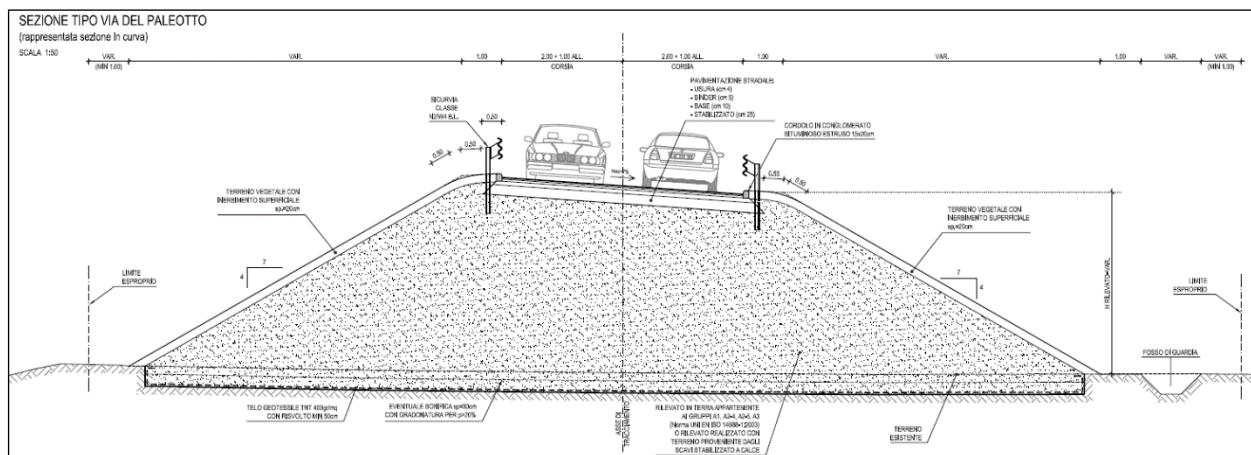
*Figura 8-4: esempio di sezione trasversale tipica di rotatoria.*

### **Viabilità secondarie**

Le sezioni tipiche degli assi secondari afferenti al progetto sono molteplici e variegate, in quanto per lo più legate alla sezione attuale delle infrastrutture esistenti cui il progetto si deve raccordare.

Per i collegamenti a Via Malpasso, Via De Gasperi, ponte delle Oche e Via Torriane è prevista una sezione variabile che raccorda corsie e banchine proprie della zona di intersezione con la sezione esistente.

Per il collegamento Via del Paleotto sono previste corsie da 2 m senza banchina, in continuità con la viabilità esistente, che in zona di curva prevedono un allargamento di 1 m ciascuna per permettere l'iscrizione dei veicoli. Il margine esterno è costituito da un arginello di larghezza pari a 0,50 m, raccordato alla scarpata con un arco di cerchio di tangente 0,50 m.

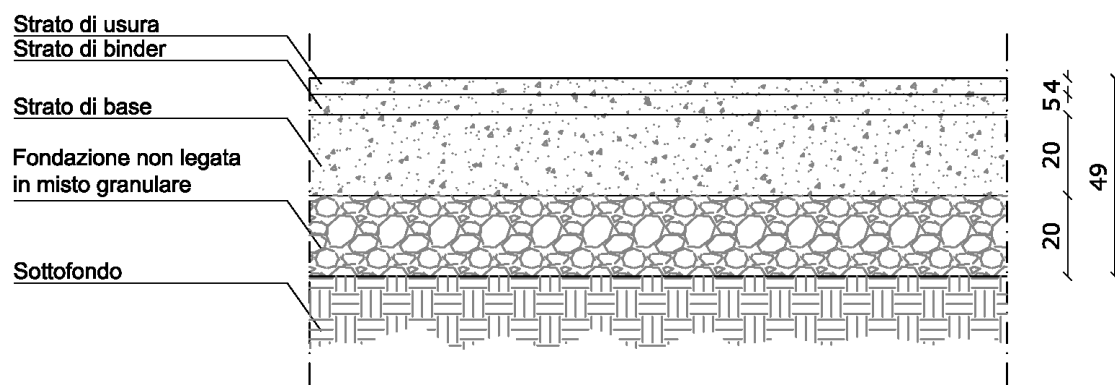


Lo spostamento di Via Buozzi è stato assimilato ad una strada di tipo F2 con corsie da 2,75m, banchine da 0,50m e marciapiede in destra di 1,50m di larghezza.

### 8.3 PAVIMENTAZIONI

Il progetto della nuova pavimentazione ha previsto l'impiego di una sovrastruttura di spessore complessivo pari a 49 cm e così composta:

- Usura in conglomerato bituminoso (CB) di tipo chiuso con bitumi normali di 4 cm;
- Binder in CB con bitumi normali di 5 cm;
- Base in CB con bitumi normali di 20 cm;
- Fondazione non legata in misto granulare di 20 cm.



Per i tratti su impalcato è prevista la stesa dei soli strati di binder e usura con l'interposizione tra la soletta e la pavimentazione di uno strato di impermeabilizzazione di spessore pari a 1 cm.

## **9 OPERE D'ARTE**

### **9.1 VIADOTTO RASTIGNANO**

L'opera in oggetto è costituita da 5 campate con luci di calcolo, misurate in asse tracciato stradale, pari rispettivamente a 39 m, 60 m, 65 m, 60 m e 39 m, per una lunghezza totale di 263 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

L'opera è costituita da un'unica carreggiata di larghezza pari a 15.30 m costituita da due corsie di marcia. Sui cordoli di estremità di larghezza pari a 2.40 m si prevede l'installazione di una barriera bordo ponte tipo H3 e di una barriera antirumore di 5 m di altezza per quasi tutto lo sviluppo dell'opera.

La soluzione tecnica prevista è quella di impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da due travi metalliche continue a sezione "doppio T" di altezza costante pari a 2.80 m ad anime verticali su cui appoggia una soletta collaborante in c.a. di spessore costante pari a 30 cm, avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale. La sezione è completata da una trave centrale avente funzione di rompitratta per la soletta, dai cordoli in c.a. di posizionamento delle barriere bordo ponte e barriere antirumore e da tutti gli elementi di arredo del ponte (veletta laterale in c.a., strutture leggere reggi-impianti, impianti, elementi di scolo e di raccolta delle acque meteoriche, ecc...). Ad interasse pari ad un minimo di 3.0 m (conci in corrispondenza delle pile) ad un massimo di 5.50 m sono previsti dei controventamenti trasversali realizzati con profilati ad L per i correnti superiori, per i diagonali di parete e per i correnti inferiori, mentre per l'irrigidimento delle anime delle due travi principali si prevedono delle normali costole metalliche con interasse pari a  $2.75\text{ m} \div 3.00\text{ m}$  e due elementi longitudinali posti a distanza di 0.90 m dalle ali superiori e inferiori. In corrispondenza di spalle e pile i controventamenti trasversali sono previsti in lamiera piena opportunamente irrigidita. Inferiormente si prevede la realizzazione di una travatura reticolare costituita da diagonali a croce di "S. Andrea" costituiti da profilati a "L" per ogni campo individuato dai controventamenti trasversali di cui sopra. I due sbalzi laterali misurano 3.20 m e la distanza tra le due travi principali è di 8.90 m. La struttura metallica di impalcato verrà assemblata in opera mediante apposita officina di saldatura e varata a spinta per il tratto rettilineo, mentre le due campate in curva saranno varate dal basso tramite idonee gru.

Il sistema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori elastomerici ad elevato indice di smorzamento viscoso equivalente inquadrabili secondo la tipologia di "Isolatori elastomerici" descritta al punto 11.9.7 delle NTC08. In direzione trasversale, in condizione statica, si prevede un vincolamento rigido tra impalcato e sottostrutture grazie all'inserimento di appositi ritegni rigido-fragili dimensionati per resistere, appunto, alle massime azioni trasversali impalcato-sottostruttura che si verificano in condizione statica.

La vita nominale dell'opera è assunta pari a 50 anni.



Le pile sono circolari piene di diametro 3.00 m; le fondazioni sono anch'esse circolari. Tale scelta deriva dalla necessità di approfondire i plinti rispetto alla quota più bassa dell'alveo, per evitare rischi di scalzamento, per cui è necessario fare scavi profondi in alveo. La forma circolare consente di sostenere le pareti di scavo in modo relativamente agevole, mediante la realizzazione di coronelle di micropali accostati, collegati in sommità da un cordolo anulare in c.a.

Per la stratigrafia del sottosuolo sopra accennata e più dettagliatamente descritta nel paragrafo relativo alla geologia e alla geotecnica, è possibile adottare fondazioni dirette sul substrato roccioso, previo opportuno consolidamento del medesimo con cuciture di barre d'acciaio cementate. Per la fondazione della pila 4 sarà necessario un sovrascavo per raggiungere il tetto della roccia, il cui volume verrà riempito con cls. magro.

La spalla lato sud, invece, dovrà essere dotata di fondazioni profonde costituite da pali trivellati, in quanto in quella posizione è presente una copertura di materiali alluvionali.

## **9.2 GALLERIA ARTIFICIALE SULLA LINEA FERROVIARIA BOLOGNA-PRATO**

Per permettere alla S.P. n°65 in variante di oltrepassare la linea ferroviaria storica Bologna - Prato, alla luce dell'elevata obliquità dell'intersezione, si prevede la realizzazione di una galleria artificiale. Il manufatto scatolare si compone di una fondazione nastriforme su pali dalla quale si innalzano pareti in c.a. ordinario; su tali pareti si poggiano preliminarmente le travi prefabbricate in c.a. che realizzano la copertura. Quest'ultime vengono poi solidarizzate ai ritti mediante un getto di completamento in opera.

In particolare, si prevede al di sotto delle due ciabatte delle pareti della galleria la realizzazione di pali di diametro  $\phi 1000\text{mm}$  e lunghezza 11.00m disposti a quinconce con interasse trasversale 1.90m e longitudinale 2.40m, quindi distanti circa 3.00m.

La struttura nel suo insieme viene calcolata come una "struttura scatolare" atta ad assorbire sia la spinta della terra che i carichi verticali gravanti sulla copertura.

La scelta di non realizzare la soletta inferiore nasce dalla necessità di non interrompere in alcun modo ed in nessun momento la linea ferroviaria in esercizio.

Le dimensioni interne, a partire dall'estradosso della fondazione e tra l'interno delle pareti, sono:

- $H_i = 7.00\text{m}$ ;
- $L_i = 15.20\text{m}$ .

La soletta è costituita da travi prefabbricate di altezza  $H_{\text{cap}} = 1.00\text{m}$  poste ad interasse  $i = 1.20\text{m}$  e da un getto di completamento dello spessore  $h_c = 0.20\text{m}$ .

La sezione stradale che sovrappassa la galleria è composta da n°2 corsie di larghezza  $L_{\text{corsia}} = 3.75\text{m}$  ciascuna e due marciapiedi laterali di ampiezza  $L_{\text{marc.}} = 1.5\text{m}$ .

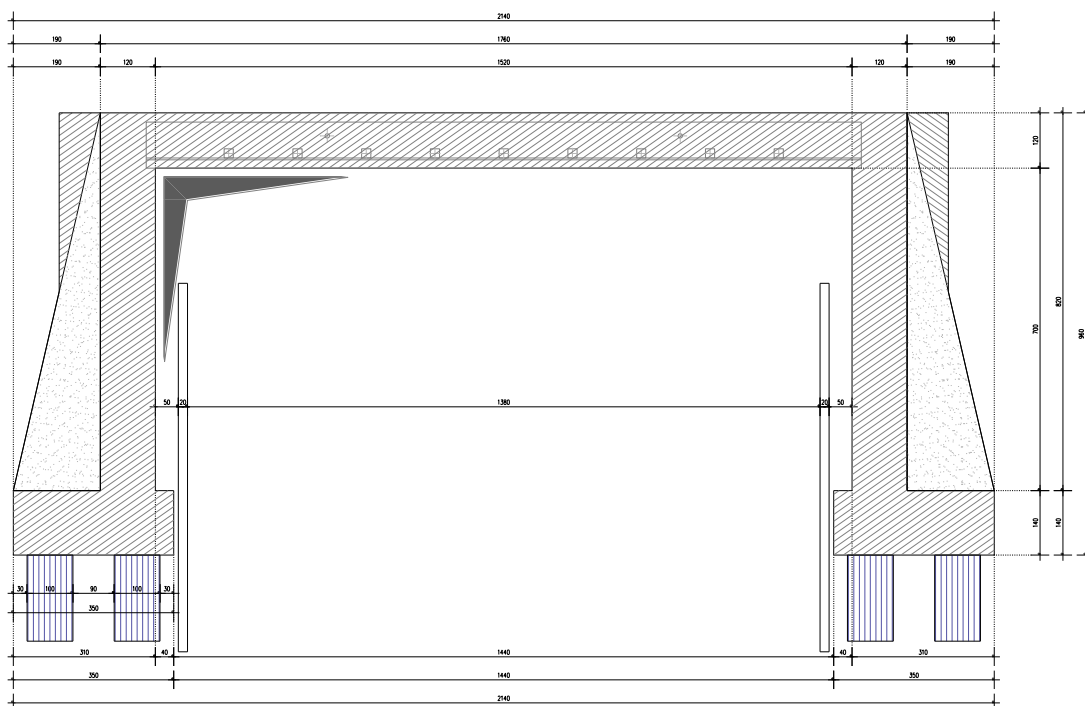
Il ricoprimento, cioè la distanza tra la quota di estradosso della soletta superiore e quella del piano viabile è circa  $H_r = 1.00\text{m}$  (a favore di sicurezza si considera uno spessore complessivo di 1.40m).

Nelle zone a ovest della galleria si prevede inoltre la costruzione di una duna in terra con funzione antirumore e schermate; ciò comporta un incremento di spinta laterale sulle pareti verticali.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata con l'aggiunta delle azioni da traffico stradale per ponti di 1° Categoria.

L'azione sismica viene valutata considerando la vita nominale  $V_N$  dell'opera pari a 50anni, la classe d'uso "IV", il suolo di categoria "B", la categoria di esposizione topografica "T1" e l'accelerazione al suolo caratteristica del sito in esame.

In Figura 9-1 e in Figura 9-2 si riportano rispettivamente la sezione tipologica della galleria oggetto di studio e la pianta delle fondazioni.



*Figura 9-1: Sezione tipologica della galleria ferroviaria.*

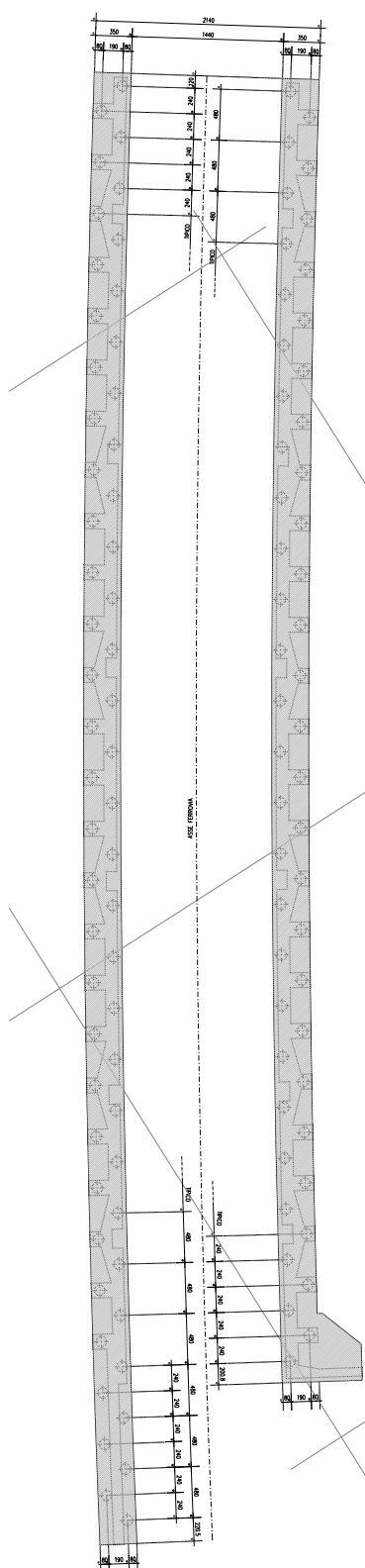


Figura 9-2: Pianta delle fondazioni della galleria ferroviaria.

## **10 MITIGAZIONI AMBIENTALI**

### **10.1 BARRIERE ACUSTICHE**

La valutazione dell'impatto acustico correlato all'esercizio dell'infrastruttura stradale è volta alla verifica dei livelli di emissione sonora prodotti dal traffico veicolare in transito sulla nuova infrastruttura nonché al dimensionamento dei necessari interventi di mitigazione, qualora vengano individuate situazioni di criticità all'interno dell'ambito di studio ivi considerato.

A tale proposito, quindi, dopo avere individuato i ricettori presenti all'interno delle fasce di pertinenza acustica specifiche del tracciato stradale, si è proceduto alla stima puntuale dei livelli sonori ed alla valutazione della propagazione sonora mediante specifico modello di simulazione.

Sulla base di tali impostazioni si è proceduto alla stima dei livelli acustici nello stato di progetto e al conseguente dimensionamento del nuovo sistema di mitigazioni acustiche con l'obiettivo di garantire il rispetto dei limiti acustici vigenti esterni ed interni ex DPR 142/04.

Nelle planimetrie di progetto sono quindi indicate le localizzazioni e le dimensioni delle mitigazioni acustiche previste.

Sulla base delle verifiche acustiche sono utilizzate sostanzialmente tre tipi di barriere, diversificate per tenere conto delle esigenze di inserimento nel paesaggio delle stesse barriere e delle opere su cui sono poste; sono state previste:

- Dune verdi;
- Barriere in corten opache;
- Barriere trasparenti o parzialmente trasparenti con montanti e base in corten.

## Dune verdi

Sono utilizzate nel tratto che corre a monte di Villa Luisa (Bene tutelato ai sensi del D.Lgs 42/2004 e s.m.i.).



Figura: Sezione trasversale tipica del tratto a monte di Villa Luisa

## Barriere in corten opache

Sono utilizzati in tratti di transizione e nei tratti in cui è già presente una massa vegetazionale che offre una sufficiente schermatura (in genere in situazioni di fondovalle).

L'altezza delle barriere opache previste in progetto è di 3 m.

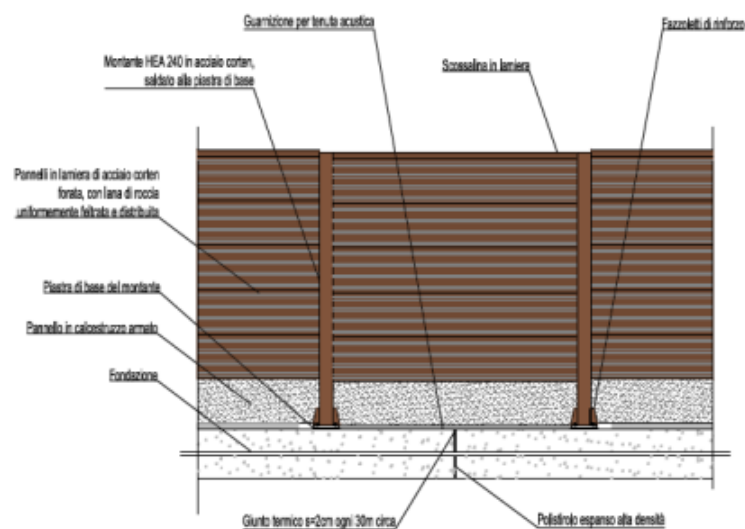


Figura: Prospetto delle barriere opache in corten da 3 metri

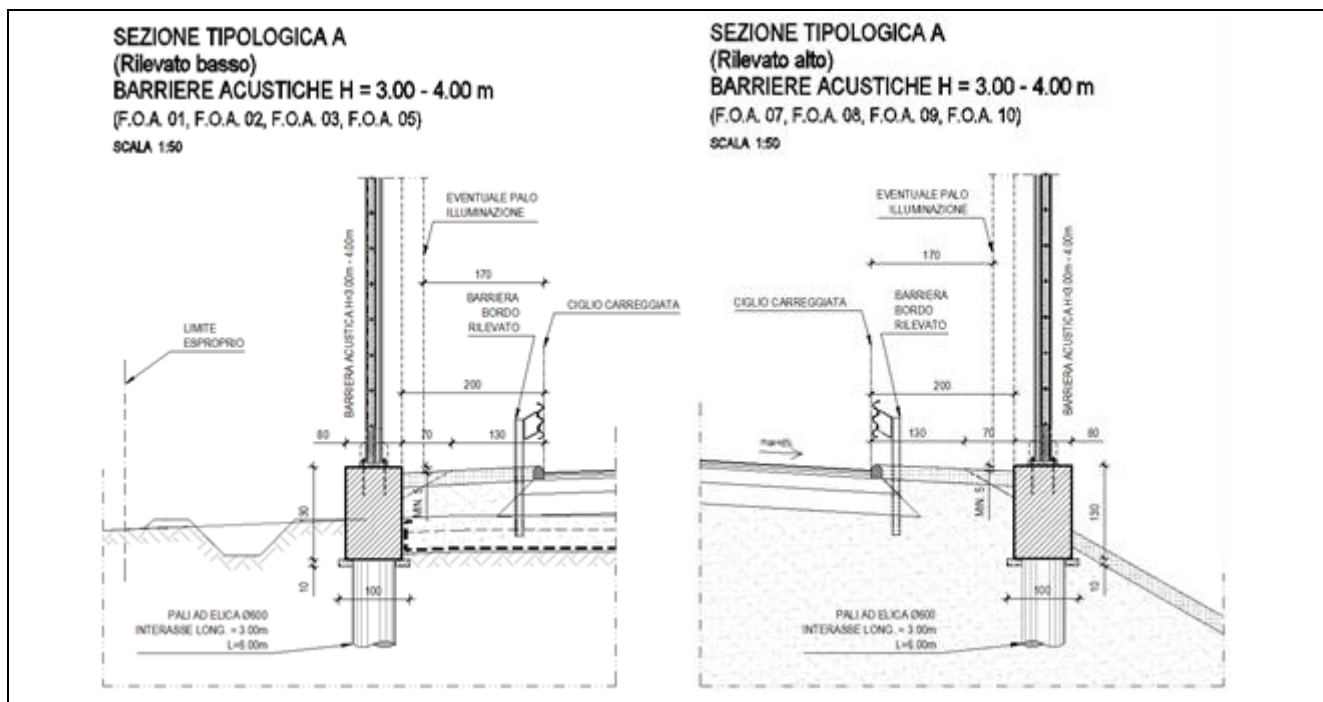


Figura: Sezioni delle barriere opache in corten da 3 metri in diverse condizioni morfologiche

### **Barriere trasparenti e semitrasparenti**

Questo tipo di barriere è utilizzato sul viadotto Savena e nel tratto più a nord tra la galleria artificiale sulla Bologna-Prato e la rotatoria in corso di realizzazione sul lotto I.

Sul viadotto si adottano le barriere trasparenti per attenuare l'impatto paesaggistico della struttura. Le medesime barriere sono utilizzate verso il fronte degli edifici nel tratto terminale della strada, dalla galleria artificiale sulla ferrovia fino alla rotatoria in corso di realizzazione. L'altezza di questo tipo di barriere è di 4,0 o 5,0 m.

Verso est in parte del medesimo tratto sono previste barriere opache.

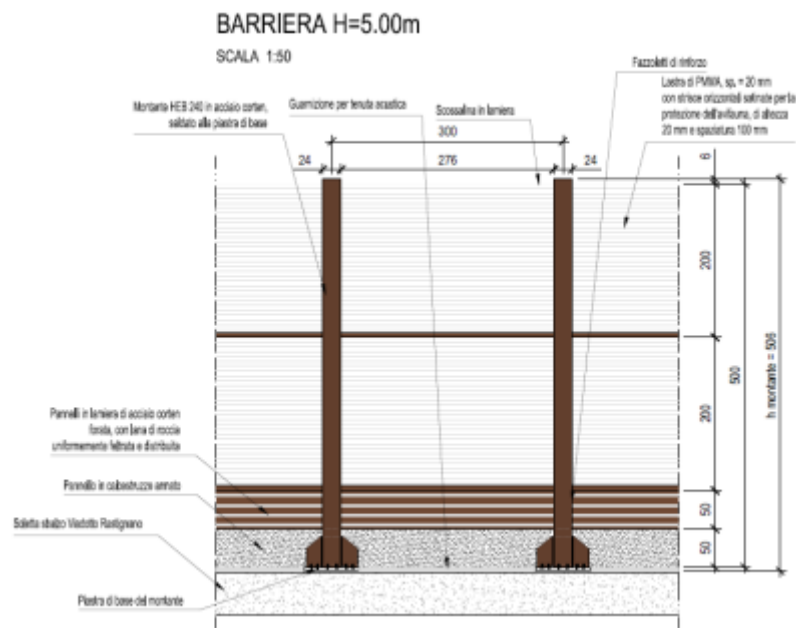


Figura: Prospetto delle barriere trasparenti da 5 metri

Il progetto prevede un impianto arbustivo al piede delle barriere.

La seguente tabella riassume la tipologia e la lunghezza delle barriere acustiche presenti lungo il tracciato.



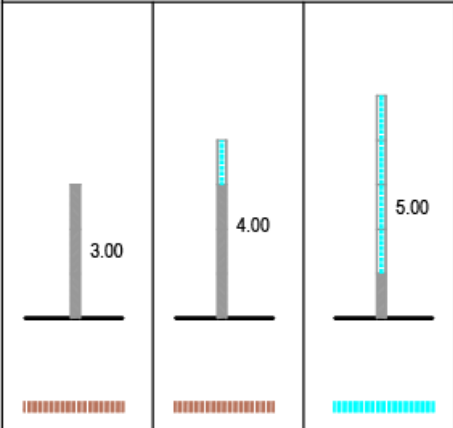
| LUNGHEZZA BARRIERE [m]  |                              |                                       |                                       |                  |                   |                    |
|---|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
|  |                              |                                       |                                       |                  |                   |                    |
|   | H=3.00m<br>ACCIAIO<br>CORTEN | H=4.00m<br>ACCIAIO<br>CORTEN/<br>PMMA | H=5.00m<br>ACCIAIO<br>CORTEN/<br>PMMA | TIPO<br>MONTANTI | PASSO<br>MONTANTI | NUMERO<br>MONTANTI |
| F.O.A. 01   |                              | 36                                    |                                       | HEA 240          | 3.00 m            | 13                 |
| F.O.A. 02   |                              | 29                                    |                                       | HEA 240          | 1.50 m            | 21                 |
| F.O.A. 03   | 52                           |                                       |                                       | HEA 240          | 3.00 m            | 19                 |
| F.O.A. 04   | 10                           |                                       |                                       | HEA 240          | 3.00 m            | 4                  |
| F.O.A. 05   | 17                           |                                       |                                       | HEA 240          | 3.00 m            | 7                  |
| F.O.A. 06   | 6                            |                                       |                                       | HEA 240          | 3.00 m            | 3                  |
| F.O.A. 07   | 254                          |                                       |                                       | HEA 240          | 3.00 m            | 85                 |
| F.O.A. 08   | 12                           |                                       |                                       | HEA 240          | 1.50 m            | 9                  |
| F.O.A. 09   |                              | 122                                   |                                       | HEA 240          | 3.00 m            | 45                 |
| F.O.A. 10   |                              | 9                                     |                                       | HEA 240          | 3.00 m            | 89                 |
| F.O.A. 11   |                              |                                       | 267                                   | HEB 240          | 3.00 m            | 90                 |
| F.O.A. 12   |                              |                                       | 264                                   | HEB 240          | 3.00 m            | 3                  |
| F.O.A. 13   |                              | 5                                     |                                       | HEB 240          | 3.00 m            | 3                  |
| F.O.A. 14   |                              | 5                                     |                                       | HEB 240          | 3.00 m            | 4                  |
| F.O.A. 15   |                              | 10                                    |                                       | HEB 240          | 3.00 m            | 4                  |
| F.O.A. 16   |                              | 10                                    |                                       | HEB 240          | 3.00 m            | 8                  |
| F.O.A. 17   |                              | 60                                    |                                       | HEB 240          | 3.00 m            | 20                 |
| F.O.A. 18   |                              | 21                                    |                                       | HEB 240          | 3.00 m            | 17                 |
| F.O.A. 19   |                              | 121                                   |                                       | HEB 240          | 3.00 m            | 41                 |
| F.O.A. 20   |                              |                                       | 47                                    | HEB 240          | 3.00 m            | 32                 |
| F.O.A. 21   |                              |                                       | 95                                    | HEB 240          | 3.00 m            | 32                 |
| TOTALE BARRIERE FOA   |                              |                                       |                                       |                  |                   |                    |
|   | 351                          | 428                                   | 673                                   |                  |                   |                    |

Tabella: Tipologia e lunghezza delle barriere acustiche di progetto

## 10.2 OPERE A VERDE

### 10.2.1 Premessa

Le opere a verde hanno l'obiettivo di inserire l'infrastruttura stradale e le opere ad essa collegate (ad. es. le barriere acustiche) nell'ambiente attraversato, di fornire un elemento utile contro l'inquinamento atmosferico da essa prodotto, di riqualificare gli ambiti marginali interessati dai lavori, di valorizzare i corridoi ecologici rappresentati dai corsi d'acqua e di recuperare, dal punto di vista ambientale, le aree utilizzate nella fase di cantierizzazione.

Tali opere consistono in interventi vegetazionali, quali inerbimenti ed impianti di specie vegetali autoctone, queste ultime scelte in base alle fitocenosi potenziali e alle caratteristiche microclimatiche del sito, adottati con tipologie diversificate a seconda della funzione che l'intervento puntualmente deve svolgere, anche combinando più tipologie.

Si riporta di seguito la normativa per le opere a verde in progetto.

- Decreto Legislativo 30/04/1992 e s.m.i. *“Nuovo Codice della Strada”*;
- DPR 495/1992 e s.m.i. *“Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada”*;
- Codice Civile, art. 892 *“Distanze per gli alberi”* e art. 893 *“Alberi presso strade, canali e sul confine dei boschi”*;
- DM 449/1988 *“Approvazione nelle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne”*.

### 10.2.2 Tipologie opere a verde

Per realizzare gli obiettivi ed i criteri progettuali si sono definite le seguenti tipologie di opere a verde, differenziate a seconda della funzione svolta da ciascuna di esse:

- Prato polifita (inerbimenti)
- **GArb1** – Arbusti misti in gruppo (n. 5)
- **GArb2** – Arbusti misti in gruppo (n. 7)
- **GCb** – Alberi di *Carpinus betulus* (Carpino bianco) in gruppo
- **FArb** – Filare arbustivo misto
- **FCb** – Filare di *Carpinus betulus* (Carpino bianco)
- **Mc1** – Macchia arboreo-arbustiva
- **Mc2** – Macchia arboreo-arbustiva igrofila

#### Prato polifita

Per essere idoneo agli scopi per cui viene progettato, l'inerbimento deve garantire contemporaneamente la rapida e duratura protezione del suolo privato della vegetazione e l'inserimento paesaggistico del sito. La costituzione di un piano superiore di vegetazione arbustiva e arborea necessita, infatti, di una buona base erbacea per la fisiologia radicale e può essere seriamente messo in difficoltà dalla realizzazione di un cotico erboso di scarsa qualità, o resistenza, dato che difficilmente il soprassuolo arbustivo/arboreo sarà in grado di sostituire le piante erbacee nel ruolo di protezione del terreno sottostante.

Il prato viene realizzato mediante idrosemina di una miscela costituita da acqua, miscuglio di semi di erbe (graminacee e leguminose), fertilizzante ternario, fibre di cellulosa o collante sintetico, in ragione di 400 kg di seme ad ettaro, previa lavorazione del terreno.

La scelta del miscuglio va definita in base alle caratteristiche microclimatiche ambientali ed in modo da favorire il recupero a verde delle aree oggetto di intervento. Queste ultime sono rappresentate sia dalle scarpate del solido stradale, sia dalle superfici di pertinenza dell'intervento in progetto (aree intercluse dalle rampe di svincolo, rotatorie, ecc.), come indicato nella planimetria di progetto e comunque considerando tutte le zone interessate dai lavori e oggetto di ripristino finale.

Il Prato polifita che verrà utilizzato avrà la seguente composizione media, finalizzata ad attecchire anche in situazioni di forte aridità:

- Graminacee (70%)
  - *Cynodon dactylon* (Gramigna) 15%
  - *Brachypodium pinnatum* (Paleo comune) 10%
  - *Bromus matridensis* (Forasacco dei muri) 15%
  - *Festuca arundinacea* (Festuca) 15%
  - *Poa bulbosa* (Fienarola bulbosa) 15%
- Leguminose (30%)
  - *Anthyllis vulneraria* (Vulneraria comune) 10%
  - *Coronilla varia* (Cornetta ginestrina) 10%
  - *Trifolium pratense* (Trifoglio violetto) 10%

È previsto l'utilizzo di almeno 400 kg di semente per ha.

In fase di costruzione sulla base delle condizioni microclimatiche e di verifiche in sito della condizione presente all'inizio e alla fine dei lavori, l'impresa dovrà definire la scelta delle specie costituenti il miscuglio, che andrà sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori. La Direzione Lavori potrà indicare adattamenti parziali del miscuglio a specifiche situazioni edafiche.

#### GArb1 – Arbusti misti in gruppo (n. 5)

Lo schema tipologico in questione è costituito da quattro specie di arbusti impiantati a gruppi di 5 elementi con sesto di impianto di 2 m. Le specie di arbusti previste, e le quantità per schema di impianto, sono le seguenti:

| NOME SCIENTIFICO        | NOME COMUNE | N. |
|-------------------------|-------------|----|
| <i>Spartium junceum</i> | Ginestra    | 2  |
| <i>Cornus mas</i>       | Corniolo    | 1  |
| <i>Prunus spinosa</i>   | Prugnolo    | 1  |
| <i>Cornus sanguinea</i> | Sanguinello | 1  |

Questo schema è previsto per mitigare le rotatorie, combinato agli schemi **GArb2** e **GCb**.

L'utilizzo di più specie consente una maggiore diversificazione e quindi un aumento complessivo della biodiversità vegetazionale.

#### GArb2 – Arbusti misti in gruppo (n. 7)

Lo schema tipologico in questione è costituito da quattro specie di arbusti impiantati a gruppi di 7 elementi con sesto di impianto di 2 m. Le specie di arbusti previste, e le quantità per schema di impianto, sono le seguenti:

| NOME SCIENTIFICO        | NOME COMUNE | N. |
|-------------------------|-------------|----|
| <i>Spartium junceum</i> | Ginestra    | 2  |
| <i>Cornus mas</i>       | Corniolo    | 2  |
| <i>Prunus spinosa</i>   | Prugnolo    | 2  |
| <i>Cornus sanguinea</i> | Sanguinello | 1  |

Questo schema è previsto per mitigare le rotatorie, combinato agli schemi **GArb1** e **GCb**.

L'utilizzo di più specie consente una maggiore diversificazione e quindi un aumento complessivo della biodiversità vegetazionale.

#### GCb – Alberi di Carpino bianco in gruppo

Gli impianti di carpini bianchi (*Carpinus betulus*) a gruppi di 3 sono previsti nelle rotatorie, combinato agli schemi di arbusti a gruppi **GArb1** e **GArb2**. Il sesto di impianto è 10 m x 9 m.

#### FArb - Filare arbustivo misto

Il filare arbustivo misto in questione è costituito dalle seguenti quattro specie di arbusti, impiantate con sesto di 2 m:

| NOME SCIENTIFICO        | NOME COMUNE |
|-------------------------|-------------|
| <i>Spartium junceum</i> | Ginestra    |
| <i>Cornus mas</i>       | Corniolo    |
| <i>Prunus spinosa</i>   | Prugnolo    |
| <i>Cornus sanguinea</i> | Sanguinello |

Il filare arbustivo misto è previsto per mitigare:

- le scarpate del rilevato della rotatoria del Paleotto;

- le spalle del viadotto Rastignano lato Paleotto.

Qualora gli spazi delle scarpate e dei rilevati lo consentano, si prevedono più filari di arbusti.

In corrispondenza della rotatoria del Paleotto, sul lato prospiciente il torrente Savena, il filare arbustivo misto fa da cornice alla macchia arboreo – arbustiva igrofila (**Mc2**) e ai filari di Carpino bianco (**FCb**).

L'obiettivo è quello di migliorare l'inserimento paesaggistico delle nuove opere in un contesto caratterizzato da elementi naturali di discreta valenza (il Parco del Paleotto ed il torrente Savena).

L'utilizzo di più specie consente una maggiore diversificazione e quindi un aumento complessivo della biodiversità vegetazionale.

#### FCb – Filare di Carpino bianco

Filari arborei di Carpino bianco (*Carpinus betulus*) sono previsti ai piedi della rotatoria del Paleotto sul lato prospiciente il torrente Savena, per favorire l'armonizzazione del rilevato della rotatoria con il paesaggio e soprattutto per innescare dinamismi naturali connessi alla presenza del torrente che rappresenta un elemento naturale da preservare e valorizzare. Infatti il filare di Carpino è abbinato ad una macchia arboreo-arbustiva igrofila (Mc2).

Il filare di Carpino bianco è previsto anche per mitigare la scarpata del secondo tratto della duna fino al ponte della ferrovia.

Un altro filare di Carpino bianco è previsto anche su via Torriane, al fine di dare continuità con la vegetazione arborea esistente.

Il sesto di impianto adottato in progetto è di 10 m.

#### Mc1 – Macchia arboreo-arbustiva

Lo schema tipologico in questione è costituito da tre specie di arbusti e tre specie di alberi impiantati a gruppi, secondo un sesto di impianto complessivo di 30 m x 30 m. Le specie di arbusti e di alberi previste, e le quantità per schema di impianto, sono le seguenti:

| NOME SCIENTIFICO        | NOME COMUNE     | N. |
|-------------------------|-----------------|----|
| <i>Spartium junceum</i> | Ginestra        | 4  |
| <i>Cornus mas</i>       | Corniolo        | 5  |
| <i>Cornus sanguinea</i> | Sanguinello     | 4  |
| <i>Carpinus betulus</i> | Carpino bianco  | 2  |
| <i>Quercus robur</i>    | Farnia          | 2  |
| <i>Acer campestre</i>   | Acero campestre | 2  |

Questo schema è previsto per mitigare un'area interclusa ricompresa tra la scarpata, la linea ferroviaria e via Buozzi.

L'utilizzo di più specie consente una maggiore diversificazione e quindi un aumento complessivo della biodiversità vegetazionale.

#### Mc2 – Macchia arboreo-arbustiva igrofila

Lo schema tipologico in questione è costituito da tre specie di arbusti e tre specie di alberi a carattere spiccatamente igrofilo, impiantati a gruppi, secondo un sesto di impianto complessivo di 20 m x 20 m. Le specie di arbusti e di alberi previste, e le quantità per schema di impianto, sono le seguenti:

| NOME SCIENTIFICO         | NOME COMUNE     | N. |
|--------------------------|-----------------|----|
| <i>Salix purpurea</i>    | Salice rosso    | 3  |
| <i>Ligustrum vulgare</i> | Ligustro comune | 5  |
| <i>Cornus sanguinea</i>  | Sanguinello     | 4  |
| <i>Ulmus minor</i>       | Olmo campestre  | 2  |
| <i>Salix alba</i>        | Salice bianco   | 2  |
| <i>Alnus glutinosa</i>   | Ontano comune   | 2  |

Questo schema è previsto nell'area interclusa ai piedi della rotatoria del Paleotto sul lato prospiciente il torrente Savena, per favorire l'armonizzazione del rilevato della rotatoria con il paesaggio e soprattutto per innescare dinamismi naturali connessi alla presenza del torrente che rappresenta un elemento naturale da preservare e valorizzare.

L'utilizzo di più specie consente una maggiore diversificazione e quindi un aumento complessivo della biodiversità vegetazionale.

A livello generale, la composizione vegetazionale delle tipologie suddette si è basata sulla serie dinamica della vegetazione potenziale naturale, scegliendo specie tipiche e autoctone.

Nello specifico, le caratteristiche dimensionali, strutturali e di impianto delle tipologie a verde su elencate sono rappresentate in dettaglio nell'elaborato "Abaco degli interventi vegetazionali" (cfr. elaborato grafico SUA0002), la loro distribuzione è rappresentata nelle "Planimetrie di progetto" (cfr. elaborati grafici SUA0003\_SUA0005) e, infine, le distanze di impianto sono definite nelle "Sezioni tipiche" (cfr. elaborato grafico SUA0006).

Le tipologie di opere a verde sopra elencate potranno essere ulteriormente ottimizzate a fronte di una puntale definizione degli interventi di mitigazione, che potrà emergere dal maggior dettaglio del progetto infrastrutturale e dalle relative interazioni con il territorio attraversato o da particolari situazioni morfologiche.

Per quanto riguarda le aree di cantiere previste in progetto, queste hanno attualmente una destinazione agricola e, di conseguenza, al termine dei lavori si prevede in progetto il loro recupero ambientale mediante ripristino ad uso agricolo.

Cessata la operatività dei cantieri saranno rimosse le pavimentazioni, i sottofondi, le opere fondali delle baracche di cantiere, le recinzioni e le reti tecnologiche realizzate.

Effettuate le operazioni di demolizione e raggiunti gli strati naturali del terreno, è previsto un riporto di suolo vegetale fino al raggiungimento del piano di campagna precedente alla realizzazione delle opere e comunque dello spessore sufficiente al ripristino agricolo delle aree.

Il terreno riportato sarà, quindi, lavorato, per renderlo idoneo alla formazione di un prato.

## **11 CANTIERIZZAZIONE**

### **11.1 AREE DI CANTIERE**

In funzione delle attività e del personale medio presente in cantiere sono state individuate, dopo un'attenta analisi del territorio, le seguenti aree di cantiere:

**CB01** - L'area di superficie pari a 2.000 mq sarà destinata a Campo Base.

**CO01** - L'area di superficie pari a 1.200 mq sarà destinata a Cantiere.

**CO02** - L'area di superficie pari a 4.700 mq sarà destinata a Cantiere.

**CT01** - L'area di superficie pari a 4.350 mq sarà destinata a Campo Travi (campate 3,4 e 5) e Cantiere Operativo.

**ADS01** - L'area di superficie pari a 600 mq sarà destinata a Area di Supporto per l'esecuzione delle pile 1 e 2 e per il montaggio e il varo delle prime due campate del viadotto Rastignano.

**ADS02** - L'area di superficie pari a 150 mq sarà destinata a Area di Supporto per l'esecuzione delle pile 3 e 4.

Le aree ADS01 e ADS02 non potranno essere utilizzate contemporaneamente per permettere l'accesso ai residenti di via Paleotto.

**ADT01** - L'area di superficie pari a 800 mq sarà destinata a Area di deposito temporaneo del materiale proveniente dagli scavi.

**ADT02** - L'area di superficie pari a 850 mq sarà destinata a Area di deposito temporaneo del materiale proveniente dagli scavi.

All'interno delle aree saranno previste tutte le attrezzature necessarie alla realizzazione dei lavori, a meno degli impianti per la realizzazione del conglomerato bituminoso e del calcestruzzo, che dovranno essere reperiti sul territorio.

### **11.2 FASIZZAZIONE DEI LAVORI**

Le tempistiche di realizzazione delle varie opere e le relazioni temporali tra di esse, sono riportate nell'elaborato CAP0001 "Diagramma dei lavori", i tempi totali della realizzazione dell'opera sono di 24 mesi.



## **12 ARCHEOLOGIA**

### **12.1 PREMESSA**

Il documento di verifica preventiva dell'interesse archeologico ha come scopo la definizione dell'impatto archeologico nelle aree interessate dalla realizzazione del Progetto Definitivo "A14 Bologna-Bari-Taranto. Tratto: Bologna Borgo Panigale – Bologna San Lazzaro. Potenziamento del sistema tangenziale di Bologna tra Borgo Panigale e San Lazzaro. Interventi di completamento della rete viaria di adduzione. Completamento del nodo di Rastignano".

Un primo documento di valutazione dell'interesse archeologico era stato già elaborato per l'intero progetto (comprensivo quindi dei due tratti successivamente distinti in primo e secondo stralcio) in fase di progettazione definitiva (Settembre 2008), e aveva previsto tutte le attività comprese dall'art. 25 del D.Lgs. n. 50/2016, vale a dire ricerca bibliografica e d'archivio, analisi delle fotografie aeree, ricognizione diretta sul territorio. In generale lo studio evidenziava per tutto il tracciato, ove questo non interveniva in zone già fortemente modificate dall'urbanizzazione recente, una probabilità di intercettare insediamenti antichi sepolti complessivamente medio-alta.

Valutate le risultanze dello studio, la Soprintendenza Archeologica dell'Emilia Romagna prescriveva (con nota prot. 7098 del 17/06/2009) indagini preventive in corrispondenza dell'intero tracciato.

Dal momento che il progetto definitivo analizzato in questa sede non presenta modifiche sostanziali rispetto al precedente (ma riguarda solamente il Secondo Stralcio, quello più meridionale), si è stabilito, di concerto con gli ispettori della Soprintendenza Archeologica territorialmente competente, di aggiornare lo studio focalizzandosi sui dati elaborati negli ultimi anni, vale a dire i Piani Regolatori Comunali e la documentazione di archivio: tale aggiornamento viene redatto dalla dott.ssa Ilaria Capparucci, in possesso dei requisiti di cui al comma 1, art. 25 del D.Lgs. n. 50/2016.

In base a quanto detto la metodologia applicata per lo svolgimento del lavoro ha previsto le seguenti fasi:

- Raccolta dei dati: ricerca bibliografica; consultazione dei dati archivistici conservati presso la Soprintendenza per i Beni Archeologici; consultazione dei relativi piani urbanistici; verifica dell'esistenza di vincoli archeologici disposti dall'ente di tutela;
- analisi geomorfologica del territorio, quale indicatore della presenza di possibili insediamenti antichi;
- analisi dell'ambiente antropico antico;
- analisi e sintesi dei dati, valutazione del potenziale archeologico.

Tale ricerca, come di consueto, non ha riguardato solo l'area di progetto ma è stata estesa anche alle zone immediatamente limitrofe calcolando un buffer territoriale di almeno 500 m, in modo tale da avere un quadro più esaustivo possibile della conoscenza del territorio.

## 12.2 SINTESI

L'età preistorica è ben segnalata da alcune segnalazioni paleontologiche distribuite esclusivamente sulla destra del Savena. All'Eneolitico corrisponde il rinvenimento di tre distinti siti/complessi tutti in località Croara. Dalla stessa località provengono attestazioni dell'età del Bronzo (n. 26) e dell'età del Ferro; un abitato dell'età del Bronzo è stato messo in luce, sempre sulla sponda destra, in località Siberia.

In merito all'età romana, i ritrovamenti della valle mostrano come le scelte insediative si rivolsero soprattutto ai pianori ed ai terrazzi più o meno ampi e per lo più pianeggianti<sup>2</sup>. Osservando la distribuzione dei siti nella valle, si nota come la riva destra del fiume Savena fino a Pianoro sia caratterizzata da un limitato numero di insediamenti, dislocati quasi tutti a bassa quota lungo la media valle fluviale. La riva sinistra sembra invece più frequentata con insediamenti più ravvicinati: questa maggiore frequentazione è forse da mettere in relazione con la strada che, in epoca romana, doveva congiungere Bologna con Firenze passando appunto lungo la riva sinistra del Savena<sup>3</sup>.

Il tracciato della strada antica che da *Bononia* conduceva a *Florentia* è ricordato da diversi toponimi di origine viaria concentrati nella media valle del fiume, come S. Andrea di Sesto e Ca' Sesto (da *sextum lapidem*, ovvero sesto miliario da *Bononia*), località posta circa 2 km a sud di Rastignano; Ca' Otto (di Sopra e di Sotto, da *octavum lapidem*), presso l'odierno Pian di Macina, frazione di Pianoro; Villa None, di fronte all'attuale Pianoro (da *nonum lapidem*). I terrazzamenti che caratterizzano la riva sinistra del Savena tra S. Andrea di Sesto e Villa None costituiscono il tratto più idoneo per il passaggio di una via, il cui percorso poteva fiancheggiare il fiume mantenendosi a quote medio-basse e sfruttando gli unici tratti piani dell'area. Un ramo della strada antica si inerpica poi sulla dorsale di Monte Sabbiuno e Barbiano per scendere poi verso la porta meridionale di *Bononia* attraverso la gola di S. Mamolo; un altro ramo si dirigeva invece verso l'area sud-orientale di *Bononia*

---

<sup>2</sup> Cfr. PINI 1999.

<sup>3</sup> Sulla strada del Savena si vedano: AGOSTINI-DI CESARE-SANTI 1989; VITALI 1990; ALFIERI 1992; DALL'AGLIO-DI COCCO 2006.

ricalcando l'odierna via Toscana, come testimoniato dal ritrovamento di resti romani nella demolizione del vecchio ponte sul Savena e dall'allineamento su questo asse di almeno due insediamenti rustici di età romana. La località di Rastignano trova un chiaro indicatore della propria antichità già nel toponimo: "Rastignano" appartiene infatti alla vasta categoria di toponimi detti "prediali" con suffisso finale in " -anus", ovvero derivanti dalla presenza nel territorio, in età romana, di un fondo agricolo (*praedium*) riconosciuto su base onomastica del padrone, che ha poi dato il nome all'intero comprensorio. L'origine del toponimo Rastignano va dunque ricercata in una radice onomastica latina, al momento non identificata, che potrebbe essere *Rasinius* (e quindi *Rasinianum- Rastignanum*). Alcune fonti ecclesiastiche ottocentesche ipotizzano la presenza nel luogo di un precedente toponimo *Lastinianum*, da far derivare dall'onomastico *Latinus* o *Latinus*, poi modificato in *Rastignanum*.

La notizia documentaria più antica nota per questa località è contenuta in una donazione rinvenuta nell'Archivio dei Padri di san Giovanni in Monte, nella quale si registra che i Padri e il Priore di San Vittore di Bologna concessero nell'anno 1129 un fondo coltivato a vigna ed arativo posto nel territorio di Rastignano. Nel 1163 sempre i Padri di S. Vittore ebbero in dono da Pietro di san Ruffillo e da sua moglie tutti i beni che possedevano nel comprensorio di san Ruffillo e Rastignano. Inoltre da un documento notarile del 1207 si evince in questo distretto l'esistenza di un castello, di cui non rimane traccia alcuna.

La storia medievale e rinascimentale di Rastignano, come si evince dalle fonti storiche, è essenzialmente legata alle nobili famiglie bolognesi che vi hanno trovato dimora, ed al ruolo itinerario della vallata, che sin dall'età romana venne percorsa da direttrici transappenniniche di comunicazione fra l'area bolognese e quella fiorentina, ruolo che il comprensorio riveste ancor'oggi con la Strada Statale Futa e la ferrovia Bologna-Firenze.

### **12.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO ARCHEOLOGICO**

In merito alla definizione del potenziale archeologico, il progetto può essere distinto in due macro aree.

1. Il primo settore corrisponde ad un'area occupata dal parco del Paleotto, in corrispondenza della riva sinistra della grande ansa del Savena. Si tratta di un comprensorio con urbanizzazione sostanzialmente assente: il terreno scende dal fianco delle soprastanti colline con una serie di pianori terrazzati, in lieve pendenza da ovest verso est.

In questa area verrà realizzato il tratto Fondovalle-Rotatoria Ponte delle Oche-Rotatoria Paleotto ed il tratto Rotatoria Paleotto-Viadotto Rastignano: la maggior parte dell'opera sarà in rilevato (previo scotico di 50 cm circa), tranne le pile per la realizzazione dello scatolare idraulico Rio Torrane e del Viadotto Rastignano che prevedono uno scavo più profondo.

Nonostante la mancanza di evidenze archeologiche note lungo il tracciato, la presenza antica può essere ritenuta probabile, sia in considerazione delle caratteristiche morfologiche complessive dell'area (una serie di pianori in modesta pendenza che digradano dolcemente verso il fiume), sia considerata la vicinanza dei tracciati stradali antichi e del ponte ad essi connesso.

Si segnala in particolare l'interferenza fra l'area di supporto ADS02 con l'ipotetico tracciato stradale di epoca romana (scheda n. 18).

In base a quanto detto il potenziale archeologico si considera *indiziato da dati topografici o da osservazioni remote, ricorrenti nel tempo e interpretabili oggettivamente come degni di nota. Può essere presente o anche assente il rinvenimento materiale* (valore 6, rischio medio). Eventuali indagini archeologiche preventive, se confermate dalla Soprintendenza, potrebbero essere ubicate in corrispondenza degli scavi delle opere maggiori, più profondi ed impattanti.

2. Il secondo settore è costituito da un limitato pianoro terrazzato che insiste sulla statale Futa presso il centro di Rastignano, digradante leggermente da est verso ovest; l'area, l'unica rimasta sgombra da costruzioni moderne in tutto il centro urbano, è incolta e abbandonata.

In questa area verrà realizzato il completamento del tratto Viadotto Rastignano-Rotatoria Rastignano: oltre che dal Viadotto Rastignano, il tratto è caratterizzato dalla realizzazione della Galleria Artificiale sulla ferrovia BO-FI, intervento per il quale sono previsti scavi profondi. La restante parte dell'opera sarà in rilevato (previo scotico di 50 cm circa),

Anche in questo caso, nonostante la mancanza di dati immediatamente limitrofi all'area, la posizione e le caratteristiche geomorfologiche del pianoro permettono di ipotizzare la presenza di eventuali insediamenti antichi.

In base a quanto detto è possibile considerare il potenziale archeologico *indiziato da dati topografici o da osservazioni remote, ricorrenti nel tempo e interpretabili oggettivamente come degni di nota. Può essere presente o anche assente il rinvenimento materiale* (valore 6, rischio medio). Eventuali indagini archeologiche preventive, se confermate dalla Soprintendenza, potrebbero essere ubicate in corrispondenza degli scavi delle opere maggiori, più profondi ed impattanti.

## 12.4 CONCLUSIONI

Lo studio dei dati disponibili permette di confermare quanto già emerso nel precedente documento di verifica dell'interesse archeologico, ossia un rischio archeologico medio lungo tutto il futuro asse stradale, soprattutto nei punti in cui questo attraversa aree non urbanizzate. Infatti, nonostante non si registrino interferenze dirette (ad esclusione dell'ipotetico tracciato stradale n. 18 con l'area di supporto ADS02 ed eventualmente le pile del Viadotto Rastignano), la morfologia dei luoghi e la vicinanza con siti di interesse archeologico, permette di considerare probabile la possibilità di rinvenimenti archeologici. Preme, a tal riguardo, sottolineare come l'assenza di siti segnalata in alcune aree non sia ovviamente imputabile ad una reale assenza di informazioni, specialmente in un territorio dove le ricostruzioni territoriali si affidano a studi basati essenzialmente su ricognizioni.

Dal momento che la maggior parte del nuovo tracciato sarà in rilevato, nel caso in cui la Soprintendenza Archeologica confermi quanto già espresso (necessità di indagini archeologiche preventive), queste potrebbero essere collocate nei punti dove l'opera sarà più impattante, vale a dire Viadotto Rastignano, Scatolare Idraulico, Galleria Artificiale.

## **13 ESPROPRI**

### **13.1 STIMA DELLE INDENNITA'**

Le principali Leggi in materia espropriativa di cui è stato fatto riferimento:

- DPR 327 del 8 giugno 2001 e s.m.i. - Testo Unico delle Espropriazioni;
- Sentenza della Corte Costituzionale n. 348 del 24 ottobre 2007 (abrogazione art. 37 DPR 327/2001);
- Sentenza della Corte Costituzionale n. 181 del 10 Giugno 2011 (Dichiarazione di Incostituzionalità dei Valori Agricoli Medi - G.U. l<sup>a</sup> s.s. n. 26 del 15.06.2011);
- Sentenza della Corte Costituzionale n. 388 del 22.12.2012 (Dichiarazione di Incostituzionalità del art 37 comma 7 del DPR 327/2001 e s.m.i.).

Il presente progetto definitivo evidenzia anche, con una apposita sezione, le aree da doversi impegnare per la realizzazione delle opere in esame.

Tale sezione è composta di una parte grafica (piano particellare), di una descrittiva (elenco ditte da espropriare) e della stima dei costi delle espropriazioni.

La parte grafica riporta la proiezione del perimetro dell'esproprio sulla mappa catastale, sovrapponendo la stessa mappa al rilievo reale e alla planimetria di progetto con ancoraggio a punti significativi (punti trigonometrici georeferenziati, capisaldi in genere).

La parte descrittiva contiene l'elenco delle ditte catastalmente intestatarie dei fondi da doversi espropriare. Per ciascuna ditta sono stati riportati i mappali da acquisire in via ablativa od occupare in tutto o in parte, con l'indicazione delle relative superfici, intere, di quelle di esproprio e degli altri elementi di identificazione catastale (qualità, classe, reddito dominicale, reddito agrario).

A ciascuna ditta catastale interessata è stata attribuita una numerazione tenendo conto dell'eventuale accorpamento di più particelle in capo alla singola proprietà.

Dopo la formazione del piano particellare sono state conteggiate le somme necessarie agli espropri con le seguenti modalità: determinate le superfici necessarie alla realizzazione dell'opera, sono stati eseguiti dei sopralluoghi sui siti interessati, atti ad identificare l'attuale destinazione dei beni immobili, nonché le relative colture prevalenti in atto, provvedendo a distinguere, con successive indagini relative alle destinazioni urbanistiche, l'effettivo valore riferito alla specifica attribuzione di aree non edificabili, aree edificate ed a potenzialità edificatoria legale.

Prevalentemente le aree interessate dalle opere sono non edificabili (agricole) e marginalmente in ambiti residenziali.

Come sopra citato dalle sopra citate indagini si è provveduto ad eseguire i conteggi economici delle indennità di esproprio secondo i criteri indicati dal D.P.R. 327 del 8 giugno 2001 e s.m.i. – Testo

Unico in materia di espropriazione che comprendono oltre alle indennità per il trasferimento immobiliare anche delle seguenti indennità aggiuntive:

- occupazione temporanea preordinata e non preordinata all'espropriazione, applicando il criterio della presumibile incidenza del danno determinato dal mancato godimento del bene per la durata della sua detenzione;
- frazionamento della proprietà e limitazione del suo diritto;
- asservimenti;
- costi tecnici per la procedura espropriativa ed imposte.

Particolare attenzione è stata tenuta per la determinazione dei costi degli espropri per la demolizione del fabbricato nel Comune di Bologna.

Per detto fabbricato l'indennità è stata determinata con il giusto prezzo in libera contrattazione di compravendita ai sensi dell'art. 38 del T.U.

La metodologia utilizzata per la stima è con il sistema sintetico-comparativo, nella misura del vuoto per pieno, secondo il più probabile valore di mercato degli immobili in esame prendendo a riferimento le principali pubblicazioni sui valori immobiliari (OMI).

Per maggiori dettagli si rimanda alla specifica relazione sulle espropriazioni e stima delle indennità (cfr. elaborato ESC001).

## **14 INTERFERENZE**

Nella previsione del piano finanziario sono stati esaminati anche i costi necessari per adeguare i servizi tecnologici che interferiscono con la realizzazione dell'opera in progetto e che dovranno essere adeguati.

Una volta individuate le reti esistenti, si è provveduto a verificarne le caratteristiche principali delle linee presso i gestori. Dal censimento successivamente sono stati redatti gli opportuni elaborati progettuali, planimetrie di censimento interferenze, schede di risoluzione e relazione giustificativa dei costi di risoluzione, con indicati i referenti dai quali sono state reperite le notizie generali ed avute le indicazioni per effettuare gli adeguamenti necessari e le modalità di risoluzione temporanea.

I costi occorrenti per l'adeguamento degli impianti tecnologici sono stati determinati secondo le indicazioni fornite dagli Enti gestori degli stessi impianti o secondo l'esperienza del progettista.

Gli oneri per la risoluzione delle interferenze tengono conto di tutto quanto necessario: rotture di sedi stradali, trasporto alla discarica dei materiali di risulta, riprese, pozzetti di derivazione, controtubi, sfiati ecc., deviazioni e collegamenti temporanei per la continuità del servizio.



## **15 GESTIONE DEI MATERIALI E DELLE TERRE DA SCAVO E DEI RIFIUTI**

### **15.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO RELATIVO ALLE TERRE E ROCCE DA SCAVO**

La gestione delle terre e rocce da scavo prodotte nell'ambito di attività di scavo è disciplinata dal DLgs 152/2006 e s.m.i. e dal DPR 120/2017 prevedendo la gestione ed il riutilizzo come sottoprodotti.

La gestione delle terre e rocce da scavo prodotte nell'ambito dei lavori di realizzazione del progetto è svolta ai sensi dell'art.184-bis (Sottoprodotto) del DLgs 152/2006 e del DPR 120/2017.

L'art. 184-bis del DLgs 152/2006 definisce la fattispecie di "sottoprodotto", distinguendola da quella di "rifiuto", specificando che le condizioni che devono essere soddisfatte perché ciò si realizzi:

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;*
- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;*
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.*

Il "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo" (DPR 120/2017), definisce ulteriormente e operativamente la disciplina della gestione delle terre e rocce da scavo.

Nel presente progetto si prevede pertanto il riutilizzo delle terre scavate quali sottoprodotti ai sensi delle norme sopra citate, la cui gestione è stata pertanto sviluppata in riferimento ai criteri dettati dal DPR 120/2017 con particolare riferimento all'art. 22 (Cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA e AIA). Infatti il presente progetto:

- prevede uno scavo totale di circa 80.000 mc, superiore alla soglia che definisce i Cantieri di piccole dimensioni (6.000 mc);
- allo stato attuale non è previsto che sia sottoposto a Valutazione di Impatto Ambientale in attesa dell'esito della procedura di Verifica di assoggettabilità in sede regionale ai sensi

dell'art. 20 del DLgs 152/06 in quanto il progetto in esame apporta limitate modifiche al progetto già sottoposto positivamente a procedura di VIA (D.G.R. 2013 del 24/11/2008).

L'art. 22 del DPR 120/2017 prevede che rispetto dei requisiti richiesti per la classificazione come sottoprodotto sia attestata dal produttore tramite una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà da trasmettersi almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo.

Ai fini di una corretta elaborazioni tecnico-economica del progetto e di un'adeguata valutazione dell'iniziativa sotto il profilo dell'impatto ambientale nel seguito si anticipano i contenuti della dichiarazione che dovrà essere svolta dall'impresa esecutrice dei lavori in qualità di produttore. Nei paragrafi seguenti sono quindi riportati:

- le quantità di terre e rocce da scavo previste in progetto con la specificazione delle quantità destinate all'utilizzo come sottoprodotti;
- gli esiti della caratterizzazione ambientale dei terreni di scavo e dei siti di destinazione;
- la descrizione operativa del sito di deposito intermedio.

## **15.2 BILANCIO DELLE TERRE**

Come precedentemente indicato l'impostazione generale si basa sull'ipotesi di riutilizzo dei materiali di scavo derivanti dai lavori di costruzione del progetto, previo deposito temporaneo.

Per la realizzazione dell'intervento in progetto è stata effettuata la stima dei materiali provenienti dalle attività di scavo e la stima dei fabbisogni di materiali per la realizzazione dei rilevati.

Le lavorazioni connesse alla realizzazione dell'infrastruttura in oggetto, prevedono l'esecuzione di scavi all'aperto dal sedime della nuova viabilità e presso le aree di cantiere.

I dati di sintesi riportati nel seguito sono riferiti al computo estimativo di progetto, al quale si rimanda per maggiori dettagli.

- produzione terre            86.843 mc;
- fabbisogno terre            173.085 mc;

Il quadro risultante è il seguente:

*Tabella: riepilogo bilancio terre, corpo autostradale e cantieri.*

| <b>RIEPILOGO MOVIMENTI TERRE (m<sup>3</sup>)</b> |                                 |                                    |                 |                |
|--|---------------------------------|------------------------------------|-----------------|----------------|
|  | <b>CORPO STRADALE<br/>TERRE</b> | <b>CORPO STRADALE<br/>VEGETALE</b> | <b>CANTIERI</b> | <b>TOTALE</b>  |
| <b>PRODUZIONI TOTALI</b>                         | <b>79.518</b>                   | <b>0</b>                           | <b>7.325</b>    | <b>86.843</b>  |
| <b>FABBISOGNI TOTALI</b>                         | <b>160.211</b>                  | <b>5.549</b>                       | <b>7.325</b>    | <b>173.085</b> |
| <b>RIUTILIZZI TOTALI</b>                         | <b>17.820</b>                   | <b>0</b>                           | <b>4.395</b>    | <b>22.215</b>  |
| <b>FONTI ESTERNE TOTALI</b>                      | <b>142.391</b>                  | <b>5.549</b>                       | <b>2.930</b>    | <b>150.870</b> |
| <b>DESTINAZIONI TERRE TOTALI</b>                 | <b>61.697</b>                   | <b>0</b>                           | <b>2.930</b>    | <b>64.627</b>  |

Dall'esame della tabella sopra riportata, si evince che il fabbisogno complessivo di terre necessarie per la realizzazione dell'intervento è stimato in 173.085 mc circa, incluse quelle per la realizzazione e il ripristino dell'area di cantiere.

Quota parte del fabbisogno per i nuovi rilevati verrà soddisfatta con il riutilizzo di terre scavate dal sedime del nuovo tracciato e dell'area di cantiere. Si evidenzia che parte delle terre di scavo dal sedime del nuovo tracciato non è riutilizzabile in quanto, pur possedendo i requisiti di compatibilità ambientale, non ha caratteristiche tecniche idonee alla formazione del rilevato, tenendo conto che le litologie sono costituite soprattutto da limi e argille. Quindi per un volume di circa 61.697 mc non è previsto il riutilizzo e viene quindi considerato rifiuto e gestito come tale.

Al fine di garantire caratteristiche qualitative specifiche richieste per l'intervento una quota parte del succitato fabbisogno totale dovrà essere necessariamente approvvigionata da cava o deposito di inerti idonei (circa 142.390,80 mc).

Considerando quindi i materiali non recuperabili e le forniture da cava inevitabili è possibile un riutilizzo come sottoprodotto di 17.820 mc derivanti dagli scavi.

Si precisa inoltre che nel bilancio terre non sono stati considerati i materiali provenienti dalle demolizioni in c.a. delle opere e delle strutture attualmente presenti sul luogo di intervento che dovranno essere considerati rifiuto e gestiti come tali.

Si precisa, infine, che i dati riportati nelle precedenti tabelle si riferiscono ai volumi in banco, al netto del rigonfiamento che, considerate le caratteristiche dei materiali da scavare, potrà essere compreso tra il 10 e il 20%.

### 15.3 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DELLE TERRE DA SCAVO

La caratterizzazione delle caratteristiche chimiche dei terreni interessati è stata definita in base all'estensione delle aree o tratti di progetto con lo scopo di ottenere, prima della fase di scavo, un esaustivo grado di conoscenza dei requisiti ambientali. Tale attività ha avuto anche la finalità di determinare eventuali situazioni di contaminazione o di individuare valori di concentrazione elementare riconducibili al fondo naturale.

Nella predisposizione del piano di indagini, sono state considerate le pressioni antropiche presenti le conoscenze desunte dagli studi geognostici e la tipologia di interventi previsti in progetto.

Nell'ubicazione delle indagini si sono tenuti in conto i seguenti aspetti:

- omogeneità litologica, riferita specialmente alla presenza continua di depositi alluvionali, costituiti principalmente da argille e limi;
- tipologia delle aree interferite;
- particolarità e tipologia delle opere previste nei diversi ambiti, caratterizzate da una certa continuità riferita soprattutto alla disposizione dei diversi rilevati stradali.

Come da Allegato 2 del DPR 120/2017, l'individuazione della densità dei punti di indagine nonché la loro ubicazione è stata basata su considerazioni di tipo ragionato lungo i diversi ambiti, in considerazione degli interventi e delle opere da realizzare.

I punti d'indagine hanno seguito pertanto un modello statistico e sono stati localizzati in posizione opportuna. Nel seguente schema vengono definiti i punti di indagine per ciascuna tipologia progettuale.

I punti di campionamento sono illustrati nella tavola GEO0004.

*Tabella: Disposizioni per il campionamento da All. 2 del DPR 120/17*

|   |                       | ESTENSIONI                           | PRELIEVI                                  | NOTE  |
|---|-----------------------|--------------------------------------|---|---|
| 1 | AREE DI CANTIERE      | Area < 2.500 m <sup>2</sup>          | minimo n.3                                | oltre la superficie, l'eventuale volume movimentato (con riferimento ai 3000 mc proposti per la formazione di un cumulo) per eventuali operazioni di rimodellamento e/o predisposizione di bonifica e sistemazione del piano di posa (ad es. almeno 0,6 m da p.c.). |
|   |                       | 2.500 < Area < 10.000 m <sup>2</sup> | 3 + 1 ogni 2.500 m <sup>2</sup>           |   |
|   |                       | > 10.000 m <sup>2</sup>              | 7 + 1 ogni 5.000 m <sup>2</sup> eccedenti |   |
| 2 | TRACCIATO LINEARE     | 500 m lineari                        | n.1 campione                              | prelevare un campione per ogni litologia incontrata   |
| 3 | SCAVI < 2m PROFONDITÀ | si vedano punti 1 e 2                | almeno n. 1 campione da 0 a 1m dal p.c.   | prelevare un campione per ogni orizzonte pedologico ritenuto significativo anche nel caso in cui vi siano evidenze organolettiche di potenziale contaminazione  |

|   |                          |                       |   |   |
|---|--------------------------|-----------------------|---|---|
|   |                          |                       | almeno n. 1<br>campione fondo<br>scavo        | prelevare un campione per ogni orizzonte stratigrafico<br>ritenuto significativo anche nel caso in cui vi siano evidenze<br>organolettiche di potenziale contaminazione |
| 4 | SCAVI > 2m<br>PROFONDITÀ | si vedano punti 1 e 2 | almeno n. 1<br>campione da 0 a 1m<br>dal p.c. | prelevare un campione per ogni orizzonte pedologico ritenuto<br>significativo anche nel caso in cui vi siano evidenze<br>organolettiche di potenziale contaminazione    |
|   |                          |                       | almeno n. 1<br>campione fondo<br>scavo        | prelevare un campione per ogni orizzonte stratigrafico<br>ritenuto significativo anche nel caso in cui vi siano evidenze<br>organolettiche di potenziale contaminazione |
|   |                          |                       | almeno n. 1 nella<br>zona intermedia          |   |

### 15.3.1 Piano di indagine di caratterizzazione

I punti di indagine lungo il tracciato di interesse effettivamente soggetti a campionamento ed analisi sono stati in totale 6 (si vedano le tabelle seguenti) a fronte dei 7 previsti nel piano di indagini di caratterizzazione secondo l'allegato 2 del DPR 120/17.

L'unico punto di indagine mancante, ubicato presso una pila dell'opera di attraversamento del Torrente Savena, unito ai punti di indagine relativi alle aree di cantiere, il cui materiale di scavo, costituito dal solo scotico, comunque riutilizzato all'interno delle medesime aree, sarà oggetto di una campagna di indagine ambientale in una successiva fase esecutiva.

Le indicazioni, e le motivazioni della posticipazione sono riportate a conclusione di questo paragrafo. Tuttavia, in relazione a quanto emerso dalle indagini geognostiche e dai rilievi di campo per la caratterizzazione ambientale, si sottolinea comunque l'omogeneità litologica del materiale interessato dalle lavorazioni, lungo l'intero tratto in progetto, riferito quasi esclusivamente a depositi alluvionali terrazzati costituiti da limi e argille. Il campionamento ha riguardato il prelievo di 10 aliquote di terra da scavo, sottoposte poi ad analisi di laboratorio. I campioni, da sottoporre ad analisi, sono suddivisi principalmente in superficiali, relativi al top soil, ed in campioni "profondi" prelevati entro il primo metro di piano campagna. Durante la fase di campionamento, si è tenuto conto delle effettive condizioni del sito, degli orizzonti stratigrafici interessati, delle profondità massime di scavo da p.c. lungo rilevato in ciascun punto e della possibilità di accesso in contesti privati. Lo strato superficiale, top soil, per la presenza della componente organica relativa all'apparato vegetale e radicale, è stato campionato indicativamente nei primi 0,3 m dal p.c., su ogni punto di indagine considerato.

Tabella: Punti di indagine oggetto di caratterizzazione ambientale

| Ambito                                  | Punti di indagine | Codice | X coord<br>(Gauss- Boaga)<br>m | Y coord<br>(Gauss-<br>Boaga)<br>m | N° di<br>prelievi | Profondità<br>prelievo<br>(m da p.c.) | Opera   | Litologia<br>dominante                    |
|---|-------------------|--------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------------|---|---|
| Completamento del<br>Nodo di Rastignano | 1                 | TP1    | 1687227,1                      | 4923097,0                         | 2                 | 0,0-0,3;<br>0,3-1,0                   | Corpo stradale<br>in rilevato<br>CS01e RT01             | depositi<br>alluvionali limi<br>e argille |
|   | 2                 | PZR-1  | 1687186,0                      | 4923423,5                         | 2                 | 0,0-0,3;<br>0,3-1,0                   | Corpo stradale<br>in rilevato<br>CS01e SC01             | depositi<br>alluvionali limi<br>e argille |
|   | 3                 | PZR-2  | 1687144,9                      | 4923750,0                         | 2                 | 0,0-0,3;<br>0,3-1,0                   | Corpo stradale<br>in rilevato<br>CS02e RT02             | depositi<br>alluvionali limi<br>e argille |
|   | 4                 | PZR-3  | 1687387,5                      | 4923865,7                         | 2                 | 0,0-0,3;<br>0,3-1,0                   | Corpo stradale<br>CS03 e CS06,<br>SC02 e spalla<br>VI01 | depositi<br>alluvionali limi<br>e argille |
|   | 5                 | TP4    | 1687430,9                      | 4923936,4                         | 2                 | 0,0-0,3;<br>0,3-1,0                   | Corpo stradale<br>CS03 e MS03,<br>spalla VI02           | depositi<br>alluvionali limi<br>e argille |
|   | 6                 | PZR-4  | 1687841,0                      | 4924278,4                         | 2                 | 0,0-0,3;<br>0,3-1,0                   | Corpo stradale<br>CS04 e MS04,<br>spalla VI02 e<br>TB01 | depositi<br>alluvionali limi<br>e argille |

|               |                   |
|---------------|-------------------|
|               | Punti di indagine |
| <b>Totale</b> | 6                 |

|             |
|-------------|
| N° campioni |
| 12          |

### 15.3.2 Metodica di campionamento

La quantità di prelievi su ciascun punto di indagine individuato ha seguito le indicazioni della normativa, ponendo attenzione alle effettive condizioni del sito, agli orizzonti stratigrafici interessati, alle profondità massime di scavo da p.c. previste da progetto in ciascun punto e della possibilità di accesso o di interferenza dei punti stessi. Lo scavo di un pozzetto esplorativo ha consentito la verifica:

- degli orizzonti stratigrafici;
- dello spessore della parte superficiale, con presenza dell'apparato radicale e vegetale.

La caratterizzazione ambientale è stata eseguita mediante profilo con carotieri a mano o scavetti a mano.

I campioni volti all'individuazione dei requisiti ambientali dei materiali da scavo sono stati prelevati come campioni formati da diversi incrementi prelevati lungo ciascun orizzonte stratigrafico

individuato in ogni punto di indagine. Ciò avviene per ottenere una rappresentatività “media” di ciascun strato in relazione agli orizzonti individuati e/o alle variazioni laterali.

Secondo le metodiche standard il campionamento è stato effettuato sul materiale tal quale, con le dovute operazioni di quartatura, in modo tale da ottenere un campione rappresentativo.

La formazione del campione è avvenuta su un telo di plastica (polietilene), in condizioni umide con aggiunta di acqua pura ed in condizioni comunque adeguate a evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale. La suddivisione del campione è stata effettuata in più parti omogenee, adottando i metodi della quartatura riportati nella normativa.

La preparazione dei campioni delle matrici terrigene, ai fini della loro caratterizzazione chimico-fisica, è stata effettuata secondo i principi generali presenti in normativa e secondo le ulteriori indicazioni di cui al seguito.

Ogni campione prelevato è stato opportunamente vagliato al fine di ottenere una frazione passante al vaglio 2 cm. Le determinazioni analitiche di laboratorio sono state condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm e successivamente mediata sulla massa del campione passante al vaglio 2 cm.

Le modalità di conservazione e trasporto del materiale prelevato sono dettate dalla normativa di riferimento (UNI 10802). Il campione di laboratorio è stato raccolto in un idoneo contenitore bocca larga con tappo a chiusura ermetica con sottotappo teflonato, sigillato ed etichettato con la data di prelievo, con il riferimento al sito di prelievo e, quindi, all'area di lavoro di provenienza.

### **15.3.3 Analisi chimiche di laboratorio**

Le analisi chimiche dei campioni di terreno sono state eseguite presso un laboratorio riconosciuto ed accreditato secondo il sistema di certificazione ACCREDIA.

Le analisi chimico-fisiche sono state condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite e comunque sono utilizzate le migliori metodologie analitiche ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale che presentino un limite di quantificazione il più prossimo ai valori di cui sopra.

Si è eseguito il seguente set analitico di base:

- Composti inorganici: Arsenico (As); Cadmio (Cd); Cobalto (Co); Cromo (Cr) totale; Cromo (Cr) VI; Mercurio (Hg); Nichel (Ni); Piombo (Pb); Rame (Cu); Vanadio (V); Zinco (Zn);
- Idrocarburi pesanti (C>12);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici indicati in tabella 1, allegato 5 alla parte Quarta del D.Lgs. n. 152/06;
- Composti aromatici: Benzene; Etilbenzene; Stirene; Toluene; Sommatoria organici aromatici;
- Amianto.

I risultati delle analisi sui campioni sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B della tabella 1, allegato 5 al titolo V parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica dei siti di scavo.

#### **15.3.4 Sintesi dei risultati delle caratterizzazioni**

I risultati analitici, riportati in allegato, permettono di definire che:

- a) Il 100% dei 12 campioni analizzati in laboratorio, ai sensi del DPR 120/17, risulta conforme ai limiti di cui alle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) della colonna B, della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06, indicata come riferimento per la destinazione d'uso dei siti di intervento;
- b) Il 58% dei campioni risulta avere tenori al di sotto dei limiti di CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) riferiti alla destinazione di uso residenziale o agricola, indicati in colonna A della tabella 1, allegato 5 al titolo V parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.;
- c) I superamenti rilevati nei terreni con valori al di sopra delle soglie di colonna A si riferiscono a 5 campioni (su 12) in concentrazioni di idrocarburi pesanti (con un valori da circa 60 mg/kg a 116 mg/kg); nel dettaglio i superamenti riferiti alle soglie per i siti a destinazione verde residenziale possono essere riconducibili alla prossimità di una struttura viaria con intenso traffico veicolare.
- d) in nessun caso si segnala una concentrazione anomala in composti "indicatori" di potenziali criticità ambientali, quali composti organici aromatici o policiclici aromatici; il 100% dei campioni analizzati in laboratorio e prelevati nelle aree di scavo risulta conforme, per tali parametri, ai limiti di CSC di colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06;
- e) per quanto riguarda la presenza di fibre amiantifere, in coerenza con la natura geologica dei terreni, il 100% dei campioni analizzati in laboratorio e prelevati nelle aree di scavo risulta conforme ai limiti della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06;



*Tabella: Riepilogo sintetico degli esiti analitici di laboratorio e del numero di superamenti rilevati nell'indagine ambientale eseguita*

| Numero | Sigla campione | Profondità (m da p.c.) | Soglia | evidenza chimica |
|--------|----------------|------------------------|--------|------------------|
| 1      | TP1            | 0,0-0,3                | B      | C>12             |
| 2      |                | 0,3-1,0                | A      |                  |
| 3      | PZR-1          | 0,0-0,3                | B      | C>12             |
| 4      |                | 0,3-1,0                | B      | C>12             |
| 5      | PZR-2          | 0,0-0,3                | B      | C>12             |
| 6      |                | 0,3-1,0                | A      |                  |
| 7      | PZR-3          | 0,0-0,3                | A      |                  |
| 8      |                | 0,3-1,0                | B      | C>12             |
| 9      | TP4            | 0,0-0,3                | A      |                  |
| 10     |                | 0,3-1,0                | A      |                  |
| 11     | PZR-4          | 0,0-0,3                | A      |                  |
| 12     |                | 0,3-1,0                | A      |                  |

| CSC |   | Campioni |
|-----|---|----------|
| A   | B | Totale   |
| 7   | 5 | 12       |

| % su intero intervento |      |       |
|------------------------|------|-------|
| 58,3                   | 41,7 | 100,0 |

### 15.3.5 Conclusioni

Complessivamente tali risultati consentono, quindi, di affermare che:

- 1) data l'assenza di superamenti dei limiti di Concentrazione Soglia di Contaminazione di cui alla colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/06, tutti i materiali e i terreni da scavo di interesse progettuale sono riutilizzabili;
- 2) tutti i materiali scavati possono essere reimpiegati per la realizzazione di rinterri, rilevati e terrapieni di rimodellamento nell'ambito delle opere in progetto, essendo queste assimilabile ai siti a destinazione d'uso industriale/commerciale cui fa riferimento la colonna B sopra citata;
- 3) la maggior parte dei materiali (sulla base del 58% delle analisi con concentrazioni al di sotto dei valori soglia della colonna A) può essere riutilizzato in siti a destinazione verde o residenziale o anche come reimpiego in porzioni sature;
- 4) per tutti i materiali sono soddisfatti i requisiti di compatibilità ambientale, avendo verificato la qualità ambientale sia dei siti di scavo che delle destinazioni di riutilizzo.

Per la sintesi dei risultati delle determinazioni analitiche e per i certificati delle analisi di laboratorio per la caratterizzazione preventiva delle opere si rimanda all'elaborato specifico allegato.

#### **15.4 COMPATIBILITÀ AMBIENTALI DEI MATERIALI DA SCAVO NEI SITI DI UTILIZZO**

I siti di utilizzo negli ambiti individuati sono sostanzialmente coincidenti con i siti di produzione previsti nei medesimi (si veda l'elaborato grafico in allegato). Pertanto, al netto di ulteriori indagini di caratterizzazione rimandate ad una fase esecutiva o realizzativa, la caratterizzazione dei siti di utilizzo è pertanto costituita dalle stesse informazioni finalizzate alla caratterizzazione dei siti di scavo.

Si ribadisce che il riutilizzo del materiale di scavo è previsto in sostanza lungo il tratto lineare di rilevato oggetto degli scavi di preparazione.

#### **15.5 DEPOSITO DELLE TERRE**

Nell'ambito della cantierizzazione, sono stati individuati due siti di deposito in attesa di utilizzo dei materiali da riutilizzare. Questi depositi sono localizzati all'interno delle seguenti aree di cantiere, ubicate lungo il tratto lineare di intervento principale:

*Tabella: Elenco aree di cantiere con superfici adibite al deposito dei materiali di scavo*

| <b>Cantiere</b> | <b>Superficie disponibile<br/>per il deposito<br/>temporaneo dei<br/>materiali in attesa di<br/>utilizzo (mq)</b> | <b>Litologia<br/>dominante</b> |
|-----------------|---|--------------------------------|
| ADT01           | 800   | argille<br>limose              |
| ADT02           | 850   | argille<br>limose              |

##### **15.5.1 Caratteristiche e tipologie dell'area di deposito intermedio in attesa di utilizzo**

I materiali che verranno depositati nelle aree possono essere suddivisi genericamente nelle seguenti categorie:

- terreno sterile derivante da scavi all'aperto;
- eventuale terreno vegetale (corrispondente al primo strato di terreno, risultante dalle operazioni di scotico, generalmente 20 cm).

L'area di deposito verrà realizzata in modo da contenere al minimo gli impatti sulle matrici ambientali, con specifico riferimento alla tutela delle acque superficiali e sotterranee ed alla dispersione delle polveri, con eventuale e continua umidificazione della superficie del deposito del materiale.

All'interno dell'area il terreno viene stoccato in cumuli separati, distinti per natura e provenienza del materiale, con altezza massima derivante dall'angolo di riposo del materiale in condizioni sature, tenendo conto degli spazi necessari per operare in sicurezza durante le attività di deposito e prelievo del materiale.

In linea generale poi si possono distinguere i materiali già caratterizzati sulla base degli esiti della caratterizzazione ambientale:

- deposito di terreni già caratterizzati, per i quali siano state riscontrate concentrazioni di inquinanti inferiori ai limiti di colonna A;
- deposito di terreni già caratterizzati, per i quali siano state riscontrate concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di colonna A, ma inferiori ai limiti di colonna B.

La preparazione e disposizione dell'area di deposito richiede in breve le seguenti lavorazioni:

- lo scotico dell'eventuale terreno vegetale, che verrà accantonato lungo il perimetro di ciascuna area;
- la regolarizzazione e compattazione ed impermeabilizzazione del fondo;
- la creazione di un fosso di guardia per allontanare le acque di pioggia;
- la posa, ove ritenuto necessario, di una recinzione di delimitazione.

Nella fase costruttiva verranno messi in pratica alcuni accorgimenti, utili ad evitare potenziali contaminazioni:

- garanzia di funzionamento continuo del sistema di regimazione e convogliamento delle acque superficiali e dell'impianto di raccolta e gestione delle acque di dilavamento;
- dotazione di misure idonee a ridurre i disturbi ed i rischi causati dalla produzione di polveri e di materiali trasportati dal vento, con protezioni e delimitazioni perimetrali;
- adozione di misure identificative delle aree di deposito, con opportuna segnaletica utile ad evitare contatti con terre e rocce da scavo potenzialmente inquinate ed evitare possibili errori di direccionamento;

Il terreno vegetale sarà separato dalle altre tipologie di terre.

Va evidenziato che il sistema impiegato sarà di tipo “dinamico”. Le terre da scavo derivanti da scavi e sterri verranno reimpiegate, con tempistica diversa in funzione dell’avanzamento dei lavori, per la realizzazione di rinterri, sottofondi o rilevati o per la sistemazione ambientale.

Farà generalmente eccezione il deposito del terreno vegetale. Questo avrà origine dalle operazioni di scavo svolte nella prima fase di attività e verrà reimpiegato nell’ambito dei ripristini, delle riambientalizzazioni e del rivestimento delle scarpate. Tipicamente quindi l’eventuale terreno vegetale verrà stoccato fin dalla fase iniziale dei lavori e riutilizzato solo nella fase finale dei lavori.

## **15.6 DISPOSIZIONI PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI DA SMALTIRE A DISCARICA OD AD IMPIANTI DI RECUPERO**

Oltre a quanto riportato nel paragrafo introduttivo del presente capitolo, l’articolo 184, al comma 3, lettera b), del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. come modificato dall’art. 11 del D. Lgs. 205/2010, classifica come “rifiuti speciali”, i materiali da operazioni di demolizione e costruzione, e quelli derivanti dalle attività di scavo in cantiere per cui il produttore abbia deciso o abbia l’obbligo di disfarsi o per cui l’analisi di caratterizzazione ambientale non abbia soddisfatto i requisiti di idoneità al riutilizzo.

Tali rifiuti, sono solitamente identificati al capitolo 17 del C.E.R. (Codice Europeo dei Rifiuti): rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione.

I rifiuti speciali possono essere raggruppati, prima della raccolta, nel luogo in cui gli stessi sono prodotti, nella forma del cosiddetto “deposito temporaneo” (art. 183, comma 1, lett. bb). In ragione di quanto previsto dal cosiddetto “principio di precauzione e di prevenzione”, tale deposito deve essere “controllato” dal suo produttore o detentore e, quindi, questi devono essere raccolti ed avviati alle operazioni di recupero o di smaltimento secondo precise modalità.

Dal deposito temporaneo interno al cantiere, i rifiuti da demolizione e costruzione devono obbligatoriamente essere conferiti a soggetti debitamente autorizzati allo svolgimento delle fasi di recupero o, in alternativa, a fasi residuali di smaltimento.

I rifiuti pertanto possono essere avviati a:

- Smaltimento: presso impianto di stoccaggio autorizzato per il successivo conferimento in discarica per rifiuti inerti.
- Recupero: presso impianti, fissi o mobili, debitamente autorizzati.

Ai fini della corretta gestione del rifiuto prodotto, il produttore è tenuto a:

- 1) attribuire il CER corretto e la relativa gestione;
- 2) organizzare correttamente il deposito temporaneo dei rifiuti prodotti;
- 3) stabilire le modalità di trasporto e verificare l’iscrizione all’Albo del trasportatore (Albo Nazionale Gestori Ambientali);

- 4) definire le modalità di Recupero/Smaltimento e individuare l'impianto di destinazione finale, verificando l'autorizzazione del gestore dell'impianto presso cui il rifiuto verrà conferito;
- 5) tenere, ove necessario, la tracciabilità della gestione del rifiuto (ad es. registro di Carico/Scarico, Formulario di Identificazione dei Rifiuti, ecc).