

## AUTOSTRADA (A11) : FIRENZE-PISA NORD

### AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA DEL TRATTO FIRENZE - PISTOIA

## PROGETTO DEFINITIVO

### DOCUMENTAZIONE GENERALE

### PARTE GENERALE

### RELAZIONE GENERALE

|  |   |  |
|--|---|--|
| <b>IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA</b><br>Ing. Maurizio Torresi<br>Ord. Ingg. Milano N. 16492<br><b>RESPONSABILE UFFICIO STP</b> | <b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b><br>Ing. Andrea Tanzi<br>Ord. Ingg. Parma N. 1154<br><b>RESPONSABILE AREA DI PROGETTO FIRENZE</b> | <b>IL DIRETTORE TECNICO</b><br>Ing. Maurizio Torresi<br>Ord. Ingg. Milano N. 16492<br><b>RESPONSABILE FUNZIONE STP</b> |
|--|---|--|

| WBS | RIFERIMENTO ELABORATO |          |         |        |                | DATA:<br>MAGGIO 2011 | REVISIONE |               |
|-----|-----------------------|----------|---------|--------|----------------|----------------------|-----------|---------------|
|     | DIRETTORIO            |          | FILE    |        |                |                      | n.        | data          |
| —   | codice                | commessa | N.Prog. | unita' | n. progressivo | SCALA:<br>—          | 2         | FEBBRAIO 2011 |
| —   | 1                     | 1        | 1       | 0      | 7              |                      | 0         | 2             |
|     |                       |          |         |        |                |                      | 3         | MAGGIO 2011   |
|     |                       |          |         |        |                |                      | 4         | GIUGNO 2011   |
|     |                       |          |         |        |                |                      | 5         | GIUGNO 2011   |

|   |   |   |
|---|---|---|
|  <b>ingegneria europea</b> | <b>COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO</b><br>Ing. Luca Scarafia | ELABORAZIONE GRAFICA<br>A CURA DI : —     |
|   |   | ELABORAZIONE PROGETTUALE<br>A CURA DI : — |
| CONSULENZA A CURA DI : —  | IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA' : —                              | —   |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>VISTO DEL COORDINATORE GENERALE SPEA</b><br>DIREZIONE OPERATIVA<br>PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE LAVORI ASPI<br>Ing. Alberto Selleri | <b>VISTO DEL COMMITTENTE</b><br> | <b>VISTO DEL CONCEDENTE</b><br> |
|---|---|--|

## INDICE

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA .....</b>   | <b>6</b>  |
| 1.1      | L'ITER PROGETTUALE FINO AL PROGETTO PRELIMINARE .....   | 6         |
| 1.2      | MODIFICHE RISPETTO AL PROGETTO PRELIMINARE .....  | 10        |
| 1.2.1    | <i>Svincolo Prato Est .....</i>   | <i>11</i> |
| 1.2.2    | <i>Curva tra le progressive 11+200 e 12+600 km.....</i>   | <i>11</i> |
| 1.2.3    | <i>Svincolo di Pistoia Est .....</i>  | <i>12</i> |
| 1.3      | INTEGRAZIONI RISPETTO AL PROGETTO PRELIMINARE .....   | 12        |
| 1.3.1    | <i>Svincolo Terminale urbano di Peretola .....</i>  | <i>12</i> |
| 1.3.2    | <i>Allargamento alla terza corsia del tratto Monsummano-Montecatini tra le progressive 36+660 km e 38+111 .....</i> | <i>13</i> |
| <b>2</b> | <b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, TERRITORIALE, INFRASTRUTTURALE E TRASPORTISTICO .....</b>                              | <b>14</b> |
| 2.1      | INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE.....  | 14        |
| 2.2      | INQUADRAMENTO INFRASTRUTTURALE E TRASPORTISTICO .....   | 16        |
| <b>3</b> | <b>SISMICITA' .....</b>   | <b>23</b> |
| <b>4</b> | <b>GEOLOGIA , GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA.....</b>   | <b>28</b> |
| 4.1      | GENERALITÀ.....   | 28        |
| 4.2      | INDAGINI GEOGNOSTICHE .....   | 34        |
| 4.2.1    | <i>Indagini geognostiche Fase A (progetto preliminare) .....</i>  | <i>34</i> |
| 4.2.2    | <i>Indagini geognostiche Fase B (progetto definitivo).....</i>  | <i>35</i> |
| 4.2.3    | <i>Indagini pregresse .....</i>   | <i>36</i> |
| <b>5</b> | <b>GEOTECNICA.....</b>  | <b>37</b> |
| 5.1      | CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E STRATIGRAFICHE.....   | 37        |
| 5.2      | SUSCETTIBILITÀ A LIQUEFAZIONE .....   | 45        |
| 5.3      | VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI .....   | 45        |
| 5.4      | CALCOLO DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI .....  | 46        |
| 5.5      | PIANI DI POSA DEI RILEVATI .....  | 46        |
| 5.6      | CONSIDERAZIONI SUL TRATTAMENTO A CALCE .....  | 47        |
| <b>6</b> | <b>IDROLOGIA E IDRAULICA .....</b>  | <b>48</b> |
| 6.1      | IDROGRAFIA.....   | 48        |
| 6.2      | IDROLOGIA.....  | 48        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 6.3      | INTERFERENZE IDROGRAFICHE ED INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA.....        | 49        |
| 6.3.1    | <i>Interferenze idrografiche principali e secondarie .....</i>                | 49        |
| 6.3.2    | <i>Interferenze idrografiche minori.....</i>                                  | 50        |
| 6.3.3    | <i>Corsi d'acqua classificati ai sensi della DCR 12/2000 (ex 230/94).....</i> | 50        |
| 6.3.4    | <i>Interventi di sistemazione idraulica .....</i>                             | 51        |
| 6.4      | SISTEMA DI DRENAGGIO DELLA PIATTAFORMA .....                                  | 51        |
| 6.4.1    | <i>Requisiti prestazionali.....</i>   | 52        |
| 6.4.2    | <i>Schema di drenaggio .....</i>  | 52        |
| 6.4.3    | <i>Criteri di progettazione.....</i>  | 53        |
| 6.4.4    | <i>Tipologia di drenaggio adottata.....</i>                                   | 53        |
| <b>7</b> | <b>L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE.....</b>  | <b>56</b> |
| 7.1      | ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE .....                        | 56        |
| 7.1.1    | <i>Sezione tipo esistente .....</i>   | 56        |
| 7.1.2    | <i>Andamento plano-altimetrico attuale.....</i>                               | 57        |
| 7.1.2.1  | <i>Analisi dello stato attuale con riferimento al DM 05.11.2001.....</i>      | 58        |
| <b>8</b> | <b>IL PROGETTO DI AMPLIAMENTO ED AMMODERNAMENTO.....</b>                      | <b>67</b> |
| 8.1      | INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI .....                           | 67        |
| 8.2      | ASSE AUTOSTRADALE.....  | 68        |
| 8.2.1    | <i>Sezione tipo.....</i>  | 70        |
| 8.2.2    | <i>Sezione tipo in rettilineo.....</i>  | 72        |
| 8.2.3    | <i>Andamento plano-altimetrico di progetto.....</i>                           | 76        |
| 8.2.4    | <i>Analisi del progetto con riferimento al DM 6792 del 05.11.2001.....</i>    | 78        |
| 8.2.5    | <i>PIAZZOLE DI SOSTA.....</i>   | 81        |
| <b>9</b> | <b>OPERE D'ARTE.....</b>  | <b>82</b> |
| 9.1      | OPERE D'ARTE MAGGIORI .....   | 82        |
| 9.1.1    | <i>Criteri progettuali .....</i>  | 82        |
| 9.1.1.1  | <i>Impalcati.....</i>   | 83        |
| 9.1.1.2  | <i>Pile.....</i>  | 83        |
| 9.1.1.3  | <i>Spalle.....</i>  | 83        |
| 9.1.1.4  | <i>Fondazioni .....</i>   | 84        |
| 9.1.1.5  | <i>Sistema di vincolo.....</i>  | 84        |
| 9.1.2    | <i>Ponte sul Fosso Reale .....</i>  | 84        |
| 9.1.3    | <i>Ponte sul Torrente Marina.....</i>   | 86        |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 9.1.4  | Ponte sul Torrente Bisenzio .....                  | 88  |
| 9.1.5  | Viadotto sul Fosso Iolo.....                       | 90  |
| 9.1.6  | Ponte sul torrente Bagnolo Bardena .....           | 93  |
| 9.1.7  | Ponte sul torrente Calice.....                     | 94  |
| 9.1.8  | Ponte sul torrente Brana .....                     | 97  |
| 9.1.9  | Sottovia Strada Comunale Cantone.....              | 98  |
| 9.1.10 | Sottovia SS325.....                                | 100 |
| 9.1.11 | Sottovia di svincolo Prato Est .....               | 103 |
| 9.1.12 | Sottovia via del Ferro.....                        | 104 |
| 9.1.13 | Sottovia via Roma .....                            | 106 |
| 9.1.14 | Sottovia via XI settembre .....                    | 108 |
| 9.1.15 | Sottovia a progr. 12+231 (Nuovo PRG) .....         | 110 |
| 9.1.16 | Sottovia Campestre .....                           | 113 |
| 9.1.17 | Sottovia seconda tangenziale Ovest di Prato .....  | 114 |
| 9.1.18 | Sottovia SR 66.....                                | 115 |
| 9.1.19 | Sottovia via Bonellina II a progr. 26+721 .....    | 117 |
| 9.1.20 | Sottovia via Bonellina a progr. 26+799 .....       | 118 |
| 9.2    | CAVALCAVIA .....                                   | 121 |
| 9.2.1  | Generalità e inquadramento tipologie .....         | 121 |
| 9.2.2  | Sovrastruttura d'impalcato.....                    | 123 |
| 9.2.3  | Sottostrutture .....                               | 124 |
| 9.2.4  | Sistema di vincolo .....                           | 125 |
| 9.2.5  | Soluzione di cavalcavia a via inferiore.....       | 127 |
| 9.3    | OPERE D'ARTE MINORI .....                          | 129 |
| 9.3.1  | Sottovia L= 3,00 m via delle Pollative.....        | 129 |
| 9.3.2  | Ponticello l=4,00 m fosso Ficarello.....           | 130 |
| 9.3.3  | Sottovia l= 4,5 m via Pantanelle .....             | 131 |
| 9.3.4  | Sottovia l= 4,5 m strada vicinale Calicino .....   | 132 |
| 9.3.5  | Sottovia l= 5,00 m via Francesco Ferrucci .....    | 133 |
| 9.3.6  | Sottovia l= 4,20 m via Bineria .....               | 134 |
| 9.3.7  | Sottovia l= 3,95 m .....                           | 135 |
| 9.3.8  | Sottovia l= 4,50 m strada vicinale dei lezzi ..... | 136 |
| 9.3.9  | Tombini tubolari in calcestruzzo .....             | 137 |
| 9.4    | OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIE E DEFINITIVE .....   | 138 |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 9.4.1     | Muri prefabbricati .....   | 138        |
| 9.4.2     | Opere di sostegno provvisorie .....                                  | 141        |
| <b>10</b> | <b>OPERE COMPLEMENTARI .....</b>                                     | <b>144</b> |
| 10.1      | BARRIERE DI SICUREZZA .....  | 144        |
| 10.1.1    | Barriere da spartitraffico.....                                      | 145        |
| 10.1.2    | Barriere da bordo laterale.....                                      | 146        |
| 10.1.3    | Barriere per i margini di ponti, viadotti e sottovia .....           | 147        |
| 10.1.4    | Barriere in corrispondenza delle viabilità interferite.....          | 147        |
| 10.2      | PAVIMENTAZIONI.....  | 148        |
| 10.2.1    | Nuove pavimentazioni.....  | 149        |
| 10.2.2    | Pacchetto di nuova pavimentazione tratto di Monsummano.....          | 150        |
| 10.2.3    | Risanamento pavimentazioni esistenti.....                            | 151        |
| 10.3      | BARRIERE ACUSTICHE.....  | 155        |
| 10.4      | OPERE A VERDE .....  | 158        |
| 10.4.1    | Premessa .....   | 158        |
| 10.4.2    | Riferimenti normativi per la progettazione delle opere a verde ..... | 158        |
| 10.4.3    | Descrizione degli interventi a verde previsti.....                   | 158        |
| <b>11</b> | <b>SVINCOLI ED AREE DI SERVIZIO.....</b>                             | <b>161</b> |
| 11.1      | CRITERI PROGETTUALI .....  | 162        |
| 11.2      | GEOMETRIA DEGLI ELEMENTI MODULARI DELLE RAMPE .....                  | 163        |
| 11.3      | SEZIONI TIPO DELLE RAMPE E DELLE CORSIE SPECIALIZZATE .....          | 163        |
| 11.4      | DIMENSIONAMENTO CORSIE DI DIVERSIONE E DI IMMISSIONE.....            | 165        |
| 11.4.1    | Corsie specializzate di diversione .....                             | 165        |
| 11.4.2    | Corsie specializzate di immissione.....                              | 165        |
| 11.5      | DISTANZE DI VISIBILITÀ PER L'ARRESTO .....                           | 166        |
| 11.6      | NUOVA AREA DI ESAZIONE DI PISTOIA EST .....                          | 166        |
| 11.7      | NUOVO SVINCOLO TERMINALE URBANO DI PERETOLA .....                    | 170        |
| <b>12</b> | <b>VIABILITA' INTERFERITE.....</b>                                   | <b>172</b> |
| 12.1      | STRADE ATTRAVERSANTI L'AUTOSTRADA.....                               | 172        |
| 12.2      | STRADE PARALLELE ALL'AUTOSTRADA.....                                 | 174        |
| <b>13</b> | <b>CANTIERIZZAZIONE .....</b>  | <b>175</b> |
| 13.1      | AREE DI CANTIERE .....   | 175        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 13.1.1    | Cantiere CB01.....  | 176        |
| 13.1.2    | Aree di cantiere CO01 E CO02 .....                              | 176        |
| 13.1.3    | Area di cantiere CO03.....                                      | 177        |
| 13.1.4    | Area di cantiere CO04.....                                      | 177        |
| 13.2      | VIABILITA' DI CANTIERE.....                                     | 178        |
| 13.2.1    | Viabilità di servizio VS01 e VS02.....                          | 179        |
| 13.2.2    | Viabilità di servizio VS03/VS04.....                            | 179        |
| 13.3      | FASIZZAZIONE DEI LAVORI.....                                    | 180        |
| 13.3.1    | Suddivisione dell'intervento in tratte di cantierizzazione..... | 181        |
| 13.3.2    | Sezioni tipo di intervento e fasi di traffico.....              | 181        |
| 13.4      | GESTIONE DEI MATERIALI .....                                    | 183        |
| 13.4.1    | Bilancio terre .....  | 184        |
| 13.4.2    | Cave e discariche .....   | 185        |
| 13.4.3    | Rischio ritrovamento amianto.....                               | 185        |
| 13.4.4    | Caratterizzazione.....  | 186        |
| 13.4.5    | Pavimentazioni.....   | 186        |
| 13.5      | PROGRAMMA LAVORI.....   | 187        |
| <b>14</b> | <b>ARCHEOLOGIA .....</b>  | <b>190</b> |
| <b>15</b> | <b>IMPIANTI .....</b>   | <b>192</b> |
| 15.1      | ILLUMINAZIONE ESTERNA.....                                      | 192        |
| 15.2      | INFRASTRUTTURE LONGITUDINALI.....                               | 192        |
| 15.3      | RICOLLOCAMENTO IMPIANTI ESISTENTI.....                          | 192        |
| 15.4      | IMPIANTI SVINCOLO PISTOIA EST .....                             | 193        |
| <b>16</b> | <b>ESPROPRI.....</b>  | <b>194</b> |
| <b>17</b> | <b>INTERFERENZE .....</b>                                       | <b>196</b> |

## 1 PREMESSA

Nell'ambito delle attività da svolgere legate alla Convenzione Unica per l'esercizio di tratte autostradali tra ANAS ed Autostrade per l'Italia S.p.A., si prevede l'ammodernamento e l'ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada A11 Firenze – Pisa Nord nel tratto compreso tra Firenze e lo svincolo di Montecatini Terme.

All'interno del più esteso intervento di ampliamento ed ammodernamento dell'autostrada A11 sopra richiamato, si inserisce il presente progetto definitivo di ampliamento alla 3<sup>a</sup> corsia della tratta Firenze - Pistoia, dalla progr. km 0+621 alla progr. km 27+392, per uno sviluppo complessivo pari a 26,8 km circa. L'intervento autostradale prende avvio in corrispondenza del termine dell'intervento di adeguamento dello svincolo di Firenze Peretola di connessione con la viabilità urbana della città di Firenze, che è pure compreso nel presente progetto e descritto nella relazione STP2001.

Infine, annessa al presente progetto è anche il progetto degli interventi di ampliamento alla terza corsia del tratto di A11 ricadente nei comuni di Monsummano e Pieve a Nievole tra le progressive km 36+660 e 38+111. La realizzazione dell'ampliamento in questo tratto, descritta nella relazione STP1004, si è resa necessaria al fine di accogliere le richieste delle Amministrazioni locali in merito all'anticipazione della costruzione delle opere di mitigazione acustica già previste nel più esteso intervento del tratto Pistoia – Montecatini Terme.

### 1.1 L'ITER PROGETTUALE FINO AL PROGETTO PRELIMINARE

L'ampliamento alla 3<sup>a</sup> corsia rappresenta l'ennesimo intervento di potenziamento che ha interessato l'infrastruttura in oggetto. Realizzata per iniziativa dell'EAT (Ente per le Attività Toscane) e costruita dalla società "Le autostrade toscane", l'autostrada A11 Firenze Mare ha infatti costituito, prima ancora dell'Autostrada del Sole, il primo asse infrastrutturale importante della Toscana finalizzato a collegare la città di Firenze al litorale tirrenico centro settentrionale, attraversando la pianura dell'Arno, la densamente popolata e industrializzata piana di Prato e Pistoia, la Valdinievole e la piana di Lucca e favorendo naturalmente lo sviluppo di tutte le aree limitrofe al tracciato.

L'inaugurazione "ufficiale" si ebbe nel 1933 con l'apertura dell'ultimo tratto tra Lucca e Migliarino Pisano; l'autostrada allora era ad una sola carreggiata di otto metri di larghezza e collegava Firenze con Migliarino Pisano, seguendo l'attuale tracciato, salvo il tratto nel comune di Prato tra il ponte sul Bisenzio e quello sul Calice. Al momento dell'apertura, la Firenze Mare annoverava i caselli di Firenze, Prato, Pistoia, Monsummano Terme (poi soppresso), Montecatini Terme, Chiesina Uzzanese, Altopascio, Lucca e Migliarino, dove l'autostrada si connetteva alla strada statale Aurelia (SS1).

Con il raddoppio del 1962, l'autostrada assunse una configurazione più simile a quella attuale, sia in termini di sezione trasversale che di geometria del tracciato, con la realizzazione della "Variante di Prato", che realizzava un nuovo percorso più a mezzogiorno in aree negli anni sessanta ancora a conduzione agricola e lontane dall'abitato, mentre il vecchio tracciato dimesso all'utilizzo autostradale è oggi il Viale Leonardo Da Vinci, noto anche come "la declassata", che parte dal confine comunale con Campi Bisenzio e termina in corrispondenza di quello con Agliana, svolgendo la funzione di asse di comunicazione Est – Ovest di Prato.

L'infrastruttura è stata successivamente oggetto di ulteriori ammodernamenti, tra i quali i principali sono stati quelli realizzati negli anni 80 ed hanno riguardato:

- la realizzazione della stazione in itinere di Firenze Ovest, che rappresenta l'inizio della tratta gestita con sistema di pedaggio di tipo chiuso;
- il potenziamento dell'interconnessione con l'A1 Milano – Napoli, originariamente realizzata con uno svincolo con tradizionale geometria a trombeta, e del casello di Firenze Nord;
- l'adeguamento dello svincolo di Prato (Est), con la realizzazione del piazzale di esazione a nord dell'autostrada e del collegamento di questo, tramite uno svincolo a livelli sfalsati (trombeta), con la Declassata. Associata a questo intervento la modifica della geometria dell'asse, volta a realizzare lo spazio necessario al piazzale, con la trasformazione di un'unica curva circolare di raggio 1500 metri in un tratto con due curve equiverse, di raggio rispettivamente 800 e 1000 metri separate da un breve rettilo;
- la realizzazione dello svincolo di Prato Ovest, collocato in posizione pressoché baricentrica tra gli svincoli di Prato Est e Pistoia.

In anni recenti si sono infine realizzati i seguenti interventi:

- l'ammmodernamento dell'area di Servizio Peretola;
- l'adeguamento non ancora completato dell'interconnessione con l'A1 legato all'ampliamento alla terza corsia di questa, con la realizzazione di rampe dirette per i veicoli provenienti da nord sull'A1 e diretti all'A11 (sia in direzione Pisa che in direzione Firenze);
- la modifica di organizzazione della piattaforma stradale dell'intera A11 Firenze – Pisa Nord con la bonifica del margine interno, originariamente in terra con barriere metalliche su due filari, ed il conseguente allargamento della corsia di emergenza, portata a 3,00 metri rispetto agli originari 2,50 metri, con riduzione del margine interno realizzata tramite la posa di uno spartitraffico monofilare in cls;
- la posa di uno strato di usura drenante su tutta la piattaforma stradale realizzato lungo tutti gli 81,9 km di cui si compone l'infrastruttura.

Antecedentemente alla stipula della Convenzione Unica tra ANAS ed Autostrade per l'Italia S.p.A., i due soggetti, a seguito di un incontro tenutosi a Firenze in data 6.09.2006 tra il Ministro delle Infrastrutture, il Presidente di ANAS, il Presidente della Regione Toscana con l'Ass. LL.PP., l'Amministratore Delegato ASPI e le istituzioni locali, avevano già concordato di procedere allo studio dell'intervento di ampliamento alla terza corsia.

In particolare, ANAS in data 3.01.2007 ha formalmente invitato la Concessionaria Autostrade per l'Italia a redigere uno Studio di prefattibilità dell'intervento, successivamente da quest'ultima presentato in data 18.04.2007 a Regione ed EE.LL., in un incontro tenuto presso la Provincia di Pistoia.

Successivamente si sono succeduti due incontri tecnici, coordinati dalla Regione Toscana, nei quali Autostrade per l'Italia e SPEA Ingegneria Europea hanno potuto raccogliere osservazioni e contributi da parte delle Province e dei Comuni territorialmente interessati, di cui si è tenuto conto nel presente progetto, che consentirà di definire in maniera dettagliata i contorni dell'iniziativa.

I termini di stipula della nuova Convenzione unica ANAS-ASPI prevedono infatti che il progetto dell'intervento individui un 'pacchetto chiuso' di opere, tra le quali le opere viarie

necessarie a garantire l'ottimale distribuzione dei traffici tra autostrada e viabilità urbana principale. L'iniziativa così organizzata dovrà quindi trovare una propria quadratura economica sotto il profilo costi-benefici, in modo che ANAS possa formalmente inserirla tra gli impegni di investimento meritevoli di essere realizzati dalla Concessionaria.

In occasione dei due incontri tecnici, svolti rispettivamente il 1.10.2007 ed il 12.03.2008, gli Enti territorialmente interessati hanno evidenziato primariamente la necessità di procedere a:

- verifica di compatibilità dell'intervento con gli strumenti di pianificazione territoriali (Piani Strutturali e PTCP) e con il relativo sistema delle tutele, nonché con i progetti di riqualificazione ambientale in essere o in via di definizione;
- studio della cantierizzazione dell'opera volto a limitare il più possibile l'impegno delle viabilità locali e provinciali e di conseguenza il disagio all'utenza e alla popolazione, con particolare riferimento alle modalità di demolizione e ricostruzione dei cavalcavia (in sede o in affiancamento) e all'individuazione di idonei percorsi alternativi;
- adeguamento delle sezioni stradali delle viabilità che intersecano l'autostrada, con particolare riferimento agli attraversamenti in cavalcavia, dei quali è prevista la sostituzione pressoché totale, con l'adozione di sezioni trasversali adeguate all'utilizzo attuale e futuro delle viabilità;
- protezione acustica in corrispondenza degli abitati;
- verifica delle previsioni contenute nei PTCP delle Province di Prato e Pistoia relativamente alla realizzazione di due nuovi svincoli (Prato Sud e Pistoia Est) con innesto rispettivamente sulla tangenziale di Prato e sulla nuova viabilità di collegamento tra via Fiorentina (SR 66 Pistoiese) via Nuova Pratese (SP01) nel comune di Pistoia;
- corretta progettazione e manutenzione delle opere idrauliche che tenga conto del delicato assetto idraulico del territorio, con particolare attenzione alle opere minori e al sistema di raccolta delle acque.

In occasione dei suddetti incontri, viene riportata all'attenzione del Tavolo Tecnico la questione del mancato innesto diretto della Bretella autostradale Lastra a Signa – Prato sull'A11 e viene evidenziata, in alternativa, la necessità di valutare un potenziamento della

viabilità nella zona compresa tra lo svincolo di Prato Est e l'innesto della bretella sulla viabilità Mezzana – Perfetti Ricasoli, in quanto l'incremento di traffico associato alla realizzazione della Bretella autostradale Lastra a Signa – Prato e al potenziamento dell'A11 potrebbe mettere in crisi il collegamento tra la Declassata e la Mezzana Perfetti Ricasoli che ad oggi è realizzato dal ponte sul Bisenzio (Ponte Luciano Lama) ad una singola corsia per senso di marcia.

A livello tecnico la progettazione è stata impostata prevedendo il mantenimento, ove possibile, del tracciato in asse rispetto all'esistente (ampliamento simmetrico), tenuto conto anche della presenza lungo il tracciato di alcuni punti di passaggio obbligato (cavalcavia e sottovia già predisposti alla 3<sup>a</sup> corsia nell'ipotesi di ampliamento simmetrico), a meno dei punti dove una diversa tipologia di intervento si rende necessaria per esigenze di geometria stradale e interferenze, prevedendo tutte le mitigazioni del caso (barriere acustiche, indennizzi ecc.) a salvaguardia delle preesistenze prossime all'autostrada.

Sulla base di tale premesse è stato messo a punto il progetto preliminare del tratto Firenze-Pistoia, che è stato trasmesso all'Anas il giorno 27.05.2009, con lettera prot. 15313.

Il progetto è stato approvato da Anas lo scorso 3 febbraio 2011.

Infine in data 27 giugno 2011 il progetto è stato trasmesso all'ANAS per la necessaria validazione tecnica.

## 1.2 MODIFICHE RISPETTO AL PROGETTO PRELIMINARE

Il presente progetto definitivo parte quindi dal progetto preliminare approvato e ne approfondisce, come è naturale, il dettaglio progettuale, a seguito principalmente della integrazione delle indagini geognostiche e della messa a punto del rilievo celeri metrico.

Le principali modifiche apportate al progetto riguardano due ambiti:

1. Zona di svincolo di Prato Est da prog. 8+500 a 9+400 km
2. Curva di raggio 2400 m da prog. 11+200 a 12+600 km

Oltre a questi due ambiti è stato modificato lo svincolo di Pistoia est.

### 1.2.1 Svincolo Prato Est

Il progetto preliminare prevedeva che in questa zona l'ampliamento alla terza corsia della A11 fosse di tipo asimmetrico in sinistra. Questo tipo di ampliamento era stato adottato per non precludere eventuali possibilità di espansione al piazzale di esazione di Prato Est. Per contro esso comportava la demolizione di un traliccio di alta tensione in interno curva sulla carreggiata est. Ben sapendo quali possano essere le difficoltà di tipo autorizzativo e realizzativo legate allo spostamento di questa interferenza, si è studiata una alternativa di tracciato che risultasse compatibile con l'ubicazione del traliccio. Nel progetto definitivo il tracciato risulta quindi asimmetrico in sinistra sulla curva dello svincolo di Prato Est, ed asimmetrico in destra sulla curva successiva di raggio 1000m.

Il passaggio da una configurazione all'altra avviene lungo il rettilineo che collega le due curve equiverse che è stato disallineato rispetto al rettilineo esistente.

Questa nuova configurazione dell'autostrada permette di salvaguardare il traliccio ma comporta una minima riprofilatura del ciglio del piazzale di esazione (lato entrate), la ricollocazione di due pali di illuminazione su piazzale, l'inserimento di un muro di altezza media pari a 1.00m tra il ciglio del piazzale e la corsia di immissione in adiacenza, la deviazione della strada che sottopassa il piazzale di esazione e che porta agli edifici di stazione.

### 1.2.2 Curva tra le progressive 11+200 e 12+600 km

Il tipo di ampliamento simmetrico, proposto in progetto preliminare, portava alla parziale demolizione lato carreggiata ovest, di una parte di una villetta a schiera ed alla chiusura dell'accesso alle altre abitazioni.

Al fine preservare l'abitazione è stata elaborata nel progetto definitivo una alternativa che prevede un ampliamento completamente asimmetrico in destra. Per limitare il più possibile l'allargamento e quindi minimizzare le interferenze, le barriere antirumore previste in questo tratto su entrambe le carreggiate saranno di tipo integrato. Tale soluzione comporta un innalzamento della livelletta dell'autostrada per passare i tre sottovia di Via del Ferro, Via Roma e strada nuovo PRG garantendo i franchi minimi esistenti (tra opera e strada sottopassante). I sottovia in questione, previsti in allargamento simmetrico nel progetto preliminare, vanno invece ampliati tutti dal lato della carreggiata ovest.

Pertanto è da prevedere la seguente tipologia costruttiva:

- Fase 1: realizzazione parte d'opera in ampliamento in carreggiata ovest alla quota e con la rotazione propria di progetto (lato destro);
- Fase 2: spostamento del traffico della carreggiata ovest sul sedime autostradale allargato nella fase precedente e continuità del cantiere sulla carreggiata est;
- Fase 3: taglio in corrispondenza della mezzera dello spartitraffico di progetto, innalzamento, rotazione e solidarizzazione della parte di impalcato esistente in carreggiata ovest, all'impalcato realizzato nella fase 1;
- Fase 4: spostamento del traffico delle due carreggiate sulla parte di piattaforma realizzata nelle fasi precedenti; getto di solidarizzazione tra l'esistente impalcato della carreggiata est e la parte di impalcato tagliato in fase 3 della carreggiata ovest e rotazione dell'intero impalcato.

### 1.2.3 Svincolo di Pistoia Est

La rampa di uscita in direzione est da indiretta viene portata a semidiretta mentre la rampa in entrata in direzione est da semidiretta viene portata ad indiretta. Questa modifica viene fatta per uniformare la geometria degli svincoli sulla tratta, infatti essi hanno uscite su rampe dirette o semidirette.

## 1.3 INTEGRAZIONI RISPETTO AL PROGETTO PRELIMINARE

Oltre a quanto descritto al punto precedente, il progetto definitivo si discosta dal progetto preliminare approvato per l'annessione di due interventi originariamente non previsti:

1. lo svincolo terminale urbano di Peretola;
2. l'allargamento alla terza corsia del tratto Monsummano-Montecatini tra le progressive 36+660 km e 38+111.

### 1.3.1 Svincolo Terminale urbano di Peretola

Il progetto dello svincolo terminale della autostrada A11 Firenze – Pisa Nord in Firenze, denominato "Svincolo di Peretola" si riferisce ad una iniziativa compresa nell'accordo di risistemazione degli assi di penetrazione a Firenze stipulata da Autostrade per l'Italia, nell'ambito dei lavori di ampliamento della terza corsia tra Barberino di Mugello e Incisa Valdarno.

Il progetto preliminare è datato 1996 e da allora, vista la complessità del nodo si è cercato di addivenire ad una soluzione condivisa, che trova contezza nella configurazione di cui al presente progetto.

Tra il 2007 e il 2009 Autostrade per l'Italia, per tramite della Spea, Società di Ingegneria del Gruppo, ha sviluppato quella che è la soluzione condivisa che ha ottenuto l'approvazione

informale da parte del Comune di Firenze. La chiusura di tale fase è avvenuta in occasione della trasmissione prot. 30963 del 12.11.2009 del documento “Risposte alle richieste del Comune di Firenze” formulate con lettera prot. 2823/120 del 22.07.2009.

Poiché il progetto è stato sviluppato e si presenta come “a sé stante”, si è mantenuta una certa indipendenza della documentazione, che costituisce un pacchetto di per sé completo, compresa la Relazione Generale (documento STP2001) a cui si rimanda.

### **1.3.2 Allargamento alla terza corsia del tratto Monsummano-Montecatini tra le progressive 36+660 km e 38+111**

Nei comuni di Monsummano e Pieve a Nievole l'autostrada attraversa una zona fortemente urbanizzata.

La Concessionaria, in tale tratto, ha inteso accogliere le richieste del territorio, in merito soprattutto alla realizzazione delle mitigazioni acustiche.

Per questo tratto, dalla progr. Km 36+660 alla progr km 38+111 (con riferimento alle progressive della carreggiata est), si intende realizzare la predisposizione l'allargamento alla terza corsia così come previsto nel progetto preliminare (pure esso approvato da Anas il 3 febbraio scorso).

L'ampliamento previsto in tale tratto è principalmente di tipo simmetrico, l'unica eccezione è il tratto in curva appena prima dello svincolo di Montecatini, in corrispondenza del quale, per migliorare lo standard di sicurezza, è stato previsto l'inserimento di una curva di raggio maggiore, con conseguente variante planimetrica con sviluppo in interno curva.

Questa parte di progetto viene descritta nella relazione STP1004.

Si segnala inoltre che è in corso di predisposizione un protocollo d'intesa tra gli Enti istituzionali, gli Enti territoriali della regione Toscana ed Aspi, che prevede la realizzazione di opere atte a migliorare la funzionalità e la sicurezza dello svincolo di Montecatini Terme. A seguito della stipula, si condividerà la soluzione con gli Enti locali, in modo da includerla nel progetto da sottoporre alla Conferenza di Servizi.

## 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, TERRITORIALE, INFRASTRUTTURALE E TRASPORTISTICO

### 2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

Il tracciato dell'attuale A11 Firenze – Pisa Nord si sviluppa per 81+700 km ed insiste nel territorio della Regione Toscana attraversando le province di Firenze, Prato, Pistoia, Lucca e Pisa. La tratta Firenze – Pistoia, lungo il suo sviluppo Est-Ovest, attraversa il comprensorio di tre province e di sei comuni:

- Firenze
- Sesto Fiorentino (FI)
- Campi Bisenzio (FI)
- Prato (PO)
- Agliana (PT)
- Pistoia (PT)

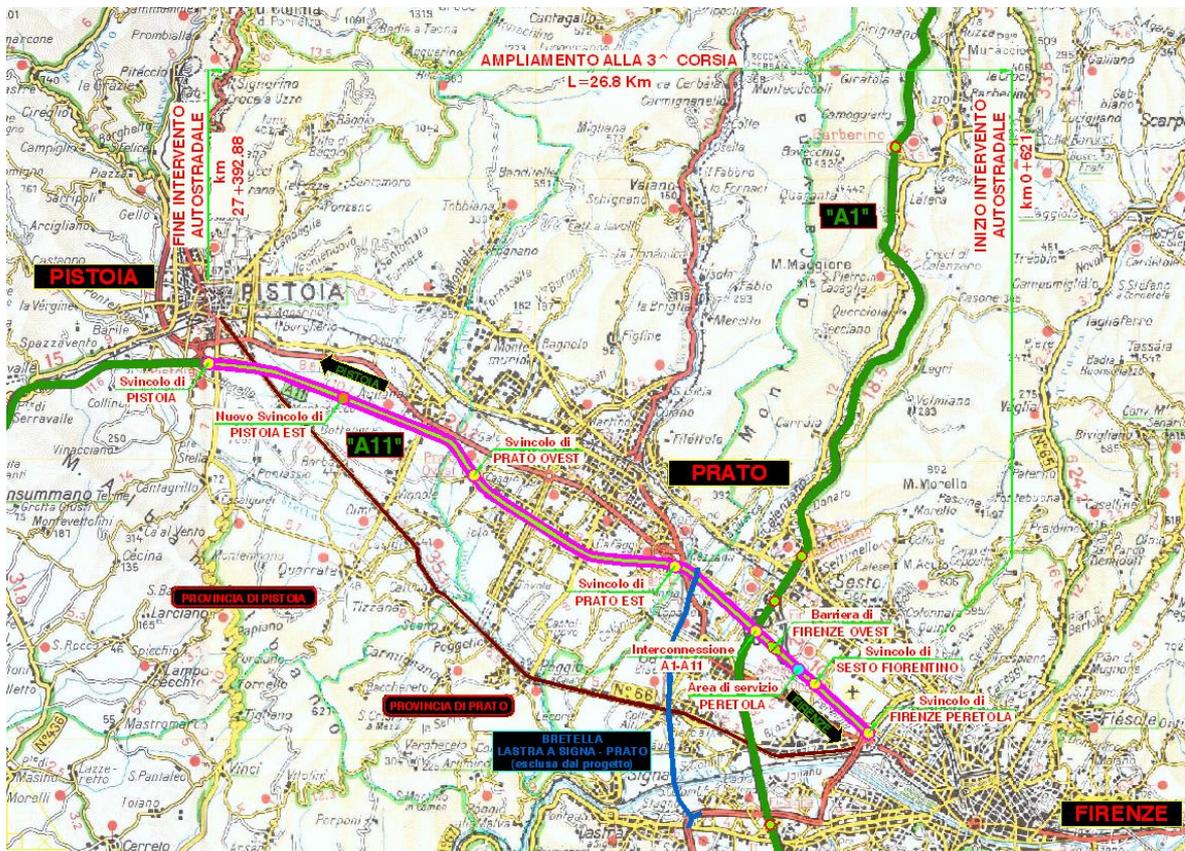


Figura 2-1 – Inquadramento territoriale

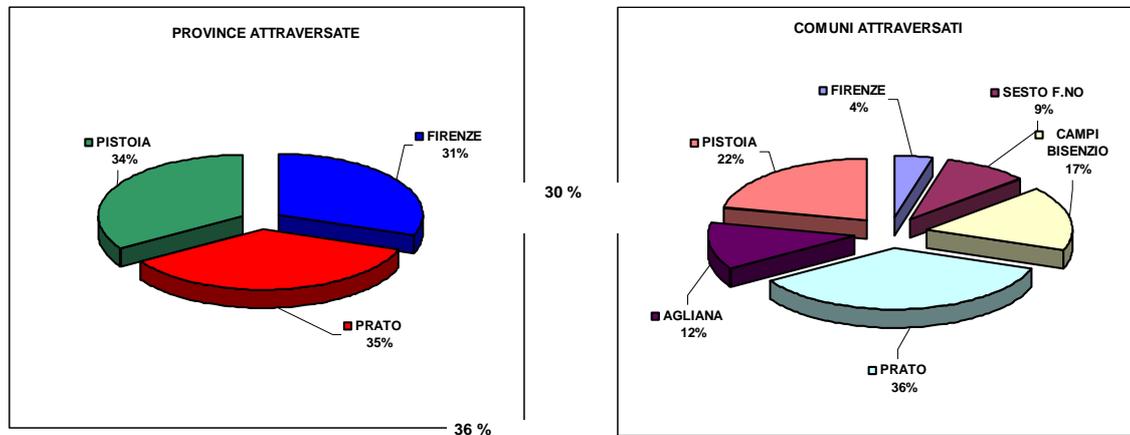


Figura 2-2 – Ripartizione territoriale tra le province ed i comuni interessati

Il tracciato lambisce tutti gli abitati sopra citati (secondo la ripartizione di Figura 2-2) ed ha numerose connessioni alla viabilità ordinaria, così che l'arteria si caratterizza anche per la sua funzione di servizio al territorio. Questa valenza é ben figurata dalla numerosa presenza di svincoli, con una frequenza di uno ogni 5,6 km circa:

- Allacciamento con la viabilità urbana di Firenze (svincolo urbano a raso di Firenze Peretola – progr. km 0+000) ;
- Svincolo di Sesto Fiorentino (tipologia a semi quadrifoglio in regime aperto – progr. km 1+895);
- Interconnessione con l'Autostrada A1 Milano – Napoli e casello di Firenze Nord (schema di svincolo complesso – progr. km 4+930);
- Svincolo di Prato Est (tipologia a trombetta – progr. km 8+556);
- Svincolo di Prato Ovest (tipologia a trombetta – progr. km 16+850);
- Svincolo di Pistoia (tipologia a trombetta – progr. km 27+409),

a cui si aggiungono l'area di Servizio Peretola (progr. km 3+000) e la stazione in itinere di Firenze Ovest (progr. km 4+200), che rappresenta l'inizio della tratta gestita con sistema di pedaggio di tipo chiuso.

Lungo lo sviluppo del tracciato, l'autostrada interseca un denso reticolo stradale, composto, oltre alla già citata Autostrada A1, da due strade regionali (ex statali), quattro strade provinciali e circa 30 strade comunali.

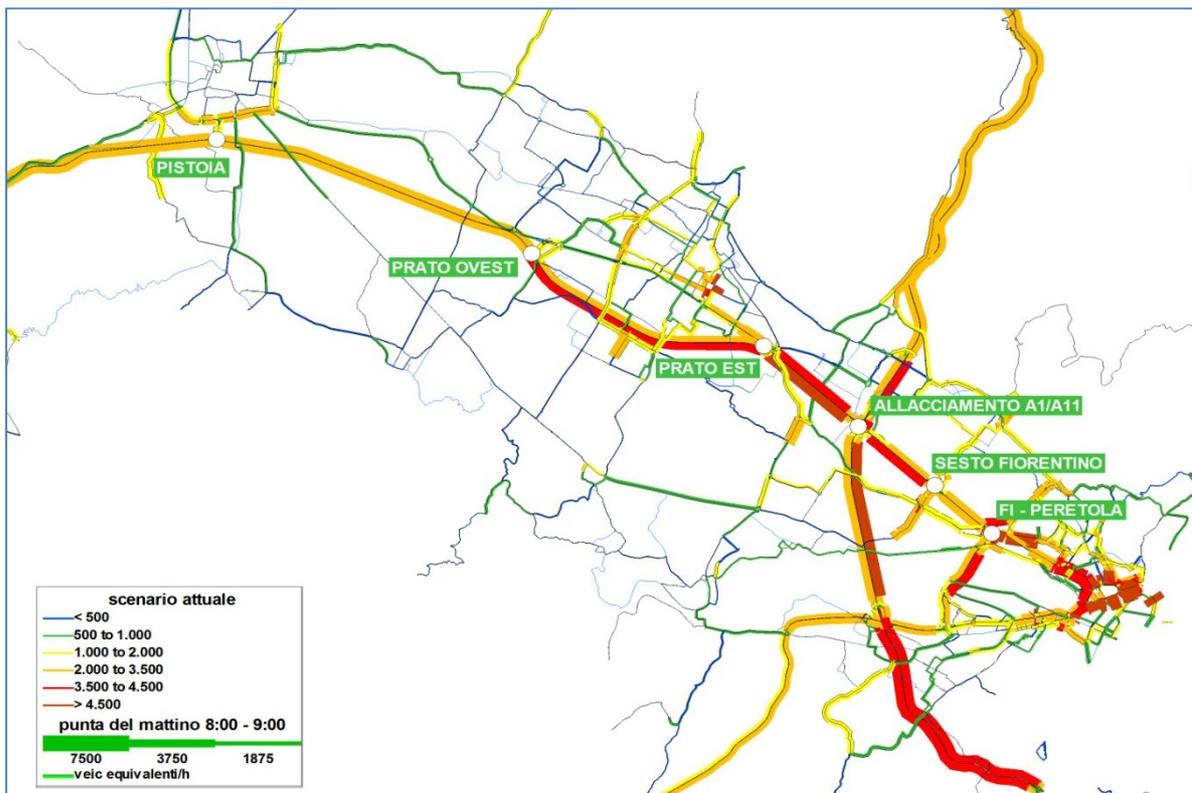
- SR N.325 della Val di Setta e Val di Bisenzio Progr. Km 8+419
- SR N.66 Pistoiese Progr. Km 25+231
- SP N.8 Strada Militare per Barberino Progr. Km 6+681
- SP Val d'Ombrone - Via Roma Progr. Km 11+975
- SP N.6 Quarrata - Ponte alla Trave Progr. Km 19+377
- SP N.9 Montalbano - Via Bonellina Progr. km 26+812

Complessivamente, a servizio delle strade precedentemente richiamate e di altre di rango inferiore, sono presenti 24 opere di scavalco in cavalcavia e 26 sottovia, a cui si aggiungono numerose opere di attraversamento del reticolo idrografico, composto sia da corsi d'acqua naturali che da canali artificiali.

Considerato l'ambito territoriale attraversato, rappresentato da un'area pianeggiante di origine alluvionale posta ai piedi delle colline appenniniche, l'infrastruttura si presenta interamente in rilevato, ad eccezione delle opere di scavalco di strade e corsi d'acqua, che complessivamente assomano al circa il 2% dello sviluppo complessivo dell'intervento.

## 2.2 INQUADRAMENTO INFRASTRUTTURALE E TRASPORTISTICO

La tratta Firenze - Pistoia dell'Autostrada A11 presenta attualmente significativi livelli di traffico che si attestano su valori dell'ordine di oltre 117.000 veicoli giornalieri equivalenti totali bidirezionali, nella tratta più carica (allacciamento A1-Prato Est) e di circa 70.000 veicoli teorici giornalieri medi, con un'incidenza della componente pesante del traffico pari a circa il 15%, leggermente inferiore alla media di rete nazionale. L'attuale andamento dei flussi sull'infrastruttura oggetto di studio è riportato nella seguente figura, con riferimento all'ora di punta del mattino (8:00-9:00) del giorno feriale invernale medio.



**Figura 2-3 - Scenario attuale**

Nella configurazione attuale a due corsie per direzione di percorrenza, l'infrastruttura appare già molto congestionata, soprattutto nella sopra citata tratta tra Prato est e l'allacciamento A1 e in generale in tutte le tratte in direzione Firenze, come evidenziato dalla tabella seguente che riporta i gradi di saturazione (rapporto flusso/capacità) di tutte le tratte autostradali interessate al progetto di allargamento oggetto di studio, relativamente al giorno feriale invernale medio. Nella stessa tabella sono anche riportate per ogni tratta la velocità a flusso nullo ( $V_0$ ) e a carico ( $V$ ).

|             |                           | ATTUALE |       |                |   |
|-------------|---------------------------|---------|-------|----------------|---|
|             |                           | Tratta  | f/cap | V <sub>o</sub> | V |
| Dir Mare    | Peretola-Sesto Fiorentino | 0.693   | 130   | 117            |   |
|             | Sesto Fiorentino-All. A1  | 0.662   | 130   | 119            |   |
|             | All. A1-Prato Est         | 0.966   | 130   | 91             |   |
|             | Prato Est-Prato Ovest     | 0.738   | 130   | 113            |   |
|             | Prato Ovest-Pistoia       | 0.739   | 130   | 113            |   |
| Dir Firenze | Pistoia-Prato Ovest       | 0.837   | 130   | 104            |   |
|             | Prato Ovest-Prato Est     | 0.924   | 130   | 95             |   |
|             | Prato Est-All. A1         | 1.162   | 130   | 68             |   |
|             | All. A1-Sesto Fiorentino  | 1.018   | 130   | 85             |   |
|             | Sesto Fiorentino Peretola | 0.811   | 130   | 107            |   |

**Figura 2-4 - Scenario attuale**

D'altra parte, guardando in dettaglio all'analisi dei livelli di servizio (LOS), si osservano, sempre nella tratta tra l'allacciamento A1 e Prato Est, LOS pari a F già nello scenario attuale, sia nella fascia di punta del mattino sia nella fascia di punta del pomeriggio. Inoltre, anche su base annua, si evidenziano attualmente condizioni di deflusso non adeguate, con circa il 64% dei veicoli circolanti in condizioni di LOS inaccettabili (cioè superiori a C), come evidenziato dalla seguente tabella.

| SCENARIO | ATTUALE |     |           |     |
|----------|---------|-----|-----------|-----|
|          | ore     | %   | veicoli   | %   |
| <b>A</b> | 3,112   | 36% | 1,503,233 | 9%  |
| <b>B</b> | 1,416   | 16% | 1,744,589 | 10% |
| <b>C</b> | 3,087   | 35% | 3,132,384 | 18% |
| <b>D</b> | 554     | 6%  | 5,684,973 | 32% |
| <b>E</b> | 167     | 2%  | 2,277,998 | 13% |
| <b>F</b> | 424     | 5%  | 3,264,257 | 19% |

**Figura 2-5 - Scenario attuale**

Per quanto riguarda la simulazione del nodo di Peretola, si è proceduto alla verifica macroscopica del nodo con riferimento all'ora di punta del mattino del giorno feriale invernale medio, ottenendo il flussogramma riportato nella seguente figura.

In termini di prestazioni, rimandando all'analisi in microsimulazione per una valutazione dettagliata e precisa del livello di servizio delle rampe e delle tratte elementari, si evidenzia come già nello scenario attuale vi siano infrastrutture, come via Guidoni e la direttrice di

Ponte all'Indiano, interessate da notevoli flussi orari cui corrispondono gradi di saturazione sostanzialmente non accettabili.



**Figura 2-6 - Nodo di Peretola: Scenario attuale**

La prevista evoluzione della domanda di trasporto, ovviamente, determinerà a medio-lungo termine un ulteriore notevole scadimento delle prestazioni dell'infrastruttura. In particolare confrontando i valori dei veicoli teorici giornalieri medi bidirezionali degli scenari programmatici al 2015, al 2025 e al 2035 con il corrispondente valore dello scenario attuale si osserva un incremento del 6% al 2015, del 21% al 2025 e del 33% al 2035 rispettivamente. Conseguentemente, la distribuzione annua dei livelli di servizio subirà notevoli variazioni, portando la percentuale di veicoli circolanti sotto livello di servizio inaccettabile (cioè maggiore di C), sempre in relazione alla tratta più carica tra Prato est e l'allacciamento A1, al 67% al 2015, al 76% al 2025 e al 78% al 2035 (tabelle successive, colonna "PROGRAMMATICO").

Ciò evidenzia la necessità di provvedere alla realizzazione dell'intervento di progetto. La realizzazione dell'allargamento della sede autostradale nella tratta oggetto di studio risulta in grado, muovendo dalle verifiche puntuali di funzionalità effettuate, di restituire al sistema buone condizioni di servizio anche rispetto all'orizzonte previsionale di lungo periodo, cioè

all'anno 2035. La terza corsia di progetto risulta, infatti, tale da garantire anche nella condizione più gravosa (ovvero scenario alto al 2035) una significativa percentuale di veicoli circolanti sotto LOS ottimali (74%) e dunque un netto miglioramento delle prestazioni attualmente garantite dalla tratta in questione (tabelle precedenti, colonna "PROGETTUALE").

| SCENARIO 2015       | PROGRAMMATICO |     |           |     | PROGETTUALE |     |           |     |
|---------------------|---------------|-----|-----------|-----|-------------|-----|-----------|-----|
| LIVELLO DI SERVIZIO | ore           | %   | veicoli   | %   | ore         | %   | veicoli   | %   |
| <b>A</b>            | 3,171         | 36% | 1,457,695 | 8%  | 4,228       | 48% | 2,959,666 | 17% |
| <b>B</b>            | 1,464         | 17% | 1,773,007 | 10% | 3,578       | 41% | 4,528,023 | 26% |
| <b>C</b>            | 3,105         | 35% | 2,742,113 | 15% | 702         | 8%  | 8,056,424 | 47% |
| <b>D</b>            | 462           | 5%  | 5,788,873 | 32% | 221         | 3%  | 872,777   | 5%  |
| <b>E</b>            | 173           | 2%  | 2,679,194 | 15% | 11          | 0%  | 179,425   | 1%  |
| <b>F</b>            | 385           | 4%  | 3,692,500 | 20% | 20          | 0%  | 505,754   | 3%  |

| SCENARIO 2025       | PROGRAMMATICO |     |           |     | PROGETTUALE |     |           |     |
|---------------------|---------------|-----|-----------|-----|-------------|-----|-----------|-----|
| LIVELLO DI SERVIZIO | ore           | %   | veicoli   | %   | ore         | %   | veicoli   | %   |
| <b>A</b>            | 2,892         | 33% | 1,264,681 | 6%  | 3,808       | 43% | 2,999,373 | 16% |
| <b>B</b>            | 1,173         | 13% | 1,979,234 | 10% | 3,201       | 37% | 2,726,786 | 14% |
| <b>C</b>            | 2,776         | 32% | 1,796,516 | 9%  | 1,298       | 15% | 9,767,359 | 51% |
| <b>D</b>            | 1,136         | 13% | 3,870,253 | 19% | 343         | 4%  | 2,616,737 | 14% |
| <b>E</b>            | 229           | 3%  | 4,495,953 | 22% | 79          | 1%  | 186,278   | 1%  |
| <b>F</b>            | 554           | 6%  | 7,125,282 | 35% | 31          | 0%  | 741,525   | 4%  |

| SCENARIO 2035       | PROGRAMMATICO |     |            |     | PROGETTUALE |     |            |     |
|---------------------|---------------|-----|------------|-----|-------------|-----|------------|-----|
| LIVELLO DI SERVIZIO | ore           | %   | veicoli    | %   | ore         | %   | veicoli    | %   |
| <b>A</b>            | 2,736         | 31% | 1,133,778  | 5%  | 3,580       | 41% | 2,954,178  | 14% |
| <b>B</b>            | 1,094         | 12% | 2,068,310  | 9%  | 2,390       | 27% | 2,237,244  | 11% |
| <b>C</b>            | 2,119         | 24% | 1,651,610  | 7%  | 2,212       | 25% | 10,171,230 | 49% |
| <b>D</b>            | 1,793         | 20% | 2,258,817  | 10% | 296         | 3%  | 3,631,142  | 18% |
| <b>E</b>            | 337           | 4%  | 4,291,232  | 19% | 207         | 2%  | 816,388    | 4%  |
| <b>F</b>            | 681           | 8%  | 10,964,259 | 49% | 75          | 1%  | 931,286    | 4%  |

**Figura 2-7 - Scenari programmatici e progettuali**

Guardando invece agli indicatori aggregati di performance dell'intervento di progetto, si osserva innanzitutto il significativo incremento di veicoli km sia sulla tratta di progetto sia sull'area di studio negli scenari programmatici rispetto a quello attuale (ad es. circa +36% per i leggeri e +53% per i pesanti al 2035 sia nella punta del mattino sia nel giorno feriale invernale medio per la tratta di progetto). Confrontando invece gli scenari programmatici

con i corrispondenti scenari progettuali si osserva, relativamente alla tratta di progetto, un leggero incremento dei veicoli km (ad es. +3.5% nello scenario al 2025) per i veicoli leggeri e un più marcato aumento (ad es. +5.1% nello scenario al 2025) per i veicoli pesanti. In generale, quindi, dal confronto tra programmatici e progettuali sull'area di studio si può affermare che l'intervento di progetto consente di abbassare il costo generalizzato di trasporto su numerose relazioni o-d che, rispetto allo scenario di non progetto, si trovano ad avere disponibili percorsi di lunghezza maggiore ma di tempo di viaggio complessivo minore. Anche per quanto riguarda il tempo totale di percorrenza, gli incrementi nel passare dallo scenario attuale a quelli programmatici sono generalmente molto significativi per l'effetto congiunto dell'aumento dei veicoli circolanti e della conseguente riduzione delle velocità medie di percorrenza. Inoltre, nel passaggio dallo scenario programmatico a quello progettuale, per ciascun orizzonte temporale si osserva un impatto sui tempi decisamente più significativo per la componente leggera del traffico veicolare rispetto a quella pesante (ad es. -35.3% e -9.9% rispettivamente al 2025): ciò si spiega tenendo conto che il miglioramento delle velocità dei mezzi pesanti risulta meno marcato nel passaggio alla terza corsia nella tratta Firenze-Pistoia. Infine, per quanto riguarda la velocità media di percorrenza, le riduzioni che si registrano nella tratta autostradale di progetto nel passaggio dallo scenario attuale a quelli programmatici (dovute ad un aumento dei veicoli circolanti) sono più che compensate – negli scenari progettuali – dai benefici derivanti dall'introduzione della terza corsia: il risultato finale quindi è un aumento della velocità media di percorrenza in tutti e tre gli scenari progettuali rispetto allo scenario attuale.

Il progetto di potenziamento del nodo di Peretola (in primis completamento rampe del ponte Viadotto all'Indiano e creazione di un anello di circolazione oraria in attestamento dalla A11) consente la realizzazione della gerarchizzazione dei collegamenti tra i diversi livelli di viabilità (autostradale, urbana di scorrimento ed urbana) e porta ad una maggiore fluidità delle manovre di immissione, diversione ed intreccio tra le correnti veicolari.

Nello scenario progettuale il nodo si trova a dover assorbire l'aumento di domanda sulla direttrice della A11, che, rispetto allo scenario programmatico, diventa a tre corsie, nonché sulla direttrice proveniente da via Palagio degli Spini, che cambia verso di percorrenza. Anche la maggiore fluidità della circolazione nel nodo, cui consegue generalmente una diminuzione dei tempi di attraversamento, comporta un'aumento di domanda legato alla maggior attrattività dei percorsi che lo attraversano.

Confrontando gli scenari programmatici con quelli progettuali si vede come questi ultimi presentino un complessivo miglioramento dei livelli di saturazione in tutti gli orizzonti temporali.

Tuttavia nell'analisi funzionale di un nodo viabilistico il grado di saturazione non consente di evidenziare la qualità del regime di circolazione: a livelli di saturazione che su alcuni archi possono restare elevati possono infatti corrispondere dei livelli di servizio fortemente migliorativi. Tali evidenze risulteranno palesi nello studio micromodellistico del nodo di Peretola cui si rimanda.

In conclusione, lo studio di traffico a supporto della progettazione definitiva evidenzia l'importanza dell'intervento di progetto nel ristabilire adeguate condizioni di esercizio sulla tratta e tali da risultare, anche nel lungo periodo, migliorative rispetto all'attuale.



Figura 2-8 - Nodo di Peretola: Scenario progettuale 2035

### 3 SISMICITA'

Le accelerazioni orizzontali massime convenzionali su suolo di categoria A, riferite ai Comuni interessati dal tracciato autostradale, sono riportate nelle tabelle contenute nel presente paragrafo, insieme ai principali parametri di interesse necessari per la definizione dell'azione sismica.

Nelle tabelle con  $T_R$  (in anni) e  $a_g$  (in g) si indica rispettivamente il tempo di ritorno e l'accelerazione di picco su suolo di categoria A.

In fase progettuale, fissato il periodo di riferimento  $V_R$  (vedi § 2.4 delle NTC DM 14 Gennaio 2008) e stabilita la probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  (funzione dello stato limite considerato, vedi **Figura 3-1**), è possibile stimare il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  attraverso l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

**Figura 3-1 - Definizione degli stati limite secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e relative probabilità di superamento  $P_{VR}$ .**

| Stati limite di esercizio ( $P_{VR}$ )  | Stati limite ultimi ( $P_{VR}$ )                    |
|---|---|
| SLO - Stato limite di operatività (81%) | SLV- Stato limite di salvaguardia (10%)             |
| SLD - Stato limite di danno (63%)       | SLD – Stato limite di prevenzione del collasso (5%) |

Qualora la pericolosità sismica su reticolo di riferimento (vedi Allegato B delle NTC DM 14 Gennaio 2008) non contempli il periodo di ritorno corrispondente al  $V_R$  e alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  fissate in progetto, il valore del generico parametro  $p$  ( $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*_c$ ) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai  $T_R$  previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale:

- $p$  è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno  $T_R$  desiderato;

- TR1 , TR2 sono i periodi di ritorno più prossimi a TR per i quali si dispone dei valori p1 e p2 del generico parametro p.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*_c$  relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC.

Nella tabella seguente si riportano le categoria di sottosuolo assunte per i vari comuni di interesse allo stato attuale delle conoscenze delle condizioni geologiche, geotecniche e stratigrafiche. In funzione delle risultanze delle campagne geognostiche associate ai successivi approfondimenti progettuali e soprattutto alla luce dei valori registrati delle velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ , si provvederà a confermare le ipotesi assunte.

**Figura 3-2 - Accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A**  
**– periodo di riferimento  $V_R=50$ anni**

|                                    |         |                     |                   |       |         |         |
|------------------------------------|---------|---------------------|-------------------|-------|---------|---------|
|                                    | Firenze | Sesto<br>Fiorentino | Campi<br>Bisenzio | Prato | Agliana | Pistoia |
| <b>Categoria di<br/>Sottosuolo</b> | C       | C                   | C                 | C     | C       | C       |

Per i comune di interesse si riportano di seguito le tabelle (**Figura 3-3÷Figura 3-8**) con i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T^*_c$ , in funzione del periodo di ritorno  $T_R$ . I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*_c$  sono stimati come media pesata dei valori assunti dai parametri nei 4 vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione e i 4 vertici sopraccitati.

**Figura 3-3 - Comune di Firenze**  
**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*_c$  al variare del tempo di ritorno  $T_R$**

| <b>R<br/>(anni)</b> | <b><math>a_g</math><br/>(g)</b> | <b><math>F_o</math><br/>(-)</b> | <b><math>T^*_c</math><br/>(s)</b> |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| <b>30</b>           | 0.047                           | 2.551                           | 0.253                             |
| <b>50</b>           | 0.056                           | 2.587                           | 0.267                             |
| <b>72</b>           | 0.064                           | 2.595                           | 0.276                             |
| <b>101</b>          | 0.072                           | 2.591                           | 0.282                             |
| <b>140</b>          | 0.080                           | 2.602                           | 0.287                             |

| R<br>(anni) | $a_g$<br>(g) | $F_o$<br>(-) | $T_c^*$<br>(s) |
|-------------|--------------|--------------|----------------|
| 201         | 0.094        | 2.524        | 0.294          |
| 475         | 0.131        | 2.412        | 0.302          |
| 975         | 0.167        | 2.388        | 0.310          |
| 2475        | 0.221        | 2.414        | 0.318          |

**Figura 3-4 - Comune di Sesto Fiorentino**  
**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  al variare del tempo di ritorno  $T_R$**

| $T_R$<br>(anni) | $a_g$<br>(g) | $F_o$<br>(-) | $T_c^*$<br>(s) |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30              | 0.048        | 2.539        | 0.252          |
| 50              | 0.058        | 2.575        | 0.267          |
| 72              | 0.066        | 2.570        | 0.275          |
| 101             | 0.075        | 2.575        | 0.281          |
| 140             | 0.084        | 2.576        | 0.286          |
| 201             | 0.097        | 2.517        | 0.293          |
| 475             | 0.135        | 2.424        | 0.302          |
| 975             | 0.172        | 2.392        | 0.311          |
| 2475            | 0.228        | 2.415        | 0.320          |

**Figura 3-5 - Comune di Campi Bisenzio**  
**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  al variare del tempo di ritorno  $T_R$**

| $T_R$<br>(anni) | $a_g$<br>(g) | $F_o$<br>(-) | $T_c^*$<br>(s) |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30              | 0.047        | 2.544        | 0.251          |
| 50              | 0.057        | 2.580        | 0.265          |
| 72              | 0.064        | 2.586        | 0.274          |
| 101             | 0.073        | 2.583        | 0.280          |
| 140             | 0.081        | 2.593        | 0.285          |
| 201             | 0.095        | 2.511        | 0.292          |
| 475             | 0.132        | 2.415        | 0.299          |
| 975             | 0.169        | 2.385        | 0.309          |
| 2475            | 0.223        | 2.410        | 0.318          |

**Figura 3-6 - Comune di Prato**

 Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*_c$  al variare del tempo di ritorno  $T_R$ 

| $T_R$<br>(anni) | $a_g$<br>(g) | $F_o$<br>(-) | $T^*_c$<br>(s) |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30              | 0.050        | 2.523        | 0.250          |
| 50              | 0.061        | 2.548        | 0.266          |
| 72              | 0.070        | 2.535        | 0.274          |
| 101             | 0.080        | 2.541        | 0.279          |
| 140             | 0.090        | 2.534        | 0.284          |
| 201             | 0.105        | 2.474        | 0.289          |
| 475             | 0.143        | 2.425        | 0.299          |
| 975             | 0.183        | 2.391        | 0.310          |
| 2475            | 0.243        | 2.412        | 0.320          |

**Figura 3-7 - Comune di Agliana**

 Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*_c$  al variare del tempo di ritorno  $T_R$ 

| $T_R$<br>(anni) | $a_g$<br>(g) | $F_o$<br>(-) | $T^*_c$<br>(s) |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30              | 0.050        | 2.518        | 0.249          |
| 50              | 0.061        | 2.544        | 0.265          |
| 72              | 0.070        | 2.527        | 0.272          |
| 101             | 0.080        | 2.535        | 0.277          |
| 140             | 0.090        | 2.522        | 0.283          |
| 201             | 0.107        | 2.445        | 0.286          |
| 475             | 0.146        | 2.411        | 0.297          |
| 975             | 0.185        | 2.384        | 0.309          |
| 2475            | 0.246        | 2.408        | 0.318          |

**Figura 3-8 - Comune di Pistoia**

 Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*_c$  al variare del tempo di ritorno  $T_R$ 

| $T_R$<br>(anni) | $a_g$<br>(g) | $F_o$<br>(-) | $T^*_c$<br>(s) |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30              | 0.051        | 2.504        | 0.248          |
| 50              | 0.063        | 2.520        | 0.264          |

| <b>T<sub>R</sub></b><br><b>(anni)</b> | <b>a<sub>g</sub></b><br><b>(g)</b> | <b>F<sub>o</sub></b><br><b>(-)</b> | <b>T<sub>c</sub><sup>*</sup></b><br><b>(s)</b> |
|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|
| <b>72</b>                             | 0.074                              | 2.498                              | 0.270  |
| <b>101</b>                            | 0.085                              | 2.499                              | 0.274  |
| <b>140</b>                            | 0.097                              | 2.483                              | 0.279  |
| <b>201</b>                            | 0.114                              | 2.425                              | 0.283  |
| <b>475</b>                            | 0.155                              | 2.402                              | 0.293  |
| <b>975</b>                            | 0.198                              | 2.380                              | 0.303  |
| <b>2475</b>                           | 0.263                              | 2.396                              | 0.317  |

## **4 GEOLOGIA , GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA**

### **4.1 GENERALITÀ**

Lo studio geologico è stato condotto su una fascia di territorio che si sviluppa per una lunghezza di circa 27 km ed un'ampiezza di circa 1 km a cavallo dell'attuale tracciato autostradale.

Lo scopo del presente capitolo consiste nell'illustrare gli elementi utili ad individuare i principali aspetti progettuali riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei terreni attraversati dal tracciato.

L'area in esame appartiene alla fascia centrale della catena orogenica dell'Appennino settentrionale ed è parte integrante della fascia di deformazione perimediterranea, sviluppatasi prevalentemente in tempi neogenici e costituita da una struttura complessa di falde e thrust formatasi in relazione a più fasi tettoniche.

Dal Tortoniano superiore nella parte interna della catena appenninica si sono sviluppati dei bacini fra i quali il Bacino di Firenze-Prato-Pistoia, che classicamente sono stati interpretati come generati in regime distensivo.

L'elemento tettonico principale del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia è rappresentato dal sistema di faglie lungo la direttrice Prato – Fiesole, che consiste in un fascio sub-parallelo di faglie normali, disposto a gradini ed orientato circa NO-SE con immersione a SO. Tale sistema delimita il margine orientale del bacino.

Il bacino di Firenze-Prato-Pistoia presenta una natura fluvio-lacustre ascrivibile al Pleistocene inferiore (non si esclude anche il Pliocene superiore), sviluppatasi a seguito del formarsi di una struttura a semi - graben regolata dal sistema di faglie di Fiesole.

La profondità massima del bacino risulta di 600 m nell'area di Prato e diminuisce progressivamente verso E per raggiungere la minima profondità nell'area di Firenze città, dove si rinvennero circa 50 m di sedimenti.

In particolare, da bibliografia, è stata individuata una successione litostratigrafica dei sedimenti fluvio-lacustri e alluvionali, in cui sono stati distinti 4 orizzonti (Firenze1, Firenze 2, Firenze 3, Firenze 4), oltre alle sottostanti rocce del paleo-invaso.

Dal punto di vista morfologico il bacino del Valdarno, nel centro del quale si sviluppa il tracciato autostradale oggetto di studio, è rappresentato da una zona pianeggiante che si estende per oltre 40 km tra Firenze e Pistoia.

Le caratteristiche morfologiche generali sono il risultato di diversi processi, che possono essere sintetizzati in: assetto geologico – strutturale, dinamica dei corsi d'acqua, intensa attività di rielaborazione del territorio ad opera dell'uomo (cave, riporti, discariche ed arginature dei corsi d'acqua).

L'elemento morfologico più rilevante della piana nel tratto di studio è rappresentato dalla conoide del fiume Bisenzio, il cui asse maggiore è orientato NNE-SSW. Altri corsi d'acqua minori come il torrente Ombrone, il torrente Brana, il torrente Calice ed il torrente Marina hanno contribuito con le loro alluvioni alla formazione della pianura. I maggiori apporti sedimentari dell'area sono tuttavia dovuti al fiume Bisenzio, che a partire dal suo arrivo nel bacino, ha cambiato più volte di corso, per formare la sua ampia conoide.

Sono da considerarsi come elementi della massima attenzione le aree di ex-lago e le aree paludose di recente bonifica rilevate e segnalate come particolarmente frequenti nell'area pistoiese. Infatti tali aree verosimilmente presentano al loro interno terreni a scadenti proprietà geotecniche; si tenga inoltre conto che quelle cartografate sono le sole oggi visibili dalle foto 2005 – 2008 ma probabilmente ne esistono con più ampia diffusione anche in aree oggi non più "leggibili" dagli interventi dell'uomo.

L'Autorità di Bacino del Fiume Arno nel decennio 1992-2002 ha effettuato rilevamenti volti a verificare il tasso di subsidenza (abbassamento verticale della superficie terrestre) all'interno del territorio del bacino del fiume Arno. L'elaborato ottenuto consiste in una mappatura delle velocità medie di deformazione dalla quale risulta che nel bacino fluviolacustre Firenze-Prato-Pistoia vi sono zone interessate da tassi di subsidenza tra i più alti registrati nell'intero bacino dell'Arno.

L'abbassamento del suolo può essere legato a cause naturali, quali i processi tettonici, i movimenti isostatici e le trasformazioni chimico-fisiche (diagenesi) dei sedimenti per effetto del carico litostatico o dell'oscillazione del livello di falda. Alcuni aspetti dell'attività antropica possono tuttavia influenzare in modo considerevole il fenomeno od addirittura determinarne l'innescio; rientra tra le cause più diffuse lo sfruttamento eccessivo delle falde acquifere. L'entità dell'abbassamento è funzione anche della natura dei terreni; in particolare, quelli a

granulometria fine (argille e limi) sono più suscettibili al fenomeno a causa di una loro maggiore compressibilità.

L'insieme delle attività svolte ha permesso la realizzazione di una planimetria geologica e di una planimetria geomorfologica a scala 1:5.000, di un profilo geologico longitudinale eseguito a 39 m dall'asse di tracciamento Ovest in scala 1:5000/500 e 1:5000/5000, e di alcune sezioni geologiche trasversali in scala 1:5000/500.

Le formazioni affioranti nell'area di studio, dalle più antiche alle più recenti sono:

- Depositi alluvionali attuali e recenti (Olocene)
- Depositi di conoide alluvionale (Olocene)
- Depositi antropici (Attuali)

Sulla base delle analisi dei dati bibliografici e dei risultati ottenuti dalle varie campagne di indagine eseguite sia per il presente progetto (preliminare e definitivo) che per altri limitrofi all'area di studio, è stato possibile definire il modello litostratigrafico del volume di terreno significativo che sarà interessato dal progetto di costruzione della terza corsia dell'autostrada A11 nel tratto Firenze Nord – Pistoia.

L'analisi di dettaglio dei sondaggi ha evidenziato spesso una netta similitudine tra i sedimenti alluvionali attuali/recenti ed i depositi di conoidi con termini variabili dal coesivo fine alla ghiaia. Ciò che differenzia nell'insieme i due differenti depositi cartografati nella carta geologica è la percentuale di terreni granulari di gran lunga maggiore nei depositi di conoide, a differenza dei depositi alluvionali attuali dove i terreni granulari si presentano come sporadici eventi localizzati ed estensione sia verticale che orizzontale limitata.

Al fine quindi di evidenziare le caratteristiche e le variazioni granulometriche dei sedimenti rilevati in fase di indagine, si è preferito nel profilo litostratigrafico operare una suddivisione per litofacies anziché per tipologia/ambiente deposizionale.

E' stato così possibile distinguere 4 litofacies principali delle quali 2 a carattere prevalentemente coesivo e 2 a carattere prevalentemente granulare come di seguito schematizzato:

#### LITOFACIES GRANULARI

- A) Terreni ghiaiosi e sabbiosi con possibile presenza di matrice limo argillosa in percentuale variabile;
- B) Terreni a granulometria sabbiosa fine con percentuale variabile di argilla e limo.

#### LITOFACIES COESIVE

- A) Terreni a granulometria variabile tra il limo argilloso e l'argilla limosa con percentuali variabili di sabbia fine;
- B) Terreni limo-sabbiosi con % variabili di ghiaia e sabbia.

In planimetria geomorfologica sono stati riportate anche le perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica, così come indicate nei documenti di dettaglio in scala 1:10.000 del Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino del Fiume Arno; in particolare:

- pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- pericolosità idraulica elevata (P.I.3) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da un evento con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- pericolosità idraulica media (P.I.2) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $100 < TR \leq 200$  anni ;
- pericolosità idraulica moderata (P.I.1) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $200 < TR \leq 500$  anni

Dal punto di vista dell'idrologia superficiale, i principali corsi d'acqua che interessano l'area oggetto di studio sono (da est ad ovest): il torrente Rimaggio, il torrente Garrile Chiosina, il torrente Marina, il torrente Marinella, il Fiume Bisenzio, il torrente Bardena, il torrente Ficarello, il torrente Bagnolo, il torrente Calice, il torrente Brana ed il Fiume Ombrone.

La posizione e l'importanza delle falde idriche è in relazione con l'evoluzione sedimentaria del bacino e quindi con la distribuzione dei sedimenti a diversa granulometria.

Presso il margine settentrionale della pianura c'è una falda libera nelle ghiaie dei conoidi fluviali, in particolare in corrispondenza del conoide del T. Marina. Questa falda è sfruttata soprattutto dalle industrie di Calenzano, ma anche da qualche pozzo ad uso acquedottistico.

In questa fascia pedemontana, alcuni pozzi sono stati spinti fino alle rocce del substrato, che sono quelle della Formazione di Monte Morello costituita in prevalenza da calcari marnosi e marne.

Procedendo verso il centro della pianura, le ghiaie e le sabbie vengono progressivamente sostituite da limi ed argille. Questa variazione di permeabilità fa risalire il livello freatico, tanto che nella stagione umida l'acqua di falda affiora.

La ricostruzione geologica del sottosuolo ha permesso ove possibile (presenza di indagini geognostiche) di definire la geometria generale del sistema acquifero presente nell'area di studio.

Si riconosce pertanto un complesso acquifero costituito da una serie di intervalli permeabili (ghiaie e sabbie più o meno limose) intercalati da strati acquiclude od acquitardi (limi ed argille) che comportano la presenza di più falde.

Al fine di ricostruire l'andamento dell'acquifero della piana di Firenze-Prato-Pistoia e attribuire classi di permeabilità alle diverse unità idrogeologiche individuate, sono stati analizzati ed interpretati i dati provenienti sia dalla bibliografia che dalle indagini geognostiche, in particolare dalle prove di permeabilità tipo Lefranc effettuate in sito.

Sono poi quindi elaborate 2 tipologie di cartografie tematiche: la Planimetria Idrogeologica ed il Profilo Idrogeologico.

L'andamento delle linee isopiezometriche riportato in planimetria idrogeologica è stato ricostruito basandosi sulle misure di falda effettuate nei pozzi e nei piezometri

In planimetria idrogeologica sono stati indicati due complessi idrogeologici in base alle suddivisioni operate nella planimetria geologica (depositi alluvionali e depositi di conoide), mentre la suddivisione in unità idrogeologiche riportate in profilo è avvenuta in base alla distinzione granulometrica associando un differente grado di permeabilità; sono stati quindi identificate e riportate in profilo idrogeologico 3 unità idrogeologiche:

- unità idrogeologica C1: terreni argilloso-limosi con % variabile di sabbia fine, caratterizzati da permeabilità da molto bassa a bassa, in rapporto alla % di frazione argillosa, con k che può risultare compreso tra  $10^{-6}$  e  $10^{-9}$  m/s;

- unità idrogeologica C2: terreni con frazione sabbiosa fine e limosa prevalente in % variabile. Questi depositi sono caratterizzati da permeabilità da bassa a media, con k che può risultare compreso tra  $10^{-4}$  e  $10^{-7}$  m/s;

- unità idrogeologica C3: terreni sabbioso-ghiaiosi con percentuale di limo e argilla variabile. Caratterizzati da permeabilità da medio-bassa ad elevata in rapporto alla percentuale di frazione ghiaiosa, con k che può risultare compreso tra  $10^{-2}$  e  $10^{-6}$  m/s.

Sul Profilo Idrogeologico è stato indicato l'andamento del livello della falda che meglio correla (anche criticamente) tutti le misure di soggiacenza effettuate sia nei pozzi che nei piezometri nel mese di ottobre 2010; in corrispondenza di diversi tratti del tracciato autostradale si evidenzia come il livello di falda risenta dell'emungimento operato nei pozzi vicini, tendendo ad un abbassamento marcato.

Inoltre sono stati graficamente inseriti in profilo anche i livelli piezometrici misurati nel mese di marzo 2011: dal confronto con i dati 2010 si evince che sostanzialmente la falda si è avvicinata al piano campagna (in alcuni casi la soggiacenza è diminuita di diversi metri) e che quindi sia soggetta a forti escursioni fino a risultare prossima al piano campagna.

Appare pertanto verosimile ipotizzare che l'escursione nel tempo della falda sia legata a situazioni al contorno come la variazione del regime di sfruttamento degli acquiferi, ad es. connesso ad un cambio d'uso del territorio con conseguente sostanziale diminuzione dei pompaggi. Tale scenario potrebbe perciò ridurre ulteriormente le soggiacenze attese.

Per una trattazione completa dei tematismi trattati in questa relazione tecnico-illustrativa si rimanda alle specifiche relazioni geologiche ed idrogeologiche, nonché alle planimetrie tematiche allegate al progetto.

## 4.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per l'intero tratto oggetto di studio, sono state predisposte apposite campagne di indagini geognostiche (indagini in sito e prove di laboratorio).

Di seguito si sintetizza brevemente la tipologia delle indagini effettuate, con particolare riguardo a quelle in sito.

### 4.2.1 Indagini geognostiche Fase A (progetto preliminare)

Sono costituite da:

- n. 16 sondaggi geognostici verticali, di cui 13 eseguiti a carotaggio continuo e 3 a distruzione di nucleo, spinti a profondità variabili (fino 40 m da p.c.). Nei fori di sondaggio sono state eseguite prove in foro tipo SPT, prove di permeabilità di tipo Lefranc, prove pressiometriche di tipo Menard, prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati. Dei 16 sondaggi, 6 sono stati strumentati con tubo in pvc per la realizzazione di sismica in foro di tipo Cross-Hole e 10 con piezometro tipo Norton e Casagrande).
- n. 5 sondaggi geognostici verticali eseguiti a carotaggio continuo in sede autostradale spinti fino alla profondità di 10 m dal p.c. realizzati allo scopo di valutare le caratteristiche dei rilevati esistenti;
- n. 5 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPT-U), spinte a profondità variabili fino a 29.50 m dal p.c.;
- n. 8 prove con dilatometro piatto Marchetti (DMT), spinte a profondità variabili fino a 25.8 m dal p.c.;
- n. 4 prove con dilatometro piatto Marchetti (DMT) con esecuzione di prospezione sismica tipo Down-Hole S-DMT, spinte a profondità variabili fino a 27 m da p.c.;
- n. 8 pozzetti esplorativi superficiali, spinti a profondità variabile fino a 4 m da p.c., con esecuzione di prove di carico su piastra, determinazioni della densità in sito e prelievo di campioni rimaneggiati;
- prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati dai sondaggi geognostici e dai pozzetti esplorativi, costituite da prove di caratterizzazione fisica (granulometrie

e limiti), prove meccaniche con determinazione delle caratteristiche di resistenza e prove dinamiche (prova di taglio torsionale ciclico e prova in colonna risonante).

#### 4.2.2 Indagini geognostiche Fase B (progetto definitivo)

Sono costituite da:

- n. 34 sondaggi geognostici verticali eseguiti a carotaggio continuo spinti a profondità variabili (fino 40 m da p.c.). Nei fori di sondaggio sono state eseguite prove in foro tipo SPT, prove di permeabilità di tipo Lefranc, prove pressiometriche di tipo Menard, prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati. Tutti i sondaggi sono stati strumentati con con piezometro tipo Norton e/o Casagrande.
- n. 5 sondaggi geognostici verticali (sigla SD) eseguiti a carotaggio continuo in sede autostradale spinti fino alla profondità massima di 6 m dal p.c. realizzati allo scopo di valutare le caratteristiche dei rilevati esistenti;
- n. 9 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPT-U), spinte a profondità variabili fino a 25.0 m dal p.c.;
- n. 14 pozzetti esplorativi superficiali, spinti a profondità variabile fino a 4 m da p.c., con esecuzione di prove di carico su piastra, determinazioni della densità in sito e prelievo di campioni rimaneggiati;
- prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati dai sondaggi geognostici e dai pozzetti esplorativi, costituite da prove di caratterizzazione fisica (granulometrie e limiti), prove meccaniche con determinazione delle caratteristiche di resistenza e prove dinamiche (prova di taglio torsionale ciclico e prova in colonna risonante);
- analisi chimiche di laboratorio su campioni di terreno prelevati dai sondaggi geognostici eseguiti in sede autostradale (sigla SD) e da appositi pozzetti a finalità ambientale distribuiti lungo il corpo del rilevato autostradale esistente; sono state pertanto effettuate determinazioni su un set di parametri elencati nel Dlgs. 152/2006 ed inoltre, per i campioni prelevati nei sondaggi SD, è stato determinato il contenuto in minerali potenzialmente amiantiferi mediante tecnica SEM-EDS, comprendente il conteggio delle fibre mediante microscopio elettronico a scansione (SEM), l'individuazione della composizione chimica delle singole fasi mediante microanalisi a raggi X in dispersione di energia (EDS) e calcolo della percentuale in peso (ppm)

del contenuto in minerali fibrosi; per le valutazioni relative alle risultanze di quest'ultima tipologia di analisi si rimanda agli elaborati contenuti nella documentazione generale di progetto.

#### 4.2.3 Indagini pregresse

Alle indagini geognostiche suddette si affiancano le indagini geognostiche pregresse, realizzate in periodi differenti per conto di Autostrade lungo diversi punti del tracciato ed in relazione a differenti scopi (progetto Anidro, ampliamenti, opere di manutenzione, ecc.) e le indagini bibliografiche reperite presso gli enti pubblici.

Nel dettaglio le indagini analizzate riguardano i seguenti interventi:

- Bretella Prato Signa (campagne 2003, 2007);
- Interconnessione A1/A11 (campagna 1998);
- Svincolo di Peretola (campagne 1998 e 2007)
- Area di Servizio Peretola Nord (campagna 2003)
- Indagini Piano Strutturale di Calenzano
- Pozzi Regione Toscana (Consorzio Lamma)
- Pozzi Provincia di Prato
- Stazioni di Monitoraggio ARPAT

Tutte le indagini geognostiche disponibili sono riportate negli elaborati cartografici geologici in scala 1:5000 secondo la loro reale ubicazione plano-altimetrica (planimetria di ubicazione delle indagini geognostiche), con simbologia differente in relazione al tipo di indagine ed al tipo di strumentazione installata.

## 5 GEOTECNICA

### 5.1 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E STRATIGRAFICHE

Alla luce dell'esame della documentazione geognostica e geotecnica a disposizione (indagini in sito e di laboratorio pregresse, indagini in sito e di laboratorio di fase A e di fase B e riferimenti bibliografici) è stato possibile descrivere e compiutamente caratterizzare la natura dei terreni incontrati lungo il tracciato autostradale in ampliamento.

Il tracciato, in termini generali, interessa terreni alluvionali costituiti, da un punto di vista litologico, prevalentemente da materiali coesivi (limi-argillosi con percentuali variabili di sabbia e ghiaia) con interdigitazioni di materiali decisamente granulari (sabbie e ghiaie).

I criteri di interpretazione dei risultati delle indagini geognostiche possono essere così riassunti:

- definizione delle sequenze litostratigrafiche in corrispondenza di ogni sondaggio sulla base della descrizione litologica e delle prove di classificazione (granulometria e proprietà indice);
- definizione delle sequenze litostratigrafiche in corrispondenza delle prove CPT e CPTU sulla base delle indicazioni ottenute dalle carte di classificazione proposte da Robertson (1990), in funzione dei valori della resistenza totale alla punta, dell'attrito laterale e della pressione interstiziale;
- definizione delle sequenze litostratigrafiche in corrispondenza delle prove DMT sulla base degli abachi di classificazione proposti da Marchetti (1980) e Marchetti-Craps (1981), in funzione dei valori dell'indice e del modulo dilatometrico;
- suddivisione dei terreni indagati in macro-unità stratigrafiche caratterizzate dallo stesso tipo litologico prevalente e loro caratterizzazione in termini di parametri geotecnici di resistenza e deformabilità, ricavati da:
  - correlazioni da risultati di prove CPT;
  - correlazioni da risultati di prove SPT;
  - correlazioni da risultati di prove DMT;
  - correlazioni da risultati di prove geotecniche di laboratorio (prove di classificazione e proprietà indice, prove meccaniche di taglio diretto e

triassiali consolidate isotropicamente e anisotropicamente, a rottura drenata e non drenata) eseguite sui campioni indisturbati prelevati in sito per la definizione dei parametri di resistenza;

- correlazioni da risultati di prove geotecniche di laboratorio (prove edometriche, prove di colonna risonante) eseguite sui campioni indisturbati prelevati in sito per la definizione dei parametri di deformabilità e delle curve di decadimento dei moduli di taglio;
- interpretazione delle prove di permeabilità in sito.

Lungo il tracciato autostradale sono state individuate due unità stratigrafiche principali:

- l'unità A, costituita da terreni prevalentemente a grana fine (argille, argille limose, limi argillosi, limi sabbiosi)
- l'unità B, costituita da terreni prevalentemente grossolani (sabbia, sabbie limose e sabbie ghiaiose)

Tali unità sono state suddivise lungo il tracciato in sei macrozone, omogenee dal punto di vista della sequenza litostratigrafica; nelle tabelle seguenti sono sintetizzate le proprietà meccaniche specifiche di ciascuna unità all'interno di una macrozona.

**Figura 5-1 - Caratteristiche meccaniche delle unità A nella macro-zona 1**

| Zona omogenea 1 |                      | da km 0 a 7+700                     |
|-----------------|----------------------|-------------------------------------|
| Unità           |                      | A                                   |
| $\gamma_n$      | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.2 ± 0.7                          |
| $N_{SPT}$       | [colpi/30cm]         | 8+1.1*z                             |
| $\phi'_{cv}$    | [°]                  | 26.4 ± 2.2                          |
| $c'$            | [kPa]                | 0                                   |
| $q_t$           | [MPa]                | 1.5 - 2                             |
| $c_u$           | [kPa]                | 30+7*z                              |
| OCR             | [-]                  | (10 - 0.3*z) ≥ 1                    |
| $k_0$           | [-]                  | (1-sin $\phi'$ )·OCR <sup>0.5</sup> |
| M               | [MPa]                | 10-30                               |
| $c_\alpha$      | [%]                  | non disponibile                     |
| k               | [m/s]                | 5E-07 – 1E-10                       |
| $c_v$           | [cm <sup>2</sup> /s] | non disponibile                     |
| $G_0$           | [MPa]                | 20+25*z <sup>0.5</sup>              |

Figura 5-2 - Caratteristiche meccaniche delle unità A e B nella macro-zona 2

| Zona omogenea 2 |                      | da km 7+700 a 9+500                 |
|-----------------|----------------------|-------------------------------------|
| Unità           |                      | A                                   |
| $\gamma_n$      | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.2 ± 1                            |
| $N_{SPT}$       | [colpi/30cm]         | 5+1*z                               |
| $\phi'_{cv}$    | [°]                  | 26.7 ± 2.2                          |
| $c'$            | [kPa]                | 0                                   |
| $q_t$           | [MPa]                | non disponibile                     |
| $c_u$           | [kPa]                | 30+6.5*z                            |
| OCR             | [-]                  | (3 - 0.1*z) ≥ 1                     |
| $k_0$           | [-]                  | (1-sin $\phi'$ )·OCR <sup>0.5</sup> |
| M               | [MPa]                | 5-25                                |
| $c_\alpha$      | [%]                  | 0.01                                |
| k               | [m/s]                | 4E-07– 1E-10                        |
| $c_v$           | [cm <sup>2</sup> /s] | 9E-04                               |
| $G_0$           | [MPa]                | 20+25*Z <sup>0.5</sup>              |
| Unità           |                      | B                                   |
| $\gamma_n$      | [kN/m <sup>3</sup> ] | 18.4 ± 0.7                          |
| $N_{SPT}$       | [colpi/30cm]         | 30                                  |
| $\phi'_{cv}$    | [°]                  | 34 ± 1.5                            |
| $c'$            | [kPa]                | 0                                   |
| $q_t$           | [MPa]                | 20                                  |
| $D_R$           | [kPa]                | 60-40                               |
| $k_0$           | [-]                  | (1-sin $\phi'$ )                    |
| k               | [m/s]                | non disponibile                     |
| $G_0$           | [MPa]                | 100-120                             |

**Figura 5-3 - Caratteristiche meccaniche delle unità A e B nella macro-zona 3**

| Zona omogenea 3 |                      | da km 9+500 a 16+500                |
|-----------------|----------------------|-------------------------------------|
| Unità           |                      | A                                   |
| $\gamma_n$      | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.2 ± 0.8                          |
| $N_{SPT}$       | [colpi/30cm]         | 8+1.1*z                             |
| $\phi'_{cv}$    | [°]                  | 27 ± 1.7                            |
| $c'$            | [kPa]                | 0                                   |
| $q_t$           | [MPa]                | 1-2                                 |
| $c_u$           | [kPa]                | 50+4*z                              |
| OCR             | [-]                  | (4 - 0.15*z) ≥ 1                    |
| $k_0$           | [-]                  | (1-sin $\phi'$ )·OCR <sup>0.5</sup> |
| M               | [MPa]                | 7-30                                |
| $c_\alpha$      | [%]                  | 0.006                               |
| k               | [m/s]                | 2E-10                               |
| $c_v$           | [cm <sup>2</sup> /s] | 1.00E-03                            |
| $G_0$           | [MPa]                | 20+25*Z <sup>0.5</sup>              |
| Unità           |                      | B                                   |
| $\gamma_n$      | [kN/m <sup>3</sup> ] | 18.8 ± 0.8                          |
| $N_{SPT}$       | [colpi/30cm]         | 10+1.5*z                            |
| $\phi'_{cv}$    | [°]                  | 34 ± 1.5                            |
| $c'$            | [kPa]                | 0                                   |
| $q_t$           | [MPa]                | 9-12 per z < 15 m                   |
| $D_R$           | [kPa]                | 60-40                               |
| $k_0$           | [-]                  | (1-sin $\phi'$ )                    |
| k               | [m/s]                | 5E-05                               |
| $G_0$           | [MPa]                | 30+25*Z <sup>0.5</sup>              |

Figura 5-4 - Caratteristiche meccaniche delle unità A e B nella macro-zona 4

| Zona omogenea 4 |                      | da km 16+500 a 19+800               |
|-----------------|----------------------|-------------------------------------|
| <b>Unità</b>    |                      | <b>A</b>                            |
| $\gamma_n$      | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.7 ± 0.35                         |
| $N_{SPT}$       | [colpi/30cm]         | 10-20                               |
| $\phi'_{cv}$    | [°]                  | 25.6 ± 1.3                          |
| $c'$            | [kPa]                | 0                                   |
| $q_t$           | [MPa]                | 0.7-2.5                             |
| $c_u$           | [kPa]                | 50+4*z                              |
| OCR             | [-]                  | (6 - 0.33*z) ≥ 1                    |
| $k_0$           | [-]                  | (1-sin $\phi'$ )·OCR <sup>0.5</sup> |
| M               | [MPa]                | 20-10                               |
| $c_\alpha$      | [%]                  | 0.038                               |
| k               | [m/s]                | 2E-09                               |
| $c_v$           | [cm <sup>2</sup> /s] | 2.00E-03                            |
| $G_0$           | [MPa]                | 40+20*z <sup>0.4</sup>              |
| <b>Unità</b>    |                      | <b>B</b>                            |
| $\gamma_n$      | [kN/m <sup>3</sup> ] | 18.6 ± 0.9                          |
| $N_{SPT}$       | [colpi/30cm]         | 15-25                               |
| $\phi'_{cv}$    | [°]                  | 33 ± 2                              |
| $c'$            | [kPa]                | 0                                   |
| $q_t$           | [MPa]                | 5-18                                |
| $D_R$           | [kPa]                | 70-40                               |
| $k_0$           | [-]                  | (1-sin $\phi'$ )                    |
| k               | [m/s]                | 3.00E-05                            |
| $G_0$           | [MPa]                | 30+20*z <sup>0.5</sup>              |

**Figura 5-5 - Caratteristiche meccaniche delle unità A e B nella macro-zona 5**

| Zona omogenea 5 |                      | da km 19+800 a 21+300               |
|-----------------|----------------------|-------------------------------------|
| Unità           |                      | A                                   |
| $\gamma_n$      | [kN/m <sup>3</sup> ] | 18.7 ± 0.8                          |
| $N_{SPT}$       | [colpi/30cm]         | 8+1.1*z                             |
| $\phi'_{cv}$    | [°]                  | 27 ± 1.8                            |
| $c'$            | [kPa]                | 0                                   |
| $q_t$           | [MPa]                | 0.8-1.5                             |
| $c_u$           | [kPa]                | 40+4*z                              |
| OCR             | [-]                  | (6 - 0.2*z) $\geq 1$                |
| $k_0$           | [-]                  | (1-sin $\phi'$ )·OCR <sup>0.5</sup> |
| M               | [MPa]                | 5-30                                |
| $c_\alpha$      | [%]                  | non disponibile                     |
| k               | [m/s]                | 7.50E-07– 1E-10                     |
| $c_v$           | [cm <sup>2</sup> /s] | non disponibile                     |
| $G_0$           | [MPa]                | 20+20*z <sup>0.5</sup>              |

Figura 5-6 - Caratteristiche meccaniche delle unità A e B nella macro-zona 6

| Zona omogenea 6 |                      | da km 21+300 a 27+700               |
|-----------------|----------------------|-------------------------------------|
| Unità           |                      | A                                   |
| $\gamma_n$      | [kN/m <sup>3</sup> ] | 19.4 ± 0.6                          |
| $N_{SPT}$       | [colpi/30cm]         | 8+1.1*z                             |
| $\phi'_{cv}$    | [°]                  | 27.4 ± 1.8                          |
| $c'$            | [kPa]                | 0                                   |
| $q_t$           | [MPa]                | 0.8-3.5                             |
| $c_u$           | [kPa]                | 50+4*z                              |
| OCR             | [-]                  | (6 - 0.2*z) $\geq 1$                |
| $k_0$           | [-]                  | (1-sin $\phi'$ )·OCR <sup>0.5</sup> |
| M               | [MPa]                | 5-30                                |
| $c_\alpha$      | [%]                  | 0.02                                |
| k               | [m/s]                | 2E-07– 1E-10                        |
| $c_v$           | [cm <sup>2</sup> /s] | 1.10E-03                            |
| $G_0$           | [MPa]                | 20+20*z <sup>0.5</sup>              |
| Unità           |                      | B                                   |
| $\gamma_n$      | [kN/m <sup>3</sup> ] | 18.5 ± 0.8                          |
| $N_{SPT}$       | [colpi/30cm]         | 10+1.5*z                            |
| $\phi'_{cv}$    | [°]                  | 31.8 ± 1.6                          |
| $c'$            | [kPa]                | 0                                   |
| $q_t$           | [MPa]                | 3-20                                |
| $D_R$           | [kPa]                | 40-70                               |
| $k_0$           | [-]                  | (1-sin $\phi'$ )                    |
| k               | [m/s]                | 7E-06                               |
| $G_0$           | [MPa]                | 30+20*z <sup>0.5</sup>              |

Per tutte le opere principali della tratta (ponti, viadotti, sottovia e cavalcavia) è stato elaborato uno specifico modello geotecnico, utilizzando e confrontando i risultati delle elaborazioni di tutte le prove in sito realizzate nelle immediate vicinanze dell'opera stessa e delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati.

Il modello geotecnico riporta, per le unità litostratigrafiche individuate nel sito in esame, i valori medi dei principali parametri geotecnici e la classificazione sismica di terreni in accordo alla Normativa vigente.

In tutti i siti analizzati i terreni sono risultati appartenere alla categoria di sottosuolo C e, sporadicamente, D.

Per il dettaglio dei modelli geotecnici, si rimanda alla relazione geotecnica generale e allo specifico allegato che le raggruppa e descrive; a corredo dei modelli sono riportate anche delle schede di sintesi contenenti i risultati delle elaborazioni di tutte le prove di sito e di laboratorio interpretate per derivare ogni modello geotecnico.

## 5.2 SUSCETTIBILITÀ A LIQUEFAZIONE

In alcune zone interessate dal tracciato non è possibile escludere la possibilità di occorrenza del fenomeno della liquefazione, a causa sia della presenza di strati di terreno sabbioso sotto falda entro i primi 20m di profondità da p.c., sia degli elevati valori di accelerazione massima attesa.

Sono state, pertanto, condotte le verifiche di suscettibilità alla liquefazione in tutti i siti in cui sono presenti strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda entro i primi 20 m di profondità.

Il livello di rischio connesso al verificarsi del fenomeno di liquefazione è risultato basso o assente in tutti i siti analizzati.

Per il dettaglio delle verifiche si rimanda integralmente alla relazione geotecnica generale ed allo specifico allegato di dettaglio.

## 5.3 VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI

Le verifiche di stabilità dei rilevati (statiche e dinamiche) sono state condotte in accordo alle prescrizioni normative relative alle opere di materiali sciolti, sia a breve (condizioni non drenate) che a lungo termine (condizioni drenate).

Partendo dal presupposto che i rilevati esistenti sono stabili nelle condizioni statiche attuali, sono state eseguite le verifiche di stabilità dell'intero corpo dell'allargamento, tralasciando gli elementi corticali dello stesso.

Tutte le verifiche sono risultate soddisfatte.

Per il dettaglio delle verifiche si rimanda integralmente alla relazione geotecnica generale ed allo specifico allegato di dettaglio.

#### **5.4 CALCOLO DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI**

Sono state verificate agli stti limite di esercizio (SLE)

- la funzionalità delle opere in terra esistenti a seguito del loro progetto di ampliamento
- la funzionalità delle nuove opere in terra in corrispondenza dello svnicolo di Pistoia Est.

Per quanto riguarda gli ampliamenti, essi comportano nella maggior parte dei casi un incremento di volume abbastanza contenuto, quindi un limitato incremento dello stato tensionale attuale agente sui terreni di fondazione. I cedimenti indotti dall'ampliamento sull'esistente, pertanto, sono stati calcolati ipotizzando un terreno di fondazione come mezzo elastico equivalente. In ogni sezione di calcolo il cedimento indotto è risultato sempre inferiore a 2 cm. In considerazione della permeabilità dei terreni interessati, si può ragionevolmente ipotizzare che il cedimento indotto si esaurisca durante le fasi di costruzione del rilevato.

Per quanto riguarda l'area di svincolo di Pistoia Est, interessata da un rilevato di altezza media di 3m circa, considerata l'estrema suscettibilità ai cedimenti delle strutture di riscossione, si è valutato nel tempo il decorso dei cedimenti indotti; il calcolo ha evidenziato che le nuove opere in terra inducono su terreni di fondazione cedimenti elevati in tempi molto lunghi.

Si prevede, pertanto, oltre ad un necessario approfondimento delle indagini geognostiche in sito e di laboratorio in sede di progettazione esecutiva, un consolidamento dei terreni di fondazione mediante precarico e dreni verticali.

#### **5.5 PIANI DI POSA DEI RILEVATI**

In genere, il tratto di strada in oggetto è in rilevato con distanza minima (d) fra intradosso fondazione della sovrastruttura stradale e piano di posa del rilevato inferiore

ai 2m. Sono presenti comunque tratti di estensione limitata in cui la distanza (d) intradosso fondazione – piano di posa del rilevato è superiore a 2m o in cui la livelletta è in trincea.

Date le caratteristiche di portanza medio-basse dei terreni di fondazione lungo la tratta in oggetto, evidenziate dalle prove di carico su piastra eseguite nei pozzetti di fase A e B, per garantire i livelli prestazionali richiesti dal CSA in corrispondenza del piano di posa dei rilevati (variabili in funzione della distanza d prima definita), è stato in genere necessario prevedere la realizzazione di un idoneo strato di bonifica (mediante rimozione di uno strato di terreno in sito e sua sostituzione con terreno compattato di rigidezza opportuna, o mediante trattamento di stabilizzazione a calce – o a cemento, o mediante entrambe le procedure).

Il dimensionamento dello strato di bonifica è stato eseguito con riferimento al criterio del bi-strato elastico formulato da Burmister (1943).

Gli spessori di bonifica calcolati sono mediamente compresi fra 20 e 50 cm, con locali e sporadici approfondimenti fino a 80-120cm.

La preparazione del piano di posa dei rilevati prevede, inoltre, su tutta la tratta, l'esecuzione di uno strato materiale granulare con funzione di anticapillare, in relazione ai livelli freatici riscontrati, spesso a pochi metri di profondità dal piano campagna.

## 5.6 CONSIDERAZIONI SUL TRATTAMENTO A CALCE

Nell'ambito delle indagini sono state eseguite prove per determinare l'idoneità dei terreni superficiali al trattamento con calce per la costruzione di rilevati e per la preparazione dei piani di posa.

Dall'esame di tali prove, risultano idonei al trattamento a calce, in termini di proprietà chimiche e fisiche, i terreni presenti tra le progr. km 12+000 e 22+000; tali terreni hanno caratteristiche meccaniche medie, che migliorano del 20-30% se stabilizzati a calce. La percentuale di calce del 3% appare idonea a raggiungere gli obiettivi di trattamento.

Per i terreni presenti nei tratti restanti risultano più adeguati trattamenti di stabilizzazione alternativi, quali il trattamento a cemento.

## **6 IDROLOGIA E IDRAULICA**

### **6.1 IDROGRAFIA**

L'idrografia della zona interessata dall'intervento è tipica di un'area pianeggiante di origine alluvionale posta ai piedi delle colline appenniniche. La piana fiorentina è, infatti, sede di un reticolo idrografico molto complesso, composto sia da corsi d'acqua naturali (interferenze idrografiche principali e secondarie) sia da numerosi canali artificiali di bonifica che assicurano l'allontanamento delle acque dalle campagne. I canali artificiali sono perlopiù pensili ed assicurano il drenaggio delle acque alte mentre una fitta rete di fossi secondari e minori, posti al livello del piano campagna, assicurano il drenaggio delle acque basse competenti alle aree maggiormente depresse.

Nel contesto in argomento, non solo molti canali artificiali ma anche parecchi corsi d'acqua di origine naturale si presentano, oggi, fortemente artificializzati e pensili, con i problemi che ne derivano sia per i manufatti di attraversamento (altezze delle strutture, luce libera, franchi) sia per il recapito a gravità delle acque derivanti dal drenaggio del corpo stradale (piattaforma e scarpate).

### **6.2 IDROLOGIA**

La metodologia che si adotterà per la determinazione delle caratteristiche idrologico-idrauliche dei corsi d'acqua di interesse è la seguente:

- Se l'Autorità di Bacino competente, nell'ambito del PAI o di altro strumento normativo, o altro Ente competente in materia, indica i valori ufficiali delle grandezze idrologico-idrauliche ricercate, o fornisce una metodologia approvata per la loro determinazione, si utilizzeranno tali valori e metodologie ufficiali.
- Se l'Autorità di Bacino competente o altro Ente, non fornisce alcuna indicazione circa la caratterizzazione idrologico-idraulica dei corsi d'acqua di interesse, le grandezze di riferimento saranno calcolate utilizzando i metodi dell'idrologia classica desunti dalla letteratura specifica.

### 6.3 INTERFERENZE IDROGRAFICHE ED INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

Nell'ambito della progettazione degli interventi di ampliamento alla terza corsia lungo la direttrice autostradale A11 Firenze-Pisa Nord, nel tratto compreso tra Firenze e Pistoia (dal km 0+621 – al km 27+392), è stato eseguito uno studio idrologico e idraulico finalizzato all'analisi delle interferenze idrografiche e alla definizione degli interventi di sistemazione idraulica necessari (cfr. Relazione idrologico-idraulica).

I corsi d'acqua oggetto di studio sono stati classificati come principali, secondari e minori in funzione delle dimensioni delle loro opere di attraversamento e delle superfici dei bacini idrografici sottesi all'A11.

#### 6.3.1 Interferenze idrografiche principali e secondarie

Di seguito si allega l'elenco dei corsi d'acqua principali e secondari, la loro progressiva di intersezione con l'A11 ed i Consorzi di Bonifica su di essi competenti.

| Corso d'acqua principale | Progressiva (km) | Consorzio competente   |
|--------------------------|------------------|--|
| torrente Marina          | 5+950            | Consorzio di Bonifica Area Fiorentina  |
| fiume Bisenzio           | 8+366            | Consorzio di Bonifica Area Fiorentina/Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese e Bisenzio |
| fosso Ficarello          | 17+165           | Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese e Bisenzio                                       |
| torrente Bagnolo Bardena | 17+653           | Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese e Bisenzio                                       |
| torrente Calice          | 18+133           | Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese e Bisenzio                                       |
| torrente Brana           | 20+860           | Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese e Bisenzio                                       |

| Corso d'acqua secondario | Progressiva (km)   | Consorzio competente                               |
|--------------------------|--------------------|--|
| fosso Reale              | 1+948              | Consorzio di Bonifica Area Fiorentina              |
| torrente Garille Nuovo   | 5+798              | Consorzio di Bonifica Area Fiorentina              |
| torrente Marinella       | 7+208              | Consorzio di Bonifica Area Fiorentina              |
| torrente Iolo            | 15+465             | Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese e Bisenzio |
| torrente Brusigliano     | 25+222 -<br>26+421 | Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese e Bisenzio |

Le analisi redatte per il Progetto di ampliamento dell'A11 recepiscono i parametri idrologici ed i valori di portata risultanti dalla Pianificazione Vigente e dagli Studi relativi al rischio idraulico, eseguiti dai Consorzi di Bonifica e dai Comuni competenti sul territorio in cui si sviluppa l'autostrada A11 oggetto di ampliamento.

I manufatti di attraversamento (ponti, ponticelli) verranno generalmente ampliati in modo simmetrico (a monte e a valle) salvo casi in cui, per vincoli di varia natura (stradali, idraulici, espropriativi), saranno ampliati in maniera asimmetrica ovvero solo a monte o solo a valle. Gli ampliamenti saranno realizzati in modo tale da soddisfare i requisiti idraulici richiesti dalle normative vigenti e da non incrementare l'attuale grado di rischio.

### 6.3.2 Interferenze idrografiche minori

Per quanto riguarda le interferenze idrografiche minori, lungo il tracciato si incontrano molteplici fossi di campagna per la bonifica e l'irrigazione tipici di un contesto pianeggiante, ampiamente sfruttato a scopo vivaistico nella parte occidentale del tracciato e fortemente urbanizzato nella parte orientale. Tali aste generalmente attraversano l'autostrada mediante tombini circolari di diametro variabile da 300 a 1200 mm.

Il prolungamento verrà realizzato, a monte o a valle o da entrambi i lati, con la stessa sezione circolare o rettangolare.

### 6.3.3 Corsi d'acqua classificati ai sensi della DCR 12/2000 (ex 230/94)

I corsi d'acqua interferenti con gli interventi in progetto e classificati ai sensi della Delibera del Consiglio della Regione Toscana n. 12/2000 sono riportati nella tabella seguente:

| <i>Corso d'acqua</i>              | <i>Progressiva attraversamento [Km]</i> |
|-----------------------------------|---|
| Torrente Garille                  | 5+798                                   |
| Fiume Bisenzio                    | 8+366                                   |
| Torrente di Iolo/Torrente Bardena | 15+480                                  |
| Torrente Bagnolo                  | 17+668                                  |
| Torrente Calice                   | 18+145                                  |

Tali corsi d'acqua sono sottoposti a specifici vincoli di natura idraulica. Per i dettagli si rimanda alla Relazione Idraulica di progetto e alle successive fasi progettuali.

#### 6.3.4 Interventi di sistemazione idraulica

L'ampliamento dei manufatti di attraversamento (ponti, ponticelli, tombini), posti sui corsi d'acqua principali, secondari e minori, determina la necessità di prevedere degli interventi di sistemazione e raccordo all'alveo originario a monte o a valle o da entrambi i lati dell'infrastruttura. Tali interventi di sistemazione si possono riassumere in quattro tipologie principali:

- ricalibratura dell'alveo e sistemazione del fondo e delle sponde mediante rivestimento in massi di cava di opportuna pezzatura, eventualmente rinverdite e cementate nella parte fondazionale;
- ricalibratura dell'alveo e rivestimento di fondo e sponde mediante gabbioni e/o materassi metallici;
- risezionamento dell'alveo in terra, protezione con georete antierosione ed inerbimento delle sponde mediante idrosemina;
- ricalibratura della sezione e rivestimento del canale (fondo e sponde) in calcestruzzo, a sezione trapezia o rettangolare.

Le sistemazioni descritte si rendono necessarie per mettere in sicurezza le aste interferite ed evitare fenomeni di instabilità locale o diffusa delle sponde o del fondo, soprattutto in quelle aree in cui, a seguito degli interventi di ampliamento degli attraversamenti, l'equilibrio dell'asta è stato alterato e le strutture aggiunte hanno modificato il regime dei deflussi in caso di piena.

#### 6.4 SISTEMA DI DRENAGGIO DELLA PIATTAFORMA

Il sistema di drenaggio garantisce la raccolta delle acque meteoriche ricadenti sulla superficie pavimentata ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito; quest'ultimo è costituito dalle aste di qualsivoglia ordine della rete idrografica naturale o artificiale, purché compatibili quantitativamente e qualitativamente.

#### 6.4.1 Requisiti prestazionali

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione stradale dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si incontrano nello studio della rete drenante, e dovranno soddisfare i seguenti requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque evitando la formazione di ristagni sulla pavimentazione autostradale; questo si ottiene assegnando alla pavimentazione un'adeguata pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate;
- convogliare, ove necessario, tutte le acque raccolte dalla piattaforma ai punti di recapito presidiati, separandole dalle acque esterne che possono essere portate a recapito senza nessun tipo di trattamento;
- laminare le acque di piattaforma nei tratti in cui il ricettore finale è in condizioni critiche;
- evitare che le acque di ruscellamento esterne alle trincee possano determinare l'allagamento della sede viabile.

#### 6.4.2 Schema di drenaggio

Il sistema di drenaggio è suddiviso in tre parti fondamentali:

- Elementi di raccolta: costituiscono il sistema primario, possono essere elementi continui marginali alla carreggiata o discontinui, ad interassi dimensionati in modo da limitare i tiranti idrici in piattaforma garantendo la sicurezza degli utenti. Rientrano negli elementi di raccolta gli embrici, le cunette triangolari, le canalette grigliate e le caditoie grigliate.
- Elementi di convogliamento: rappresentano un sistema secondario, a valle degli elementi di raccolta. Gli elementi del sistema primario scaricano nel sistema secondario; si garantisce così la funzionalità del sistema primario e si evitano rigurgiti in piattaforma ottimizzando la sicurezza dell'infrastruttura. Gli elementi di convogliamento sono costituiti da canalizzazioni a cielo aperto (fossi rivestiti e

non) e da collettori in genere. Tali elementi provvedono al trasferimento delle acque verso i recapiti.

- Elementi di recapito: sono individuati nei corsi d'acqua naturali, nei canali irrigui e nei fossi di scolo della viabilità esistente.

#### 6.4.3 Criteri di progettazione

Per quanto riguarda il drenaggio di piattaforma, il progetto è stato sviluppato prestando particolare attenzione a quanto previsto dalle seguenti normative:

1. legge regionale n. 20 del 31-05-2006 (Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento) con relativo regolamento di attuazione n. 46/R dell'8 settembre 2008;
2. D.G.R. 12 del 2000.

Secondo la legge regionale n. 20, che impone il trattamento qualitativo delle acque provenienti dalla piattaforma autostradale, il sistema di drenaggio sviluppato è di tipo chiuso per tutta la lunghezza dell'intervento. Ciò significa che, per tutta la tratta indagata e senza distinzione tra un recapito e l'altro, l'acqua raccolta dalla piattaforma e dalle scarpate autostradali viene trattata qualitativamente prima di essere scaricata nei corsi d'acqua ricettori. In particolare sono stati previsti i trattamenti di sedimentazione e di disoleazione.

Il D.G.R. 12 del 2000, invece, è volto al rispetto della compatibilità idraulica del progetto. Secondo il decreto appena citato, si ha l'obbligo di realizzare dei volumi che vadano a compensare l'aumento di superficie pavimentata conseguente all'ampliamento dell'autostrada. Non è invece in alcun modo vincolata la portata massima che può essere scaricata nei ricettori. Gli Enti preposti a quantificare i volumi di compenso sono i Consorzi di Bonifica. Nel presente progetto, in assenza di indicazioni di dettaglio provenienti dai singoli consorzi di Bonifica coinvolti, i volumi di compenso sono stati valutati secondo le indicazioni del Consorzio di Bonifica Area Fiorentina, che è stato l'unico Ente a esprimersi a riguardo. All'interno del progetto in oggetto, il loro recupero è previsto in maniera preponderante all'interno dei fossi di guardia e dei collettori.

#### 6.4.4 Tipologia di drenaggio adottata

L'intervento in oggetto è caratterizzato dalla presenza diffusa di rilevati piuttosto bassi e da tombini idraulici e sottovia stradali molto superficiali. Queste due caratteristiche dall'infrastruttura autostradale ad oggi esistente hanno reso impossibile l'utilizzo diffuso del

sistema di raccolta e convogliamento costituito da canaletta grigliata e collettore sottostante. La presenza di rilevati bassi - infatti - spesso impedirebbe lo scarico a gravità nei ricettori, mentre opere molto superficiali impediscono il passaggio del collettore in loro corrispondenza.

Per queste due ragioni, oltre che per motivi di natura economica, si è sviluppato un sistema di drenaggio costituito soprattutto da embrici che scaricano all'interno del fosso di guardia posto al piede.

Nel caso in cui si è in presenza di barriere antirumore, questo schema viene modificato introducendo una canale rettangolare che scorre longitudinalmente all'infrastruttura e che permette di ridurre il passo di scarico dalla piattaforma al fosso sottostante.

Lo schema di drenaggio sopra presentato, non può però essere adottato nelle zone dove non esiste lo spazio per la realizzazione del fosso di guardia. In tal caso, se si è in presenza di barriere antirumore e/o di muri e se la lunghezza del tratto in oggetto è sufficientemente breve, si utilizza come elemento di raccolta e di convogliamento una canale rettangolare posizionata in piattaforma, di forma e dimensione del tutto analoga a quella sopra descritta; l'unica differenza consiste nell'assenza di scarichi intermedi, data l'assenza del fosso di guardia al piede.

Negli altri casi in cui non si ha lo spazio per la realizzazione del fosso di guardia, ma si hanno le quote necessarie per scaricare a gravità, e nei casi di drenaggio in centro carreggiata, si adotta il sistema di raccolta e di convogliamento costituito da canaletta grigliata continua associata al collettore sottostante.

Anche nell'unico e molto breve tratto in trincea di tutto l'intervento (tra il km 37525 e il km 37835), la raccolta in piattaforma viene effettuata con canale rettangolare oppure con il sistema costituito dalla canaletta grigliata continua associata al collettore sottostante. In questa situazione, il fosso di guardia è necessario per raccogliere i contributi esterni all'autostrada.

I collettori e le canale rettangolari possono scaricare all'interno dei fossi di guardia oppure direttamente nei recapiti. Questo secondo caso si verifica in carreggiata Ovest dall'inizio dell'intervento (al Km 0+621.256) fino al cavalcavia di via dei Giunchi (al Km 1+175.05), in carreggiata Est in corrispondenza del Fosso Parlanti (al Km 36+852.01) e in carreggiata Ovest in corrispondenza dell'Opera 268 (al Km 37+771.85).

I fossi di guardia utilizzati sono del tipo FR oppure, nei casi in cui si hanno a disposizione spazi molto esigui, di tipo CR. Si evidenzia che tutte le tipologie di fossi adottate sono

impermeabili; dato che sono realizzati in calcestruzzo. Ciò garantisce che il sistema di drenaggio sia sempre di tipo chiuso, data l'impossibilità di disperdere acqua non trattata qualitativamente.

Date le ridottissime pendenza dei fossi di guardia, essi svolgono la duplice funzione di convogliamento delle portate e di sedimentatori: ciò è possibile perché al loro interno la velocità idrica si mantiene molto contenuta.

Per il dimensionamento dei fossi di guardia sono stati considerati sia i criteri di convogliamento idraulico sia la necessità del recupero dei volumi legati all'aumento del pavimentato.

A valle dei fossi di guardia saranno realizzati dei manufatti di scarico in calcestruzzo per il recapito nei corsi d'acqua ricettori. I manufatti adottati sono muniti di lama disoleatrice ed – eventualmente - di valvola a clapet, ma saranno privi di organi di regolazione di portata.

Nel caso in cui l'elemento di convogliamento in piattaforma (canala rettangolare o collettore) non possa scaricare nel fosso di guardia, a monte del recapito, sotto la corsia di emergenza, sono stati previsti sedimentatore e disoleatore prefabbricati, in modo da garantire anche in questi casi la realizzazione di un sistema chiuso.

In corrispondenza dei vivai, dove attualmente il loro contributo idrico, che non è trascurabile, viene convogliato nei fossi di guardia autostradali, si riscontra la necessità di realizzare fossi con funzione di gronda, in modo da garantire la separazione tra le acque di piattaforma e quelle dei vivai e – dunque – garantire la realizzazione del sistema di tipo chiuso. Questa condizione si verifica in maniera discontinua ma diffusa a partire dall'interferenza con il Torrente Calice alla pk 18+133 fino allo svincolo di Pistoia Ovest, sia lato carreggiata Ovest sia lato carreggiata Est. Questi fossi con funzione di gronda saranno realizzati in terra.

## **7 L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE**

### **7.1 ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE**

L'Autostrada A11 Firenze – Pisa Nord fu realizzata negli anni '30 (l'inaugurazione "ufficiale" si ebbe nel 1933 con l'apertura dell'ultimo tratto tra Lucca e Migliarino Pisano) ad una sola carreggiata di otto metri di larghezza. Il raddoppio degli anni '60 venne realizzato in affiancamento al tracciato della carreggiata originaria, ad esclusione del tratto nel comune di Prato tra il ponte sul Bisenzio e quello sul Calice in cui venne realizzata una variante attorno all'abitato; pertanto le principali caratteristiche geometriche dell'arteria rimangono quelle definite negli anni '30 relativamente ai due segmenti compresi tra l'origine e lo svincolo di Prato Est e tra lo svincolo di Prato Ovest e quello di Pistoia, mentre nel tratto centrale (tra Prato Est e Prato Ovest) l'infrastruttura mantiene la geometria definita dal progetto dei raddoppi del 1962.

Unica modifica significativa alla geometria d'asse successiva al raddoppio degli anni '60 è quella realizzata contestualmente all'adeguamento dello svincolo di Prato Est e volta a realizzare lo spazio necessario al piazzale, che ha comportato la trasformazione di un'unica curva circolare di raggio 1500 metri in un tratto con due curve equiverse, di raggio rispettivamente 800 e 1000 metri separate da un breve rettilineo.

#### **7.1.1 Sezione tipo esistente**

L'attuale sezione tipo presenta una piattaforma pavimentata di circa 22.40 m, composta da due corsie per senso di marcia pari a 3.75 m, corsia d'emergenza di 3.00 m, margine interno di 1.40 m con barriera New-Jersey monofilare in cls, banchine interne di 0.39 m ed arginello di circa 0.50 m (vedi Figura 7.1). Tale organizzazione della piattaforma stradale differisce da quella definita in occasione del raddoppio degli anni '60 ed è dovuta ad un recente intervento di bonifica del margine interno, che ha interessato l'intera A11 Firenze – Pisa Nord, a cui ha fatto seguito l'allargamento della corsia di emergenza, portata a 3,00 metri rispetto agli originari 2,50 metri, con riduzione dello spartitraffico realizzato tramite la posa della barriera monofilare in cls, al posto delle barriere metalliche originariamente presenti su due file.

La pendenza trasversale in rettilineo risulta variabile da 1.60 a 2.00%.

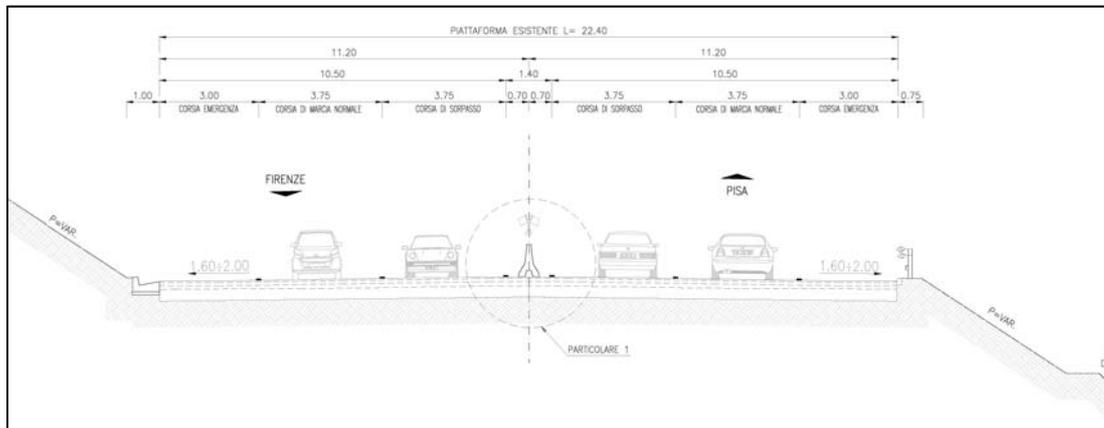


Figura 7-1 – Sezione tipo esistente

### 7.1.2 Andamento plano-altimetrico attuale

Il tracciato dell'A11 nel tratto di intervento compreso tra Firenze e Pistoia, di sviluppo complessivo pari a 26,8 km è stato ricostruito sulla base dei rilievi celerimetrici dei cigli autostradali esistenti e dei disegni di contabilità (as built) relativi ai lavori di raddoppio eseguiti a partire dal 1962.

L'asse planimetrico dell'attuale piattaforma stradale risulta sostanzialmente rettilineo con poche curve di ampio raggio e limitata deviazione angolare; in particolare, muovendosi da Est verso Ovest a partire dall'origine (prog. km 0+000), il tracciato presenta di fatto un unico lungo rettilineo - dove è ubicata al km 4+200 circa la barriera di Firenze Ovest - di sviluppo pari a circa 8,5 km per poi piegare verso sinistra all'altezza dello svincolo di Prato Est con una variazione planimetrica costituita da due curve equiverse di raggio rispettivamente 800 e 1025 metri. Successivamente, nel tratto rappresentato dalla "variante di Prato", realizzata contestualmente al raddoppio della sede stradale, l'autostrada presenta due ampie curve destrorse intervallate da rettilinei di sviluppo compreso tra 800 e 2500 metri e si riporta sull'allineamento originario con una curva in sinistra di raggio 1200 metri in corrispondenza dello svincolo di Prato Ovest (km 17 circa). Proseguendo verso Pistoia, per i restanti 10 km di sviluppo si incontrano tre curve rispettivamente di raggio 1800 , 1200 e 1500 metri intervallate da rettilinei di sviluppo compreso tra 2400 e 5500 metri.

|  |                               |  |
|--|-------------------------------|--|
|  <b>spea</b><br><small>autostrade</small> | <b>ingegneria<br/>europea</b> | <b>AUTOSTRADA (A11) Firenze – Pisa Nord</b><br><b>Ampliamento alla terza corsia</b><br><b>del Tratto Firenze – Pistoia</b><br><b>Progetto Definitivo</b> |
|--|-------------------------------|--|

In Figura 7-2 vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono l'asse autostradale. In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato (R = Rettifilo, C = Curva Circolare). In colonna (7) è indicato il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX = curva destrorsa, SX = curva sinistrorsa).

| Elem | Progr Inizio (m) | Progr Fine (m) | Lungh. (m) | Tipo Elem | Parametro | Vs  |
|------|------------------|----------------|------------|-----------|-----------|-----|
| (1)  | (2)              | (3)            | (4)        | (5)       | (6)       | (7) |
| 1    | 0.000            | 4,254.827      | 4254.827   | R         |           |     |
| 2    | 4,254.827        | 4,314.980      | 60.153     | C         | 10250.00  | SX  |
| 3    | 4,314.980        | 4,376.704      | 61.724     | C         | 10250.00  | DX  |
| 4    | 4,376.704        | 8,461.692      | 4084.988   | R         |           |     |
| 5    | 8,461.692        | 8,737.529      | 275.837    | C         | 800.00    | SX  |
| 6    | 8,737.529        | 9,156.186      | 418.657    | R         |           |     |
| 7    | 9,156.186        | 9,542.388      | 386.203    | C         | 1025.00   | SX  |
| 8    | 9,542.388        | 11,421.385     | 1878.997   | R         |           |     |
| 9    | 11,421.385       | 12,769.263     | 1347.878   | C         | 2500.00   | DX  |
| 10   | 12,769.263       | 15,368.275     | 2599.012   | R         |           |     |
| 11   | 15,368.275       | 16,290.976     | 922.701    | C         | 2000.00   | DX  |
| 12   | 16,290.976       | 17,276.344     | 985.369    | R         |           |     |
| 13   | 17,276.344       | 18,131.974     | 855.630    | C         | 1200.00   | SX  |
| 14   | 18,131.974       | 18,966.441     | 834.467    | R         |           |     |
| 15   | 18,966.441       | 19,155.691     | 189.250    | C         | 1800.00   | DX  |
| 16   | 19,155.691       | 24,659.628     | 5503.937   | R         |           |     |
| 17   | 24,659.628       | 24,925.904     | 266.276    | C         | 1200.00   | SX  |
| 18   | 24,925.904       | 27,312.207     | 2386.304   | R         |           |     |
| 19   | 27,312.207       | 27,743.525     | 431.317    | C         | 1500.00   | SX  |

**Figura 7-2 - Riepilogo caratteristiche planimetriche**

Con riferimento all'andamento altimetrico il tracciato risultata complessivamente pianeggiante con pendenza longitudinale media inferiore all'1%.

#### 7.1.2.1 Analisi dello stato attuale con riferimento al DM 05.11.2001

Vengono di seguito riportati in forma tabellare i dati plano-altimetrici dell'asse autostradale esistente (carr. Ovest e carr. Est) ed i risultati delle verifiche di rispondenza alla normativa di riferimento DM 05/11/2001 prot. N° 6792, condotte sul tratto oggetto del presente

intervento, con l'indicazione degli elementi non rispondenti in riferimento ai parametri di seguito descritti.

Criteri di Verifica delle caratteristiche planimetriche

- (a) - *Raggio minimo delle curve planimetriche*
- (b) - *Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettifilo (L) che la precede*
- (c) - *Compatibilità tra i raggi di due curve successive*
- (d) - *Lunghezza massima dei rettifili*
- (e) - *Lunghezza minima dei rettifili*
- (f1) - *Congruenza del diagramma delle velocità nel passaggio da tratti con  $V_{p,max}$  a curve a  $V_p < V_{p,max}$*
- (f2) - *Congruenza del diagramma delle velocità nel passaggio fra due curve successive ( $V_{p1} > V_{p2}$ )*
- (g) - *Lunghezza minima delle curve circolari*
- (h1) - *Verifica del parametro A delle Clotoidi: Limitazione del contraccolpo*
- (h2) - *Verifica del parametro A delle Clotoidi Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità*
- (h3) - *Verifica del parametro A delle Clotoidi : Criterio Ottico*

Criteri di Verifica delle caratteristiche altimetriche

- (i) - *Pendenze longitudinali massime*
- (j) - *Raccordi verticali convessi*
- (k) - *Raccordi verticali concavi*

Come mostrato nelle seguenti tabelle, con riferimento alle caratteristiche planimetriche, il tracciato non presenta particolari criticità rispetto a quanto richiesto dalla normativa di riferimento. Gli elementi di diversità sono rappresentati dall'assenza di curve a raggio variabile (raccordi clotoidici), dalla presenza di due rettifili che eccedono la lunghezza di 3080 metri, corrispondente al valore massimo suggerito dalla norma in ambito autostradale per la costruzione di nuove strade .

| Elem | ProgrInizio (m) | ProgrFine (m) | Lungh. (m) | TipoElem | Parametro | Vs  | ic   | Vp    | Lmin/max | Pmin/max | Verifica | Note             |
|------|-----------------|---------------|------------|----------|-----------|-----|------|-------|----------|----------|----------|------------------|
| (1)  | (2)             | (3)           | (4)        | (5)      | (6)       | (7) | (8)  | (9)   | (10)     | (11)     | (12)     | (13)             |
| 1    | 0.000           | 4.254.827     | 4254.827   | R        |           |     |      | 140.0 | 3080.00  |          | NO       | (d)              |
| 2    | 4.254.827       | 4.314.980     | 60.153     | C        | 10250.00  | SX  | 1.00 | 52.9  |          |          |          |                  |
| 3    | 4.314.980       | 4.376.704     | 61.724     | C        | 10250.00  | DX  | 1.00 | 59.8  |          |          |          |                  |
| 4    | 4.376.704       | 8.461.692     | 4084.988   | R        |           |     |      | 140.0 | 3080.00  |          | NO       | (d)              |
| 5    | 8.461.692       | 8.737.529     | 275.837    | C        | 800.00    | SX  | 2.63 | 113.2 |          |          |          | (f1) [-27.8km/h] |
| 6    | 8.737.529       | 9.156.186     | 418.657    | R        |           |     |      | 137.3 |          |          |          |                  |
| 7    | 9.156.186       | 9.542.388     | 386.203    | C        | 1025.00   | SX  | 4.04 | 127.7 |          |          |          |                  |
| 8    | 9.542.388       | 11.421.385    | 1878.997   | R        |           |     |      | 140.0 |          |          |          |                  |
| 9    | 11.421.385      | 12.769.263    | 1347.878   | C        | 2500.00   | DX  | 1.63 | 115.5 |          |          |          | (f1) [-24.5km/h] |
| 10   | 12.769.263      | 15.368.275    | 2599.012   | R        |           |     |      | 140.0 |          |          |          |                  |
| 11   | 15.368.275      | 16.290.976    | 922.701    | C        | 2000.00   | DX  | 1.66 | 115.6 |          |          |          | (f1) [-24.4km/h] |
| 12   | 16.290.976      | 17.276.344    | 985.369    | R        |           |     |      | 140.0 |          |          |          |                  |
| 13   | 17.276.344      | 18.131.974    | 855.630    | C        | 1200.00   | SX  | 3.04 | 123.9 |          |          |          | (f1) [-16.1km/h] |
| 14   | 18.131.974      | 18.966.441    | 834.467    | R        |           |     |      | 140.0 |          |          |          |                  |
| 15   | 18.966.441      | 19.155.691    | 189.250    | C        | 1800.00   | DX  | 1.60 | 115.1 |          |          |          | (f1) [-24.9km/h] |
| 16   | 19.155.691      | 24.659.628    | 5503.937   | R        |           |     |      | 140.0 | 3080.00  |          | NO       | (d)              |
| 17   | 24.659.628      | 24.925.904    | 266.276    | C        | 1200.00   | SX  | 3.53 | 126.7 |          |          |          | (f1) [-13.3km/h] |
| 18   | 24.925.904      | 27.312.207    | 2386.304   | R        |           |     |      | 140.0 |          |          |          |                  |
| 19   | 27.312.207      | 27.743.525    | 431.317    | C        | 1500.00   | SX  | 2.43 | 121.1 |          |          |          | (f1) [-18.9km/h] |

Figura 7-3 – Verifica caratteristiche planimetriche\_Direzione Ovest

| Elem | ProgrInizio (m) | ProgrFine (m) | Lungh. (m) | TipoElem | Parametro | Vs  | ic   | Vp    | Lmin/max | Pmin/max | Verifica | Note              |
|------|-----------------|---------------|------------|----------|-----------|-----|------|-------|----------|----------|----------|-------------------|
| (1)  | (2)             | (3)           | (4)        | (5)      | (6)       | (7) | (8)  | (9)   | (10)     | (11)     | (12)     | (13)              |
| 1    | 0.000           | 4.254.827     | 4254.827   | R        |           |     |      | 140.0 | 3080.00  |          | NO       | (d)               |
| 2    | 4.254.827       | 4.314.980     | 60.153     | C        | 10250.00  | SX  | 1.00 | 52.9  |          |          |          |                   |
| 3    | 4.314.980       | 4.376.704     | 61.724     | C        | 10250.00  | DX  | 1.00 | 59.8  |          |          |          |                   |
| 4    | 4.376.704       | 8.461.692     | 4084.988   | R        |           |     |      | 140.0 | 3080.00  |          | NO       | (d)               |
| 5    | 8.461.692       | 8.737.529     | 275.837    | C        | 800.00    | SX  | 2.88 | 114.4 |          |          |          |                   |
| 6    | 8.737.529       | 9.156.186     | 418.657    | R        |           |     |      | 139.4 |          |          |          |                   |
| 7    | 9.156.186       | 9.542.388     | 386.203    | C        | 1025.00   | SX  | 4.71 | 131.1 |          |          |          |                   |
| 8    | 9.542.388       | 11.421.385    | 1878.997   | R        |           |     |      | 140.0 |          |          |          |                   |
| 9    | 11.421.385      | 12.769.263    | 1347.878   | C        | 2500.00   | DX  | 2.13 | 121.2 |          |          |          | (f1) [-18.8 km/h] |
| 10   | 12.769.263      | 15.368.275    | 2599.012   | R        |           |     |      | 140.0 |          |          |          |                   |
| 11   | 15.368.275      | 16.290.976    | 922.701    | C        | 2000.00   | DX  | 2.81 | 126.0 |          |          |          | (f1) [-14.0 km/h] |
| 12   | 16.290.976      | 17.276.344    | 985.369    | R        |           |     |      | 140.0 |          |          |          |                   |
| 13   | 17.276.344      | 18.131.974    | 855.630    | C        | 1200.00   | SX  | 3.02 | 123.8 |          |          |          | (f1) [-16.2 km/h] |
| 14   | 18.131.974      | 18.966.441    | 834.467    | R        |           |     |      | 140.0 |          |          |          |                   |
| 15   | 18.966.441      | 19.155.691    | 189.250    | C        | 1800.00   | DX  | 1.60 | 115.1 |          |          |          | (f1) [-24.9 km/h] |
| 16   | 19.155.691      | 24.659.628    | 5503.937   | R        |           |     |      | 140.0 | 3080.00  |          | NO       | (d)               |
| 17   | 24.659.628      | 24.925.904    | 266.276    | C        | 1200.00   | SX  | 2.33 | 119.8 |          |          |          | (f1) [-21.2 km/h] |
| 18   | 24.925.904      | 27.312.207    | 2386.304   | R        |           |     |      | 140.0 |          |          |          |                   |
| 19   | 27.312.207      | 27.743.525    | 431.317    | C        | 1500.00   | SX  | 2.45 | 121.2 |          |          |          | (f1) [-18.8 km/h] |

Figura 7-4 – Verifica caratteristiche planimetriche\_Direzione Est

Per quanto riguarda le velocità di percorrenza, come risulta dal diagramma delle velocità di Figure 7-5, il tracciato si pone in corrispondenza dell'intervallo di velocità di progetto per strade di categoria A (90 – 140 km/h).

Il tracciato presenta attualmente una serie di salti di velocità da Vp max a curve di velocità inferiore. L'andamento del diagramma delle velocità è quindi non congruente con quanto previsto dalla normativa di riferimento in quanto la variazione di velocità in corrispondenza della curva circolare, è generalmente superiore al valore massimo previsto, pari a 10 km/h. Tale incongruenza è essenzialmente legata a pendenze trasversali attualmente inferiori a quanto indicato nella normativa di riferimento.

In corrispondenza della barriera di esazione di Firenze Ovest si è considerata una riduzione della velocità di progetto da 140 km/h a 40 km/h.

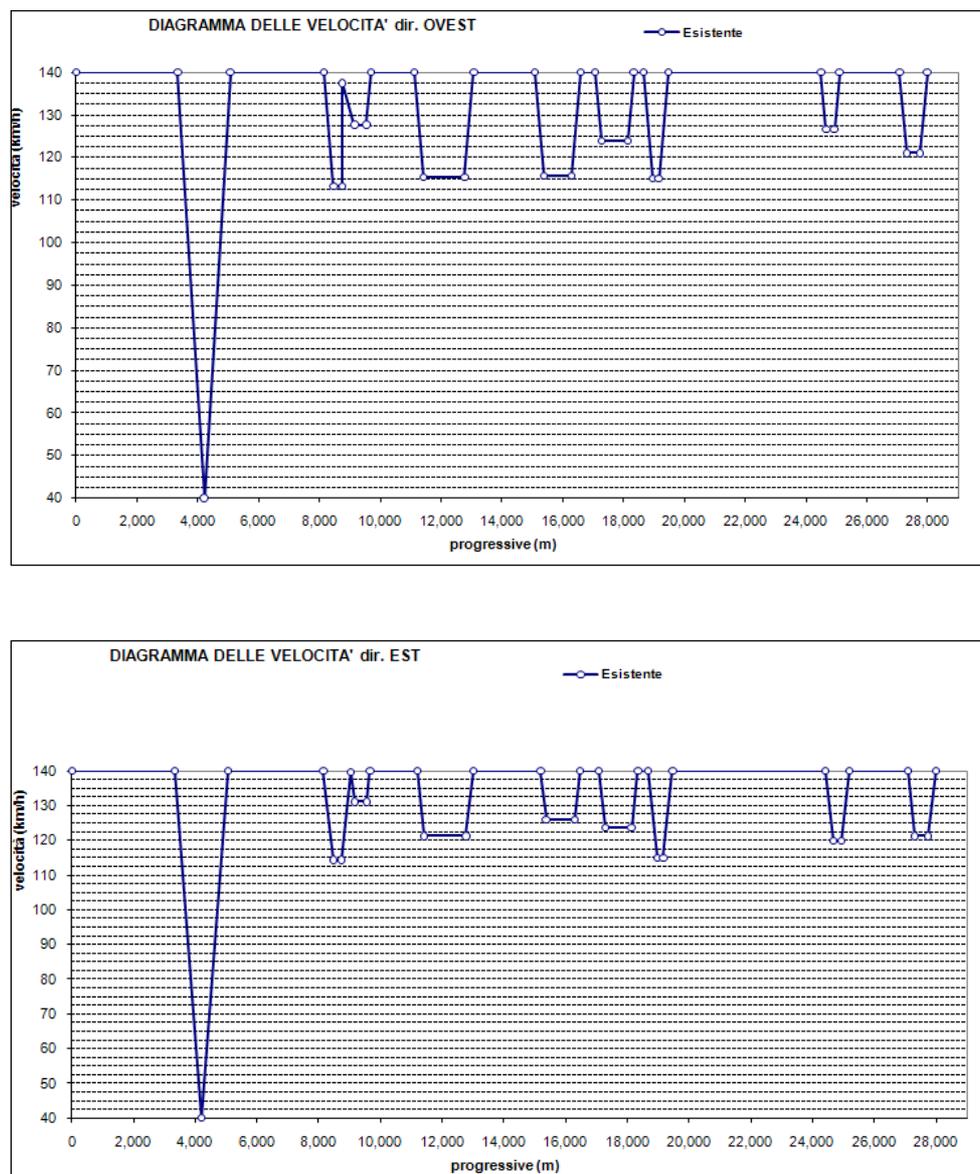


Figure 7-5 – Diagramma delle velocità carreggiata ovest ed est

Con riferimento all'andamento altimetrico del tracciato, la pendenza massima delle livellette risulta prossima al 2%, sempre inferiore al valore massimo indicato dalla normativa, che richiede per strade di tipo A – Autostrade extraurbane di non superare la pendenza del 5%. In Tabella 7-6 e in Tabella 7-7 sono riportati i risultati della verifica dei raccordi verticali concavi e convessi rispetto alla distanza di visibilità per l'arresto, effettuata in condizioni di pavimentazione bagnata.

In colonna (2) è riportato il tipo di raccordo altimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- S = Raccordo verticale convesso (Sacca)
- D = Raccordo verticale concavo (Dosso)

In colonna (3) è indicata la progressiva del vertice, nelle colonne (7), (8) la pendenza di ogni livelletta. Infine, in colonna (9) il valore del raggio esistente, in colonna (12) il valore minimo per garantire la distanza di arresto calcolata per la velocità di 120 km/h ed in colonna (13) il valore di velocità ammissibile (velocità di progetto a cui corrisponde una distanza di arresto pari alla distanza di visuale libera effettivamente disponibile).

| N   | D/S | Pr.Vert | da     | a      | L      | i1    | i2    | Rv     | Vp    | D     | Rv,min | Vamm  |
|-----|-----|---------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| (1) | (2) | (3)     | (4)    | (5)    | (6)    | (7)   | (8)   | (9)    | (10)  | (11)  | (12)   | (13)  |
| 1   | S   | 782     | 670    | 894    | 223.85 | -0.26 | -0.04 | 100000 | 120.0 | 176.2 | 4342   |       |
| 2   | S   | 1,632   | 1,567  | 1,697  | 130.70 | -0.04 | 1.97  | 6500   | 120.0 | 173.2 | -      |       |
| 3   | D   | 1,945   | 1,828  | 2,062  | 234.10 | 1.97  | -1.93 | 6000   | 120.0 | 175.7 | 8287   | 108.8 |
| 4   | S   | 2,213   | 2,151  | 2,275  | 123.53 | -1.93 | -0.03 | 6500   | 120.0 | 178.5 | -      |       |
| 5   | D   | 2,616   | 2,585  | 2,647  | 61.36  | -0.03 | -0.33 | 20000  | 120.0 | 176.3 | -      |       |
| 6   | S   | 2,861   | 2,801  | 2,921  | 120.54 | -0.33 | -0.03 | 40000  | 120.0 | 176.3 | -      |       |
| 7   | S   | 3,596   | 3,466  | 3,727  | 261.83 | -0.03 | 0.05  | 300000 | 120.0 | 175.8 | 4330   |       |
| 8   | S   | 3,840   | 3,797  | 3,882  | 85.53  | 0.05  | 0.23  | 50000  | 86.8  | 104.4 | -      |       |
| 9   | S   | 4,073   | 4,040  | 4,105  | 65.32  | 0.23  | 1.53  | 5000   | 58.8  | 59.8  | 1158   |       |
| 10  | D   | 4,203   | 4,203  | 4,203  | 0.00   | 1.53  | -1.42 | 0      | 40.0  | 37.0  | -      |       |
| 11  | S   | 4,313   | 4,275  | 4,352  | 76.98  | -1.42 | 0.12  | 5000   | 57.0  | 58.1  | 1114   |       |
| 12  | S   | 4,600   | 4,573  | 4,627  | 54.11  | 0.12  | 0.22  | 50000  | 88.8  | 108.2 | -      |       |
| 13  | S   | 5,070   | 5,053  | 5,087  | 33.77  | 0.22  | 0.39  | 20000  | 120.0 | 175.0 | -      |       |
| 14  | S   | 5,178   | 5,121  | 5,235  | 114.53 | 0.39  | 2.03  | 7000   | 120.0 | 172.6 | -      |       |
| 15  | D   | 5,383   | 5,299  | 5,466  | 167.46 | 2.03  | -0.06 | 8000   | 120.0 | 173.2 | 7992   |       |
| 16  | S   | 5,612   | 5,539  | 5,686  | 146.82 | -0.06 | 1.77  | 8000   | 120.0 | 173.5 | -      |       |
| 17  | D   | 5,955   | 5,839  | 6,070  | 230.55 | 1.77  | -2.07 | 6000   | 120.0 | 176.2 | 8331   | 108.4 |
| 18  | S   | 6,236   | 6,173  | 6,300  | 126.63 | -2.07 | 0.04  | 6000   | 120.0 | 178.6 | 683    |       |
| 19  | D   | 6,388   | 6,358  | 6,418  | 60.13  | 0.04  | -0.26 | 20000  | 120.0 | 176.1 | -      |       |
| 20  | S   | 6,644   | 6,577  | 6,710  | 132.48 | -0.26 | 0.40  | 20000  | 120.0 | 175.6 | -      |       |
| 21  | S   | 6,967   | 6,900  | 7,033  | 133.29 | 0.40  | 2.31  | 7000   | 120.0 | 172.3 | -      |       |
| 22  | D   | 7,130   | 7,042  | 7,218  | 175.94 | 2.31  | 0.11  | 8000   | 120.0 | 172.6 | 7998   |       |
| 23  | D   | 7,576   | 7,538  | 7,613  | 75.00  | 0.11  | -0.04 | 50000  | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 24  | S   | 8,127   | 8,060  | 8,194  | 133.79 | -0.04 | 1.29  | 10000  | 120.0 | 174.1 | -      |       |
| 25  | D   | 8,277   | 8,244  | 8,310  | 66.28  | 1.29  | 0.63  | 10000  | 120.0 | 173.3 | -      |       |
| 26  | D   | 8,375   | 8,342  | 8,408  | 65.71  | 0.63  | -0.46 | 6000   | 120.0 | 175.6 | 993    |       |
| 27  | D   | 8,728   | 8,710  | 8,746  | 35.83  | -0.46 | -0.82 | 10000  | 113.9 | 162.7 | -      |       |
| 28  | S   | 8,825   | 8,796  | 8,855  | 58.38  | -0.82 | -0.24 | 10000  | 120.0 | 177.2 | -      |       |
| 29  | D   | 8,921   | 8,884  | 8,958  | 73.30  | -0.24 | -0.42 | 40000  | 120.0 | 176.7 | -      |       |
| 30  | S   | 9,084   | 9,024  | 9,143  | 118.68 | -0.42 | -0.03 | 30000  | 120.0 | 176.4 | -      |       |
| 31  | D   | 9,215   | 9,151  | 9,278  | 126.77 | -0.03 | -0.66 | 20000  | 120.0 | 176.7 | -      |       |
| 32  | S   | 9,423   | 9,317  | 9,529  | 212.91 | -0.66 | -0.23 | 50000  | 120.0 | 177.0 | 4365   |       |
| 33  | D   | 9,580   | 9,575  | 9,585  | 9.53   | -0.23 | -0.33 | 10000  | 120.0 | 176.6 | -      |       |
| 34  | S   | 9,690   | 9,669  | 9,711  | 41.63  | -0.33 | -0.29 | 100000 | 120.0 | 176.6 | -      |       |
| 35  | S   | 9,826   | 9,806  | 9,847  | 40.81  | -0.29 | -0.21 | 50000  | 120.0 | 176.5 | -      |       |
| 36  | S   | 10,081  | 10,002 | 10,160 | 158.30 | -0.21 | -0.05 | 100000 | 120.0 | 176.1 | -      |       |

| N   | D/S | Pr.Vert | da     | a      | L      | i1    | i2    | Rv     | Vp    | D     | Rv,min | Vamm  |
|-----|-----|---------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| (1) | (2) | (3)     | (4)    | (5)    | (6)    | (7)   | (8)   | (9)    | (10)  | (11)  | (12)   | (13)  |
| 37  | D   | 10,374  | 10,344 | 10,404 | 59.80  | -0.05 | -0.11 | 100000 | 120.0 | 176.0 | -      |       |
| 38  | S   | 10,854  | 10,811 | 10,897 | 85.91  | -0.11 | -0.02 | 100000 | 120.0 | 176.0 | -      |       |
| 39  | S   | 11,216  | 11,128 | 11,305 | 176.91 | -0.02 | 1.75  | 10000  | 120.0 | 173.5 | 4267   |       |
| 40  | D   | 11,463  | 11,374 | 11,552 | 178.10 | 1.75  | -0.03 | 10000  | 119.3 | 172.0 | 7936   |       |
| 41  | S   | 11,995  | 11,956 | 12,034 | 78.32  | -0.03 | 0.19  | 35000  | 115.5 | 164.7 | -      |       |
| 42  | D   | 12,274  | 12,206 | 12,343 | 136.69 | 0.19  | -1.52 | 8000   | 115.5 | 166.5 | 6730   |       |
| 43  | S   | 12,541  | 12,436 | 12,645 | 208.80 | -1.52 | -0.03 | 14000  | 115.5 | 166.8 | 4079   |       |
| 44  | D   | 12,935  | 12,932 | 12,938 | 5.90   | -0.03 | -0.09 | 10000  | 120.0 | 176.0 | -      |       |
| 45  | S   | 12,977  | 12,973 | 12,982 | 8.67   | -0.09 | 0.00  | 10000  | 120.0 | 175.9 | -      |       |
| 46  | D   | 13,103  | 13,066 | 13,140 | 73.63  | 0.00  | -0.07 | 100000 | 120.0 | 175.9 | -      |       |
| 47  | S   | 13,223  | 13,202 | 13,244 | 42.41  | -0.07 | -0.03 | 100000 | 120.0 | 175.9 | -      |       |
| 48  | D   | 13,664  | 13,612 | 13,717 | 104.83 | -0.03 | -0.14 | 100000 | 120.0 | 176.0 | -      |       |
| 49  | S   | 13,921  | 13,898 | 13,944 | 45.45  | -0.14 | 0.09  | 20000  | 120.0 | 175.9 | -      |       |
| 50  | D   | 14,034  | 14,018 | 14,051 | 33.00  | 0.09  | -0.02 | 30000  | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 51  | D   | 14,167  | 14,154 | 14,179 | 24.71  | -0.02 | -0.08 | 40000  | 120.0 | 175.9 | -      |       |
| 52  | S   | 14,279  | 14,218 | 14,339 | 121.11 | -0.08 | 1.19  | 9500   | 120.0 | 174.3 | -      |       |
| 53  | S   | 14,384  | 14,344 | 14,424 | 80.21  | 1.19  | 1.86  | 12000  | 120.0 | 171.8 | -      |       |
| 54  | D   | 14,616  | 14,502 | 14,730 | 228.44 | 1.86  | -1.94 | 6000   | 120.0 | 175.9 | 8303   | 108.7 |
| 55  | S   | 14,780  | 14,772 | 14,788 | 15.85  | -1.94 | -1.86 | 20000  | 120.0 | 181.1 | -      |       |
| 56  | S   | 14,881  | 14,830 | 14,931 | 100.93 | -1.86 | -1.02 | 12000  | 120.0 | 179.8 | -      |       |
| 57  | S   | 14,977  | 14,939 | 15,015 | 76.56  | -1.02 | -0.07 | 8000   | 120.0 | 177.3 | -      |       |
| 58  | S   | 15,055  | 15,048 | 15,062 | 13.98  | -0.07 | 0.00  | 20000  | 120.0 | 175.9 | -      |       |
| 59  | S   | 15,215  | 15,155 | 15,275 | 119.94 | 0.00  | 1.20  | 10000  | 120.0 | 174.2 | -      |       |
| 60  | S   | 15,313  | 15,286 | 15,340 | 54.26  | 1.20  | 1.75  | 10000  | 120.0 | 172.0 | -      |       |
| 61  | D   | 15,467  | 15,361 | 15,574 | 212.87 | 1.75  | -1.80 | 6000   | 116.2 | 166.8 | 7463   | 108.6 |
| 62  | S   | 15,789  | 15,701 | 15,876 | 175.19 | -1.80 | -0.05 | 10000  | 115.6 | 167.6 | 4100   |       |
| 63  | D   | 16,383  | 16,364 | 16,402 | 37.96  | -0.05 | -0.13 | 50000  | 120.0 | 176.0 | -      |       |
| 64  | S   | 16,414  | 16,403 | 16,426 | 23.37  | -0.13 | -0.08 | 50000  | 120.0 | 176.1 | -      |       |
| 65  | S   | 16,791  | 16,740 | 16,841 | 100.78 | -0.08 | 0.26  | 30000  | 120.0 | 175.6 | -      |       |
| 66  | D   | 16,965  | 16,895 | 17,035 | 139.90 | 0.26  | 0.12  | 100000 | 120.0 | 175.3 | -      |       |
| 67  | S   | 17,333  | 17,217 | 17,450 | 233.05 | 0.12  | 1.67  | 15000  | 120.0 | 173.4 | 4265   |       |
| 68  | D   | 17,605  | 17,528 | 17,682 | 153.58 | 1.67  | 0.13  | 10000  | 120.0 | 173.4 | 6784   |       |
| 69  | S   | 17,910  | 17,878 | 17,942 | 63.53  | 0.13  | 0.26  | 50000  | 120.0 | 175.3 | -      |       |
| 70  | D   | 18,175  | 18,119 | 18,232 | 112.53 | 0.26  | -1.61 | 6000   | 120.0 | 177.6 | 8349   | 109.9 |
| 71  | S   | 18,241  | 18,236 | 18,246 | 10.63  | -1.61 | -1.38 | 4500   | 120.0 | 180.0 | -      |       |
| 72  | D   | 18,276  | 18,259 | 18,293 | 34.73  | -1.38 | -1.73 | 10000  | 120.0 | 180.1 | -      |       |
| 73  | S   | 18,451  | 18,307 | 18,595 | 287.65 | -1.73 | 0.95  | 10750  | 120.0 | 176.8 | 4360   |       |
| 74  | D   | 18,693  | 18,600 | 18,785 | 184.82 | 0.95  | -1.69 | 7000   | 120.0 | 176.8 | 8388   | 113.4 |
| 75  | S   | 18,853  | 18,814 | 18,892 | 77.97  | -1.69 | -0.59 | 7100   | 120.0 | 178.9 | -      |       |
| 76  | S   | 18,933  | 18,908 | 18,957 | 49.77  | -0.59 | -0.09 | 10000  | 119.8 | 176.4 | -      |       |
| 77  | S   | 19,233  | 19,221 | 19,246 | 24.89  | -0.09 | 0.03  | 20000  | 120.0 | 175.9 | -      |       |
| 78  | S   | 19,281  | 19,280 | 19,283 | 3.35   | 0.03  | 0.04  | 25000  | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 79  | D   | 19,374  | 19,365 | 19,383 | 18.33  | 0.04  | 0.00  | 40000  | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 80  | S   | 20,192  | 20,177 | 20,207 | 29.96  | 0.00  | 0.20  | 15000  | 120.0 | 175.5 | -      |       |
| 81  | S   | 20,641  | 20,615 | 20,668 | 53.24  | 0.20  | 0.91  | 7500   | 120.0 | 174.3 | -      |       |
| 82  | S   | 20,693  | 20,670 | 20,716 | 45.72  | 0.91  | 1.74  | 5500   | 120.0 | 172.3 | -      |       |
| 83  | D   | 20,745  | 20,732 | 20,758 | 26.12  | 1.74  | 1.46  | 9500   | 120.0 | 171.6 | -      |       |
| 84  | D   | 20,818  | 20,759 | 20,877 | 117.95 | 1.46  | -0.11 | 7500   | 120.0 | 174.0 | 7061   |       |
| 85  | S   | 20,987  | 20,973 | 21,000 | 27.94  | -0.11 | 0.00  | 25000  | 120.0 | 175.9 | -      |       |
| 86  | S   | 21,118  | 21,106 | 21,131 | 24.55  | 0.00  | 0.13  | 20000  | 120.0 | 175.6 | -      |       |
| 87  | D   | 21,157  | 21,131 | 21,184 | 53.65  | 0.13  | -0.77 | 6000   | 120.0 | 176.7 | -      |       |
| 88  | D   | 21,204  | 21,194 | 21,214 | 20.31  | -0.77 | -0.94 | 12000  | 120.0 | 178.1 | -      |       |
| 89  | S   | 21,260  | 21,240 | 21,280 | 39.95  | -0.94 | -0.60 | 12000  | 120.0 | 177.9 | -      |       |

| N   | D/S | Pr.Vert | da     | a      | L      | i1    | i2    | Rv     | Vp    | D     | Rv,min | Vamm  |
|-----|-----|---------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| (1) | (2) | (3)     | (4)    | (5)    | (6)    | (7)   | (8)   | (9)    | (10)  | (11)  | (12)   | (13)  |
| 90  | S   | 21,360  | 21,325 | 21,395 | 70.78  | -0.60 | -0.37 | 30000  | 120.0 | 177.1 | -      |       |
| 91  | S   | 21,455  | 21,426 | 21,485 | 58.80  | -0.37 | 0.12  | 12000  | 120.0 | 176.1 | -      |       |
| 92  | D   | 21,565  | 21,543 | 21,588 | 44.89  | 0.12  | -0.06 | 25000  | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 93  | S   | 21,718  | 21,639 | 21,797 | 157.85 | -0.06 | 0.10  | 100000 | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 94  | S   | 22,003  | 21,964 | 22,043 | 79.88  | 0.10  | 0.18  | 100000 | 120.0 | 175.4 | -      |       |
| 95  | D   | 22,734  | 22,713 | 22,755 | 41.70  | 0.18  | 0.17  | 300000 | 120.0 | 175.3 | -      |       |
| 96  | S   | 23,744  | 23,740 | 23,748 | 7.87   | 0.17  | 0.17  | 100000 | 120.0 | 175.3 | -      |       |
| 97  | S   | 24,179  | 23,960 | 24,398 | 437.88 | 0.17  | 0.32  | 300000 | 120.0 | 175.1 | 4312   |       |
| 98  | D   | 24,569  | 24,558 | 24,581 | 23.75  | 0.32  | 0.22  | 25000  | 120.0 | 175.1 | -      |       |
| 99  | S   | 24,826  | 24,739 | 24,912 | 172.52 | 0.22  | 1.95  | 10000  | 120.0 | 172.9 | -      |       |
| 100 | D   | 25,004  | 24,995 | 25,012 | 16.80  | 1.95  | 1.78  | 10000  | 120.0 | 171.0 | -      |       |
| 101 | S   | 25,049  | 25,037 | 25,062 | 25.70  | 1.78  | 1.83  | 50000  | 120.0 | 171.1 | -      |       |
| 102 | D   | 25,229  | 25,132 | 25,326 | 194.28 | 1.83  | -2.05 | 5000   | 120.0 | 176.1 | 8321   | 102.7 |
| 103 | S   | 25,379  | 25,348 | 25,411 | 63.20  | -2.05 | -1.93 | 50000  | 120.0 | 181.4 | -      |       |
| 104 | S   | 25,477  | 25,444 | 25,511 | 67.38  | -1.93 | -0.80 | 6000   | 120.0 | 179.6 | -      |       |
| 105 | S   | 25,552  | 25,516 | 25,587 | 71.19  | -0.80 | -0.01 | 9000   | 120.0 | 176.9 | -      |       |
| 106 | S   | 25,748  | 25,713 | 25,784 | 70.51  | -0.01 | 0.27  | 25000  | 120.0 | 175.5 | -      |       |
| 107 | S   | 26,023  | 25,987 | 26,059 | 71.59  | 0.27  | 0.41  | 50000  | 120.0 | 174.9 | -      |       |
| 108 | D   | 26,146  | 26,121 | 26,170 | 49.33  | 0.41  | 0.31  | 50000  | 120.0 | 174.8 | -      |       |
| 109 | S   | 26,320  | 26,308 | 26,333 | 24.46  | 0.31  | 0.80  | 5000   | 120.0 | 174.3 | -      |       |
| 110 | D   | 26,353  | 26,334 | 26,371 | 36.76  | 0.80  | 0.19  | 5950   | 120.0 | 174.5 | -      |       |
| 111 | S   | 26,464  | 26,399 | 26,528 | 129.03 | 0.19  | 1.98  | 7200   | 120.0 | 173.0 | -      |       |
| 112 | D   | 26,801  | 26,700 | 26,902 | 201.56 | 1.98  | -1.97 | 5100   | 120.0 | 175.8 | 8292   | 103.4 |
| 113 | S   | 27,018  | 26,958 | 27,079 | 121.57 | -1.97 | 0.05  | 6000   | 120.0 | 178.4 | 6      |       |
| 114 | S   | 27,305  | 27,257 | 27,353 | 96.69  | 0.05  | 0.70  | 15000  | 120.0 | 174.8 | -      |       |

**Tabella 7-6 – Riepilogo caratteristiche altimetriche\_Direzione Ovest**

| N   | D/S | Pr.Vert | da    | a     | L      | i1    | i2    | Rv     | Vp    | D     | Rv,min | Vamm  |
|-----|-----|---------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| (1) | (2) | (3)     | (4)   | (5)   | (6)    | (7)   | (8)   | (9)    | (10)  | (11)  | (12)   | (13)  |
| 1   | S   | 859     | 769   | 948   | 178.38 | -0.20 | -0.02 | 100000 | 120.0 | 175.5 | 4322   |       |
| 2   | S   | 1,631   | 1,566 | 1,697 | 130.57 | -0.02 | 1.99  | 6500   | 120.0 | 178.5 | -      |       |
| 3   | D   | 1,947   | 1,828 | 2,066 | 238.08 | 1.99  | -1.98 | 6000   | 120.0 | 175.8 | 8294   | 108.7 |
| 4   | S   | 2,213   | 2,150 | 2,276 | 126.57 | -1.98 | -0.03 | 6500   | 120.0 | 173.1 | -      |       |
| 5   | D   | 2,616   | 2,585 | 2,647 | 61.68  | -0.03 | -0.34 | 20000  | 120.0 | 175.3 | -      |       |
| 6   | S   | 2,861   | 2,799 | 2,923 | 123.68 | -0.34 | -0.03 | 40000  | 120.0 | 175.3 | -      |       |
| 7   | S   | 3,596   | 3,458 | 3,735 | 276.57 | -0.03 | 0.06  | 300000 | 120.0 | 175.8 | 4332   |       |
| 8   | S   | 3,840   | 3,808 | 3,871 | 62.98  | 0.06  | 0.19  | 50000  | 85.5  | 102.4 | -      |       |
| 9   | S   | 4,070   | 4,035 | 4,105 | 69.80  | 0.19  | 1.58  | 5000   | 59.3  | 61.3  | 1197   |       |
| 10  | D   | 4,203   | 4,203 | 4,203 | 0.00   | 1.58  | -1.42 | 0      | 40.0  | 37.1  | -      |       |
| 11  | S   | 4,320   | 4,281 | 4,360 | 79.10  | -1.42 | 0.16  | 5000   | 58.1  | 58.9  | 1136   |       |
| 12  | S   | 4,596   | 4,579 | 4,613 | 34.18  | 0.16  | 0.23  | 50000  | 87.3  | 105.7 | -      |       |
| 13  | S   | 5,165   | 5,105 | 5,225 | 119.48 | 0.23  | 1.94  | 7000   | 120.0 | 178.8 | -      |       |
| 14  | D   | 5,388   | 5,309 | 5,467 | 158.38 | 1.94  | -0.04 | 8000   | 120.0 | 178.4 | 8514   | 114.9 |
| 15  | S   | 5,619   | 5,545 | 5,693 | 148.35 | -0.04 | 1.81  | 8000   | 120.0 | 178.2 | -      |       |
| 16  | D   | 5,955   | 5,837 | 6,072 | 235.84 | 1.81  | -2.12 | 6000   | 120.0 | 175.4 | 8254   | 108.9 |
| 17  | S   | 6,229   | 6,166 | 6,292 | 126.61 | -2.12 | -0.01 | 6000   | 120.0 | 173.0 | 590    |       |
| 18  | D   | 6,388   | 6,364 | 6,413 | 49.42  | -0.01 | -0.26 | 20000  | 120.0 | 175.4 | -      |       |
| 19  | S   | 6,644   | 6,578 | 6,709 | 131.71 | -0.26 | 0.40  | 20000  | 120.0 | 176.0 | -      |       |
| 20  | S   | 6,963   | 6,896 | 7,030 | 133.52 | 0.40  | 2.31  | 7000   | 120.0 | 179.6 | -      |       |
| 21  | D   | 7,130   | 7,042 | 7,218 | 175.91 | 2.31  | 0.11  | 8000   | 120.0 | 179.1 | 8611   | 114.9 |
| 22  | D   | 7,532   | 7,499 | 7,566 | 66.59  | 0.11  | -0.02 | 50000  | 120.0 | 175.9 | -      |       |

| N   | D/S | Pr.Vert | da     | a      | L      | i1    | i2    | Rv     | Vp    | D     | Rv,min | Vamm  |
|-----|-----|---------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| (1) | (2) | (3)     | (4)    | (5)    | (6)    | (7)   | (8)   | (9)    | (10)  | (11)  | (12)   | (13)  |
| 23  | D   | 7,988   | 7,970  | 8,006  | 35.11  | -0.02 | -0.37 | 10000  | 120.0 | 175.3 | -      |       |
| 24  | S   | 8,027   | 8,007  | 8,047  | 39.38  | -0.37 | 0.02  | 10000  | 120.0 | 175.3 | -      |       |
| 25  | D   | 8,052   | 8,049  | 8,056  | 7.08   | 0.02  | -0.05 | 10000  | 120.0 | 175.8 | -      |       |
| 26  | S   | 8,131   | 8,067  | 8,194  | 127.28 | -0.05 | 1.36  | 9000   | 120.0 | 177.6 | -      |       |
| 27  | D   | 8,242   | 8,208  | 8,275  | 67.17  | 1.36  | 0.91  | 15000  | 120.0 | 178.9 | -      |       |
| 28  | D   | 8,364   | 8,323  | 8,406  | 82.73  | 0.91  | -0.46 | 6000   | 120.0 | 176.4 | 5986   |       |
| 29  | D   | 8,729   | 8,711  | 8,746  | 35.83  | -0.46 | -0.82 | 10000  | 115.0 | 162.3 | -      |       |
| 30  | S   | 8,826   | 8,796  | 8,855  | 58.39  | -0.82 | -0.24 | 10000  | 120.0 | 174.4 | -      |       |
| 31  | D   | 8,921   | 8,890  | 8,952  | 62.19  | -0.24 | -0.39 | 40000  | 120.0 | 175.0 | -      |       |
| 32  | S   | 9,095   | 9,050  | 9,141  | 91.09  | -0.39 | -0.09 | 30000  | 120.0 | 175.1 | -      |       |
| 33  | D   | 9,223   | 9,162  | 9,285  | 123.07 | -0.09 | -0.50 | 30000  | 120.0 | 175.0 | -      |       |
| 34  | S   | 9,618   | 9,597  | 9,639  | 41.45  | -0.50 | -0.29 | 20000  | 120.0 | 174.7 | -      |       |
| 35  | S   | 9,681   | 9,674  | 9,689  | 14.76  | -0.29 | -0.19 | 15000  | 120.0 | 175.1 | -      |       |
| 36  | S   | 10,106  | 10,050 | 10,163 | 113.27 | -0.19 | -0.08 | 100000 | 120.0 | 175.4 | -      |       |
| 37  | S   | 10,739  | 10,715 | 10,762 | 46.28  | -0.08 | -0.04 | 100000 | 120.0 | 175.6 | -      |       |
| 38  | S   | 11,199  | 11,118 | 11,281 | 162.88 | -0.04 | 1.59  | 10000  | 120.0 | 177.9 | -      |       |
| 39  | D   | 11,470  | 11,389 | 11,552 | 163.01 | 1.59  | -0.04 | 10000  | 120.0 | 177.9 | 7806   |       |
| 40  | S   | 11,995  | 11,939 | 12,052 | 113.33 | -0.04 | 0.19  | 50000  | 120.0 | 176.0 | -      |       |
| 41  | D   | 12,290  | 12,208 | 12,371 | 162.51 | 0.19  | -1.72 | 8500   | 120.0 | 173.8 | 7983   |       |
| 42  | S   | 12,526  | 12,424 | 12,628 | 204.21 | -1.72 | -0.02 | 12000  | 120.0 | 173.5 | 4266   |       |
| 43  | D   | 12,811  | 12,810 | 12,811 | 0.69   | -0.02 | -0.02 | 50000  | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 44  | D   | 13,203  | 13,193 | 13,213 | 19.98  | -0.02 | -0.04 | 100000 | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 45  | D   | 13,523  | 13,497 | 13,548 | 51.16  | -0.04 | -0.09 | 100000 | 120.0 | 175.6 | -      |       |
| 46  | S   | 13,619  | 13,596 | 13,642 | 46.86  | -0.09 | -0.05 | 100000 | 120.0 | 175.6 | -      |       |
| 47  | D   | 13,707  | 13,650 | 13,765 | 114.43 | -0.05 | -0.16 | 100000 | 120.0 | 175.5 | -      |       |
| 48  | S   | 13,879  | 13,832 | 13,926 | 94.63  | -0.16 | 0.03  | 50000  | 120.0 | 175.6 | -      |       |
| 49  | D   | 14,100  | 14,075 | 14,126 | 50.83  | 0.03  | -0.07 | 50000  | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 50  | S   | 14,288  | 14,213 | 14,362 | 148.98 | -0.07 | 1.42  | 10000  | 120.0 | 177.6 | -      |       |
| 51  | S   | 14,409  | 14,394 | 14,424 | 30.24  | 1.42  | 1.92  | 6000   | 120.0 | 180.5 | -      |       |
| 52  | D   | 14,612  | 14,496 | 14,727 | 230.89 | 1.92  | -1.93 | 6000   | 120.0 | 175.8 | 8292   | 108.7 |
| 53  | S   | 14,871  | 14,818 | 14,923 | 105.37 | -1.93 | -1.05 | 12000  | 120.0 | 171.9 | -      |       |
| 54  | S   | 14,979  | 14,927 | 15,032 | 104.73 | -1.05 | 0.00  | 10000  | 120.0 | 174.4 | -      |       |
| 55  | S   | 15,223  | 15,151 | 15,296 | 144.86 | 0.00  | 1.38  | 10500  | 120.0 | 177.7 | -      |       |
| 56  | S   | 15,305  | 15,299 | 15,311 | 12.35  | 1.38  | 1.69  | 4000   | 120.0 | 180.1 | -      |       |
| 57  | D   | 15,471  | 15,364 | 15,578 | 214.53 | 1.69  | -1.89 | 6000   | 120.0 | 175.5 | 8267   | 108.8 |
| 58  | S   | 15,786  | 15,656 | 15,916 | 260.17 | -1.89 | -0.03 | 14000  | 120.0 | 173.3 | 4260   |       |
| 59  | D   | 16,341  | 16,300 | 16,382 | 81.80  | -0.03 | -0.11 | 100000 | 120.0 | 175.6 | -      |       |
| 60  | S   | 16,398  | 16,389 | 16,406 | 16.26  | -0.11 | -0.08 | 50000  | 120.0 | 175.5 | -      |       |
| 61  | S   | 16,785  | 16,709 | 16,860 | 151.44 | -0.08 | 0.22  | 50000  | 120.0 | 176.0 | -      |       |
| 62  | D   | 16,950  | 16,934 | 16,966 | 31.80  | 0.22  | 0.16  | 50000  | 120.0 | 176.3 | -      |       |
| 63  | S   | 17,109  | 17,104 | 17,114 | 10.08  | 0.16  | 0.23  | 15000  | 120.0 | 176.3 | -      |       |
| 64  | D   | 17,150  | 17,146 | 17,155 | 9.52   | 0.23  | 0.13  | 10000  | 120.0 | 176.3 | -      |       |
| 65  | S   | 17,344  | 17,222 | 17,465 | 243.13 | 0.13  | 1.75  | 15000  | 120.0 | 178.4 | 4403   |       |
| 66  | D   | 17,596  | 17,516 | 17,677 | 161.86 | 1.75  | 0.13  | 10000  | 120.0 | 178.4 | 7818   |       |
| 67  | S   | 17,910  | 17,751 | 18,069 | 317.70 | 0.13  | 0.26  | 250000 | 120.0 | 176.3 | 4346   |       |
| 68  | D   | 18,178  | 18,098 | 18,257 | 158.59 | 0.26  | -1.63 | 8400   | 120.0 | 174.0 | 7976   |       |
| 69  | S   | 18,456  | 18,319 | 18,592 | 272.90 | -1.63 | 0.97  | 10500  | 120.0 | 174.9 | 4306   |       |
| 70  | D   | 18,610  | 18,601 | 18,618 | 17.29  | 0.97  | 0.71  | 6500   | 120.0 | 178.1 | -      |       |
| 71  | D   | 18,678  | 18,619 | 18,736 | 117.32 | 0.71  | -1.10 | 6500   | 120.0 | 175.3 | 7982   | 113.9 |
| 72  | D   | 18,762  | 18,745 | 18,779 | 34.07  | -1.10 | -1.67 | 6000   | 120.0 | 172.2 | -      |       |
| 73  | S   | 18,815  | 18,798 | 18,833 | 34.57  | -1.67 | -1.53 | 25000  | 120.0 | 171.6 | -      |       |
| 74  | S   | 18,867  | 18,839 | 18,895 | 56.22  | -1.53 | -0.59 | 6000   | 120.0 | 173.0 | -      |       |
| 75  | S   | 18,926  | 18,908 | 18,943 | 34.87  | -0.59 | -0.09 | 7000   | 119.8 | 174.4 | -      |       |

| N   | D/S | Pr.Vert | da     | a      | L      | i1    | i2    | Rv     | Vp    | D     | Rv,min | Vamm  |
|-----|-----|---------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| (1) | (2) | (3)     | (4)    | (5)    | (6)    | (7)   | (8)   | (9)    | (10)  | (11)  | (12)   | (13)  |
| 76  | S   | 19,205  | 19,172 | 19,238 | 66.24  | -0.09 | 0.04  | 50000  | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 77  | D   | 19,428  | 19,408 | 19,449 | 41.42  | 0.04  | 0.00  | 100000 | 120.0 | 175.8 | -      |       |
| 78  | S   | 20,221  | 20,192 | 20,251 | 58.83  | 0.00  | 0.19  | 30000  | 120.0 | 176.1 | -      |       |
| 79  | S   | 20,631  | 20,611 | 20,652 | 41.30  | 0.19  | 0.88  | 6000   | 120.0 | 177.3 | -      |       |
| 80  | S   | 20,687  | 20,663 | 20,711 | 48.46  | 0.88  | 1.69  | 6000   | 120.0 | 179.4 | -      |       |
| 81  | D   | 20,802  | 20,740 | 20,865 | 125.44 | 1.69  | -0.10 | 7000   | 120.0 | 178.0 | 8258   | 114.9 |
| 82  | S   | 20,990  | 20,971 | 21,009 | 37.36  | -0.10 | 0.02  | 30000  | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 83  | S   | 21,088  | 21,077 | 21,100 | 23.34  | 0.02  | 0.08  | 40000  | 120.0 | 175.9 | -      |       |
| 84  | D   | 21,170  | 21,140 | 21,199 | 58.74  | 0.08  | -0.90 | 6000   | 120.0 | 174.7 | -      |       |
| 85  | S   | 21,261  | 21,245 | 21,277 | 32.57  | -0.90 | -0.63 | 12000  | 120.0 | 173.8 | -      |       |
| 86  | S   | 21,359  | 21,326 | 21,392 | 65.62  | -0.63 | -0.36 | 25000  | 120.0 | 174.5 | -      |       |
| 87  | S   | 21,447  | 21,424 | 21,470 | 45.82  | -0.36 | 0.09  | 10000  | 120.0 | 175.4 | -      |       |
| 88  | D   | 21,535  | 21,521 | 21,550 | 28.98  | 0.09  | -0.15 | 12000  | 120.0 | 175.7 | -      |       |
| 89  | S   | 21,594  | 21,583 | 21,605 | 22.16  | -0.15 | -0.04 | 20000  | 120.0 | 175.5 | -      |       |
| 90  | S   | 21,694  | 21,663 | 21,724 | 60.60  | -0.04 | 0.08  | 50000  | 120.0 | 175.9 | -      |       |
| 91  | S   | 21,948  | 21,903 | 21,993 | 90.60  | 0.08  | 0.17  | 100000 | 120.0 | 176.1 | -      |       |
| 92  | S   | 24,118  | 24,074 | 24,161 | 86.56  | 0.17  | 0.26  | 100000 | 120.0 | 176.4 | -      |       |
| 93  | S   | 24,440  | 24,431 | 24,448 | 16.56  | 0.26  | 0.37  | 15000  | 120.0 | 176.7 | -      |       |
| 94  | D   | 24,526  | 24,495 | 24,557 | 62.28  | 0.37  | 0.25  | 50000  | 120.0 | 176.6 | -      |       |
| 95  | S   | 24,826  | 24,740 | 24,912 | 171.78 | 0.25  | 1.96  | 10000  | 119.8 | 178.3 | -      |       |
| 96  | D   | 25,001  | 24,992 | 25,009 | 17.13  | 1.96  | 1.77  | 9000   | 120.0 | 181.0 | -      |       |
| 97  | D   | 25,226  | 25,130 | 25,323 | 193.21 | 1.77  | -1.94 | 5200   | 120.0 | 175.6 | 8272   | 103.9 |
| 98  | D   | 25,424  | 25,420 | 25,428 | 7.94   | -1.94 | -2.02 | 10000  | 120.0 | 170.7 | -      |       |
| 99  | S   | 25,470  | 25,435 | 25,506 | 70.74  | -2.02 | -0.88 | 6200   | 120.0 | 172.0 | -      |       |
| 100 | S   | 25,560  | 25,515 | 25,604 | 88.31  | -0.88 | 0.00  | 10000  | 120.0 | 174.6 | -      |       |
| 101 | S   | 25,765  | 25,708 | 25,822 | 113.52 | 0.00  | 0.33  | 35000  | 120.0 | 176.2 | -      |       |
| 102 | S   | 26,317  | 26,305 | 26,329 | 23.54  | 0.33  | 0.72  | 6000   | 120.0 | 177.2 | -      |       |
| 103 | D   | 26,351  | 26,334 | 26,368 | 33.23  | 0.72  | 0.17  | 6000   | 120.0 | 177.0 | -      |       |
| 104 | S   | 26,455  | 26,392 | 26,517 | 124.81 | 0.17  | 1.95  | 7000   | 120.0 | 178.7 | -      |       |
| 105 | D   | 26,795  | 26,691 | 26,900 | 208.47 | 1.95  | -1.84 | 5500   | 120.0 | 175.9 | 8307   | 104.9 |
| 106 | D   | 26,928  | 26,907 | 26,950 | 43.09  | -1.84 | -2.06 | 20000  | 120.0 | 170.8 | -      |       |
| 107 | S   | 27,017  | 26,952 | 27,082 | 129.56 | -2.06 | 0.10  | 6000   | 120.0 | 173.2 | 932    |       |
| 108 | D   | 27,153  | 27,140 | 27,166 | 26.16  | 0.10  | -0.07 | 15000  | 120.0 | 175.8 | -      |       |
| 109 | S   | 27,198  | 27,184 | 27,213 | 29.49  | -0.07 | 0.13  | 15000  | 120.0 | 175.9 | -      |       |
| 110 | S   | 27,327  | 27,278 | 27,376 | 98.58  | 0.13  | 0.78  | 15000  | 120.0 | 177.0 | -      |       |

**Tabella 7-7 – Riepilogo caratteristiche altimetriche\_Direzione Est**

## **8 IL PROGETTO DI AMPLIAMENTO ED AMMODERNAMENTO**

### **8.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI**

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.

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

In linea generale l'intervento ai sensi del già citato DM del 2004 è improntato al miglioramento della sicurezza stradale e le soluzioni adottate sono tali da garantire caratteristiche geometriche in linea con i moderni standard progettuali e comunque velocità di progetto mai inferiori a 100 km/h.

In sintesi, nel progetto di ampliamento ed ammodernamento alla 3a corsia del tratto in progetto, per definire le modalità di allargamento della sede esistente, sono stati adottati quindi i seguenti criteri:

1. minimizzare l'impatto dell'ampliamento alla 3° corsia con il sistema antropico attraversato e quindi con la viabilità e con gli insediamenti abitativi ed industriali preesistenti;
2. minimizzare le occupazioni di territorio, per ridurre l'impatto ambientale dovuto all'ampliamento autostradale;

3. utilizzare quanto più possibile la sede stradale e le opere d'arte esistenti, al fine di ridurre l'impatto ambientale degli interventi, dal momento che si tratta di un progetto di ampliamento di una infrastruttura esistente;
4. prevedere una esecuzione per fasi dei lavori che garantisca l'esercizio dell'infrastruttura durante i lavori, con una sezione stradale caratterizzata da un numero minimo di due corsie per senso di marcia.

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. Con riferimento a queste ultime, il progetto ha previsto, la verifica funzionale dell'intera "zona di immissione" seguendo il metodo indicato dall'Highway Capacity Manual (HCM 2000). In particolare, la verifica ha accertato che la lunghezza della zona di immissione, come risultante dal predimensionamento geometrico-cinematico (e cioè pari alla lunghezza complessiva della porzione parallela del tratto di accelerazione, a meno dei primi 30 metri), fornisca un livello di servizio non inferiore a LOS B (come indicato al capitolo 5 del D.M. 19.04.2006) o comunque non inferiore al livello di servizio risultante sul tronco elementare a monte dell'immissione. Per la definizione dei livelli di traffico è stato preso a riferimento lo scenario progettuale di breve periodo dello studio di traffico allegato al presente progetto.

Per una più completa descrizione dei criteri progettuali utilizzati per l'adeguamento delle intersezioni esistenti si rimanda allo specifico paragrafo contenuto nel proseguo della presente relazione e al documento STD0050.

## 8.2 ASSE AUTOSTRADALE

Le scelte progettuali alla base dell'intervento di ampliamento alla terza corsia sono state fortemente orientate dalle caratteristiche del tracciato attuale, che si distingue

principalmente per la presenza di lunghi tratti rettilinei, di cui due molto lunghi: il primo di circa 8.5 km, da Firenze a Prato e interrotto solo dalla barriera di esazione di Firenze Ovest, termina con una curva da 817 metri di raggio, il secondo di circa 5.3 km raccordato prima e dopo da curve rispettivamente di raggio 1200 e 1800 a deviazione minima, a cui si aggiungono altri tre rettili di lunghezza superiore ad 1 km (rispettivamente 1,6 km, 2,3 km, 2,2 km).

Conseguentemente il progetto ha generalmente previsto il mantenimento del tracciato in asse rispetto all'esistente (ampliamento simmetrico), tenuto conto anche della presenza lungo il tracciato di alcuni punti di passaggio obbligato (cavalcavia e sottovia già predisposti alla 3<sup>a</sup> corsia nell'ipotesi di ampliamento simmetrico).

Il presente progetto ha previsto tre eccezioni in cui è previsto l'intero ampliamento su un unico lato (ampliamento asimmetrico). La prima è rappresentata dal tratto iniziale, in cui il progetto si raccorda con un flesso costituito da due curve di raggio 10250 metri all'intervento di adeguamento dello svincolo a raso di Firenze Peretola, all'interno del quale l'ampliamento alla terza corsia del tratto compreso tra la progr. 0+000 e la progr. 0+621 è previsto in asimmetrico lato carreggiata Est per la presenza dall'aeroporto A.Vespucci confinante con la carreggiata ovest (direz. Pisa).

La seconda eccezione è rappresentata dal tratto in corrispondenza dello svincolo di Prato Est, dove la presenza del piazzale in carreggiata ovest, ubicato immediatamente a nord dell'autostrada, e la presenza di una linea di alta tensione in carreggiata est ha richiesto un ampliamento asimmetrico lato carreggiata est sulla prima curva da 817 m di raggio ed un ampliamento asimmetrico lato carreggiata ovest sulla curva successiva di raggio pari a 1001.30m.

Ultima eccezione è rappresentata dalla curva di raggio 2616 m, al km 12+000 infatti la possibilità di salvaguardare una abitazione civile ha portato ad introdurre un ulteriore tratto di ampliamento asimmetrico rispetto alla fase di progettazione preliminare.

Con riferimento all'andamento altimetrico il progetto ha previsto il mantenimento del profilo longitudinale esistente nei tratti di rettilifo.

Il progetto prevede infine l'adeguamento della pendenza trasversale della piattaforma nei tratti in curva dove è stata adeguata secondo quanto indicato dalla normativa con pendenza massima pari al 7%, nei tratti in rettilifo l'adeguamento al 2.5% avviene solo sul

tratto di piattaforma ampliata, mantenendo l'attuale 1.60÷2.00% sulla porzione di piattaforma esistente; per una migliore comprensione di quanto sopra riportato si rimanda agli elaborati di sezioni tipologiche allegate al presente progetto.

### 8.2.1 Sezione tipo

L'intervento di ammodernamento dell'attuale infrastruttura prevede l'ampliamento alla terza corsia, adottando una sezione di progetto conforme a quanto previsto dal DM 05/11/2001 per la categoria A "autostrada extraurbana".

La sezione tipo stradale prevede una piattaforma di 32.50 metri di larghezza, organizzata in due carreggiate separate da un margine interno di 4.00 m. Ciascuna prevede tre corsie di marcia da 3.75 m fiancheggiate in destra dalla corsia di emergenza larga 3.00 m ed in sinistra da una banchina di dimensioni minime pari a 0,70 m (vedi Figura 8-1).

Considerato che lo spartitraffico è stato recentemente oggetto di adeguamento, il progetto ha previsto il mantenimento nei tratti in rettilineo della barriera NJ in cls monofilare, per cui si rimanda al successivo paragrafo 8.2.2.

In generale in curva è stato adottato un dispositivo di ritenuta bifilare, ove la scelta sia ricaduta su un dispositivo in configurazione monofilare (curve alle pk 9+300 e 24+800), è stato adeguato il margine interno alla misura di 4.40m (misura che ne garantisce il corretto funzionamento). Nelle successive fasi progettuali, il margine interno potrebbe essere ridotto rispetto a suddetta misura, ove si rendessero disponibili dispositivi con adeguate caratteristiche.

Limitatamente alla curva di raggio 817 m in corrispondenza dello svincolo di Prato Est , ove necessario limitare l'innalzamento dei cigli stradali per effetto della variazione delle pendenze trasversali, è stato previsto uno sfalsamento tra le due carreggiate e conseguentemente è stato previsto l'utilizzo di 2 barriere bordo ponte NJ in cls su cordolo.

Complessivamente rispetto all'attuale piattaforma viene realizzato, nella configurazione di ampliamento simmetrico, un allargamento di 5.05 metri per lato, a cui si aggiungono gli

adeguamenti di arginelli (larghezza di progetto pari a 1.30 metri) e scarpate, a cui sono associate pendenze più dolci rispetto alle esistenti (pendenza di progetto 4/7).

Il maggiore ingombro del solido stradale rispetto all'esistente risulterà conseguentemente superiore rispetto a quanto precedentemente dichiarato per la sola piattaforma.

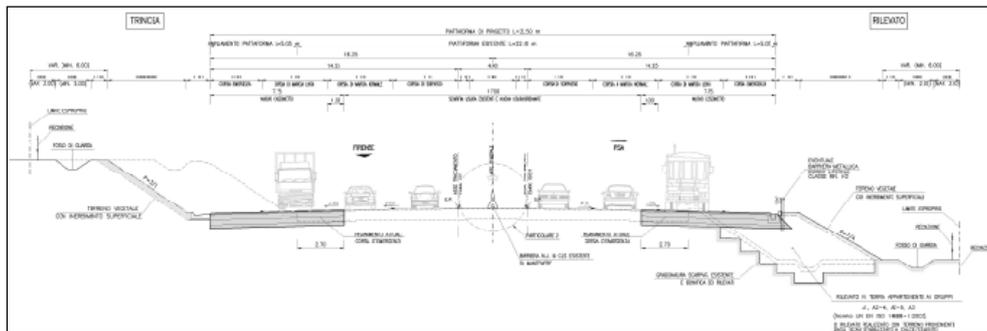


Figura 8-1 – Sezione tipo in ampliamento simmetrico

Tenuto conto che lungo l'intera tratta, in entrambe le carreggiate, sono presenti edifici, viabilità ed aree che ospitano attività produttive posti a distanza ravvicinata rispetto all'autostrada, sono stati inserite in progetto numerose opere di sostegno con la funzione prevalente di limitare il nuovo ingombro e di conseguenza la fascia di esproprio. In alcuni casi tale soluzione non è risultata sufficiente e pertanto è stata prevista la demolizione, totale o parziale degli edifici interessati e lo spostamento delle viabilità parallele all'autostrada stessa.

In corrispondenza del tratto tra la barriera di Firenze Ovest e l'interconnessione con l'autostrada A1 (da progr. km 4+205 al km 5+127) vista la presenza del cavalcavia esistente dell'autostrada A1 (progr. km 4+929) la cui campata centrale ha una luce di 27m e la cui sezione trasversale ha una larghezza di circa 33m, il progetto ha previsto di ridurre la piattaforma a tre corsie da 3.50m per ciascuna carreggiata, margine interno di 2.50m (vedi Figura 8-2 – Sezione tipo con corsie ridotte in corrispondenza del cavalcavia Autostrada A1 al km 4+929) e banchine esterne pari a 0.70m. In questo tratto la corsia di emergenza sarà sostituita da una corsia di servizio esterna.

In carreggiata Ovest tale corsia di servizio risulta in complanare e separata dall'autostrada da un dispositivo di ritenuta da spartitraffico. La sezione trasversale di tale corsia è così articolata, 0.60 m di banchina in affiancamento all'autostrada (in modo da garantire il corretto funzionamento della barriera spartitraffico prevista, installata in un margine interno di 2.10m), 3.00 m di corsia e 0.50 m di banchina esterna, per una larghezza pavimentata pari a 4.10m.



|           |                            | Pki   | Pkf   | L    | h     | QP       |
|-----------|----------------------------|-------|-------|------|-------|----------|
| Tratta A  | rettifilo                  | 621   | 1075  | 454  |       | flesso   |
|           |                            | 1075  | 3580  | 2505 | 8     | QP=QE-4  |
|           |                            | 3580  | 4150  | 570  | 0     | QP=QE+4  |
|           |                            | 4150  | 5300  | 1150 | 4     | QP=QE    |
|           |                            | 5300  | 6950  | 1650 | 4     | QP=QE    |
|           |                            | 6950  | 8300  | 1350 | 8     | QP=QE-4  |
|           |                            | 8300  | 8328  | 28   | 4     | QP=QE    |
|           | curva e<br>controcur<br>va | 8328  | 8807  | 479  |       | curva sx |
|           |                            | 8807  | 8987  | 180  |       | raccordo |
|           |                            | 8987  | 9647  | 660  |       | curva sx |
| rettifilo | 8987                       | 9850  | 863   | 4    | QP=QE |          |
| Tratta B  | rettifilo                  | 9850  | 11240 | 1390 | 4     | QP=QE    |
|           | curva                      | 11240 | 12945 | 1705 |       | curva dx |
|           | rettifilo                  | 11240 | 15050 | 3810 | 4     | QP=QE    |
| Tratta C  | rettifilo                  | 15050 | 15253 | 203  | 4     | QP=QE    |
|           | curva                      | 15253 | 16400 | 1147 |       | curva dx |
|           | rettifilo                  | 16400 | 17169 | 769  | 4     | QP=QE    |
|           | curva                      | 17169 | 18231 | 1062 |       | curva sx |
|           | rettifilo                  | 18231 | 18916 | 685  | 4     | QP=QE    |
|           | curva                      | 18916 | 19195 | 279  |       | curva dx |
|           |                            | 19195 | 23000 | 3805 | 4     | QP=QE    |
| Tratta D  | rettifilo                  | 23000 | 24500 | 1500 | 4     | QP=QE    |
|           |                            | 24500 | 24561 | 61   | 8     | QP=QE-4  |
|           | curva                      | 24561 | 25014 | 453  |       | curva sx |
|           | rettifilo                  | 25014 | 26500 | 1486 | 4     | QP=QE    |
|           |                            | 26500 | 27234 | 734  | 4     | QP=QE    |
|           | curva                      | 27234 | 27393 | 159  |       | curva sx |

**Tabella 8-3 – Ricariche nella carreggiata est (dir. Firenze)**

|          |                            | Pki  | Pkf  | L    | h | QP       |
|----------|----------------------------|------|------|------|---|----------|
| Tratta A | rettifilo                  | 621  | 1075 | 454  |   | flesso   |
|          |                            | 1075 | 1400 | 325  | 4 | QP=QE    |
|          |                            | 1400 | 2260 | 860  | 0 | QP=QE+4  |
|          |                            | 2260 | 2515 | 255  | 4 | QP=QE    |
|          |                            | 2515 | 3725 | 1210 | 8 | QP=QE-4  |
|          |                            | 3725 | 8365 | 4640 | 4 | QP=QE    |
|          | curva e<br>controcur<br>va | 8365 | 8771 | 406  |   | curva sx |
|          |                            | 8771 | 9007 | 236  |   | raccordo |
|          |                            | 9007 | 9637 | 630  |   | curva sx |
|          |                            |      |      |      |   |          |

|          |           |       |       |      |   |          |
|----------|-----------|-------|-------|------|---|----------|
|          | rettifilo | 9637  | 9850  | 213  | 4 | QP=QE    |
| Tratta B | rettifilo | 9850  | 10135 | 285  | 4 | QP=QE    |
|          |           | 10135 | 11000 | 865  | 4 | QP=QE    |
|          |           | 11000 | 11244 | 244  | 4 | QP=QE    |
|          | curva     | 11244 | 12946 | 1702 |   | curva dx |
|          | rettifilo | 12946 | 14150 | 1204 | 8 | QP=QE-4  |
|          | rettifilo | 14150 | 15050 | 900  | 4 | QP=QE    |
| Tratta C | rettifilo | 15050 | 15255 | 205  | 4 | QP=QE    |
|          | curva     | 15255 | 16399 | 1144 |   | curva dx |
|          | rettifilo | 16399 | 17183 | 784  | 4 | QP=QE    |
|          | curva     | 17183 | 18219 | 1036 |   | curva sx |
|          | rettifilo | 18219 | 18919 | 700  | 4 | QP=QE    |
|          | curva     | 18919 | 19197 | 278  |   | curva dx |
|          | rettifilo | 19197 | 23000 | 3803 | 4 | QP=QE    |
| Tratta D | rettifilo | 23000 | 23065 | 65   | 4 | QP=QE    |
|          |           | 23065 | 24579 | 1514 | 4 | QP=QE    |
|          | curva     | 24579 | 25000 | 421  |   | curva sx |
|          | rettifilo | 25000 | 26450 | 1450 | 8 | QP=QE-4  |
|          | rettifilo | 26450 | 27221 | 771  | 4 | QP=QE    |
|          | curva     | 27221 | 27393 | 172  |   | curva sx |

**Tabella 8-2 – Ricariche nella carreggiata ovest (dir. Pisa)**

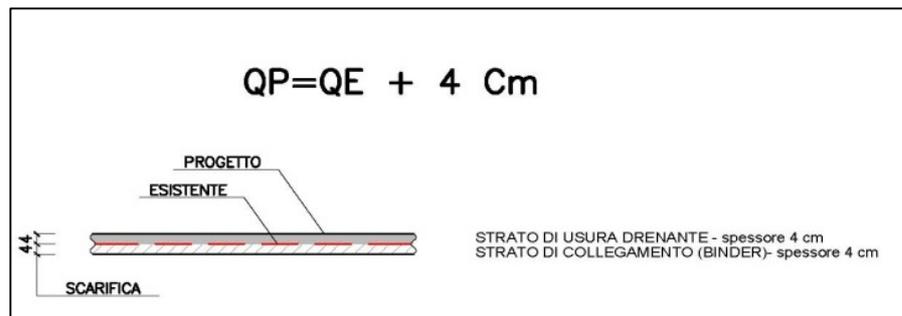
Come si vede dalle tabelle (penultima colonna a destra), nel tratto in esame, per la maggioranza dei tratti in rettilineo la quota esistente è già stata caricata senza asportazione del precedente strato di usura a +4 cm, in diversi tratti il sovra-spessore è pari a 8 cm e solo in pochi tratti la quota è rimasta quella della piattaforma originale.

Il progetto prevede in rettilineo di portare dappertutto la quota di progetto a +4 cm rispetto alla quota della piattaforma originale che è anche la quota di scivolamento del new jersey.

Nell'ultima colonna a destra viene tradotto questo intento, indicando quella che deve essere la quota di progetto in riferimento alla quota esistente puntuale.

Poiché nella prima fase l'ampliamento del rilevato e la nuova pavimentazione si ferma a quota "sopra-binder" e cioè 4 cm al di sotto della quota di progetto, per evitare che nella carreggiata si formi un gradino, è necessario prevedere, nelle fasi 1bis e 2bis (vedi paragrafo 13.3.2), le operazioni per il raggiungimento di quota Qp-4 cm.

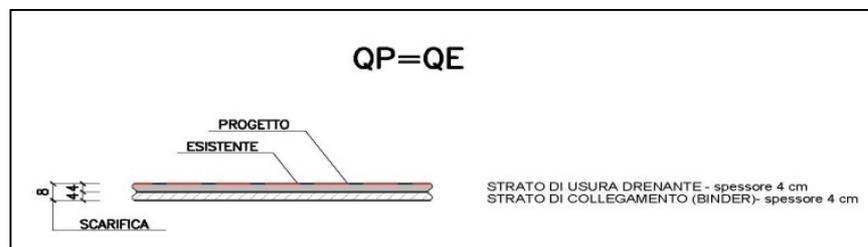
Tali operazioni sono costituite, per i tratti in cui la QP=QE +4, da una scarifica di 8 metri di larghezza e 4 cm di spessore e dal posizionamento di 4 cm di binder, come in figura.



**Figura 8-3 – Intervento di scarifica (-4 cm) e binder (+4cm)**

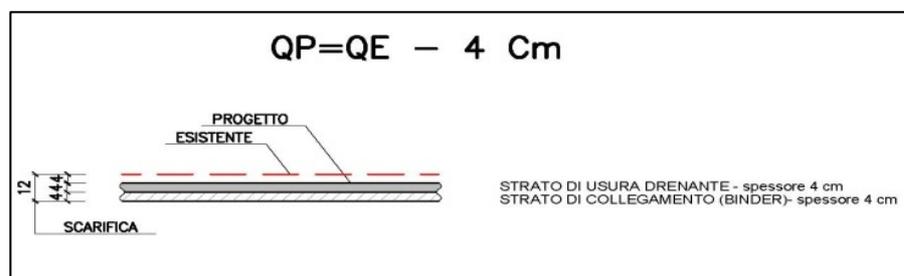
Nella figura è rappresentato anche lo strato di usura drenante di 4 cm che verrà posizionato a fine lavori sulla tratta.

Per i tratti (la maggior parte) in cui la  $QP = QE$ , la scarifica sarà di 8 cm di spessore e il binder sempre 4 cm, come in figura.



**Figura 8-4 – Intervento di scarifica (-8 cm) e binder (+4cm)**

Infine, per i tratti in cui la  $QP = QE - 4$ , l'intervento è costituito da una scarifica di 12 cm di spessore e dal posizionamento di 4 cm di binder, come in figura.



**Figura 8-5 – Intervento di scarifica (-12 cm) e binder (+4cm)**

### 8.2.3 Andamento plano-altimetrico di progetto

L'intervento di ampliamento alla terza corsia si sviluppa tra la progressiva km 0+621 alla quota di 37.58 metri circa s.l.m. e la progressiva km 27+393 alla quota di 56.16 metri circa, per uno sviluppo complessivo di 26'772 metri.

L'ampliamento della piattaforma stradale previsto in progetto, è di tipo prevalentemente simmetrico con brevi tratti in asimmetrico (tratto iniziale, tratto in corrispondenza dello svincolo di Prato Est e curva di raggio 2616 m alla progressiva 12+000). Da un punto di vista planimetrico l'intervento ha previsto l'inserimento delle curve di raccordo a raggio variabile (clotoidi), non presenti nel tracciato esistente, e la modifica delle curve circolari di raggio R=800m e 2500m portate rispettivamente a 817 m e 2616 m (valori riferiti alla carreggiata ovest) . Nel tratto iniziale del tracciato è stato inoltre introdotto un flesso con curve di ampissimo raggio (elementi 1-3 di tabella 8-1/2), privo di clotoidi, allo scopo di raccordare il tratto in ampliamento asimmetrico a quello in ampliamento simmetrico.

In tabella 8.3 vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono l'asse autostradale. In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- R = Rettifilo
- C = Curva Circolare
- AT = Clotoide di Transizione
- AF = Clotoide di Flesso
- AC = Clotoide di Continuità

In colonna (7) è indicato il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX = curva destrorsa, SX = curva sinistrorsa), in colonna (8) il valore di pendenza trasversale, mentre in colonna (9) è riportato per ogni elemento il valore massimo della velocità di progetto dedotto dal diagramma delle velocità.

| Elem | ProgrInizio (m) | ProgrFine (m) | Lungh. (m) | TipoElem | Parametro | Vs  | ic   | Vp    |
|------|-----------------|---------------|------------|----------|-----------|-----|------|-------|
| (1)  | (2)             | (3)           | (4)        | (5)      | (6)       | (7) | (8)  | (9)   |
| 1    | 621.256         | 844.014       | 222.758    | C        | 10250.00  | DX  | 2.50 | 140.0 |
| 2    | 844.014         | 1,067.604     | 223.590    | C        | 10254.00  | SX  | 2.50 | 140.0 |
| 3    | 1,067.604       | 4,250.164     | 3182.560   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 4    | 4,250.164       | 4,349.089     | 98.925     | C        | 10250.00  | SX  | 2.50 | 56.7  |
| 5    | 4,349.089       | 4,462.395     | 113.306    | C        | 10250.00  | DX  | 2.50 | 69.8  |
| 6    | 4,462.395       | 4,915.123     | 452.728    | R        |           |     |      | 121.9 |
| 7    | 4,915.123       | 4,977.614     | 62.491     | C        | 50000.00  | SX  | 2.50 | 129.1 |

| Elem | ProgrInizio (m) | ProgrFine (m) | Lungh. (m) | TipoElem | Parametro | Vs  | ic   | Vp    |
|------|-----------------|---------------|------------|----------|-----------|-----|------|-------|
| (1)  | (2)             | (3)           | (4)        | (5)      | (6)       | (7) | (8)  | (9)   |
| 8    | 4,977.614       | 8,365.686     | 3388.072   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 9    | 8,365.686       | 8,519.939     | 154.253    | AT       | 355.00    |     |      | 140.0 |
| 10   | 8,519.939       | 8,617.187     | 97.247     | C        | 817.00    | SX  | 7.00 | 130.7 |
| 11   | 8,617.187       | 8,771.440     | 154.253    | AT       | 355.00    |     |      | 140.0 |
| 12   | 8,771.440       | 9,007.554     | 236.114    | R        |           |     |      | 140.0 |
| 13   | 9,007.554       | 9,183.577     | 176.022    | AT       | 419.82    |     |      | 140.0 |
| 14   | 9,183.577       | 9,381.974     | 198.398    | C        | 1001.30   | SX  | 6.83 | 140.0 |
| 15   | 9,381.974       | 9,637.723     | 255.748    | AT       | 506.04    |     |      | 140.0 |
| 16   | 9,637.723       | 11,244.054    | 1606.331   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 17   | 11,244.054      | 11,536.055    | 292.002    | AT       | 874.00    |     |      | 140.0 |
| 18   | 11,536.055      | 12,654.473    | 1118.418   | C        | 2616.00   | DX  | 3.70 | 140.0 |
| 19   | 12,654.473      | 12,946.475    | 292.002    | AT       | 874.00    |     |      | 140.0 |
| 20   | 12,946.475      | 15,255.125    | 2308.650   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 21   | 15,255.125      | 15,477.458    | 222.333    | AT       | 666.50    |     |      | 140.0 |
| 22   | 15,477.458      | 16,176.903    | 699.445    | C        | 1998.00   | DX  | 4.39 | 140.0 |
| 23   | 16,176.903      | 16,399.236    | 222.333    | AT       | 666.50    |     |      | 140.0 |
| 24   | 16,399.236      | 17,201.130    | 801.894    | R        |           |     |      | 140.0 |
| 25   | 17,201.130      | 17,344.770    | 143.640    | AT       | 415.52    |     |      | 140.0 |
| 26   | 17,344.770      | 18,058.186    | 713.416    | C        | 1202.00   | SX  | 6.08 | 140.0 |
| 27   | 18,058.186      | 18,201.826    | 143.640    | AT       | 415.52    |     |      | 140.0 |
| 28   | 18,201.826      | 18,919.787    | 717.961    | R        |           |     |      | 140.0 |
| 29   | 18,919.787      | 19,008.627    | 88.840     | AT       | 399.67    |     |      | 140.0 |
| 30   | 19,008.627      | 19,108.826    | 100.200    | C        | 1798.00   | DX  | 4.70 | 140.0 |
| 31   | 19,108.826      | 19,197.666    | 88.840     | AT       | 399.67    |     |      | 140.0 |
| 32   | 19,197.666      | 24,580.201    | 5382.535   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 33   | 24,580.201      | 24,734.031    | 153.830    | AT       | 429.97    |     |      | 140.0 |
| 34   | 24,734.031      | 24,846.876    | 112.845    | C        | 1201.80   | SX  | 6.08 | 140.0 |
| 35   | 24,846.876      | 25,000.706    | 153.830    | AT       | 429.97    |     |      | 140.0 |
| 36   | 25,000.706      | 27,199.965    | 2199.259   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 37   | 27,199.965      | 27,429.597    | 229.632    | AT       | 583.11    |     |      | 139.3 |
| 38   | 27,429.597      | 27,502.305    | 72.708     | C        | 1480.70   | SX  | 2.43 | 121.2 |

**Tabella 8-3 – Riepilogo caratteristiche planimetriche carreggiata ovest**

| Elem | ProgrInizio (m) | ProgrFine (m) | Lungh. (m) | TipoElem | Parametro | Vs  | ic   | Vp    |
|------|-----------------|---------------|------------|----------|-----------|-----|------|-------|
| (1)  | (2)             | (3)           | (4)        | (5)      | (6)       | (7) | (8)  | (9)   |
| 1    | 621.256         | 844.101       | 222.845    | C        | 10254.00  | DX  | 2.50 | 140.0 |
| 2    | 844.101         | 1,067.603     | 223.503    | C        | 10250.00  | SX  | 2.50 | 140.0 |
| 3    | 1,067.603       | 4,297.818     | 3230.214   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 4    | 4,297.818       | 4,370.756     | 72.938     | C        | 10250.00  | DX  | 2.50 | 59.2  |
| 5    | 4,370.756       | 4,429.313     | 58.557     | C        | 10250.00  | SX  | 2.50 | 66.0  |
| 6    | 4,429.313       | 4,895.343     | 466.030    | R        |           |     |      | 119.7 |
| 7    | 4,895.343       | 4,970.052     | 74.709     | C        | 4980.00   | SX  | 2.50 | 128.3 |
| 8    | 4,970.052       | 5,111.011     | 140.958    | C        | 10250.00  | DX  | 2.50 | 140.0 |
| 9    | 5,111.011       | 8,365.880     | 3254.869   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 10   | 8,365.880       | 8,519.755     | 153.875    | AT       | 353.70    |     |      | 140.0 |
| 11   | 8,519.755       | 8,616.149     | 96.394     | C        | 813.00    | SX  | 7.00 | 130.4 |
| 12   | 8,616.149       | 8,770.025     | 153.875    | AT       | 353.70    |     |      | 140.0 |
| 13   | 8,770.025       | 8,993.822     | 223.797    | R        |           |     |      | 140.0 |
| 14   | 8,993.822       | 9,194.879     | 201.057    | AT       | 447.70    |     |      | 140.0 |
| 15   | 9,194.879       | 9,370.155     | 175.275    | C        | 996.90    | SX  | 6.85 | 140.0 |

| Elem | ProgrInizio (m) | ProgrFine (m) | Lungh. (m) | TipoElem | Parametro | Vs  | ic   | Vp    |
|------|-----------------|---------------|------------|----------|-----------|-----|------|-------|
| (1)  | (2)             | (3)           | (4)        | (5)      | (6)       | (7) | (8)  | (9)   |
| 16   | 9,370.155       | 9,643.472     | 273.317    | AT       | 521.99    |     |      | 140.0 |
| 17   | 9,643.472       | 11,240.923    | 1597.452   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 18   | 11,240.923      | 11,533.147    | 292.223    | AT       | 875.00    |     |      | 140.0 |
| 19   | 11,533.147      | 12,653.499    | 1120.353   | C        | 2620.00   | DX  | 3.69 | 140.0 |
| 20   | 12,653.499      | 12,945.723    | 292.223    | AT       | 875.00    |     |      | 140.0 |
| 21   | 12,945.723      | 15,254.151    | 2308.428   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 22   | 15,254.151      | 15,476.707    | 222.556    | AT       | 667.50    |     |      | 140.0 |
| 23   | 15,476.707      | 16,177.775    | 701.068    | C        | 2002.00   | DX  | 4.39 | 140.0 |
| 24   | 16,177.775      | 16,400.330    | 222.556    | AT       | 667.50    |     |      | 140.0 |
| 25   | 16,400.330      | 17,202.232    | 801.902    | R        |           |     |      | 140.0 |
| 26   | 17,202.232      | 17,345.633    | 143.401    | AT       | 414.48    |     |      | 140.0 |
| 27   | 17,345.633      | 18,056.436    | 710.803    | C        | 1198.00   | SX  | 6.09 | 140.0 |
| 28   | 18,056.436      | 18,199.837    | 143.401    | AT       | 414.48    |     |      | 140.0 |
| 29   | 18,199.837      | 18,917.868    | 718.031    | R        |           |     |      | 140.0 |
| 30   | 18,917.868      | 19,006.806    | 88.938     | AT       | 400.33    |     |      | 140.0 |
| 31   | 19,006.806      | 19,107.328    | 100.522    | C        | 1802.00   | DX  | 4.69 | 140.0 |
| 32   | 19,107.328      | 19,196.266    | 88.938     | AT       | 400.33    |     |      | 140.0 |
| 33   | 19,196.266      | 24,562.032    | 5365.766   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 34   | 24,562.032      | 24,749.319    | 187.287    | AT       | 473.56    |     |      | 140.0 |
| 35   | 24,749.319      | 24,827.731    | 78.412     | C        | 1197.40   | SX  | 6.10 | 140.0 |
| 36   | 24,827.731      | 25,015.018    | 187.287    | AT       | 473.56    |     |      | 140.0 |
| 37   | 25,015.018      | 27,078.516    | 2063.498   | R        |           |     |      | 140.0 |
| 38   | 27,078.516      | 27,171.951    | 93.435     | C        | 10250.00  | DX  | 2.50 | 140.0 |
| 39   | 27,171.951      | 27,230.428    | 58.477     | R        |           |     |      | 136.7 |
| 40   | 27,230.428      | 27,367.317    | 136.889    | AT       | 450.00    |     |      | 132.1 |
| 41   | 27,367.317      | 27,499.704    | 132.387    | C        | 1479.30   | SX  | 2.45 | 121.3 |

**Tabella 8-4 – Riepilogo caratteristiche planimetriche carreggiata est**

Da un punto di vista planimetrico, il tracciato prevede quindi un raggio di curvatura minimo  $R_{\min} = 817$  m e uno massimo  $R_{\max} = 10254$  m.

Come già anticipato, da un punto di vista altimetrico il progetto ha previsto il mantenimento del profilo longitudinale esistente lungo i rettifili, e l'adeguamento del profilo medesimo lungo le curve ove viene adeguata la pendenza trasversale. Per la descrizione delle caratteristiche geometriche si rimanda alla relazione specialistica STD 0050.

#### 8.2.4 Analisi del progetto con riferimento al DM 6792 del 05.11.2001

Il tracciato del 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 nel DM del 5.11.2001, prot. 6792.

L'adeguamento "in sede" si è dimostrato in grado di conferire al tracciato autostradale caratteristiche in linea con gli standard progettuali. Relativamente alle geometrie, d'asse dalle verifiche effettuate lungo il tracciato di progetto, gli scostamenti rispetto alla normativa di riferimento, dovuti alla conformazione dell'esistente, riguardano sostanzialmente aspetti minori di carattere ottico, quali il mancato rispetto dei criteri di composizione geometrica per la lunghezze massime e minime dei rettifili, lo sviluppo delle curve circolari inferiore ai minimi, ed il criterio ottico per alcune clotoidi che raccordano raggi per i quali il rispetto di tale criterio avrebbe comportato un impatto tecnico-economico eccessivo sul tracciato per effetto del ridotto angolo di deviazione tra i rettifili.

Nel tratto iniziale è poi previsto un flesso costituito da due curve di raggio  $R=10250$  metri non raccordate da clotoidi, resosi necessario per raccordare l'intervento in oggetto a quello di adeguamento dello svincolo urbano a raso di Firenze Peretola.

Per quanto riguarda le distanze di visibilità, è stato verificato che in linea generale queste sono superiori alle distanze di arresto calcolate a 120 km/h in condizioni di pavimentazione bagnata e comunque mai inferiori alle distanze di arresto calcolate per 100 km/h.

Per quanto concerne il diagramma delle velocità di progetto, la lieve rettifica localizzata della curva al km 8+500 circa, di raggio esistente pari a  $R=800$  metri, ha permesso di risolvere l'unica anomalia presente lungo il tracciato. Come mostrato nelle figure 8-5 e 8-6, in cui si riporta il diagramma delle velocità e delle curvature determinato come previsto al punto 5.4 del D.M. n. 6792/200, la velocità lungo il tracciato risulta infatti costante e pari al valore massimo di 140 km/h, tranne che per la curva di raggio  $R=817$ m e limitatamente alla sola carreggiata ovest in cui la velocità di progetto diminuisce di 9.3 km/h, valore inferiore rispetto al massimo ammissibile che risulta di 10 km/h al passaggio tra tratti percorsi alla velocità di progetto massima e curve percorse a velocità inferiore. In corrispondenza della barriera di esazione di Firenze Ovest si è considerata una riduzione della velocità di progetto da 140 km/h a 40 km/h.



### 8.2.5 PIAZZOLE DI SOSTA

Nell'intervento in oggetto, sui tratti in rilevato, sono state previste piazzole per la sosta di emergenza con un interasse di circa 1000 m su entrambe le carreggiate. Per la geometria si faccia riferimento agli elaborati tipologici.



Figura 8-5: - Piazzole di sosta in rilevato/trincea

## 9 OPERE D'ARTE

### 9.1 OPERE D'ARTE MAGGIORI

Il presente ed i successivi paragrafi sono relativi agli interventi di ampliamento alla terza corsia previsti per le opere d'arte maggiori ricadenti nel tratto Firenze - Pistoia dell'autostrada A11 Firenze - Pisa Nord.

Si evidenzia che vengono catalogate come "maggiori" tutte le opere in generale di luce maggiore di 6.00 m. Tali opere, per le quali sono state studiate soluzioni di intervento ad hoc, sommano ad un totale di 19 (7 ponti ed 12 sottovia). Esse risalgono ad un primo impianto degli anni '30, successivamente ammodernato ed ampliato nella configurazione attuale negli anni '60, ad eccezione di quelle ricadenti nel tratto della "variante di Prato (compreso tra gli svincoli di Prato Est e Prato Ovest), realizzate per intero negli anni '60 e a quelle ubicate in ambiti dove, come detto in premessa, si è intervenuti in anni recenti, modificando ulteriormente la configurazione originaria.

#### 9.1.1 Criteri progettuali

In questa fase, le soluzioni di intervento sono state determinate, per ciascuna opera, sulla scorta dell'esperienza maturata nello sviluppo di interventi simili.

Si evidenzia che in alcuni casi è stata prevista la demolizione dell'impalcato esistente e/o di alcune sottostrutture. Tale soluzione si è resa necessaria principalmente per:

- ampliamento asimmetrico, in presenza di impalcati di luce differente per le due carreggiate (affiancamento della struttura anni '30 e della struttura anni '60);
- impossibilità di rotazione dell'impalcato per aggiornare la pendenza trasversale;
- eccessiva complessità delle lavorazioni dovuta alla sovrapposizione dei vari interventi subiti dall'opera;
- impossibilità di ricondurre l'opera nel suo complesso ad uno schema statico funzionale;

Per tutti gli altri casi si opera nel mantenimento della struttura originaria, provvedendo all'aggiornamento della pendenza mediante rotazione della sovrastruttura di impalcato e realizzazione in affiancamento della struttura d'ampliamento, opportunamente solidarizzata con le preesistenze.

Si opera sulla base delle seguenti linee generali sintetizzate di seguito.

#### 9.1.1.1 Impalcati

In linea generale, la porzione in ampliamento avrà caratteristiche simili all'impalcato originale, in modo da ridurre al minimo le problematiche connesse alla differente deformabilità della porzione preesistente e della porzione di nuova realizzazione.

Per le opere del presente tratto, che presentano in tutti i casi una luce di calcolo inferiore a 28.0 m, si prevede di realizzare l'ampliamento con travi in c.a.p. e soletta collaborante; per le luci più basse ( $\cong 10.0$  m) si adotteranno travi in c.a.p. accostate, completate con getto in opera della soletta in c.a.; particolare attenzione è stata posta nel selezionare altezze di trave che garantiscano il mantenimento, per quanto possibile, dei franchi originari, predisponendo in alcuni casi travi di altezza ridotta ed interasse più ravvicinato.

Le strutture di ampliamento realizzate a travi e soletta verranno solidarizzate collegando le solette; per gli impalcati a solettone si agirà in maniera analoga, salvo i casi in cui la tipologia delle travi esistenti e/o nuove consenta anche la solidarizzazione della zona di intradosso.

Il soddisfacimento delle verifiche statiche connesse all'applicazione dei nuovi carichi stradali da normativa si dimostra in generale particolarmente gravoso per impalcati di luce inferiori a 30.0 m sia nei riguardi della sollecitazione flettente, ma soprattutto nei riguardi della sollecitazione di taglio.

Per tale motivo si prevede, in questa fase, l'adozione sistematica, sulle travi esistenti, di rinforzi a flessione e taglio formati da lamine e tessuti in FRP.

#### 9.1.1.2 Pile

La carpenteria delle pile intermedie viene determinata con l'obiettivo di soddisfare, per quanto possibile il criterio di uniformità delle resistenze, replicando la carpenteria delle pile esistenti.

#### 9.1.1.3 Spalle

Le spalle relative alle strutture in ampliamento vengono realizzate a prolungamento delle spalle esistenti, mantenendo, per quanto possibile la medesima sagoma esterna.

In generale, per le spalle di altezza maggiore di 4.0 m, si prevede l'adozione sistematica di almeno un ordine di tiranti passivi. A completamento dell'intervento di rinforzo, si prevede la realizzazione di un placcaggio frontale in c.a., chiodato alla struttura esistente, avente la duplice funzione di rinforzo strutturale del paramento, e di creare un adeguato ancoraggio per i tiranti passivi. Tale tipo di intervento si rende possibile unicamente nel caso in cui non

vi siano problemi di franco orizzontale dell'opera scavalcata (strada o canale). Altro tipo di intervento progettato è stato quello di prevedere il rinforzo della spalla esistente con micropali verticali.

Si provvederà inoltre alla realizzazione del muro paraghiaia, e del relativo giunto trasversale di dilatazione per tutte le spalle esistenti che ne risultano sprovviste all'origine.

#### 9.1.1.4 Fondazioni

Si prevede di fondare le strutture d'ampliamento su micropali o pali di medio diametro; le zattere di fondazione verranno solidarizzate a quelle esistenti utilizzando barre trasversali inghisate.

Per le spalle, le fondazioni verranno in generale opportunamente sovradimensionate in modo da sopperire ad eventuali deficienze statiche della struttura esistente.

#### 9.1.1.5 Sistema di vincolo

La quasi totalità delle opere prevede un sistema di vincolo elementare, costituito da cuscinetti di appoggio in neoprene armato. Dal momento che tale sistema di vincolo non risulta collegato mediante piastre agli elementi a contatto (travi-pulvini), esso non è in grado di trasferire alle sotto strutture le azioni di taglio. Per questo motivo verranno realizzati dei ritegni in c.a. di fine corsa longitudinale e trasversale, o in alternativa, mensole metalliche fissate all'intradosso delle travi che trovano riscontro sui paramenti delle sottostrutture.

Nei paragrafi seguenti si sintetizzano le principali caratteristiche delle opere in esame e delle relative soluzioni di intervento.

### 9.1.2 Ponte sul Fosso Reale

#### Struttura esistente

La struttura è formata da un doppio impalcato a campata unica con una forte inclinazione rispetto all'asse autostradale costituito da travi prefabbricate e soletta collaborante per una altezza totale pari a 1,25 m; la luce netta misurata ortogonalmente alle spalle risulta pari a 14,98 m. Le due carreggiate sono individualmente sostenute dal proprio impalcato che poggia su spalle massicce in calcestruzzo non armato. Le fondazioni sono di tipo indiretto su pali di piccolo diametro.



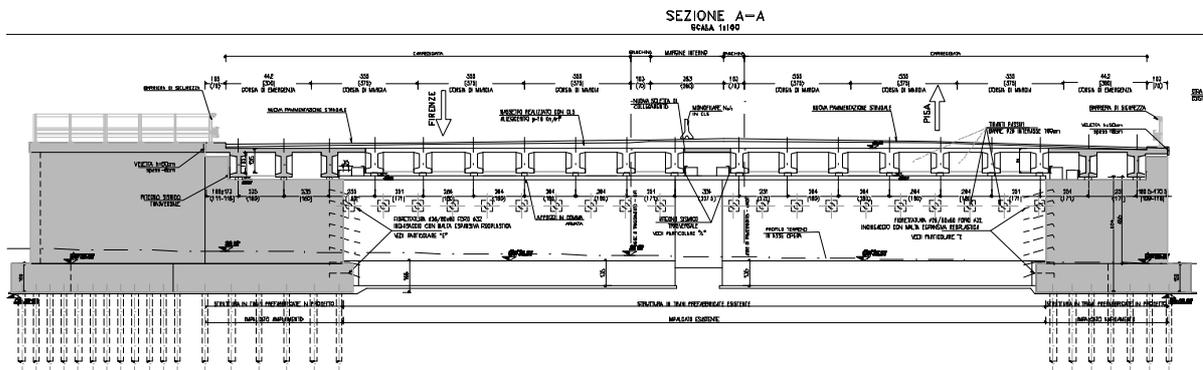


Figura 9-2 - Ponte sul F. Reale. Sezione trasversale.

### 9.1.3 Ponte sul Torrente Marina

#### Struttura esistente

Il Ponte, che presenta una forte inclinazione rispetto all'asse autostradale, è formato da due impalcati strutturalmente indipendenti a supporto di ciascuna carreggiata. Quella in direzione Pisa presenta una doppia campata con interposizione di una pila in alveo; quella in direzione Firenze presenta un'unica campata. La luce misurata ortogonalmente alle spalle, allineate per le due carreggiate, misura 16.28 m. L'impalcato a supporto della carreggiata ovest è realizzato mediante travi prefabbricate in c.a. e soletta gettata in opera per uno spessore complessivo pari a 1.05 m; quello in direzione est è costituito da travi prefabbricate in c.a.p. e soletta gettata in opera per uno spessore totale pari a 1.25m.

L'attuale impalcato in direzione ovest presenta già due interventi di successivo allargamento. Se ne prevede comunque la completa demolizione unitamente alla pila centrale. Le spalle su entrambe le carreggiate risultano di tipo massiccio in calcestruzzo non armato. Le fondazioni sono di tipo indiretto su pali di piccolo diametro.

#### Ampliamento.

Si prevede un ampliamento di tipo simmetrico.

#### Rinforzo struttura esistente

L'adeguamento statico della struttura esistente prevede i seguenti interventi:

- Rinforzo flessionale delle attuali travi principali a supporto dell'impalcato direzione Firenze mediante utilizzo di fibre di carbonio fissate all'intradosso impalcato.



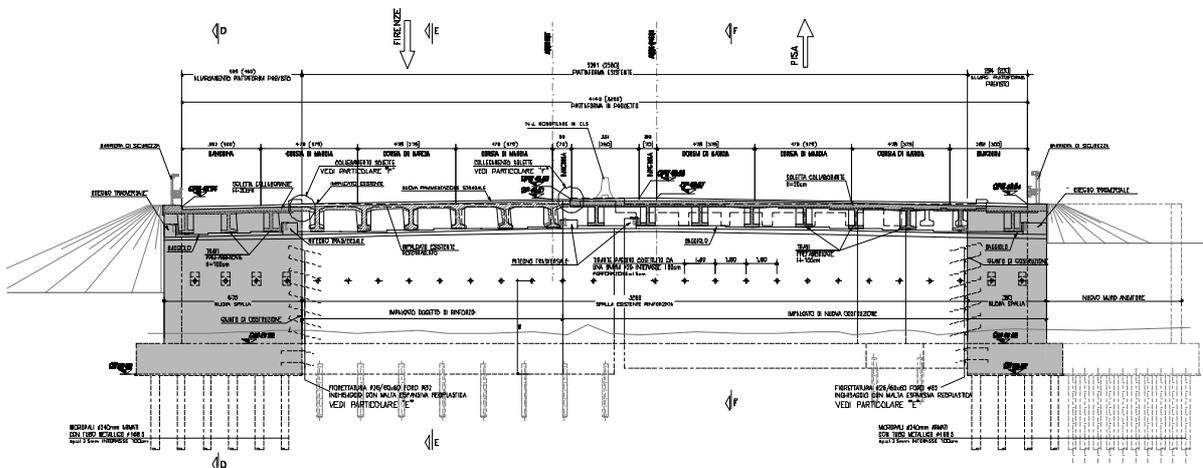


Figura 9-4 - Ponte sul T. Marina. Sezione trasversale.

#### 9.1.4 Ponte sul Torrente Bisenzio

Il manufatto in oggetto, ubicato nel comune di Prato, consta di una struttura principale in calcestruzzo armato costituita da un arco della luce di circa 25.50 m (in retto), realizzata a partire dagli anni 1930 a scavalcare l'alveo del Torrente Bisenzio.

##### Struttura esistente

Il ponte sul torrente Bisenzio si compone attualmente di tre parti principali affiancate tra loro e realizzate in epoche differenti.

Una prima edificazione risale agli anni 1930, consta di una struttura ad arco in calcestruzzo armato gettata in opera, incastrata alle imposte su spalle massicce anch'esse in calcestruzzo armato.

Successivamente, negli anni 1960, sono state realizzate due strutture della medesima tipologia, in allargamento all'esistente ed alla stessa aderenti sia lato sud, sia a nord.

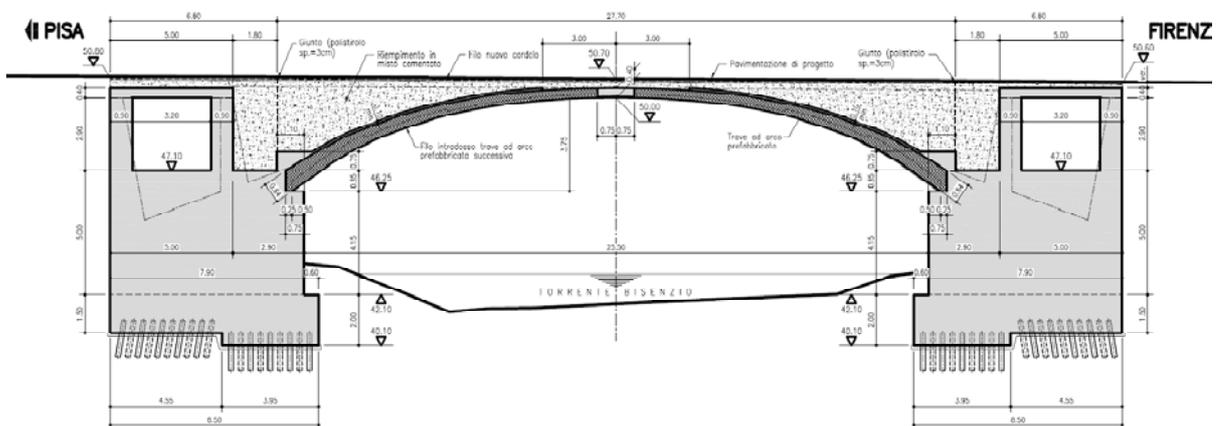
Il manufatto realizzato negli anni '30 presenta un'inclinazione delle spalle e della sezione di imposta di 11 gradi circa rispetto all'asse stradale, pari a quella dell'allargamento lato nord. L'allargamento esistente lato sud ha invece un'inclinazione di circa 25°.

La larghezza complessiva trasversale (in retto) misura 24.80 m, di cui 10.30 m competono alla carreggiata Firenze, 11.75 m a quella in direzione Pisa.

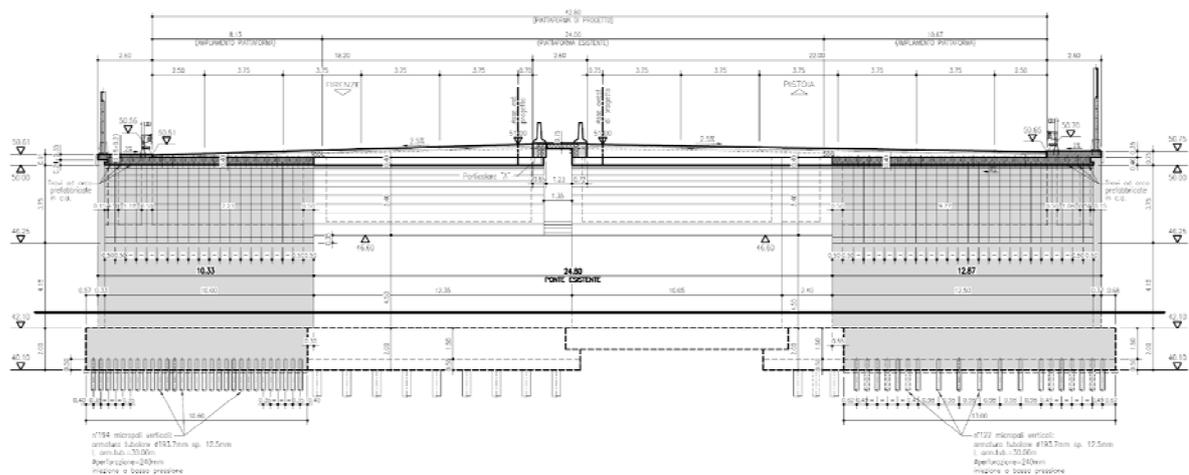
## Ampliamento

L'ampliamento del piano viabile interessa l'intera lunghezza del manufatto a singola campata.

Le opere in progetto, che prevedono ulteriori allargamenti sia verso sud (larghezza in retto L=10.30 m circa), sia verso nord (L=12.90 m circa), hanno una inclinazione delle spalle e delle sezioni di imposta rispetto all'asse stradale pari a 11° circa (lato nord) e 45° circa (lato sud); la larghezza complessiva d'impalcato risulta, a fine intervento, pari a circa 21.35 m a sud e 25.35 m lato nord.



**Figura 9-5 - Sezione longitudinale dell'allargamento, lato nord**



**Figura 9-6 - Sezione trasversale dell'impalcato allargato**

La struttura dell'arco in progetto è realizzata attraverso l'accostamento di moduli di trave prefabbricati a spessore variabile, aventi l'asse ricurvo a seguire la curvatura dell'arco.

Tutte le travi hanno la medesima carpenteria e lunghezza di circa 14.00 m, misurata sulla corda del semiarco. Il compito delle travi è, in prima fase, di fungere da casseri autoportanti del getto. Le travi, affiancate le une alle altre ed accostate di testa a coppie, sono sostenute da un puntello provvisorio in corrispondenza alla linea di chiave dell'arco.

Una volta maturato il getto in opera, a saturare gli spazi tra le anime delle travi ed a creare una caldana in calcestruzzo armato ad estradosso di spessore minimo 0.10 m, si procede alla rimozione del sostegno provvisorio.

La sezione resistente, costituita dalla collaborazione delle travi prefabbricate e del getto in opera, realizza la struttura dell'arco monolitico, incastrato nelle sezioni di imposta con le spalle.

Lateralmente, rispetto alla sezione trasversale, si realizzano tre setti in calcestruzzo ad altezza variabile e di spessore 0.50 m, che fungono da contenimento del materiale di riempimento da posizionarsi superiormente all'arco e fino alla quota del piano di posa del pacchetto stradale.

A tale scopo si utilizzerà del misto cementato alleggerito avente  $\gamma=16$  kN/mc circa.

In corrispondenza al lato esterno degli allargamenti, in cui è prevista la realizzazione di due marciapiedi di larghezza 2.60 m, si getteranno in opera a diretto contatto col misto cementato due solette di connessione tra i setti verticali.

Le spalle in allargamento e le relative fondazioni sono realizzate su sistemi di micropali.

Le spalle, massicce e realizzate con getti in opera di calcestruzzo armato, presentano una cella cava superiore, delimitata da setti verticali sui quattro lati e da una soletta superiore di spessore 0.40 m, gettata su predalles autoportanti in calcestruzzo.

Non sono previsti interventi sulle opere esistenti che risultano strutturalmente non connesse a quelle in progetto.

### 9.1.5 Viadotto sul Fosso Iolo

#### Struttura esistente

Il viadotto sul fosso Iolo è una struttura che risale agli anni '60 formata da tre campate con scansione 8.00+14.00+8.00m.

La tipologia di impalcato è differente per la campata centrale e per quelle laterali. Nella prima abbiamo una struttura a 6 travi in c.a. ordinario di dimensioni 0.40x1.00 m e soletta di 20 cm mentre nelle campate laterali abbiamo una soletta monolitica di 38 cm di spessore.

Lo schema statico vede una struttura isostatica ma con appoggi diretti sulle pile e due selle Gerber che alloggiano le estremità delle campate laterali.

Gli appoggi non sono presenti e l'impalcato è collegato con spinotti a taglio diametro 26mm sia sulle pile che sulle spalle.

Gli impalcati sono separati per le due carreggiate ma le sottostrutture sono in comune.

In particolare le spalle sono realizzate in c.a. con uno schema a gravità su fondazione diretta mentre le pile sono lamellari di spessore 60cm, fondate su platea e pali di medio diametro 40 cm.

### **Ampliamento**

L'intervento attuale prevede un ampliamento sui due lati pari a 6.6 m lato carreggiata est ed 8.40 in carreggiata ovest, consentendo l'ampliamento del piano viabile, l'inserimento dei cordoli delle barriere centrali da 70 cm, e cordoli laterali dotati di predisposizione per barriera FOA da 2.60 m. La larghezza della struttura nella situazione post-ampliamento è pari a 37.70 m.

L'impalcato in ampliamento presenta caratteristiche diverse all'ampliamento messo in opera negli anni '60, ed è formato da una struttura composta acciaio-calcestruzzo, con travi a composizione saldate doppio T di altezza pari a 1.00 m. La soletta di nuova realizzazione viene collegata all'esistente tramite inghisaggio di barre d'armatura.

Per le solette delle campate laterali invece si prevede una struttura in acciaio con profili HEB260 accostati e soletta di completamento di 20cm.

Le spalle in ampliamento vengono dotate di tiranti passivi e presentano una geometria simile all'esistente. Inoltre nella zattera di fondazione sono previsti micropali in acciaio.

Le spalle esistenti vengono dotate di un placcaggio in ca con tiranti di tipo passivo e viene realizzato il nuovo paraghiaia.

Le pile vengono realizzate mediante un fusto in ca a lama fondate su pali di grosso diametro  $\phi$  1'000.

Le apparecchiature di appoggio previste sono di tipo metallico. Per riprodurre lo schema statico attuale si prevedono di tipo fisso e unidirezionale trasversali; si prevede inoltre l'adozione di ritegni sismici realizzati con mensole in c.a. sulle pile.

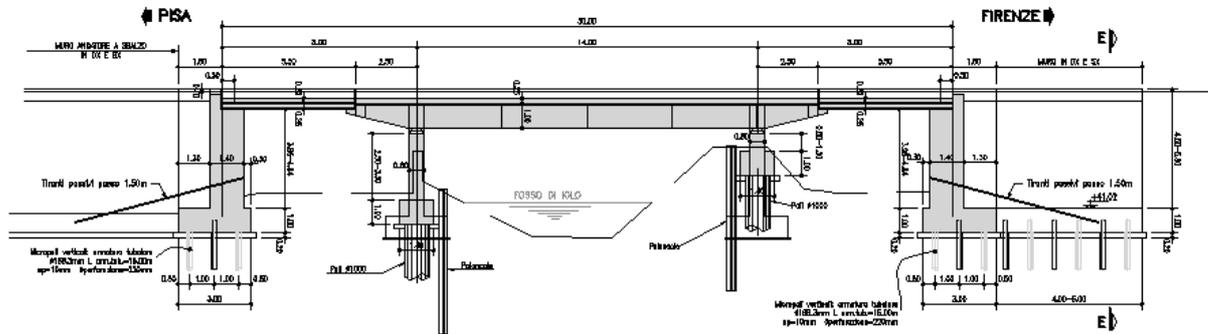


Figura 9-7 - Viadotto sul F. Iolo. Sezione longitudinale.

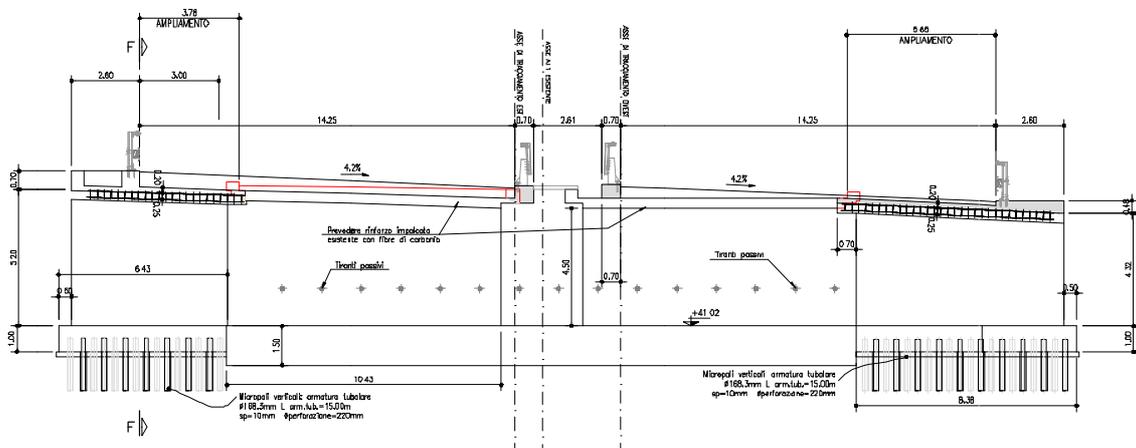


Figura 9-8 - Viadotto sul F. Iolo. Sezione trasversale.

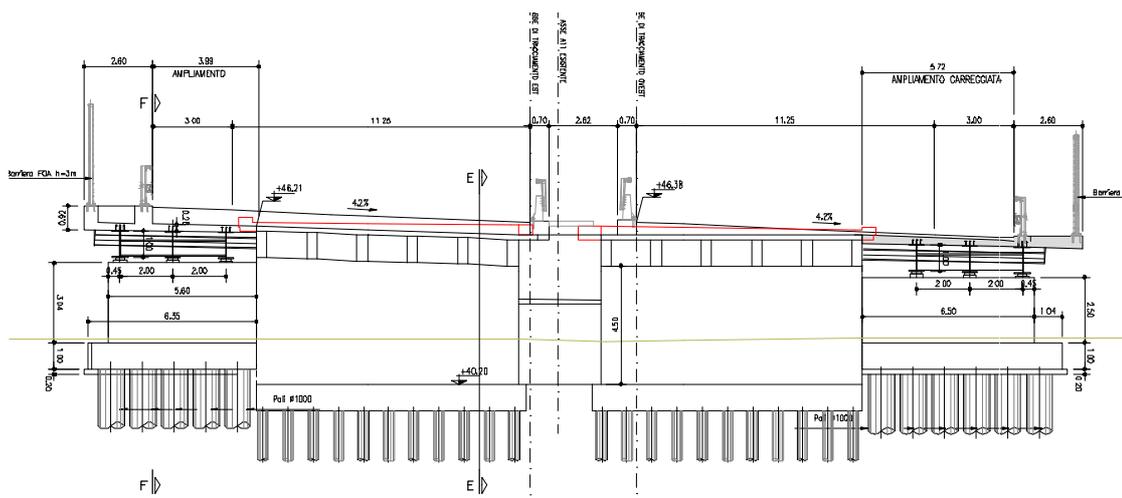


Figura 9-9 - Viadotto sul F. Iolo. Sezione trasversale.

### 9.1.6 Ponte sul torrente Bagnolo Bardena

#### Struttura esistente

Il ponte sul torrente Bagnolo Bardena è una struttura che risale agli anni '60 formata da tre campate con scansione 6.00+12.00+6.00m.

La tipologia di impalcato è a solettone continuo a tre campate di spessore costante pari a 60cm. Il collegamento tra l'impalcato e le pile-spalle è costituito da spinotti di diametro pari a 26 mm.

Gli impalcati sono separati per le due carreggiate ma le sottostrutture sono in comune.

In particolare le spalle sono realizzate in c.a. con uno schema spalla-passante su fondazione diretta mentre le pile sono lamellari di spessore pari a 50 cm fondate su platea e pali di medio diametro di 400mm.

#### Ampliamento

Per ragioni legate alle dimensioni della ricarica e della continuità dell'esercizio durante le fasi esecutive, si è previsto di realizzare un nuovo impalcato sia per la parte in ampliamento che per quella esistente. La struttura è prevista realizzata con una tipologia acciaio-clc eseguita con profili HEB260 accostati e soletta di completamento di 20cm. Le spalle in ampliamento vengono dotate di tiranti passivi e, limitatamente alla porzione esistente, invariate con il solo rifacimento del paraghiaia. Le nuove spalle, verranno fondate su micropali in acciaio mentre le pile su pali di grosso diametro ( $\phi=1'000$  mm) collegati in sommità tramite un setto a lama.

Le apparecchiature di appoggio previste sono di tipo metallico e si prevede inoltre l'adozione di ritegni sismici realizzati con mensole in c.a. sulle pile.

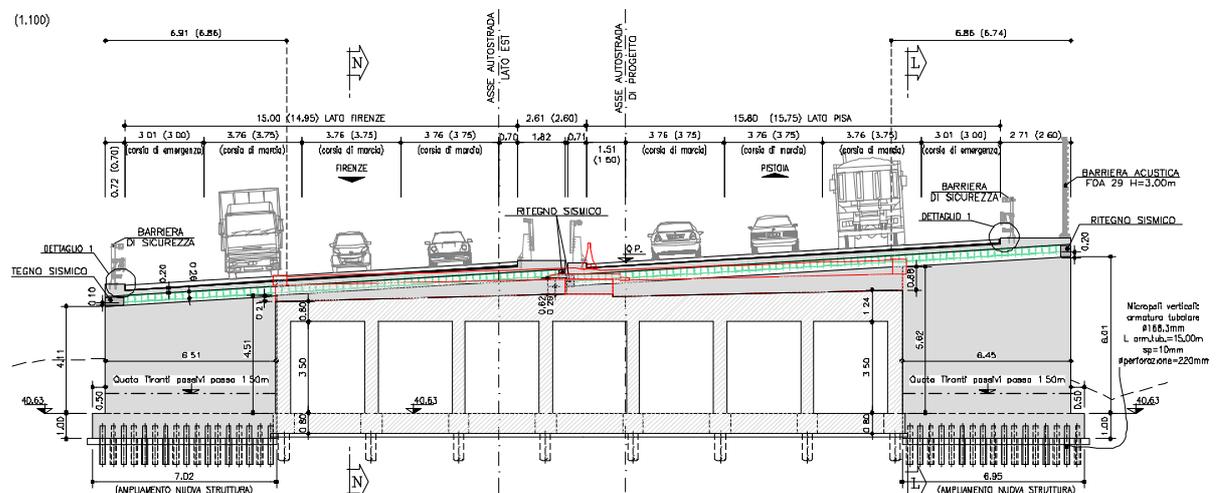
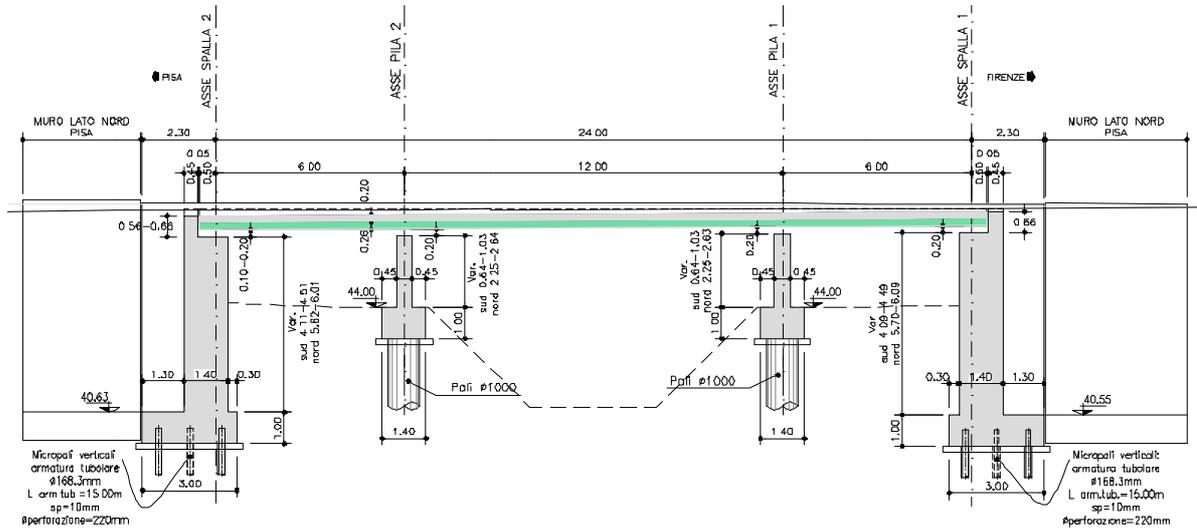


Figura 9-10 - Ponte sul T. Bagnolo Bardena. Sezione trasversale.



**Figura 9-11 - Ponte sul T. Bagnolo Bardena. Sezione longitudinale.**

### 9.1.7 Ponte sul torrente Calice

#### Struttura esistente

La struttura ha uno schema statico differente a seconda della direzione delle carreggiate. In particolare in direzione Firenze si individuano in totale 5 campata che presentano la seguente scansioni: 7+3.4+25.1+1.5+5, mentre in direzione Pistoia si individuano le seguenti scansioni: 7+7.9+15.85+5.46+5.12.

Le scansioni multiple degli implacati sono funzionali allo scavalco di due strade comunali e del torrente Calice. Le luci piccole vengono scavalcate con dei solettoni in c.a. mentre la campata che attraversa il torrente è costituita da travi in c.a.p.. L'opera ha subito un intervento di ampliamento negli anni '60 e la carreggiata in direzione Pistoia, costruita negli anni '30, è stata sovralzata impostando sulle spalle di approccio ai rilevati e sulle pile spalle di campata le nuove strutture.

Le spalle sono in calcestruzzo semplice a gravità mentre le fondazioni sono di tipo superficiale. Le pile spalle individuate nella carreggiata direzione Firenze sono costituite da un paramento verticale e una zattera di fondazione impostata su pali presumibilmente tipo SCAC, mentre le pile spalle della carreggiata direzione Pistoia sono di tipo a gravità con fondazione superficiale.

Le larghezze delle carreggiate sono pari a 10 m per entrambe le direzioni.

## Ampliamento

L'intervento di riqualifica del tratto autostradale prevede sia un ampliamento della struttura esistente che la realizzazione di nuovi implacati.

L'intervento di ampliamento viene effettuato nella carreggiata direzione Firenze ed è costituito nella sostituzione delle campate di approccio al rilevato con la realizzazione di un nuovo impalcato realizzato con travi in c.a.p. accostate e soletta con luci massime di 10 m, mentre per il tratto che scavalca il torrente sono state previste travi in c.a.p. di altezza pari a 1.35 m di luce 24.0 m. La soletta di spessore 0.25 m viene collegata alla soletta esistente mediante opportuna armatura. Per la campata esistente è stato necessario rinforzare le travi mediante placcaggio di lamine di fibre di carbonio sia sulle travi che sui traversi di campata.

Le spalle in ampliamento di approccio ai rilevati sono previste in c.a. a paramento verticale e fondate su micropali in acciaio. Esse vengono collegate alle spalle esistenti mediante apposita armatura in modo da irrobustire quelle esistenti. Inoltre esse sono state dotate anche di tiranti passivi. Le pile spalle invece sono state previste con pali di grosso diametro ( $\Phi = 1200$  mm) collegati ad un pulvino sommitale.

Le spalle esistenti sono state oggetto dei seguenti interventi: rifacimento paraghiaia, realizzazione di un placcaggio del paramento di spessore massimo pari a 0.4 m, realizzazione di tiranti passivi (solo per le spalle di approccio ai rilevati) e allargamento della fondazione mediante cordolatura. Inoltre per le spalle datate anno '30 sono state previste delle armature opportunamente inghisate al livello della zona di attacco tra paramento e fondazione.

L'intervento sulla carreggiata direzione Pistoia invece è stato previsto sostituendo sia gli impalcati di approccio alle spalle di rilevato e sia l'impalcato che scavalca il torrente. La soluzione prevista è la medesima descritta per la carreggiata direzione Firenze. La soletta di spessore 0.25 m viene realizzata solo sulle travi in tal modo le campate sede delle due vie di corsa risultano strutturalmente indipendenti.

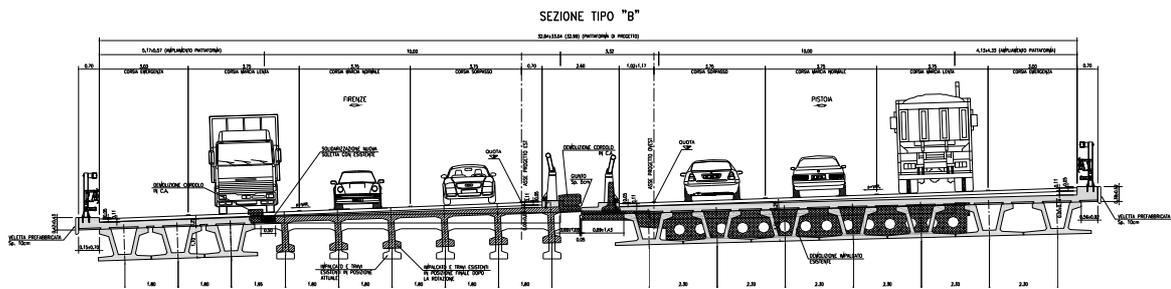
Le spalle in ampliamento di approccio ai rilevati sono previste in c.a. a paramento verticale e fondate su micropali in acciaio. Esse vengono collegate alle spalle esistenti mediante apposita armatura in modo da irrobustire quelle esistenti. Inoltre esse sono state dotate anche di tiranti passivi. Le pile spalle invece sono state previste con pali di grosso diametro ( $\Phi = 1200$  mm) collegati ad un pulvino sommitale.

Per le spalle esistenti sono state previsti gli stessi interventi descritti in precedenza.

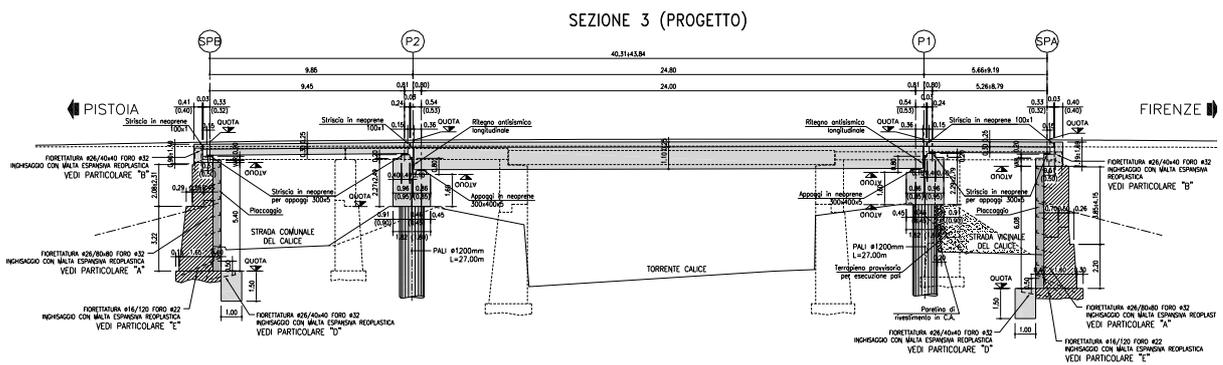
Le larghezze delle carreggiate sono pari a 14.95 per entrambe le vie di corsa. La delimitazione delle carreggiate è costituita da semplici cordoli che allocano le barriere di sicurezza anti-svio.

Le apparecchiature di appoggio esistenti presumibilmente sono di tipo in neoprene. In funzione del grado di invecchiamento del materiale, si è previsto la sostituzione con appoggi in neoprene armatao; si prevede inoltre l'adozione di ritegni sismici realizzati in c.a. sulle sia sulle spalle che sulle pile-spalle. Inoltre è stato previsto anche la sostituzione dei giunti adottando la tipologia di giunti a tampone.

Le figure seguente riportano la configurazione finale dell'opera



**Figura 9-12 Sezioni impalcato in ampliamento su pile spalle.**



**Figura 9-13 Sezione longitudinale impalcato di nuova realizzazione**

### 9.1.8 Ponte sul torrente Brana

#### Struttura esistente

L'opera, di luce pari a 8.45 m circa è formata da due impalcati di tipologia differente: la carreggiata direzione Pisa è alloggiata sull'impianto risalente agli anni '30, successivamente rivisitato negli anni '60, e contempla un impalcato a travi in c.a.; la carreggiata direzione Firenze, risalente agli anni '60 è realizzata con travi in c.a.p.; allo stato attuale i due impalcati risultano collegati in direzione trasversale.

Le sottostrutture sono composte da spalle a gravità, fondate su fondazione diretta per quanto riguarda la struttura di primo impianto, mentre per la struttura di secondo impianto sono fondate su pali di piccolo diametro.

#### Struttura in ampliamento

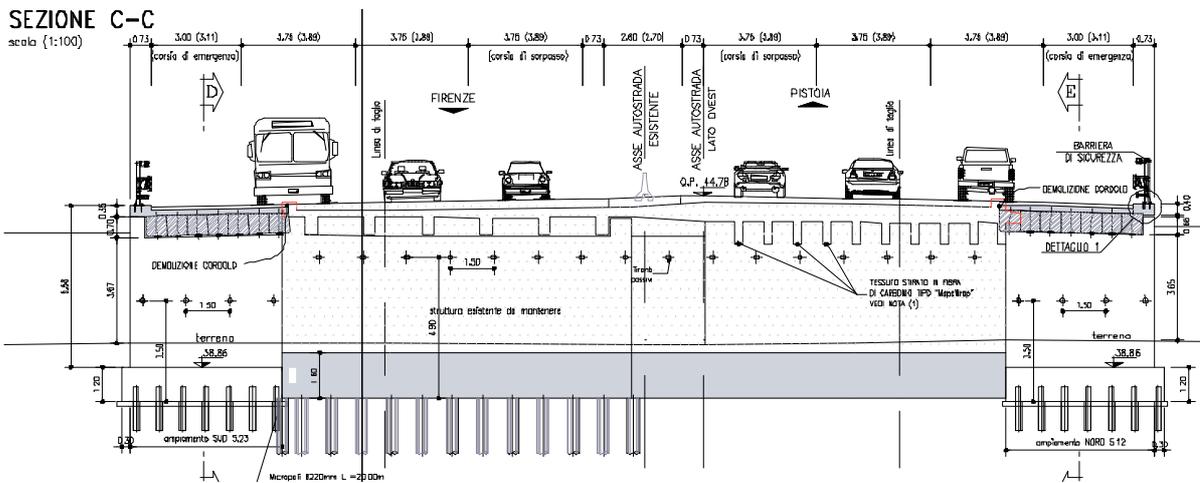
Per l'ampliamento degli impalcati si adottano travetti in c.a.p. con soletta collaborante, dello spessore complessivo di 90 cm; il collegamento con le strutture esistenti viene effettuato a livello della soletta in c.a.

Gli ampliamenti delle spalle, collegati con le esistenti, vengono realizzati tramite spalla in ca a paramento verticale fondate su una zattera con micropali in acciaio. Per le spalle esistenti la riqualificazione viene eseguita mediante realizzazione di un placcaggio frontale in c.a. dello spessore di 40 cm, chiodato al paramento, e la ricostruzione del muro paraghiaia, attualmente mancante. E' qui previsto un ordine di tiranti passivi.

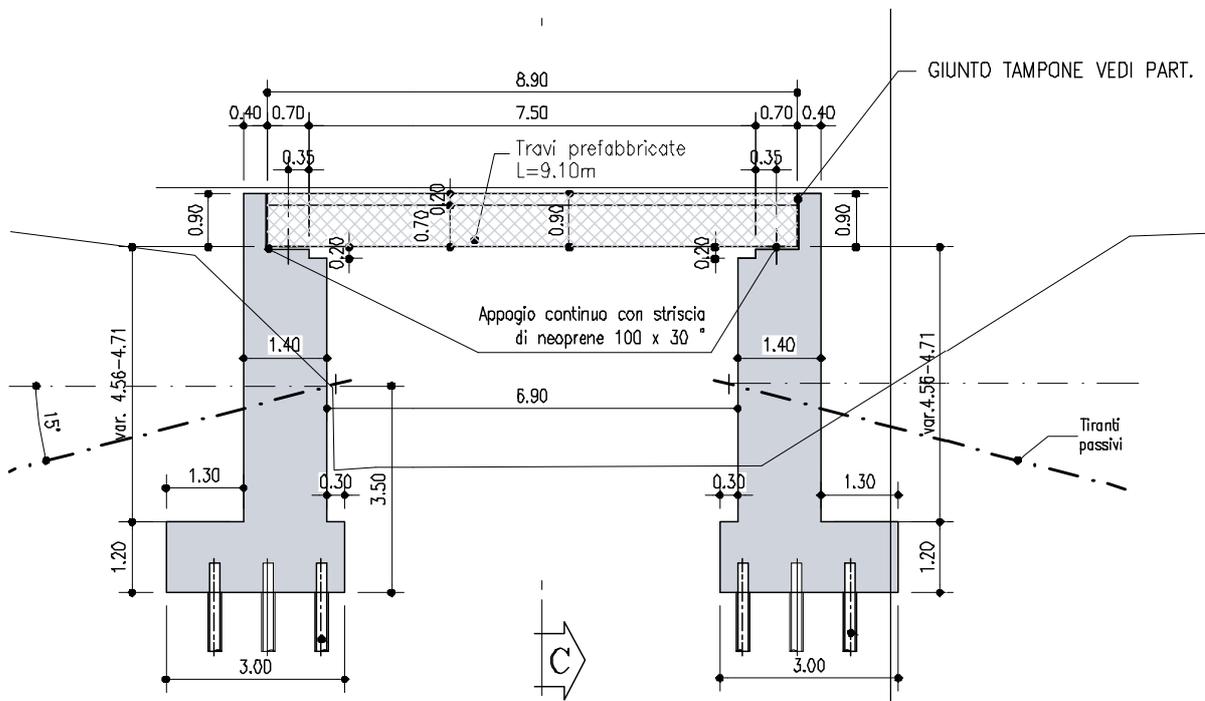
L'intervento di rinforzo delle fondazioni esistenti prevede la realizzazione di un allargamento della fondazione.

Si prevede inoltre, nell'ambito dei rimanenti interventi tipologici:

- rinforzo a flessione/taglio delle travi esistenti mediante lamelle/tessuti in CFRP;
- rinforzo a flessione degli elementi del solettone esistente mediante lamelle in CFRP;
- realizzazione di ritegni longitudinali e trasversali per garantire nei confronti del fuori sede dell'impalcato in fase sismica.



**Figura 9-14 Ponte sul T. Brana. Sezione trasversale.**



**Figura 9-15 Ponte sul T. Brana. Sezione longitudinale**

### 9.1.9 Sottovia Strada Comunale Cantone

#### Struttura esistente

La struttura è formata da un impalcato su due campate isostatiche realizzate mediante una soletta in c.a. di spessore pari a 50 cm e luci nette di circa 5 m. La pila centrale e le due

spalle sono costituite da strutture massicce in calcestruzzo non armato. Le fondazioni sono di tipo diretto.

### **Ampliamento.**

Si prevede un ampliamento di tipo simmetrico.

### **Rinforzo struttura esistente**

L'adeguamento statico della struttura esistente prevede i seguenti interventi:

- Rinforzo flessionale della attuale piastra di carreggiata mediante utilizzo di fibre di carbonio fissate all'intradosso impalcato.
- Adeguamento delle spalle e delle fondazioni mediante tiranti passivi, integrato da una struttura di placcaggio frontale congiunta alla realizzazione di una nuova struttura di appoggio dell'impalcato (par ghiaia e pulvino).
- Realizzazione di ritegni di fine corsa longitudinali e trasversali.
- Sostituzione appoggi e giunti

### **Struttura in ampliamento**

La struttura posta a supporto dell'ampliamento stradale prevede i seguenti interventi:

- Realizzazione di nuovi impalcati mediante un getto in opera di spessore pari a 50 cm per la formazione delle due campate isostatiche successive. Gli impalcati verranno collegati trasversalmente mediante cuciture armate.
- Realizzazione di spalle e pile tradizionali in c.a., riprendendo le geometrie di quelle esistenti, solidarizzate a queste attraverso collegamenti armati, con fondazioni indirette su micropali.
- Realizzazione di ritegni di fine corsa longitudinali.
- Posizionamento di nuovi appoggi e giunti.



Pistoia si individua una campata di luce minore di 12.0 m che si collega con una struttura scatolare in c.a..

Le scansioni dei due impalcati sono funzionali allo scavalco sia di una strada denominata SS 325 Lucchese e sia di un fosso denominato Gora di Prato. Entrambe le luci vengono scavalcate da travate in c.a.p. per entrambe le carreggiate. L'opera ha subito un intervento di ampliamento negli anni '60 e la carreggiata in direzione Pistoia, costruita negli anni '30, è stata dotata di un impalcato in c.a.p.. Contemporaneamente è stata realizzata anche la campata che ospita la via di corsa direzione Firenze.

Le spalle sono in calcestruzzo semplice a gravità mentre le fondazioni sono di tipo superficiale. Le spalle individuate nella carreggiata direzione Firenze sono costituite da un paramento verticale e una zattera di fondazione impostata su pali presumibilmente tipo SCAC, mentre le spalle della carreggiata direzione Pistoia sono in calcestruzzo a gravità.

Le larghezze delle carreggiate sono pari a 10.11 m in direzione Firenze e 11.36 m in direzione Pistoia.

### **Ampliamento**

L'intervento di riqualifica del tratto autostradale prevede sia un ampliamento della struttura esistente che la realizzazione di un nuovo implacato.

L'intervento di ampliamento viene effettuato nella carreggiata direzione Firenze ed è costituito realizzando un nuovo impalcato con travi in c.a.p. di altezza pari a 0.8 m di luce 21.4 m. La soletta di spessore 0.25 m viene collegata alla soletta esistente mediante opportuna armatura.

Le spalle in ampliamento sono previste in c.a. a paramento verticale e fondate su micropali in acciaio. Esse vengono collegate alle spalle esistenti mediante apposita armatura in modo da irrobustire quelle esistenti.

Le spalle sono state oggetto dei seguenti interventi: rifacimento paraghiaia, realizzazione di un placcaggio del paramento di spessore 0.1 m, realizzazione di tiranti passivi e allargamento della fondazione mediante cordolatura.

L'intervento sulla carreggiata direzione Pistoia invece è stato previsto ricostruendo sia l'impalcato che le spalle. La soluzione prevista è la medesima descritta per la carreggiata direzione Firenze ad eccezione delle spalle che in direzione Pistoia esse sono state previste con pali di grosso diametro ( $\Phi = 1200$  mm) collegati ad un pulvino sommitale.

La soletta di spessore 0.25 m viene realizzata solo sulle travi in tal modo le campate sede delle due vie di corsa risultano strutturalmente indipendenti.

Le spalle in ampliamento sono previste in c.a. a paramento verticale e fondate su micropali in acciaio. Esse vengono collegate alle spalle esistenti mediante apposita armatura in modo da irrobustire quelle esistenti. Inoltre esse sono state dotate anche di tiranti passivi.

Le larghezze delle carreggiate sono pari a 18.2 m in direzione Firenze e di 18.65 in direzione Pistoia. La sede stradale risulta essere tale da dover prevedere le vie di corsa per le rampe di entrata ed uscita dello svincolo di Prato est. La delimitazione delle carreggiate è costituita da semplici cordoli che allocano le barriere di sicurezza anti-svio e all'esterno degli impalcati è previsto un cordolo di 2.5 m che riporta sulla sua estremità la barriera FOA.

Le apparecchiature di appoggio esistenti presumibilmente sono di tipo in neoprene. In funzione del grado di invecchiamento del materiale, si è previsto la sostituzione con appoggi in neoprene armato; si prevede inoltre l'adozione di ritegni sismici realizzati in c.a. sulle spalle. Inoltre è stato previsto anche la sostituzione dei giunti adottando la tipologia di giunti a tampone.

Le figure seguente riportano la configurazione finale dell'opera

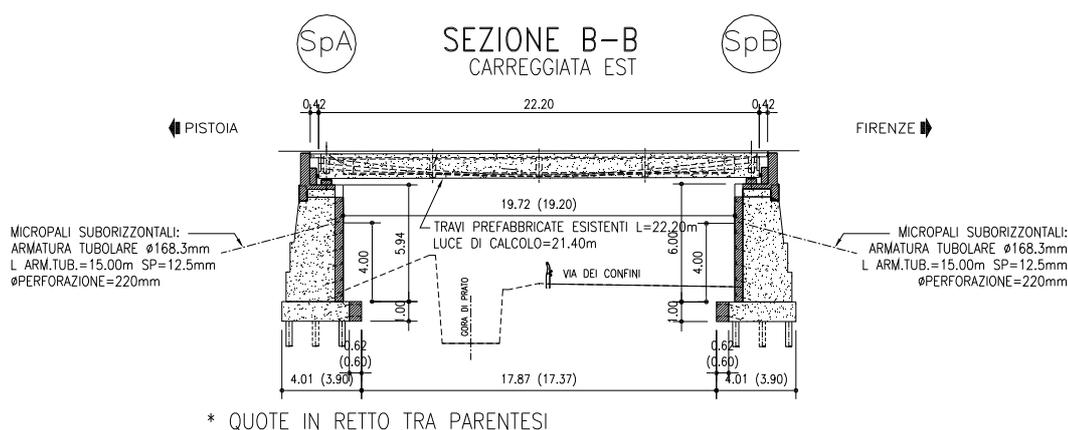


Figura 9-18 Sezioni longitudinale impalcato con spalle

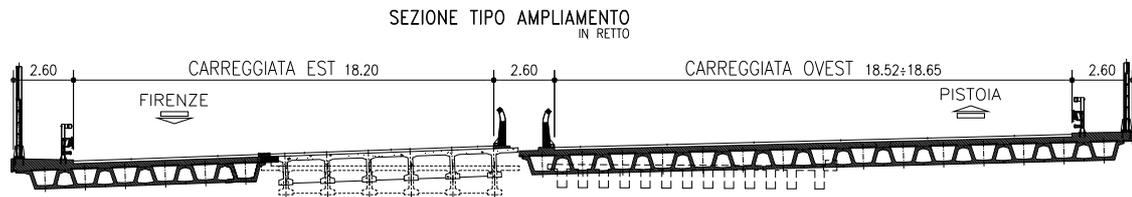


Figura 9-19 Sezione trasversale impalcato in ampliamento

### 9.1.11 Sottovia di svincolo Prato Est

#### Struttura esistente

La struttura è formata da un impalcato a campata unica di luce netta pari a 14.30 m costituito da un solettone alleggerito precompresso di spessore pari a 0.60 m. Le spalle sono a struttura massiccia in calcestruzzo non armato. Le fondazioni sono di tipo indiretto su pali di piccolo diametro.

#### Ampliamento.

Si prevede un ampliamento di tipo asimmetrico funzionale anche alla corsia di accelerazione in direzione Firenze dello svincolo di Prato est.

#### Soluzione progettuale

L'intervento proposto prevede la sostituzione integrale degli impalcati su entrambe le carreggiate. Tale soluzione prevede, per l'impalcato della carreggiata ovest, travi accostate in cap di luce pari a 20.30 m ed altezza di 0.80 m e soletta collaborante di 0.20 m. Le spalle sono realizzate con pali di grosso diametro realizzate a monte delle spalle esistenti e collegate in sommità da un pulvino con tirante passivo.

L'impalcato della carreggiata est è previsto con travi accostate in cap di luce pari a 15.30 m ed altezza di 0.60 m e soletta collaborante di 0.20 m.

Le spalle di nuova realizzazione sono previste in ca a paramento verticale e zattera di fondazione su micropali in acciaio.

Si prevede inoltre la realizzazione di ritegni sismici trasversali e longitudinali ed il posizionamento di nuovi appoggi e giunti.



**Ampliamento.**

Si prevede un ampliamento di tipo asimmetrico.

**Rinforzo struttura esistente**

L'adeguamento statico della struttura esistente prevede i seguenti interventi:

- Collegamento al centro degli impalcati previa demolizione dei cordoli, inserimento di una nuova trave di egual altezza e soletta di collegamento tra i due impalcati.
- Rinforzo flessionale delle attuali travi principali mediante utilizzo di fibre di carbonio poste all'intradosso dell'impalcato.
- Adeguamento delle spalle e delle fondazioni mediante un tiranti passivi integrato da una struttura di placcaggio frontale congiunta alla realizzazione di una nuova struttura di appoggio dell'impalcato.
- Realizzazione di ritegni di fine corsa longitudinali e trasversali.
- Sostituzione di appoggi e giunti.

**Struttura in ampliamento**

La struttura posta a supporto dell'ampliamento stradale prevede i seguenti interventi comprende una roto-traslazione dell'impalcato dovuta all'adeguamento alla nuova livelletta stradale :

- Realizzazione di nuovi impalcati a travi prefabbricate in c.a. e soletta collaborante contenuti negli stessi spessori dell'esistente. I due impalcati di nuova realizzazione verranno collegati agli impalcati esistenti mediante una soletta di giunzione.
- Realizzazione di spalle tradizionali in c.a., solidali a quelle esistenti attraverso collegamenti armati, con fondazioni indirette su micropali in acciaio.
- Realizzazione di ritegni di fine corsa longitudinali e trasversali.
- Posizionamento di nuovi appoggi e giunti.

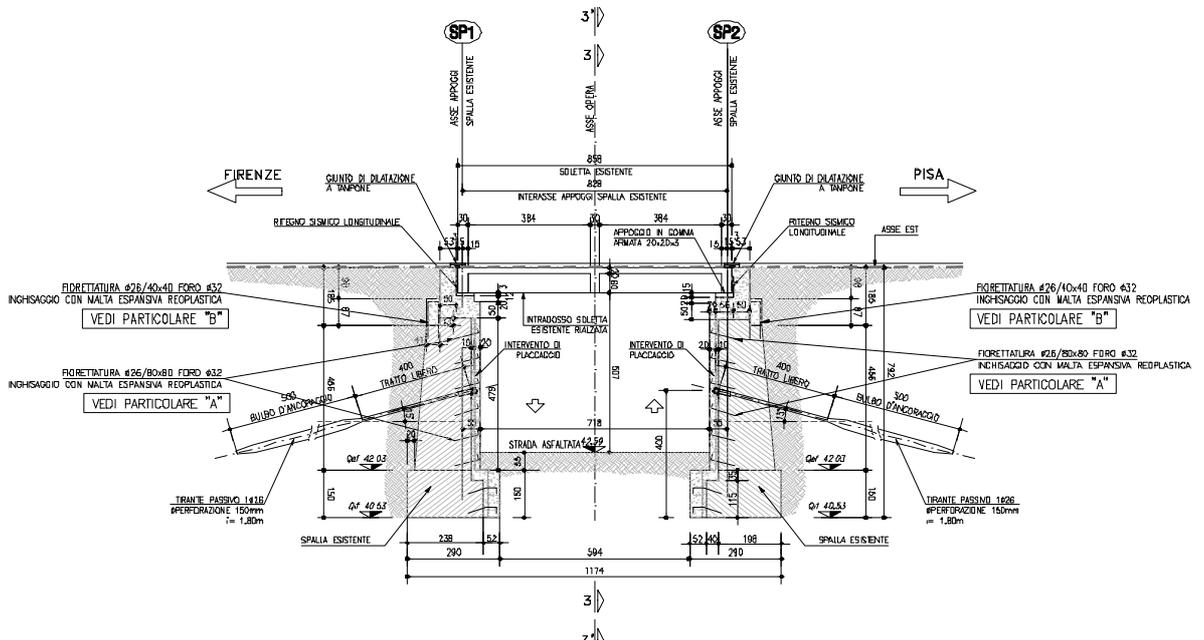


Figura 9-22 Sottovia di via del Ferro. Sezione longitudinale.

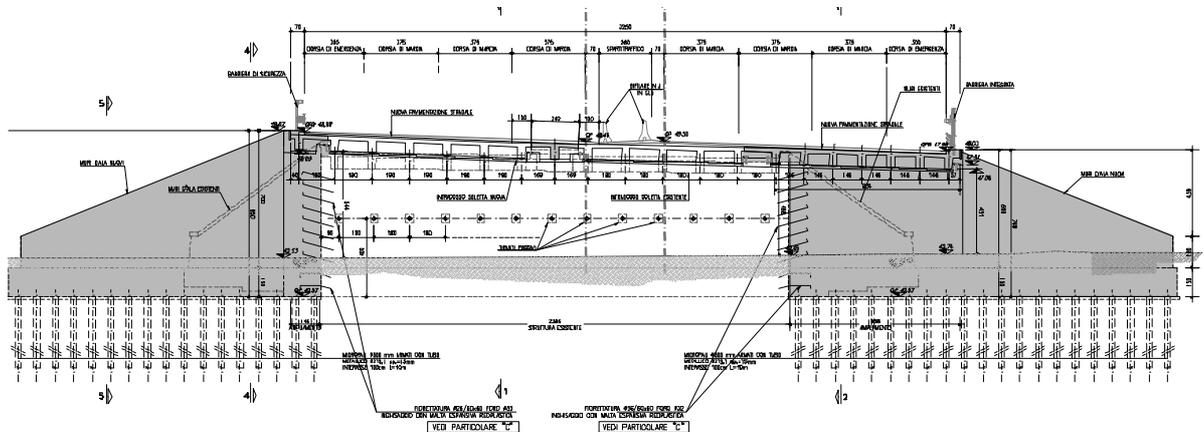


Figura 9-23 Sottovia di via del Ferro. Sezione trasversale.

### 9.1.13 Sottovia via Roma

#### Struttura esistente

La struttura è formata da un impalcato a campata unica costituito da un solettone alleggerito in c.a.p. di spessore pari a 60 cm su una luce ( interasse appoggi ) pari a 14.50 m. Le spalle presentano una struttura massiccia in calcestruzzo non armato con fondazioni dirette.

**Ampliamento.**

Si prevede un ampliamento di tipo asimmetrico.

**Rinforzo struttura esistente**

L'adeguamento statico della struttura esistente prevede i seguenti interventi e comprende una roto-traslazione dell'impalcato per l'adeguamento alla nuova livelletta stradale:

- Collegamento al centro degli impalcati previa demolizione dei cordoli, inserimento di due nuove travi prefabbricate in c.a.p e realizzazione di una nuova soletta in c.a come prolungamento di quelle attuali.
- Rinforzo flessionale delle attuali travi principali mediante utilizzo di fibre di carbonio fissate all'intradosso impalcato.
- Adeguamento delle spalle e delle fondazioni mediante tiranti passivi integrato da una struttura di placcaggio frontale congiunta alla realizzazione di una nuova struttura di appoggio dell'impalcato.
- Realizzazione di ritegni di fine corsa longitudinali e trasversali.
- Sostituzione di appoggi e giunti.

**Struttura in ampliamento**

La struttura posta a supporto dell'ampliamento stradale prevede i seguenti interventi:

- Realizzazione di nuovi impalcati a travi prefabbricate in c.a.p e soletta collaborante contenuti nello spessore massimo di 80 cm fino ad un minimo di 71 cm.. L'impalcato in ampliamento sarà collegato all' esistente mediante soletta di giunzione.
- Realizzazione di spalle tradizionali in c.a., solidali a quelle esistenti attraverso collegamenti armati, con fondazioni indirette su micropali
- Realizzazione di ritegni di fine corsa longitudinali e trasversali.
- Posizionamento di nuovi appoggi e giunti

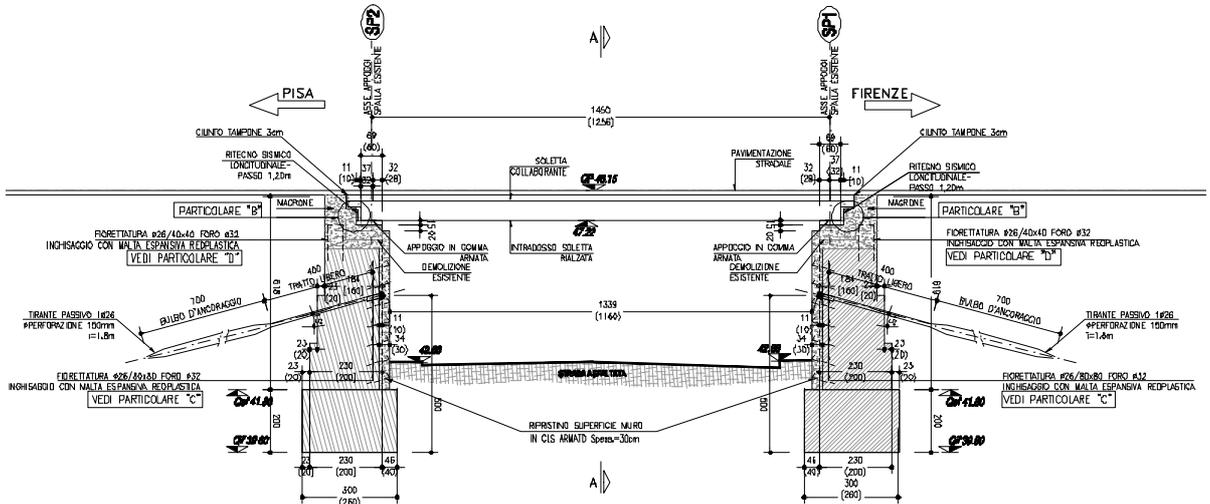


Figura 9-24 Sottovia di via Roma. Sezione longitudinale.

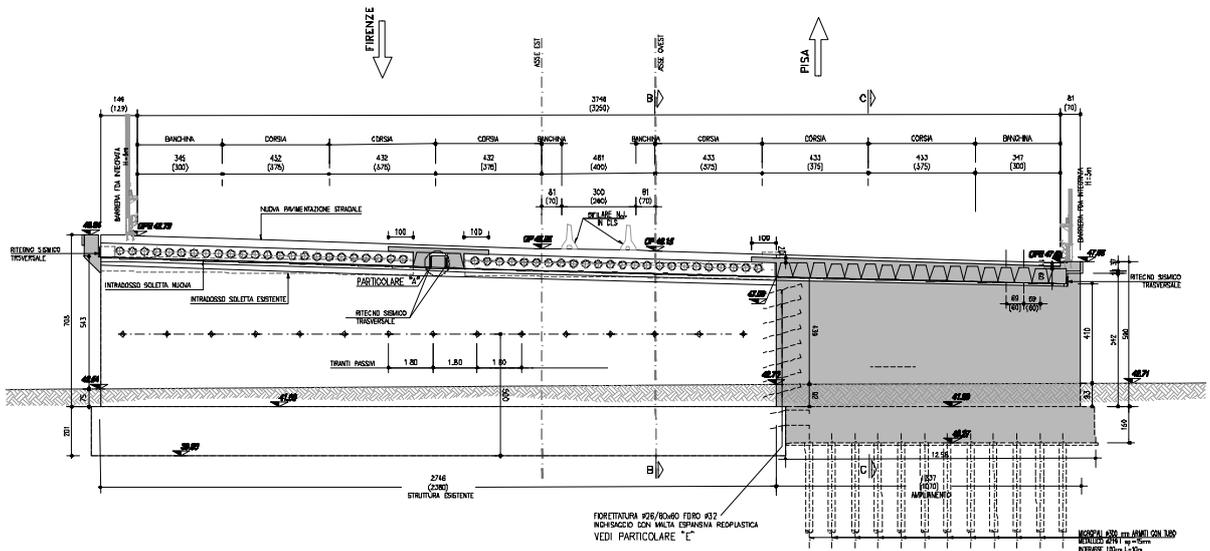


Figura 9-25 Sottovia di via Roma. Sezione trasversale.

### 9.1.14 Sottovia via XI settembre

#### Struttura esistente

La struttura è formata da un impalcato a campata unica costituito da un graticcio di travi in ca su una luce ( interasse appoggi ) pari a 9.70 m. Le spalle presentano una struttura massiccia in calcestruzzo non armato con fondazioni dirette.

**Ampliamento.**

Si prevede un ampliamento di tipo simmetrico.

**Rinforzo struttura esistente**

L'adeguamento statico della struttura esistente prevede i seguenti interventi:

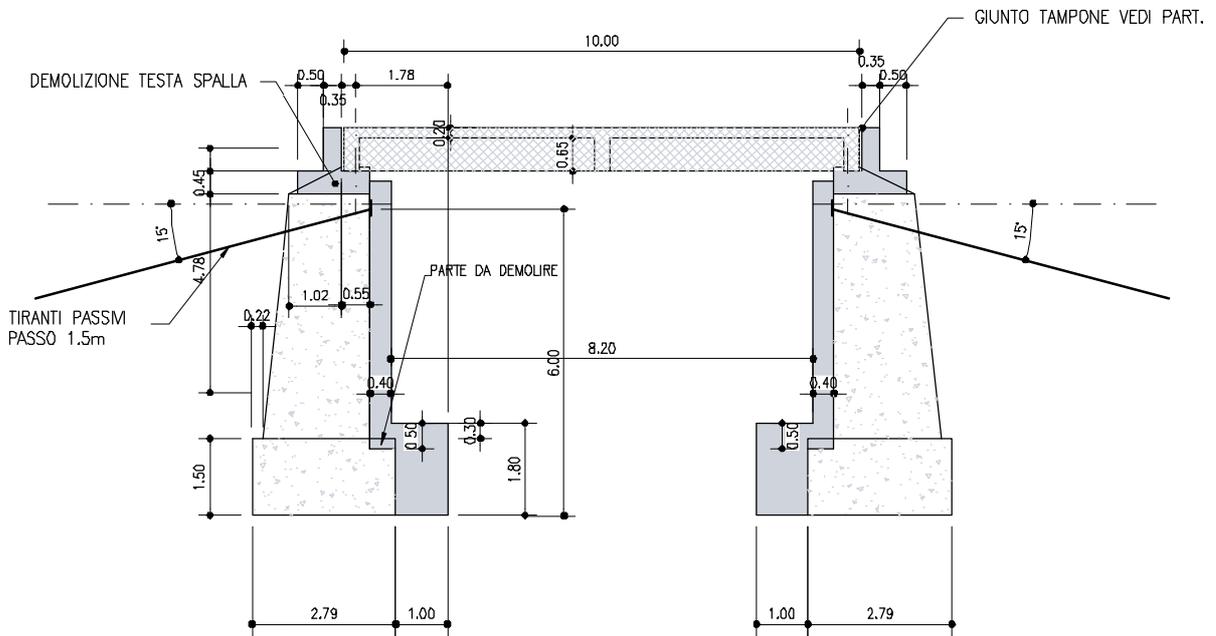
- Adeguamento delle spalle e delle fondazioni mediante tiranti passivi e placcaggio frontale congiunto alla realizzazione di una nuova struttura di appoggio dell'impalcato.
- Realizzazione di ritegni di fine corsa longitudinali e trasversali.
- Sostituzione di appoggi e giunti.
- Rinforzo flessionale delle attuali travi principali mediante utilizzo di fibre di carbonio poste all'intradosso dell'impalcato.

**Struttura in ampliamento**

La struttura posta a supporto dell'ampliamento stradale prevede i seguenti interventi:

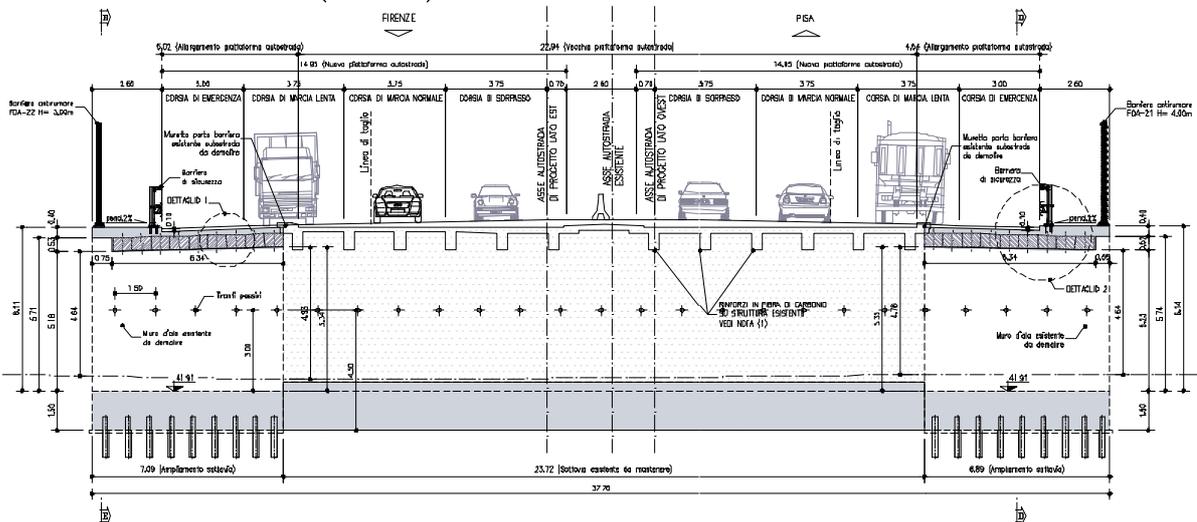
- Realizzazione di nuovi impalcati a travi prefabbricate in c.a.p e soletta collaborante contenuti nello spessore di 70 cm. L'impalcato in ampliamento sarà collegato all'esistente mediante soletta di giunzione.
- Realizzazione di spalle tradizionali in c.a., solidali a quelle esistenti attraverso collegamenti armati, con fondazioni indirette su micropali in acciaio.
- Realizzazione di ritegni di fine corsa longitudinali e trasversali.
- Posizionamento di nuovi appoggi e giunti.

**SEZIONE TRASVERSALE B-B (PROGETTO)** scala (1:100)



**Figura 9-26** Sottovia di via XI Settembre. Sezione longitudinale.

**SEZIONE LONGITUDINALE C-C (PROGETTO)** scala (1:100)



**Figura 9-27** Sottovia di via XI Settembre. Sezione trasversale.

**9.1.15 Sottovia a progr. 12+231 (Nuovo PRG)**

**Struttura esistente**

La struttura è formata da un impalcato a campata unica costituito da un solettone alleggerito in c.a.p. di spessore pari a 60 cm su una luce ( interasse appoggi ) pari a 16.80 m. Le spalle presentano una struttura massiccia in calcestruzzo non armato. Le fondazioni sono di tipo diretto.

### **Ampliamento.**

Si prevede un ampliamento di tipo asimmetrico.

### **Rinforzo struttura esistente**

L'adeguamento statico della struttura esistente prevede i seguenti interventi e comprende una roto-traslazione dell'impalcato per aderire meglio alla nuova livelletta stradale:

- Collegamento al centro degli impalcati previa demolizione dei cordoli, inserimento di due nuove travi prefabbricate in c.a.p e realizzazione di una nuova soletta in c.a come prolungamento di quelle attuali.
- Rinforzo flessionale delle attuali travi principali mediante utilizzo di fibre di carbonio fissate all'intradosso impalcato.
- Adeguamento delle spalle e delle fondazioni mediante tiranti passivi integrato da una struttura di placcaggio frontale congiunta alla realizzazione di una nuova struttura di appoggio dell'impalcato.
- Realizzazione di ritegni di fine corsa longitudinali e trasversali.
- Sostituzione di appoggi e giunti.

### **Struttura in ampliamento**

La struttura posta a supporto dell'ampliamento stradale prevede i seguenti interventi:

- Realizzazione di nuovi impalcati a travi prefabbricate in c.a.p e soletta collaborante contenuti nello spessore massimo di 82 cm ( 60 cm di trave e 22 cm di soletta ).  
L'impalcato in ampliamento sarà collegato agli esistenti attraverso una cucitura con barre d'armatura al livello della soletta.
- Realizzazione di spalle tradizionali in c.a., solidali a quelle esistenti attraverso collegamenti armati, con fondazioni indirette su micropali
- Realizzazione di ritegni di fine corsa longitudinali e trasversali.
- Posizionamento di nuovi appoggi e giunti





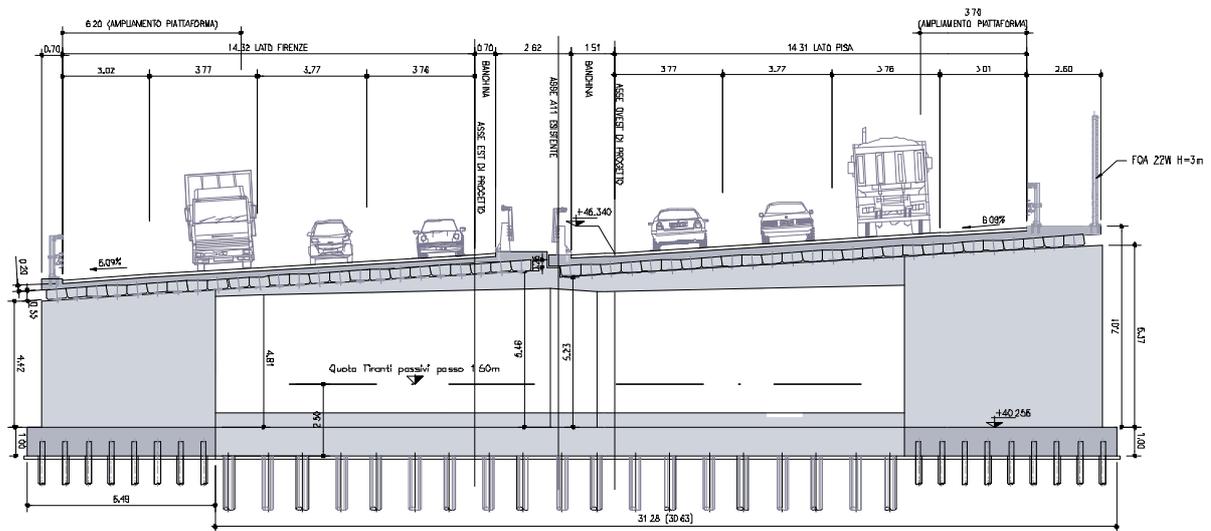


Figura 9-31 Sottovia via Campestre. Sezione trasversale.

### 9.1.17 Sottovia seconda tangenziale Ovest di Prato

#### Struttura esistente

La struttura, prevista alla progressiva 17+830, è in fase di realizzazione, ed è formata da un impalcato a luce unica di lunghezza pari a 21.30 m, formato da travi a T accostate ad ala larga, poggiate su pali-spalla di grande diametro. Sono attualmente previste due sovrastrutture, pressoché identiche, separate da un giunto longitudinale in corrispondenza dello spartitraffico centrale.

#### Struttura in ampliamento

La struttura è stata già progettata nell'ottica del futuro ampliamento di carreggiata, e pertanto non richiede interventi di ampliamento. Si rende però necessaria la modifica della pendenza trasversale, che, attualmente del 3%. L'allineamento dello spartitraffico centrale si sposta leggermente verso la carreggiata in direzione Firenze.

La messa a pendenza verrà effettuata quindi mediante rotazione dei due semiimpalcati e realizzazione di un soprizzo in c.a. sul piano spalla e conseguente rifacimento del paraghiaia. L'attuale giunto longitudinale permane al di fuori delle due carreggiate, anche dopo lo spostamento dello spartitraffico.

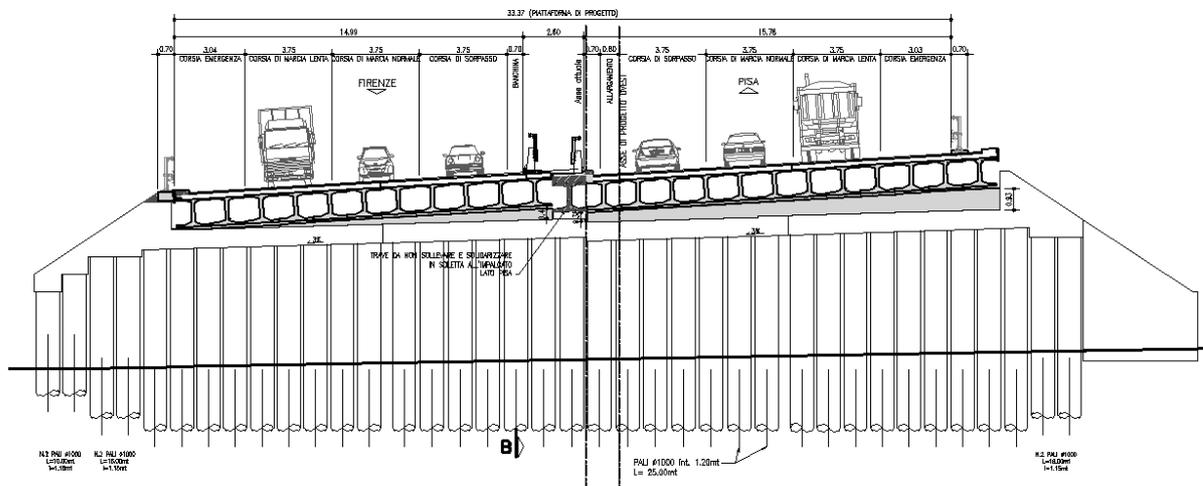


Figura 9-32 Sottovia seconda tangenziale Ovest di Prato. Sezione trasversale.

### 9.1.18 Sottovia SR 66

#### Struttura esistente

La struttura ha uno schema statico in semplice appoggio per entrambe le carreggiate. In particolare in direzione Firenze si individua una campata di luce 21.5 m, mentre in direzione Pistoia si individua una campata di luce minore (12.0m) che si collega con una struttura ad arco in muratura.

Le scansioni dei due impalcati sono funzionali allo scavalco sia di una strada denominata SR 66 Pistoiese e sia di un fosso denominato canale Brusigliano. Entrambe le luci vengono scavalcate da travate in c.a. per la carreggiata direzione Firenze e da travate in c.a.p. e struttura ad arco in muratura per la carreggiata direzione Pistoia. L'opera ha subito un intervento di ampliamento negli anni '60 e la carreggiata in direzione Pistoia, costruita negli anni '30, è stata dotata di un impalcato in c.a.p.. Contemporaneamente è stato realizzata anche la campata che ospita la via di corsa direzione Firenze.

Le spalle sono in calcestruzzo semplice a gravità mentre le fondazioni sono di tipo superficiale. Le spalle individuate nella carreggiata direzione Firenze sono costituite da un paramento verticale e una zattera di fondazione impostata su pali presumibilmente tipo SCAC, mentre le spalle della carreggiata direzione Pistoia sono su di un lato in muratura e sul lato opposto in calcestruzzo a gravità.

Le larghezze delle carreggiate sono pari a 16.34 m in direzione Firenze e 16.17 m in direzione Pistoia.

## Ampliamento

L'intervento di riqualifica del tratto autostradale prevede sia un ampliamento della struttura esistente che la realizzazione di un nuovo impalcato.

L'intervento di ampliamento viene effettuato nella carreggiata direzione Firenze ed è costituito realizzando un nuovo impalcato con travi in c.a.p. di altezza pari a 0.8 m di luce 21.5 m. La soletta di spessore 0.25 m viene collegata alla soletta esistente mediante opportuna armatura. Per la campata esistente è stato necessario rinforzare le travi mediante placcaggio di lamine di fibre di carbonio sia sulle travi che sui traversi di campata.

Le spalle in ampliamento sono previste in c.a. a paramento verticale e fondate su micropali in acciaio. Esse vengono collegate alle spalle esistenti mediante apposita armatura in modo da irrobustire quelle esistenti. Inoltre esse sono state dotate anche di tiranti passivi.

Le spalle sono state oggetto dei seguenti interventi: rifacimento paraghiaia, realizzazione di un placcaggio del paramento di spessore 0.1 m, realizzazione di tiranti passivi e allargamento della fondazione mediante cordolatura.

L'intervento sulla carreggiata direzione Pistoia invece è stato previsto sostituendo sia l'impalcato che le spalle. La soluzione prevista è la medesima descritta per la carreggiata direzione Firenze. La soletta di spessore 0.25 m viene realizzata solo sulle travi in tal modo le campate sede delle due vie di corsa risultano strutturalmente indipendenti.

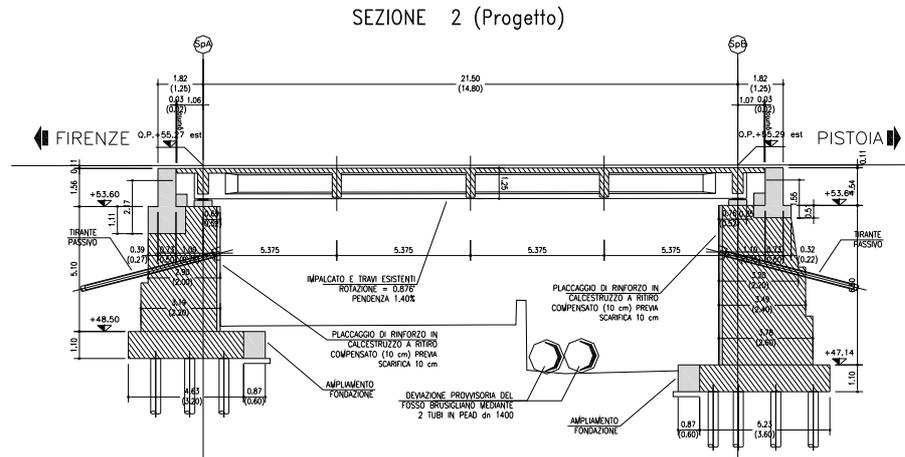
Le spalle in ampliamento sono previste in c.a. a paramento verticale e fondate su micropali in acciaio. Esse vengono collegate alle spalle esistenti mediante apposita armatura in modo da irrobustire quelle esistenti. Inoltre esse sono state dotate anche di tiranti passivi.

Le larghezze delle carreggiate sono pari a 14.95 m in per entrambe le vie di corsa. La delimitazione delle carreggiate è costituita da semplici cordoli che allocano le barriere di sicurezza anti-svio e all'esterno degli impalcati è previsto un cordolo di 2.5 m che riporta sulla sua estremità la barriera FOA.

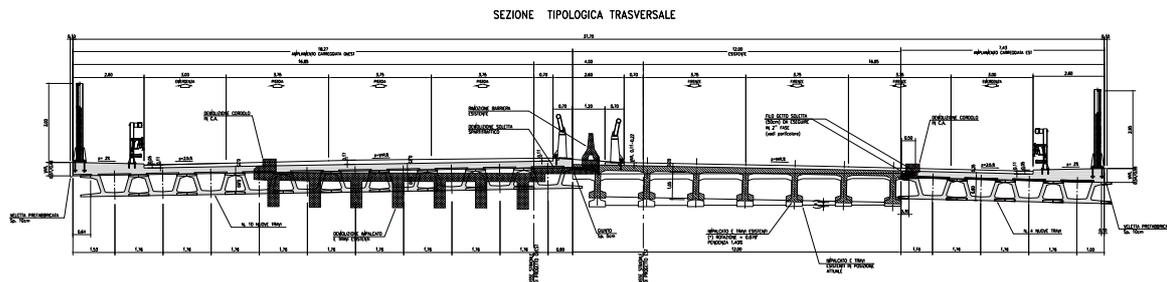
Le apparecchiature di appoggio esistenti presumibilmente sono di tipo in neoprene. In funzione del grado di invecchiamento del materiale, si è previsto la sostituzione con appoggi in neoprene armato; si prevede inoltre l'adozione di ritegni sismici realizzati in c.a.

sulle spalle. Inoltre è stato previsto anche la sostituzione dei giunti adottando la tipologia di giunti a tampone.

Le figure seguente riportano la configurazione finale dell'opera



**Figura 9-33 Sezioni longitudinale implacato con spalle**



**Figura 9-34 Sezione trasversale implacato in ampliamento**

### 9.1.19 Sottovia via Bonellina II a progr. 26+721

#### Struttura esistente

L'opera, di recente realizzazione, consta di uno scatolare in c.a. originariamente varato a spinta sotto al rilevato autostradale; lo spessore delle solette e dei ritti è pari a 0,70 m; è attualmente presente un ricoprimento pari a circa 0,70 m, tramite il quale è ricavata anche la pendenza trasversale della sede.

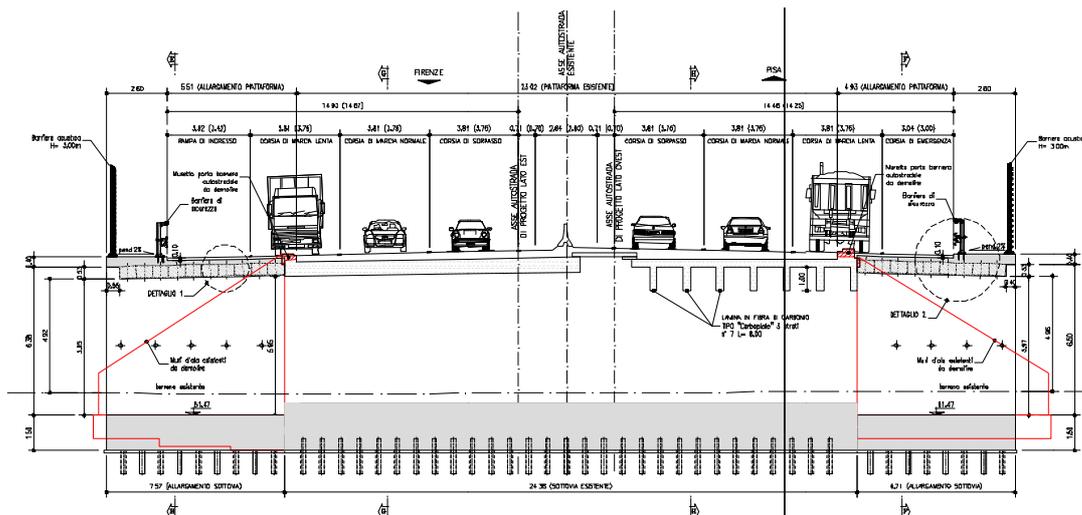


Gli ampliamenti delle spalle, collegati con le esistenti, vengono realizzati tramite spalla in ca a paramento verticale fondate su una zattera con micropali in acciaio. Per le spalle esistenti la riqualificazione viene eseguita mediante realizzazione di un placcaggio frontale in c.a. dello spessore di 40 cm, chiodato al paramento, e la ricostruzione del muro paraghiaia, attualmente mancante. E' qui previsto un ordine di tiranti passivi.

L'intervento di rinforzo delle fondazioni esistenti prevede la realizzazione di un allargamento della fondazione.

Si prevede inoltre, nell'ambito dei rimanenti interventi tipologici:

- rinforzo a flessione/taglio delle travi esistenti mediante lamelle/tessuti in CFRP;
- rinforzo a flessione degli elementi del solettone esistente mediante lamelle in CFRP;
- realizzazione di ritegni longitudinali e trasversali per garantire nei confronti del fuori sede dell'impalcato in fase sismica.



**Figura 9-36 Sottovia via Bonellina. Sezione trasversale.**



## 9.2 CAVALCAVIA

### 9.2.1 Generalità e inquadramento tipologie

Lo schema statico previsto per quasi tutti i cavalcavia è quello del ponte integrale. Questo schema prevede la presenza di connessioni rigide su ambedue le estremità dell'impalcato, permettendo pertanto l'eliminazione delle apparecchiature di appoggio sulle spalle e dei giunti sulle pile. Le strutture, nel loro complesso vengono calcolate sulla base dei nuovi criteri progettuali contenuti nelle Norme Tecniche sulle Costruzioni allegate al D.M. 14 Gennaio 2008; come consentito dalle norme stesse per i criteri relativi alle verifiche di dettaglio, ci si riferirà in generale al complesso normativo degli Eurocodici, in conformità ai relativi Documenti di Applicazione Nazionale.

P

Per la realizzazione dei nuovi cavalcavia, previsti nell'ambito dell'intervento di ammodernamento del tratto Firenze - Pistoia della autostrada A11, si prevede l'adozione di impalcato in sezione composta acciaio - calcestruzzo.

Per la selezione delle tipologie, si prevedono due differenti luci di scavalco:

L1 = 38.0 m scavalco di autostrada a tre corsie;

L2 = 45.50 m scavalco di autostrada a tre corsie + corsie di accelerazione/decelerazione (adottato anche per scavalco di autostrada a quattro corsie).

In funzione delle differenti condizioni morfologiche dettate dalla geometria dei rilevati d'approccio al cavalcavia, sito, l'organizzazione delle campate individua due ulteriori famiglie:

- cavalcavia a luce singola
  - per scavalco da 38.0 m
  - per scavalco da 45.50 m
- cavalcavia a tre luci
  - per scavalco da 38.0 m, sequenza luci 19.0 + 38.0 + 19.0
  - per scavalco da 45.50 m, sequenza luci 22.50 + 45.50 + 22.50

Ciascuna delle quattro tipologie di cavalcavia individuate, come si vede presenta differenti larghezze di piattaforma, in funzione della geometria della sede stradale. L'esame delle varie situazioni porta pertanto ad individuare tre differenti larghezze complessive di soletta, determinate in funzione della larghezza della sede stradale, e delle varie tipologie di arredo

previste (presenza di marciapiedi, pista ciclabile, barriere, etc.), ottenendo larghezze complessive pari rispettivamente a 9.00, 12.00 e 13.50 m.

Il numero totale di possibili combinazioni di luce, tipologia strutturale e larghezza di soletta porta pertanto ad individuare complessivamente 12 tipologie, di cui 10 utilizzate nel presente progetto.

A questi sono da aggiungere due cavalcavia realizzati con impalcato a via di corsa inferiore per problemi connessi al contenimento della pendenza della livelletta altimetrica.

Il quadro riepilogativo delle varie tipologie adottate, in termini di numero e luci campate e larghezza, nonché soprattutto di tipologia di intervento (integrale, a vie inferiori, demolizioni, placcaggi) e posizione (in sede, fuori sede e nuovo) è riportato qui sotto.

| VIABILITA'                                   | Posizione   | Pavimentato | Larghezza Opera |                 | Tipologia     | Luci         |
|--|-------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|
| CV01 - Via dei Giunchi Km 1+175              | FUORI SEDE  | 6,00        | 9,00            | 1,50+6,00+1,50  | Integrale     | 3 luci 38.00 |
| CV02 - Via vicinale Pantano Km 3+338         | IN SEDE     | 6,00        | 9,00            | 1,50+6,00+1,50  | Integrale     | 3 luci 45.50 |
| CV03 - Svincolo Firenze Nord progr. 4+605,00 | PREDISPOSTO |             |                 |                 | Placcaggi     |              |
| CV04 - Autostrada A1 progr. 4+929,00         | PREDISPOSTO |             |                 |                 | Placcaggi     |              |
| CV06 - Via Salvador Allende progr. 5+248,00  | PREDISPOSTO |             |                 |                 | Placcaggi     |              |
| CV07 - SP8 Via S. Quirico Km 6+696           | FUORI SEDE  | 10,50       | 13,50           | 1,50+10,50+1,50 | Integrale     | 3 luci 38.00 |
| CV08 - Via delle Fonti Km 10+225             | IN SEDE     | 8,00        | 13,50           | 2,25+8,00+3,25  | Integrale     | 1 luce 45.50 |
| CV09 - Via del Lazzaretto Km 10+893          | IN SEDE     | 6,50        | 12,00           | 2,75+6,50+2,75  | Integrale     | 3 luci 38.00 |
| CV10 - Via del Mulinuzzo Km 12+958           | DEMOLIZIONE |             |                 |                 | Demolizione   |              |
| CV11 - Via dei Fossi Km 13+166               | IN SEDE     | 8,00        | 13,50           | 2,25+8,00+3,25  | Integrale     | 3 luci 38.00 |
| CV12 - Via delle Pollative km13+920          | DEMOLIZIONE |             |                 |                 | Demolizione   |              |
| CV13 - Via traversa le Caserane km16+267     | IN SEDE     | 6,00        | 9,00            | 2,25+6,00+0,75  | Integrale     | 1 luce 45.50 |
| CV14 - Via dei Trebbi km16+611               | IN SEDE     | 8,00        | 13,50           | 2,75+8,00+2,75  | Via inferiore | 1 luce 45.50 |
| CV15 - Via Selva km 19+360                   | FUORI SEDE  | 8,50        | 12,00           | 1,75+8,50+1,75  | Integrale     | 3 luci 38.00 |
| CV16 - Via Matteotti km 20+266               | IN SEDE     | 6,00        | 9,00            | 1,50+6,00+1,50  | Integrale     | 1 luce 38.00 |
| CV17 - Via Mosino km 21+510                  | IN SEDE     | 6,00        | 9,00            | 1,50+6,00+1,50  | Integrale     | 3 luci 38.00 |
| CV18 - Cavalcavia di svincolo Pistoia Est    | NUOVO       | 10,50       | 13,50           | 1,50+10,50+1,50 | Integrale     | 3 luci 45.50 |

|  |         |      |       |                |               |              |
|--|---------|------|-------|----------------|---------------|--------------|
| CV19 - collegamento tra Via Fiorentina e Via Nuova Pratese progr. 22+327,000 | NUOVO   | 8,50 | 12,00 | 1,75+8,50+1,75 | Integrale     | 3 luci 45.50 |
| CV20 - Via Romito e Serpe km 23+340  | IN SEDE | 6,00 | 9,00  | 1,50+6,00+1,50 | Integrale     | 1 luce 45.50 |
| CV21 - Via Capanne di Canapale km 24+681                                     | IN SEDE | 8,50 | 12,00 | 1,75+8,50+1,75 | Integrale     | 3 luci 38.00 |
| CV22 - Via Ribocco prog. 37+663,63   | IN SEDE | 8,00 | 13,50 | 2,75+8,00+2,75 | Via inferiore | 1 luce 45.50 |

**Tabella 9-1 – Quadro riepilogativo dei cavalcavia**

Da notare che per i tre cavalcavia predisposti, tutti e tre con spalla di tipo passante, per permettere il passaggio di una strada di servizio è necessario prevedere dei muri di placcaggio ai pali delle spalle stesse, in modo da poter scavare la scarpata di rilevato davanti ad esse.

### **9.2.2 Sovrastruttura d'impalcato**

Le travate saranno realizzate mediante una coppia di travi metalliche realizzate in composizione saldata, poste a distanza trasversale pari a 7.0 m, per i cavalcavia da 12.00 e 13.50 m e pari a 5.0 m per i cavalcavia di 9.00 m di larghezza. Esse sono connesse trasversalmente da traversi formati da travi metalliche a doppio T. In corrispondenza delle spalle sarà presente un traverso speciale, che verrà inglobato entro il getto della struttura di testa spalla; anche l'arrangiamento della zona di coda delle travi viene opportunamente predisposto in modo da restituire, a getto di completamento avvenuto, una condizione di incastro perfetto.

Le travi metalliche degli impalcati a luce singola presentano altezza costante, mentre quelli a tre luci, realizzati ovviamente con schema statico a trave continua, presentano altezza variabile, con massimo situato in corrispondenza degli appoggi intermedi; le altezze prescelte sono riepilogate in tabella, per ciascuna delle tipologie individuate.

| tipo         | L max | h trave     |
|--------------|-------|-------------|
| tre luci     | 38.0  | 1.25 => 2.0 |
|              | 45.5  | 1.35 => 2.7 |
| luce singola | 38.0  | 2.50        |
|              | 45.5  | 3.00        |

Tabella 9-2 – Altezze travi

La soletta in c.a. viene prevista di spessore complessivo pari a 30.0 cm; essa potrà essere eventualmente realizzata con l'ausilio di cospelle prefabbricate dello spessore di 5 cm. La luce degli sbalzi è variabile in funzione della tipologia di larghezza prescelta, ed è pari a:

$b = 3.25$  m per soletta da 13.50 m

$b = 2.50$  m per soletta da 12.00 m

$b = 2.00$  m per soletta da 9.00 m

Tutte le giunzioni di assemblaggio delle travi principali e dei traversi sono al momento previste mediante bulloni ad attrito.

### 9.2.3 Sottostrutture

Le pile intermedie della tipologia a tre luci sono formate da un setto in c.a. dello spessore di 1.0 m, e di larghezza crescente a partire dalla quota fondazione fino al valore massimo di 9.90 m (7.90 m per i cavalcavia di larghezza pari a 9.00) in corrispondenza del piano appoggi. Le fondazioni sono previste su 8 pali  $\phi$  1.2 (6 pali per i 9.00 m) collegati da un plinto di dimensioni 12.8 x 5.6 (10.8 x 5.6 per i 9.00 m) e spessore 1.50 m.

Le spalle sono concepite in modo da assorbire, senza indurre significativi stati coattivi, le deformazioni di dilatazione/contrazione della struttura di impalcato; esse sono pertanto formate da un allineamento di pali  $\phi$  1.2, coronate da un pulvino sommitale pure in c.a., realizzato in due fasi:

fase 1: realizzazione piano appoggio travi

fase 2: realizzazione getto di completamento per connessione coda travi

Le spalle degli impalcati a tre luci saranno in generale del tipo "passante", mentre le spalle della tipologia a luce singola viene dimensionata come spalla "classica", avente pertanto anche la funzione di contenimento delle spinte del rilevato d'approccio.

La figura seguente schematizza l'arrangiamento delle spalle, nelle due versioni previste.

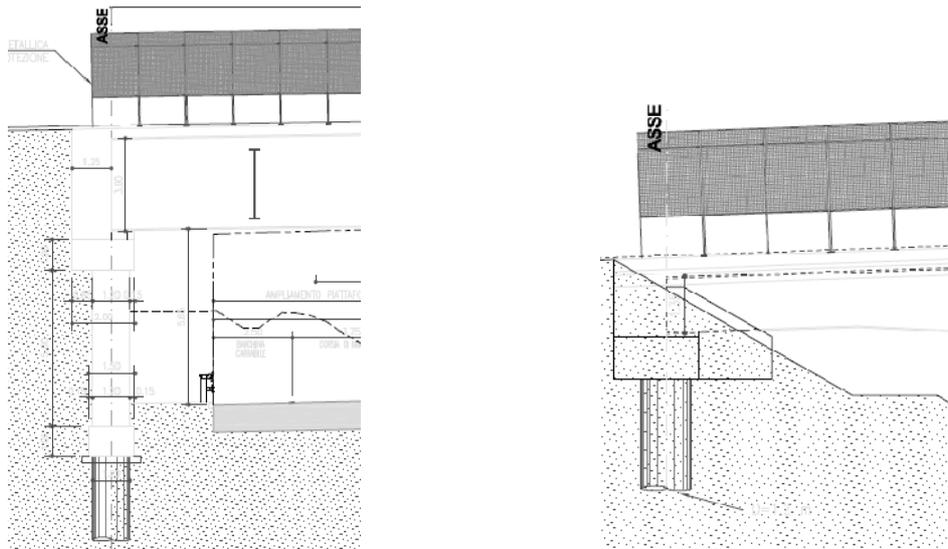
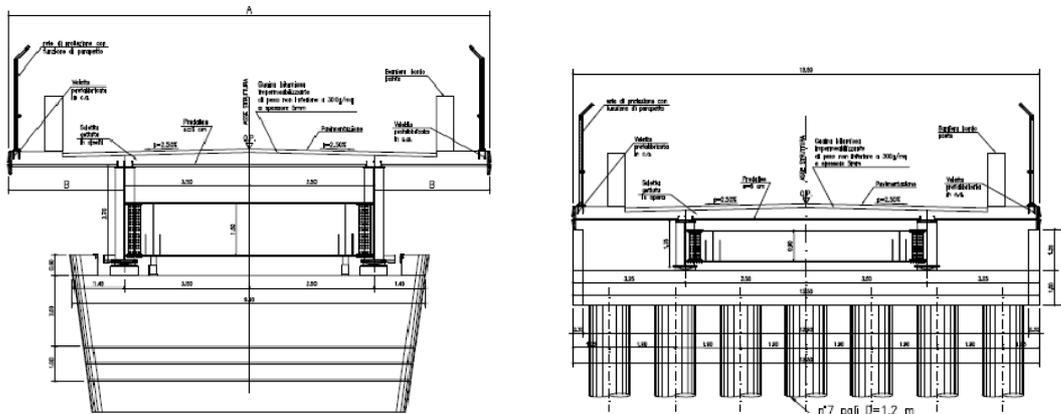


Figura 9-36 – Spalle cavalcavia a 1 e a tre luci

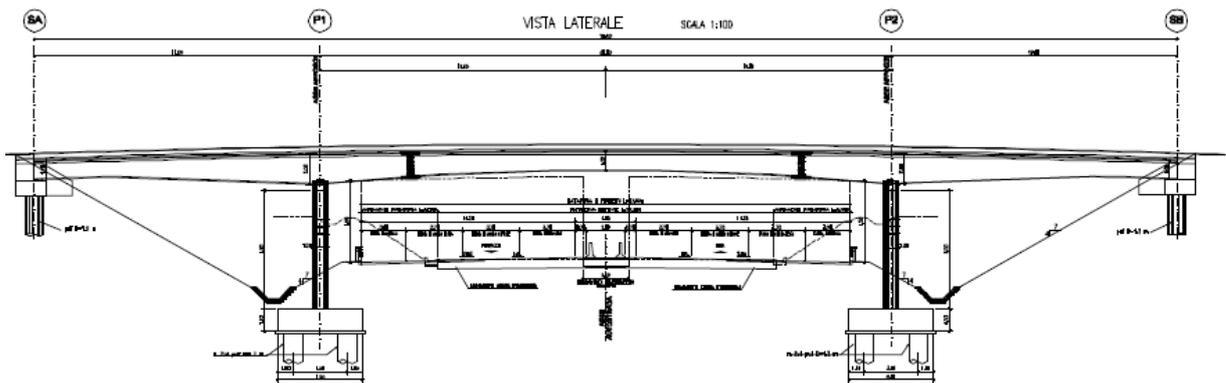
#### 9.2.4 Sistema di vincolo

L'impalcato risulta incastrato in corrispondenza del piano spalla. Sulle pile intermedie sono previsti appoggi metallici ad elastomero confinato, con superfici di scorrimento guarnite in PTFE, nella tipologia UL ed ML. Gli appoggi dovranno essere sostituibili, con sollevamento compatibile con la presenza dei punti fissi laterali.

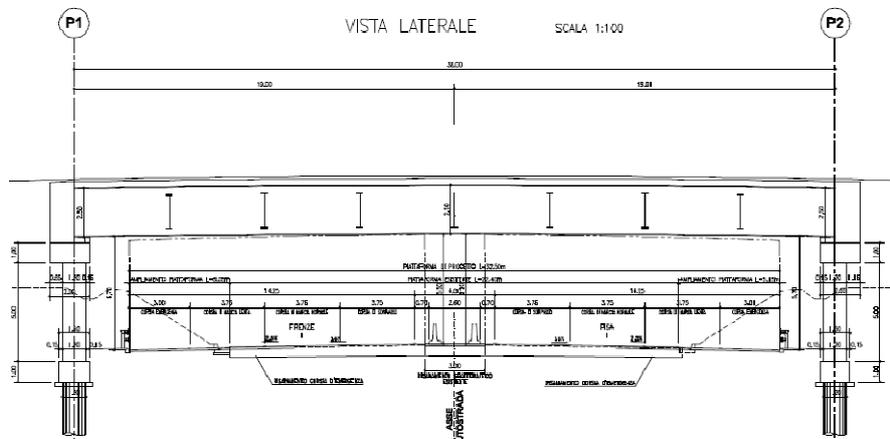
Le figure seguenti riportano la sezione trasversale tipica del cavalcavia, ricavata in corrispondenza della spalla e delle pile intermedie, e la vista laterale della tipologia a tre luci ed a una luce.



**Figura 9-37 – Vista trasversale pila e spalla**



**Figura 9-38 – Sezione longitudinale cavalcavia a tre luci**



**Figura 9-39 – Sezione longitudinale cavalcavia a una luce**

### 9.2.5 Soluzione di cavalcavia a via inferiore

Come si è detto e come è rilevabile dalla tabella 9-2, per il cavalcavia CV14 di Via dei Trebbi, sito al km 16+636.84 dell'autostrada A11 Firenze-Pisa Nord, e per il cavalcavia CV22 di Via Ribocco, sito al km 37+663.63 della medesima autostrada, si è optato per una soluzione a via inferiore di luce netta pari a 45.0 m.

La struttura, che presenta uno sviluppo essenzialmente in rettilineo, è costituita da un impalcato formato da due travi metalliche con sezioni saldate a doppio T di altezza variabile da un minimo di 1.90 m ad un massimo di 2.80 m, poste ad un interasse di 13.50 m, e collegate trasversalmente ogni 3.0 m da traversi metallici. I conci delle travi principali, di lunghezza massima pari a 11.0 m, sono uniti tra loro mediante giunzioni saldate.

I traversi metallici hanno altezza variabile da un minimo di 0.64 m alle estremità ad un massimo di 0.80 m in mezzera, in modo da realizzare un andamento a doppia falda simmetrico. Le tipologie di traverso presenti sono di tre tipi: il trasverso d'estremità, denominato "T1", ha sezione saldata a doppio T simmetrica con piattabande da 400 mm, spesse 40 mm, e anima da 15 mm; il trasverso di campata, denominato "T2", ha sezione a doppio T saldata avente una piattabanda inferiore larga 400 mm e spessa 40 mm, una piattabanda superiore larga 350 mm e spessa 20 mm, e un'anima spessa 15 mm; il traverso posto in corrispondenza dei due giunti intermedi della soletta, infine, denominato "T3", presenta una sezione realizzata mediante l'accoppiamento di due profili a C, collegati mediante imbottiture, aventi una piattabanda inferiore larga 220 mm e spessa 40 mm, una piattabanda superiore larga 180 mm e spessa 20 mm e un'anima spessa 15 mm. Tutti i traversi risultano collegati alla soletta in c.a. mediante connettori a piolo tipo Nelson, di diametro pari a 19.0 mm.

La soletta in calcestruzzo, sagomata a schiena d'asino per una larghezza complessiva pari a 13.50 m, presenta uno spessore di 26 cm ed è articolata in una carreggiata centrale da 8.0 m e due marciapiedi laterali da 2.75 m. Per la sua realizzazione si prevede l'adozione di coppelle prefabbricate di spessore pari a 6.0 cm, dotate di armatura a traliccio, aventi la funzione di cassero a perdere. Al fine di limitare gli effetti del ritiro del calcestruzzo, sono stati posizionati in soletta giunti trasversali a distanza mutua di circa 12.0 m.



### 9.3 OPERE D'ARTE MINORI

Le opere minori sono quelle con luci uguali o inferiori ai 6 metri. Per esse, in linea di principio e ove non sussistessero condizioni al contorno particolari, poiché gli abbassamenti dell'impalcato sottoposto ai carichi accidentali, in valore assoluto, sono molto limitati, si è deciso di non collegare strutturalmente l'opera di ampliamento con la parte esistente.

Ne consegue che siamo in presenza di un giunto longitudinale sull'impalcato, che viene gestito sotto pavimentazione e non ha riflessi sull'agibilità del traffico per le non significative differenze di inflessione fra la nuova e la vecchia struttura.

Per contro questo permette di non verificare le strutture esistenti, che praticamente non vengono interessate dall'ampliamento e quindi non subiscono modifiche del loro status. Il tutto in accordo a quanto riportato nel capitolo riguardante la verifica delle opere esistenti delle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni allegate al D.M. 14 Gennaio 2008 e relativa circolare.

Il presente ed i successivi paragrafi descrivono sinteticamente brevemente gli interventi relativi alle seguenti tipologie di opere:

1. Ponticelli con travi;
2. Ponticelli e/o scatolari a soletta piana in c.a.;
3. Tombini tubolari in calcestruzzo;

Si anticipa che la tipologia strutturale più utilizzata è quella con la soletta in continuità materiale con i piedritti ma senza solettone di chiusura (struttura ad omega)

#### 9.3.1 Sottovia L= 3,00 m via delle Pollative

Il sottovia di via delle Pollative km 13+802 comporta un intervento di ampliamento su un manufatto esistente di luce molto modesta inferiore ai 4m che non viene modificato nelle parti esistenti ove si prevede una semplice ricarica del tappeto di usura. L'allargamento viene realizzato di circa 5m lato sud e 7m lato nord.

Per ragioni di franco la struttura in ampliamento viene realizzata con un portale in c.a. la cui soletta è realizzata in continuità con un intradosso costituito da una predalla fondo cassero per uno spessore complessivo di 40cm massimo.

La parte esistente invece non viene modificata ma sarà comunque solidarizzata alla nuova nelle parti in ampliamento tramite l'inghisaggio di barre di acciaio.

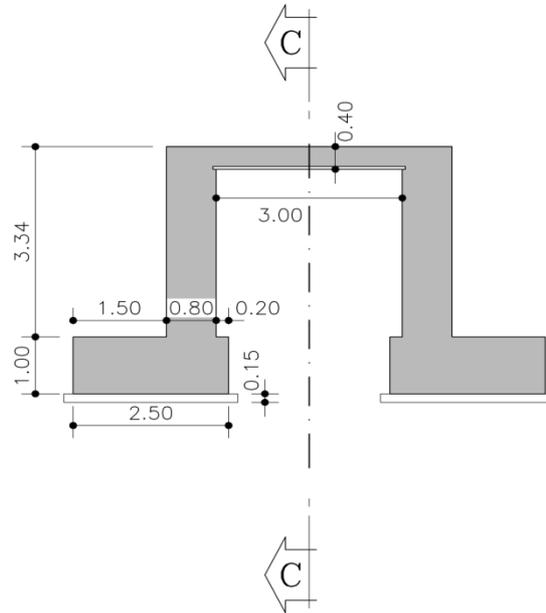


Figura 9-42 - Sezione trasversale in ampliamento

### 9.3.2 Ponticello $l=4,00$ m fosso Ficarello

Il sottovia km 17+165 consiste in un intervento di ampliamento su un manufatto esistente di luce molto modesta inferiore ai 4m che non viene modificato nelle parti esistenti ove si prevede una semplice ricarica del tappeto di usura.

Per ragioni di franco la struttura in ampliamento viene realizzata con un portale in c.a. la cui soletta è realizzata in continuità con un intradesso costituito da una predalla fondo cassero per uno spessore complessivo di 25cm massimo.

La parte esistente invece non viene modificata ma sarà comunque solidarizzata alla nuova nelle parti in ampliamento tramite l'inghisaggio di barre di acciaio.

Le fondazioni sono di tipo diretto



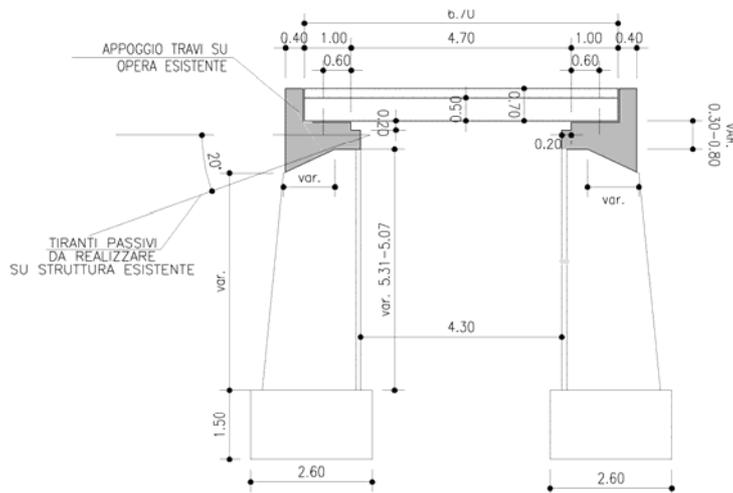


Figura 9-45 Sezione manufatto esistente con nuova soletta

### 9.3.4 Sottovia $l = 4,5$ m strada vicinale Calicino

Il sottovia della strada vicinale Calicino km 17+902 consiste in un intervento di ampliamento su un manufatto esistente di luce molto modesta inferiore ai 4.5m che cui viene rifatta la soletta superiore in travette in CAP sia nella parte in ampliamento che nella parte esistente e ciò per adattare la struttura alla mutata configurazione trasversale delle falde.

Le fondazioni sono su micropali nella parte in ampliamento mentre sono state mantanute dirette nella parte eistente aggiungendo però dei tiranti passivi sulle spalle provviste inoltre di un placcaggio generale di 10cm armato.

Le verifiche strutturali si riferiscono pertanto alla parte in ampliamento ed alla parte esistente ed ai muri d'ala.

Le spalle sono piuttosto alte perché il manufatto ospita al suo interno un tombino la cui soletta superiore di spessore 20cm funge da puntone rompitratta. Tale manufatto verrà naturalmente prolungato con l'ampliamento del sottovia.

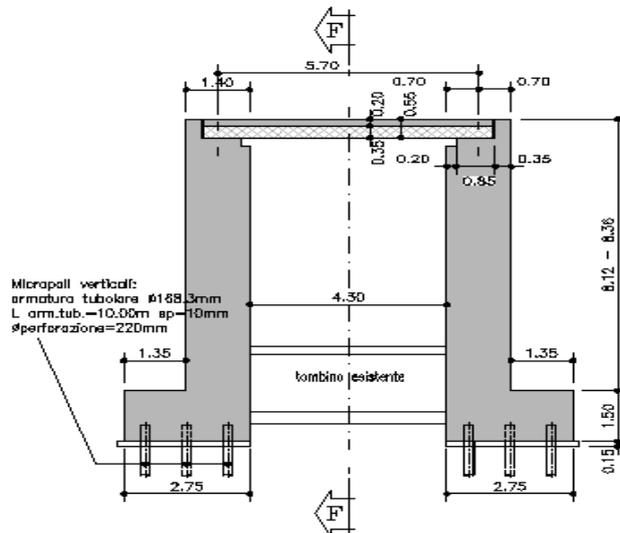


Figura 9-46 - Sezione trasversale ampliamento

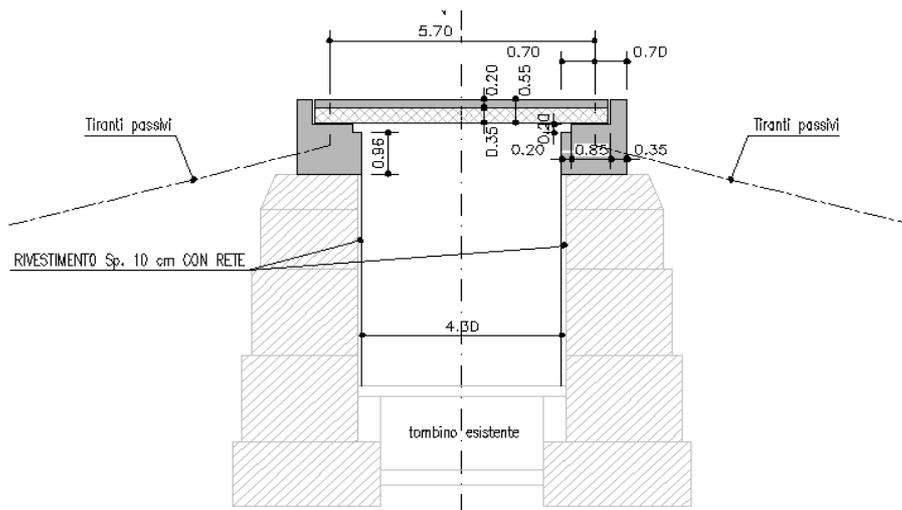


Figura 9-47 - Sezione trasversale parte esistente con soletta in travette prefabbricate

### 9.3.5 Sottovia $l = 5,00$ m via Francesco Ferrucci

Il sottovia di via Francesco Ferrucci km 18+675 consiste in un intervento di ampliamento su un manufatto esistente di luce molto modesta inferiore ai 6m che non viene modificato nelle parti esistenti si prevede una semplice ricarica del tappeto di usura.

Per ragioni di franco la struttura in ampliamento viene realizzata con un portale in c.a. la cui soletta è realizzata in continuità con un intradosso costituito da una predalla fondo cassero per uno spessore complessivo di 35cm massimo.









## 9.4 OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIE E DEFINITIVE

### 9.4.1 Muri prefabbricati

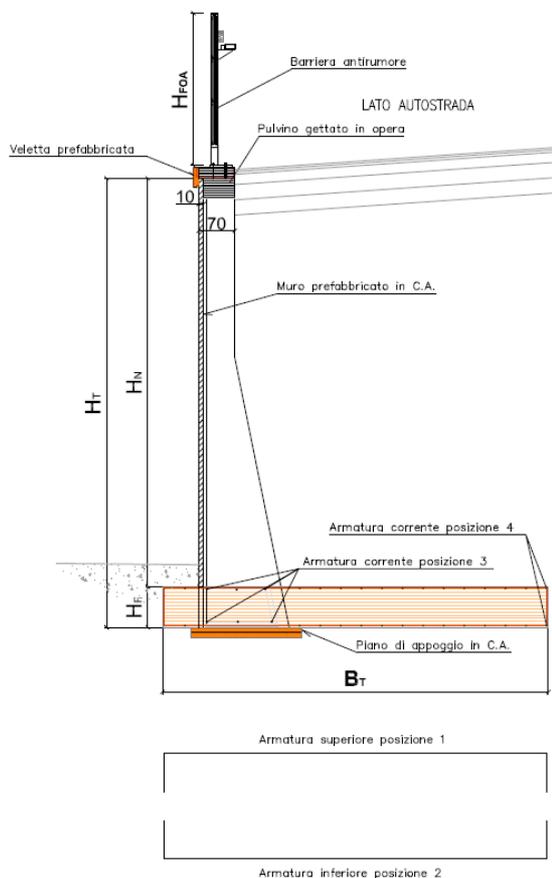
Le opere di sostegno definitive previste, sono generalmente costituite da muri in c.a. prefabbricato. L'estensione, posizione ed altezze medie sono rappresentate all'interno delle planimetrie di progetto e dei profili longitudinali e riportate in sintesi nella seguente tabella. I muri di sostegno sono stati inseriti in progetto con la funzione prevalente di limitare la fascia di esproprio laddove nelle immediate vicinanze della piattaforma sono presenti edifici, viabilità ed aree che ospitano attività produttive. Di conseguenza per la quasi totalità di questi è prevista la contemporanea presenza di barriere acustiche (FOA). In questo caso il muro risulterà allineato rispetto alla barriera, dovendo svolgere anche la funzione di supporto di quest'ultima, e quindi posizionato in sezione trasversale con il paramento esterno ad una distanza di 2,60 metri dal limite della piattaforma stradale.

I muri di sostegno sono costituiti da elementi modulari prefabbricati di larghezza pari a 2.50 m. In sommità il prefabbricato presenta un cordolo gettato in opera di altezza pari a 70 cm. Le nervature di irrigidimento di spessore 18 cm presentano un primo tratto a sezione costante di altezza  $h=350$  cm ed un secondo ad altezza variabile secondo un'inclinazione del 20% sulla verticale.

Le due nervature sono collegate fra loro da una soletta di spessore costante  $s=10$  cm.

I bordi presentano un giunto maschio-femmina in modo da trattenere i materiali e da permettere il montaggio degli elementi anche seguendo una curva, sia concava che convessa.

Alla base del muro le nervature presentano ciascuna un'apertura trasversale per il passaggio delle armature della trave di collegamento che si realizza fra i pannelli; l'altezza dell'apertura viene determinata in base all'altezza della suola di stabilizzazione, assicurando un adeguato ricoprimento dell'armatura superiore della trave.



**Figura 9.53 - Sezione tipologica del muro di sostegno prefabbricato.**

| OPERA | progr. km<br>inizio            | progr. km<br>fine | L<br>(m) | Hmin<br>(m) | Hmax<br>(m) | sezione<br>tipo |
|-------|--------------------------------|-------------------|----------|-------------|-------------|-----------------|
| MS01  | 11+974                         | 12+028            | 54       | -           | -           | T4_I6           |
| MS02  | 6+744                          | 6+934             | 190      | 1.62        | 1.62        | T3_F6           |
| MS03  | 6+936                          | 7+094             | 158      | 1.62        | 4.12        | T3_F6/F4        |
| MS04  | 7+280                          | 7+418             | 138      | 4.62        | 5.72        | T2_F4           |
| MS05  | Rampa di svincolo Prato<br>Est |                   | 33       | 4.62        | 5.75        | T2_F4           |
| MS06  | 9+061                          | 9+225             | 165      | 4.62        | 5.72        | T3_SV           |
| MS07  | 11+368                         | 11+418            | 50       | 6.32        | 6.82        | T2_SV           |
| MS08  | 11+547                         | 11+603            | 55       | 5.72        | 6.32        | T3_I4           |
| MS09  | 11+967                         | 12+042            | 75       | 5.72        | 6.32        | T4_I4           |
| MS10  | 13+159                         | 13+239            | 80       | 2.59        | 2.62        | T3_F6           |
| MS11  | 13+807                         | 13+946            | 139      | 1.62        | 3.62        | T3_F6           |

| OPERA | progr. km                     | progr. km | L    | Hmin | Hmax | sezione  |
|-------|-------------------------------|-----------|------|------|------|----------|
| MS12  | 13+713                        | 13+945    | 215  | 1.62 | 4.13 | T3_I6    |
| MS13  | 14+460                        | 14+600    | 140  | 4.62 | 6.32 | T3_F4    |
| MS14  | 14+415                        | 14+600    | 185  | 4.12 | 6.82 | T3_F4    |
| MS15  | 14+722                        | 14+842    | 120  | 2.62 | 5.12 | T3_F4    |
| MS16  | 15+482                        | 15+676    | 192  | 3.62 | 4.62 | T2_F4    |
| MS17  | 15+479                        | 15+850    | 375  | 3.12 | 6.82 | T2_F4    |
| MS18  | 16+367                        | 16+541    | 174  | 2.12 | 2.12 | T2_I4    |
| MS19  | 11+426                        | 11+457    | 23   | 6.82 | 6.82 | T2_SV    |
| MS20  | 18+160                        | 18+670    | 510  | 5.22 | 6.32 | T1_F4/SV |
| MS21  | 22+915                        | 23+011    | 96   | 1.62 | 2.12 | T3_F6    |
| MS22  | 23+963                        | 24+168    | 205  | 1.62 | 1.62 | T3_SV    |
| MS23  | 1+748                         | 1+780     | 33   | 3.62 | 4.62 | T2_SV    |
| MS24  | 1+808                         | 1+843     | 36   | 4.12 | 5.22 | T2_SV    |
| MS25  | 25+255                        | 25+703    | 448  | 2.12 | 8.52 | T2_F4/SV |
| MS26  | 25+224                        | 25+409    | 185  | 5.22 | 7.92 | T2_F4/SV |
| MS27  | 26+906                        | 27+016    | 113  | 3.12 | 5.22 | T1_F4/SV |
| MS28  | 26+682                        | 26+715    | 33   | 6.32 | 7.52 | T1_F4/SV |
| MS29  | 26+723                        | 26+803    | 60   | 7.52 | 7.52 | T1_F4    |
| MS30  | Rampa di svincolo Pistoia Est |           | 46   | 6.82 | 7.42 | T3_SV    |
| MS31  | 18+044                        | 18+113    | 75   | 3.12 | 6.32 | T1_SV    |
| MS32  | 14+614                        | 14+668    | 55   | 6.32 | 6.32 | T3_F4    |
| MS33  | 26+736                        | 26+791    | 55   | 7.52 | 8.02 | T1_F4/SV |
| MS34  | 8+313                         | 8+404     | 27.5 | 7.42 | 7.42 | T2_F4    |
| MS35  | 8+342                         | 8+414     | 20   | 6.32 | 6.32 | T2_F4    |
| MS36  | Rampa di svincolo Prato Ovest |           | 69   | 1.79 | 4.05 | T1_F6/SV |
| MS37  | Rampa di svincolo Prato Est   |           | 20   | 8.92 | 8.92 | T2_F4    |
| MS38  | 8+342                         | 8+414     | 10   | 5.72 | 5.72 | T2_F4    |
| MS39  | 8+313                         | 8+404     | 15   | 6.82 | 6.82 | T2_F4    |

**Tabella 9-3 – Muri di sostegno**

I dimensionamenti interni dei muri di sostegno sono stati organizzati per sezioni tipologiche, sviluppando le verifiche per diverse classi di altezza e per differenti stratigrafie di

riferimento, in relazione all'elemento marginale di completamento previsto in sommità al muro stesso.

In particolare, sono state considerate le seguenti tipologie:

| <b>sigla</b>    | <b>Descrizione</b>  |
|-----------------|---|
| muri tipo Tj_F4 | muri a T di altezza variabile tra 2 e 8 m<br>stratigrafia tipo j (con j = 1÷4)<br>elemento marginale: barriera fonica semplice di altezza ≤ 4m      |
| muri tipo Tj_F6 | muri a T di altezza variabile tra 2 e 8 m<br>stratigrafia tipo Tj (con j = 1÷4)<br>elemento marginale: barriera fonica semplice di altezza ≤ 6m     |
| muri tipo Tj_I4 | muri a T di altezza variabile tra 2 e 8 m<br>stratigrafia tipo Tj (con j = 1÷4)<br>elemento marginale: barriera fonica integrata di altezza ≤ 4m    |
| muri tipo Tj_I6 | muri a T di altezza variabile tra 2 e 8 m<br>stratigrafia tipo Tj (con j = 1÷4 in)<br>elemento marginale: barriera fonica integrata di altezza ≤ 6m |
| muri tipo Tj_SV | muri a T di altezza variabile tra 2 e 8 m<br>stratigrafia tipo Tj (con j = 1÷4)<br>elemento marginale: elemento metallico anti-svio                 |

#### **9.4.2 Opere di sostegno provvisorie**

Il progetto delle opere di sostegno è stato elaborato consentendo di:

- proteggere e mantenere attivo l'esercizio dell'infrastruttura esistente;
- ridurre l'estensioni degli scavi provvisori previsti;
- garantire gli opportuni livelli di sicurezza durante le operazioni di scavo soprattutto in relazione alla vicinanza di canali e corsi d'acqua;

Si prevede di realizzare opere di sostegno provvisorie costituite da:

- berlinesi di micropali tirantate con tiranti di tipo attivo per la protezione del traffico in esercizio;

- dune o argini provvisori di protezione in relazione alle condizioni locali in vicinanze di corsi d'acqua.

Le opere provvisorie sono costituite da berlinesi provvisionali come di seguito descritte:

#### *TIPO A*

Si tratta di una berlinese provvisionale di micropali disposti su una sola fila.

I micropali verticali hanno le seguenti caratteristiche: tubo di armatura di diametro 139.7 e spessore 10 mm, diametro di perforazione 220÷240 mm, lunghezza di 6 m, interasse 0.40 m e iniezione a gravità. I micropali sono collegati in testa mediante un cordolo in c.a. di dimensioni 0.50x0.50 m.

Questa soluzione è applicabile per altezza di scavo non superiori a 2.5 m in presenza di sovraccarico da traffico stradale.

#### *TIPO B*

Si tratta di una berlinese provvisionale di micropali disposti su una sola fila tirantata con un ordine di tiranti.

I micropali hanno le seguenti caratteristiche: tubo di armatura di diametro 139.7 e spessore 10.0 mm, diametro di perforazione 220÷240 mm, lunghezza di 9 m, interasse 0.40 m e iniezione a gravità. I micropali sono collegati in testa mediante un cordolo in c.a. di dimensioni 0.50x0.50 m.

I tiranti sono del tipo a trefoli e disposti su 1 ordine, alla quota di -1.50 m da testa trave; essi hanno le seguenti caratteristiche:

numero di trefoli: 3

inclinazione: 15° rispetto all'orizzontale

diametro di perforazione: 160mm

interasse orizzontale: 2.40m

Come trave di ripartizione dei tiranti sono state adottate N° 2 travi HEB 180.

Questa soluzione è applicabile per altezza di scavo non superiori a 4.5 m in presenza di sovraccarico da traffico stradale.

#### *TIPO C*

Si tratta di una berlinese provvisionale di micropali disposti su una sola fila multi-tirantata.

I micropali hanno le seguenti caratteristiche: tubo di armatura di diametro 168.3 mm e spessore 12.5 mm, diametro di perforazione 220÷240 mm, lunghezza di 12 m, interasse 0.40 m e iniezione a gravità. I micropali sono collegati in testa mediante un cordolo in c.a. di dimensioni 0.50x0.50 m.

I tiranti sono del tipo a trefoli e disposti su 2 ordini, alle quote di -1.50 m e -4.00 m da testa trave; essi hanno le seguenti caratteristiche:

#### 1° ordine

numero di trefoli: 3

inclinazione: 15° rispetto all'orizzontale  
diametro di perforazione: 160mm  
interasse orizzontale: 2.40m

#### 2° ordine

numero di trefoli: 3  
inclinazione: 15° rispetto all'orizzontale  
diametro di perforazione: 160mm  
interasse orizzontale: 2.40m

Come trave di ripartizione dei tiranti sono state adottate N° 2 travi HEB 180.

Questa soluzione è applicabile per altezza di scavo maggiore di 4.5 m e non superiore a 7.0 m in presenza di sovraccarico da traffico stradale.

#### *TIPO D*

Si tratta di una berlinese provvisoria di micropali disposti su una sola fila multi-tirantata.

I micropali hanno le seguenti caratteristiche: tubo di armatura di diametro 168.3 mm e spessore 12.5 mm, diametro di perforazione 220÷240 mm, lunghezza di 12 m, interasse 0.40 m e iniezione a gravità. I micropali sono collegati in testa mediante un cordolo in c.a. di dimensioni 0.50x0.50 m.

I tiranti sono del tipo a trefoli e disposti su 3 ordini, alle quote di -1.50 m, -4.00 m e -6.00 da testa trave; essi hanno le seguenti caratteristiche:

#### 1° ordine

numero di trefoli: 3  
inclinazione: 15° rispetto all'orizzontale  
diametro di perforazione: 160mm  
interasse orizzontale: 2.40m

#### 2° ordine

numero di trefoli: 3  
inclinazione: 15° rispetto all'orizzontale  
diametro di perforazione: 160mm  
interasse orizzontale: 2.40m

#### 3° ordine

numero di trefoli: 3  
inclinazione: 15° rispetto all'orizzontale  
diametro di perforazione: 160mm  
interasse orizzontale: 2.40m

Come trave di ripartizione dei tiranti sono state adottate N° 2 travi HEB 180.

Questa soluzione è applicabile per altezza di scavo maggiore di 7.0 m e non superiore a 8.5 m in presenza di sovraccarico da traffico stradale.

## 10 OPERE COMPLEMENTARI

### 10.1 BARRIERE DI SICUREZZA

Lungo il tracciato autostradale sarà prevista la posa di dispositivi di contenimento rispondenti alle prescrizioni contenute nelle "Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione" (D.M. n° 223 del 18/2/1992 e successive modificazioni ed integrazioni).

La definizione delle classi minime di barriere da adottare in progetto è stata operata, secondo quanto previsto dal D.M. 21/06/2004, con riferimento alla classe funzionale a cui appartiene la strada, alla classe di traffico e alla destinazione delle protezioni. Nello specifico, l'infrastruttura in oggetto è un'autostrada classe A secondo il D.Lgs. n.285 del 30 Aprile 1992 "Nuovo Codice della Strada", e con classe di traffico di tipo III in quanto negli scenari di traffico di progetto sono attese percentuali di veicoli pesanti superiori al 15% e TGM bidirezionali di molto superiore a 1000 veicoli/giorno.

Il D.M. 21/06/2004 definisce le classi minime da adottare per le barriere di sicurezza nelle diverse destinazioni (spartitraffico, bordo laterale e bordo ponte) in funzione del livello di traffico, come riportato nella tabella seguente relativamente alle sole autostrade e strade extraurbane principali.

| Tipo di strada  | Traffico | Destinazione barriere        |                              |                           |
|---|----------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|
|   |          | Barriere spartitraffico<br>a | Barriere bordo laterale<br>b | Barriere bordo ponte<br>c |
| Autostrade (A)<br>e strade<br>extraurbane<br>principali (B) | I        | H2                           | H1                           | H2                        |
|   | II       | H3                           | H2                           | H3                        |
|   | III      | H3-H4                        | H2-H3                        | H3-H4                     |

**Tabella 10-1 - Classi minime di barriere per autostrade e strade extraurbane principali**

Per quanto riguarda le nuove installazioni in spartitraffico, i dispositivi di sicurezza dovranno avere caratteristiche di deformazioni tali da garantire il contenimento del dispositivo durante l'urto all'interno del margine interno. Con riferimento ai dispositivi da bordo laterale, questi dovranno avere caratteristiche di deformazione compatibili con il posizionamento degli

elementi di arredo funzionale, quali barriere acustiche, pali di illuminazione, montanti di segnaletica verticale.

Nel seguito si riportano in sintesi le caratteristiche dei dispositivi di ritenuta da prevedersi per le diverse destinazioni: spartitraffico, bordo laterale ed in corrispondenza delle opere d'arte. Per maggiori dettagli circa i criteri progettuali, le modalità di installazione e gli altri aspetti riguardanti la progettazione dei dispositivi di ritenuta si rimanda alla relazione tecnica del progetto delle barriere di sicurezza e ai relativi elaborati grafici.

### 10.1.1 Barriere da spartitraffico

Con riferimento allo spartitraffico autostradale relativo al margine interno, nei tratti di rettilineo in ampliamento simmetrico è previsto il mantenimento dei sistemi di protezione esistenti, costituiti da barriere in cls in configurazione monofilare.

Nei tratti rettilinei in ampliamento asimmetrico e in quelli con tracciamento curvilineo (curve e clotoidi) il progetto prevede la posa di barriere in cls da spartitraffico in configurazione bifilare, di classe di contenimento minima H3.

In corrispondenza di carreggiate sfalsate con pendenza dello spartitraffico superiore a 3.85% e di opere ad impalcati separati, è stato previsto l'impiego di barriere in cls tipo bordo ponte di classe minima H3. Nelle successive fasi progettuali, relativamente alla sistemazione dello spartitraffico lato carreggiata bassa (quote del ciglio inferiori) potrà essere valutato il ricorso a dispositivi diversi (ad esempio appoggiati direttamente sulla pavimentazione) se rispettano i requisiti di progetto.

Relativamente al tratto tra la barriera di Firenze Ovest e l'interconnessione con l'autostrada A1, in corrispondenza del tratto di margine interno ridotto (tra le pk 4+448 e 5+248), è stato previsto un dispositivo metallico monofilare bilatero con classe di contenimento minima H3. Tale impostazione progettuale potrà essere rivista a livello di progetto esecutivo, se il mercato renderà disponibili nuovi dispositivi in cls con caratteristiche che rispettino i requisiti progettuali specificati in progetto.

In corrispondenza dei tratti in curva tra le pk 8+950 e 9+676 e tra le pk 24+500 e 25+038, per garantire opportune distanze di visuale libera, si è adottata una protezione costituita da barriere in cls in configurazione monofilare con classe di contenimento minima H3 (margine interno 4.40 m). Nelle successive fasi progettuali, il margine interno potrebbe essere ridotto

rispetto a suddetta misura, ove si rendessero disponibili barriere NJ in cls con deformazioni più contenute.

Per quanto concerne il margine laterale di separazione tra l'autostrada e le nuove corsie di emergenza (con funzione di corsie di servizio) è prevista, in carreggiata Ovest la posa di una barriera metallica monofillare bilatera di classe di contenimento H3, ed in carreggiata Est un sistema di protezione costituito da due filari di barriere metalliche classe H3 da bordo laterale.

In corrispondenza delle pile in spartitraffico dei cavalcavia esistenti sarà prevista la protezione mediante dei manufatti speciali in c.a., dotati di opportune transizioni con i dispositivi di ritenuta (in cls o metallici) in approccio ai tratti a monte e a valle della pila, in grado di evitare che le barriere ad esso adiacenti si spostino in modo da esporre al traffico il bordo trasversale rigido del manufatto stesso.

#### 10.1.2 Barriere da bordo laterale

La tipologia delle barriere da prevedere per il bordo laterale sarà quella di barriere metalliche a nastri. Le barriere per bordo laterale dovranno rispettare quanto prescritto dalla normativa per strade di classe A (autostrada) secondo il D.L.vo 285/92 e condizioni di traffico III. Di conseguenza, ai sensi del citato DM 21/06/2004, le classi di contenimento per le barriere da installare saranno H2 o H3. I criteri per la scelta delle barriere, tra le due classi indicate dalla norma (H2 o H3), sono riassunti nella tabella seguente, in relazione all'adozione in progetto di scarpate con pendenza 4/7.

| Pendenza delle scarpate | Altezza del rilevato (m) | Classe barriera                          |
|-------------------------|--------------------------|--|
| 4/7                     | ≤ 3                      | nessuna protezione <sup>(1) (2)(3)</sup> |
| 4/7                     | > 3                      | min H2 <sup>(2)</sup>                    |

(1) In presenza di strade, ferrovie, edifici, fiumi, canali, ecc. ad una distanza dal confine stradale compresa tra 12 m e 60 m (fascia di rispetto) deve essere sempre prevista una barriera di classe H2.

(2) In presenza di strade, ferrovie, edifici, fiumi, canali, ecc. ad una distanza dal confine stradale minore di 12 m deve essere sempre prevista una barriera di classe H3.

(3) Al fine di evitare continue discontinuità nella protezione del margine laterale, anche i tratti in rilevato non richiedenti la protezione secondo i criteri indicati in tabella, dovranno comunque essere protetti se di sviluppo inferiore a 100 m.

**Tabella 10-2 - Criteri di scelta per barriere bordo laterale – Autostrade - Classe di traffico III.**

### 10.1.3 Barriere per i margini di ponti, viadotti e sottovia

Le barriere per i bordi delle opere d'arte devono essere quelle prescritte dalla normativa per strade di classe A e condizioni di traffico III, di conseguenza, le classi di contenimento, ai sensi del DM 21/06/2004, H2, H3 o H4.

I criteri per la scelta della classe delle barriere, tra quelle consentite dalla norma, sono riassunte nella tabella seguente.

| Luce libera complessiva (m) | Insedimenti abitativi o industriali al margine / scavalcamenti su strade, ferrovie | Classe   |
|-----------------------------|--|--|
| ≤ 10                        | NO   | classe prevista per l'adiacente bordo laterale (H2 o H3) |
| ≤ 10                        | SI   | H3   |
| > 10 <sup>(1)</sup>         | NO   | min H3 <sup>(2)</sup>                                    |
| > 10 <sup>(1)</sup>         | SI   | H4   |

(1) Per quanto attiene al dimensionamento ed alle verifiche dello sbalzo sulle opere d'arte, si farà riferimento, in ogni caso, alla più gravosa tra le due protezioni previste;

(2) La scelta tra la classe H3 o H4 verrà effettuata sulla base delle seguenti considerazioni: livello di incidentalità, percentuale di mezzi pesanti, andamento planoaltimetrico del tracciato (rettifilo o curva, tratti a forte pendenza), altezza delle pile, vulnerabilità ambientale del fiume attraversato.

**Tabella 10-3 - Criteri di scelta per barriere da bordo opera d'arte – Autostrade - Classe di traffico III**

Per la protezione in corrispondenza dei muri di sostegno si sono previsti gli stessi criteri utilizzati per la protezione del bordo laterale, analogamente a quanto fatto per le opere di luce inferiore a 10 metri.

Per la protezione dei cavalcavia sarà da prevedersi sempre, indipendentemente dal rango della viabilità sovrappassante, l'impiego di barriere di classe H3, ritenendo prioritario il contenimento dei veicoli in relazione al rischio di caduta di questi in autostrada. Per il cavalcavia del nuovo Svincolo di Pistoia Est sarà infine prevista una protezione di classe H4, coerentemente a quanto previsto per le opere in linea in caso di passaggio su strade e ferrovie.

### 10.1.4 Barriere in corrispondenza delle viabilità interferite

Il progetto stradale comprende anche la sistemazione delle viabilità interferite limitatamente ai tratti in cui è necessaria la modifica dell'attuale assetto plano-altimetrico. Si tratta di viabilità, che corrono parallelamente all'autostrada, o costituite da assi viari di

attraversamento autostradale in cavalcavia e in sottovia, riconducibili a molteplici categorie: strade extraurbane secondarie (tipo C), strade urbane di quartiere (tipo E), strade locali in ambito urbano e extraurbano (tipo F) e strade a destinazione particolare. Tali viabilità sono in gran parte con velocità di progetto inferiore a 70 km/h (eccezion fatta per le viabilità in ambito extraurbano tipo C e F) e, pertanto, secondo quanto previsto dall'art. 2 del D.M.223/92 e come ribadito dalla recente Circolare Esplicativa del 21.07.2010 (doc. in rif. A9), ricadenti fuori dal campo di applicazione del suddetto decreto.

Anche per queste viabilità, laddove ritenuto opportuno si è comunque prevista l'installazione di dispositivi di ritenuta; per la definizione delle classi minime dei dispositivi si è fatto riferimento ai livelli di contenimento adeguati previsti per queste tipologie di strade dal D.M. 21.06.2004, indipendentemente dal tipo di traffico.

Per quel che riguarda invece il caso di viabilità sovrappassanti (in cavalcavia), il criterio di scelta delle zone da proteggere e dei relativi livelli di protezione è stato determinato, indipendentemente dal rango della strada, dall'opportunità di garantire un adeguato contenimento dei veicoli in relazione al rischio che questi possano finire in autostrada, è stato quindi di conseguenza previsto l'impiego di barriere con livello di contenimento di classe H3.

## 10.2 PAVIMENTAZIONI

Gli interventi sulle pavimentazioni, previsti lungo l'intero tratto, sia di nuova realizzazione sia di risanamento dell'esistente, sono stati studiati in modo da ottimizzare il processo produttivo, nella fattispecie gli input progettuali che sono stati presi in considerazione sono sostanzialmente i seguenti:

- Utilizzo all'interno degli strati della sovrastruttura di nuova realizzazione dei materiali fresati prodotti dalle demolizioni delle pavimentazioni esistenti (garantendo il rispetto delle norme tecniche e le stesse durabilità e prestazioni di pacchetti di pavimentazione realizzati con materiali provenienti da cava);
- Riduzione dei trasporti di materiale, introducendo processi di rigenerazione delle pavimentazioni in sito;
- Eventuale utilizzo del materiale fresato messo a disposizione da Aspi per la formazione dei nuovi strati in alternativa all'acquisto del materiale da cava.

Non essendo presente nelle vicinanze nessun deposito di materiale fresato, la scelta progettuale è stata quella di realizzare la pavimentazione :

- nel tratto di autostrada A11 da Firenze a Pistoia, con il materiale proveniente dalla fresatura del conglomerato bituminoso presente, secondo le percentuali in peso massime consentite dalle Norme Tecniche di Appalto;
- nelle strade locali e interferite, con materiale vergine proveniente da cava;
- nel tratto di autostrada A11 nel comune di Monsummano, utilizzando materiale fresato proveniente dalle fresature ovvero fornito direttamente da ASPi

### 10.2.1 Nuove pavimentazioni

L'ampliamento della piattaforma stradale alla terza corsia previsto in progetto, è di tipo prevalentemente simmetrico con brevi tratti in asimmetrico.

Nei tratti in ampliamento simmetrico, per le nuove corsie di marcia lenta (in seguito alla completa demolizione della sovrastruttura dell'attuale emergenza) e di emergenza, nonché nei tratti realizzati in ampliamento asimmetrico per la porzione di carreggiata da realizzarsi su nuovo corpo stradale, è previsto l'impiego di un pacchetto di spessore complessivo pari a 81cm con una sovrastruttura così composta:

- usura drenante in conglomerato bituminoso (CB) con bitumi modificati tipo Hard di 4 cm;
- binder in conglomerato bituminoso con bitumi modificati tipo Hard di 5 cm;
- base in conglomerato bituminoso con bitumi modificati tipo Hard di 22 cm;
- fondazione legata in misto cementato (MC) di 30 cm;
- fondazione non legata in misto granulare (MGNL) di 20 cm.

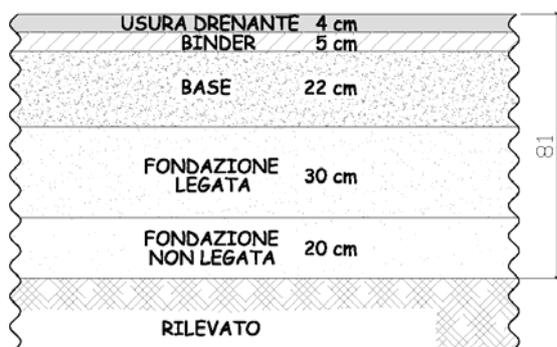


Figura 10-1 – Pacchetto nuova pavimentazione

La verifica strutturale della pavimentazione è stata eseguita con una procedura di tipo razionale utilizzando i criteri di progetto proposti dall'Asphalt Institute e ipotizzando per l'infrastruttura un periodo di progetto pari a 20 anni. La verifica è stata condotta facendo riferimento al tratto elementare maggiormente critico dal punto di vista dei carichi di traffico pesante a cui sarà soggetta la pavimentazione ovvero quello compreso tra l'allacciamento A1/A11 e lo svincolo di Prato Est dove è stata considerata una percentuale di veicoli pesanti transitanti sulla nuova corsia di marcia lenta pari al 70%. I volumi di traffico pesante bidirezionale transitanti nei tre scenari progettuali (breve termine al 2015, medio termine al 2025 e lungo termine al 2035) sono stati determinati dallo studio di traffico allegato al progetto. Il traffico pesante di progetto transitante è stato successivamente determinato attraverso la conversione in passaggi di assi equivalenti singoli da 80 kN; ai fini del calcolo strutturale, il numero di ripetizioni di carico di progetto è stato infine espresso in termini di assi equivalenti/mese.

Sulla base della verifica effettuata la sovrastruttura è risultata idonea in quanto la vita utile di calcolo è risultata superiore alla vita di progetto di 20 anni.

Nei tratti in curva sono inoltre previsti interventi di imbottitura che interesseranno lo strato di base in conglomerato bituminoso, allo scopo di adeguare la pendenza trasversale della piattaforma alle indicazioni da norma.

Per i tratti su impalcato è prevista la stesa dei soli strati di binder (per uno spessore di 5 cm) e usura drenante con l'interposizione tra la soletta e la pavimentazione di uno strato di impermeabilizzazione di spessore pari a 1 cm.

#### **10.2.2 Pacchetto di nuova pavimentazione tratto di Monsummano**

Per il solo tratto nel comune di Monsummano, è prevista l'adozione di un pacchetto che massimizzi il riutilizzo del materiale fresato. Tale pacchetto, di spessore complessivo pari a 97cm, è così composto:

- usura drenante in conglomerato bituminoso (CB) con bitumi modificati tipo Hard di 4 cm;
- binder in conglomerato bituminoso con bitumi modificati tipo Hard di 8 cm;
- base in conglomerato bituminoso riciclato a freddo di 30 cm;

- fondazione riciclata in sito con bitume schiumato e cemento di 35 cm;
- fondazione non legata in misto granulare (MGNL) di 20 cm.

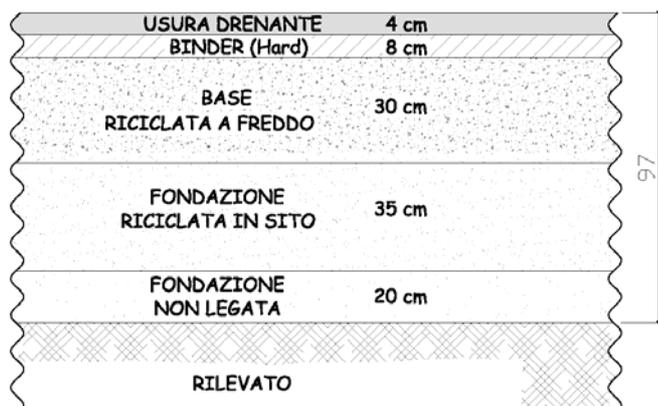


Figura 10-2 – Pacchetto nuova pavimentazione tratto Monsummano

Come è detto attualmente in progetto è previsto il riutilizzo del materiale fresato in cantiere, ma l'intervento potrebbe utilizzare anche materiale fresato proveniente dall'esterno e potrebbe anche essere esteso a tratti della Firenze – Pistoia.

La verifica strutturale della pavimentazione è stata eseguita con una procedura di tipo razionale utilizzando i criteri di progetto proposti dall'Asphalt Institute e ipotizzando per l'infrastruttura un periodo di progetto pari a 20 anni. Per la verifica è stata considerata una percentuale di veicoli pesanti transitanti sulla nuova corsia di marcia lenta pari al 70%. I volumi di traffico pesante bidirezionale transitanti nei tre scenari progettuali (breve termine al 2015, medio termine al 2025 e lungo termine al 2035) sono stati determinati dallo studio di traffico. Il traffico pesante di progetto transitante è stato successivamente determinato attraverso la conversione in passaggi di assi equivalenti singoli da 80 kN; ai fini del calcolo strutturale, il numero di ripetizioni di carico di progetto è stato infine espresso in termini di assi equivalenti/mese.

Sulla base della verifica effettuata la sovrastruttura è risultata idonea in quanto la vita utile di calcolo è risultata superiore alla vita di progetto di 20 anni.

### 10.2.3 Risanamento pavimentazioni esistenti

A seguito dei rilievi di stratigrafia eseguiti mediante una campagna di carotaggi, risulta che allo stato attuale è presente in opera una pavimentazione costituita da più strati in conglomerato bituminoso (a seguito di ricariche eseguite nelle diverse fasi di

manutenzione), per uno spessore complessivo pari a circa 40 cm, poggianti su una fondazione costituita da materiale sciolto (misto granulare non legato o misto cementato frantumato); localmente si evidenzia la presenza di uno strato di fondazione in misto cementato integro di spessore pari a circa 20 cm.

La verifica prestazionale della pavimentazione stradale attualmente in opera è stata definita a seguito di una campagna di indagini mediante prove ad alto rendimento (GPR e FWD) eseguita direttamente da Autostrade per l'Italia. Le prove sono state eseguite per determinare la composizione della sovrastruttura esistente (tipologia e spessore degli strati) e per caratterizzare, da un punto di vista meccanico, il sottofondo e gli strati di cui si compone la sovrastruttura. Tali prove, eseguite sull'attuale corsia di marcia lenta (nei tratti in ampliamento simmetrico) e sulle attuali corsie di marcia lenta e sorpasso (nei tratti in ampliamento asimmetrico lungo la carreggiata opposta rispetto all'intervento), hanno consentito di valutare la vita utile residua delle pavimentazioni in opera in relazione all'impiego di progetto e di definire di conseguenza i tratti in cui è opportuno valutare la realizzazione di un risanamento di tipo profondo.

Ai fini del calcolo della vita utile (intesa come il periodo di tempo in cui la sovrastruttura conserva le condizioni di funzionalità tali da garantire livelli di sicurezza, comfort ed economia del trasporto) è stato ipotizzato un periodo di progetto totale pari a 14 anni, con un utilizzo compreso nel periodo 2011-2015 nella configurazione attuale a cui si sommano 10 anni nella configurazione futura.

Per quanto riguarda i carichi di traffico pesante si è ipotizzata una suddivisione omogenea (50/50) tra le due direzioni di traffico. Nei tratti in ampliamento simmetrico è stata considerata una percentuale del traffico pesante transitante sulla corsia di marcia pari all'80% nello scenario tendenziale (trattandosi di una sezione a due corsie) e del 30% nello scenario progettuale (considerando la futura sezione con tre corsie); nei tratti in ampliamento asimmetrico è stata invece considerata una percentuale del traffico pesante transitante pari all'80% e al 20% rispettivamente sulla corsia di marcia e sorpasso (lungo la carreggiata opposta rispetto all'intervento) nello scenario tendenziale (trattandosi di una sezione a due corsie) e del 70% - 30% nello scenario progettuale (considerando la futura sezione con tre corsie).

L'intervento è previsto realizzato nelle due fasi 1bis e 2bis, precedute o contestuali all'intervento di scarifica e posa binder di cui al paragrafo 8.2.2.

A seguito dei risultati ottenuti dalla suddetta verifica è stata individuata la seguente tipologia di intervento di risanamento profondo e relativa locazione lungo lo sviluppo d'intervento:

- Fresatura degli strati bituminosi fino ad arrivare a – 38 cm rispetto alla quota di progetto finale
- Fondazione riciclata in situ con bitume schiumato e cemento per lo spessore di 25 cm
- Esecuzione base riciclata a freddo dello spessore di 30 cm, con impiego del materiale fresato
- Esecuzione binder 4 cm

A lavori ultimati nell'intera carreggiata, seguirà poi la stesa dell'usura drenante di 4 cm

Nella figura sottostante si è supposto che al momento dello scavo sia già avvenuta la fase di scarifica + binder di cui al paragrafo 8.2.2 e quindi il piano si trovi 4 cm al di sotto della quota di progetto.

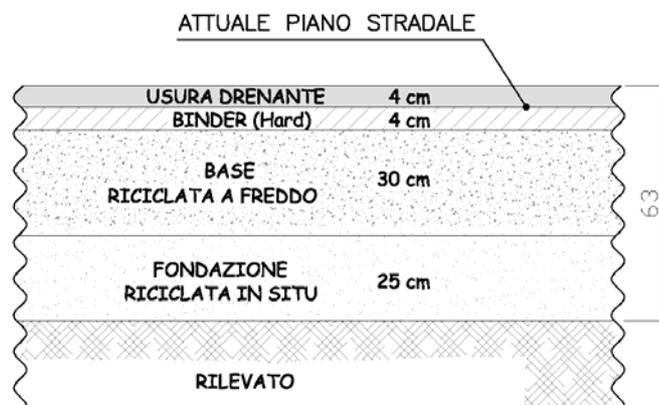


Figura 10-3 – Pacchetto risanamento marcia lenta

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
|  | Tratte con risanamento profondo RP |
|  | Nessun intervento                  |

| Carreggiata Ovest |       |              |              |                      |
|-------------------|-------|--------------|--------------|----------------------|
| Pk i              | Pk f  | Sviluppo [m] | Corsia       | Tipologia intervento |
| 0                 | 6900  | 6900         | Marcia lenta |                      |
| 6900              | 7250  | 350          | Marcia lenta |                      |
| 7250              | 9550  | 2300         | Marcia lenta |                      |
| 9550              | 11540 | 1990         | Marcia lenta |                      |
| 11540             | 12650 | 1110         | Marcia lenta |                      |
| 12650             | 14100 | 1450         | Marcia lenta |                      |
| 14100             | 15050 | 950          | Marcia lenta |                      |
| 15050             | 15480 | 430          | Marcia lenta |                      |
| 15480             | 16180 | 700          | Marcia lenta |                      |
| 16180             | 16850 | 670          | Marcia lenta |                      |
| 16850             | 19105 | 2255         | Marcia lenta |                      |
| 19105             | 25630 | 6525         | Marcia lenta |                      |
| 25630             | 26200 | 570          | Marcia lenta |                      |
| 26200             | 27400 | 1200         | Marcia lenta |                      |

| Carreggiata Est |       |              |              |                      |
|-----------------|-------|--------------|--------------|----------------------|
| Pk i            | Pk f  | Sviluppo [m] | Corsia       | Tipologia intervento |
| 600             | 3750  | 3150         | Marcia lenta |                      |
| 3750            | 3950  | 200          | Marcia lenta |                      |
| 3950            | 7350  | 3400         | Marcia lenta |                      |
| 7350            | 8250  | 900          | Marcia lenta |                      |
| 8250            | 9920  | 1670         | Marcia lenta |                      |
| 9920            | 11350 | 1430         | Marcia lenta |                      |
| 11350           | 12650 | 1300         | Marcia lenta |                      |
| 12650           | 13050 | 400          | Marcia lenta |                      |
| 13050           | 14650 | 1600         | Marcia lenta |                      |
| 14650           | 15320 | 670          | Marcia lenta |                      |
| 15320           | 16250 | 930          | Marcia lenta |                      |
| 16250           | 17345 | 1095         | Marcia lenta |                      |
| 17345           | 18060 | 715          | Marcia lenta |                      |
| 18060           | 25000 | 6940         | Marcia lenta |                      |
| 25000           | 25550 | 550          | Marcia lenta |                      |
| 25550           | 27400 | 1850         | Marcia lenta |                      |

| Carreggiata Ovest |      |              |          |                      |
|-------------------|------|--------------|----------|----------------------|
| Pk i              | Pk f | Sviluppo [m] | Corsia   | Tipologia intervento |
| 0                 | 600  | 600          | Sorpasso |                      |
|                   |      |              |          |                      |
| Pk i              | Pk f | Sviluppo [m] | Corsia   | Tipologia intervento |
| 8200              | 8980 | 780          | Sorpasso |                      |
| 8980              | 9185 | 205          | Sorpasso |                      |
| 9185              | 9600 | 415          | Sorpasso |                      |

**Tabella 10-4 – Tratte di applicazione del risanamento**

Per un maggiore dettaglio in merito ai criteri con cui sono state definite le suddette tipologie di intervento di risanamento profondo si rimanda all'elaborato specifico allegato al presente progetto.

### 10.3 BARRIERE ACUSTICHE

La valutazione dell'impatto acustico correlato all'esercizio dell'infrastruttura autostradale, 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 recettori presenti all'interno delle fasce di pertinenza acustica specifiche del tracciato autostradale, si è proceduto alla stima puntuale dei livelli sonori ed alla valutazione della propagazione sonora mediante specifico modello di simulazione.

Il progetto prevede quindi la realizzazione di una serie di interventi mediante l'utilizzo di barriere verticali in corrispondenza dei ricettori esposti, al fine di riportare i livelli acustici entro i limiti di soglia prescritti.

Nelle planimetrie di progetto sono quindi indicate le localizzazioni e le dimensioni delle mitigazioni acustiche previste. Nel seguito sono riportate le barriere acustiche previste:

| BARRIERA ACUSTICA | COMUNE               | Carreggiata | Chilometrica Autostrada |              | Caratteristiche intervento |            |
|-------------------|----------------------|-------------|-------------------------|--------------|----------------------------|------------|
|                   |                      |             | DA                      | A            | Lungh. [m]                 | Altez. [m] |
| FOA-B01           | Campi Bisenzio       | Ovest       | km 6+140,34             | km 6+296,34  | 156,00                     | 3,00       |
| FOA-B02           | Campi Bisenzio       | Ovest       | km 6+744,56             | km 6+933,56  | 189,00                     | 5,00       |
| FOA-B03A          | Campi Bisenzio       | Est         | km 6+937,21             | km 7+023,61  | 86,00                      | 5,00       |
| FOA-B03B          | Campi Bisenzio       | Est         | km 7+023,61             | km 7+093,21  | 69,00                      | 3,00       |
| FOA-B04           | Campi Bisenzio       | Est         | km 7+281,94             | km 7+416,94  | 135,00                     | 3,00       |
| FOA-B05           | Campi Bisenzio/Prato | Est         | km 8+374,56             | km 8+425,56  | 51,00                      | 3,00       |
| FOA-B06           | Prato                | Ovest       | km 8+395,18             | ---          | 177,00                     | 4,00       |
| FOA-B07           | Prato                | Ovest       | km 9+591,77             | km 9+741,70  | 150,00                     | 3,00       |
| FOA-B08           | Prato                | Ovest       | km 9+935,16             | km 10+210,80 | 277,07                     | 4,00       |
| FOA-B09           | Prato                | Est         | km 10+069,54            | km 10+207,54 | 138,00                     | 5,00       |
| FOA-B10           | Prato                | Est         | km 10+390,88            | km 10+558,88 | 168,00                     | 6,00       |
| FOA-B11           | Prato                | Ovest       | km 10+478,81            | km 10+709,81 | 231,00                     | 5,00       |
| FOA-B12           | Prato                | Est         | km 10+892,95            | km 11+051,95 | 159,00                     | 6,00       |
| FOA-B13           | Prato                | Ovest       | km 11+231,15            | km 11+360,80 | 129,00                     | 3,00       |
| FOA-B14           | Prato                | Ovest       | km 11+547,18            | km 12+217,37 | 672,20                     | 3,00       |
| FOA-B16           | Prato                | Est         | km 11+805,99            | km 12+217,12 | 414,00                     | 5,00       |
| FOA-B17           | Prato                | Ovest       | km 13+150,91            | km 13+274,71 | 124,80                     | 6,00       |
| FOA-B18           | Prato                | Ovest       | km 13+644,26            | km 13+943,41 | 300,00                     | 5,00       |
| FOA-B19           | Prato                | Est         | km 13+728,00            | km 13+944,00 | 216,00                     | 5,00       |
| FOA-B20           | Prato                | Ovest       | ---                     | ---          | 123,00                     | 5,00       |

| BARRIERA<br>ACUSTICA | COMUNE  | Carreggiata | Chilometrica Autostrada |              | Caratteristiche<br>intervento |            |
|----------------------|---------|-------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|------------|
|                      |         |             | DA                      | A            | Lungh. [m]                    | Altez. [m] |
| FOA-B21              | Prato   | Est         | km 14+461,02            | km 14+671,02 | 210,00                        | 3,00       |
| FOA-B22              | Prato   | Est         | km 14+462,85            | km 15+172,27 | 709,11                        | 3,00       |
| FOA-B23              | Prato   | Est         | km 15+468,62            | km 15+786,37 | 321,00                        | 3,00       |
| FOA-B24A             | Prato   | Ovest       | km 15+465,86            | km 15+668,53 | 201,00                        | 4,00       |
| FOA-B24B             | Prato   | Ovest       | km 15+668,53            | km 16+153,16 | 487,00                        | 3,00       |
| FOA-B25              | Prato   | Est         | km 16+163,54            | km 16+253,54 | 90,00                         | 3,00       |
| FOA-B26              | Prato   | Est         | km 16+368,70            | km 16+539,62 | 171,00                        | 4,00       |
| FOA-B27              | Prato   | Ovest       | km 16+398,41            | km 16+548,41 | 150,00                        | 4,00       |
| FOA-B28              | Prato   | Ovest       | km 16+952,49            | km 17+034,95 | 87,00                         | 5,00       |
| FOA-B29              | Prato   | Ovest       | km 17+587,82            | km 17+694,35 | 108,00                        | 3,00       |
| FOA-B30              | Agliana | Ovest       | km 18+545,00            | km 18+788,00 | 243,00                        | 3,00       |
| FOA-B31              | Agliana | Est         | km 18+615,70            | km 18+729,70 | 114,00                        | 4,00       |
| FOA-B32              | Agliana | Est         | km 18+856,94            | km 19+122,50 | 272,70                        | 3,00       |
| FOA-B33              | Agliana | Est         | km 19+377,90            | km 19+822,72 | 446,87                        | 5,00       |
| FOA-B34              | Agliana | Est         | km 20+272,04            | km 20+329,04 | 57,00                         | 6,00       |
| FOA-B36              | Pistoia | Ovest       | km 22+597,99            | km 22+909,62 | 313,10                        | 3,00       |
| FOA-B37              | Pistoia | Est         | km 22+900,29            | km 23+014,29 | 114,00                        | 6,00       |
| FOA-B38              | Pistoia | Est         | km 23+170,53            | km 23+284,53 | 114,00                        | 5,00       |
| FOA-B39              | Pistoia | Est         | km 23+638,70            | km 23+758,70 | 120,00                        | 4,00       |
| FOA-B40              | Pistoia | Est         | km 24+463,10            | km 24+562,10 | 99,00                         | 3,00       |
| FOA-B41              | Pistoia | Ovest       | km 24+979,22            | km 25+380,84 | 403,60                        | 3,00       |
| FOA-B42              | Pistoia | Est         | km 25+030,38            | km 25+246,38 | 216,00                        | 3,00       |
| FOA-B43              | Pistoia | Est         | km 25+030,38            | km 25+688,95 | 658,57                        | 5,00       |
| FOA-B44              | Pistoia | Ovest       | km 25+897,01            | km 26+095,01 | 198,00                        | 4,00       |
| FOA-B45              | Pistoia | Est         | km 26+581,99            | km 26+977,16 | 399,00                        | 3,00       |
| FOA-B46              | Pistoia | Ovest       | km 26+752,98            | km 26+956,96 | 204,00                        | 3,00       |
| FOA-B47              | Pistoia | Ovest       | km 23+350,84            | km 23+416,04 | 66,00                         | 3,00       |
| FOA-B48              | Pistoia | Ovest       | km 26+429,75            | km 26+654,75 | 225,00                        | 3,00       |
| FOA-B49              | Prato   | Est         | km 12+844,10            | km 12+972,89 | 129,00                        | 3,00       |
| FOA-B50              | Agliana | Ovest       | km 20+746,76            | km 20+995,76 | 249,00                        | 3,00       |
| FOA-B51              | Pistoia | Ovest       | km 24+438,48            | km 24+682,29 | 246,89                        | 3,00       |
| FOA-B80              | FIRENZE | Ovest       | km 0+971,63             | km 1+121,47  | 150,00                        | 3,00       |
| FOA-B90              | Pistoia | Ovest       | km 27+549,28            | km 27+942,66 | 396,00                        | 5,00       |

**Tabella 10-5 – Riepilogo mitigazioni acustiche**

L'obiettivo primario del contenimento delle emissioni acustiche deve essere accompagnato da valutazioni sul piano architettonico e dell'impatto ambientale (effetti visivi e percettivi dell'utente dell'infrastruttura e di chi ne sta al di fuori), in funzione dei contesti attraversati (urbani, extraurbani, punti di particolare pregio storico o

paesaggistico), in modo tale da conseguire risultati apprezzabili sulla qualità complessiva del sistema infrastrutturale e dell'ambiente.

In particolare la tipologia di barriera e lo schema cromatico che si prevede di utilizzare sono stati scelti in coerenza con gli interventi attualmente in corso da parte di Autostrade per l'Italia nell'ambito di altri interventi di potenziamento della rete e del Piano per il Contenimento e l'Abbattimento del rumore stradale lungo tutta la rete in concessione: le pannellature metalliche fonoassorbenti saranno di colorazione verde e presentano la parte sommitale in materiale trasparente (PMMA).

Per ogni altezza possibile prevista, verrà individuata la quota parte di PMMA, quindi di lastra trasparente collocata nella parte alta superiormente ai pannelli fonoassorbenti, con caratteristiche dimensionali compatibili con le dimensioni standard esistenti sul mercato e ottimali rispetto alle esigenze di inserimento ambientale (quando il fattore estetico / paesaggistico si rivela predominante, quando si è in prossimità di abitazioni) ed in funzione del livello di assorbimento acustico richiesto (in generale pari al 25%).

## 10.4 OPERE A VERDE

### 10.4.1 Premessa

Le opere a verde hanno l'obiettivo di inserire l'infrastruttura autostradale nell'ambiente attraversato, di riqualificare gli ambiti marginali interessati dai lavori e di recuperare, dal punto di vista ambientale, le aree utilizzate nella fase di cantierizzazione.

Le tipologie di sistemazione a verde hanno tenuto conto principalmente delle problematiche inerenti la visibilità paesaggistica dell'opera, l'impatto sulla componente vegetazionale e faunistica in termini di *habitat* sottratto e la morfologia del territorio.

L'analisi quindi di questi elementi ha permesso di individuare le aree maggiormente sensibili all'impatto dell'opera e di definire le idonee sistemazioni a verde in termini di specie floristiche impiegate e di localizzazione.

### 10.4.2 Riferimenti normativi per la progettazione delle opere a verde

I criteri per la progettazione degli interventi vegetazionali tengono conto in primo luogo dei vincoli normativi rappresentati principalmente dai testi ufficiali della Regione Toscana per gli aspetti inerenti la conservazione del patrimonio forestale, quali la LR 39/2000 "*Legge forestale della Toscana*" e s.m.i., la DPGR Toscana 48R/2003 "*Regolamento forestale della Toscana*, la Delibera N. 781 del 04/08/2003 "*Aggiornamento allegato A della LR 39/00 "Legge forestale della Toscana - Elenco degli alberi ed arbusti costituenti la vegetazione forestale della Toscana*, nonché i manuali e le linee guida APAT e le "*Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde*" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Oltre a tali riferimenti sono state considerate le norme relative alla distanza delle alberature dalla strada e dalle proprietà private indicate nel Nuovo Codice della Strada e nel relativo Regolamento di attuazione (DLgs 30/04/1992 e s.m.i.), e nel Codice Civile.

### 10.4.3 Descrizione degli interventi a verde previsti

Sulla scorta dei rilievi fitosociologici e fisionomici eseguiti e riportati nello studio di impatto ambientale e sulle caratteristiche stazionali presenti sono state quindi individuate le specie vegetali autoctone ed alcune di arredo, per la realizzazione di alberature di viali e parchi e sempre con necessità ecologiche ed agronomiche ottimali alle caratteristiche dell'area d'intervento.

Nello specifico, gli interventi previsti consistono in impianti arbustivi e/o arborei, che sono individuati nella seguente tabella.

| Codice intervento            | Direzione | Km iniziale | Km finale | Lunghezza (m) |
|------------------------------|-----------|-------------|-----------|---------------|
| CS001DFI                     | E         | 3+382       | 3+884     | 502           |
| CS001DPI                     | W         | 5+818       | 5+942     | 124           |
| CS002DFI                     | E         | 5+836       | 5+883     | 47            |
| CS002DPI                     | W         | 7+310       | 8+010     | 700           |
| CS003DPI                     | W         | 9+240       | 9+380     | 140           |
| CS003DFI                     | E         | 11+330      | 11+540    | 210           |
| CS004DFI                     | E         | 11+800      | 12+220    | 420           |
| CS005DFI                     | E         | 13+240      | 13+580    | 340           |
| CS006DFI                     | E         | 17+945      | 18+090    | 145           |
| CS007DFI                     | E         | 23+960      | 24+160    | 200           |
| Svincolo di Sesto Fiorentino | -         | 1+600       | 2+200     | 800           |
| Svincolo di Prato est        | -         | 8+580       | 8+700     | 120           |
| Svincolo di Prato ovest      | -         | 16+890      | 17+000    | 110           |
| Svincolo di Pistoia est      | -         | 21+900      | 22+150    | 250           |

Tabella 10-6 – Riepilogo interventi di sistemazione arbustiva

Gli interventi lineari consistono in impianti di specie arbustive in grado di inserire l'infrastruttura nel paesaggio, tenendo conto di alcuni elementi lineari previsti nel progetto, quali barriere acustiche e muri.

L'intervento di sistemazione a verde che si sviluppa nell'area compresa nello svincolo di Sesto Fiorentino prevede la sistemazione a verde con filari di arbusti di *Laurus nobilis* L. e *Crataegus monogyna* Jacq.

Nello svincolo di Prato Est l'intervento di sistemazione a verde prevede la sistemazione con filari monospecifici, o misti di arbusti. Gli arbusti da impiegare sono: *Laurus nobilis* L., *Philadelphus coronarius* L., *Cotoneaster lacteus* Sm. e *Crataegus monogyna* Jacq.

L'intervento previsto nello svincolo di Prato Ovest consiste nella sistemazione a verde con filari misti, le cui specie impiegate sono: *Laurus nobilis* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Carpinus betulus* L., *Malus sylvestris* Mill., *Pyrus pyraster* Burgsd., *Sorbus domestica* L.

L'intervento di sistemazione a verde nello svincolo di Pistoia Est prevede la sistemazione a verde con filari misti di arbusti ,o di alberi.

Le specie impiegate sono: *Tilia cordata* Mill., *Celtis australis* L., *Prunus avium* L., *Malus sylvestris* Mill., *Pyrus pyraster* Burgsd., *Carpinus betulus* L., *Sorbus domestica* L., *Sorbus torminalis* (L.) Crantz., *Quercus robur* L., *Quercus rubra* L. e *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Morus nigra* L.

Dal punto di vista faunistico, si evidenzia che nell'area in esame non risultano presenti popolazioni di ungulati, o mammiferi di grossa taglia. Di conseguenza, non sono previste recinzioni faunistiche anti-attraffamento per l'intervento in progetto.

Considerando poi le soluzioni progettuali scelte per le opere d'arte minori, in particolare, relativamente alle sezioni e alla densità delle opere in rapporto alle caratteristiche faunistiche dell'area e morfologiche del terreno, queste sono risultate sufficienti a permettere la permeabilità dell'infrastruttura nei confronti di eventuali movimenti della fauna minore, per cui non sono previsti ulteriori misure mitigative.

I tombini a sezione circolare, infatti, hanno un diametro minimo di 80 cm, capace di consentire l'eventuale passaggio dell'erpeto fauna, mentre i tombini scatoari presentano sezioni minime di 1 m.

Sono, inoltre, presenti attraversamenti a sezione molto ampia, quali ponti e viadotti, che permettono il passaggio anche alle specie più esigenti, in merito ai varchi, per spostarsi.

## 11 SVINCOLI ED AREE DI SERVIZIO

Nell'ambito dell'intervento, sono presenti i seguenti svincoli / aree di servizio esistenti:

- Sesto Fiorentino (tipologia a semi quadrifoglio in regime aperto – progr. km 1+895);
- Area di Servizio Peretola (progr. km 3+000).
- Interconnessione con l'Autostrada A1 Milano – Napoli e casello di Firenze Nord (schema di svincolo complesso – progr. km 4+930);
- Prato Est (tipologia a trombeta – progr. km 8+556);
- Prato Ovest (tipologia a trombeta – progr. km 16+850);
- Pistoia (tipologia a trombeta – progr. km 27+409),

Il progetto di ampliamento a tre corsie della A11 prevede l'adeguamento geometrico delle rampe e delle corsie specializzate di immissione e diversione per detti svincoli e per l'area di servizio esistenti, resosi necessario in relazione alla mutata larghezza della piattaforma autostradale, a standard progettuali più moderni, in grado di offrire migliori condizioni di deflusso e sicurezza.

Per quanto riguarda lo svincolo di Pistoia, in corrispondenza del quale termina l'intervento in oggetto, in questa fase è stato previsto l'adeguamento del solido stradale, per la porzione ricadente nell'ambito di intervento, a quella che sarà la configurazione definitiva che l'intersezione assumerà (compresa la demolizione del cavalcavia di svincolo) in seguito alla realizzazione della terza corsia anche nel tratto successivo (Pistoia – Montecatini). In prima fase è comunque previsto che la terza corsia in direzione Ovest termini sulla rampa di diversione e che quella in direzione Est prenda origine dalla corsia di immissione dello svincolo; le porzioni di piattaforma eccedenti alle necessità di prima fase verranno mantenute a verde o, se pavimentate, verranno opportunamente zebrate per evitarne un utilizzo scorretto.

Il progetto inoltre prevede la totale rivisitazione dello Svincolo urbano di Peretola a inizio lotto (progr. km 0+000), per la quale si rimanda alla specifica relazione STP2001, e la realizzazione del nuovo svincolo di Pistoia Est alla progr. circa 22+000.

Esso è ubicato ad est di Pistoia in località Badia a Pacciana, con innesto su nuovo collegamento tra via Fiorentina e via Nuova Pratese (VL019), a servizio dell'area industriale di S.Agostino, della zona vivaistica, dei centri minori della pianura e quale condizione per un alleggerimento dei traffici in ingresso nella città stessa.

Il progetto ha previsto l'ubicazione del nuovo svincolo recependo le indicazioni contenute nel PTCP, avendo verificato la compatibilità geometrica di questo con l'area individuata e la possibilità di collegamento con la viabilità esterna, che avverrà tramite una nuova intersezione a rotatoria.

### 11.1 CRITERI PROGETTUALI

La normativa utilizzata per l'adeguamento ed il dimensionamento delle intersezioni, richiamate al paragrafo precedente 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 e pertanto gli standard di progettazione descritti nel seguito riprendono i criteri di norma e sono stati applicati salvo evidenti motivazioni tecniche.

Le caratteristiche stradali delle rampe (sia su strade nuove che su strade esistenti) sono state definite a partire dagli intervalli di velocità di progetto indicati nella Tabella 11-1 del paragrafo 4.7.1 della norma e riportati per completezza nella tabella seguente:

| tipi di rampe | Intersezione Tipo 1, escluse B/B, D/D, B/D, D/B |         | Intersezione Tipo 2, e B/B, D/D, B/D, D/B               |         |
|---------------|---|---------|---|---------|
| Diretta       | 50-80 km/h                                      |         | 40-60 km/h  |         |
| Semidiretta   | 40-70 km/h                                      |         | 40-60 km/h  |         |
| Indiretta     | in uscita da A                                  | 40 km/h | in uscita dalla strada di livello gerarchico superiore  | 40 km/h |
|               | in entrata su A                                 | 30 km/h | in entrata sulla strada di livello gerarchico superiore | 30 km/h |

**Tabella 11-1 – Velocità di progetto per le varie tipologie di rampe**

Per le interconnessioni autostradali, nella progettazione si è fatto riferimento agli intervalli di velocità di progetto delle intersezioni di tipo 1; per tutte le altre intersezioni, tra cui gli svincoli autostradali ordinari, ci si è riferiti agli intervalli di velocità di progetto caratteristici di

intersezioni di tipo 2, ed in particolare per quest'ultimi, per tutte le rampe è stato utilizzato un intervallo di velocità di progetto pari a 40/60 km/h.

La progettazione delle intersezioni è stata condotta con particolare riferimento ai seguenti aspetti della progettazione stradale:

- geometria degli elementi modulari delle rampe;
- larghezza degli elementi modulari delle rampe e delle corsie specializzate (sezione tipo);
- dimensionamento delle corsie specializzate;
- distanze di visibilità per l'arresto.

### **11.2 GEOMETRIA DEGLI ELEMENTI MODULARI DELLE RAMPE**

Con riferimento alla geometria degli elementi modulari delle rampe, secondo quanto previsto esplicitamente nella norma in oggetto e facendo anche riferimento ai rimandi che questa fa al D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", la progettazione ha, negli ambiti in cui si è intervenuti a modificare le geometrie esistenti, garantito il rispetto dei parametri minimi dei seguenti elementi plano altimetrici :

- a) raggi minimi planimetrici;
- b) parametri minimi e massimi delle clotoidi;
- c) pendenze longitudinali massime;
- d) raggi altimetrici minimi (raccordi concavi e convessi);

### **11.3 SEZIONI TIPO DELLE RAMPE E DELLE CORSIE SPECIALIZZATE**

Per quanto riguarda le larghezze degli elementi modulari delle rampe di progetto di nuova realizzazione si rimanda alle sezioni tipo contenute nell'elaborato allegato alla presente relazione.

Tali sezioni tipologiche di progetto rappresentano la sintesi delle indicazioni contenute nella Tabella 9 del paragrafo 4.7.3 del D.M. 19/04/2006 che, relativamente al caso di strade extraurbane, fornisce le indicazioni riportate nella seguente tabella:

| Strade extraurbane                             |                           |                      |                                  |                                    |
|--|---------------------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| elemento modulare                              | Tipo di strada principale | Larghezza corsie (m) | Larghezza banchina in destra (m) | Larghezza banchina in sinistra (m) |
| Corsie specializzate di uscita e di immissione | A                         | 3.75                 | 2.50                             | -                                  |
|  | B                         | 3.75                 | 1.75                             | -                                  |
| Rampe monodirezionali                          | A                         | 1 corsia: 4.00       | 1.00                             | 1.00                               |
|  |                           | 2 corsie: 2 x 3.50   |                                  |                                    |
|  | B                         | 1 corsia: 4.00       | 1.00                             | 1.00                               |
|  |                           | 2 corsie: 2 x 3.50   |                                  |                                    |
| Rampe bidirezionali                            | A                         | 1 corsia: 3.50       | 1.00                             | -                                  |
|  | B                         | 1 corsia: 3.50       | 1.00                             | -                                  |

**Tabella 11-2 – Larghezze degli elementi modulari**

Rispetto a quanto riportato dalla tabella relativamente alle larghezze minime da impiegare per le rampe bidirezionali di nuova realizzazione (corsie da 3.50m) il progetto ha previsto in questo caso corsie da 3.75m (vedi elaborato allegato). Tale scelta progettuale scaturisce dalla necessità di limitare il più possibile la variazione di larghezza della corsia della rampa nel tratto di passaggio da monodirezionale con larghezza pari a 4.00m a bidirezionale.

Diversamente, nel caso di adeguamento di svincoli esistenti per i quali il progetto prevede il mantenimento delle rampe attuali (vedi Figura 11-1), la larghezza minima complessiva delle rampe monodirezionali esistenti è stata adeguata a 6,00m (caso "A"), con una corsia di marcia da 4.00m e banchine in destra e sinistra di larghezza pari a 1.00m. Nel caso di rampa esistente da 6.50m (caso "B") è stata mantenuta la stessa larghezza complessiva così ripartita: corsia di marcia da 4.00m, banchine in destra e sinistra rispettivamente da 1.50m e 1.00m.

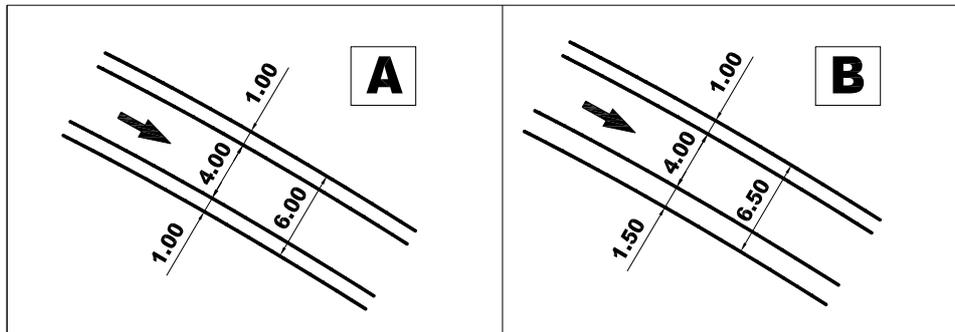


Figura 11-1 - Schema planimetrico adeguamento rampa di svincolo esistente

## 11.4 DIMENSIONAMENTO CORSIE DI DIVERSIONE E DI IMMISSIONE

### 11.4.1 Corsie specializzate di diversione

Nella progettazione si è fatto ricorso alla sola tipologia con configurazione parallela. In questo caso la norma individua due tratti per effettuare l'intera manovra:

- Tratto di manovra  $L_{m,u}$ , di lunghezza pari a 90 m per velocità di progetto del tratto di strada dal quale si dirama la corsia superiori ai 120 km/h;
- Tratto di decelerazione  $L_{d,u}$ , avente inizio a metà del tratto di manovra e fine all'inizio della rampa in uscita (coincidente con il punto di inizio della clotoide), da dimensionare con criteri cinematici.

### 11.4.2 Corsie specializzate di immissione

Le corsie specializzate di immissione, in accordo con quanto previsto dal DM 19.04.2006 sono state progettate tenendo conto dei seguenti elementi compositivi principali:

- Tratto di accelerazione  $L_{a,e}$  da dimensionare con criteri cinematici;
- Tratto di raccordo  $L_{v,e}$  di lunghezza pari a 75 metri per velocità di progetto, della strada su cui la corsia si immette, superiori a 80km/h;
- Zona di immissione, che corrisponde alla lunghezza complessiva del tratto di corsia specializzata in cui è ammessa la manovra di immissione (tratto con linea tratteggiata pari alla somma del tratto parallelo, a meno dei primi 30 metri, e del tratto di raccordo), da verificare con procedure basate su criteri funzionali.

Il progetto delle corsie di immissione ha previsto, la verifica funzionale dell'intera "zona di immissione" seguendo il metodo indicato dall'Highway Capacity Manual (HCM 2000). In particolare, la verifica ha accertato che la lunghezza della zona di immissione, come risultante dal predimensionamento geometrico-cinematico (e cioè pari alla lunghezza complessiva della porzione parallela del tratto di accelerazione, a meno dei primi 30 metri), fornisca un livello di servizio non inferiore a LOS B (come indicato al capitolo 5 del D.M. 19.04.2006) o comunque non inferiore al livello di servizio risultante sul tronco elementare a monte dell'immissione. Per la definizione dei livelli di traffico è stato preso a riferimento lo scenario progettuale di breve periodo dello studio di traffico allegato al presente progetto.

### 11.5 DISTANZE DI VISIBILITÀ PER L'ARRESTO

Secondo quanto indicato dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (DM 19/04/2006), deve essere verificata rispetto alla velocità di progetto l'esistenza, lungo le rampe, di visuali libere commisurate alla distanza di visibilità per l'arresto ai sensi del D.M. 05/11/2001 e ciò comporta che lungo il tracciato stradale della rampa la distanza di visuale libera deve essere confrontata con la distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto. Questo valore deve essere garantito lungo lo sviluppo dell'intero tracciato della rampa.

Il progetto ha verificato la sussistenza delle opportune distanze di visibilità altimetriche in corrispondenza dei raccordi convessi.

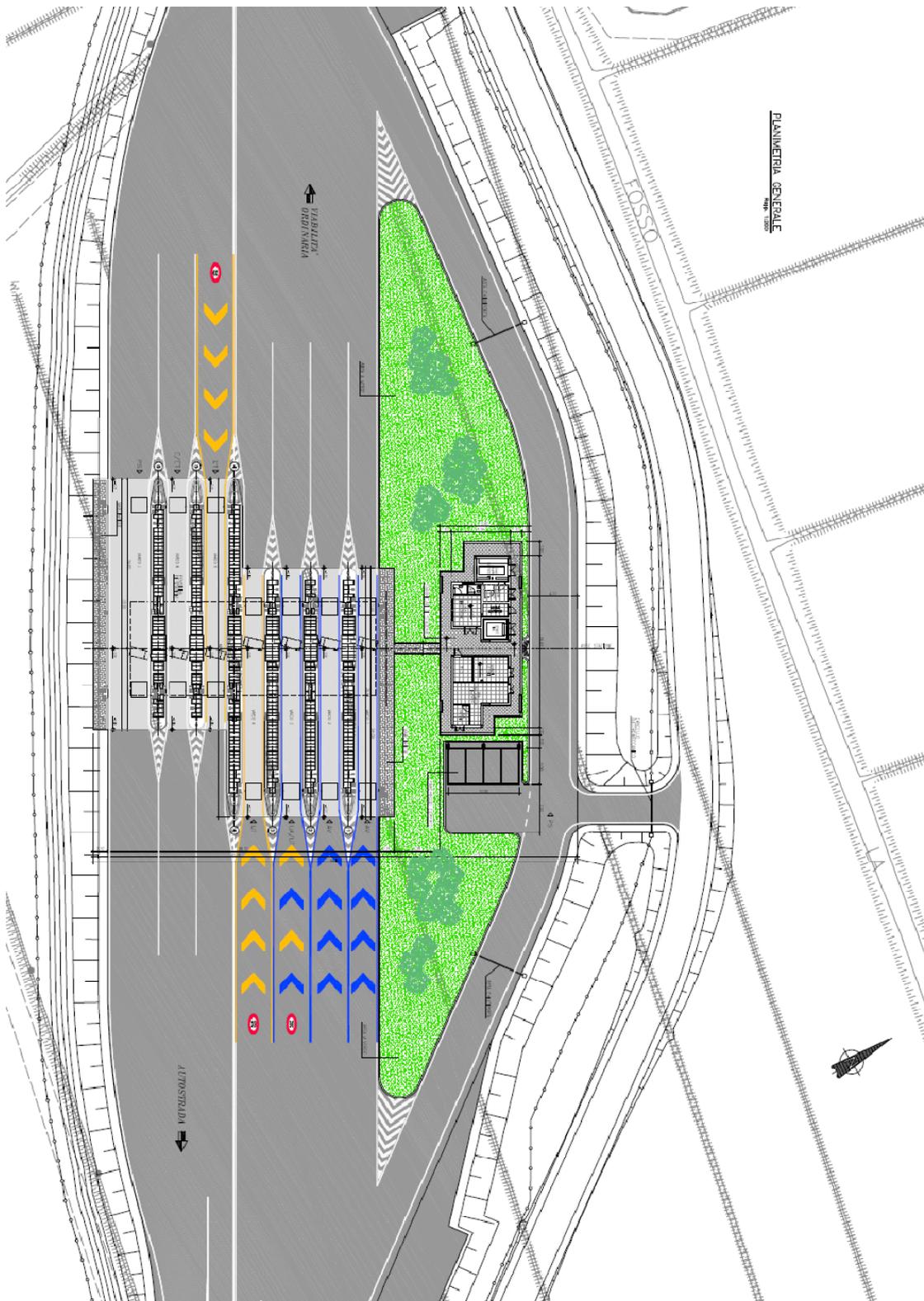
### 11.6 NUOVA AREA DI ESAZIONE DI PISTOIA EST

Il nuovo svincolo di Pistoia est (progr. Km 22+000) viene ad inserirsi, in posizione baricentrica, tra gli svincoli di Prato Ovest (progr. km 16+850) e di Pistoia (progr. km 27+409). L'area d'esazione prevede otto piste, tre per i flussi in ingresso e cinque per quelli in uscita.

Si propone una configurazione del nuovo casello di Pistoia Est a "totale automazione" (solo Telepass e Carte).

Lo schema di esazione (si veda la figura 11-2) è il seguente:

PS, E/ET, E/ET, UT, UA/UT, UA, UA, [fabbricato stazione]; PS = 6 porte attrezzate +2 PS.



**Figura 11-2 - Schema area d'esazione di Pistoia est**

La verifica del dimensionamento della nuova stazione di Pistoia ha preso come dati di riferimento i flussi al 2015, conformemente a quanto considerato per la progettazione definitiva dell'ampliamento alla terza corsia dell'autostrada A11 Firenze – Pistoia.

I flussi interessanti la stazione di Pistoia Est, ricavati dallo Studio di Traffico relativo alla Firenze - Pistoia, sono relativi all'ora di punta del giorno feriale medio dell'anno 2015 in entrata ed in uscita. La verifica della stazione è riferita al flusso totale dato dalla sommatoria dei veicoli leggeri e dei pesanti. Tali flussi sono riportati nella seguente Tabella 11-3.

|             |         | Veic/odp |     | Tot Veic/odp |
|-------------|---------|----------|-----|--------------|
|             |         |          |     |              |
| PISTOIA EST | USCITA  | Leggeri  | 640 | 771          |
|             |         | Pesanti  | 131 |              |
|             | ENTRATA | Leggeri  | 429 | 551          |
|             |         | Pesanti  | 122 |              |

**Tabella 11-3 – Stima flussi 2015**

La ripartizione percentuale degli utenti che utilizzano le diverse modalità di pagamento (Telepass e FastPay), i cui risultati sono stati riportati in Tabella 11-5, è stata ricavata dall'analisi dei transiti dell'ora di punta sui caselli limitrofi di Pistoia e Prato Ovest (Tabella 11-4).

|         |         |          |        |
|---------|---------|----------|--------|
| PISTOIA | ENTRATA | TLP      | 68,28% |
|         |         | AUT      | 31,72% |
|         | USCITA  | TLP      | 63,73% |
|         |         | Fast Pay | 11,94% |
|         |         | MAN      | 24,33% |

|             |         |          |        |
|-------------|---------|----------|--------|
| PRATO OVEST | ENTRATA | TLP      | 71,36% |
|             |         | AUT      | 28,64% |
|             | USCITA  | TLP      | 69,00% |
|             |         | Fast Pay | 15,65% |
|             |         | MAN      | 15,35% |

**Tabella 11-4 Tipologia pagamento stazioni di Pistoia e Prato Ovest**

I dati delle due stazioni limitrofe sono poi stati mediati per ottenere un dato unico di ripartizione percentuale per la modalità di pagamento per la nuova stazione di Pistoia Est (Tabella 11-5). Tale stazione è stata configurata come stazione a totale automazione, nella quale i tipi di varchi ammessi sono solamente Telepass e FastPay.

| Pistoia Est OdP |         |          |
|-----------------|---------|----------|
| % utilizzo      | FastPay | Telepass |
| uscita          | 17,05%  | 82,95%   |
| entrata         | 30,18%  | 69,82%   |

**Tabella 11-5 Stima tipologia pagamento Pistoia Est**

Le ipotesi capacitive di smaltimento dei flussi a seconda delle tipologie di pagamento sono le seguenti:

- telepass 1800 Veic/h;
- automatiche entrata 520 Veic/h;
- automatiche uscita 170 Veic/h;
- manuali uscita 180 Veic/h.

Applicando le ipotesi precedenti si ottiene il seguente dimensionamento.

|                    | Veic/odp |         | Tot Veic/odp | Varchi | % ripartizione | Veic porta | Capacità 1 porta | N porte |
|--------------------|----------|---------|--------------|--------|----------------|------------|------------------|---------|
|                    |          |         |              |        |                |            |                  |         |
| <b>PISTOIA EST</b> | USCITA   | Leggeri | 640          | 771    | TLP            | 640        | 1800             | 0,4     |
|                    |          | Pesanti | 131          |        | Fast Pay       | 131        | 170              | 0,8     |
|                    | ENTRATA  | Leggeri | 429          | 551    | TLP            | 385        | 1800             | 0,2     |
|                    |          | Pesanti | 122          |        | AUT            | 166        | 520              | 0,3     |

**Tabella 11-6 Stima flussi 2015**

Si può quindi assumere come consona ai flussi la verifica del dimensionamento progettuale che prevede 4 porte in uscita e 2 in entrata: **6 piste** a cui si sommano i due varchi per i Trasporti Eccezionali. Da cui il seguente schema di verifica del dimensionamento per l'ora di punta (Figura 11-3).

|                    |                |           |   |   |
|--------------------|----------------|-----------|---|---|
| <b>PISTOIA EST</b> | <b>USCITA</b>  | T.E.      | PS  |  |
|                    |                |           |   |   |
|                    |                | AUT       | UA  |  |
|                    |                | AUT       | UA  |  |
|                    |                | AUT+TLP   | UA/UT   |  |
|                    | TLP            | UT        |  |   |
|                    | <b>ENTRATA</b> | AUT + TLP | E/ET  |  |
|                    |                | AUT + TLP | E/ET  |  |
|                    |                | T.E.      | PS  |  |

**Figura 11-3 Layout Stazione Pistoia Est**

Il layout progettuale della stazione di Pistoia Est ad **8 porte (6 + 2)** appare funzionalmente sufficiente rispetto alla domanda di traffico stimata ed inoltre garantisce la flessibilità di

configurazione necessaria ad assorbire i picchi di domanda e la ridondanza di apparati telepass necessaria in caso di guasti.

### 11.7 NUOVO SVINCOLO TERMINALE URBANO DI PERETOLA

Come si è già accennato, il progetto dello svincolo urbano è stato sviluppato e si presenta come “a sé stante”, e la relativa documentazione progettuale costituisce un pacchetto di per sé completo, compresa la Relazione Generale (documento STP2001) a cui si rimanda.

Obiettivo dello svincolo è di interconnettere in modo fluido e senza interferenze i principali flussi di traffico confluenti nel nodo, assorbendo traffici primari che oggi impropriamente percorrono viabilità secondarie, o addirittura locali, aumentando, nel contempo, la capacità di ricevere e smistare in particolare i flussi maggiori da/per l'Autostrada A11 e da/per Viadotto dell'Indiano verso il centro di Firenze.

In tal senso si è proceduto alla realizzazione di nuovi assi viari e alla razionalizzazione dei percorsi esistenti cercando, trattandosi di una zona fortemente urbanizzata, di limitare al massimo il consumo di territorio utilizzando, ove possibile, porzioni di viabilità esistenti, sia pure con gli adeguamenti necessari.

I tracciati plano-altimetrici risultano necessariamente vincolati da tale impostazione progettuale, nonché dalle numerose infrastrutture presenti e dai sottoservizi (soprattutto la rete fognaria).

In particolare la presenza dell'aeroporto “Amerigo Vespucci”, situato a Nord dell'autostrada A11, del viadotto ferroviario della linea Firenze-Pisa, che taglia l'area di Peretola da Est a Ovest, e dell'incompiuto viadotto dell'Indiano hanno rappresentato dei vincoli plano-altimetrici imprescindibili.

L'intervento consiste nell'adeguamento e potenziamento dell'esistente intersezione di Peretola ed è stato sviluppato prendendo a riferimento il DM del 19/04/2006 “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*” come previsto dall'articolo 2 comma 3 del decreto medesimo.

Data la singolarità dell'intervento, dettata dalla presenza di 18 assi di svincolo, alcuni dei quali già in parte esistenti, e considerato che questo si realizza in ambito urbano, le sezioni tipo sono state omogeneizzate assimilando gli assi di svincolo a sezioni tipo E e D da DM 5/11/2001.

In considerazione di quanto sopra esposto, l'intersezione è stata sviluppata per un intervallo di velocità compreso tra 40 e 60 km/h, anche in relazione al fatto che essendo in ambito urbano è vigente un limite di 50 km/h.

Per quanto riguarda le opere d'arte principali figurano il viadotto Palagio e i due viadotti dell'Indiano, tutti realizzati in acciaio, e tre sottovia in cemento armato.

Particolare cura è stata rivolta al progetto del sistema di smaltimento delle acque meteoriche dovendo questo integrarsi con la rete fognaria esistente; in particolare si sono previste delle vasche di laminazione allo scopo di regolare la portata d'acqua proveniente dalla nuova piattaforma stradale prima che essa venga riversata interamente nelle fognature o nei canali esistenti.

Anche l'aspetto della fasizzazione dei lavori è stato accuratamente valutato al fine di ridurre al minimo il disagio per l'utente prevedendo il mantenimento di tutti i flussi di traffico sia locali che primari.

Nell'ambito della progettazione definitiva sono stati inoltre trattati gli aspetti legati alla segnaletica, alle barriere di sicurezza e antirumore, alla sistemazione a verde, e all'impianto di illuminazione.

Per la sua specificità e complessità si è ritenuto di tenere separato l'intervento dello svincolo che è maggiormente descritto nella apposita relazione STP2001, cui si riamanda per ogni approfondimento.

## **12 VIABILITA' INTERFERITE**

### **12.1 STRADE ATTRAVERSANTI L'AUTOSTRADA**

Il progetto di ampliamento alla terza corsia prevede il ripristino funzionale delle viabilità interferite, generalmente suddivisibili in due categorie principali:

- strade che attraversano l'autostrada in cavalcavia o in sottovia;
- strade che corrono parallelamente all'asse autostradale ad una distanza tale da essere coinvolte dall'intervento di ampliamento alla terza corsia.

Le prime riguardano gli assi viari di attraversamento autostradale. Gli attraversamenti trasversali dell'autostrada sono serviti da infrastrutture (cavalcavia e sottovia); pertanto, il ripristino funzionale di tali relazioni è subordinato all'adeguamento delle strutture suddette. Per le opere di attraversamento in cavalcavia, la cui struttura a tre campate e lunghezza pari a 45.00 metri (27+9+9), non è adeguata all'allargamento autostradale, si è prevista la demolizione e la ricostruzione; l'adeguamento degli attraversamenti in sottovia sarà invece realizzato di norma tramite prolungamento, ad eccezione e di quelle opere per le quali si è resa necessaria la demolizione dell'impalcato esistente e/o di alcune sottostrutture per la presenza di impalcati di luce differente per le due carreggiate (affiancamento della struttura anni '30 e della struttura anni '60) e per l'eccessiva complessità delle lavorazioni diversamente necessarie dovute alla sovrapposizione dei vari interventi subiti.

Le seconde sono generalmente ripristini di viabilità che corrono parallelamente all'autostrada e che è necessario spostare al di fuori della futura recinzione autostradale a seguito dell'ampliamento alla 3° corsia.

Le fasi di esecuzione delle lavorazioni dovranno essere individuate nel rispetto dell'obiettivo di permettere la realizzazione della 3° corsia senza interruzione di traffico, minimizzando il disturbo al traffico locale, e, ove ciò non fosse possibile, individuando percorsi provvisori alternativi, o prevedendo tratti di viabilità provvisoria funzionali alla realizzazione dell'opera.

In tabella 12-1 si elencano i cavalcavia presenti lungo la tratta in oggetto, con indicazione delle principali caratteristiche sia dell'opera esistente sia dell'opera nuova e della categoria stradale di riferimento, individuata a partire dalle caratteristiche delle viabilità esistenti o su esplicita indicazione degli Enti interessati (caso del comune di Prato).

| OPERA ESISTENTE |                                    |                           |                           |
|-----------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| PK.             | DESCRIZIONE                        | STATO                     | CATEGORIA STRADALE        |
| 1+175           | L=4,50 via dei Giunchi             | da demolire e ricostruire | Dest. particolare         |
| 3+338           | via Vicinale Pantano L=4.50 m      | da demolire e ricostruire | Dest. particolare         |
| 4+605           | svincolo Firenze Nord              | parzialmente predisposto  | -                         |
| 4+929           | autostrada A1                      | parzialmente predisposto  | -                         |
| 5+002           | interconnessione A1-A11 L=7,50     | predisposto               | -                         |
| 5+248           | via Salvador Allende               | parzialmente predisposto  | -                         |
| 6+681           | L=7,50 via S.Quirico (SP8)         | da demolire e ricostruire | Categoria C1              |
| 9+895           | via Enrico Berlinguer              | predisposto               | -                         |
| 10+225          | L=7,50 via delle Fonti             | da demolire e ricostruire | Categoria E               |
| 10+884          | L=4,50 via del Lazzaretto          | da demolire e ricostruire | Categoria F locale urbana |
| 12+960          | L=4,50 via del Molinuzzo           | Demolizione               | -                         |
| 13+151          | L=7,50 via dei Fossi               | da demolire e ricostruire | Categoria E               |
| 13+920          | L=7,50 via delle Pollative         | Demolizione               | -                         |
| 13+974          | L=7,50 viale XVI Aprile            | predisposto               | -                         |
| 16+267          | L=4,50 Via Traversa le Caserane    | da demolire e ricostruire | Dest. particolare         |
| 16+611          | L=7,50 Via dei Trebbi              | da demolire e ricostruire | Categoria E               |
| 16+830          | svincolo Prato Ovest               | predisposto               | -                         |
| 19+360          | L=7,50 Via Selva                   | da demolire e ricostruire | Categoria F2              |
| 20+266          | L=4,50 Via Giacomo Matteotti       | da demolire e ricostruire | Dest. particolare         |
| 21+510          | L=4,50 Via Mosino                  | da demolire e ricostruire | Dest. particolare         |
| 21+945          | nuovo svincolo di Pistoia Est      | nuovo                     | Rampa bidirezionale       |
| 22+327          | coll. via Fiorentina - via Pratese | nuovo                     | Categoria F2              |
| 22+589          | L=7,50 Via Croce di Badia          | da demolire               | -                         |
| 23+340          | L=4,50 mt Via Romito e Serpe       | da demolire e ricostruire | Dest. particolare         |
| 24+682          | L=7,50 Via Capanne di Canapale     | da demolire e ricostruire | Categoria F2              |

**Tabella 12-1 – elenco strade scavalcanti l'autostrade**

Per quanto concerne le fasi di realizzazione, in linea generale si è previsto l'adeguamento in sede, andando ad individuare un percorso alternativo durante la chiusura della viabilità per l'adeguamento dell'opera.

Uniche eccezioni sono rappresentate dai cavalcavia di svincolo e dai casi di strade caratterizzate da significativi flussi veicolari e/o da situazioni in cui non è stato possibile individuare adeguati percorsi alternativi. In particolare è stata previsto l'adeguamento fuori sede per i seguenti cavalcavia:

- Via dei Giunchi (assenza di percorsi alternativi).
- Strada Provinciale SP8 (percorsi alternativi poco funzionali in relazione al rango della strada);
- Via Selva (assenza di percorsi alternativi e volumi di traffico elevati);

Per questi ultimi si è prevista la realizzazione in affiancamento della nuova infrastruttura (cavalcavia e rampe), il successivo collegamento della viabilità esistente con il nuovo attraversamento autostradale ed la demolizione del cavalcavia e delle rampe esistenti.

Per una trattazione approfondita delle principali viabilità interessate dall'ampliamento autostradale si rimanda alla relazione specifica (STD3000) ed agli elaborati grafici allegati al presente progetto.

## 12.2 STRADE PARALLELE ALL'AUTOSTRADA

Tra le strade che corrono parallelamente all'asse autostradale ad una distanza tale da essere coinvolte dall'intervento di ampliamento alla terza corsia, si segnala per estesa dell'intervento e per dimensioni della sezione tipo esistente Via del Casello che collega la SR66 – Pistoiese a via Bonellina.

La strada di progetto è stata riposizionata parallelamente all'autostrada all'esterno della nuova recinzione autostradale. La vicinanza del fosso Brusigliano ha comportato la deviazione dello stesso per due tratti di lunghezza rispettivamente pari a 255m e 205m di lunghezza.

La sezione tipo adottata in progetto è una F2 extraurbana ( $40\text{km/h} < V_p < 100\text{km/h}$ ), con dimensione delle corsie pari a 3.25 m e banchine laterali di 1.00m per una larghezza di pavimentato pari a 8.50m.

Il progetto ha previsto il rifacimento di una serie di accessi laterali ad aziende vivaistiche, le due intersezioni su via Bonellina e sulla SR66 sono state mantenute come da stato attuale (non interferendo il progetto autostradale con le medesime). Il nuovo tracciato prevede la demolizione della vecchia casa cantoniera.

Al termine dei lavori la stessa verrà ceduta in carico al Comune di Pistoia.

### **13 CANTIERIZZAZIONE**

Il presente capitolo descrive le opere di cantierizzazione, le aree di cantiere e la viabilità di servizio, oltre alle modalità esecutive di ampliamento del corpo autostradale compatibilmente con il traffico autostradale.

#### **13.1 AREE DI CANTIERE**

Lungo il tracciato sono state individuate delle aree di cantiere.

Esse sono, partendo da Firenze:

- I cantieri CO01 e CO02 alla prog. 3+340 (comune di Sesto Fiorentino)
- Il cantiere CB01 alla prog. 17+150 (comune di Prato)
- Il cantiere CO03 alla progr. 22+200 (comune di Pistoia)
- Il cantiere CO04 alla prog. 37+950 (comune di Pieve a Nievole)

La loro descrizione, così come gli apprestamenti previsti sono riportati nella apposita relazione della aree di cantiere CAP0010.

Ad essi occorre poi aggiungere le “aree di supporto” nell’area dello svincolo di Peretola, che non sono pensate attrezzate al momento con apprestamenti definitivi, ma potranno servire oltre che per creare gli spazi necessari ai lavori, anche per implementare le aree di cantiere, ove ritenuto necessario da parte dell’Impresa. Per esse si rimanda al progetto dello svincolo.

La morfologia dell’area risulta pressoché pianeggiante per cui, risulta sufficiente effettuare modesti movimenti di terra, minimizzando i volumi di riporto/sterro. Il materiale di risulta derivante dallo scotico superficiale dei primi 50 cm, inadatti alla costruzione del rilevato poiché adibiti a coltura agricola. Di questi i 20 cm più superficiali e ricchi biologicamente verranno collocato in dune perimetrali di altezza massima pari a 2 metri a protezione di ogni porzione di cantiere, il resto in mucchi di altezze anche superiori ai 2 metri da allocarsi dentro all’area di cantiere. Tale materiale depositato temporaneamente verrà poi riutilizzato per la rinaturalizzazione del sito a fine lavori, dopo aver rimosso la pavimentazione e il materiale arido, posando prima il materiale in mucchi e poi, più in superficie, quello nelle dune.

Nelle aree dove è prevista la pavimentazione questa verrà effettuata, dopo aver raggiunto la quota di sotto cassonetto con materiale da rilevato, mediante pacchetto stradale realizzato con 30 cm di materiale arido stabilizzato e 6 cm di binder bituminoso.

Nel seguito si darà una breve descrizione delle varie aree.

### 13.1.1 Cantiere CB01

Il cantiere principale CB01 è situato in corrispondenza dello svincolo e barriera di esazione di “Prato Ovest”, e direttamente accessibile dalla S.P.4 “Strada Provinciale Autostrada Declassata – Viale Leonardo da Vinci” e contiene:

- Campo Base
- Cantiere Operativo
- Area di Caratterizzazione Terre
- Impianto di Produzione Asfalti
- Impianto di Produzione Calcestruzzi

Considerata la morfologia dell'area, si è optato per la realizzazione di una vasta area di cantiere suddivisa in 5 sub-aree distinte, collegate tra di loro attraverso una viabilità interna al cantiere. Da quest'ultima è possibile accedere, tramite cancelli, a ciascuna sottoarea. Per consentire facilità di manovra dei mezzi in ingresso/uscita dall'area di cantiere, si è ritenuto opportuno prevedere un doppio accesso, uno direttamente dall'autostrada con un varco, e uno dalla viabilità pubblica (S.P.4).

### 13.1.2 Aree di cantiere CO01 E CO02

I due cantieri possono essere considerati un unico cantiere. La doppia numerazione è giustificata solo dal fatto che le due aree sono adiacenti ma separate da una strada locale (via di Pantano) e quindi con due ingressi separati.

Sono previsti nell'area:

- Cantiere Operativo
- Area di Caratterizzazione Terre

Il cantiere risulta direttamente accessibile dal via del Pantano e, attraverso una viabilità provvisoria di cantiere, dall'autostrada A11, in corrispondenza dell'area di servizio “Peretola Sud”.

Considerata la geometria dell'area ed i vincoli preesistenti, tra i quali anche sottoservizi e linee elettriche aree, si è optato per una suddivisione dell'area di cantiere in due piazzali, ubicati su ambo i lati del nuovo cavalcavia autostradale: ad est verrà realizzato il cantiere

operativo, ad ovest l'area di caratterizzazione terre. Per consentire facilità di manovra dei mezzi in ingresso/uscita dall'area di cantiere, si è ritenuto opportuno prevedere un sistema di due accessi alle aree di cantiere, in corrispondenza dell'area di servizio esistente "Peretola Sud" e direttamente dalla viabilità pubblica, su via del Pantano.

Il cantiere è asservito anche dalle due viabilità di servizio VS01 e VS02, ai cui paragrafi descrittivi si rimanda.

### **13.1.3 Area di cantiere CO03**

Si prevede di installare un cantiere operativo alla progressiva km 22+200 in adiacenza alla carreggiata nord dell'autostrada A11, nel Comune di Pistoia, sfruttando la geometria del futuro svincolo "Pistoia Est". Il cantiere operativo risulta accessibile dall'autostrada attraverso un sistema di due viabilità di servizio, (VS03 e VS04, si veda il relativo paragrafo).

Sono previsti nell'area:

- Cantiere Operativo
- Area di Caratterizzazione Terre

### **13.1.4 Area di cantiere CO04**

Completa le aree di cantiere a servizio del Lotto in oggetto, un cantiere operativo alla progressiva km 37+950 in adiacenza alla carreggiata nord dell'autostrada A11, nel Comune di Pieve a Nievole, sfruttando un'area interclusa tra il corpo stradale dell'autostrada e la viabilità locale. Il cantiere operativo risulta direttamente accessibile dalla S.R.4360 "Strada Regionale Francesca" tramite via Fonda e sarà funzionale alla esecuzione dei lavori nel comune di Monsummano.

Sono previsti nell'area:

- Cantiere Operativo
- Area di Caratterizzazione Terre

Per consentire facilità di manovra dei mezzi in ingresso/uscita dall'area di cantiere, si è ritenuto opportuno prevedere un doppio accesso, uno diretto dall'autostrada e uno dalla viabilità pubblica, su via Fonda, che sfrutta il vicino svincolo di Montecatini.

### 13.2 VIABILITA' DI CANTIERE

Con viabilità di servizio si intende una strada che collega due aree di cantiere ovvero un'area di cantiere con una strada locale o l'autostrada, attraversando aree esterne alle area di cantiere. Tali viabilità sono generalmente di uso promiscuo (tranne i tratti in cui si entra o esce dall'autostrada) e verranno realizzate a partire da un progetto esecutivo altrettanto dettagliato rispetto a quello dei lavori autostradali.

Il sistema della viabilità di servizio è poi integrato dalle piste di cantiere, che invece sono interne alle aree di cantiere (e sono in principale modo le piste ai due lati del rilevato, ma anche le piste per le pile dei ponti, ecc.). La definizione esatta di tali piste nei limiti dettati dalle aree di occupazione, sarà competenza dell'Impresa esecutrice. Le eventuali opere d'arte minori relative alle piste di servizio, così come i guadi sui fossi esistenti, dovranno essere progettate dall'Impresa, sulla base dei tracciati definitivi.

Infine il reticolo dei percorsi dei mezzi di cantiere è completato dalle viabilità locali.

Vista la particolare caratteristica della zona in cui sorgerà la nuova carreggiata sud, per la maggior parte situata in aree pianeggianti e abitate, il traffico di cantiere nel caso in esame sfrutterà generalmente la viabilità locale esistente, oltre ovviamente alla pista di cantiere che corre al piede del rilevato futuro parallela all'autostrada.

La serie di elaborati da CAP0201 a CAP0208 – Planimetrie di ubicazione dei cantieri e delle viabilità di cantiere - illustra il reticolo della viabilità che in qualche modo si ritiene necessario per lo svolgimento dei lavori. Nel documento STP003 di gestione delle terre e rocce da scavo, si è anche valutato il traffico medio del traffico di cantiere nel punto in cui esso è maggiore (svincolo Prato ovest).

In particolare negli elaborati citati sono rappresentati, relativamente alla viabilità:

- la viabilità locale utilizzata durante i lavori
- la viabilità esistente da adeguare ai nuovi volumi di traffico
- le viabilità di servizio eseguite ex-novo (vedi paragrafi seguenti)
- le piste di cantiere all'interno delle aree di lavoro
- le piste provvisorie ai piedi del rilevato

Solo in corrispondenza dei cantieri per gestire l'ingresso e l'uscita da essi, soprattutto in relazione al capitolo di gestione delle terre, che costituisce la maggioranza del traffico di cantiere, si è ritenuto necessario prevedere delle nuove viabilità dedicate al cantiere.

Ci si riferisce in particolare ai cantieri CO01 e CO02 (di fatto un unico cantiere separato in due) e al cantiere CO03.

La pendenza longitudinale massima prevista è circa del 10%. Il pacchetto di pavimentazione è previsto di spessore pari a 39 cm, e così composto: strato di sottofondazione in misto granulare stabilizzato (spessore 20 cm), strato di base in conglomerato bituminoso (spessore 10 cm), strato di binder (spessore 5 cm), strato di usura (spessore 4 cm – realizzato a fine lavori per le strade che non vengono smantellate). Nel seguito si descrivono le suddette viabilità.

### 13.2.1 Viabilità di servizio VS01 e VS02

In corrispondenza del cantiere CO01/02 l'ingresso e l'uscita del cantiere viene realizzata attraverso le due viabilità VS01 e VS02. L'ingresso diretto al cantiere avviene in carreggiata est dall'autostrada e più precisamente dalla rampa di ingresso all'area di servizio Peretola est. L'uscita dallo stesso cantiere avviene invece attraverso la viabilità dedicata VS02 che corre sul perimetro esterno dell'area di servizio per poi immettersi nella rampa di uscita della stessa. Poiché essa è unidirezionale, la larghezza della strada sarà pari a 4,00 m. L'ingresso in carreggiata ovest avviene invece nella rampa di entrata dell'area di servizio Peretola ovest, attraverso la viabilità dedicata VS01, che passa dietro all'area di servizio, poi raggiunge la via vicinale Pantano e tramite il cavalcavia CV02 attraverso l'autostrada e raggiunge l'ingresso sia del cantiere CO01 che del piazzale di caratterizzazione CO02. La strada è a doppio senso di marcia e quindi la sua larghezza è pari a 6,00 m.

### 13.2.2 Viabilità di servizio VS03/VS04

Invece il sistema di ingresso e uscita dal cantiere CO03, sfrutta la viabilità dedicata VS03 e VS04. La prima collega l'entrata del cantiere con la rampa dell'esistente cavalcavia di via Croce di Badia, correndo prima alla base della rampa del futuro cavalcavia CV08 (sul nuovo collegamento tra via Fiorentina a nuova via Pratese) e poi parallela all'autostrada. In questo tratto sarà realizzato il varco di ingresso e uscita in carreggiata ovest. La VS04 invece, sfrutta come varco di entrata e di uscita le future rampe dello svincolo di Pistoia est. Partendo da tali varchi la strada corre parallela all'autostrada, sfruttando il futuro sedime di allargamento in carreggiata est e si immette nella esistente stradina parallela all'autostrada

che si immette nel cavalcavia di via Croce di Badia. In crono programma è previsto che venga realizzato nei primi mesi il cavalcavia CV019, sostitutivo di quello di Croce di Badia, che verrà utilizzato per attraversare l'autostrada. In relazione a ciò, sia per la VS03 che per la VS04, si sono considerate le configurazioni ad inizio lavori e a nuovo cavalcavia CV019 realizzato e a cavalcavia esistente demolito. In particolare la strada VS03 rimarrà in via definitiva, diventando la viabilità LC02. Per questo motivo la larghezza della strada è stata prevista di 6,50 m. Inoltre, lato cantiere verrà realizzata una rotonda per regolare i vari flussi di traffico, mentre dall'altra estremità verrà demolito il cavalcavia esistente e la rampa ovest, permettendo alla LC02 di avere un andamento altimetrico più regolare e pianeggiante.

### **13.3 FASIZZAZIONE DEI LAVORI**

Nel seguito sono descritte l'organizzazione dei lavori e delle fasi di traffico atte a minimizzare i tempi realizzativi e il disturbo al traffico autostradale, oltre a garantire in ogni momento la possibilità di soccorso.

Rispetto ai lavori eseguiti in passato si è operato tenendo conto sia dell'esperienza accumulata in lavori analoghi, sia delle necessità specifiche di questo lotto.

Per prima cosa, sia per permettere all'impresa un maggior numero di fronti aperti, sia per permettere la realizzazione contestuale dei due ampliamenti in est e ovest dei sottovia esistenti, in modo da avere una sola chiusura della viabilità sottopassante, si è optato per far precedere la fase 1 da una fase propedeutica chiamata fase 0, in cui con restringimenti puntuali si realizzano le berlinesi per lo scavo dei sottovia. Inoltre si è previsto di ridurre fin dalla fase 1 le corsie di entrambe le carreggiate, sebbene prevedendo in una di esse il mantenimento della corsia di emergenza, permettendo le lavorazioni esterne alla carreggiata (rilevato fino alla quota di sotto fondazione stradale e appunto realizzazione degli ampliamenti dei sottovia) anche dalla parte della carreggiata con la corsia di emergenza.

In secondo luogo, nei precedenti progetti si era proceduto "a scacchiera", in merito ai tratti cantierati, cioè in modo tale che due tratte adiacenti venivano approcciate contemporaneamente e partendo da carreggiate opposte. In questo modo non si aveva l'effetto del "cantiere continuo", poiché tra due tratti in cui erano previsti i lavori e i restringimenti di carreggiata, veniva lasciato un tratto non cantierato. Poiché nel nostro

tratto è necessario sostituire diversi impalcati della carreggiata ovest (realizzata negli anni '30), è necessario ampliare "sempre" per prima la carreggiata est. Per questo si è pensato di sfasare nel tempo l'inizio della fase 1 per le tratte A e C, che cominciano prima e le tratte B e D. Queste ultime cominceranno solo quando il cantiere nelle due tratte A e C si sarà portato nella fase 2 e cioè nella carreggiata ovest. Questo comporta un leggero allungamento dei tempi, in parte recuperato dalla modifica di cui al capoverso precedente.

### 13.3.1 Suddivisione dell'intervento in tratte di cantierizzazione

Per quanto riguarda la cantierizzazione si è scelto di dividere il tratto in cinque tratte d'intervento. In tal modo i lavori possono procedere, in carreggiata, con cantieri sfalsati (alternativamente in carreggiata est o ovest) in modo da ottimizzare i tempi e evitare l'assenza d'emergenza per tratte estese sulla stessa carreggiata. Quanto sopra consente la realizzazione delle tratte in contemporanea.

In particolare, le tratte di cantierizzazione all'interno delle quali si procederà all'esecuzione dell'ampliamento del tratto, sono:

- tratta A dalla progr.0+621,256 fino alla progr.9+850
- tratta B dalla progr.9+850 fino alla progr.15+050
- tratta C dalla progr.15+050 fino alla progr.23+000
- tratta D dalla progr.23+000 fino alla progr.27+392,878
- tratta Curva di Monsummano dalla progr.36+660 fino alla progr.38+111,04

Come si è detto si inizieranno per prime le tratte A e C partendo dalla carreggiata est, secondo le fasi di cui al punto successivo. Quando nelle tratte A e C si passa dalla fase 1 (1bis) alla fase 2, cominceranno i lavori in carreggiata est nelle tratte B e D, preceduti dalla fase 0 descritta più avanti.

### 13.3.2 Sezioni tipo di intervento e fasi di traffico

L'infrastruttura esistente ha una sezione tipo con piattaforma da 22,40 m, con due corsie per senso di marcia da 3,50 m, corsie d'emergenza da 3,00 m e spartitraffico new jersey monofilare da 0,62 m con due banchine da 0,89 m.

La sezione tipo di progetto corrisponde alla categoria A del D.M. 5/11/2001, caratterizzata da 3 corsie da 3,75 m, margine interno di 4 m (2,60 m di spartitraffico e due banchine in sx da 0,70 m) e corsie d'emergenza di 3 m, per un'ampiezza complessiva di 32,50 m.

Durante le lavorazioni la larghezza delle carreggiate viene ridotta a 7,10 m (0,5+3,40+3,40+0,15), tranne che per le lavorazioni di risanamento della marcia lenta, che però sono molto veloci, durante le quali si avrà una carreggiata di 6,90 m di larghezza (fasi 1bis e 2bis).

L'articolazione trasversale della piattaforma inoltre è tale da garantire in tutte le fasi almeno una corsia d'emergenza lungo uno dei due sensi di marcia, che non venga ad interrompersi nella sua estensione longitudinale lungo il tratto, salvo nei punti singolari ove le lavorazioni non lo consentano.

La separazione e la protezione del cantiere dal traffico autostradale è assicurata dall'installazione di barriera new-jersey in cls, posta a filo della carreggiata autostradale provvisoria. Sono da predisporre delle piazzole provvisorie ogni 500 m circa.

Inoltre sono previsti dei by-pass nel new-jersey centrale ogni 2.000 m circa, al fine di consentire l'intervento dei mezzi di soccorso anche nella carreggiata ove sia assente la corsia d'emergenza, passando sull'altra carreggiata, appunto, nel varco più vicino a valle dell'incidente, e percorrendo contromano la carreggiata opposta.

In linea generale sono previste quattro fasi principali per ogni tratta, ossia:

0. Eliminazione puntuale della corsia di emergenza nella carreggiata ovest.  
Lavori: esecuzione delle berlinesi in carreggiata ovest in corrispondenza dei sottovia da ampliare.
1. Riduzione della larghezza delle corsie di entrambe le carreggiate, occupazione col cantiere della corsia d'emergenza della carreggiata est e mantenimento della corsia di emergenza in carreggiata ovest.  
Lavori: Ampliamento del corpo stradale della carreggiata est e ampliamento del corpo stradale della carreggiata ovest fino all'intradosso del pacchetto di pavimentazione, ampliamenti dei sottovia da entrambe le carreggiate.

- 1bis. Mantenimento della riduzione della larghezza di entrambe le carreggiate, soppressione della corsia di emergenza in est e mantenimento della corsia di emergenza in carreggiata ovest. Spostamento del traffico in carreggiata est sull'ampliamento realizzato in fase 1.  
Lavori: Scarifica e posa binder in carreggiata est esistente e risanamento marcia lenta carreggiata est.
2. Mantenimento della riduzione della larghezza delle corsie della carreggiata ovest, occupazione col cantiere della corsia d'emergenza della carreggiata ovest e mantenimento della corsia di emergenza in carreggiata est con due corsie di marcia della larghezza di 3,75m ciascuna.  
Lavori: Completamento del corpo stradale della carreggiata ovest.
- 2bis. Mantenimento della riduzione della larghezza delle corsie della carreggiata ovest, soppressione della corsia di emergenza in ovest e mantenimento della corsia di emergenza in carreggiata est. Spostamento del traffico in carreggiata ovest sull'ampliamento completato in fase 2.  
Lavori: Scarifica e posa binder in carreggiata ovest esistente, risanamento marcia lenta carreggiata ovest e rifacimento zona spartitraffico, ove previsto.

Nella tratta di Monsummano valgono le stesse fasi, con l'unica differenza che devono essere lette con le carreggiate (est/ovest) invertite rispetto a quelle descritte

Oltre alle fasi principali sono previste delle fasi secondarie, non necessariamente estese a tutta la tratta, necessarie per effettuare le ricariche sulle carreggiate e per effettuare le rotazioni degli impalcati delle opere che necessitano tale attività, queste fasi sono rappresentate nelle tavole relative alle fasizzazioni dei lavori.

#### **13.4 GESTIONE DEI MATERIALI**

Per lo sviluppo di questo argomento si rimanda alla relazione specifica STP003: "Relazione gestione delle terre"

In essa sono stati affrontati i temi relativi alla produzione, al riutilizzo, alla fornitura e allo smaltimento dei materiali scavati e/o demoliti durante i lavori e riposizionati nei rilevati, ai sensi degli artt. 183 – 184bis e 186 del D. Lgs. 152/2006, come modificato dal D.Lgs 205/2010.

In generale è previsto il totale riutilizzo del materiale proveniente dagli scavi e, pur tuttavia, il lotto esecutivo ha una necessità di reperimento da cava per il materiale da rilevato.

Rimandando a tale relazione la trattazione dettagliata dell'argomento, si riportano di seguito le tabelle riassuntive del bilancio terre, del bilancio del terreno vegetale, del bilancio delle pavimentazioni bianche e nere

#### 13.4.1 Bilancio terre

Queste sono le tabelle del bilancio terre del materiale da rilevato e del materiale vegetale, rispettivamente.

| RIEPILOGO MOVIMENTI TERRE (mc) |                       |          |           |
|--------------------------------|-----------------------|----------|-----------|
|                                | CORPO<br>AUTOSTRADALE | CANTIERI | TOTALE    |
| PRODUZIONI TOTALI              | 720.034               | 122.919  | 842.954   |
| FABBISOGNI TOTALI              | 1.189.228             | 101.807  | 1.291.035 |
| RIUTILIZZI TOTALI              | 778.925               | 90.690   | 869.615   |
| FONTI ESTERNI TOTALI           | 410.304               | 11.117   | 421.421   |
| DESTINAZIONI TOTALI            | 46.584                | 32.229   | 78.813    |

**Tabella 13-1 – Bilancio delle terre**

Dalla tabella si nota:

- Il fabbisogno piuttosto elevato di materiale da cava, nonostante la previsione di riutilizzo del materiale scavato;
- La necessità di destinare a discarica speciale una quota parte del materiale scavato e cioè quello con concentrazioni di amianto maggiori dei limiti.

Delle due problematiche si parla nei due paragrafi seguenti

### 13.4.2 Cave e discariche

In ragione degli elevati volumi di materiale da rilevato da reperire attraverso forniture esterne, è stato eseguito un censimento delle cave presenti nel territorio toscano. Infatti è stato subito evidente che non esistono nelle immediate vicinanze dei luoghi dei lavori cave in grado di approvvigionare l'intero volume richiesto. Per cui la ricerca si è dovuta necessariamente allargare in particolare alle provincie di Siena, Arezzo e soprattutto Lucca, che rispetto alle altre due provincie si trova in una posizione più favorevole.

Il risultato dello studio è riassunto dall'elaborato CAP0100, in cui sono riportate le ubicazioni delle discariche con i relativi percorsi cava-cantiere e nella relazione STP0011 – Relazione cave e discariche, in cui ogni cava è descritta in termini di caratteristiche e di potenzialità residue negli anni a venire.

E' evidente che, pur non potendo a priori dove l'Impresa reperirà il materiale, la disponibilità residua è molto superiore al fabbisogno, per cui si possono ritenere i lavori compatibili con il piano cave della regione.

Tra le fonti esterne da considerare, laddove ci fosse contemporaneità con altri interventi ASPI (per esempio Barberino-Firenze Nord), verrà utilizzata la disponibilità di terre e rocce da scavo provenienti da tali cantieri

Lo stesso studio ha anche interessato le discariche secondo i vari codici CER della normativa dei rifiuti.

### 13.4.3 Rischio ritrovamento amianto

Nella relazione STP003 citata, è illustrata la campagna di indagini conoscitiva che ha portato a definire come potenzialmente costituite da materiali amiantiferi alcune tratte di rilevato autostradale e più precisamente:

- carreggiata dir. Firenze: dalla prog. km 5+000 alla prog. km 20+000, per una lunghezza complessiva di 15 km circa;
- carreggiata dir. Pistoia: dalla prog. km 8+000 alla prog. km 19+500, per una lunghezza complessiva di 11,5 km circa.

E' da prevedersi che in tali tratte l'amianto sarà presente, sebbene solo in un terzo dei prelievi effettuati esso superi la concentrazione limite affinché il campione sia considerato inquinato. Questo fatto ha due diverse implicazioni, dal punto di vista della sicurezza e dal punto di vista ambientale. Infatti per la sicurezza è sufficiente che l'amianto sia presente,

non importa in quale concentrazione, per fare innescare le procedure per la salute e salvaguardia dei lavoratori e dei ricettori limitrofi, per cui si rimanda al documento SIC0001 allegato al progetto. Viceversa, affinché un materiale amiantifero sia considerato un rifiuto e quindi allontanato dal cantiere e portato ad una discarica autorizzata allo smaltimento, occorre che le percentuali accertate tramite adeguate prove chimiche di amianto siano superiori a determinati limiti. Poiché è necessario sapere al più presto, prima di tutto se il materiale è amiantifero o meno, in modo da circostanziare con maggiore precisione le aree in cui applicare le procedure di sicurezza, e secondariamente se tale contenuto è superiore alle concentrazioni limite, in modo da fare scattare le procedure di trattamento del rifiuto (modalità di scavo e trasporto), nelle tratte sopra indicate si effettuerà una caratterizzazione preventiva nel sito di origine, anziché quella in cumuli.

Nel caso in cui, a seguito di tali caratterizzazioni venga accertata la presenza di materiali amiantiferi come si è detto si attiverà una serie di procedure, che verranno riportate nel Piano di Sicurezza e Coordinamento, durante la fase di scavo e in particolare nella gestione dei depositi temporanei dei terreni escavati.

#### **13.4.4 Caratterizzazione**

Per i tratti descritti al paragrafo precedente e per gli scavi necessari per la cantierizzazione (aree di cantiere e viabilità di servizio, è prevista la caratterizzazione nel sito di origine.

Per tutti gli altri materiali scavati sarà invece effettuata la caratterizzazione per cumuli, secondo le modalità descritte nella relazione STP003. A tale scopo sono state attrezzate aree nei cantieri CB01, CO02, CO03, CO04, come specificato nella relazione CAP0010.

#### **13.4.5 Pavimentazioni**

Anche per le pavimentazioni è previsto il totale riutilizzo nei modi di seguito riportati:

- La pavimentazione nera fresata verrà riutilizzata per realizzare conglomerato bituminoso, secondo le percentuali massime in peso previsto dalle NTA. In particolare per lo strato di binder la percentuale massima di aggregati costituita da materiale fresato è pari al 20%, mentre per lo strato di base tale percentuale è pari al 30%. Il residuo verrà invece utilizzato come materiale da rilevato previo test di cessione
- La pavimentazione bianca verrà invece integralmente riutilizzata per formare il corpo del rilevato.

- Per il solo tratto di Monsummano è prevista invece l'adozione del pacchetto di cui al capitolo 9.8.2, che massimizza il riutilizzo dei conglomerati bituminosi fresati (proveniente dal cantiere ovvero da fonti e depositi esterni al cantiere). In particolare per lo strato di base si utilizzerà il 100% di aggregato formato da fresato e poi lavorato a freddo e per la fondazione si utilizzerà per il 50% gli stessi materiali fresati e per il rimanente 50% i materiali provenienti dalla demolizione delle pavimentazioni bianche esistenti.

Nella tabella successiva è riportato il bilancio totale dei neri:

| <b>PAVIMENTAZIONE</b>                 |                |
|---------------------------------------|----------------|
| Totale demolizioni                    | 118.374        |
| Riutilizzato per neri                 | 72.969         |
| Riutilizzato per cementato Monsummano | 4.148          |
| <b>Esubero per rilevati</b>           | <b>41.257</b>  |
|                                       |                |
| Fabbisogno totale per neri            | 219.092        |
| Riutilizzo fresato                    | 72.969         |
| <b>Fornitura da cava</b>              | <b>146.123</b> |

**Tabella 12-2 – Bilancio pavimentazioni**

### 13.5 PROGRAMMA LAVORI

In relazione alla fasizzazione di cui al paragrafo dedicato, è stato elaborato un programma lavori.

Considerando un tempo iniziale per le attività preliminare (Bonifica da ordigni bellici, ecc.) e per le attività di cantierizzazione, è previsto l'inizio della fase 0 delle tratte A e C al quinto mese. I lavori di entrambe queste tratte dureranno circa 27 mesi. All'incirca al 17° mese, coincidente con la fine della fase 1 delle tratte A e C, inizieranno le fasi 1 delle tratte B e D (le fasi 0 di dette tratte precederanno di circa un mese).

A loro volta le tratte B e D dureranno circa 22 mesi. Considerando anche le attività di chiusura e di ripristino, il tempo complessivo si attesta sui **40 mesi**.

Dal punto delle viabilità interferite, con particolare riferimento a quelle attraversanti l'autostrada con cavalcavia, è stata posta particolare attenzione alle fasi di esecuzione e demolizione dei cavalcavia.

Infatti, come si può dedurre dalla relazione delle viabilità interferita STD3000, la gran parte dei cavalcavia è stata eseguita in sede, previa demolizione del cavalcavia esistente.

Per questo motivo sono stati studiati i percorsi alternativi e si è fatto in modo di non eseguire contemporaneamente due cavalcavia (o un cavalcavia e un sottovia o due sottovia) a servizio dello stesso settore di popolazione.

Si dettagliano quindi le operazioni di chiusura, tratta per tratta:

#### **Tratta A**

Esecuzione cavalcavia CV01 di via dei Giunchi fuori sede (nessun disturbo al traffico)

Demolizione ed esecuzione CV02 con chiusura di via Pantano. A cavalcavia CV02 eseguito e aperto al traffico, si realizzerà l'ampliamento ST01 con chiusura della strada Cantone.

Esecuzione ampliamenti sottovia ST02, con chiusura di via di Limite e ST04, con chiusura di via Pantano. A sottovia ampliati e riaperti al traffico, esecuzione ampliamenti sottovia ST03, con chiusura di via Fornello e ST05, con chiusura della SS325.

Esecuzione cavalcavia CV07 sulla SP8 San Quirico fuori sede (nessun disturbo al traffico)

#### **Tratta B**

Demolizione ed esecuzione CV09, con chiusura di via Lazzaretto. A cavalcavia CV09 eseguito e aperto al traffico, si demolirà ed eseguirà il cavalcavia CV08, con chiusura di via delle Fonti.

Esecuzione ampliamento sottovia ST08, con chiusura di via Roma e del cavalcavia CV11, con chiusura di via dei Fossi. A sottovia ampliato e cavalcavia realizzato e riaperto al traffico, esecuzione ampliamento sottovia ST07, con chiusura di via del Ferro.

#### **Tratta C**

Demolizione ed esecuzione CV13, con chiusura di via Caserane. A cavalcavia CV13 eseguito e aperto al traffico, si demolirà ed eseguirà il cavalcavia CV14, con chiusura di via dei Trebbi.

Esecuzione cavalcavia CV15 sulla via Selva fuori sede (nessun disturbo al traffico)

Demolizione ed esecuzione CV17, con chiusura di via Mosino. A cavalcavia CV17 eseguito e aperto al traffico, si demolirà ed eseguirà il cavalcavia CV16, con chiusura di via Matteotti.

#### **Tratta D**

Demolizione ed esecuzione CV20, con chiusura di via Romito e Serpe. A cavalcavia CV20 eseguito e aperto al traffico, si demolirà ed eseguirà il cavalcavia CV21, con chiusura di via Capanne di Canapale.

Esecuzione ampliamento sottovia ST12, con chiusura della strada SR66. A sottovia ampliato e riaperto al traffico, esecuzione ampliamento sottovia ST14, con chiusura di via Bonellina.

## 14 ARCHEOLOGIA

Autostrade per l'Italia S.p.A. ha attivato con il progetto preliminare la procedura di verifica preventiva di interesse archeologico, come prevista dalla legge n. 109 del 25 Giugno 2005, di conversione, con modificazioni, nel decreto-legge 26 Aprile 2005, poi inserita negli artt. 95-96 del Dlgs 163/06, redigendo il documento "Verifica di impatto archeologico" per raccogliere le informazioni significative ai fini della caratterizzazione archeologica dell'area oggetto di intervento prima dell'apertura dei cantieri.

Così come previsto dall'articolo 95 del Dlgs 163/06, Autostrade per l'Italia, con lettera ASPI/RM/23.12.09/0035498/EU, ha trasmesso il documento "Verifica di impatto archeologico" con uno stralcio del progetto preliminare alla Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana che ha risposto con lettera del 19 gennaio 2010 prot.n.890 34.19.04/6, rilasciando "il nulla-osta richiesto, a condizione che i lavori di scavo siano preceduti da saggi stratigrafici finalizzati alla definizione della presenza o meno di elementi di interesse archeologico...."

Il progetto definitivo contiene la relazione di "Verifica di impatto archeologico" nonché elaborati planimetrici riportanti i risultati della lettura dell'area interessata dall'intervento, sia dal punto di vista geomorfologico, che storico-archeologico, nonché la valutazione preliminare della sua potenzialità archeologica.

I fattori di valutazione per la definizione della potenzialità archeologica si possono riassumere in analisi dei siti noti e della loro distribuzione spazio-temporale, riconoscimento di eventuali persistenze, grado di ricostruzione dei contesti antichi. Occorre inoltre tenere presente il grado e le modalità degli interventi urbanistici moderni, che possono essere causa del degrado o dell'asportazione dei depositi antichi, in termini di livelli di conservazione del giacimento.

La possibilità di interferire con strutture o depositi archeologici è costituita evidentemente dalla presenza diretta del sito archeologico documentato, dalla distanza fra queste emergenze e le opere in progetto, nonché dal numero e dalla profondità di giacitura di tali presenze in aree limitrofe.

I diversi livelli di impatto archeologico sono generati dalle tipologie di opera in progetto, mediante l'esame delle eventuali interferenze dirette, dalla distanza, profondità e concentrazione di queste rispetto alle proposte di progetto.

La carta mostra una densità di popolamento nella pianura centuriata d'età romana, soprattutto in prossimità dei due centri di Firenze e Pistoia, ed un forte impulso allo

stanziamento in età preistorica e protostorica nel territorio comunale di Sesto Fiorentino. Il fenomeno deve essere ovviamente ricondotto ad una disparità di ricerche archeologiche dal momento che gli studi indicano la presenza della centuriazione di età romana estesa su tutta la piana.

Nella tabella seguente si presenta una valutazione del rischio di impatto archeologico dell'area interessata dal progetto:

| Prog. km        | Impatto archeologico preliminare |  |
|-----------------|----------------------------------|--|
| inizio a 9+000  | Alto                             | Area centuriata; prossimità siti archeologici                                    |
| 9+000 a 17+200  | Medio                            | Area centuriata  |
| 17+200 a 21+000 | Basso                            | Assenza di siti archeologici, ma area centuriata.                                |
| 21+000 a 27+400 | Medio                            | Area centuriata  |
| 36+660 a 37+100 | Basso                            | Assenza di siti archeologici   |
| 37+100 a 38+111 | Medio                            | Prossimità per strada per Lucca e con insediamenti n. 11,12,17,18,19,20,21,22,23 |

Dove:

Rischio **BASSO** - aree con scarsa presenza di rinvenimenti archeologici, assenza di toponimi significativi, situazione paleo ambientale difficile, aree ad alta densità abitativa moderna.

Rischio **MEDIO** - aree con scarsità di rinvenimenti archeologici, ma che hanno goduto di una condizione paleo ambientale e geomorfologica favorevole all'insediamento antico, presenza di toponimi significativi, zone a bassa densità abitativa moderna.

Rischio **ALTO** - aree con numerose presenze attestata di siti archeologici, incluse in un contesto paleo ambientale favorevole all'insediamento antico con presenza di toponimi significativi e relitti significativi di persistenze viarie.

## **15 IMPIANTI**

I lavori oggetto dell'intervento consistono nella realizzazione delle seguenti opere:

- impianto d'illuminazione esterna per le corsie specializzate di entrata ed uscita dall'asse autostradale;
- esecuzione degli impianti relativi alla realizzazione del nuovo casello di Pistoia Est
- realizzazione delle nuove infrastrutture longitudinali di comunicazione;
- ricollocamento degli impianti di itinere interferenti con l'allargamento in sede del tracciato;

### **15.1 ILLUMINAZIONE ESTERNA**

Questi impianti comprendono sia l'impianto di illuminazione per le aree di conflitto individuate in corrispondenza delle corsie specializzate (accelerazione/decelerazione), sia l'impianto di guida ottica antinebbia.

L'impianto di illuminazione verrà realizzato mediante la posa di corpi illuminanti SAP 250W su pali in acciaio con altezza globale fuori terra di 10 mt. con passo di posa pari a 37 mt.; tale standard, oltre ad essere conforme agli standard della Committenza, garantisce il rispetto dei limiti illuminotecnici imposti dalla vigente UNI 11248.

L'impianto antinebbia sarà realizzato mediante la posa di corpi illuminanti lampeggianti a led fissati alle barriere di sicurezza con passo di posa pari a circa 9mt. Questi corpi verranno comandati da apposita centralina di gestione che ne garantirà l'accensione in caso di rilevazione presenza nebbia tramite sensore.

### **15.2 INFRASTRUTTURE LONGITUDINALI**

Contestualmente alle opere di allargamento in sede si procederà allo spostamento delle infrastrutture longitudinali esistenti per il transito cavi di comunicazione, siano essi in rame (7bcp) o in fibra ottica (50F.O. in comproprietà con Telecom).

Si procederà inoltre alla realizzazione di nuova rete proprietaria (Autostrade per l'Italia) realizzata in fibra ottica (cavo 24 F.O.) chiusa ad anello lungo la tratta per la raccolta dei segnali dagli impianti di itinere.

### **15.3 RICOLLOCAMENTO IMPIANTI ESISTENTI**

Lungo l'asse, come evidenziato dalle planimetrie di rilievo interferenze, sono posizionati impianti puntuali (quali colonine SOS, stazioni meteo, PMV, benzopmv,

ripetitori radio, telecamere di itinere, autovelox, ecc.) che interferiscono con i nuovi limiti di carreggiata. In questi casi si procederà alla rimozione e successivo riposizionamento o sostituzione degli apparati interessati.

#### **15.4 IMPIANTI SVINCOLO PISTOIA EST**

Tra gli impianti progettati particolare importanza rivestono gli impianti del nuovo svincolo di Pistoia Est.

Gli impianti di detta stazione assolvono alle funzioni di:

- illuminazione all'esterno delle zone di pertinenza, dai rami di svincolo dall'asse autostradale, ai piazzali di stazione fino all'innesto con la V.O.;
- impianti luce, forza motrice, condizionamento, ventilazione ed idrico-sanitario degli edifici di stazione;
- impianti per la connessione alle reti elettriche ed idriche esterne;
- impianti di esazione pedaggi.

Le caratteristiche principali dell'illuminazione esterna sono:

- Pali di h.f.t. 10,00m, completi di apparecchi illuminanti per lampade 120 LED, per svincolo e viabilità ordinaria.
- Pali di h.f.t. 11,50m, completi di proiettori per lampade SON 400W, per il piazzale di stazione.

Maggiori indicazioni sulle consistenze e sulle tipologie impiantistiche adottate sono desumibili dalla documentazione di progetto.

## 16 ESPROPRI

Per poter procedere all'acquisizione in via ablativa dei beni immobili di proprietà privata o pubblica interessati dalla realizzazione delle opere oggetto del presente progetto definitivo, sono stati catalogati i beni mediante la determinazione delle superfici necessarie alla realizzazione dell'opera per tipo di occupazione.

In particolare è stato adottato il seguente criterio in base alla sezione corrente:

### **in caso di trincea o rilevato:**

- limite di occupazione definitiva posto in coincidenza della ubicazione di progetto della recinzione stradale e comunque a distanza minima non inferiore a mt. 6,00 dal piede o dal ciglio della scarpata, integrando l'occupazione definitiva con occupazione temporanea fino al raggiungimento di tale distanza minima, per consentire cantierizzazioni e movimenti di mezzi. Sono stati fatti salvi i necessari raccordi, adeguamenti e collegamenti;

### **in casi puntuali:**

- esproprio temporaneo per le aree di cantiere e per la cantierizzazione dei singoli manufatti in progetto. Nelle fattispecie l'occupazione è stata determinata secondo le esigenze specifiche per consentire l'esecuzione dei lavori secondo le tecniche progettate ed in considerazione della movimentazione di uomini e mezzi in piena sicurezza operativa.

Al fine di valutare economicamente le somme necessarie agli espropri e danni si è proceduto con le seguenti modalità:

- Dopo aver determinato le superfici necessarie alla realizzazione dell'opera, sono stati eseguiti dei sopralluoghi sui siti interessati, ad identificare l'attuale destinazione dei beni immobili (terreni e fabbricati), nonché le relative colture prevalenti in atto, provvedendo a distinguere, con successive indagini relative alle destinazioni urbanistiche, dovendo l'effettivo valore essere riferito alla specifica attribuzione di aree agricole e di aree a potenzialità edificatoria legale.
- Per le aree agricole o non edificabili si applicheranno le norme dell'art. 40 del DPR 327/01, considerando le stesse riferite ai valori agricoli medi per territorialità omogenee determinati dalla Commissione Provinciale Espropri di Firenze e Pistoia;

invece per le aree a potenzialità edificatoria legale o assimilate, si applicheranno le norme indicate dall'art. 37 del sopraccitato T.U come modificati dal D.Lgs 244/2007, contemperando il valore venale, riferito a valori di mercato delle zone in esame.

- Si calcoleranno inoltre gli importi per la corresponsione delle indennità aggiuntive di cui alle previsioni degli articoli 33 e 44 del sempre citato testo Unico e per l'occupazione temporanea, dedotta secondo la vigente normativa, applicando il criterio della presumibile incidenza del danno determinato dal mancato godimento del bene per la durata della sua detenzione.

Occorre infine precisare che, per evitare maggiori danni e/o maggiori spese, nelle tratte in vivaio, saranno previsti gli espianti, che dovranno essere quindi effettuati nei periodi opportuni e idonei a tale lavorazione, ipotizzando che in questo modo verranno persi al massimo il 30% degli individui arborei.

## **17 INTERFERENZE**

Nel progetto è stato anche effettuato uno studio per l'adeguamento dei servizi tecnologici che interferiscono con la realizzazione dell'opera in progetto e che dovranno essere adeguati.

Una volta individuate le reti esistenti, abbiamo provveduto a verificarne le caratteristiche principali delle linee presso i gestori. Delle interferenze censite sono state redatte delle opportune schede, 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.

Per tutte le interferenze riscontrate, sono state verificate anche presso gli uffici di Firenze del IV° tronco di Autostrade per l'Italia.

Il progetto di ricollocazione dei servizi tecnologici è stata effettuata secondo le indicazioni fornite dagli Enti gestori, proprietari o dalla nostra esperienza e riportate puntualmente nelle schede relative.

Si precisa che lo studio è stato mirato a tutte le interferenze, di qualsiasi natura e consistenza, senza una verifica della possibile regolamentazione con specifiche convenzioni, che, nelle fattispecie, potrebbero far carico agli Enti l'onere di eventuali spostamenti o adeguamenti richiesti.