



Anas S.p.A. – Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane  
 Società con socio unico soggetta all'attività di direzione e  
 coordinamento di Ferrovie dello Stato Italiane S.p.A. e  
 concessionaria ai sensi del D.L. 138/2002 (convertito con  
 L. 178/2002)

Struttura Territoriale Emilia Romagna  
 Viale A. Masini, 8 – 40126 Bologna T [+30] 051 6301111 – F [+39] 051 244970  
 Pec anas.emiliaromagna@postacert.stradeanas.it – www.stradeanas.it

### Miglioramento del collegamento tra S.S. 16 e S.S. 309 dir.

## PROGETTO DEFINITIVO

<b>PROGETTISTI:</b> <b>FRANCHETTI S.P.A.</b> <b>Direttore Tecnico:</b> <b>Ing. Paolo Franchetti</b>		<b>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</b>  <b>FRANCHETTI</b> BRIDGE DIAGNOSTICS AND PREDICTIVE MAINTENANCE  <b>Ing. Michele Frizzarin</b> <b>Ing. Francesco Zaccaro</b> <b>Ing. Matteo Nicolodi</b> <b>Ing. Antonio Sbordonì</b>	
<b>IL GEOLOGO</b> <b>Geol. Matteo Scalzotto</b>			
<b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b> <b>Ing. Paolo Franchetti</b>			
<b>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</b> <b>Ing. Francesco Pisani</b>			
<b>PROTOCOLLO</b>	<b>DATA</b>		

## RELAZIONE TECNICA STRADALE

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO DEL	N. PROG.	171-18_P_2_TR_RE_03.1_Relazione tecnica stradale			
<b>240117</b>	<b>8813</b>	CODICE ELAB.	<b>T00EG00TRARE01</b>	<b>B</b>	–
<b>B</b>	PRIMA REVISIONE	Ottobre 2020	Ing. Nicolodi	Ing. Zaccaro	Ing. Franchetti
<b>A</b>	EMISSIONE	Settembre 2020	Ing. Nicolodi	Ing. Zaccaro	Ing. Franchetti
<b>REV.</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>DATA</b>	<b>REDATTO</b>	<b>VERIFICATO</b>	<b>APPROVATO</b>



Comune di RAVENNA (RA)

Miglioramento del collegamento tra S.S. 16 e S.S. 309 dir

## **PROGETTO DEFINITIVO**

Lavori di miglioramento del collegamento tra la S.S. 16  
“Adriatica” e la S.S. 309 dir “Romea”.

## **RELAZIONE TECNICA STRADALE**



## INDICE

<b>PARTE 1</b>	<b>5</b>
<b>PREMESSA</b>	<b>5</b>
<b>PARTE 2</b>	<b>7</b>
<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b>	<b>7</b>
<b>PARTE 3</b>	<b>8</b>
<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b>	<b>8</b>
<b>PARTE 4</b>	<b>10</b>
<b>STATO DI FATTO</b>	<b>10</b>
<b>1 PIATTAFORMA STRADALE</b>	<b>10</b>
<b>2 INTERSEZIONI</b>	<b>11</b>
<b>3 PIAZZOLE DI SOSTA</b>	<b>13</b>
<b>4 ACCESSI</b>	<b>14</b>
<b>PARTE 5</b>	<b>16</b>
<b>INDAGINI PRELIMINARI</b>	<b>16</b>
<b>1 INDAGINI SULLA PAVIMENTAZIONE STRADALE</b>	<b>16</b>
<b>2 RISULTATI DELLE INDAGINI</b>	<b>17</b>
<b>PARTE 6</b>	<b>20</b>
<b>STATO DI PROGETTO – INTERVENTO I</b>	<b>20</b>
<b>1 PIATTAFORMA STRADALE</b>	<b>20</b>
<b>2 STABILIZZAZIONE A CALCE</b>	<b>20</b>
<b>3 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA PAVIMENTAZIONE STRADALE</b>	<b>22</b>
3.1 DESCRIZIONE DEL METODO AASHTO	22
3.2 VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE	26
<b>4 ANDAMENTO PLANIMETRICO</b>	<b>29</b>
<b>5 ANDAMENTO ALTIMETRICO</b>	<b>32</b>
<b>6 INTERSEZIONI</b>	<b>33</b>
6.1 CORSIA DI ENTRATA/IMMISSIONE	34
6.2 CORSIA DI USCITA/DIVERSIONE	35
6.3 PSEUDO-CORSIA DI USCITA	37
6.4 LUNGHEZZA DI SCAMBIO STRADA COMPLANARE	38
6.5 RAMPE	39
<b>7 BYPASS E PIAZZOLE DI SOSTA</b>	<b>39</b>
<b>8 ACCESSI E VIABILITA' SECONDARIA</b>	<b>40</b>
<b>PARTE 7</b>	<b>43</b>

<b>STATO DI PROGETTO – INTERVENTO II</b>	<b>43</b>
1 SEZIONE TIPO	43
2 CARATTERISTICHE RAMPA	44
3 ANDAMENTO PLANIMETRICO	45
3.1 TRONCO DI STACCO	46
3.2 TRONCO INTERMEDIO DI DECELERAZIONE	46
3.3 TRONCO A CURVATURA COSTANTE	47
3.4 TRONCO INTERMEDIO DI ACCELERAZIONE	47
3.5 TRONCO DI ATTACCO	47
3.6 TRONCO FINALE DI RACCORDO	47
4 ANDAMENTO ALTIMETRICO	48
<b>PARTE 8</b>	<b>50</b>
<b>INTERFERENZE</b>	<b>50</b>
1 E-DISTRIBUZIONE S.P.A.	50
2 TERNA S.P.A.	54
3 OPEN FIBER S.P.A.	54
4 HERA S.P.A. E TELECOM S.P.A.	55
5 SNAM S.P.A.	55
6 SCELTE PROGETTUALI	56
<b>PARTE 9</b>	<b>58</b>
<b>CANTIERIZZAZIONE</b>	<b>58</b>
1 AREE DI CANTIERE FISSE	58
2 FASI DI CANTIERIZZAZIONE	58
3 GESTIONE DEL TRAFFICO	59
4 ASPETTI AMBIENTALI LEGATI ALLE ZONE DI CANTIERE	64

## PARTE 1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della progettazione definitiva dei lavori di miglioramento del collegamento tra la S.S. 16 "Adriatica" e la S.S. 309 dir "Romea", i quali hanno lo scopo di migliorare il livello di servizio dell'infrastruttura esistente, le condizioni di sicurezza e il *comfort* degli utenti.

In questo documento verrà descritto il progetto, in particolare la parte tecnica riguardante le opere stradali dei seguenti interventi:

- INTERVENTO I: allargamento della piattaforma stradale della S.S. 16 dal km 148+800 al km 154+600;

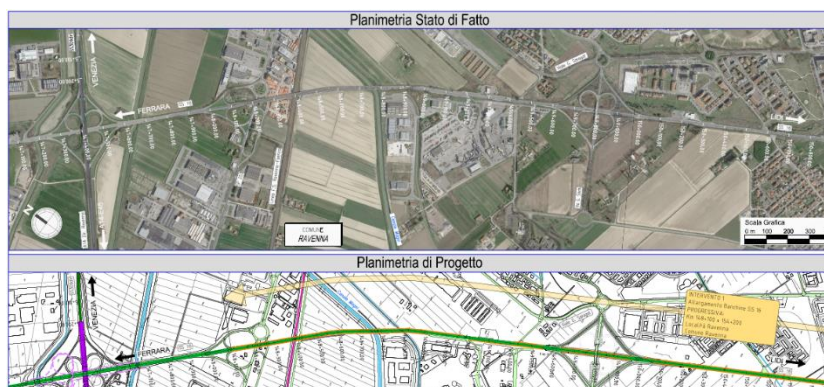


Figura 2: INTERVENTO I

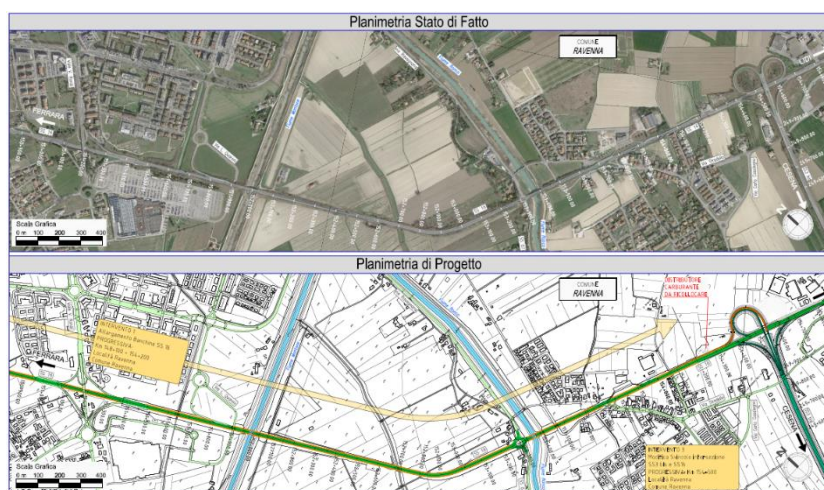


Figura 1: INTERVENTO I

- INTERVENTO II: modifica dello svincolo al km 154+500 dell'intersezione tra la S.S. 16 e la S.S.

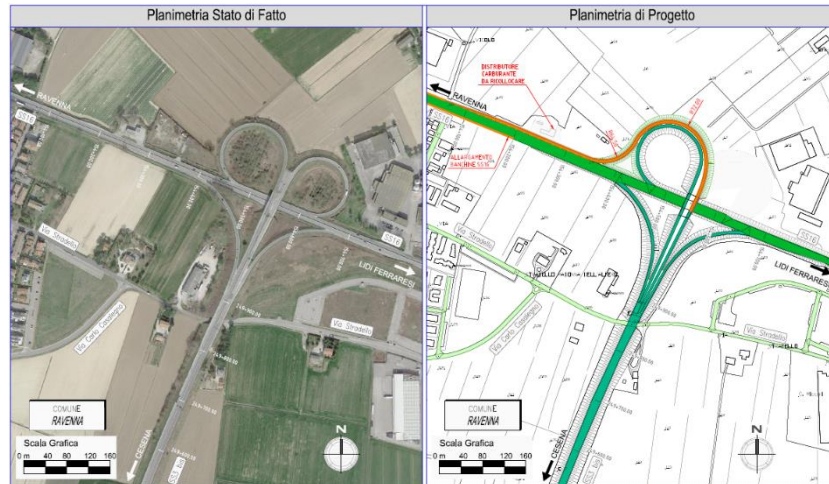


Figura 3: INTERVENTO II

3bis.

## PARTE 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le normative adottate per l'elaborazione del progetto sono le seguenti:

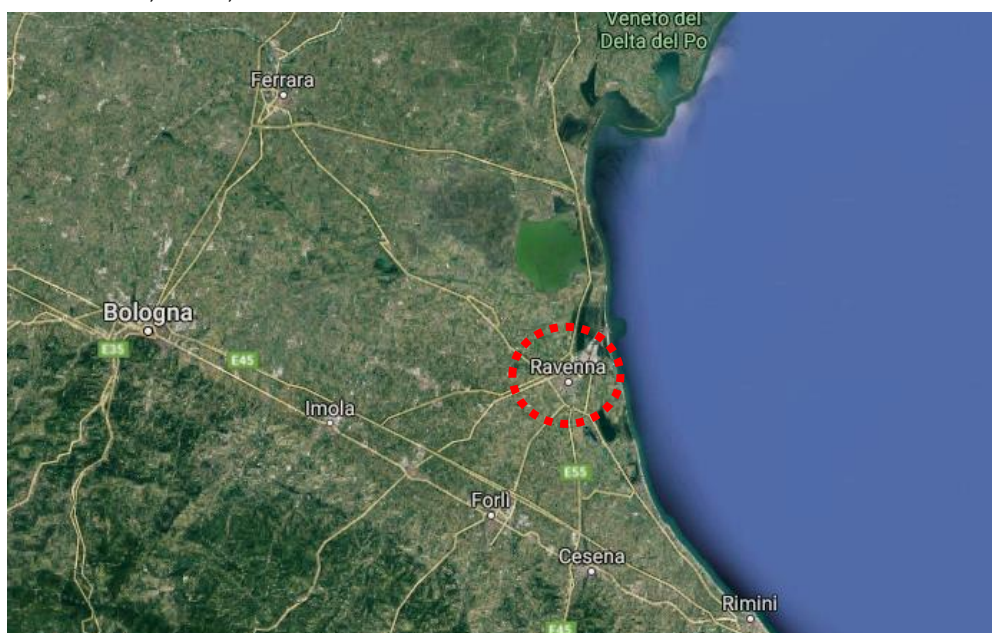
### PROGETTO STRADALE

- D.Lgs. n. 163/2006 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE" e successivo D.Lgs. n. 50/2016 "Codice dei contratti pubblici";
- L.R. 18 febbraio 2005 n. 30 "Disposizioni in materia di espropriazione per pubblica utilità";
- D.Lgs. n. 285/1992 "Nuovo Codice della Strada";
- D.P.R. 495/1992 "Regolamento di esecuzione e attuazione del nuovo codice della strada" e successive modifiche ed integrazioni;
- D.M. 5 novembre 2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- D.M. 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";
- D.P.R. n. 207 del 05/10/2010 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12/04/2006, n° 163".
- D.M. 21 giugno 2004 (G.U. n. 182 del 05.08.2004) "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale";
- UNI EN 1317 parti 1-2-3-4 "Sistemi di ritenuta stradali";
- D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni";
- DM 10/07/2002 "Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo".



### PARTE 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Ravenna è la città più grande e storicamente più importante della Romagna; il suo territorio comunale si estende per circa 654 km<sup>2</sup>, il secondo in Italia per superficie dopo Roma. La provincia di Ravenna confina a nord con la città di Ferrara, ad ovest con la città metropolitana di Bologna e la città di Imola, a sud con le città di Forlì e Cesena e, infine, a est con il Mar Adriatico.



*Figura 4: inquadramento territoriale*

La strada statale 16, denominata "Adriatica", collega i maggiori capoluoghi della costa adriatica e, con i suoi circa 1.000 km di lunghezza, è la strada statale più lunga della rete italiana. Iniziando nel centro città di Padova, nelle vicinanze del Palazzo del Bò, sede storica dell'Università di Padova, attraversa 6 regioni (Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo, Molise e Puglia) fino a raggiungere il Lungomare Terra d'Otranto, in provincia di Lecce.

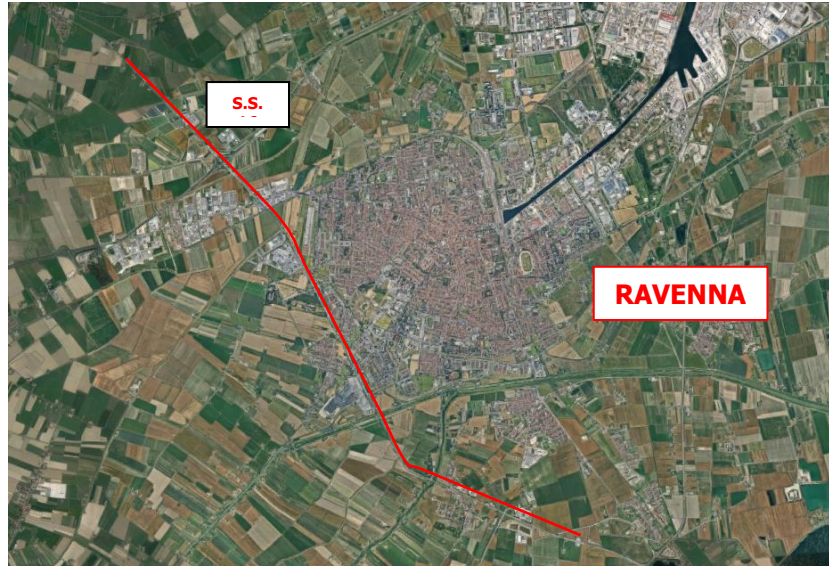


Figura 6: inquadramento S.S. 16

L'area di intervento si colloca nella parte sud-ovest del Comune di Ravenna, lungo la S.S. 16 dal km 148+800, dove inizia/finisce il viadotto che sovrappassa il Canale Magni, al km 154+600, all'intersezione tra la S.S. 16 e la S.S. 3bis.

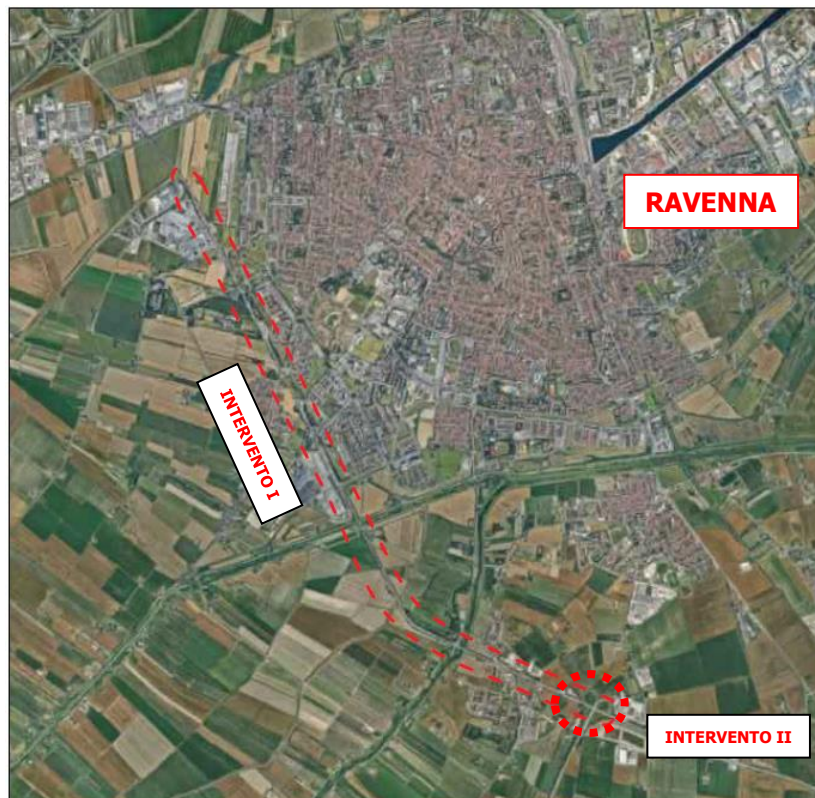


Figura 5: inquadramento area di intervento

## PARTE 4 STATO DI FATTO

In questa parte si specificherà lo stato di fatto dell'opera, riprendendo quanto detto nell'elaborati 'Relazione generale', per quanto riguarda l'infrastruttura stradale.

### 1 PIATTAFORMA STRADALE

Lungo tutta l'area di intervento, la S.S. 16 offre una piattaforma di larghezza variabile tra i 14,00 m e i 14,50 m, composta da banchine interne ed esterne di 0,50 m, due carreggiate con, per entrambe, due corsie di

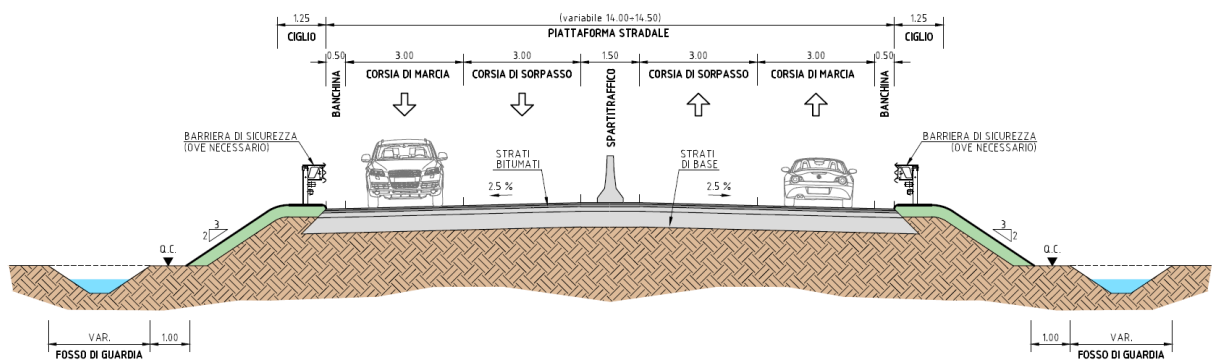


Figura 7: sezione tipo stato di fatto

marcia di 3,00 m ciascuna e uno spartitraffico centrale di 1,00 m. Ai lati della piattaforma sono presenti dei cigli di 1,25 m, delle scarpate di pendenza 3/2 e, in gran parte del tracciato, dei fossi di guardia.

Lo spartitraffico è composto da una barriera New Jersey in calcestruzzo o da una barriera centrale di spartitraffico. Le barriere di ritenuta stradale sono presenti anche ai lati della piattaforma e sono interrotti in presenza di intersezioni e accessi.

Lungo tutta la S.S. 16, inoltre, sono presenti delle piazzole di sosta in entrambe le direzioni.



## 2 INTERSEZIONI

Le intersezioni principali esistenti all'interno dell'area dell'intervento collegano alla S.S. 16 alcune delle viabilità principali della provincia di Ravenna.

La prima intersezione principale che si trova procedendo verso sud è l'intersezione a quadrifoglio, al km 149+800, che collega la S.S. 16 a Via G. Savini e alla Rotonda Portogallo. In quest'area le zone di conflitto tra le traiettorie dei veicoli che entrano ed escono dalla carreggiata principale avvengono in presenza di traffico veloce di scorrimento, generando accentuate differenze di velocità ed anche arresti in carreggiata.



*Figura 8: intersezione km 149+800*

La seconda intersezione presente lungo la S.S. 16, all'interno dell'area di intervento al km 151+200, consiste in uno svincolo a rombo utilizzato per accedere a Viale V. Randi, via che collega la parte a sud-ovest di Ravenna con il centro città. Questa intersezione risulta di fondamentale importanza in quanto viene utilizzata per raggiungere il centro commerciale Esp.



*Figura 9: intersezione km 151+200*

Lungo la S.S. 16, al km 153+300, è presente una intersezione a rotatoria che regola l'incrocio tra l'"Adriatica" e Via Ravegnana, ovvero la S.S. 67.



*Figura 10: intersezione km 153+300*

Una intersezione minore al km 153+750, presente solo lungo la direzione sud della S.S. 16, collega quest'ultima a Via Cella con una corsia di immissione e una di emissione senza i rispettivi tratti di accelerazione e decelerazione, fatto che comporta rallentamenti nella strada principale e minor sicurezza.



*Figura 11: intersezione km 153+750*

L'ultima intersezione presente, oggetto dell'INTERVENTO II, è un'intersezione a salto di montone simmetrico situata al km 154+550 che collega la S.S. 16 con la S.S. 3bis. Anche qui, come per l'intersezione a quadrifoglio, le zone di conflitto delle traiettorie sono collocate in maniera da creare disagi ai veicoli che vogliono immettersi o uscire dalla S.S. 16. Si rimanda alla 'Parte 7' per ulteriori approfondimenti dell'intervento.



Figura 12: intersezione km 154+550

### 3 PIAZZOLE DI SOSTA

Lungo la S.S. 16 sono presenti delle piazzole di soste in entrambi i sensi di marcia.

Lungo la direzione Ferrara-Rimini, le piazzole di sosta sono presenti alle seguenti chilometriche:

- Km 148+900;
- Km 149+350;
- Km 150+300;
- Km 151+600;
- Km 152+650;
- Km 154+800 (fuori area di intervento).

Lungo la direzione Rimini-Ferrara, invece, si trovano alle chilometriche:

- Km 149+000;
- Km 150+800;
- Km 151+200;
- Km 152+400;
- Km 154+200;
- Km 154+800 (fuori area di intervento).

Le piazzole di sosta hanno una forma trapezoidale con base minore di 20 m, base maggiore di 40/60 m a seconda dei casi, e una larghezza di 3,50 m.



#### 4 ACCESSI

Gli accessi secondari, escludendo pertanto le intersezioni con altre viabilità viste in precedenza, presenti all'interno dell'area di intervento, risultano essere in parte autorizzati e in parte non autorizzati o da verificare. Per ciascun accesso chiuso, nella fase progettuale si è ipotizzato un percorso alternativo esistente.

Gli accessi presenti, denominati con la chilometrica di riferimento, vengono elencati di seguito:

- Km 148+800 direzione sud: accesso che collega la S.S. 16 con un parcheggio in via Frisi;
- Km 149+026 direzione sud: accesso in corso di verifica costituito da una corsia di decelerazione per l'ingresso all'area industriale;
- Km 149+502 direzione sud: accesso autorizzato ma già chiuso;
- Km 149+517 direzione sud: accesso autorizzato ma già chiuso;
- Km 150+860 e Km 150+940 direzione nord: accessi che servono come entrata e uscita per la ditta "SAF – Negozio di batteria" e per una proprietà privata adiacente;
- Km 151+160 direzione sud: accesso da verificare, comunque chiuso e non più utilizzato, che consiste in un accesso ad una proprietà privata;
- Km 151+640 direzione nord: accesso per l'argine dello Scolo Lama ma già chiuso;
- Km 152+470 direzione nord e sud: entrambi accessi ad aree agricole;
- Km 152+575 direzione sud: accesso ad una piazzola di sosta ad oggi chiuso e in disuso;
- Km 153+400 direzione sud: accesso da verificare che collega la S.S. 16 a Via Argine Destro Ronco;
- Km 153+670 e Km 154+000 direzione nord: accessi da verificare che fungono da entrata e uscita dalla S.S. 16 per la ditta "Stufe Camini Design" e per un capannone nelle immediate vicinanze;
- Km 153+950 direzione sud: accesso ancora da verificare verso un campo agricolo, appare in disuso con la presenza di un cancello e di un albero che ne impediscono il passaggio;
- Km 154+250 e Km 154+350 direzione nord: accessi, da verificare il primo, autorizzato ma chiuso il secondo che servono una stazione di servizio e un edificio abbandonato.

Nella seguente tabella vengono riassunti gli accessi appena descritti:

Codice	Km	Dir.	Accesso	Stato attuale
A01	148+800	Sud	-	Inutilizzato (ingresso area industriale)
A02	149+026	Sud	da verificare	utilizzato (ingresso area industriale)
A03	149+502	Sud	autorizzato	chiuso
A04	149+517	Sud	autorizzato	
A05	150+860	Nord	-	utilizzato (ingresso ditta)
A06	150+940	Nord	-	
A07	151+160	Sud	da verificare	chiuso
A08	151+640	Nord	-	chiuso

A09	152+470	Sud	-	utilizzato
A10	152+470	Nord	da verificare	(ingresso agricolo)
A11	152+575	Sud	-	chiuso
A12	153+400	Sud	non rilevato	utilizzato (ingresso via)
A13	153+670	Nord	da verificare	utilizzato
A14	154+000	Nord	da verificare	(ingresso ditta)
A15	153+950	Sud	da verificare	Inutilizzato
A16	154+250	Nord	da verificare	utilizzato (distributore di carburante)
A17	154+350	Nord	autorizzato	chiuso

*Tabella 1: riepilogo accessi*

Si rimanda alla relazione 'Documentazione fotografica' per illustrare lo stato di fatto degli stessi.



## PARTE 5 INDAGINI PRELIMINARI

### 1 INDAGINI SULLA PAVIMENTAZIONE STRADALE

Le prove necessarie per conoscere lo stato delle pavimentazioni esistenti consistono nel prelievo di campioni di pavimentazione in conglomerato bituminoso per mezzo di carotatrice e successiva determinazione degli spessori dei vari strati. Per poter progettare correttamente la piattaforma stradale, inoltre, sono necessarie delle prove che misurino la portanza del terreno esistente in modo, durante il dimensionamento, da inserire i valori corretti nelle varie formule.

Tali controlli sono stati localizzati, sulla base dello studio svolto da PAVENCO<sup>1</sup>, a lato della carreggiata dei tratti di S.S.16 caratterizzati da valori *PCI (Pavement Condition Index)* bassi e che necessitano quindi di risanamenti profondi. La posizione delle prove sono le seguenti:

- km 149+500 dir. nord;
- km 150+500 dir. sud;
- km 151+400 dir. nord;
- km 152+100 dir. nord;
- km 153+900 dir. nord.

La prova di prelievo consiste nell'estrarre una porzione di struttura stradale (corona circolare chiamata 'carota') con una carotatrice, eseguita per abrasione attraverso una parte dello strumento composto da diamanti industriali. Questa tecnica di asportazione consente di evitare la nascita di sollecitazioni tipiche delle maniere tradizionali, come ad esempio la foratura a percussione. Al termine delle operazioni viene ricavato un foro e, all'interno della corona diamantata, la carota, la quale viene successivamente sottoposta alle diverse indagini predisposte. Nel progetto in oggetto, tali indagini consistono nella determinazione dei vari strati della pavimentazione, in modo da poter computare con assoluta certezza la quantità di struttura stradale da demolire.

La portanza del terreno, invece, viene ricavata attraverso delle prove di carico su piastra, utile per poter dimensionare al meglio gli spessori degli strati che compongono la pavimentazione. L'utilizzo sul terreno di una piastra circolare caricata con forze prefissate provoca dei cedimenti del terreno, i quali vengono utilizzati per il calcolo del modulo di deformazione  $M_d$ :

$$M_d = (\Delta p / \Delta s) \times D$$

dove  $\Delta p$  è l'incremento di carico trasmesso dalla piastra alla terra ( $N/mm^2$ ),  $\Delta s$  è il corrispondente incremento di cedimento (mm) e  $D$  è il diametro della piastra.

Al km 154+400, nell'area dove verrà realizzata la nuova rampa per l'intersezione tra la S.S. 16 e la S.S. 3bis, infine, sono state effettuate prove riguardanti la *CBR (California Bearing Ratio)* e il costipamento del

---

<sup>1</sup> PAVENCO, "Campagna di indagini non distruttive ad alto rendimento per la determinazione delle caratteristiche funzionali e strutturali delle pavimentazioni delle strade SS309-SS309dir e SS16 Adriatica", 2017.

terreno. Il coefficiente *CBR* è un indice di portanza di terre per sottofondo di pavimentazione stradale, per conoscere le caratteristiche meccaniche e di resistenza del terreno. L'indice *CBR* viene ricavato tramite una prova di penetrazione in un campione cilindrico di terra costipata secondo la procedura Proctor, descritta successivamente; viene esercitata sul campione una pressione tramite un pistone di diametro di 5 cm fatto scendere ad una velocità costante, esercitando così una pressione via via maggiore. Vengono misurate le pressioni in corrispondenza delle penetrazioni di 2,5 mm e 5 mm e riportate a dei valori di riferimento standard; l'indice *CBR* della terra è pari al massimo valore ricavato dai due rapporti.

La prova di costipamento, o prova Proctor, viene utilizzata per valutare, come dice il nome, il costipamento di un terreno, valutando l'influenza del contenuto d'acqua sullo stesso: viene determinata in particolare la massima massa volumica ottenibile per costipamento della frazione secca della terra e il corrispondente livello di umidità. La prova consiste nel disporre di un campione di terra passante al setaccio 5 della serie UNI 2332 che viene disposto in una fustella cilindrica di date dimensioni e costipato mediante un pestello di peso noto, fatto cadere per un fissato numero di volte sul materiale disposto in strati. I valori da adottare sono i seguenti:

- diametro fustella: 101.6 mm (tipo A) o 152.4 mm (tipo B) in base alla dimensione dei granuli
- altezza fustella: 116.6 mm
- peso del pestello: 2.495 kg (standard) o 4.535 kg (modificata)
- n° colpi del pestello per strato: 25 (tipo A) o 56 (tipo B)
- altezza di caduta: 30.48 cm (standard) o 45.72 cm (modificata)
- n° strati del materiale: 3 (standard) o 5 (modificata)

A costipamento ultimato si misura il contenuto d'acqua della terra e la sua densità secca, data dal rapporto tra il peso del materiale essiccato in stufa a 105 °C ed il volume dello stesso a costipamento avvenuto. La prova viene ripetuta su campioni dello stesso materiale con contenuti d'acqua via via crescenti, ottenendo diversi valori della densità secca. Inserendo in un grafico con ascisse il contenuto d'acqua e come ordinate la densità secca è possibile determinare la curva Proctor (o curva di addensamento) riconoscibile dalla classica forma a campana. Dallo studio della curva Proctor si determina il "contenuto ottimo d'acqua" in corrispondenza del quale si ha la massima densità della terra presa in esame. Il grafico ottenuto mediante i campioni con un crescente contenuto d'acqua forma una parabola con la concavità verso il basso, il massimo della curva sarà il contenuto d'acqua ottimale e la densità secca ottimale.

## 2 RISULTATI DELLE INDAGINI

In questo capitolo vengono descritti e analizzati i risultati delle prove indicate precedentemente ed effettuate da tecnici competenti.

I risultati ottenuti tramite lo studio degli strati della pavimentazione mediante prelievo di campioni tramite carotatrice vengono indicati nella tabella seguente.

Ubicazione	Ultimo strato [mm]	Strato di binder [mm]	Strato di usura [mm]
km 149+500 dir. Nord	37	98	47
km 150+500 dir. Sud	83	64	41
km 151+400 dir. Nord	112	93	39
km 152+100 dir. Nord	163	73	44

km 153+900 dir. Nord	173	47	42
----------------------	-----	----	----

Tabella 2: risultati prove prelievo di pavimentazione

Le prove di carico su piastra, a causa di difficoltà da parte dei macchinari nel raggiungere i luoghi indicati dove effettuare le prove, sono state effettuate con una piastra dinamica tipo LWD. Sono stati eseguite 4 misurazioni per ogni luogo indicato, che vengono riassunte nelle seguenti tabelle:

Drop	Radius	Load	Stress [kPa]	Deformazione	E <sub>0</sub>
1	150 mm	5.8 kN	82.1 kPa	86.1 micron	251 MPa
2	150 mm	5.7 kN	80.2 kPa	92.5 micron	228 MPa
3	150 mm	5.7 kN	80.4 kPa	100.5 micron	221 MPa
4	150 mm	5.5 kN	77.6 kPa	96.7 micron	221 MPa

Tabella 3: prova di carico km 149+500

Drop	Radius	Load	Stress [kPa]	Deformazione	E <sub>0</sub>
1	150 mm	5.8 kN	81.6 kPa	98.2 micron	219 MPa
2	150 mm	5.8 kN	82.1 kPa	102.5 micron	211 MPa
3	150 mm	5.8 kN	81.5 kPa	104 micron	206 MPa
4	150 mm	5.8 kN	82.3 kPa	107.2 micron	202 MPa

Tabella 4: prova di carico km 150+500

Drop	Radius	Load	Stress [kPa]	Deformazione	E <sub>0</sub>
1	150 mm	5.6 kN	79.1 kPa	950.4 micron	22 MPa
2	150 mm	5.6 kN	79.6 kPa	1006.8 micron	21 MPa
3	150 mm	5.6 kN	79.2 kPa	1077.6 micron	19 MPa
4	150 mm	5.6 kN	79.4 kPa	1086.7 micron	19 MPa

Tabella 5: prova di carico km 151+400

Drop	Radius	Load	Stress [kPa]	Deformazione	E <sub>0</sub>
1	150 mm	5.9 kN	83.9 kPa	304.9 micron	72 MPa
2	150 mm	5.8 kN	81.9 kPa	303.1 micron	71 MPa
3	150 mm	5.6 kN	78.6 kPa	289 micron	72 MPa
4	150 mm	5.7 kN	81.3 kPa	296.8 micron	72 MPa

Tabella 6: prova di carico km 152+100

Drop	Radius	Load	Stress [kPa]	Deformazione	E <sub>0</sub>
1	150 mm	5.7 kN	81.2 kPa	481.4 micron	44 MPa
2	150 mm	5.8 kN	82.4 kPa	447.0 micron	49 MPa
3	150 mm	5.7 kN	80.3 kPa	411.9 micron	51 MPa
4	150 mm	5.7 kN	80.8 kPa	400.6 micron	53 MPa

Tabella 7: prova di carico km 153+900

Di notevole importanza, inoltre, sono le prove per il calcolo del CBR, ovvero l'indice di portanza, dei terreni; questi indici verranno utilizzati per il dimensionamento e la verifica della pavimentazione stradale. Di seguito si riporta una tabella con indicato il CBR per tutte le prove effettuate.

Posizione	Indice di portanza CBR	
	2.5 mm	5,0 mm
<b>Km 149+800</b>	19%	23%
<b>Km 154+500</b>	11%	14%

Tabella 8: risultati CBR



## PARTE 6 STATO DI PROGETTO – INTERVENTO I

### 1 PIATTAFORMA STRADALE

La nuova sede stradale possiede tutte le caratteristiche necessarie per rientrare nella Categoria B come strade extraurbane principali a 2+2 corsie per senso di marcia. La sola differenza tra lo stato di progetto e la tipologia di strada descritta nel D.M. 5 Novembre 2001 'Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade' consiste nella larghezza dello spartitraffico.

SEZIONE TIPO IN RILEVATO - RETTIFILO  
scala 1:100

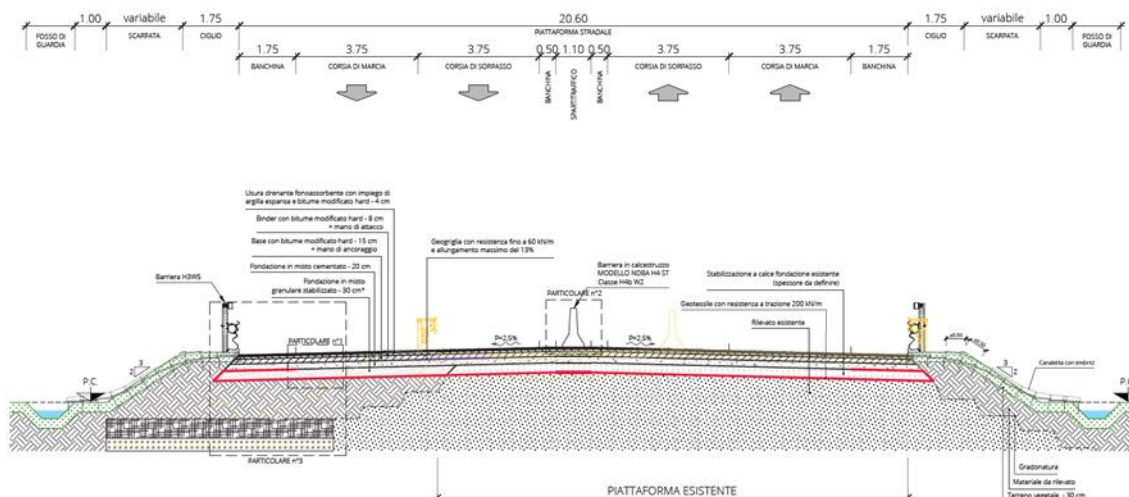


Figura 13: piattaforma stradale di progetto

La nuova piattaforma stradale, infatti, prevede uno spartitraffico di soli 1,10 m in quanto viene utilizzata una barriera new jersey in calcestruzzo di classe H4b e larghezza operativa W2 (< 0,80 m). Nelle immediate vicinanze dell'intersezione a rotatoria del km 153+300, lo spartitraffico è sostituito da dei paletti spartitraffico. Questa soluzione si è resa necessaria per avere un efficiente e corretto allontanamento delle acque meteoriche: infatti, in queste zone, non vi era la possibilità di poter inserire canalette grigliate e tubazioni di collegamento ai fossi di guardia a causa della presenza di una sovrastruttura stradale poco profonda e di muri di sostegno. Le corsie di marcia, come illustrato nel Decreto Ministeriale citato in precedenza, avranno una larghezza di 3,75 m, le banchine interne di 0,50 m e le banchine esterne di 1,75 m. La piattaforma verrà completata da dei cigli di larghezza di 1,75 m, da delle scarpate con pendenza 3/2 e da dei fossi di guardia.

### 2 STABILIZZAZIONE A CALCE

Nella zona di allargamento della piattaforma stradale, dove erano presenti i fossi di guardia, è stata prevista una stabilizzazione a calce come bonifica del terreno.

Le terre plastiche limo-argillose, stabilizzate con modesti quantitativi di calce aerea, così come l'utilizzo di cemento per i terreni a componente sabbiosa, hanno raggiunto negli ultimi tempi un elevato sviluppo tanto

da diventare la migliore soluzione tecnica, economica ed ambientale nella preparazione dei piani di posa dei rilevati.

Il trattamento a calce di una terra consiste nella miscelazione dei due componenti, eventualmente con l'aggiunta di acqua, al fine di modificare le caratteristiche meccaniche e di lavorabilità del materiale attraverso reazioni chimico-fisiche.

La tecnica del consolidamento consente l'utilizzo di materiali argillosi e/o limosi che oggi non sono più idonei per la formazione di rilevati a causa di problemi di sensibilità all'acqua che possono portare a rigonfiamento nel caso di infiltrazioni indesiderate. In genere attraverso il solo trattamento in sito del materiale si può ottenere una stabilizzazione nel tempo del materiale lavorato rendendolo insensibile alle azioni dell'acqua (sotto il profilo volumetrico) ad alle azioni del gelo-disgelo, nelle zone interessate dal fenomeno, evitando fessurazioni per formazioni di lenti ghiacciate all'interno del rilevato, raggiungendo in questo modo resistenze notevoli in ogni condizione ambientale anche per carichi elevati. Questo risultato è esprimibile in termini di incremento della capacità portante sia a breve termine che a lungo termine e di diminuzione delle deflessioni del piano viabile sovrastante in fase di esercizio.

I vantaggi della calce aerea, impiegata nella costruzione dei rilevati e loro piani di posa, per il trattamento delle terre limo-argillose sono:

- essiccazione delle terre argillose troppo umide dovuta alla reazione esotermica della calce con l'acqua, diminuzione notevole dell'indice di plasticità della terra ( $IP=LL-LP$ ) grazie al sensibile aumento del limite plastico;
- aumento della lavorabilità della terra miscelata con la calce;
- drastica riduzione dei rigonfiamenti;
- notevole incremento delle resistenze all'erosione e al gelo-disgelo;
- incremento della capacità portante e del modulo elastico.
- eliminazione della possibile contaminazione dello strato trattato da parte di particelle fini limo-argillose presenti nelle terre naturali sottostanti.

Le terre trattate con calce, correttamente costipate, aumentano gradualmente nel tempo la loro resistenza meccanica e diventano sempre meno sensibili agli eventuali danni provocati dall'acqua e dal gelo.

Dosando la calce in funzione della natura più o meno argillosa del suolo e del suo eccesso di umidità, si possono ottenere valori immediati del modulo di deformazione  $M_d$  misurati al primo ciclo di carico nell'intorno di 250-300 kg/cm<sup>2</sup>; valori decisamente superiori, per esempio 400-600 kg/cm<sup>2</sup> o più possono ottenersi già dopo alcune settimane dal costipamento, grazie allo sviluppo degli effetti a medio e lungo termine.

Per i motivi sopra citati, è stata prevista per i terreni inferiori ai fossi di guardia esistenti un riporto di materiali da bonifica per i primi 60 cm e una stabilizzazione a calce per i successivi 40 cm.

Le fasi della lavorazione della stabilizzazione a calce sono:

- stesa della calce tramite macchina spargicalce e dosaggio in percentuale stabilito in laboratorio con riferimento al suolo secco;

- polverizzazione e miscelazione devono essere attuate con diverse passate di idoneo macchinario e, quando necessario, durante o dopo la miscelazione si irrorerà la terra trattata con acqua fino a farle raggiungere il tenore ottimale per la successiva compattazione;
- compattazione finale dello strato di terra trattata con rulli lisci e dentati.

### 3 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA PAVIMENTAZIONE STRADALE

La nuova piattaforma stradale è costituita dai seguenti strati:

- Strato di usura fonoassorbente con impiego di argilla espansa e bitume modificato hard per uno spessore di 4 cm;
- Strato di binder con bitume modificato hard per uno spessore di 8 cm;
- Strato di base con bitume modificato hard per uno spessore di 15 cm;
- Strato di fondazione in misto cementato per uno spessore di 20 cm;
- Strato di fondazione in misto granulare per uno spessore di 30 cm.

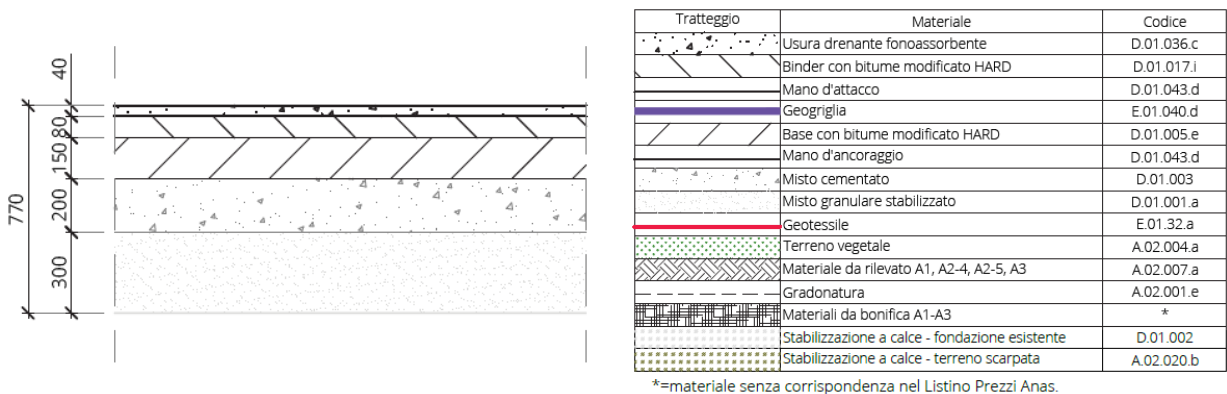


Figura 14: strati e spessori pavimentazione stradale

Sono state previste, inoltre, delle mani di attacco e di ancoraggio per assicurare al meglio la coesione tra gli strati, l'uso di geotessile e di geogriglie per aumentare e migliorare la stabilità della piattaforma. Nelle zone dove erano presenti i fossi di guardia, sostituiti ora dalla nuova piattaforma, è stata prevista una bonifica del terreno con una stabilizzazione a calce di 40 cm e con uno strato di materiale di bonifica di 60 cm.

Nei punti dove non è possibile realizzare la piattaforma completa, come appena descritta, si sono utilizzati pacchetti stradali diversi a seconda dello spazio disponibile, a causa dei vari impalcati presenti. Si rimanda alla tavola 'Sezioni tipo e particolari' per una descrizione dettagliata di tutti i pacchetti stradali presenti lungo il tracciato di progetto.

La pavimentazione così composta dovrà essere verificata utilizzando l'algoritmo di calcolo contenuto nella "Guide for design of pavement structures" dell' American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO).

#### 3.1 DESCRIZIONE DEL METODO AASHTO

Il metodo AASHTO è un metodo di tipo empirico ed è costituito da alcune relazioni che tengono conto delle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti la sovrastruttura e il numero di passaggi di assi standard del peso di 8,2 tonnellate-18 kip ( $W_{18}$ ) che la pavimentazione può sopportare prima di raggiungere un certo grado di ammaloramento finale ( $PSI_f$ ), in relazione all'affidabilità richiesta. Il numero ricavato è poi confrontato con il numero di passaggi di assi standard alla fine della vita utile ( $w_T$ ) calcolati attraverso lo spettro di traffico inserito nel "Catalogo delle Pavimentazioni Stradali" del Centro Nazionale delle Ricerche.

### **NUMERO DI ASSI EQUIVALENTI ALLA FINE DELLA VITA UTILE $w_T$**

Il traffico commerciale che si stima passare durante la vita utile della pavimentazione sulla corsia più carica si ottiene mediante la seguente relazione:

$$w_T = TGM \cdot p_{comm} \cdot \frac{(1+r)^N - 1}{r} \cdot gg \cdot C_{eq} \cdot D_D \cdot D_L \cdot D = V_{comm}^N \cdot gg \cdot C_{eq} \cdot D_D \cdot D_L \cdot D$$

dove:  $TGM$  = traffico medio giornaliero;

$p_{comm}$  = percentuale veicoli commerciali;

$r$  = tasso di incremento annuo del traffico commerciale (compreso tra 2÷3%);

$N$  = vita utile della pavimentazione (normalmente 20 anni);

$gg$  = giorni commerciali in un anno;

$C_{eq}$  = coefficiente di equivalenza;

$D_D$  = distribuzione del traffico per senso di marcia;

$D_L$  = distribuzione del traffico per senso di marcia;

$D$  = dispersione delle traiettorie (solitamente pari a 0,8).

Si ricorda che per "vita utile" si intende il numero di anni durante i quali la pavimentazione deve assicurare, attraverso normali operazioni di manutenzione, condizioni di funzionalità superiori al livello minimo accettabile, superato il quale è necessario intervenire.

Noto il numero di veicoli commerciali transitanti sulla corsia di progetto alla fine della vita utile  $V_{comm}^N$ , per calcolare il numero di assi standard equivalenti si deve far ricorso ai coefficienti di equivalenza e allo spettro di traffico suggerito dal "Catalogo delle Pavimentazioni Stradali".



La procedura si basa su 5 passi:

1. individuazione dello spettro del traffico in base alla tipologia di strada:

TIPO DI STRADA	TIPO DI VEICOLO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Tipo di veicolo	N° Assi		Distribuzione dei carichi per asse in KN													
1) autocarri leggeri	2				↓10		↓20									
2) " "	"				↓15		↓30									
3) autocarri medi e pesanti	"				↓40		↓80									
4) " " "	"				↓50		↓110									
5) autocarri pesanti	3				↓40		↓80		↓80							
6) " "	"				↓60		↓100		↓100							
7) autotreni e autoarticolati	4				↓40		↓90		↓80		↓80					
8) " "	"				↓60		↓100		↓100		↓100					
9) " "	5				↓40		↓80		↓80		↓80					
10) " "	"				↓60		↓90		↓90		↓100		↓100			
11) " "	"				↓40		↓100				↓80		↓80		↓80	
12) " "	"				↓60		↓110				↓90		↓90		↓90	
13) mezzi d'opera	"				↓50		↓120				↓130		↓130		↓130	
14) autobus	2				↓40		↓80									
15) " "	2				↓60		↓100									
16) " "	2				↓50		↓80									

Tabella 10: distribuzione dei carichi per asse dei veicoli (fonte "Catalogo delle pavimentazioni stradali" del CNR)

2. individuazione dei carichi per asse dei diversi tipi di veicoli;
3. combinazione dello spettro di traffico con la distribuzione dei carichi per asse;
4. determinazione dei coefficienti di equivalenza tra ciascun asse reale e l'asse standard tramite la formula di Yoder:

$$C_{eq} \text{ asse da } 80 \text{ KN} = \left(\frac{x}{y}\right)^4$$

dove:  $x$  = peso dell'asse  
 $y$  = carico da 80 KN

5. per ricavare il coefficiente di equivalenza finale occorre calcolare la sommatoria del prodotto di tutte le frequenze per il relativo  $C_{eq}$  asse da 80 KN.

### **NUMERO DI ASSI EQUIVALENTI AMMISSIBILI $W_{18}$**

Nella metodologia AASHTO i carichi di traffico sono rappresentati dal numero cumulato di assi standard (Equivalent Standard Axle Load – ESAL) da 8,2 tonn (18 kip); l'equazione è la seguente:

$$\log_{10}(W_T) = \log_{10}(W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$

dove:  $W_{18}$  o  $W_T$  = numero di passaggi di assi singoli equivalenti da 8,2 ton o 80 kN;

$Z_R$  = valore della variabile standardizzata legata all'affidabilità  $R$ ;

Tipo di strada	Affidabilità (%)	PSI
1) Autostrade extraurbane	90	3
2) " urbane	95	3
3) Strade extr. principali e secondarie a forte traffico	90	2.5
4) Strade extraurbane secondarie - ordinarie	85	2.5
5) " " " -turistiche	80	2.5
6) Strade urbane di scorrimento	95	2.5
7) " " di quartiere e locali	90	2
8) Corsie preferenziali	95	2.5

R[%]	50	60	70	75	80	85	90	92	95	98	99	99.9
$Z_R$	0.000	-0.253	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.645	-2.054	-2.327	-3.090

Tabella 11: affidabilità e valori della variabile standardizzata (fonte "Catalogo delle pavimentazioni stradali" del CNR)

$S_0$  = deviazione standard che tiene conto dell'errore che si commette nelle previsioni dei volumi di traffico e delle prestazioni della pavimentazione (per quelle flessibili è un valore compreso tra 0,40 e 0,50);

$PSI_{fin}$  e  $PSI_{iniz}$  = grado di efficienza della pavimentazione (*Present Serviceability Index*) ed esprime la misura dell'idoneità ad assicurare la sicurezza della circolazione e delle condizioni di confort per gli utenti; viene assunto un valore di 4,2 per quello iniziale e un valore variabile per quello finale (vedere Tabella precedente);

$M_R$  = modulo resiliente del sottofondo in [psi];

$SN$  = *structural number* in [in].

La portanza di un terreno è la sua capacità di sopportare i carichi senza che si verifichino eccessive deformazioni di tipo elasto-plastico-viscoso; tale parametro condiziona decisamente lo spessore complessivo della pavimentazione e quindi il relativo costo di costruzione a carico del committente. La portanza dipende da una serie di fattori:

- natura, porosità e contenuto d'acqua del terreno;
- entità, area di impronta, velocità e numero di applicazioni del carico.

La capacità portante può essere rappresentata con più parametri, tra i vari si è scelto di utilizzare il Modulo resiliente  $M_R$ , conoscendo il *CBR* (*California Bearing Ratio*) di progetto:

$$M_R = 10 \cdot CBR_{prog} [MPa]$$

$$M_R = 1500 \cdot CBR_{prog} [psi]$$

Lo *structural number* è un parametro che tiene conto della resistenza strutturale della pavimentazione. Esso è funzione degli spessori degli strati  $s_i$ , della "resistenza" dei materiali impiegati rappresentata, attraverso i "coefficienti strutturali di strato"  $a_i$ , e della loro sensibilità all'acqua rappresentata attraverso i "coefficienti di drenaggio"  $m_i$ . L'espressione analitica dello *structural number* è:

$$SN = \sum_i a_i \cdot m_i \cdot s_i$$

dove:  $i$  = numero degli strati costituenti la sovrastruttura stradale;  
 $a_i$  = coefficiente che esprime la capacità relativa dei materiali impiegati nei vari strati;  
 $s_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo;  
 $m_i$  = coefficiente funzione della qualità del drenaggio e della percentuale di tempo durante il quale la pavimentazione è esposta a livelli di umidità prossimi alla saturazione; siccome l'effetto che l'acqua ha sui conglomerati bituminosi è praticamente nullo si pone  $m=1$ .

### VERIFICA FINALE

Il metodo empirico si conclude verificando che il numero di assi standard che la pavimentazione può sopportare sia maggiore del numero di assi equivalenti che transitano durante la vita utile della pavimentazione:

$$w_T < W_{18}$$

### 3.2 VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE

Per il calcolo dei flussi veicolari transitanti lungo la S.S. 16 si sono tenuti conto dei dati rilevati da ANAS nei tre trimestri del 2018 in determinate sezioni. Le sezioni studiate più vicine all'area oggetto dell'intervento risultano essere Argenta, in provincia di Ferrara a 45 km di distanza da Ravenna, e Cesenatico, in provincia di Forlì-Cesena a 35 km di distanza dall'area. Considerando la media dei valori che diminuirebbe il dato e l'aumento dei veicoli previsti al completamento delle operazioni riguardanti il porto di Ravenna, si è deciso di tenere i dati rilevati a Cesenatico, aggiornate all'anno 2021 in base all'incremento annuale avuto negli anni passati e incrementati di una percentuale a favore di sicurezza.

Metodo	Anno	Trimestre	Dir.	Veicoli leggeri			Veicoli pesanti			% veicoli pesanti	Volume giornaliero di punta [veicoli/giorno]	Volume ora di punta [veicoli/ora]	
				06:00-20:00	20:00-22:00	22:00-06:00	06:00-20:00	20:00-22:00	22:00-06:00				
Rilievo	2016	1° trimestre	Sud-Nord	7522	609	951	572	22	67	7,28%	30170	2564	
			Nord-Sud	7663	758	1079	596	21	102	7,04%			
		2° trimestre	Sud-Nord	5377	512	708	406	16	53	6,72%	35097	2484	
			Nord-Sud	5299	526	635	449	18	40	7,28%			
		3° trimestre	Sud-Nord	10516	1338	2227	632	29	83	5,02%	40404	2708	
			Nord-Sud	11667	1386	2444	665	23	113	4,91%			
		4° trimestre	Sud-Nord	7686	598	931	534	20	66	6,30%	28227	2643	
			Nord-Sud	7820	771	1069	575	17	98	6,67%			
		2017	1° trimestre	Sud-Nord	7441	574	849	549	21	62	6,66%	25587	2733
				Nord-Sud	7629	731	1003	610	19	92	7,15%		
			2° trimestre	Sud-Nord	9808	1019	1515	686	29	78	6,04%	35685	2769
				Nord-Sud	10331	1128	1629	726	24	111	6,17%		
	3° trimestre		Sud-Nord	10283	1240	1950	662	27	79	5,39%	39200	2642	
			Nord-Sud	11053	1276	2133	694	24	114	5,44%			
	4° trimestre		Sud-Nord	7908	629	918	534	19	62	6,11%	28395	2658	
			Nord-Sud	7906	753	1110	565	17	92	6,45%			
	2018	1° trimestre	Sud-Nord	7518	612	850	590	21	65	7,00%	30390	2378	
			Nord-Sud	7479	686	1053	594	16	96	7,11%			
		2° trimestre	Sud-Nord	10033	1061	1559	850	35	98	7,21%	38639	2768	
			Nord-Sud	10475	1108	1683	760	22	109	6,29%			
		3° trimestre	Sud-Nord	11110	1392	2302	711	27	87	5,28%	41745	2712	
			Nord-Sud	12138	1412	2491	692	21	106	4,86%			
		4° trimestre	Sud-Nord	8114	650	975	598	20	67	6,57%	27808	2515	
			Nord-Sud	8150	774	1140	586	16	90	6,43%			
	2019	1° trimestre	Sud-Nord	8004	630	904	726	23	73	7,93%	26824	2827	
			Nord-Sud	8110	725	1070	658	19	91	7,20%			
		2° trimestre	Sud-Nord	10002	1021	1506	813	28	84	6,88%	39334	2823	
			Nord-Sud	10718	1068	1608	792	24	108	6,45%			
3° trimestre		Sud-Nord	10982	1407	2238	706	26	78	5,25%	42835	2880		
		Nord-Sud	12168	1362	2414	715	22	111	5,05%				
4° trimestre		Sud-Nord	8213	657	961	563	18	61	6,13%	29554	2408		
		Nord-Sud	8455	763	1117	585	15	91	6,27%				

Tabella 12: flussi di traffico rilevati

Metodo	Anno	Trimestre	Volume giornaliero di punta [veicoli/giorno]	Volume ora di punta [veicoli/ora]
Previsione	2020	1° trimestre	266934	2734
		2° trimestre	41105	2965
		3° trimestre	43506	2882
		4° trimestre	29345	2344
	2021	1° trimestre	26411	2777
		2° trimestre	42672	3067
		3° trimestre	44489	2941
		4° trimestre	29684	2259

Tabella 14: flussi di traffico previsti

In base alle previsioni mostrate nella tabella precedente, si è deciso di prendere come dato il volume giornaliero di punta del 3° trimestre che, incrementato di un 5% a favore di sicurezza, è pari a 46714 veicoli/giorno,  $TGM$  che verrà utilizzato nella formula per il calcolo del  $w_T$ . Sempre utilizzando una funzione previsionale, si stima una percentuale di veicoli pesanti  $p_{comm}$  del 6,75% che, incrementato a favore di sicurezza del 10% (ipotizzando un aumento maggiore rispetto ai veicoli leggeri dovuto al nuovo porto di Ravenna), risulta essere pari a 7,5%. Per il calcolo del coefficiente di equivalenza  $C_{eq}$  si è scelta una tipologia di strada extraurbana principale a forte traffico e si è riportati nella tabella seguente i valori di frequenza per ciascun tipo di veicolo.

TIPO DI VEICOLO	SPETTRO DI TRAFFICO DELLA STRADA	N° ASSI	DISTRIBUZIONE DEI CARICHI PER ASSE IN kN												TOTALE		
			10	15	20	30	40	50	60	80	90	100	110	120		130	
1) autocarri leggeri	18,2	2	0,0		0,0												0,0
2) autocarri leggeri	18,2	2		13,1		13,1											26,2
3) autocarri medi e pesanti	16,5	2					39,5			39,5							79,0
4) autocarri medi e pesanti		2						10,5				10,5					21,0
5) autocarri pesanti		3					7,9			15,8							23,7
6) autocarri pesanti		3							2,6		5,2						7,8
7) autotreni e autoarticolati		4					2,6			5,2	2,6						10,4
8) autotreni e autoarticolati		4							2,5			7,5					10,0
9) autotreni e autoarticolati		5					2,6			10,4							13,0
10) autotreni e autoarticolati		5							2,5		5,0	5,0					12,5
11) autotreni e autoarticolati		5					2,6			7,8		2,6					13,0
12) autotreni e autoarticolati		5							2,6		7,8		2,6				13,0
13) mezzi d'opera	1,6	5						0,5						0,5	1,5		2,5
14) autobus	18,2	2															0,0
15) autobus	27,3	2															0,0
16) autobus		2								10,5							21,0
TOTALE	100		0,0	13,1	0,0	13,1	55,2	21,5	10,2	89,2	15,4	20,3	13,1	0,5	1,5		253,1

Tabella 13: valori di frequenza per ciascun tipo di veicolo distribuito sui vari assi

Una volta calcolati i coefficienti di equivalenza per singolo asse con la formula di Yoder, si moltiplicano questi per la rispettiva frequenza.

PESO ASSE [kN]	FREQUENZA ASSE	$C_{eq,i}$	PASSAGGI DA 80 Kn
10	0,0	0,00024	0,00
15	13,1	0,00124	0,02
20	0	0,00391	0,00
30	13,1	0,01978	0,26
40	55,2	0,06250	3,45
50	21,5	0,15259	3,28
60	10,2	0,31641	3,23
80	89,2	1,00000	89,20
90	15,4	1,60181	24,67
100	20,3	2,44141	49,56
110	13,1	3,57446	46,83
120	0,5	5,06250	2,53
130	1,5	6,97290	10,46
TOTALE	253,1		233,48

Tabella 15: coefficienti di equivalenza

La sommatoria permette di ottenere un  $C_{eq}$  complessivo pari a 233,48. Gli altri coefficienti utilizzati vengono elencati di seguito:

$$r = 3\%;$$

$$N = 20 \text{ anni};$$

$$gg = 365 \text{ (a favore di sicurezza)};$$

$$D_D = 0,5;$$

$$D_L = 1;$$

$$D = 0,8.$$

Utilizzando i dati sopra riportati, si ottiene un  $w_T$  pari a 32.090.777 ESAL.

Per il calcolo, invece, del numero di assi standard che la pavimentazione può sopportare, si utilizzano i seguenti valori:

$$Z_R = -1,282 \text{ per una affidabilità } R \text{ pari a } 90\%;$$

$$S_0 = 0,45;$$

$$PSI_{fin} = 2,5;$$

$$PSI_{iniz} = 4,2;$$

$$M_R = 16.500 \text{ psi calcolato, utilizzando il minor CBR trovato nelle indagini, con la formula seguente}$$

$$M_R = 1500 \cdot CBR_{prog} [psi];$$

SN = calcolato nella tabella seguente.

Strato	Spessore [cm]	Materiale	$a_i$	$m_i$	SN [cm]	SN [inch]
Usura	4	Conglomerato bituminoso	0,28	1,00	1,12	0,44
Binder	8	Conglomerato bituminoso	0,38	1,00	3,04	1,20
Base	15	Conglomerato bituminoso	0,25	1,00	3,75	1,48
Cementato	20	Misto cementato	0,20	0,98	3,92	1,54
Fondazione	30	Misto granulare	0,11	0,95	3,14	1,23
TOTALE	77				14,97	5,89

Tabella 16: calcolo SN

Utilizzando i dati sopra riportati, si ottiene un  $w_{18}$  pari a 217.124.441 ESAL.

La verifica della pavimentazione stradale risulta di fatto soddisfatta in quanto

$$w_T = 32.090.777 \text{ ESAL} < W_{18} = 217.124.441 \text{ ESAL}$$

La differenza tra i due valori può verificare la pavimentazione anche nel caso di valutazioni errate riguardanti il TGM o il suo aumento, dovuto alle migliorie del porto di Ravenna, e la percentuale di veicoli pesanti presente.

Ricordando, inoltre, che lungo il tracciato vi sono diverse tipologie di pacchetti stradali, dovuti alla presenza degli impalcati delle strutture, l'elevato valore di  $w_{18}$  assicura la verifica della pavimentazione lungo tutto l'asse di progetto.

Di seguito si riporta la verifica in riferimento al pacchetto stradale più 'debole', ovvero quello posizionato al di sopra del ponte dello Scolo Lama, al km 151+650.

La pavimentazione al di sopra dell'impalcato, in questo caso, è composta da:

- Strato di usura fonoassorbente con impiego di argilla espansa e bitume modificato hard per uno spessore di 4 cm;
- Strato di binder con bitume modificato hard per uno spessore di 8 cm;
- Strato di base con bitume modificato hard per uno spessore di 11 cm;
- Impalcato in calcestruzzo armato di 20 cm.

Tutti i valori elencati per il primo caso rimangono gli stessi, ad eccezione del calcolo dello *SN*.

Strato	Spessore [cm]	Materiale	$a_i$	$m_i$	SN [cm]	SN [inch]
Usura	4	Conglomerato bituminoso	0,28	1,00	1,12	0,44
Binder	8	Conglomerato bituminoso	0,38	1,00	3,04	1,20
Base	8	Conglomerato bituminoso	0,25	1,00	2,00	0,79
Impalcato	20	CLS armato	0,30	0,98	5,88	2,31
TOTALE	40				12,04	4,74

Tabella 17: calcolo SN piattaforma stradale km 151+650

La verifica della pavimentazione stradale, anche per questo caso, risulta soddisfatta in quanto

$$w_T = 32.090.777 \text{ ESAL} < W_{18} = 45.623.317 \text{ ESAL}$$

#### 4 ANDAMENTO PLANIMETRICO

La nuova piattaforma stradale è stata realizzata tramite un allargamento della piattaforma esistente. Tale allargamento avviene unilateralmente o simmetricamente in base alla presenza dei vincoli, quali pile esistenti di cavalcavia, abitazioni, strade secondarie, corpi idrici:

- da km 148+800 a km 149+600 allargamento a est dovuto alla presenza di strade secondarie (via Vicoli) a ovest che ne comprometterebbero la realizzazione;
- da km 149+600 a km 150+000 allargamento simmetrico dovuto alla presenza delle pile del cavalcavia di via G. Savini;
- da km 150+000 a km 150+925 allargamento a ovest dovuto alla presenza di un edificio al km 150+625 lato est;
- da km 150+925 a km 151+500 allargamento lato est dovuto alla presenza delle pile del cavalcavia di Viale V. Randi e di una abitazione nelle immediate vicinanze;
- da km 151+500 a km 153+300 allargamento lato est dovuto alla presenza di un'opera strutturale sul fiume Montone (così da non modificare la parte a monte della struttura);
- da km 153+300 a km 154+200 allargamento a est dovuto alla presenza di viabilità secondaria comunale (Via Cella);
- da km 154+200 a km 154+550 allargamento simmetrico dovuto alla presenza delle pile del cavalcavia della S.S. 3bis.

L'andamento planimetrico dell'asse è caratterizzato dalla presenza di due curve principali, che seguono l'asse originario, al km 148+900 (nel collegamento tra il viadotto Faentina e l'asse oggetto dell'intervento) e al km 152+900; la prima curva ha raggio di 650,00 m, mentre la seconda di 400 m. Entrambe sono caratterizzate dalla presenza di due clotoidi, curve a raggio variabili ad inizio e fine curva, aventi fattore di scala A di 170,00 m con sviluppo di 44,46 m per la prima e fattore di scala A di 276,50 m con sviluppo di 191,13 m per la seconda.

La presenza di diverse tipologie di allargamento (ad est, ad ovest e simmetrico) e alla non perfetta linearità dell'asse stradale esistente, hanno portato ad avere un asse non rettilineo, con la presenza di piccole curve di ampio raggio nei seguenti punti:

- Curva di raggio 5000,00 m e sviluppo di 87,729 m al km 149+100;
- Curva di raggio 5200,00 m e sviluppo di 85,706 m al km 149+400;
- Curva di raggio 6000,00 m e sviluppo di 98,194 m al km 149+700;
- Punto di flesso tra due curve di raggio di 2000,00 m al km 150+000;
- Curva di raggio 40000,00 m e sviluppo di 187,121 m al km 150+300;
- Punto di flesso tra due curve di raggio (tragitto da nord a sud) di 1450,00 m e di 1100,00 m con, per entrambe, clotoidi di ingresso e di uscita con fattore A di 190,00 m e sviluppo pari a 24,897 m per la prima e 32.818 per la seconda, dal km 150+800 al km 151+100. Le due curve sono divise da un rettilineo di lunghezza 2,257 m;
- Curva di raggio 2000,00 m e sviluppo di 104,098 m al km 151+250;
- Curva di raggio 7000,00 m e sviluppo di 110,854 m al km 151+600;
- Curve di approccio alla rotatoria, la prima di raggio di 6000,00 m e la seconda di raggio di 2500,00 m, in modo da far convergere l'asse della strada al centro della rotatoria;
- Curva di raggio 7000,00 m e sviluppo di 89,557 m al km 154+100;
- Curva di raggio 8000,00 m e sviluppo di 91,378 m al km 154+400.

L'elenco appena concluso potrebbe pensare ad una elevata tortuosità della strada; i grandi raggi assunti, invece, offrono un andamento molto rettilineo, simile all'andamento esistente, con le uniche eccezioni delle curve al km 148+900, dal km 150+800 al km 151+100 e, infine, al km 152+900.

Nel costruire il nuovo asse stradale si sono tenute conto delle norme indicate nel D.M. 5 Novembre 2001 'Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade', anche trattandosi di un adeguamento di strada esistente. Per quest'ultimo motivo, dovendo inoltre rispettare determinati vincoli imposti dall'ambiente circostante e dalle altre strutture viabilistiche presenti, non è stato possibile adempiere al decreto in alcune occasioni. Le clotoidi presenti nelle curve del punto di flesso dal km 150+800 al km 151+800 non verificano tutti i criteri in quanto occorrerebbero clotoidi con un elevato sviluppo. La presenza, però, di una abitazione al km 150+700 e delle pile del cavalcavia di Viale Randi al km 151+200, unita alla limitazione di lunghezza del rettilineo tra le curve di un punto di flesso, impone un cambio di tipologia di allargamento in un breve tratto, motivo per il quale risulta impossibile adeguare le curve e le clotoide per poter avere tutti gli elementi verificati per tutte le restrizioni. Anche le clotoidi relative alla prima curva, al km 148+900, non risultano verificate in questo caso la necessità di avere una curva identica a quella esistente pone determinate condizioni che non possono essere cambiati. Non vengono verificate, infine, le distanze minimi di alcuni rettilinei in quanto anche le curve di raggio molto grande, che risultano essere quasi rettilinee, vengono considerate dal programma di modellazione come curve vere e proprie.

Trattandosi comunque di adeguamento di infrastruttura esistente, di imposizione dell'andamento planimetrico a causa della struttura esistente e dei vincoli e uniche soluzioni di allargamenti possibili, risulta necessario derogare la normativa stradale. Si rimanda alla relazione 'Relazione di sicurezza' dove l'argomento



appena citato viene descritto in maniera più dettagliata.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dell'andamento planimetrico dell'asse stradale.

TRATTO	da km	a km	lunghezza/sviluppo [m]	Raggio [m]
R1	148+800	148+846	45,996	-
CLOT1	148+846	148+890	44,462	A = 170,00
C1	148+890	148+973	82,515	650,00
CLOT2	148+973	149+017	44,462	A = 170,00
R2	149+017	149+086	68,574	-
C2	149+086	149+172	85,706	5000,00
R3	149+172	149+393	221,219	-
C3	149+393	149+479	85,706	5200,00
R3	149+479	149+655	176,557	-
C4	149+655	149+753	98,194	6000,00
R4	149+753	149+923	169,904	-
C5	149+923	150+013	89,855	2000,00
C6	150+013	150+105	90,946	2000,00
R6	150+105	150+252	147,018	-
C7	150+252	150+439	187,121	40000,00
R7	150+440	150+812	372,782	-
CLOT1	150+812	150+837	24,897	A = 190,00
C8	150+837	150+922	85,141	1450,00
CLOT2	150+922	150+947	24,897	A = 190,00
R8	150+947	150+949	2,257	-
CLOT1	150+949	150+982	32,818	A = 190,00
C9	150+982	151+070	88,367	1100,00
CLOT2	151+070	151+103	32,818	A = 190,00
R9	151+103	151+213	109,989	-
C10	151+213	151+317	104,098	2000,00
R10	151+317	151+584	267,379	-
C11	151+584	151+695	110,854	7000,00
R11	151+695	152+656	960,430	-
CLOT1	152+656	152+847	191,131	A = 276,50
C12	152+847	152+921	74,107	400,00
CLOT2	152+921	153+112	191,131	A = 276,50
R12	153+112	153+157	44,584	-
C13	153+157	153+264	106,921	6000,00



Rotatoria S.S.16 – S.S.67				
C14	153+321	153+412	91,378	2500,00
R13	153+412	154+027	614,382	-
C15	154+027	154+116	89,557	7000,00
R14	154+116	154+371	254,804	-
C16	154+371	154+505	133,543	8000,00
R15	154+505	154+661	156,315	-

Tabella 18: andamento planimetrico

Al km 153+300, dove è presente una intersezione a raso a rotatoria, sono stati previsti raccordi bi-centrici per entrambe le direzioni. Per l'asse nord si sono progettati raccordi di immissione e emissione da 20,00 m e 100,00 m; per l'asse sud, invece, un raccordo di immissione da 20,00 m e 100,00 m e un raccordo di emissione da 20,00 m e 50,00 m. Il tipo e la grandezza dei raccordi è stato scelto in base allo stato di fatto dell'intersezione e alle sue geometrie, in modo da rispettare gli spazi esistenti utilizzati.

## 5 ANDAMENTO ALTIMETRICO

L'andamento altimetrico di progetto segue sostanzialmente l'andamento dello stato di fatto, sia per ridurre l'esborso economico finale sia per rispettare l'altimetria di alcuni punti, i quali risultano essere vincolanti. La presenza di opere strutturali di grande rilevanza, dove viene eseguita solo una manutenzione straordinaria con la sostituzione dell'impalcato e la necessità di mantenere il franco con il pelo libero del corpo idrico, di una intersezione a raso al km 153+300, non rientrante nell'ambito progettuale, e di numerosi attraversamenti di cavalcavia offrono poche possibilità di modifica dell'altimetria del tratto stradale in oggetto.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva degli elementi che compongono l'andamento altimetrico dell'asse stradale:

TRATTO	h [m]	L [m]	i [%]	Raggio [m]	Sviluppo [m]
L1	-1,921	126,283	-0,015	-	-
R1	-	-	-	1851,85	25,23
L2	-0,355	223,911	-0,002	-	-
R2	-	-	-	1851,85	3,35
L3	0,074	324,755	0,000	-	-
R3	-	-	-	1851,85	5,00
L4	3,344	1143,482	0,003	-	-
R4	-	-	-	1851,85	9,73
L5	-1,356	581,518	-0,002	-	-
R5	-	-	-	1851,85	6,89
L6	0,535	385,476	0,001	-	-

R6	-	-	-	1851,85	30,07
L7	7,264	412,206	0,018	-	-
R7	-	-	-	8500,00	295,90
L8	-6,485	377,319	-0,017	-	-
R8	-	-	-	1851,85	17,06
L9	-0,798	100,000	-0,008	-	-
R9	-	-	-	1851,85	14,28
L10	-0,068	255,45	0,000	-	-
R10	-	-	-	1000,00	13,26
L11	5,625	432,959	0,013	-	-
R11	-	-	-	1000,00	17,08
L12	-0,377	92,097	-0,004	-	-
R12	-	-	-	500,00	12,04
L13	0,244	12,190	0,020	-	-

Tabella 19: andamento altimetrico da km 148+800 a km 153+300

TRATTO	h [m]	L [m]	i [%]	Raggio [m]	Sviluppo [m]
L1	-0,089	4,446	-0,020	-	-
R1	-	-	-	110,00	4,616
L2	0,055	2,488	0,022	-	-
R2	-	-	-	200,00	3,968
L3	0,002	39,599	0,022	-	-
R3	-	-	-	1000,00	4,986
L4	-0,172	61,324	-0,003	-	-
R4	-	-	-	6000,00	116,966
L5	-5,470	245,325	-0,022	-	-
R5	-	-	-	2100,00	45,222
L6	-0,649	842,621	-0,001	-	-

Tabella 20: andamento altimetrico da km 153+300 a km 154+650

Per una visualizzazione grafica degli elementi, si rimanda alle tavole di progetto 'Profilo longitudinale da km 148+800 a km 153+300' e 'Profilo longitudinale da km 153+300 a km 154+650'.

## 6 INTERSEZIONI

Il progetto in oggetto ha portato modifiche anche alle intersezioni esistenti.

Per l'intersezione a quadrifoglio al km 149+800 si è progettato un adeguamento dell'intera configurazione dello svincolo. Per evitare le pericolose zone di conflitto presenti lungo la S.S. 16 e per evitare aumenti di flussi nella viabilità comunale, si sono progettate due strade complanari posizionate di fianco alla strada

statale in modo da far avvenire all'esterno della strada principale gli scambi di manovra. Con la realizzazione delle nuove strade complanari, verranno adeguate sia le rampe interne sia le rampe esterne esistenti. Per la seconda intersezione presente, Viale V. Randi al km 151+200, si è solamente adeguato le rampe in base all'allargamento della carreggiata della S.S. 16.

La terza intersezione, ovvero la rotatoria che collega la S.S. 16 a via Ravegnana, è rimasta immutata; si sono però adeguati i due rami della S.S. 16.

Eventuali modifiche all'intersezione con via Cella al km 153+750 sono subordinate alla realizzazione di altri progetti che prevedono una nuova viabilità di Madonna dell'Albero e una ricostruzione del ponte su via Cella. In mancanza, tutt'ora, di queste ultime due peculiarità, si è garantita l'uscita dalla S.S. 16 con la realizzazione di una corsia di diversione.

Modificando la piattaforma, si sono adeguate, come già detto, le corsie di uscita e di entrata secondo tre principali criteri: geometrico, cinematico e funzionale. Il criterio geometrico prevede il dimensionamento degli elementi delle corsie specializzate secondo considerazioni che tengono conto delle forme e delle distanze degli elementi al fine di garantire la sicurezza delle manovre; il criterio cinematico prevede il dimensionamento degli elementi sulla base delle variazioni cinematiche (di velocità) a cui sono soggetti i veicoli in fase di accelerazione e decelerazione; il criterio funzionale, infine, prevede il dimensionamento degli elementi con riferimento alla domanda di traffico specializzata in relazione alle manovre consentite. Il criterio geometrico viene utilizzato per i tratti di raccordo mentre i criteri cinematici e funzionali vengono usati per dimensionare la lunghezza dei tratti di immissione e di diversione.

Le nuove corsie di accelerazione e decelerazione vengono poi raccordate alle rampe esistenti delle intersezioni.

## 6.1 CORSIA DI ENTRATA/IMMISSIONE

La corsia di entrata è caratterizzata dalla presenza di un tratto di immissione dimensionato con criterio funzionale e un tratto di raccordo dimensionato con criterio geometrico.

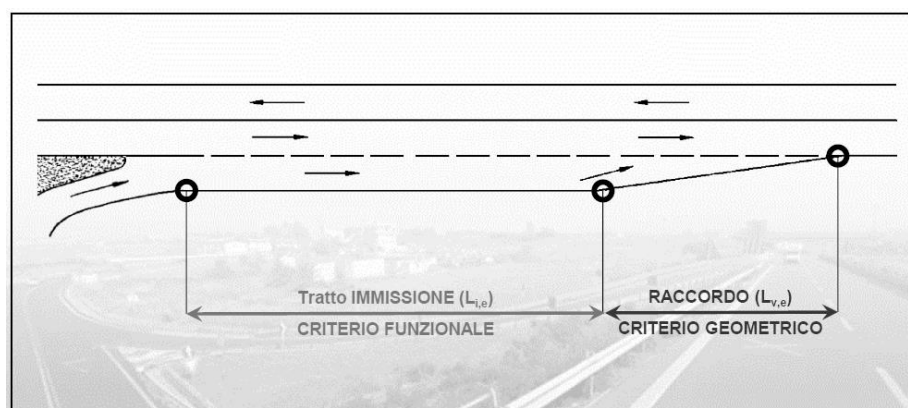


Figura 15: schema corsia di entrata

Il criterio funzionale prevede l'utilizzo dell'intervallo critico (tempo tra un veicolo e il successivo nella corsia principale al di sotto del quale non è possibile effettuare la manovra), considerato pari a 2 secondi, e della probabilità di progetto, legata alla distribuzione aleatoria dei passaggi veicolari sulla strada principale. Il

dimensionamento del tratto di immissione avviene tramite l'utilizzo della seguente tabella.

Q (vh)	AMBITO EXTRAURBANO			AMBITO URBANO			
	VELOCITA' DI PERCORRENZA DELLA CORSIA DI ATTESA						
	100 Km/h	80 Km/h	60 Km/h	50 Km/h	40 Km/h	30 Km/h	25 Km/h
	LUNGHEZZA DELLA CORSIA DI ATTESA (m)						
1200	190	150	110	90	70	60	50
1100	180	140	110	90	70	50	50
1000	180	140	110	90	70	50	50
900	170	140	100	90	70	50	40
800	170	130	100	80	70	50	40
700	150	120	90	70	60	40	40
600	150	120	90	70	60	40	40
500	130	120	80	60	60	40	30
400	110	100	70	60	50	30	30
300	90	80	60	50	40	30	30
200	80	60	50	40	30	25	20
100	40	30	25	20	15	10	10

Tabella 21: criterio funzionale ( $T_{cr} = 2$  s)

In base ai flussi futuri, calcolati al capitolo 3.2, pari a 1610 veich/h e ad una velocità di percorrenza della corsia di attesa posta a 40 km/h, come per le corsie esistenti, la lunghezza del tratto di immissione sarà di 70 m.

Il criterio geometrico per il dimensionamento del tratto di raccordi dipende dalla velocità di progetto e dalla larghezza della corsia di entrata  $d$ :

$$R = \frac{2 L_{v,e}^2}{9 d}$$

Il valore di  $L_{v,e}$  varia in base alla velocità di progetto: se quest'ultima è minore di 60 km/h il suo valore sarà di 20 m, altrimenti 30 m.

Per il progetto di allargamento della S.S. 16 la lunghezza  $L_{v,e}$  è pari a 30 m e il raggio, avendo una corsia di entrata di 4 m, è pari a 50 m e, avendo una corsia di 3,50 m, pari a 57 m.

La geometria del tratto di raccordo viene illustrato nella figura seguente.

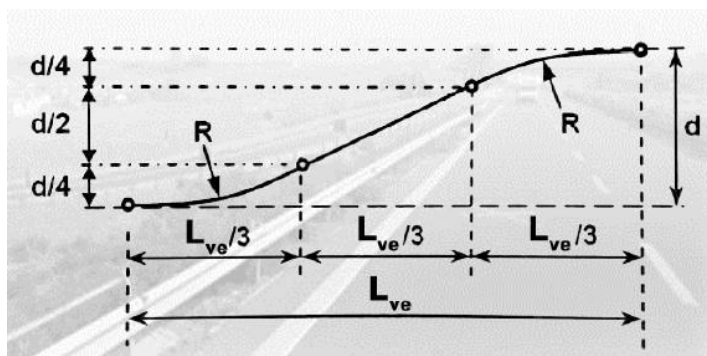


Figura 16: geometria raccordo in ingresso

## 6.2 CORSIA DI USCITA/DIVERSIONE

La corsia di uscita è caratterizzata dalla presenza di un tratto raccordo dimensionato con criterio geometrico e di un tratto di diversione dimensionato con criterio cinematico.

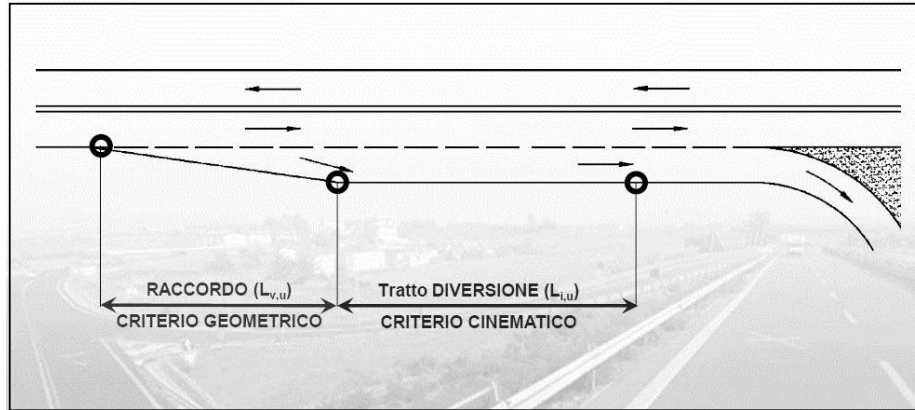


Figura 17: schema corsia di uscita

Il tratto di raccordo utilizza il criterio geometrico, molto simile a quello utilizzato in precedenza per la corsia di immissione. Il raggio del raccordo sarà pari a:

$$R = \frac{2 L_{v,u}^2}{9 d}$$

dove la lunghezza  $L_{v,u}$  è pari a 20 m in ambito urbano e 30 m in ambito extraurbano.

Per il progetto di allargamento della S.S. 16 la lunghezza  $L_{v,u}$  è pari a 30 m e il raggio è pari a:

- 61,50 m se la larghezza della corsia di uscita è di 3,25 m;
- 57 m se la larghezza della corsia di uscita è di 3,50 m;
- 50 m se la larghezza della corsia di uscita è di 4 m;
- 44,50 m se la larghezza della corsia di uscita è di 4,50 m.

La geometria del tratto di raccordo viene illustrato nella figura seguente.

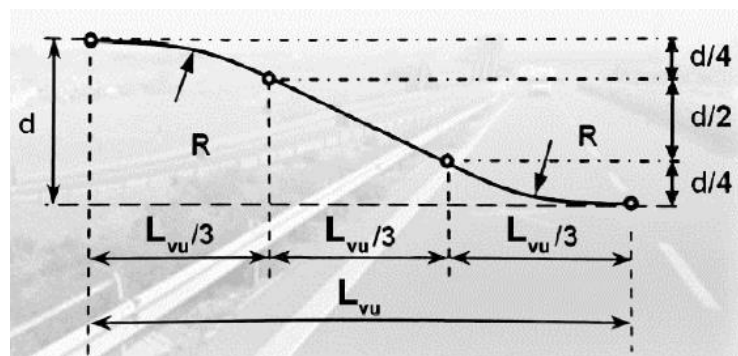


Figura 18: geometria raccordo in uscita

Il criterio cinematico prevede l'utilizzo di una formula basata sullo spazio necessario per la decelerazione:

$$L_{i,u} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26 * d_c} - \frac{1}{2} L_{v,u}$$

dove:  $V_1$  = velocità di progetto del flusso [km/h];

$V_2$  = velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione verso l'altra strada, pari a 40 km/h;

$d_c$  = decelerazione, pari a 3 m/s<sup>2</sup> per strade di tipo A e B (quando per queste ultime si utilizzano valori di aderenza longitudinale corrispondenti al tipo A), pari a 2 m/s<sup>2</sup> per tutte le altre strade;

$L_{v,u}$  = lunghezza del tratto di raccordo [m].

Essendo  $V_1$  per strade extraurbane principali di categoria B pari a 120 km/h e  $L_{v,u}$  pari a 30 m, la lunghezza del tratto di diversione  $L_{i,u}$  risulta essere pari a 150 m. Ritenendo il risultato appena trovato troppo elevato, dovendo anche tenere conto degli ostacoli ai lati della carreggiata, si è impostata una velocità  $V_1$  pari a 100 km/h, velocità più realistica per la corsia di marcia, trovando una lunghezza del tratto di diversione pari a 90 m.

### 6.3 PSEUDO-CORSIA DI USCITA

Qualora non vi sia spazio sufficiente per la realizzazione di una intera corsia di uscita, come ad esempio per l'uscita lungo la direttrice sud-nord verso la S.S. 3bis al km 154+550, si prevede una deviazione ad ago fino a che la sagoma del veicolo non sia totalmente uscita dalla carreggiata principale. Questa soluzione risulta giustificabile in presenza di flussi di traffico medi; vista, però, la vicinanza della rampa esistente e le pile del cavalcavia che compromettono la realizzazione di una corsia normale d'uscita, per non avere un tratto di decelerazione troppo ristretto, si è scelta questa pseudo-corsia di uscita.

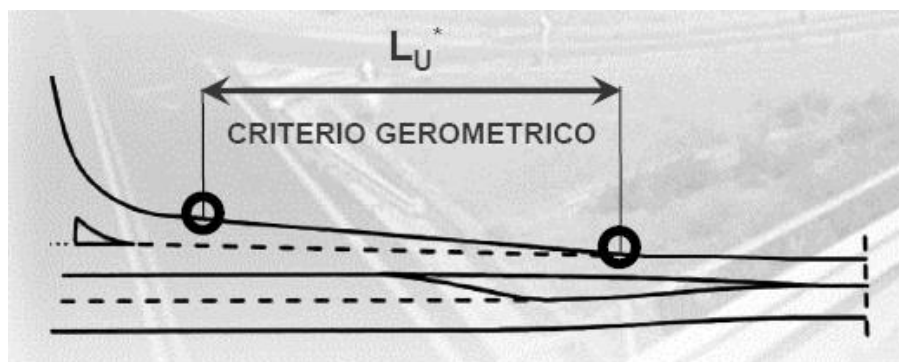


Figura 19: schema pseudo-corsia di uscita

La lunghezza della corsia di decelerazione può essere presa pari a 45 m in ambito urbano e 55 m in ambito extraurbano o calcolata con un criterio geometrico con la seguente formula:

$$L_U^* = \frac{d^*}{p}$$

dove  $d^*$  è la larghezza della sezione terminale della pseudo-corsia e  $p$  è l'inclinazione dell'ago, la quale può essere compresa fra 1/15 e 1/10.

Avendo una corsia della rampa esistente pari a 4 m, nell'unico caso presente indicato precedentemente, e scegliendo una inclinazione dell'ago pari 1/15, la lunghezza della pseudo-corsia risulta essere pari a 60 m. Per aumentare la sicurezza della manovra e usufruire di tutto lo spazio presente, si è deciso di aumentare la lunghezza della corsia portandola a 80 m.



#### 6.4 LUNGHEZZA DI SCAMBIO STRADA COMPLANARE

La riconfigurazione dell'intersezione a quadrifoglio tra la S.S. 16 e Via Savini prevede la realizzazione di due strade complanari, ciascuna posta a lato della strada statale principale.

La caratteristica principale di una complanare utilizzata come zona di scambio delle traiettorie è la lunghezza; quest'ultima viene definita come la distanza tra il punto ubicato nel triangolo di immissione dove la distanza fra il margine destro della carreggiata corrente dista 0.60 m dal margine sinistro della rampa di immissione ed il punto del triangolo di uscita dove i rami distano 3.60 m.



Figura 20: definizione lunghezza zona di scambio

Il dimensionamento della lunghezza della zona di scambio può essere affrontato tramite criteri funzionali di distribuzione probabilistica dei distanziamenti temporali tra i veicoli in marcia e l'introduzione di una portata virtuale o attraverso abachi in base alla velocità di scambio, quindi in base al livello di qualità dello scambio (scadente, sufficiente, buono o ottimo), alla portata veicolare e alla probabilità relativa al tempo di attesa.

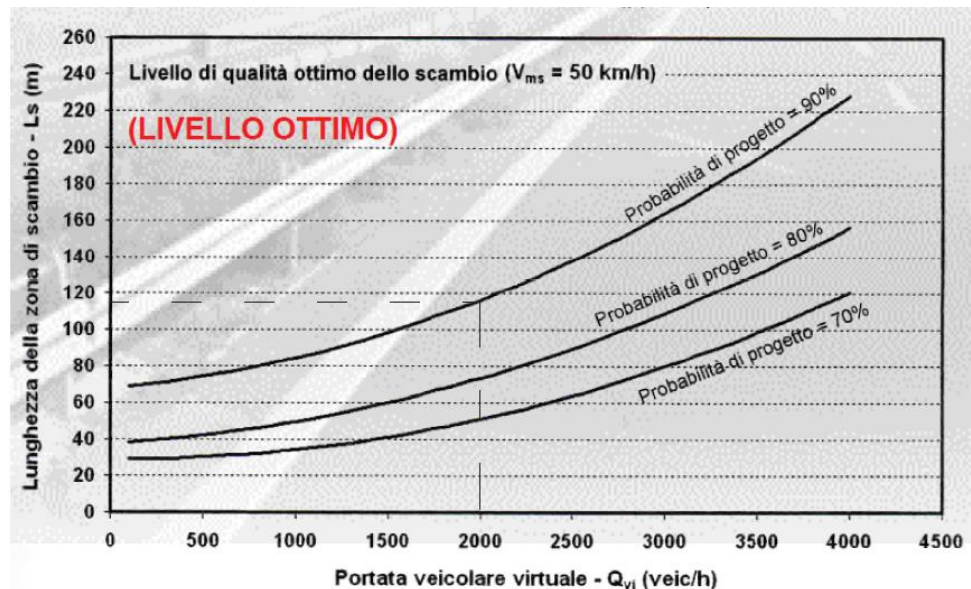


Figura 21: abaco per la determinazione della lunghezza della zona di scambio a livello ottimo

Ipotizzando un flusso molto maggiore rispetto a quello esistente, con un tempo di attesa minore, la lunghezza della zona di scambio risulta essere circa 120,00 m.

## 6.5 RAMPE

A seguito della realizzazione delle nuove corsie di ingresso e uscita, queste ultime dovranno essere raccordate alle rampe esistenti dell'intersezione. Il raccordo planimetrico è stato progettato con lo scopo di avere dei raggi di curvatura simili a quelli esistenti, cercando di mantenere invariato il comfort per i conducenti. Il raccordo altimetrico, invece, avviene mantenendo la stessa pendenza delle rampe esistenti.

La progettazione, invece, delle nuove rampe viene indicata e descritta nella parte seguente.

## 7 BYPASS E PIAZZOLE DI SOSTA

I by-pass, o zone di interscambio, sono delle aree, lungo le infrastrutture stradali, nelle quali è presente uno spartitraffico dove è possibile effettuare, in caso di necessità, uno scambio di carreggiata. Questi, come indicato del D.M. 5 Novembre 2001, dovranno essere posizionati in linea di massima ogni 2 km e potranno avere una classe operativa inferiore rispetto alla classe dello spartitraffico utilizzato. L'uso di specifici new-jersey, non movibili, nel progetto, come indicato al capitolo 1, comporta l'uso di appositi elementi per la creazione di varchi aventi una maggiore larghezza operativa. Per questo motivo, i varchi sono stati posizionati in punti con la minor probabilità di incidente, lungo i rettili, e distanti dalle intersezioni presenti; i manufatti per la realizzazione dei varchi verranno posizionati, quindi, alle seguenti chilometriche:

- Km 149+100;
- Km 150+700;
- Km 152+400
- Km 154+000.

Lungo la S.S. 16 sono presenti delle piazzole di sosta che verranno riprogettate con l'allargamento della piattaforma stradale e, in alcuni casi, ricollocate in posizioni più idonee. Le nuove piazzole di sosta saranno distanti circa 1 km, come quelle esistenti, tranne dove sono presenti stazioni di servizio utili allo stesso scopo.

Lungo la direttrice Ferrara-Rimini, si è eliminata la prima piazzola e se ne è progettata una ex-nova poco prima dello svincolo della S.S. 3bis; le piazzole di sosta saranno posizionate alle seguenti chilometriche:

- Km 149+200;
- Km 150+300;
- Km 151+600;
- Km 152+500;
- Km 154+200;
- Km 154+800 (fuori area di intervento).

La distanza fra la terz'ultima e la penultima piazzola di sosta supera il chilometri imposto dal progetto ma risulta essere l'unica soluzione percorribile a causa della presenza di infrastrutture strutturali, intersezioni, viabilità secondaria e poco spazio di occupazione.



Lungo la direzione Rimini-Ferrara, invece, si sono eliminate un paio di piazzole che risultavano eccessive e se ne sono ri-localizzate un altro paio a causa della presenza di vari ostacoli o della presenza della nuova rampa dell'intersezione con la S.S. 3bis. Le nuove piazzole di sosta si trovano alle chilometriche:

- Km 149+300 (utilizzo della stazione di servizio presente come piazzola di sosta);
- Km 150+250 (utilizzo della stazione di servizio presente come piazzola di sosta);
- Km 150+800;
- Km 152+200;
- Km 153+850;
- Km 154+800 (fuori area di intervento).

Anche in questo caso, come per la direttrice Ferrara-Rimini, se la distanza fra due piazzole di sosta supera il chilometro è a causa della presenza di numerosi ostacoli.

Le dimensioni delle piazzole di sosta saranno uniformate con forma trapezoidale con base minore di 25 m, base maggiore di 65 m e larghezza di 3,50 m. La banchina situata lungo il perimetro della piazzola sarà di 0,50 m. Tali misure sono prese dall'art. 4.3.6 del DM 5 Novembre 2001.

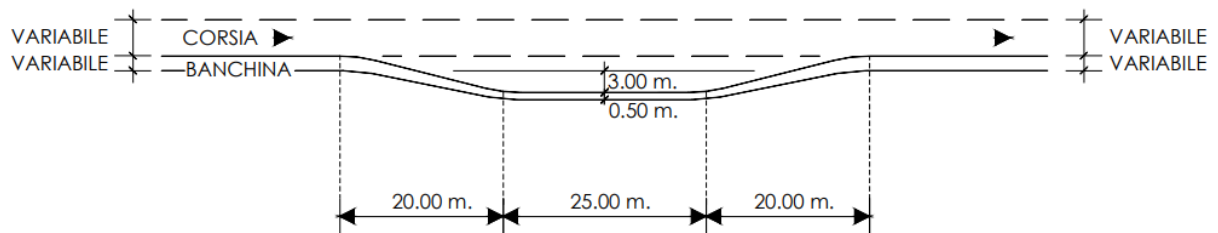


Figura 22: configurazione piazzola di sosta

## 8 ACCESSI E VIABILITA' SECONDARIA

Con la realizzazione dell'allargamento della piattaforma stradale, si sono modificati anche gli accessi secondari descritti nello stato di fatto:

- Km 148+800 direzione sud: il percorso alternativo, a seguito della chiusura dell'accesso, utilizza l'intersezione a quadrifoglio, Via G. Savini e Via A. Torre per giungere in Via Vicoli;
- Km 150+860 e Km 150+940 direzione nord: in questo caso, utilizzando lo svincolo a rombo e, successivamente, Via V. Randi, Via dell'Otello e Viale della Lirica, si è realizzato un accesso ex-novo a nord delle proprietà per permettervi l'accesso;
- Km 152+470 direzione nord e sud: per entrambi gli accessi, il percorso alternativo prevede l'utilizzo della rotonda al km 153+300 per raggiungere le aree agricole attraverso Via Ravegnana e Via Argine Destro Montone. Per l'accesso direzione nord si è prolungato la strada secondaria esistente che dà accesso all'impianto di e-distribuzione e ad un edificio privato, per l'accesso in direzione sud, invece, si è realizzata una strada di continuità fondiaria/istituzione di servitù;

- Km 153+400 direzione sud: il percorso alternativo utilizza la rotatoria al km 153+300, Via Ravegnana e Via Cella o, qualora venga realizzata la nuova viabilità di Madonna dell'Albero, si potrà realizzare un quarto ramo della nuova rotatoria;
- Km 153+670 e Km 154+000 direzione nord: il percorso alternativo prevede il transito tramite via Cella e la realizzazione di un nuovo tratto stradale che colleghi quest'ultima all'area della ditta presente;
- Km 154+250 e Km 154+350 direzione nord: accessi che verranno espropriati in quanto situati all'interno dell'area dell'INTERVENTO II.

Nella seguente tabella vengono riassunti gli accessi appena descritti con le corrispondenti scelte progettuali:

Km	Dir.	Accesso	Stato attuale	Scelta progettuale
148+800	Sud	-	inutilizzato	da chiudere, percorso alternativo esistente
149+502	Sud	autorizzato	chiuso	-
149+517	Sud	autorizzato		
150+860	Nord	-	utilizzato	da chiudere, percorso alternativo e nuovo accesso
150+940	Nord	-	(ingresso ditta)	
151+160	Sud	da verificare	chiuso	-
151+640	Nord	-	chiuso	
152+470	Sud	-	utilizzato	da chiudere, percorso alternativo e nuovo accesso
152+470	Nord	da verificare	(ingresso agricolo)	
152+575	Sud	-	chiuso	-
153+400	Sud	non rilevato	utilizzato (ingresso via)	da chiudere, percorso alternativo futuro
153+670	Nord	da verificare	utilizzato (ingresso ditta)	da chiudere, percorso alternativo e nuovo accesso
154+000	Nord	da verificare		
153+950	Sud	da verificare	inutilizzato	da chiudere
154+250	Nord	da verificare	utilizzato	da espropriare
154+350	Nord	autorizzato	chiuso	

*Tabella 22: riepilogo accessi*

Oltre alla presenza di accessi secondari, sono presenti delle viabilità secondarie, alcune della quali interessate dall'allargamento della sede stradale. Le viabilità secondarie presenti sono elencate di seguito:

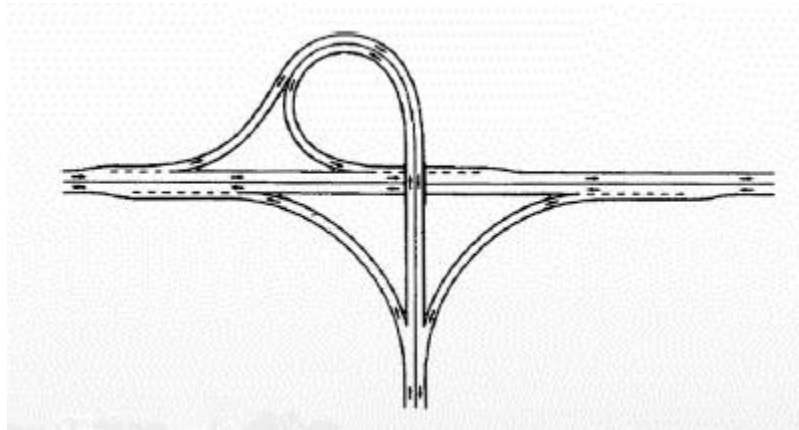
- km 149+400, Via Vicoli, dir. Nord e dir. Sud;
- km 150+650, Via Fiume Abbandonato, dir. Nord e dir. Sud;

- da km 151+300 a km 151+800, viabilità centro commerciale 'ESP', dir. Sud;
- km 152+050, viabilità secondaria per accesso alla centrale elettrica, dir. Nord;
- da km 153+600 a km 153+700, SP 27, dir. Sud;
- km 154+070, Via Vicolo Vecchio, dir. Sud.

Per una descrizione dettagliata degli interventi riguardanti la sistemazione degli accessi si rimanda alla 'Relazione Accessi e Viabilità Secondaria'.

## PARTE 7 STATO DI PROGETTO – INTERVENTO II

L'intervento II consiste nella modifica dell'intersezione al km 154+550 dove la S.S. 16 si collega alla S.S. 3bis attraverso una intersezione a livelli sfalsati a salto di montone simmetrico. A causa della pericolosità dell'incrocio di traiettorie e delle zone di conflitto, è stata dismessa la rampa più ad est ed è stata realizzata una nuova rampa che permettesse l'immissione nella S.S. 16 direzione nord più a nord della rampa di uscita; in questo modo si avrà uno svincolo a trombetta, eliminando i difetti appena descritti.



*Figura 23: esempio svincolo a trombetta*

### 1 SEZIONE TIPO

La rampa monodirezionale avrà una corsia di larghezza di 4,00 m, con entrambe le banchine esterne di larghezza pari ad 1,00 m.

La nuova rampa avrà due diverse tipologie di piattaforma stradale. Nel primo tratto, caratterizzato dalla presenza della strada esistente e dell'impalcato della struttura di cavalcavia, si è deciso di effettuare il solo rifacimento degli strati superficiali di conglomerato bituminoso (strato di base, strato di binder e strato di usura). La seconda piattaforma stradale presente, invece, realizzata per il tratto successivo all'impalcato, sarà la medesima usata per la ricostruzione della S.S. 16:

- Strato di usura fonoassorbente con impiego di argilla espansa e bitume modificato hard per uno spessore di 4 cm;
- Strato di binder con bitume modificato hard per uno spessore di 8 cm;
- Strato di base con bitume modificato hard per uno spessore di 15 cm;
- Strato di fondazione in misto cementato per uno spessore di 20 cm;
- Strato di fondazione in misto granulare per uno spessore di 30 cm.

Questa piattaforma risulta verificata in quanto i flussi di traffico transitanti sulla rampa saranno sicuramente minori rispetto a quelli transitanti sulla S.S. 16 e utilizzati per la verifica nel capitolo 'Dimensionamento e verifica pavimentazione stradale'.

La pendenza trasversale della piattaforma sarà diversa in base ai tratti planimetrici. Nella parte iniziale e finale la pendenza sarà la stessa della strada esistente, nel primo caso, e della strada in cui ci si immette, nel secondo caso. Nella parte centrale, invece, vi sarà la massima possibile in curva, con i tratti intermedi formati dalle clotoidi che raccorderanno le diverse pendenze.

## 2 CARATTERISTICHE RAMPA

Le caratteristiche della nuova rampa dipendono dalla velocità di progetto e dal tipo delle strade formanti l'intersezione.

TIPO	A/A; A/B; A/D		A/C; A/E; B/B; B/C; B/D; B/E; D/C; D/D; D/E	
<b>Diretta</b>	50-80 km/h		40-60 km/h	
<b>Semidiretta</b>	40-70 km/h		40-60 km/h	
<b>Indiretta</b>	In uscita da A	40-70 km/h	In uscita dalla strada di livello gerarchico superiore	40-60 km/h
	In entrata su A	30-70 km/h	In entrata sulla strada di livello gerarchico superiore	30-60 km/h

Tabella 23: velocità di progetto rampe

La velocità di progetto, essendo una rampa semidiretta che collega due strade di tipo B, può essere presa all'interno dell'intervallo 40-60 km/h; per omogeneità con la seconda rampa esistente, si è scelta una velocità di progetto di 40 km/h.

Scelta la velocità di progetto, è possibile, tramite la tabella seguente, trovare le caratteristiche principali della rampa.

Velocità di Progetto (km/h)		30	40	50	60	70	80
<b>Raggio planimetrico minimo (m)</b>		25	45	75	120	180	250
<b>Pendenza longitudinale massima (%)</b>	<b>Salita</b>	10	7	7	5	5	5
	<b>Discesa</b>	10	8	8	8	6	6
<b>Raccordi verticali Rmin (m)</b>	<b>Convessi</b>	500	1000	1500	2000	2800	4000
	<b>Concavi</b>	250	500	750	1000	1400	2000
<b>Pendenza Trasversale</b>	<b>Minima</b>	2.5					
	<b>Massima</b>	7					
<b>Distanza di visuale libera minima (m)</b>		25	35	50	70	90	115

Tabella 24: caratteristiche di progetto rampe

Le caratteristiche di progetto della nuova rampa, quindi, saranno le seguenti:

- Raggio planimetrico minimo: 45,00 m;
- Pendenza longitudinale massima in salita: 7,00%;
- Pendenza longitudinale massima in discesa: 8,00%;
- Raggio minimo raccordi verticali convessi: 1'000,00 m;

- Raggio minimo raccordi verticali concavi: 500,00 m;
- Pendenza trasversale minima: 2,50%;
- Pendenza trasversale massima: 7,00%;
- Distanza di visuale libera minima: 35,00 m.

Strade Extraurbane				
Elemento modulare	Strada princip.	Larghezza corsie (m)	Larghezza banchina in dx (m)	Larghezza banchina in sx (m)
Corsie di uscita e immissione	A	3.75	2.50	-
	B	3.75	1.75	-
Rampe monodirezionali	A 2 corsie x 3.50	1 corsia: 4.00	1.00	1.00
	B 2 corsie x 3.50	1 corsia: 4.00	1.00	1.00
Rampe bidirezionali	A	1 corsia: 3.50	1.00	-
	B	1 corsia: 3.50	1.00	-

Tabella 25: caratteristiche corsia rampa

### 3 ANDAMENTO PLANIMETRICO

Una rampa di una intersezione a livelli sfalsati è composta, dal punto di vista planimetrico, in vari tronchi.

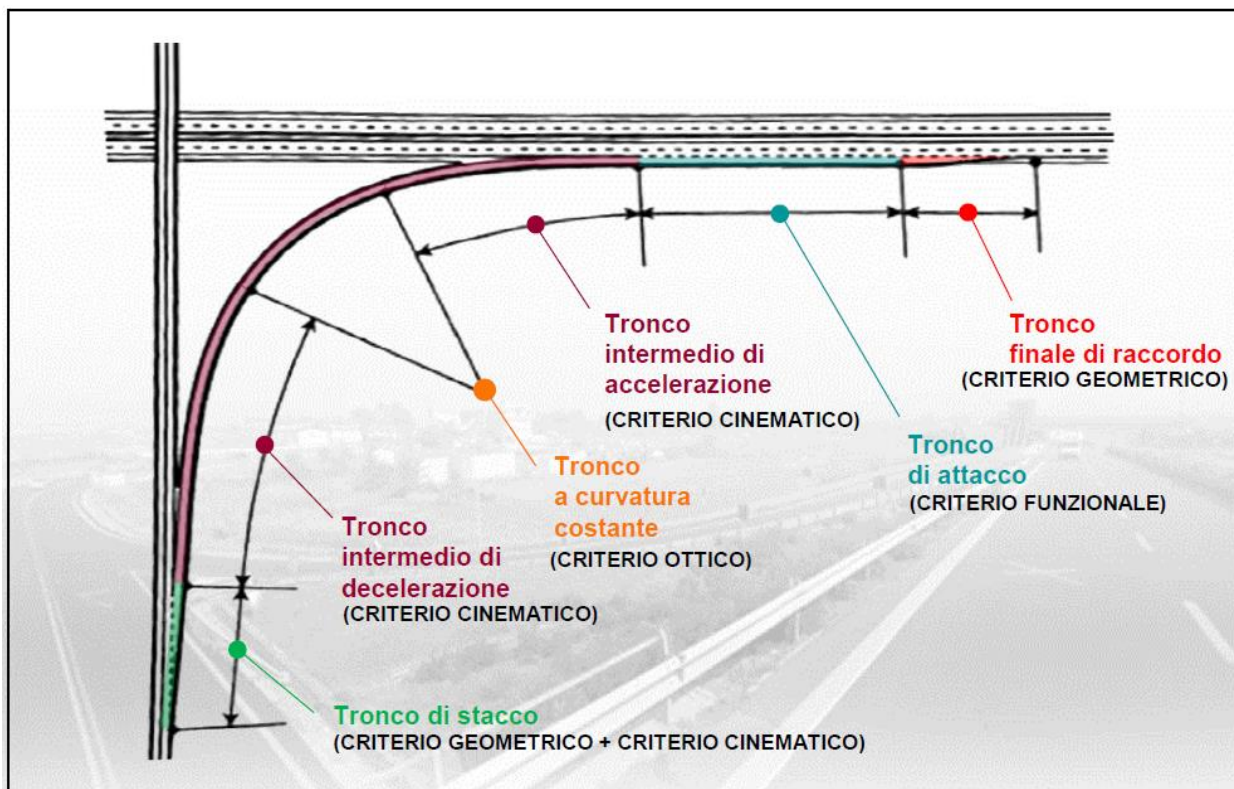


Figura 24: elementi planimetrici rampa



### 3.1 TRONCO DI STACCO

Nell'intervento in oggetto, dove la corsia di marcia della S.S. 3bis diventa essa stessa la rampa di collegamento con la S.S. 16, non è prevista la progettazione del tronco di stacco.

### 3.2 TRONCO INTERMEDIO DI DECELERAZIONE

Il tronco intermedio di decelerazione di dimensiona con il criterio cinematico utilizzando le iperclotoidi, ovvero curve a raggio variabili che approssimano al meglio le curve di frenatura.

L'equazione delle curve iperclotoidi è la seguente:

$$A^{n+1} = r * s^n$$

dove  $n$  è il parametro di forma determinato in funzione del rapporto tra le velocità iniziali e finali del tronco ( $N$ ) e del rapporto tra i raggi iniziali e finali, tenendo conto dell'accelerazione trasversale lungo l'arco di frenatura.

	K = 3.0	K = 5.0	K = 7.0	K = 10.0	K = 20.0	K = 50.0	K = 100.0	K = ∞
N = 1.3	n = 100 $\Delta a_t = 0.013$	n = 4.5 $\Delta a_t = 0.008$	n = 3.0 $\Delta a_t = 0.012$	n = 2.4 $\Delta a_t = 0.015$	n = 1.9 $\Delta a_t = 0.022$	n = 1.7 $\Delta a_t = 0.029$	n = 1.6 $\Delta a_t = 0.033$	n = 1.5 $\Delta a_t = 0.041$
N = 1.4	n = 100 $\Delta a_t = 0.046$	n = 36 $\Delta a_t = 0.009$	n = 5.8 $\Delta a_t = 0.012$	n = 3.6 $\Delta a_t = 0.018$	n = 2.5 $\Delta a_t = 0.027$	n = 2.0 $\Delta a_t = 0.036$	n = 1.9 $\Delta a_t = 0.042$	n = 1.7 $\Delta a_t = 0.054$
N = 1.5		n = 100 $\Delta a_t = 0.000$	n = 40 $\Delta a_t = 0.014$	n = 6.7 $\Delta a_t = 0.020$	n = 3.3 $\Delta a_t = 0.031$	n = 2.4 $\Delta a_t = 0.043$	n = 2.2 $\Delta a_t = 0.050$	n = 1.8 $\Delta a_t = 0.067$
N = 1.6				n = 29.0 $\Delta a_t = 0.021$	n = 4.8 $\Delta a_t = 0.034$	n = 3.0 $\Delta a_t = 0.049$	n = 2.6 $\Delta a_t = 0.058$	n = 2.0 $\Delta a_t = 0.080$
N = 1.8					n = 21.0 $\Delta a_t = 0.039$	n = 4.9 $\Delta a_t = 0.059$	n = 3.7 $\Delta a_t = 0.071$	n = 2.4 $\Delta a_t = 0.105$
N = 2.0					n = 100 $\Delta a_t = 0.097$	n = 10.6 $\Delta a_t = 0.066$	n = 5.7 $\Delta a_t = 0.081$	n = 2.8 $\Delta a_t = 0.130$
N = 2.2					n = 100 $\Delta a_t = 0.188$	n = 100 $\Delta a_t = 0.078$	n = 10.7 $\Delta a_t = 0.089$	n = 3.2 $\Delta a_t = 0.153$
N = 2.5					n = 100 $\Delta a_t = 0.341$	n = 100 $\Delta a_t = 0.203$	n = 100 $\Delta a_t = 0.121$	n = 3.8 $\Delta a_t = 0.187$
N = 3.0					n = 100 $\Delta a_t = 0.633$	n = 100 $\Delta a_t = 0.454$	n = 100 $\Delta a_t = 0.339$	n = 5.0 $\Delta a_t = 0.238$

Tabella 26: valori del fattore di forma

La lunghezza del tronco viene calcolata con la formula seguente:

$$L_{D,(s)} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26 * d_c}$$

dove:  $V_1$  = velocità di progetto all'inizio del tronco a curvatura variabile [km/h];

$V_2$  = velocità di progetto all'inizio del tronco a curvatura costante [km/h];

$d_c$  = decelerazione, pari a 3 m/s<sup>2</sup> per strade di tipo A e B, pari a 2 m/s<sup>2</sup> per tutte le altre strade.

Per quanto riguarda la velocità di progetto  $V_1$  all'inizio del tronco, non è propriamente corretto utilizzare la velocità di progetto della S.S. 3bis (120 km/h) in quanto è presente poco prima una divisione delle due

corsie di marcia. Per evitare quindi una lunghezza smisurata del tronco intermedio di decelerazione e, comunque, avere un buon fattore di sicurezza, si utilizza una  $V_1$  pari a 90 km/h.

Essendo quindi  $V_1$  pari a 90 km/h e  $V_2$  (velocità di progetto scelta) pari a 40 km/h,  $L_{D,(S)}$  risulta pari a 83,35 m.

### 3.3 TRONCO A CURVATURA COSTANTE

Il tronco centrale della rampa, caratterizzato da una curvatura costante, viene dimensionato con il criterio ottico dove, con riferimento alla velocità di progetto della curva, la corretta percezione si realizza con uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,50 secondi.

La lunghezza del tronco è ricavabile dalla formula seguente, in funzione della velocità di progetto.

$$L_{cmin} = \frac{2,5 * V_2}{3,6}$$

La lunghezza minima del tratto a curvatura costante, prendendo una velocità pari a 40 km/h, è pari a 30,00 m.

### 3.4 TRONCO INTERMEDIO DI ACCELERAZIONE

Come per il tronco di decelerazione, anche per il tronco intermedio di accelerazione viene utilizzato il criterio cinematico per la progettazione utilizzando la formula seguente.

$$L_{A(E)} = \frac{V_E^2 - V_2^2}{26 * a}$$

dove:  $V_E$  = velocità di entrata nel tronco di attesa, assunta come 80% della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette [km/h];

$V_2$  = velocità di progetto alla fine del tronco a curvatura costante [km/h];

$a$  = accelerazione, pari a 1 m/s<sup>2</sup>.

Utilizzando una  $V_E$  pari a 96 km/h (80% della velocità di progetto della S.S. 16, ovvero 120 km/h) e una  $V_2$  pari a 40 km/h, si ottiene una lunghezza del tratto pari a 293,00 m.

### 3.5 TRONCO DI ATTACCO

Il tronco di attacco corrisponde al tratto di immissione della corsia di entrata e prevede l'utilizzo dell'intervallo critico e della probabilità di progetto legata alla distribuzione aleatoria dei passaggi veicolari tramite il criterio funzionale.

Per la scelta della lunghezza di questo tronco della rampa si è tenuto conto della tabella mostrata per la corsia di immissione e si è presa una lunghezza pari a 170,00 m. Ritenuta questa distanza eccessiva, sia dal punto di vista tecnico sia rispetto alle corsie esistenti presenti, e vista la presenza di un tratto di raccordo di 75 m (vedi capitolo seguente), si è scelto un tronco di attacco con lunghezza pari a 100 m.

### 3.6 TRONCO FINALE DI RACCORDO

Anche in questo caso, il tronco finale di raccordo viene dimensionato come il raccordo della corsia di entrata utilizzando un criterio geometrico.

La lunghezza del tratto è di 75,00 m, in quanto si ha una velocità di progetto maggiore di 80 km/h; la larghezza della corsia di entrata è fissata in 4,00 m come deciso precedentemente; il raggio dei tratti curvilinei, quindi, è pari a 312,5 m.

#### 4 ANDAMENTO ALTIMETRICO

L'andamento altimetrico di una rampa può avere diverse configurazioni.

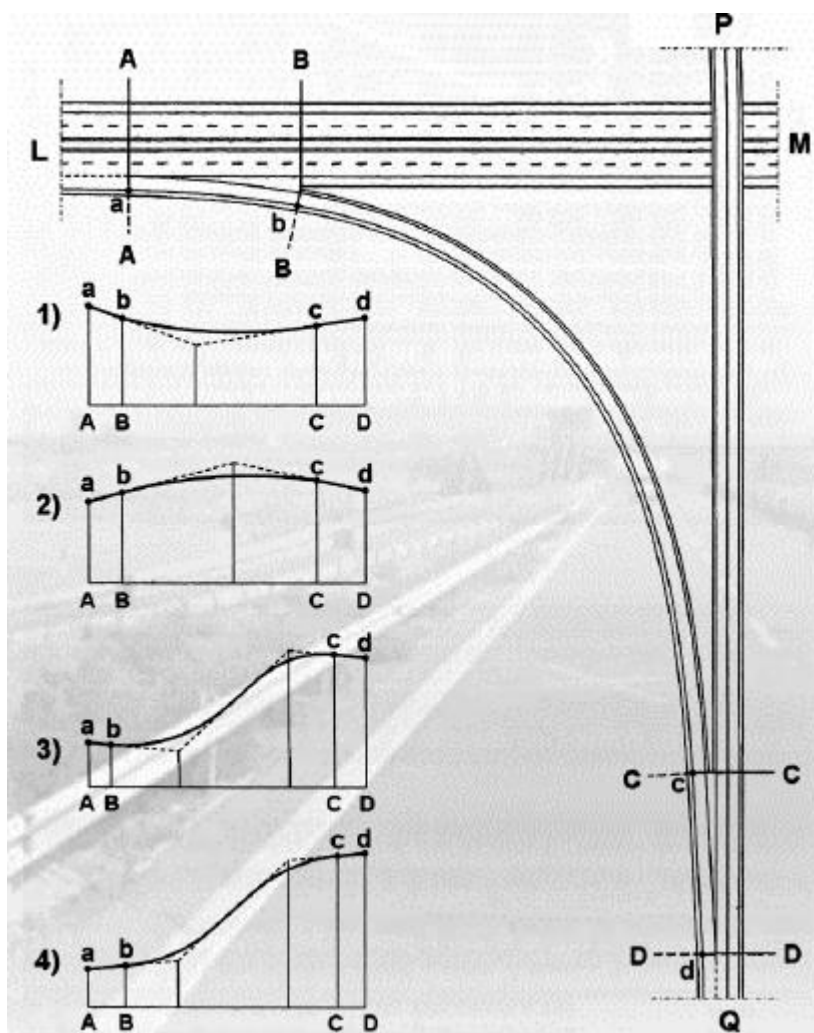


Figura 25: configurazione altimetria rampa

Per l'intervento in oggetto, realizzazione di una rampa di collegamento fra due assi stradali posti a quote diverse, si ricade nei casi 3 e 4 indicati nella figura precedente. La soluzione progettuale scelta ricade nella numero 4, in modo da avere un andamento simile alla rampa esistente che non verrà eliminata.

Nella progettazione altimetrica della rampa si è cercato di rispettare le seguenti regole (sempre sulla base

delle configurazioni della figura precedente), oltre a quelle indicate in normativa:

- le tangenti ai raccordi verticali nei punti *b* e *c* del tratto di rampa in cui si trova lo sfalsamento devono coincidere rispettivamente con la livelletta iniziale e finale della rampa;
- il punto di origine di un raccordo verticale può al massimo coincidere con il punto *b* e, analogamente, la sezione finale di un raccordo può, al limite, essere posta in corrispondenza del punto *c*;
- il tracciamento del profilo della rampa è riferito al ciglio esterno.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva degli elementi che compongono l'andamento altimetrico dell'asse stradale:

TRATTO	h [m]	L [m]	i [%]	Raggio [m]	Sviluppo [m]
R1	-	-	-	2800,00	37,820
R1	6,375	425,641	0,015	-	395,311
L2	-	-	-	1500,00	22,930

*Tabella 27: andamento altimetrico rampa Intervento II*

## PARTE 8 INTERFERENZE

Lungo il tracciato della S.S. 16, all'interno dell'area oggetto di intervento, sono presenti numerose interferenze di sottoservizi, di proprietà di diverse aziende. In questa parte di relazione si elencheranno i sottoservizi presenti e le scelte di progettazione di rilocazione o di protezione.

Di seguito si propone una tabella, con indicate le varie interferenze, derivante dagli archivi Anas in merito alle concessioni permesse alle varie società e alle planimetrie ricevute dagli stessi enti.

Km.	Tipo Utanza	Stato	Ragione Sociale
149,200	LINEA ELETTRICA	ATTIVATA	E-DISTRIBUZIONE S.P.A.
149,410	TELECOMUNICAZIONE	SOSPESA	TELECOM ITALIA S.P.A.
149,423	FOGNATURA	PRATICA VARIATA	COMUNE DI RAVENNA
149,423	FOGNATURA	ATTIVATA	HERA S.P.A.
149,598	GASDOTTO	ATTIVATA	HERA S.P.A.
149,650	GASDOTTO	ATTIVATA	HERA S.P.A.
149,835	LINEA ELETTRICA	ATTIVATA	E-DISTRIBUZIONE S.P.A.
150,147	TELECOMUNICAZIONE	SOSPESA	TELECOM ITALIA S.P.A.
150,268	ACQUEDOTTO	IN CORSO DI ISTRUTTORIA	HERA S.P.A.
150,600	GASDOTTO	ATTIVATA	HERA S.P.A.
150,690	TELECOMUNICAZIONE	ANNULLATA	-
150,690	LINEA ELETTRICA	ANNULLATA	-
150,731	LINEA ELETTRICA	ANNULLATA	-
151,213	GASDOTTO	ATTIVATA	HERA S.P.A.
151,213	FOGNATURA	ATTIVATA	HERA S.P.A.
152,060	LINEA ELETTRICA	ANNULLATA	E-DISTRIBUZIONE S.P.A.
152,060	LINEA ELETTRICA	SOSPESA	E-DISTRIBUZIONE S.P.A.
152,590	LINEA ELETTRICA	ATTIVATA	E-DISTRIBUZIONE S.P.A.
153,290	ACQUEDOTTO	ATTIVATA	HERA S.P.A.
153,303	TELECOMUNICAZIONE	SOSPESA	TELECOM ITALIA S.P.A.
153,320	TELECOMUNICAZIONE	SOSPESA	TELECOM ITALIA S.P.A.
153,370	LINEA ELETTRICA	ATTIVATA	E-DISTRIBUZIONE S.P.A.
153,701	TELECOMUNICAZIONE	SOSPESA	TELECOM ITALIA S.P.A.
154,069	GASDOTTO	ATTIVATA	HERA S.P.A.
154,070	LINEA ELETTRICA	ATTIVATA	E-DISTRIBUZIONE S.P.A.
154,070	LINEA ELETTRICA	ATTIVATA	E-DISTRIBUZIONE S.P.A.
154,100	FOGNATURA	ATTIVATA	HERA S.P.A.

*Tabella 28: elenco interferenze - Fonte Anas*

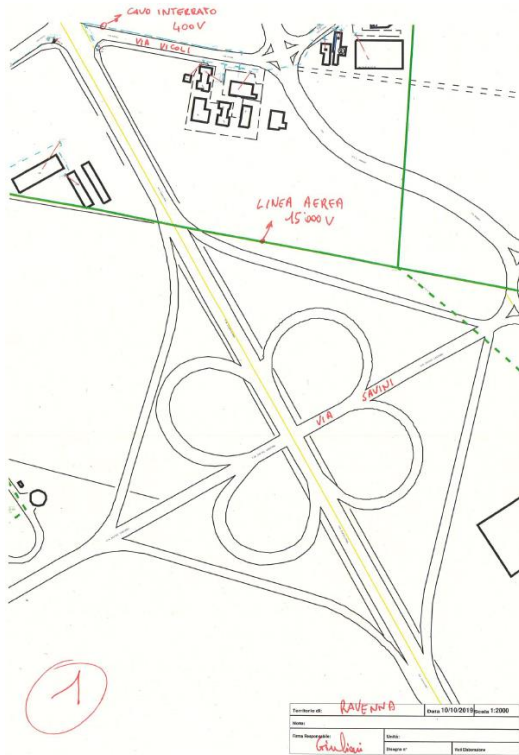
### 1 E-DISTRIBUZIONE S.P.A.

Contattata l'azienda, le planimetrie inviateci risultano avere le interferenze attive posizionate in chilometriche diverse rispetto a quelle indicate nella tabella sopra riportata. Di seguito si riportano la tabella con le chilometriche indicate dai tecnici Enel e le planimetrie fornite da questi ultimi.

Km.	Tipo Utanza	Tipologia
149,000	LINEA ELETTRICA	Aerea
149,650	LINEA ELETTRICA	Aerea
150,690	LINEA ELETTRICA	Interrata
152,060	LINEA ELETTRICA	Interrata
152,060	LINEA ELETTRICA	Interrata
152,060	LINEA ELETTRICA	Interrata
152,060	LINEA ELETTRICA	Interrata
152,060	LINEA ELETTRICA	Interrata
154,070	LINEA ELETTRICA	Interrata
Rampa	LINEA ELETTRICA	Aerea

*Tabella 29: elenco interferenze - Fonte E-distribuzione S.p.A.*







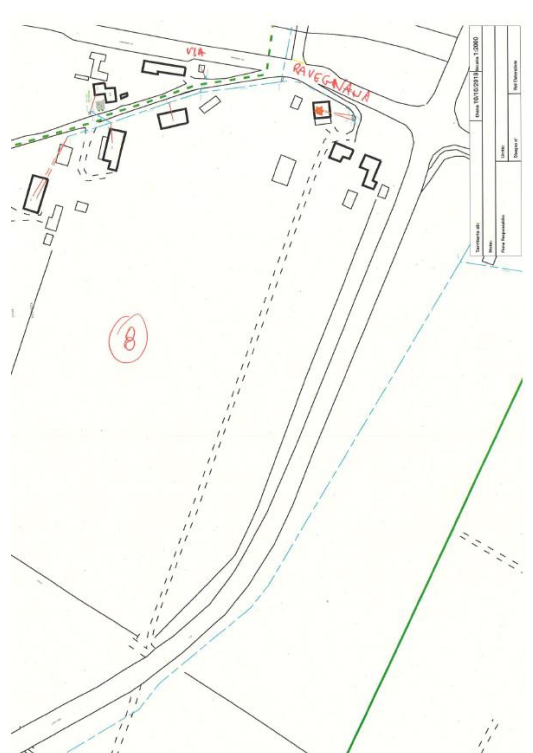
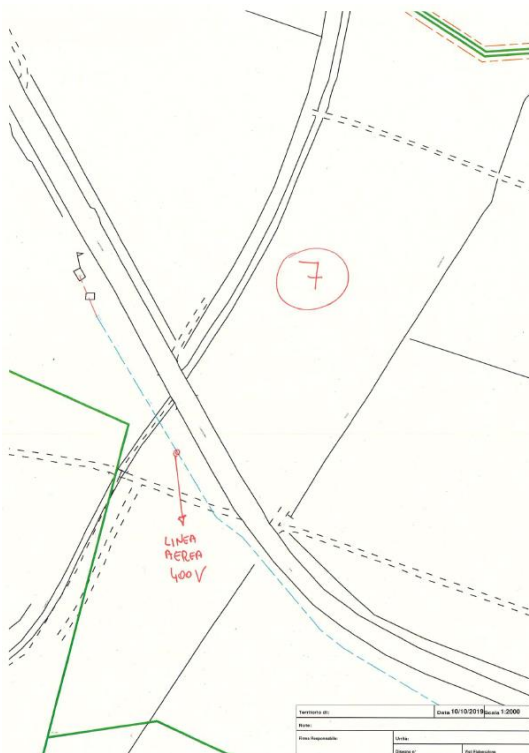
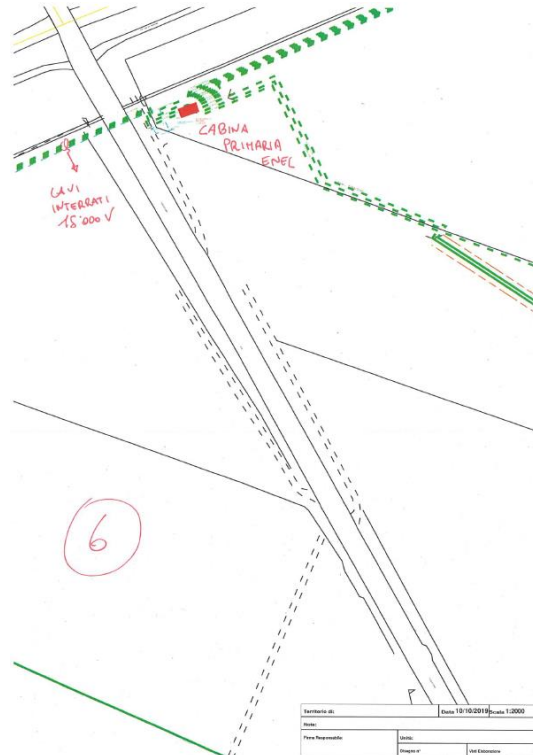
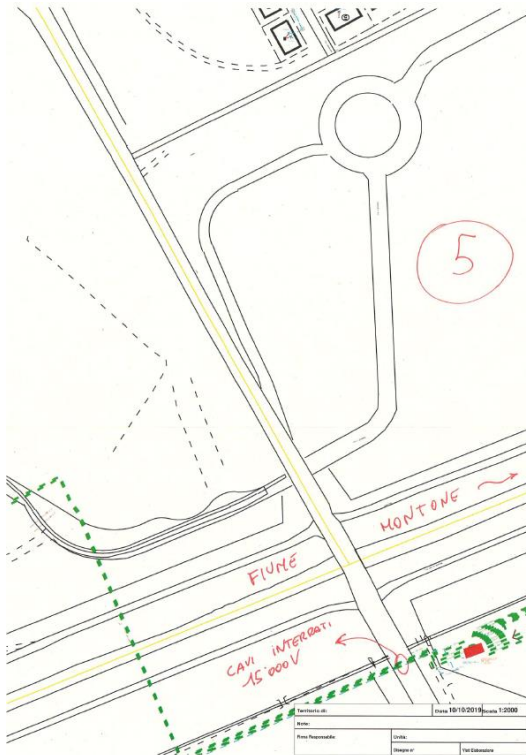




Figure 26: planimetrie interferenze - Fonte E-distribuzione S.p.A.

Le linee aeree, collocate ad una altezza di circa 7,50 m, e le linee interrato, poste a circa 1,00 m di profondità, sono attraversate da una corrente di 15000 V. Oltre alle linee intersecanti l'asse planimetrico della S.S.16, vi sono linee, poste nelle immediate vicinanze, che creano comunque evidenti interferenze:

- al km 149+450, lungo via Fiume Abbandonato, è presente una linea elettrica interrato con corrente a 400 V la quale, visto l'allargamento ad est della sezione, comporta una interferenza;
- dal km 152+600 al km 153+000 è presente una linea aerea con corrente a 400 V la quale, visto l'allargamento verso l'interno curva, non comporta alcuna interferenza;
- circa al km 154+400 è presente una linea aerea con corrente a 400 V che interseca le rampe esistenti poste ad est dell'intersezione fra la S.S. 16 e la S.S. 3bis la quale, visto il progetto di realizzazione di una nuova rampa, comporta una interferenza.

Le linee aeree, poste ad una altezza di 7,50 m, come precedentemente scritto, non comportano effettive interferenze alla progettazione dell'allargamento della sede stradale; i tralicci presenti, inoltre, sono posizionati a distanza. Di questi ultimi, solo il traliccio posto al km 154+350, nell'area compresa tra la rampa esistente da mantenere e la rampa di progetto, potrebbe interferire durante i lavori di realizzazione della rampa oggetto dell'intervento 2.

## 2 TERNA S.P.A.

L'unica interferenze presente di proprietà della società Terna S.p.A. è situata al km 152+150. Si tratta di un elettrodotto aereo che non interferisce nel progetto, ma potrebbe interferire durante i lavori di realizzazione dell'allargamento della piattaforma stradale della S.S. 16. Di seguito si riporta un estratto della planimetria inviata dai tecnici di Terna S.p.A..

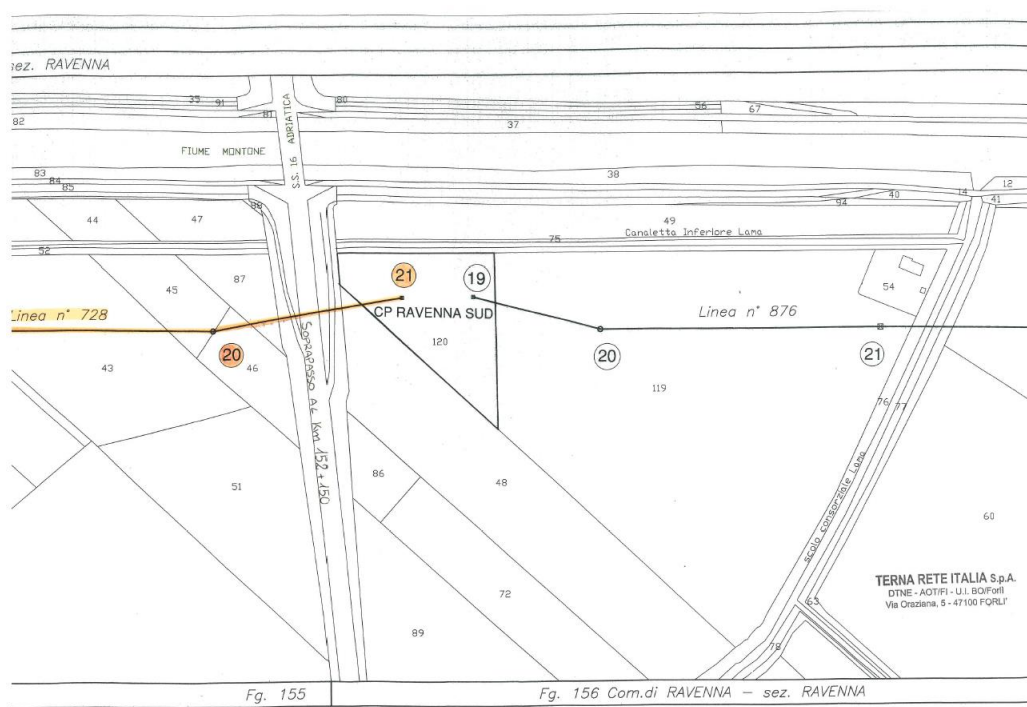


Figura 27: planimetria interferenza - Fonte Terna S.p.A.

## 3 OPEN FIBER S.P.A.

Al km 150+600 è presente una infrastruttura interferente di tipo microtunneling, quindi interrata, alla profondità maggiore di 3,00 m comprendente 3 tubi di diametro pari a 0,063 m. Di seguito si riporta un estratto della planimetria inviata dai tecnici di Open Fiber S.p.A. Nella planimetria risulta evidente un errore: la chilometrica indicata risulta errata e da sostituire con la km 150+600.



Figura 28: planimetria interferenza - Fonte Open Fiber S.p.A.

#### 4 HERA S.P.A. E TELECOM S.P.A.

Per quanto riguarda l'infrastruttura di Hera S.p.A. e di Telecom S.p.A. si sono considerate le interferenze, come richiesto dal Committente Anas, elencate nelle concessioni di Anas stessa, sia quelle attive sia, a favore di sicurezza, quelle sospese o annullate.

Si rimanda alla planimetria 'Planimetria dei sottoservizi interferenti' per una illustrazione grafica del posizionamento delle interferenze. In tale elaborato grafico non sono state inserite due interferenze presenti dal km 153+270 al km 153+320 in quanto attraversano la S.S. 16 all'altezza dell'intersezione a rotatoria con via Ravennana, area esclusa dagli interventi in oggetto.

#### 5 SNAM S.P.A.

Durante la realizzazione del progetto definitivo dell'allargamento della piattaforma stradale della S.S. 16, è stato concesso alla società Snam S.p.A. di realizzare una nuova linea elettrica intersecante la strada oggetto di intervento al km 152+761.

L'interferenza risulta, dalle tavole di progetto, essere causata da una futura tubazione posta a circa 6,00 m di profondità rispetto all'asse stradale esistente.

Per evitare futuri interventi di riposizione dell'impianto, presa visione da parte dello scrivente delle tavole di progetto, si è chiesto di assicurare un franco libero di circa 5,00 m dal punto finale della scarpata esistente lungo il lato ovest della S.S. 16 e di circa 25,00 dall'asse strada esistente lungo il lato est. Tali franchi

risultano indispensabili visti i futuri lavori di allargamento della piattaforma stradale e di realizzazione di nuove scarpate e nuovi fossi di guardia.

SEZ. A-B scala 1: 200

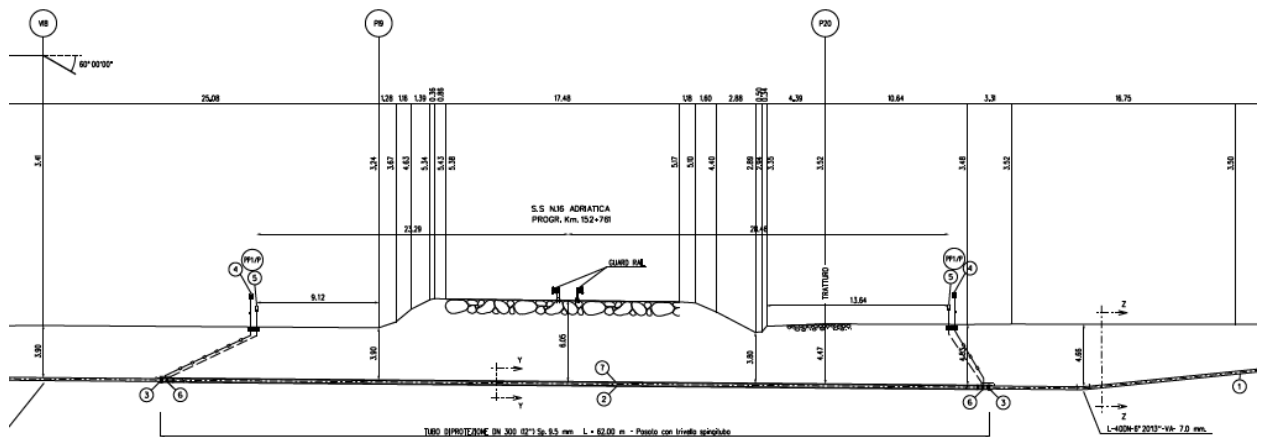


Figura 30: sezione interferenza futura – Fonte Snam S.p.A.

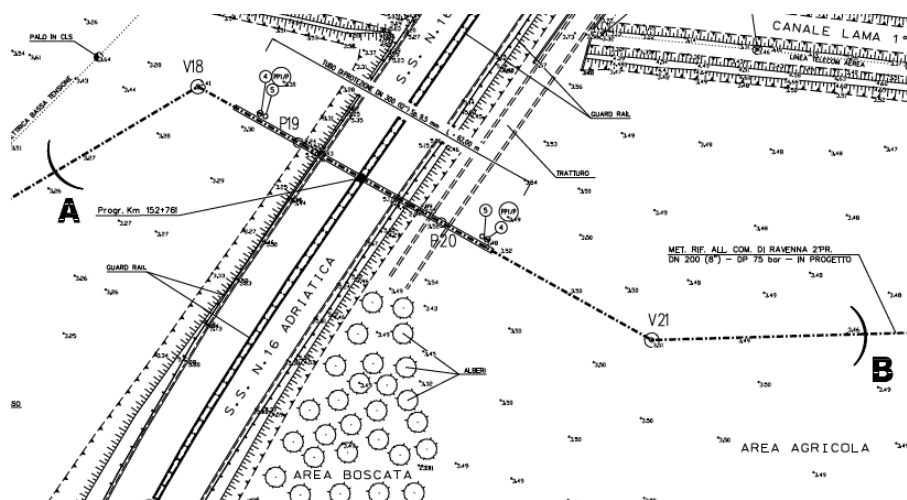


Figura 29: planimetria interferenza futura – Fonte Snam S.p.A.

## 6 SCELTE PROGETTUALI

Per le interferenze aeree, di fatto non interferenti con la realizzazione dell'allargamento stradale, non sono state prese in considerazione rilocalizzazioni e/o interventi di protezione. La presenza di linee aeree e di tralicci, comunque, potrebbero causare interferenze e situazioni di pericolo durante le fasi di realizzazione delle opere in progetto; sarà premura del coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione dei lavori predisporre idonee protezioni o motivate accortezze per eliminare ogni possibile pericolo.

Per le interferenze interraste, come per le aeree, non sono state previste rilocalizzazioni in quanto le tubazioni e le condotte, infatti, non possono essere spostate in modo da non interferire con la S.S. 16 e quindi con il progetto. Per questo motivo sono state previste piastre di protezione in cemento armato per le tubazioni



aventi profondità inferiore di 1,50 m; in questo modo, il peso della nuova piattaforma stradale non graverà sulle tubazioni esistenti ma verrà redistribuito in modo da non causare danni alle interferenze interrato presenti.



## PARTE 9 CANTIERIZZAZIONE

### 1 AREE DI CANTIERE FISSE

Data l'elevata lunghezza della strada oggetto di allargamento, l'importanza e la tipologia della piattaforma stradale, che impediscono una chiusura totale di tratti di S.S. 16, sono state ipotizzate più aree di cantiere lungo tutta l'area di intervento.

La scelta delle aree da utilizzare come 'centro delle lavorazioni', aree per uffici, spogliatoi e bagni e aree per lo stoccaggio dei materiali è dipesa dalla presenza di aree attualmente, come in futuro, non utilizzate o da aree, che verranno temporaneamente occupate, poste in posizioni strategiche, utilizzandole per effettuare più fasi.

Le aree di cantiere fisse saranno posizionate nelle seguenti posizioni:

- Km 149+800 dir. Nord nell'area libera dell'intersezione tra la S.S. 16 e Via Savini;
- Km 149+800 dir. Sud nell'area libera dell'intersezione tra la S.S. 16 e Via Savini;
- Km 151+200 dir. Nord nell'area libera dell'intersezione tra la S.S. 16 e Viale Randi;
- Km 152+350 dir. Nord;
- Km 152+350 dir. Sud;
- Km 153+950 dir. Sud;
- Km 154+400 dir. Nord nell'area libera dell'intersezione tra la S.S. 16 e la S.S. 3bis.

### 2 FASI DI CANTIERIZZAZIONE

Per la realizzazione dell'allargamento della S.S. 16 si è suddiviso il tracciato oggetto dell'intervento in diverse fasi. Questo fatto dipende dal fatto di non voler chiudere completamente al traffico l'intera, o una porzione, di strada statale, di non voler chiudere al traffico tratti di strada troppo lunghi e di voler lasciare sempre una metà di carreggiata libera al deflusso veicolare.

Per i motivi sopra citati, si sono ipotizzate le seguenti fasi di realizzazione dell'allargamento stradale:

- da km 148+800 a km 149+900 dir. Nord;
- da km 148+800 a km 149+900 dir. Sud;
- da km 149+900 a km 151+150 dir. Nord;
- da km 149+900 a km 151+150 dir. Sud;
- da km 151+150 a km 152+400 dir. Nord;
- da km 151+150 a km 152+400 dir. Sud;
- da km 152+400 a km 153+300 dir. Nord;
- da km 152+400 a km 153+300 dir. Sud;
- da km 153+300 a km 154+661 dir. Nord;
- da km 153+300 a km 154+661 dir. Sud.

Al momento della realizzazione dell'opera, in base anche al periodo dell'anno, allo stato futuro dell'epidemia in corso e a possibili future altre lavorazioni in ambito provinciale o comunale in prossimità della S.S. 16, sarà premura della Direzione Lavori modificare le suddette fasi e/o creare delle 'sub-fasi'.

In aggiunta, per non aumentare il tempo totale di ultimazione degli interventi, è possibile realizzare due o più fasi contemporaneamente, sempre nel rispetto della normativa riguardante la segnalazione stradale dei cantieri e della sicurezza dei conducenti.

### **3 GESTIONE DEL TRAFFICO**

Durante le fasi di realizzazione dell'allargamento della strada statale, il traffico transitante nel lato carreggiata chiuso per le lavorazioni verrà reindirizzato nella corsia di sorpasso del senso di marcia opposto. Nel contempo, il flusso di traffico opposto verrà fatto transitare sulla sola corsia di marcia.

La segnaletica orizzontale e verticale di avviso, di chiusura della corsia di marcia e di deviazione del flusso su carreggiata aperta è indicata, insieme alle distanze di posizionamento dei segnali, nelle tavole all'interno del "Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo – Decreto 10 luglio 2002". All'interno di tale disciplinare, oltre la descrizione dei principi del segnalamento temporaneo e delle caratteristiche dei segnali, sono allegati delle tavole grafiche con indicata la segnaletica da adottare per qualsiasi lavoro da effettuare all'interno della sede stradale.

La chiusura della corsia di sorpasso nel lato di carreggiata libero avverrà secondo la tavola 17 del disciplinare. La chiusura dell'intero lato della carreggiata, invece, dove verranno effettuati i lavori avverrà secondo le modalità previste dalle tavole 25, come per quanto riguarda il rientro del flusso veicolare nella loro sede originaria.

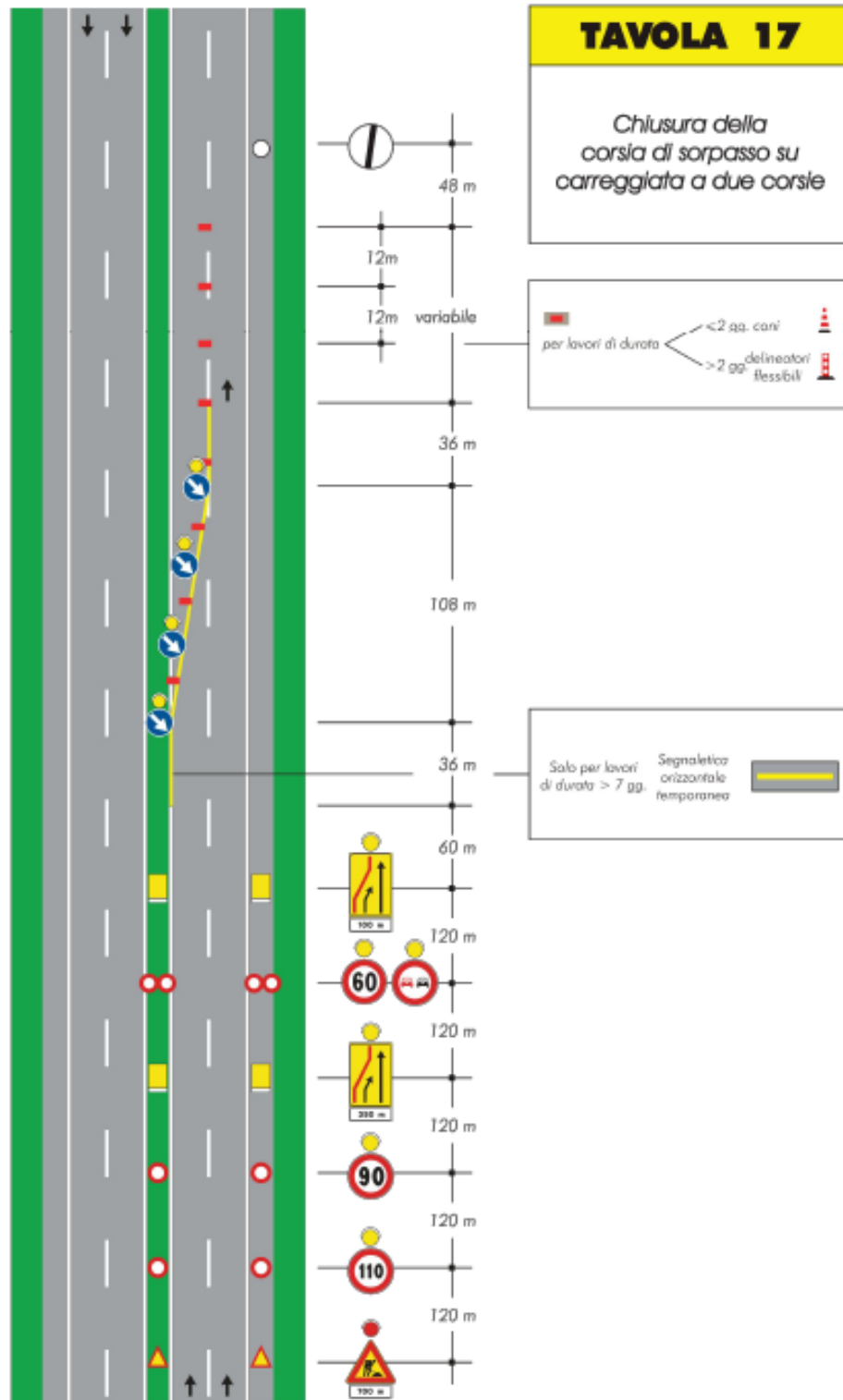


Figura 31: Segnaletica di cantiere - tavola 17

**TAVOLA 25**  
*Deviazione con una sola corsia per senso di marcia su carreggiata a due corsie*

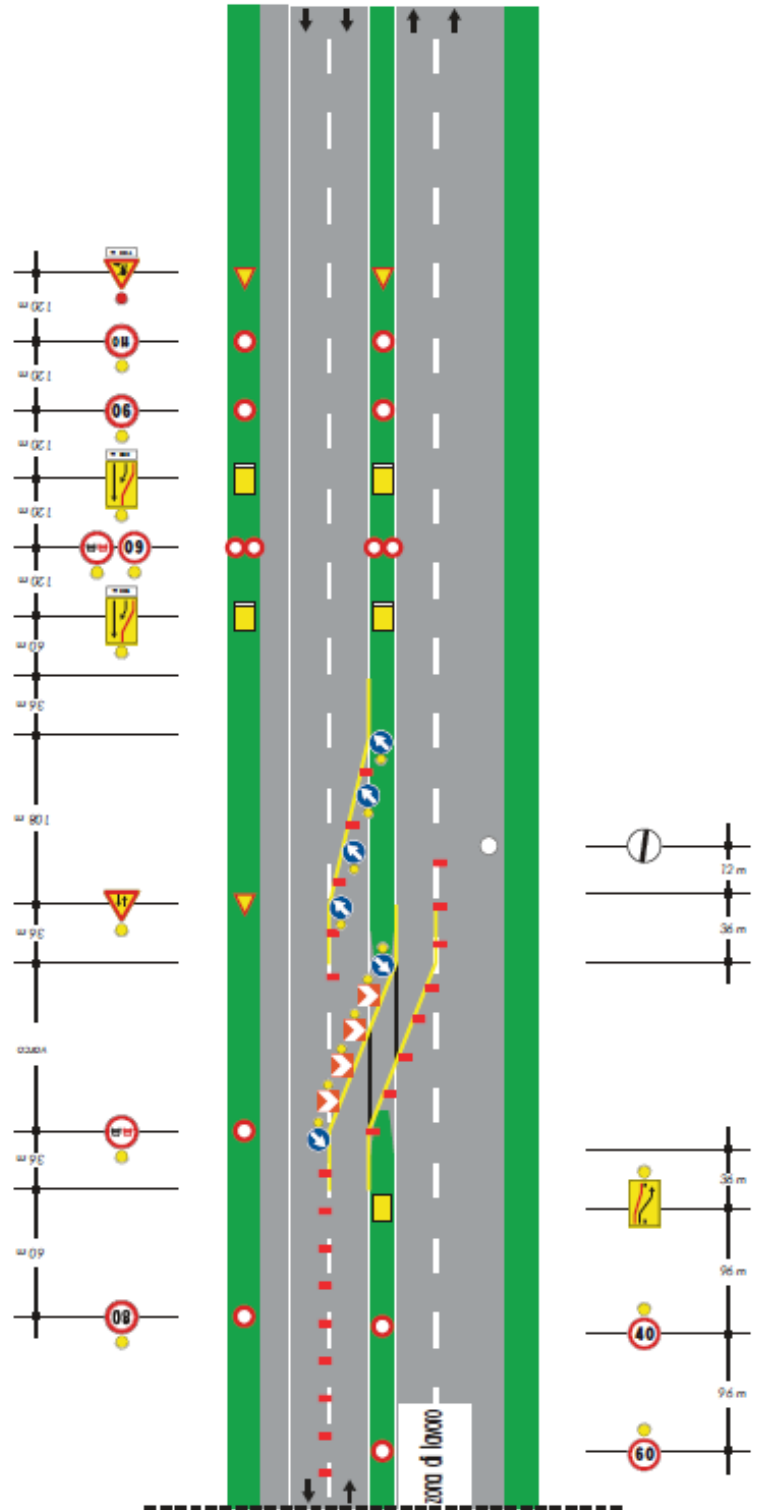


Figura 32: Segnaletica di cantiere - tavola 25a

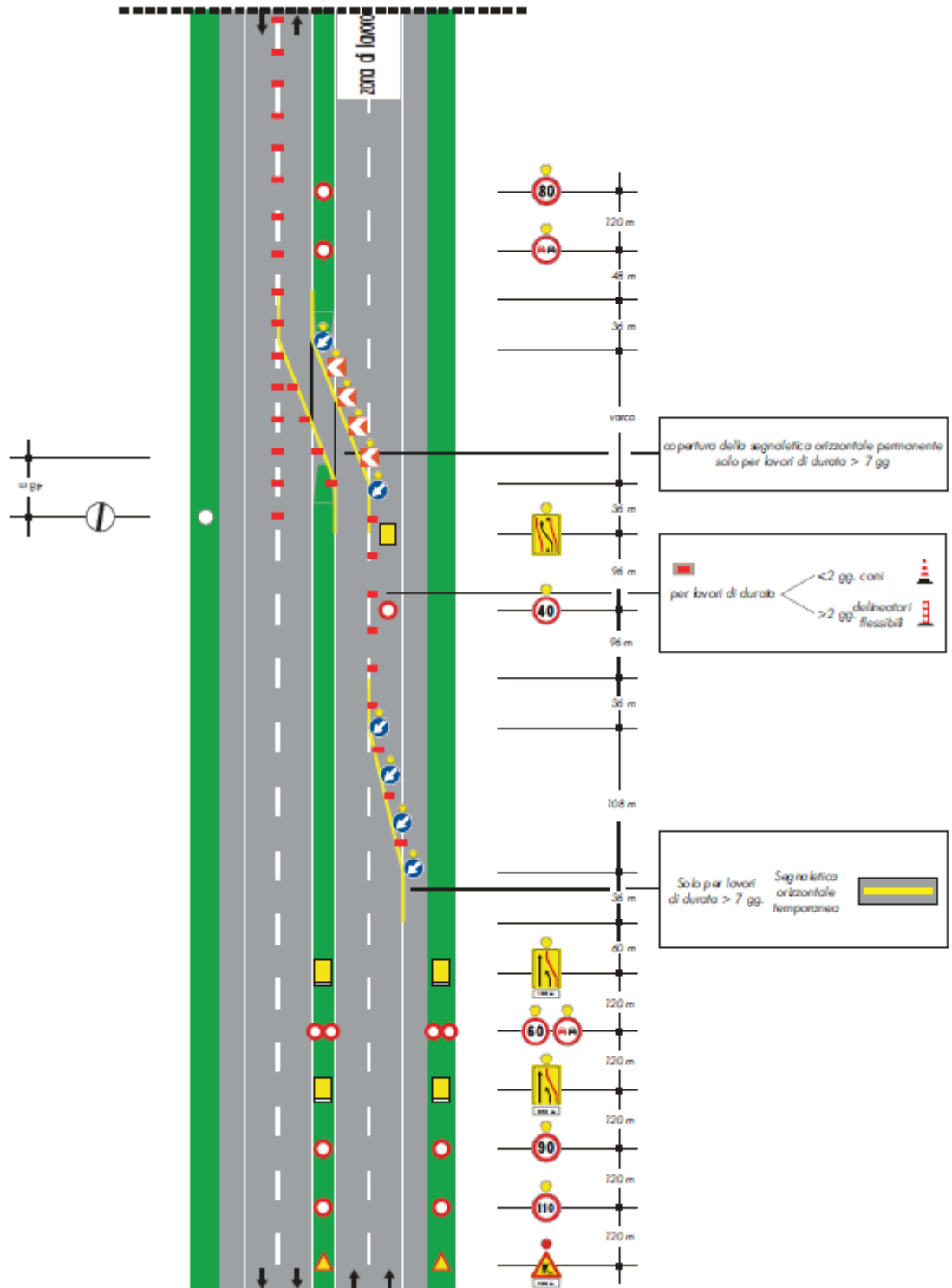


Figura 33: Segnaletica di cantiere - tavola 25b

Il disciplinare citato, però, non fornisce alcuna indicazione circa la segnaletica di cantiere da realizzare nei pressi di una intersezione a rotatoria, presente al km 153+300 all'interno dell'area di progetto. Per questo motivo si ipotizza una segnaletica come indicata nella tavola di progetto 'Gestione del traffico nelle fasi di cantierizzazione' con un preavviso del restringimento della carreggiata nei rami dell'intersezione non soggetti a lavorazioni e la chiusura di metà carreggiata nel ramo dove verranno effettuate le lavorazioni di allargamento e miglioramento, con conseguente spostamento del flusso veicolare nella corsia di sorpasso del senso di marcia opposto. La chiusura della corsia di sorpasso, a monte dell'inizio delle lavorazioni, della semi-carreggiata aperta avverrà come indicato nell'esempio precedente, ovvero utilizzando la tavola 17 del disciplinare.

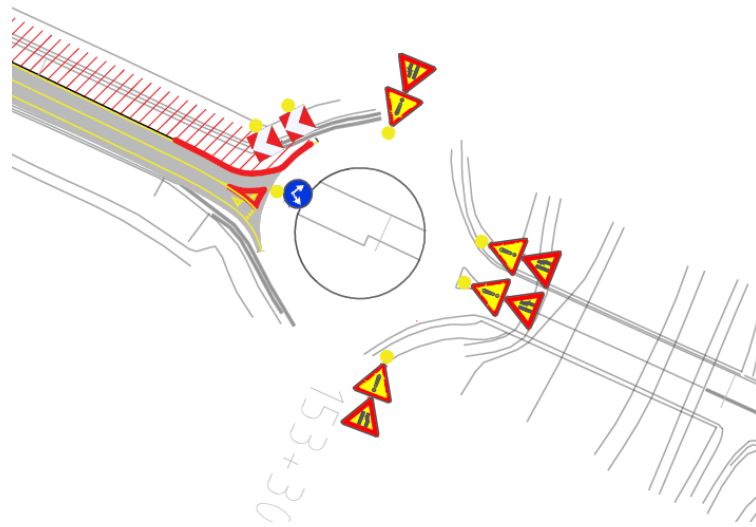


Figura 34: Segnaletica di cantiere intersezione a rotatoria

Per delimitare l'area di cantiere nei pressi dell'intersezione, oltre alle recinzioni utilizzate, e per identificare la nuova e provvisoria isola triangolare, verranno utilizzati dei new-jersey in plastica e una segnaletica di colore giallo.

Con i lavori di allargamento della piattaforma stradale e miglioramento delle corsie di accelerazione e di decelerazione, durante le lavorazioni verranno chiuse per breve tempo le corsie di uscita ed entrata dalla S.S. 16. In questi periodi, i flussi entranti od uscenti dalla strada statale saranno spostati in percorsi alternativi; di seguito l'elenco delle entrate/uscite presenti e una soluzione alla loro chiusura:

- Uscita dir. Sud km 149+200: il percorso alternativo prevede l'uscita all'intersezione con Via G. Savini al km 149+600 e l'utilizzo della Rotatoria Scozia per giungere in Via Vicoli e al polo industriale/logistico;
- Entrate/Uscite in entrambe le direzioni dal km 149+600 al km 150+000 (rampe intersezione tra S.S. 16 e Via G. Savini): durante il periodo di realizzazione dell'allargamento stradale e della nuova configurazione dell'incrocio, il flusso di traffico che volesse utilizzare le rampe chiuse potrà utilizzare le rotatorie presenti, Scozia e Portogallo, per effettuare inversioni di marcia e utilizzare le



rampe dell'intersezione ancora aperte. Qual ora si volesse diminuire il traffico nelle rotatorie appena nominate, si potrà dirottare parte del traffico verso l'uscita al km 149+200 o all'intersezione tra la S.S. 16 e Viale V. Randi attraverso Viale S. Pertini;

- Uscita dir. Sud km 151+200: è possibile raggiungere la Rotatoria Austria, intersezione presente al termine della rampa in oggetto, utilizzando l'uscita successiva al km 151+350 e utilizzando la viabilità del centro commerciale 'ESP';
- Entrata dir. Nord km 151+200: il percorso alternativo prevede l'utilizzo della Rotatoria Lussemburgo e Viale S. Pertini per utilizzare l'intersezione di Via G. Savini;
- Uscita dir. Sud km 151+350: utilizzando l'uscita precedente al km 151+200, risulta un percorso alternativo facile e breve per raggiungere la zona commerciale presente;
- Uscita dir. Nord km 151+350: utilizzando l'uscita precedente di Via L. Quaroni, è possibile raggiungere Viale V. Randi attraverso Viale L. B. Alberti;
- Entrata dir. Sud km 151+700: utilizzando la nuova viabilità del centro commerciale o il sottopasso di Via L. Quaroni, è possibile raggiungere l'intersezione di Viale V. Randi;
- Uscita dir. Nord km 151+750: utilizzando l'uscita successiva, Viale V. Randi, Rotatoria Lussemburgo e Viale L. B. Alberti è possibile arrivare in Via L. Quaroni;
- Uscita/Entrata dir. Sud km 153+700: la zona risulta facilmente raggiungibile utilizzando l'intersezione a rotatoria al km 153+300, Via Ravennana e Via Cella.

Al momento della chiusura delle corsie sopra elencate, verranno posti tutti i segnali utili ad evidenziare la manovra di entrata o di uscita eliminata e il percorso alternativo corrispondente.

#### **4 ASPETTI AMBIENTALI LEGATI ALLE ZONE DI CANTIERE**

In aggiunta alle misure ordinarie di cantiere per la riduzione degli impatti ambientali, si potrà effettuare un piano di monitoraggio delle componenti ambientali più interessate durante lo svolgersi delle lavorazioni, quali:

- inquinamento atmosferico;
- inquinamento acustico;
- inquinamento delle acque superficiali.

Per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico, sarà necessario concentrare il monitoraggio sulla qualità delle risorse e sulle emissioni in atmosfera, tenendo controllate in particolare le polveri sottili. Al fine di limitare la produzione di queste ultime, occorrerà effettuare 6 accorgimenti durante le lavorazioni: bagnatura periodica delle superfici di cantiere, copertura e bagnatura periodica delle aree destinate allo stoccaggio temporaneo dei materiali, limitazione delle velocità dei mezzi di cantiere, copertura dei cassoni dei mezzi di cantiere tramite teli, lavaggio giornaliero, infine, dei mezzi di cantiere e pulizia dei pneumatici dei mezzi in uscita.

Per contenere le emissioni sonore durante la fase di lavorazione, invece, verranno selezionate preventivamente delle macchine e delle attrezzature con i minori fattori di emissione sonora, verranno spenti i motori nei casi di pause significative ed arresto delle apparecchiature nel caso di funzionamento a vuoto. Al fine

di monitorare l'effettivo impatto che la realizzazione delle opere avrà sulla componente rumore, si ritiene opportuno prevedere una campagna di monitoraggio acustico mediante rilievi strumentali e secondo le prescrizioni del DMA 16/03/1998. Il monitoraggio avrà lo scopo di provare il rispetto dei limiti previsti dalla normativa e dell'impatto acustico illustrato nelle valutazioni ambientali e verrà eseguito da un tecnico competente in acustica. Il monitoraggio dovrà essere effettuato durante lo svolgimento delle attività rumorose; l'elaborazione delle misurazioni comporterà la determinazione dei livelli equivalenti di immissione sonora da confrontare con i limiti previsti. Nel caso di superamento dei limiti acustici saranno necessari interventi di mitigazione come la realizzazione di barriere anti-rumore provvisorie nel perimetro dell'area di cantiere. Per l'inquinamento delle acque superficiali, infine, di particolare importanza nel caso in esame, si dovranno prevedere le migliori pratiche disponibili per ridurre la possibile percolazione di acque di cantiere negli alvei dei corsi d'acqua, come per esempio l'uso di idro-demolitrici dotate di un proprio sistema di raccolta delle acque di scarico. Data la vicinanza delle lavorazioni a fiumi e corsi d'acqua minori, verranno utilizzati teli raccogli detriti e panne galleggianti; queste ultime, impermeabili in PVC, vengono ancorate al fondale dei bacini con lo scopo di evitare la dispersione del materiale di risulta delle lavorazioni.