

Asse stradale di collegamento tra gli svincoli di Prato Est e Prato Ovest – "Declassata di Prato"  
Raddoppio di Viale Leonardo da Vinci nel tratto compreso tra Via Marx e Via Nenni mediante la realizzazione di un sottopasso

PROGETTO DEFINITIVO

COD. FI463

PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	MANDATARIA: 	MANDANTI:  <b>POLITECNICA</b> BUILDING FOR HUMANS	<b>MATILDI+PARTNERS</b>
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:  <i>Ing. Andrea Renso – TECHNITAL</i> <i>Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2413</i>	IL PROGETTISTA:  <b>GRUPPO DI PROGETTAZIONE:</b> COORDINAMENTO PROGETTAZIONE, PROGETTAZIONE STRADALE, GEOTECNICA ED OPERE IN SOTTERRANEO: <i>Ing. Marcello Mancone – POLITECNICA</i> <i>ordine ingegneri Provincia di Firenze n.5723</i>		
IL GEOLOGO:  <i>Geol. Pietro Accolti Gil – POLITECNICA</i> <i>Ordine Geologi Regione Toscana n° 728</i>	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: <i>Arch. Paola Gabrielli – POLITECNICA</i> <i>ordine Architetti Provincia di Bologna n. 2921</i>		
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:  <i>Ing. Marcello Mancone – POLITECNICA</i> <i>ordine ingegneri Provincia di Firenze n.5723</i>	CANTIERIZZAZIONE E FASI ESECUTIVE: <i>Ing. Alessio Gori – POLITECNICA</i> <i>ordine ingegneri Provincia di Firenze n.5969</i>		
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:  <i>Ing. Raffaele Franco Carso</i>	IDROLOGIA ED IDRAULICA: <i>Ing. Alessandro Cecchelli – POLITECNICA</i> <i>ordine ingegneri Provincia di Grosseto n.760</i>		
PROTOCOLLO:	DATA:	COLLABORATORI DI PROGETTO: <i>Ing. Massimo Palermo – POLITECNICA</i> <i>Arch. Valentina Iaia – POLITECNICA</i> <i>Geom. Franco Mariotti – POLITECNICA</i> <i>Geom. Angela Pantiferi – POLITECNICA</i>	

04 – PROGETTO STRADALE

Relazione tecnica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		PROGR. ELAB.	REV.	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	04.01_P00_PS00_TRA_RE01_B	04.01		
<input type="text" value="D"/>	<input type="text" value="P"/>	<input type="text" value="F"/>	<input type="text" value="I"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="D"/>
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="9"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	CODICE ELAB. <input type="text" value="P"/>		<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="P"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="T"/>	<input type="text" value="R"/>	<input type="text" value="A"/>
<input type="text" value="R"/>	<input type="text" value="E"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="B"/>	<input type="text" value="-"/>	
D						
C						
B	REVISIONE PER ISTRUTTORIA ANAS	03/2020	POLITECNICA	V.IAIA	M.MANCONE	A.RENSO
A	EMISSIONE	12/2019	POLITECNICA	V.IAIA	M.MANCONE	A.RENSO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
1.1	INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO.....	1
1.2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	2
1.3	RISPONDEZZA ALLA NORMATIVA IN VIGORE.....	6
1.3.1	Asse principale.....	7
1.3.2	Rampe e corsie specializzate.....	8
<b>2</b>	<b>CRITERI PROGETTUALI</b> .....	<b>9</b>
2.1	ASSI STRADALI.....	9
2.1.1	CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE DELL'ASSE PRINCIPALE.....	9
2.1.2	CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE DELL'ASSE PRINCIPALE.....	10
2.1.3	CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE ED ALTIMETRICHE DELLE RAMPE.....	11
2.1.4	ANALISI DI VISIBILITÀ.....	11
<b>3</b>	<b>CATEGORIA DI STRADA DELL'ASSE PRINCIPALE E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>DATI DI TRAFFICO DISCENDENTI DA MICROSIMULAZIONE</b> .....	<b>14</b>
4.1	SCENARI SIMULATI.....	14
4.2	RISULTATI SCENARIO DI PROGETTO.....	14
<b>5</b>	<b>TRACCIATO STRADALE ASSE PRINCIPALE</b> .....	<b>16</b>
5.1	ANDAMENTO PLANIMETRICO.....	16
5.1.1	ELEMENTI GEOMETRICI DI TRACCIATO.....	17
5.2	ANDAMENTO ALTIMETRICO.....	17
5.2.1	ELEMENTI ALTIMETRICI.....	18
<b>6</b>	<b>ANALISI DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO DELL'ASSE PRINCIPALE</b> .....	<b>21</b>
6.1	VERIFICA DELL'ANDAMENTO PLANIMETRICO.....	21
6.2	VERIFICA DELL'ANDAMENTO ALTIMETRICO.....	22
<b>7</b>	<b>RAMPE</b> .....	<b>24</b>
7.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	24
7.2	DESCRIZIONE.....	24

7.3	CORSIE SPECIALIZZATE.....	27
7.3.1	Verifiche secondo criteri geometrici-cinematici .....	27
7.3.2	Verifica del tratto di immissione secondo criteri funzionali .....	30
<b>8</b>	<b>ANALISI DI FUNZIONALITA' E DI SICUREZZA AI SENSI DELL'ART.4 DEL D.M. 22/04/2004 .....</b>	<b>33</b>
8.1	MIGLIORAMENTO FUNZIONALE .....	33
8.2	MIGLIORAMENTO DI SICUREZZA .....	33
<b>9</b>	<b>VIA DELL'AUTOSTRADA, VIA DEL PURGATORIO E VIA ROMA .....</b>	<b>36</b>
9.1	TRASLAZIONE E RIDIMENSIONAMENTO VIA DELL'AUTOSTRADA .....	36
9.2	RICUCITURA DI VIA DEL PURGATORIO E DI VIA ROMA .....	37
<b>10</b>	<b>DEVIAZIONI PROVVISORIE .....</b>	<b>39</b>
<b>11</b>	<b>SOVRASTRUTTURA .....</b>	<b>41</b>
<b>12</b>	<b>SEGNALETICA STRADALE.....</b>	<b>49</b>
12.1	SEGNALETICA VERTICALE.....	49
12.1.1	VISIBILITÀ E POSIZIONAMENTO .....	50
12.2	SEGNALETICA ORIZZONTALE.....	51
12.2.1	STRISCE LONGITUDINALI .....	51
<b>13</b>	<b>BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI .....</b>	<b>52</b>

## 1 PREMESSA

### 1.1 INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

Viale Leonardo Da Vinci attraversa trasversalmente il territorio comunale di Prato nella direzione Est-Ovest.

Fu costruita negli anni 30 con la funzione di autostrada Firenze Mare.



Figura 1 - Immagine aerea di via Leonardo Da Vinci con inquadramento del tratto di intervento

La funzione di autostrada Firenze Mare cessò quando fu realizzata la variante più a sud, tra il casello Prato Est ed il territorio della provincia di Pistoia, e negli anni '60 con la riqualificazione e raddoppio dell'Autostrada (da allora denominata A11).

Da quel momento quel tratto di autostrada (declassata in quanto ridotta al rango di strada provinciale) passò in gestione alla Provincia di Firenze.

Questa arteria fu costruita in origine con criteri che tenevano conto del basso tasso di utilizzo del trasporto su gomma, ma sempre con criteri propri di una autostrada: due corsie di marcia ed intersezioni in numero contenuto per ridurre le interferenze consentendo una maggiore velocità di spostamento essendo nella piana presenti i soli caselli autostradali di Firenze, Prato e Pistoia.

La Provincia di Firenze prima ed in seguito la Provincia di Prato attivarono progetti di raddoppio e di potenziamento per migliorarne la capacità di fare fronte al traffico sempre più crescente sia nell'ambito urbano che per l'attraversamento da Prato a Pistoia alternativo all'autostrada.

I progetti prevedevano il raddoppio delle corsie e la separazione delle carreggiate, l'eliminazione degli incroci a raso e la realizzazione di svincoli a livelli sfalsati.

Tra questi interventi di raddoppio, rimane da realizzare quello oggetto di studio, ossia il tratto fra via Nenni e via Marx.

A seguito dell'accordo operativo stipulato tra il Comune di Prato e l'ANAS in data 20/10/2016 (Prot. CFI-0023985-P del 21/10/2016) è stato sancito che:

- l'opera che realizza il raddoppio e l'interramento del tratto di "declassata di Prato" sarà trasferita allo Stato a conclusione del procedimento di declassificazione;
- parte dell'opera sarà progettata e realizzata dal comune di Prato nelle aree limitrofe a nord e a sud e ne rimarrà proprietario e gestore;
- l'ANAS procederà alla progettazione del sottopasso oggetto di intervento mentre il Comune di Prato procederà alla progettazione delle opere in superficie collocate oltre l'ingombro del sottopasso; tra queste ultime sono comprese le viabilità urbane parallele nord e sud al di sotto delle quali saranno posizionati i sottoservizi.

In conseguenza del trasferimento allo Stato in termini di proprietà e gestione, ai sensi dell'Art.2 comma 7 del D.Lgs 285/92 (Nuovo Codice della Strada) la strada oggetto di intervento non può essere classificata come strada tipo D, E ed F urbana in quanto la popolazione del centro abitato di Prato è superiore a 10'000 abitanti. La declassificazione della strada ammissibile in accordo con l'Art.3 del D.P.R. 495/92 (Regolamento per l'esecuzione del Codice della Strada) deve pertanto portare dalla originaria classificazione di tipo A (Autostrada) ad una delle tre categorie di strade di proprietà e gestione statale, ovvero tipo B (extraurbana principale), tipo C (extraurbana secondaria) o tipo F (extraurbana locale). In considerazione delle singolari circostanze del contesto fortemente urbanizzato e al fine di dare continuità ai tratti adiacenti già in esercizio contraddistinti da una sezione a doppia carreggiata con due corsie per senso di marcia, l'unica categoria di strada a cui è possibile assimilare la strada oggetto di intervento è la categoria B.

L'intervento si configura come di "adeguamento di strada esistente" in quanto il tratto di strada oggetto di intervento è già realizzato ed aperto al traffico e l'intervento si pone l'obiettivo di potenziamento e al miglioramento funzionale dell'asse di Via Leonardo da Vinci.

## **1.2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

Per risolvere le problematiche descritte nel paragrafo precedente, il progetto nel tratto fra via Nenni e via Marx prevede una sezione trasversale a due corsie per ogni senso di marcia e la realizzazione della nuova sede stradale in galleria artificiale posta completamente al di sotto della quota del reticolo urbano cittadino limitrofo.

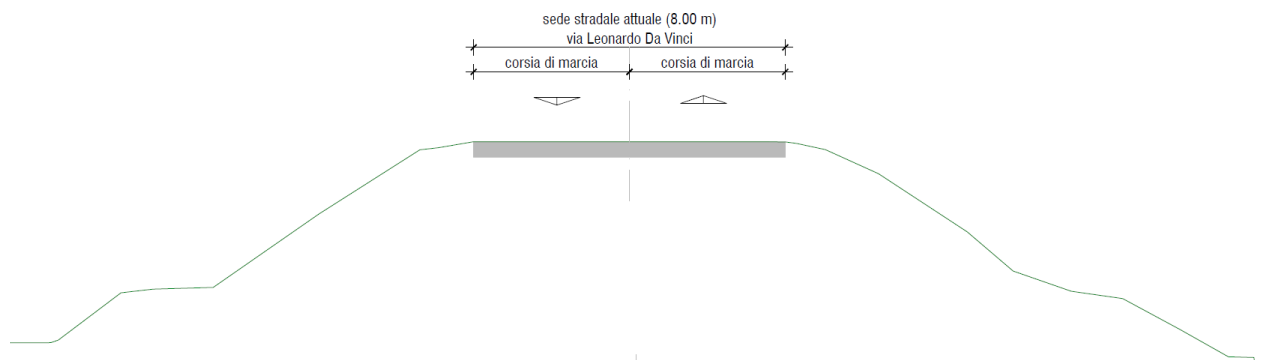


Figura 2 – Viabilità in rilevato allo stato attuale

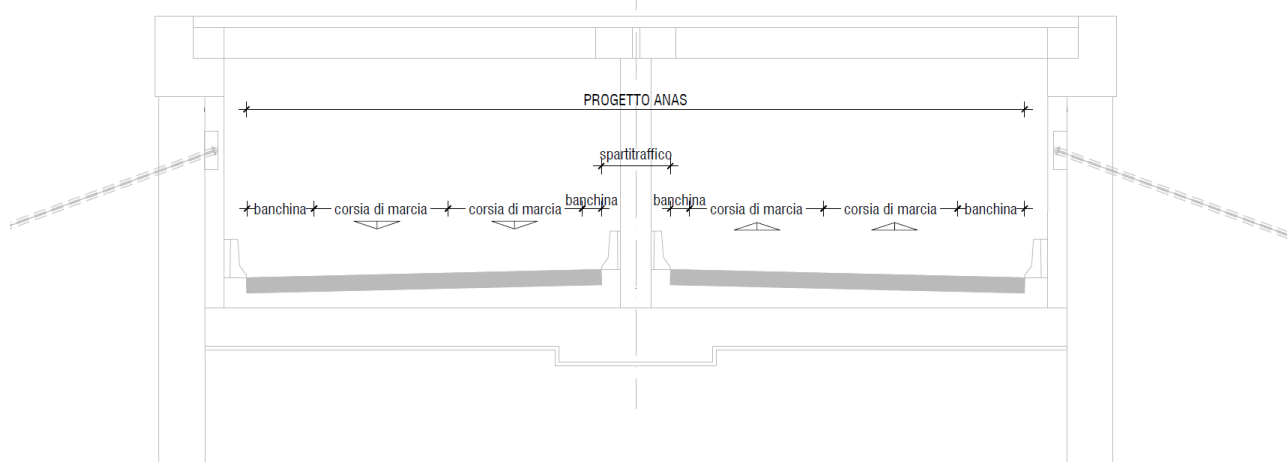


Figura 3 – Viabilità di progetto in sotto-attraversamento (previa demolizione del rilevato)

L'asse principale interrato (attualmente in rilevato a quota ml 5,50 rispetto al piano di campagna) sarà collegato alla viabilità locale (rotatoria di via Nenni in direzione Pistoia e rotatoria di via Marx in direzione Firenze) attraverso le seguenti rampe di svincolo:

- rampa "A" di ingresso nella carreggiata in dir. FI, scendendo dalla rotatoria di via Nenni;
- rampa "B" di uscita dalla carreggiata in dir. PT, salendo sulla rotatoria di via Nenni;
- rampa "C" di ingresso nella carreggiata in dir. PT, dalla rotatoria di via Marx.

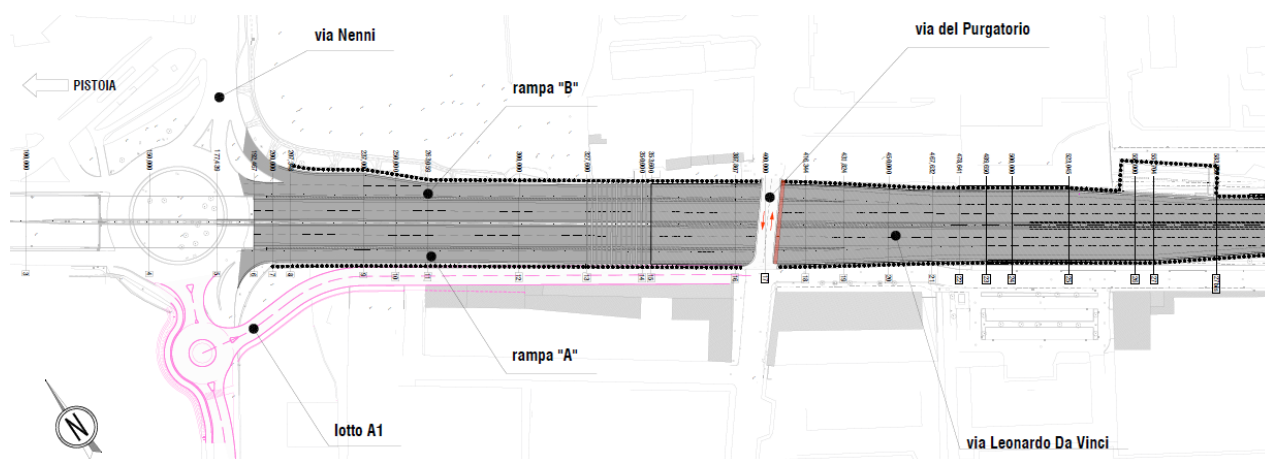


Figura 4 – Stralcio planimetrico con indicazione delle rampe "A" e "B"

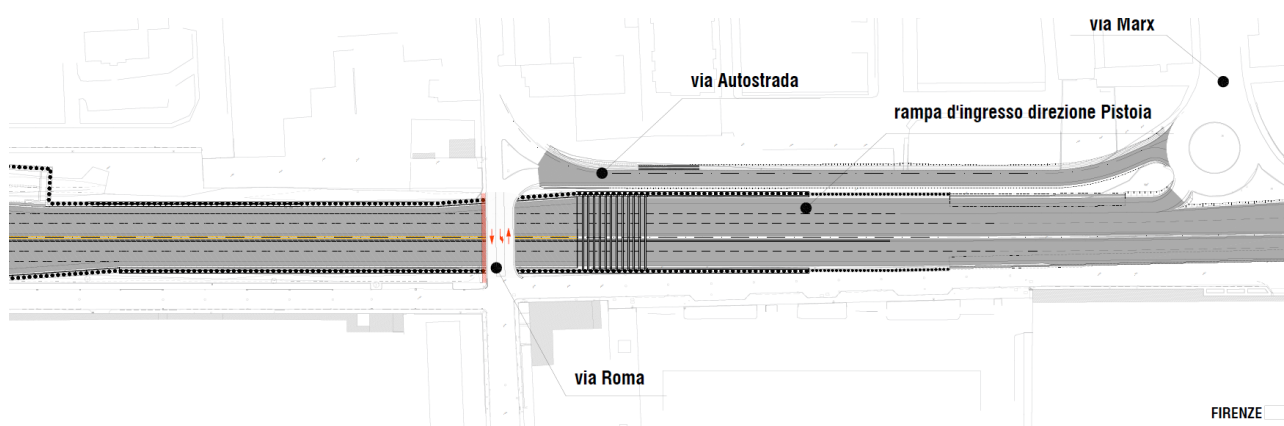


Figura 5 – Stralcio planimetrico con indicazione della rampa d'ingresso direzione Pistoia

Oltre alla realizzazione dell'asse principale e delle rispettive rampe di ingresso/uscita, sono inclusi in progetto i ripristini/rifacimenti delle seguenti viabilità comunali:

- ripristino di via del Purgatorio per il tratto che ad oggi transita al di sotto del sottovia esistente e per il quale in progetto viene previsto il passaggio a raso sulla copertura della galleria artificiale, al fine di ricucire la porzione di viabilità interferita dalle lavorazioni;
- ripristino di via Roma per il tratto che ad oggi transita al di sotto del sottovia esistente e per un tratto di circa 150m a sud della declassata per lavori connessi alla risoluzione interferenze (by-pass collettore fognario). Nella presente configurazione di progetto è prevista la ricucitura del tratto di via Roma interferita dalle lavorazioni, con transito a raso al di sopra della copertura della galleria artificiale;
- traslazione e ridimensionamento di via dell'Autostrada (che collega via Roma alla rotatoria di via Marx). Tale viabilità che risulta ad oggi in posizione interferente con la palificata perimetrale del sotto-attraversamento, sarà traslata parallelamente al nuovo tracciato di via Leonardo da Vinci e, come concertato con il Comune di Prato, verrà ridotta la larghezza della carreggiata, riconducendola ad una dimensione adeguata al senso unico di marcia.



Figura 6 - Immagine aerea di via Leonardo Da Vinci con le viabilità interferenti

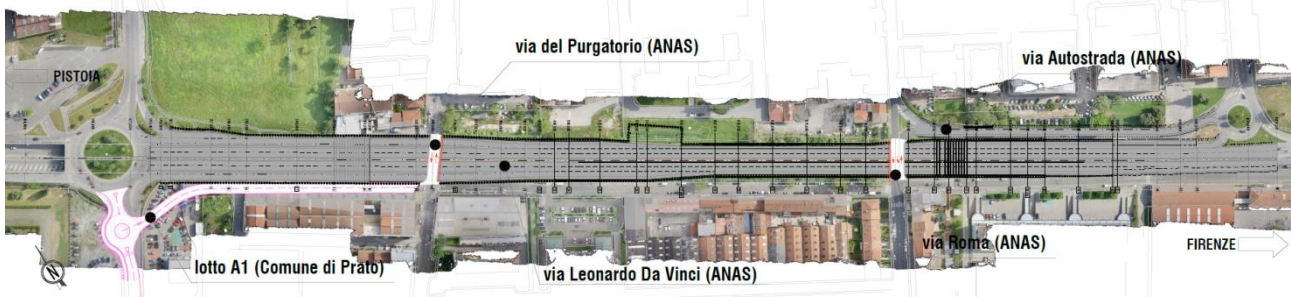


Figura 7 - Planimetria di progetto con individuazione dei tratti viari inclusi nella presente progettazione ANAS

Si precisa che Il Comune di Prato ha provveduto alla progettazione di un nuovo tratto di viabilità locale (attualmente in corso di realizzazione con inizio lavori avvenuto in data 01.10.2019) denominato "Lotto A1", che collegherà via del Purgatorio a via Nenni e nell'ambito del quale è ad oggi prevista la realizzazione di una nuova rotonda di piccolo diametro collegata con un braccio a quella esistente di via Nenni.

È opportuno evidenziare che durante gli incontri propedeutici alla progettazione della declassata, Anas ha esposto al Comune di Prato le proprie perplessità riguardo la rotonda di modesto raggio prevista in sequenza ravvicinata alla rotonda esistente su viale Nenni. La nuova intersezione a rotonda potrebbe infatti generare un rallentamento del flusso in uscita dalla Declassata con potenziale propagazione all'indietro della coda fin dentro la Declassata stessa. Il Comune sulla base dei risultati dello studio del traffico ne valuterà la sostituzione con innesto a raso o il mantenimento.



### 1.3 RISPONDEZZA ALLA NORMATIVA IN VIGORE

Trattandosi di un intervento di adeguamento la normativa vigente è il D.M. n°67/S del 22/04/2004, pertanto la progettazione è stata condotta assumendo le normative stradali "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (DM del 05/11/01) e "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (DM del 19/04/2006) come norme di riferimento, ovvero non cogenti. In ottemperanza all'Art.4 del D.M. 22/04/2004, la presente relazione sarà completata da un capitolo in cui vengono analizzati gli aspetti relativi al miglioramento funzionale e di sicurezza che l'intervento consente di raggiungere.

L'asse stradale in progetto (di lunghezza pari a poco più di 1 Km) fa parte di un asse viario (via Leonardo da Vinci) il cui limite di velocità attuale è di 70 km/h.

Il contesto fortemente urbanizzato in cui si inserisce il progetto, le condizioni al contorno relative ai collegamenti con la rete esistente, in particolare riguardo alla necessità di assicurare la continuità di Via Leonardo Da Vinci, e gli accordi sulla futura gestione del tratto di strada oggetto di intervento tra ANAS e il Comune di Prato, determinano degli effetti non trascurabili sui criteri di progettazione per la parte prevista in sottoterraneo. In particolare:

- *stanti i limiti di velocità imposti nei tratti adiacenti di Viale Leonardo Da Vinci pari a 70 km/h, è stato scelto di utilizzare una velocità di progetto massima pari a 80 km/h per assimilazione con i tratti precedenti;*
- *la sezione tipologica scelta è quella prevista dal D.M. 5/11/2001 per una strada tipo B con due sostanziali modifiche legate alla configurazione dei tratti adiacenti, ovvero:*
  - *la larghezza delle corsie è stata scelta pari a 3.5 m;*
  - *la larghezza dello spartitraffico è pari a 1.8 m;*
- *le rampe di svincolo che collegano l'asse principale alla viabilità in superficie sono complessivamente larghe 5.5 m, con una corsia da 4.0 m e due banchine da 0.75 m, anziché larghe 6.0 m come previsto dal D.M. 19/04/2006. Nei tratti in affiancamento con le rampe anche l'asse principale prevede una riduzione della banchina fino ad 1.0 m. Le presenti difformità da norma sono determinate dai vincoli presenti a margine della sede stradale.*

La scelta del modulo delle corsie di 3.5 m si pone come obiettivo di costituire un elemento di moderazione delle velocità di percorrenza degli utenti in quanto la larghezza delle corsie è collegata alla velocità di progetto massima. È stato scelto di non diminuire ulteriormente il modulo delle corsie in relazione alla percorribilità dell'asse stradale per i bus urbani e turistici.

La larghezza dello spartitraffico da 1.8 m è invece scelta in funzione della larghezza dello stesso nei tratti adiacenti ai quali si collega il tratto di strada in esame.

### 1.3.1 Asse principale

Per risolvere le problematiche descritte nel paragrafo precedente e consentire l'inserimento dell'infrastruttura in un contesto così antropizzato, è stato necessario prevedere l'inserimento per l'asse principale di una piattaforma stradale di tipo "B" con alcuni elementi a larghezza ridotta rispetto alla sezione standard da D.M. 05/11/01.

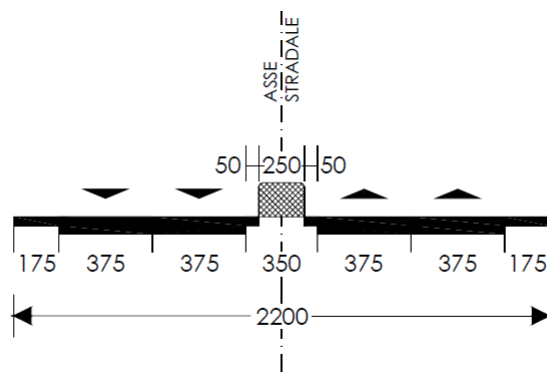


Figura 8 - Sezione tipo "B" (2+2 corsie di marcia) secondo il D.M. 05/11/01

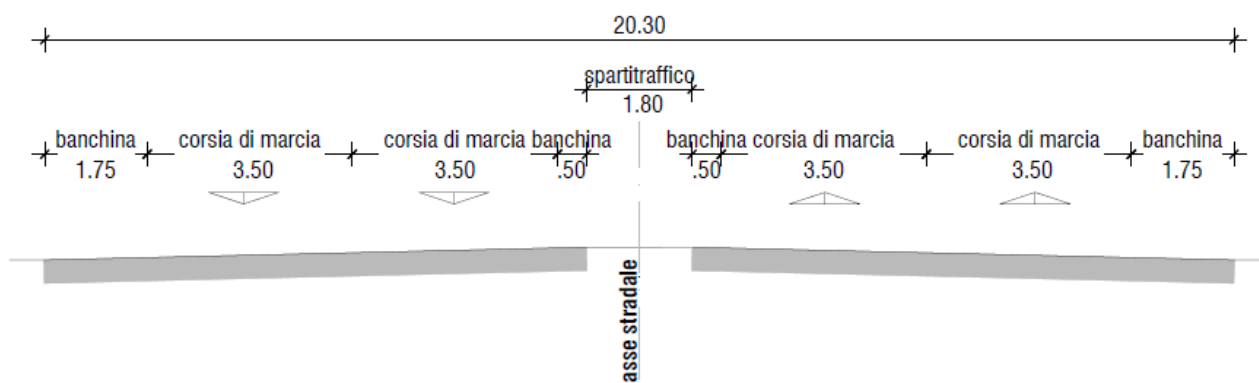


Figura 9 - Sezione tipo "B" di progetto

Nello specifico, gli elementi geometrici e le caratteristiche che differiscono rispetto la sezione tipo "B" del D.M. 05/11/01 sono:

- Corsie (riduzione da 3.75 m a 3.50 m);
- Spartitraffico centrale (riduzione da 2.50 m a 1.80 m);
- Banchina laterale (riduzione da 1.75 m a 1.00 m nei tratti con le rampe "A" e "B" in affiancamento);
- Velocità di progetto  $V_p$  prevista costante pari a 80 km/h, rispetto al range previsto da normativa ( $V_{pmax}$  120km/h,  $V_{pmin}$  70km/h);

In riferimento al punto d) la velocità di progetto adottata risulta così coerente con le tratte della Declassata che precedono e seguono quella di intervento, il cui limite di velocità attuale è di 70 km/h.

Per quel che riguarda la composizione della sede stradale, l'ingombro ridotto della piattaforma (punti da "a" a "c") :

- permette un migliore inserimento nel contesto, che vede come detto la presenza in ambo i lati di viabilità comunali corredate da marciapiedi e di fabbricati;

- si ritiene sia compatibile con la distribuzione del traffico, dal momento che la percentuale dei veicoli pesanti rispetto ai volumi complessivi non è elevata (si rimanda a tal proposito al documento "Analisi della viabilità tramite microsimulazione veicolare", cod. 11.02\_P00\_CA00\_CAN\_RE02\_A, predisposto ad hoc dal Comune di Prato per il presente PD);
- in riferimento ai punti a) e d), la corsia a larghezza ridotta, oltreché funzionale a contenere l'ingombro dell'infrastruttura, si ritiene che sia in linea con la velocità di progetto adottata e che possa concorrere a dissuadere gli utenti nel percorrere il tratto stradale ad una velocità maggiore rispetto a quella di progetto, comportamento questo che potrebbe essere indotto da una corsia più larga e dimensionata per velocità maggiori;
- in riferimento al punto b) la riduzione dello spartitraffico consente anche un agevole allineamento rispetto alla fascia spartitraffico presente nel sotto-attraversamento alla rotatoria di via Nenni, anch'esso di dimensioni 1,80m;

### 1.3.2 Rampe e corsie specializzate

In considerazione del fatto che l'ingombro maggiore del corridoio infrastrutturale ha luogo proprio nei tratti in cui all'asse principale si somma l'affiancamento delle corsie specializzate e delle rampe di svincolo, anche per tali elementi è stato necessario prevederne il ridimensionamento rispetto ai valori richiesti da normativa, al fine di rendere la piattaforma compatibile con i vincoli al contorno.

Più precisamente, la dimensione delle corsie specializzate di uscita e di immissione risulta ridotta a 3.50 m (rispetto ai 3.75 m previsti nel par. 4.7.3. del D.M. 19/04/2006), mentre le rampe di ingresso ed uscita hanno invece larghezza ridotta pari a 5.50 m al netto del margine laterale di 50 cm per l'alloggiamento del profilo redirettivo, (rispetto a 6.00 previsti nel par. 4.7.3 del D.M. 19/04/2006), larghezza che, per quanto ridotta, consente il passaggio di 2 veicoli, in caso di emergenza o di stazionamento di un veicolo in avaria.

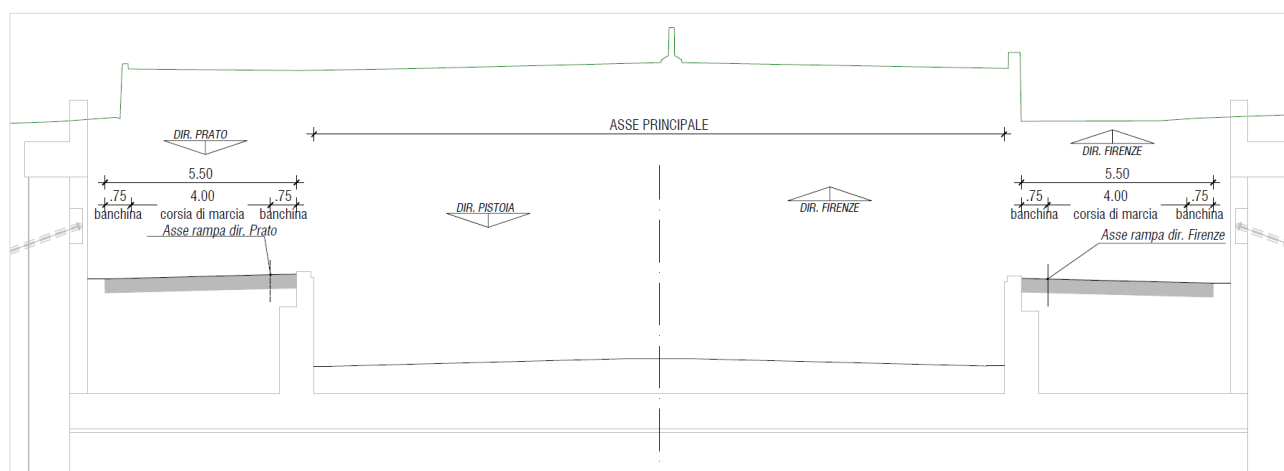


Figura 10 - Sezione tipo "RAMPE" di progetto

## 2 CRITERI PROGETTUALI

### 2.1 ASSI STRADALI

#### 2.1.1 CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE DELL'ASSE PRINCIPALE

La normativa (DM 2001) richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(a) *Raggio minimo delle curve planimetriche:*

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM2001 che risulta:

- pari a 178 metri nel caso di strade extraurbane principali TIPO B

(b) *Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettifilo (L) che la precede:*

$$\text{per } L < 300m \quad R \geq L$$

$$\text{per } L \geq 300m \quad R \geq 400m$$

(c) *Lunghezza massima dei rettifili:*

$$L_{max} = 22 \cdot V_{p,max}$$

dove V è la velocità massima dell'intervallo delle velocità di progetto, espressa in km/h ed L si ottiene in metri.

(d) *Lunghezza minima dei rettifili.*

La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla seguente tabella estratta dalla norma; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato.

$V_p$ [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
$L_{min}$ [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

Sviluppo minimo dei rettifili

(e) *Congruenza del diagramma delle velocità.*

La costruzione del diagramma di velocità lungo l'asse stradale è stata effettuata secondo quanto prescritto dal DM2001 e di seguito riportato.

- La velocità è mantenuta costante lungo lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a  $R_{2,5}$ ;
- la velocità varia crescendo verso la velocità massima dell'intervallo di progetto lungo i rettifili e gli archi con raggio non inferiore a  $R_{2,5}$ ;
- Il valore di accelerazione e decelerazione è pari a  $0,8 \text{ m/s}^2$ ,

- La pendenza longitudinale non influenza la velocità di progetto.
- 

(f) *Lunghezza minima delle curve circolari.*

La Norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti deve essere percorsa per almeno 2.5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo pari a:

$$L_{c,min} = 2.5 \cdot v_P$$

con  $v_P$  in m/s ed  $L_{c,min}$  in m.

## 2.1.2 CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE DELL'ASSE PRINCIPALE

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(i) *Pendenze longitudinali massime*

La pendenza massima delle livellette consentita dal DM2001 per strade di tipo B (strade extraurbane principali) è pari al 6%.

(j) *Raccordi verticali convessi*

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali convessi (dossi) viene determinato come di seguito:

- se  $D$  è inferiore allo sviluppo  $L$  del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2})}$$

- se invece  $D > L$

$$R_v = \frac{2 \cdot 100}{\Delta i} \cdot \left[ D - 100 \cdot \frac{h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2}}{\Delta i} \right]$$

dove:

- $R_v$  = raggio del raccordo verticale convesso [m]
- $D$  = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m]
- $\Delta i$  = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento
- $h_1$  = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
- $h_2$  = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di norma  $h_1 = 1.10$  m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone  $h_2 = 0.10$  m.

(k) *Raccordi verticali concavi*

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali concavi (sacche) viene determinato come di seguito:

se  $D$  è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \cdot (h + D \cdot \sin \vartheta)}$$

se invece  $D > L$

$$R_v = \frac{2 \cdot 100}{\Delta i} \cdot \left[ D - \frac{100}{\Delta i} \cdot (h + D \cdot \sin \vartheta) \right]$$

dove:

- $R_v$  = raggio del raccordo verticale concavo [m]
- $D$  = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m].
- $\Delta i$  = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento
- $h$  = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale
- $\vartheta$  = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo.

Si pone di norma  $h = 0.5$  m e  $\vartheta = 1^\circ$ .

### 2.1.3 CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE ED ALTIMETRICHE DELLE RAMPE

Le rampe sono state progettate in accordo con la normativa "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (DM del 19/04/2006) ; si rimanda al capitolo 6 per maggiori dettagli.

### 2.1.4 ANALISI DI VISIBILITÀ

Per **distanza di visuale libera** (DVL) si intende la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada.

Secondo quanto prescritto dal DM2001, lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata con la **distanza di visibilità per l'arresto** e con la **distanza per la manovra di cambio corsia**.

La **distanza di visibilità per l'arresto**, è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto. Questo valore deve essere garantito lungo lo sviluppo del tracciato.

La **verifica di visibilità per l'arresto** consiste nel confrontare le distanze di visuale libera lungo l'asse della corsia di marcia, adottando un'altezza dell'occhio del guidatore a 1.10 m dal piano viabile ed un'altezza dell'ostacolo fisso di 0.10 m, con le distanze per l'arresto calcolate in funzione del diagramma di velocità del tracciato ed del suo andamento altimetrico (variazione della pendenza longitudinale).

*Il coefficiente di aderenza longitudinale applicato per la verifica è quello autostradale (pari a 0.44), in quanto le qualità del piano viabile risultano paragonabili a quelle di strade di tipo "A" ed è intento dell'ente che si occuperà della gestione del tratto di intervento di mantenerle tali nel tempo.*

La **distanza di visibilità per la manovra di cambiamento corsia** è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella ad essa adiacente nella manovra di deviazione in corrispondenza dei punti singolari (intersezioni, uscite, ecc.).

Al fine della **verifica di visibilità per la manovra di cambiamento corsia**, deve venire verificata la possibilità di vedere il limite più lontano della corsia adiacente a quella impegnata dal conducente.

Per quanto riguarda la **distanza di visibilità per il sorpasso**, questa non è oggetto di verifica in quanto per questa tipologia di strada non ci sono veicoli marcianti in senso opposto.

Il DM2001 definisce degli abachi di correlazione tra la pendenza longitudinale e la distanza di arresto valido in condizione di pendenza costante. Nei tratti di variabilità di detta pendenza, ovvero in corrispondenza dei raccordi verticali, è stato assunto per essa il valore medio, così come suggerito dalla stessa normativa.

### 3 CATEGORIA DI STRADA DELL'ASSE PRINCIPALE E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

La piattaforma stradale dell'asse principale, come detto, è una sezione tipo "B" del D.M. 05/11/2001 ridimensionata (così come descritto nel paragrafo 1.3.1) con una velocità di progetto pari a 80 km/h.

La tipologia di sezione B utilizzata prevede una doppia carreggiata ognuna costituita dai seguenti elementi geometrici:

- n. 2 corsie di larghezza pari a 3,50 m;
- n. 1 banchina di destra con larghezza pari a 1,75 m;
- n. 1 banchina di sinistra con larghezza pari a 0,50 m;

Lo spartitraffico centrale ha una larghezza pari a 1.80 m

La larghezza complessiva della piattaforma risulta così pari a 20.30 m, esclusi gli elementi marginali.

La banchina esterna in corrispondenza dei tratti con le rampe in affiancamento si riduce ad 1.00 m.

La sezione stradale è completata dai seguenti elementi marginali:

- nel tratto in galleria e nel tratto scoperto successivo (dir. Firenze) la piattaforma pavimentata è completata dai margini laterali di larghezza pari a 0.60 m all'interno dei quali saranno predisposti profili redirettivi;
- nei tratti scoperti con le rampe in affiancamento i margini laterali hanno una larghezza pari a 0.50 m.

La pendenza trasversale della piattaforma è pari a 2.50% verso l'esterno sia in rettilo sia in curva, come indicato dal D.M. 05/11/2001 per i valori di raggi di curvatura adottati nel caso in oggetto.

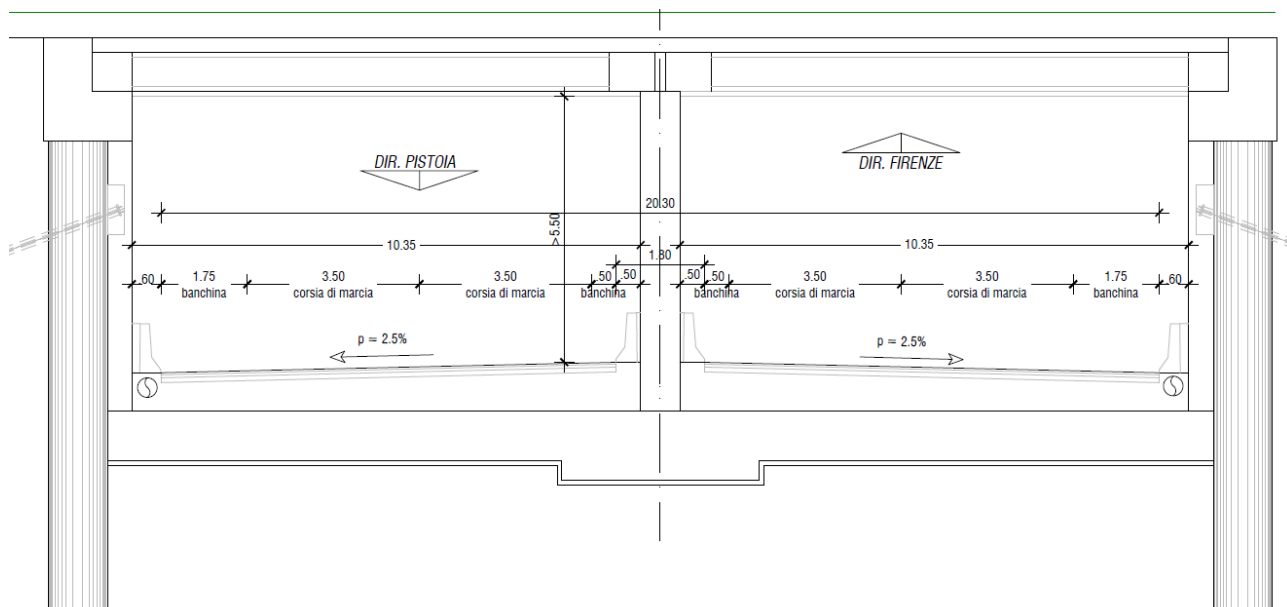


Figura 11 - Sezione tipo "ASSE PRINCIPALE"

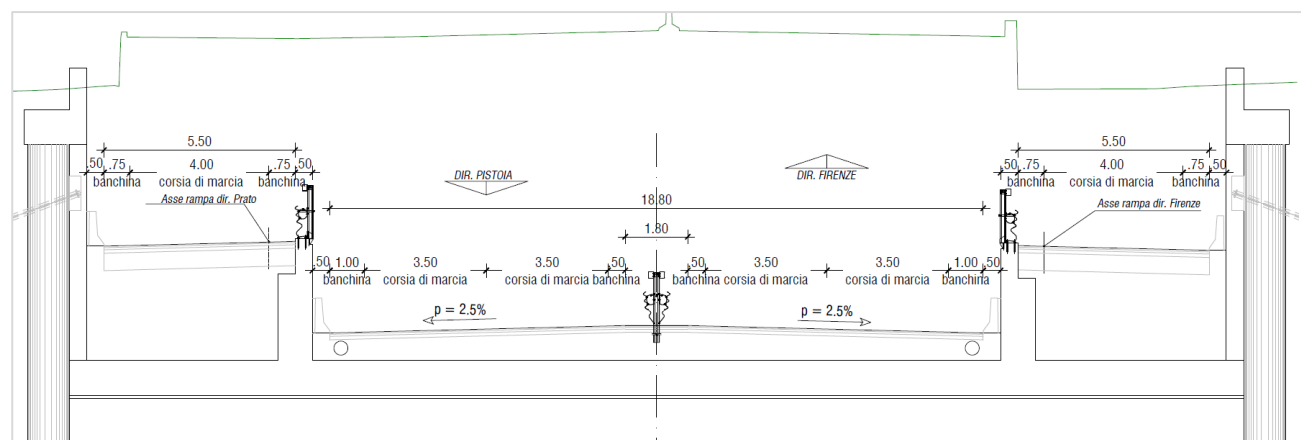


Figura 12 - Sezione tipo "ASSE PRINCIPALE CON RAMPE IN AFFIANCAMENTO"



## 4 DATI DI TRAFFICO DISCENDENTI DA MICROSIMULAZIONE

Lo studio riportato nel documento 00.07\_P00\_EG00\_CAN\_RE03 "Analisi della viabilità tramite microsimulazione veicolare", si inserisce nella progettazione della viabilità del nodo del "Soccorso" con l'obiettivo di valutare l'impatto dei cantieri sulla viabilità cittadina, e la valutazione viabilistica dello scenario definitivo; in particolare in questo studio sono stati ricavati i flussogrammi giornalieri sulle singole sezioni stradali interne all'area di studio suddivisi in due fasce orarie:

- Fascia oraria diurna 6-22
- Fascia orarianotturna 22-6.

A tal fine lo studio si è articolato in 3 parti:

- costruzione degli scenari di microsimulazione relativi allo stato attuale, agli stati di cantiere e allo stato di progetto definitivo;
- estrapolazione dal modello di traffico dei flussogrammi orari per ciascuno scenario di simulazione per le due categorie veicolari (veicoli leggeri e veicoli pesanti);
- espansione dei risultati orari su scala giornaliera.

A partire dalla localizzazione dell'intervento, sono state individuate le probabili criticità legate al nuovo assetto viario ed è stata effettuata una prima analisi della rete stradale al fine di individuare l'area da ricostruire con il microsimulatore. A tal proposito, analizzando la struttura della domanda di mobilità che ad oggi interessa le direttrici di intervento (Prato Est-Prato Ovest e gli attraversamenti Nord-Sud), è stata selezionata un'area estesa compresa a nord da Via Zarini, a Sud da via dell'Ippodromo, ad Est dal nodo di Pratilia, ad Ovest dal via di San Giusto

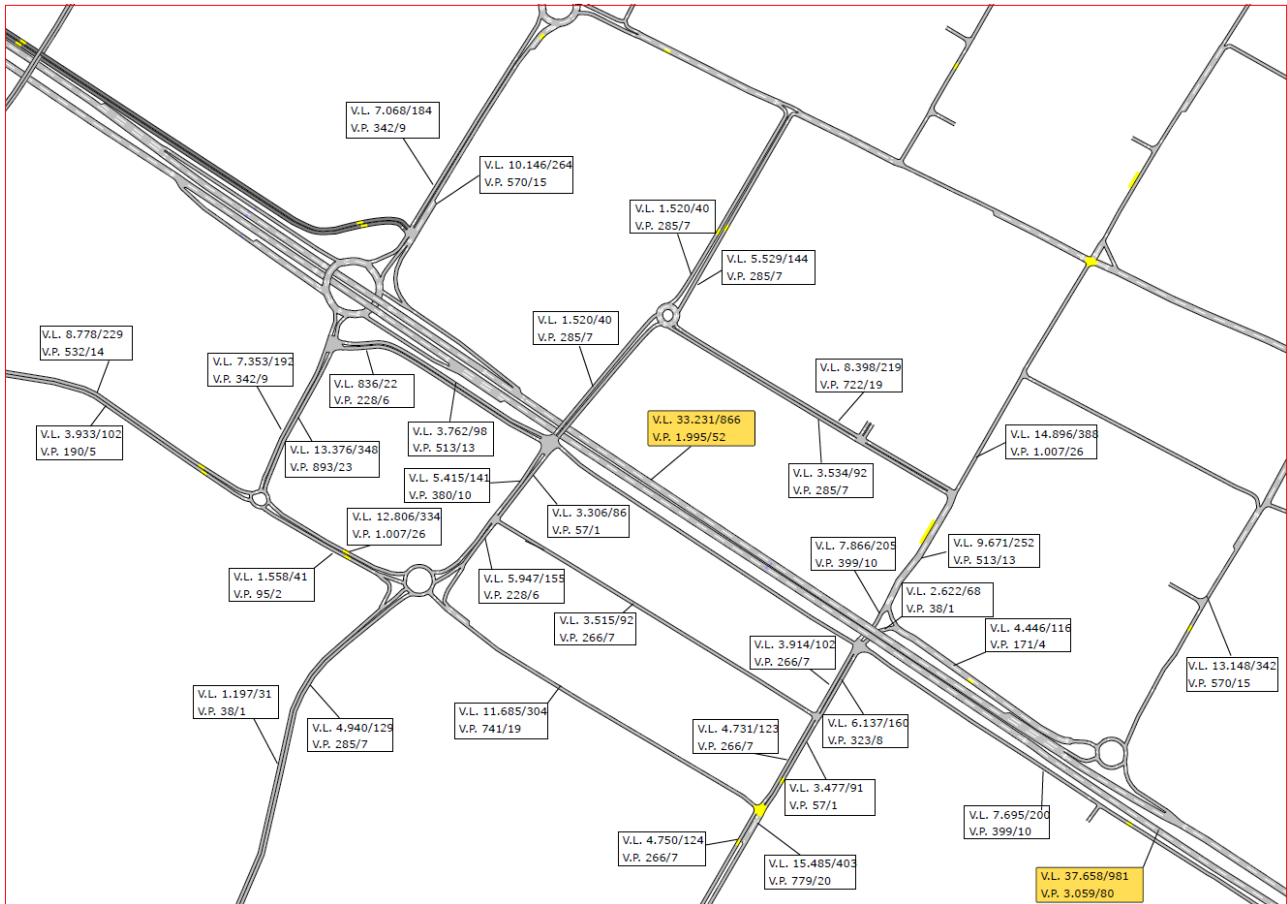
### 4.1 SCENARI SIMULATI

Con l'ausilio del micro-modello sono stati ricostruiti i seguenti scenari:

- Scenario 0–Stato Attuale;
- Scenario 1: Scenario di cantiere –fase sottopasso Via Roma aperto;
- Scenario 2: Scenario di cantiere –fase sottopasso Via del Purgatorio aperto;
- Scenario 3: Scenario di progetto;

### 4.2 RISULTATI SCENARIO DI PROGETTO

Nell'immagine che segue, si riportano i risultati dello scenario 3 di progetto ed una tabella riepilogativa



TRAFFICO GIORNALIERO				
Direzione	Tipo di veicolo	Periodo 06-22 (giorno)	Periodo 22-06 (notte)	Traffico giornaliero (TGM)
Pistoia	VL	33'231	866	34'097
	VP	1'995	52	2'047
Firenze	VL	37'658	981	38'639
	VP	3'059	80	3'139
Bidirezionale	VL	70'889	1'847	72'736
	VP	5'054	132	5'186
	<b>TOTALE</b>	<b>75'943</b>	<b>1'979</b>	<b>77'922</b>
	<b>%VP</b>	<b>7%</b>	<b>7%</b>	<b>7%</b>

TRAFFICO ORARIO DI PUNTA		
Direzione	Tipo di veicolo	Periodo orario 8:15-9:15
Pistoia	VL	1'749
	VP	105
Firenze	VL	1'982
	VP	161
Bidirezionale	VL	3'731
	VP	266
	<b>TOTALE</b>	<b>3'997</b>
	<b>%VP</b>	<b>7%</b>

Figura 13 - Scenario di progetto e tabella riepilogativa

## 5 TRACCIATO STRADALE ASSE PRINCIPALE

### 5.1 ANDAMENTO PLANIMETRICO

Il tracciato dell'asse principale ha origine 130 m prima del sottopasso esistente sopra il quale si trova la rotatoria di via Nenni (sulla quale confluiranno le due rampe di progetto - rampa di ingresso "A" e rampa d'uscita "B" - che collegheranno l'asse principale alla viabilità locale esistente a livelli sfalsati). Fino alla progressiva km 192.50 il tracciato ripercorre l'andamento dell'attuale declassata.

Dopo questa progressiva, che corrisponde alla fine del sottopasso, comincia l'intervento vero e proprio.

Partendo dal punto iniziale sopra descritto, per quel che riguarda gli elementi geometrici che compongono il tracciato, questo si sviluppa con un rettilineo avente lunghezza pari a 450.019 m, seguito da un raccordo con curva sinistrorsa di raggio pari a 13000 m, un rettilineo di lunghezza pari a 396,499 m, un raccordo con curva sinistrorsa di raggio pari a 5000 di collegamento al tracciato di via Leonardo Da Vinci esistente.

Nel **primo tratto** (da fine sottopasso esistente fino a progressiva 353.600 m) la sede stradale dell'asse principale è scoperta ed affiancata dalle due rampe il cui andamento planimetrico segue in modo parallelo quello dell'asse principale.

A Sud (lato direzione Firenze) la viabilità in affiancamento a quella di progetto è quella denominata in tutti gli elaborati come "lotto A1" (da progetto esecutivo del Comune di Prato), ossia la nuova viabilità di collegamento in fase di realizzazione fra via Nenni e via del Purgatorio, che prevede la demolizione di 2 edifici esistenti.

A Nord (lato direzione Pistoia) non è presente nessuna viabilità in affiancamento al progetto, ma un fabbricato di tipo produttivo.

Nel **secondo tratto** (da progr. 353.600 a progr. 768.852) la sede stradale è in galleria. A progetto ultimato, saranno ripristinate via del Purgatorio e via Roma che passeranno sopra la galleria e si ricollegheranno alla viabilità esistente.

Anche a Sud (lato direzione Firenze) sarà ripristinata via Tasso.

A Nord (lato direzione Pistoia) non è presente alcuna viabilità in affiancamento che verrà compromessa durante le lavorazioni.

Nel **terzo tratto** (da progr. 768.852 a fine tracciato) la sede stradale è nuovamente scoperta.

A Nord, alle due carreggiate si affianca in direzione Pistoia la corsia di immissione che parte dalla rotatoria di via Carlo Marx. Via dell'Autostrada viene spostata parallelamente all'asse principale e ridimensionata.

A Sud la percorrenza sulla viabilità locale esistente via Panziera (proseguimento di via Tasso) sarà mantenuta inalterata rispetto allo stato attuale.

La fine del tracciato si raccorda planimetricamente a via Leonardo Da Vinci esistente, attraverso un graduale restringimento dello spartitraffico e un progressivo ridimensionamento delle corsie e delle banchine.

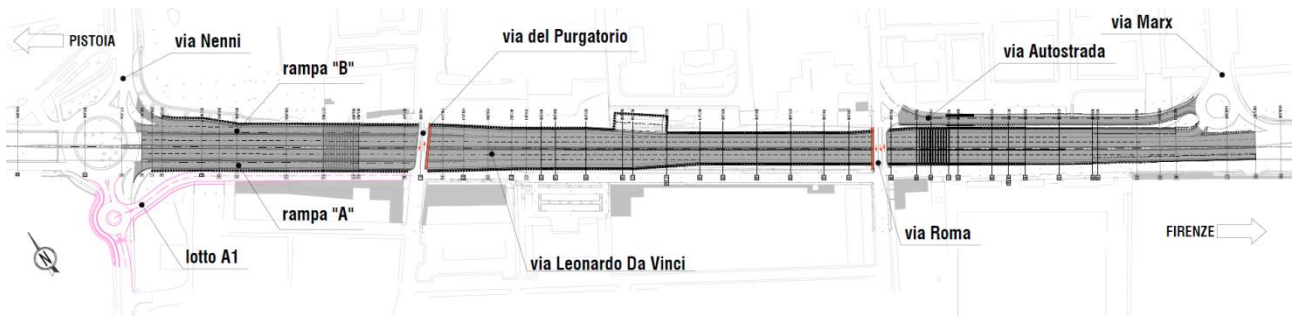


Figura 14 - Planimetria di progetto

### 5.1.1 ELEMENTI GEOMETRICI DI TRACCIATO

Si riporta a seguire il dettaglio tabellare degli elementi planimetrici del tracciato:

N.	Elemento	Progressiva	Sviluppo	Raggio	Angolo iniziale	Angolo finale	Parametro A
1	Rettifilo	0,000	450,019				
2	Raccordo	450,019	57,244	13000,000	137,4960	137,2157	
3	Rettifilo	507,263	396,499				
4	Raccordo	903,762	58,259	5000,000	137,2157	136,4739	
5	Rettifilo	962,021	77,934				

## 5.2 ANDAMENTO ALTIMETRICO

L'asse principale di progetto dal punto di vista altimetrico è stato studiato con riferimento ad una velocità di progetto di 80 km/h ed è stato definito in modo da garantire un'altezza libera rispetto all'intradosso dell'impalcato della galleria artificiale non inferiore a 5,50m, in modo da tenere conto anche del transito di eventuali trasporti eccezionali.

Il tracciato altimetrico ha inizio 130 m prima del sottopasso esistente e fino alla progressiva km 192.50 ripercorre l'andamento dell'attuale declassata. La variazione altimetrica dell'attuale via Leonardo da Vinci inizia al limite del sottopasso esistente, a progr. 192.47. Da una quota pari 46.25 m s.l.m. con una livelletta di pendenza pari al 3,00% e raccordata con l'esistente con un raccordo parabolico convesso di raggio 3200 m, si scende fino ad arrivare alla quota di progetto (42,20 m s.l.m) del piano stradale in galleria, attraverso un raccordo concavo di raggio pari a 2000 m.

In galleria, superata l'intersezione con via del Purgatorio, il primo tratto viaggia con una livelletta di pendenza pari allo 0,2 % sempre in discesa fino ad arrivare alla progr. 550.00 dove a quota pari a 42.00 m s.l.m. si raggiunge il punto di minimo con un raccordo di raggio concavo pari a 15000 m s.l.m.

Successivamente, si ricomincia a risalire con una livelletta di pendenza pari allo 0.2%.

Dopo l'intersezione con via Roma termina il tratto coperto del sotto-attraaversamento ed un raggio concavo pari a 2500 m si raccorda ad una livelletta di pendenza pari al 5.4% per riportare la viabilità in superficie.

L'ultimo raccordo altimetrico convesso di raggio 3250 m è un elemento di collegamento altimetrico con via Leonardo da Vinci in prossimità della rotatoria esistente su via Carlo Marx, alla quota di 51,35 m s.l.m.

I raccordi altimetrici di progetto rispettano le necessarie distanze di visibilità richieste dalla normativa, come riscontrabile negli output riportati al prgf. 6.2.

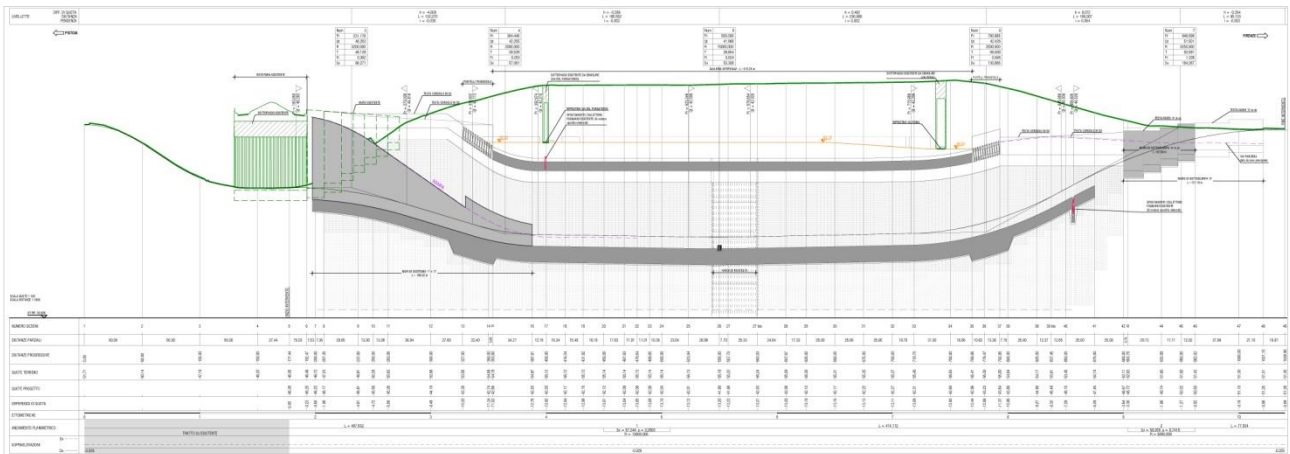


Figura 15 - Profilo longitudinale

### 5.2.1 ELEMENTI ALTIMETRICI

A seguire viene riportato il dettaglio degli elementi altimetrici del tracciato:

5 Livelletta			
P1:	141,109	Pv1:	108,127
Q1:	46,263	Qv1:	46,263
P2:	183,050	Pv2:	231,178
Q2:	46,263	Qv2:	46,263
Progressiva:	141,109	Differenza di quota:	0,000
Sviluppo:	41,942	Pendenza:	0,000

6 Parabola altimetrica - N. 3			
P1:	183,050	Pv:	231,178
Q1:	46,263	Qv:	46,263
P2:	279,306		
Q2:	44,816	Raggio:	3200,000
Progressiva:	183,050	Pendenza iniziale:	0,000
Sviluppo:	96,271	Pendenza finale:	-0,030

7 Livelletta			
P1:	279,306	Pv1:	231,178
Q1:	44,816	Qv1:	46,263
P2:	335,922	Pv2:	364,448
Q2:	43,113	Qv2:	42,255
Progressiva:	279,306	Differenza di quota:	-1,703
Sviluppo:	56,642	Pendenza:	-0,030

8 Parabola altimetrica - N. 4			
P1:	335,922	Pv:	364,448
Q1:	43,113	Qv:	42,255
P2:	392,974		
Q2:	42,210	Raggio:	2000,000
Progressiva:	335,922	Pendenza iniziale:	-0,030
Sviluppo:	57,061	Pendenza finale:	-0,002

9 Livelletta			
P1:	392,974	Pv1:	364,448
Q1:	42,210	Qv1:	42,255
P2:	523,346	Pv2:	550,000
Q2:	42,008	Qv2:	41,966
Progressiva:	392,974	Differenza di quota:	-0,203
Sviluppo:	130,372	Pendenza:	-0,002

10 Parabola altimetrica - N. 5			
P1:	523,346	Pv:	550,000
Q1:	42,008	Qv:	41,966
P2:	576,654		
Q2:	42,020	Raggio:	15000,000
Progressiva:	523,346	Pendenza iniziale:	-0,002
Sviluppo:	53,308	Pendenza finale:	0,002

<b>11 Livelletta</b>			
P1:	576,654	Pv1:	550,000
Q1:	42,020	Qv1:	41,966
P2:	715,988	Pv2:	780,988
Q2:	42,298	Qv2:	42,428
Progressiva:	576,654	Differenza di quota:	0,279
Sviluppo:	139,335	Pendenza:	0,002

<b>12 Parabola altimetrica - N. 6</b>			
P1:	715,988	Pv:	780,988
Q1:	42,298	Qv:	42,428
P2:	845,988		
Q2:	45,938	Raggio:	2500,000
Progressiva:	715,988	Pendenza iniziale:	0,002
Sviluppo:	130,066	Pendenza finale:	0,054

<b>13 Livelletta</b>			
P1:	845,988	Pv1:	780,988
Q1:	45,938	Qv1:	42,428
P2:	856,905	Pv2:	948,995
Q2:	46,528	Qv2:	51,501
Progressiva:	845,988	Differenza di quota:	0,589
Sviluppo:	10,932	Pendenza:	0,054

<b>14 Parabola altimetrica - N. 7</b>			
P1:	856,905	Pv:	948,995
Q1:	46,528	Qv:	51,501
P2:	1041,086		
Q2:	51,255	Raggio:	3250,000
Progressiva:	856,905	Pendenza iniziale:	0,054
Sviluppo:	184,267	Pendenza finale:	-0,003

<b>15 Livelletta</b>			
P1:	1041,086	Pv1:	948,995
Q1:	51,255	Qv1:	51,501
P2:	1044,129	Pv2:	
Q2:	51,247	Qv2:	
Progressiva:	1041,086	Differenza di quota:	-0,008
Sviluppo:	3,042	Pendenza:	-0,003

## 6 ANALISI DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO DELL'ASSE PRINCIPALE

### 6.1 VERIFICA DELL'ANDAMENTO PLANIMETRICO

Dati generali asse	
Tipo piattaforma:	Carreggiate separate
Posizione asse:	Centro
Tipo normativa:	a stradale 2001 - Italia_PRATO_P V QUALITÀ
Tipo strada:	urbana principale 2+2 - Piano viario di qualità
Velocità minima:	80,00
Velocità massima:	80,00

✓ 1 Rettifilo - N. 1	Lunghezza: 450,019	Elemento	Riferimento	Velocità
● Lunghezza massima		450,019	1760,000	80,00

✓ 2 Raccordo - N. 1	Raggio: 13000,000 Lunghezza: 57,244	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo in funzione della velocità		13000,000	251,969	80,00
● Lunghezza minima per una corretta percezione		57,244	55,556	80,00
● Raggio minimo dal rettifilo precedente		13000,000	400,000	

✓ 3 Rettifilo - N. 2	Lunghezza: 396,499	Elemento	Riferimento	Velocità
● Lunghezza minima		396,499	90,000	80,00
● Lunghezza massima		396,499	1760,000	80,00

✓ 4 Raccordo - N. 2	Raggio: 5000,000 Lunghezza: 58,259	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo in funzione della velocità		5000,000	251,969	80,00
● Lunghezza minima per una corretta percezione		58,259	55,556	80,00
● Raggio minimo dal rettifilo precedente		5000,000	400,000	
● Raggio minimo dal rettifilo successivo		5000,000	77,934	

✓ 5 Rettifilo - N. 3	Lunghezza: 77,934	Elemento	Riferimento	Velocità
● Lunghezza massima		77,934	1760,000	80,00



## 6.2 VERIFICA DELL'ANDAMENTO ALTIMETRICO

Dati generali profilo	
Tipo piattaforma:	Carreggiate separate
Posizione asse:	Centro
Tipo normativa:	a stradale 2001 - Italia_PRATO_P V QUALITÀ
Tipo strada:	urbana principale 2+2 - Piano viario di qualità
Velocità minima:	80,00 km/h
Velocità massima:	80,00 km/h

✓ 5 Livelletta - N. 3	Pendenza: 0,000 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima		0,000 v/h	0,060 v/h	

✓ 6 Parabola - N. 3	Raggio: 3200,000 m Lunghezza: 96,271 m	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo per evitare il contatto con la superficie		3200,000 m	20,000 m	
● Raggio minimo comfort accelerazione verticale		3200,000 m	823,045 m	80,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di arresto)		3200,000 m	2362,028 m	80,00 km/h

✓ 7 Livelletta - N. 4	Pendenza: -0,030 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima		0,030 v/h	0,060 v/h	

✓ 8 Parabola - N. 4	Raggio: 2000,000 m Lunghezza: 57,061 m	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo per evitare il contatto con la superficie		2000,000 m	40,000 m	
● Raggio minimo comfort accelerazione verticale		2000,000 m	823,045 m	80,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di arresto)		2000,000 m	1322,570 m	80,00 km/h

✓ 9 Livelletta - N. 5	Pendenza: -0,002 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima		0,002 v/h	0,060 v/h	

✓ 10 Parabola - N. 5	Raggio: 15000,000 m Lunghezza: 53,308 m	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo per evitare il contatto con la superficie		15000,000 m	40,000 m	

● Raggio minimo comfort accelerazione verticale	15000,000 m	823,045 m	80,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di arresto)	15000,000 m	0,000 m	80,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di Cambio corsia)	15000,000 m	0,000 m	80,00 km/h

✓ 11 Livelletta - N. 6	Pendenza: 0,002 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima		0,002 v/h	0,060 v/h	

✓ 12 Parabola - N. 6	Raggio: 2500,000 m Lunghezza: 130,066 m	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo per evitare il contatto con la superficie		2500,000 m	40,000 m	
● Raggio minimo comfort accelerazione verticale		2500,000 m	823,045 m	80,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di arresto)		2500,000 m	2088,814 m	80,00 km/h

✓ 13 Livelletta - N. 7	Pendenza: 0,054 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima		0,054 v/h	0,060 v/h	

✓ 14 Parabola - N. 7	Raggio: 3250,000 m Lunghezza: 184,267 m	Elemento	Riferimento	Velocità
● Raggio minimo per evitare il contatto con la superficie		3250,000 m	20,000 m	
● Raggio minimo comfort accelerazione verticale		3250,000 m	823,045 m	80,00 km/h
● Raggio minimo da visibilità ( con Distanza di arresto)		3250,000 m	2429,720 m	80,00 km/h

✓ 15 Livelletta - N. 8	Pendenza: -0,003 v/h	Elemento	Riferimento	Velocità
● Pendenza massima		0,003 v/h	0,060 v/h	

## 7 RAMPE

### 7.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Vengono qui descritte le principali caratteristiche delle rampe ("A", "B" e "C").

Le suddette viabilità sono state progettate in accordo con la normativa "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (DM del 19/04/2006), per il tracciato planimetrico (a meno dei flessi di raccordo con l'asse principale) ed altimetrico.

### 7.2 DESCRIZIONE

La rampa "A" è la rampa di ingresso direzione Firenze che dalla rotatoria esistente di via Nenni scende e si immette sull'asse principale di progetto, la rampa "B" è la rampa d'uscita in direzione Prato che dall'asse principale di progetto sale e si immette sulla rotatoria esistente di via Nenni e la rampa "C" è la rampa d'ingresso direzione Pistoia che dalla rotatoria esistente di via Marx si immette sull'asse principale di progetto.

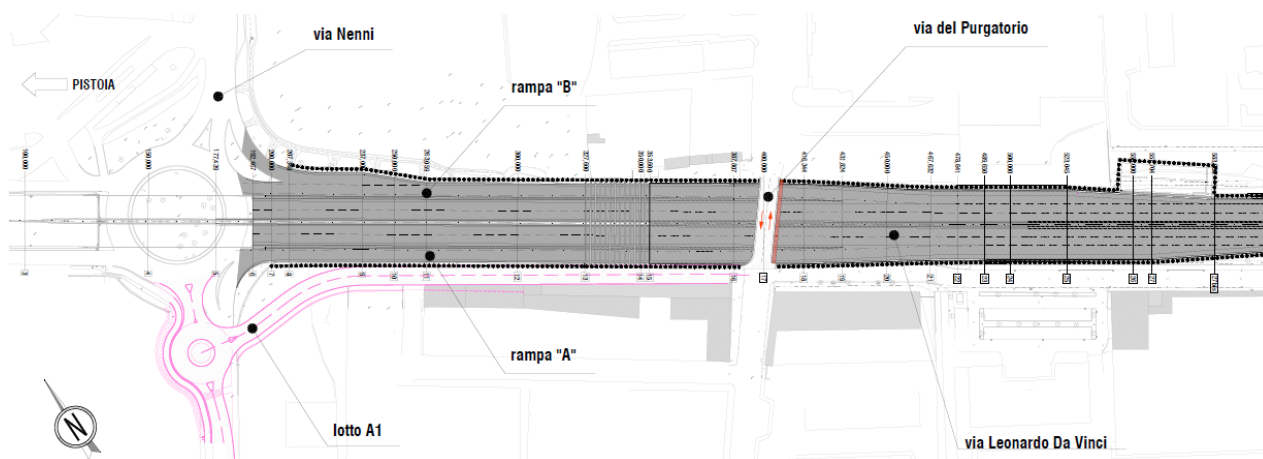


Figura 16 - Stralcio planimetria di progetto con le rampe "A" e "B"

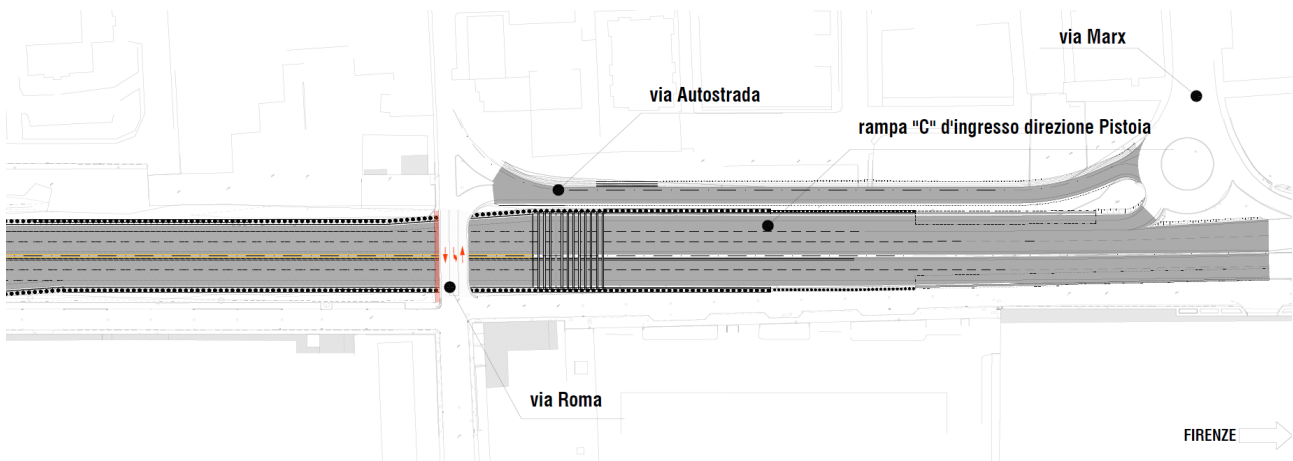


Figura 17 – Stralcio della planimetria di progetto con la rampa "C"

Lungo tutto il tracciato le rampe "A" e "B" sono delimitate a sinistra da un setto armato di spessore 0.50 m e a destra da una paratia di pali secanti.

Gli elementi costitutivi della sezione tipo della rampe "A" e "B" sono:

- n. 1 corsia di larghezza pari a 4.00 m;
- n. 1 banchina di destra con larghezza pari a 0,75 m;
- n. 1 banchina di sinistra con larghezza pari a 0,75 m.

La rampa "C" è invece delimitata a destra (dir. Pistoia) prima dal muro di sottoscampa "4", dopo da una paratia di pali secanti. Corre parallelamente all'asse principale ed è composta dai seguenti elementi costitutivi:

- n. 1 corsia di larghezza pari a 3.50 m;
- n. 1 banchina di destra (dir. Pistoia) con larghezza pari a 1,75 m;

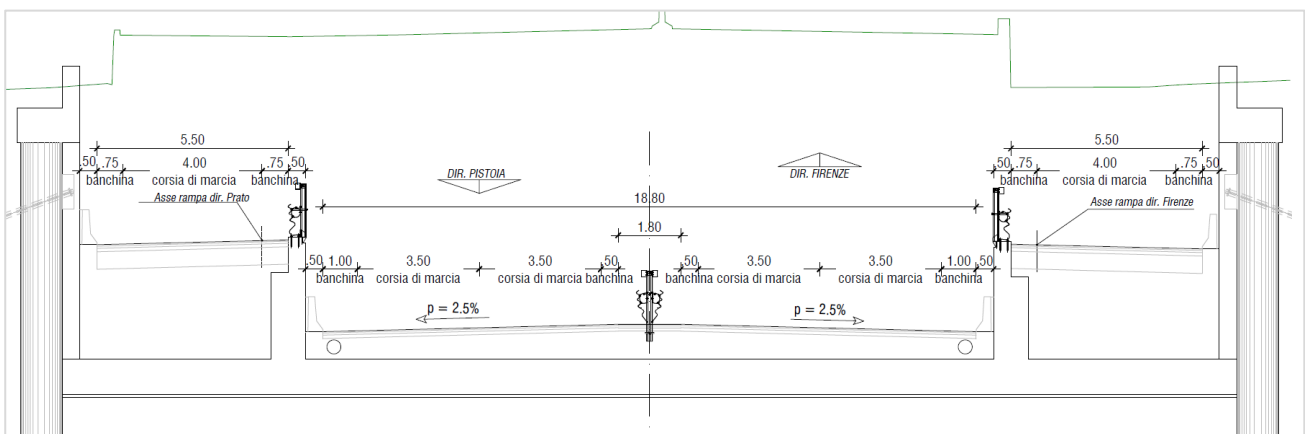


Figura 18 - Sezione tipo rampe in affiancamento all'asse principale

La velocità di progetto è pari a 50 km/h.

Per quanto riguarda l'andamento altimetrico, le rampe "A" e "B" così come prescritto dal D.M. DM del 19/04/2006 e data la velocità di progetto assunta pari a 50 km/h, presentano una pendenza longitudinale massima pari al 7,00% e raggi di raccordo altimetrico minimi pari a 1100 concavi e 1000 convessi.

La rampa "C" segue l'andamento altimetrico dell'asse principale.

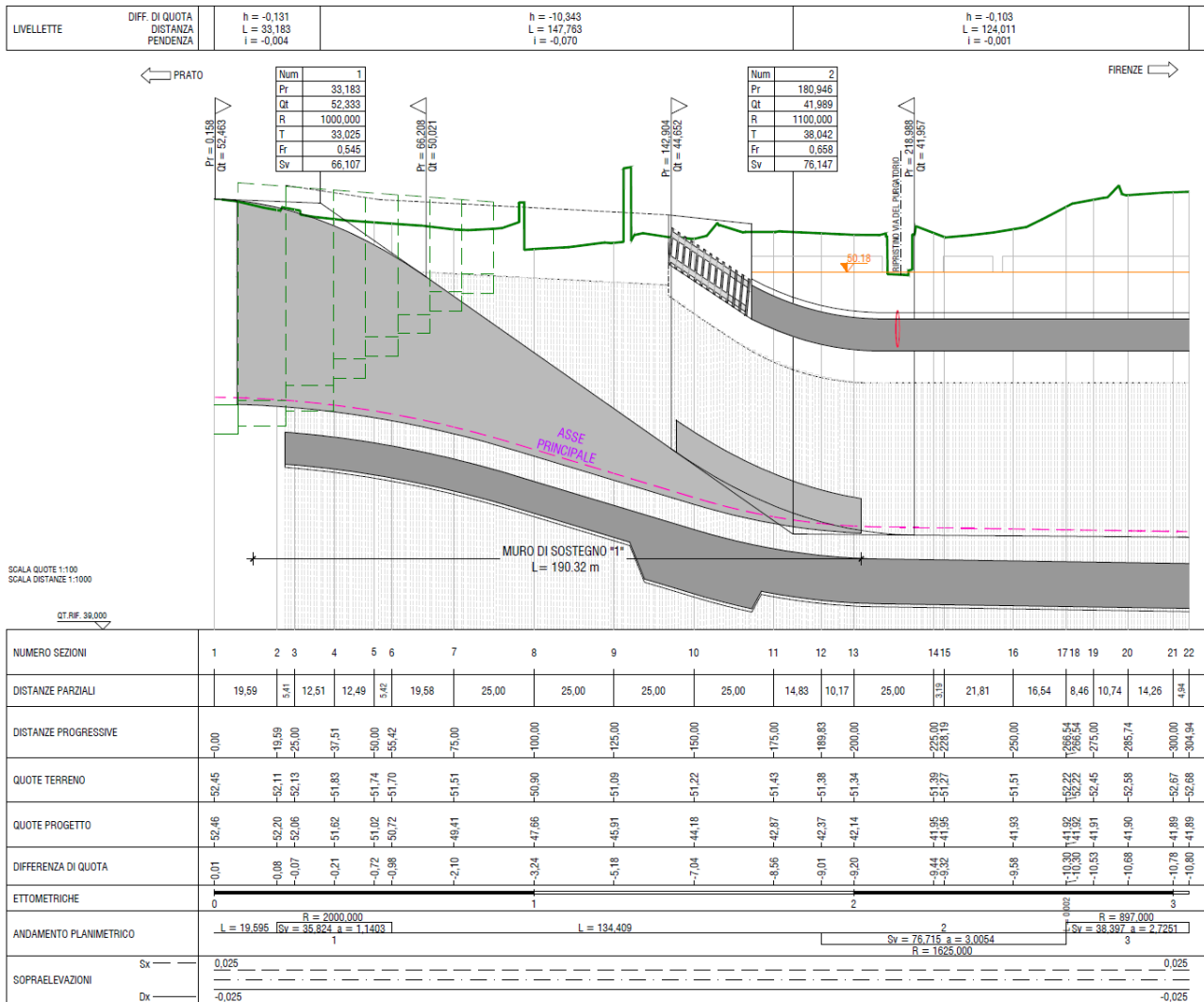


Figura 19 - Profilo Rampa "A"

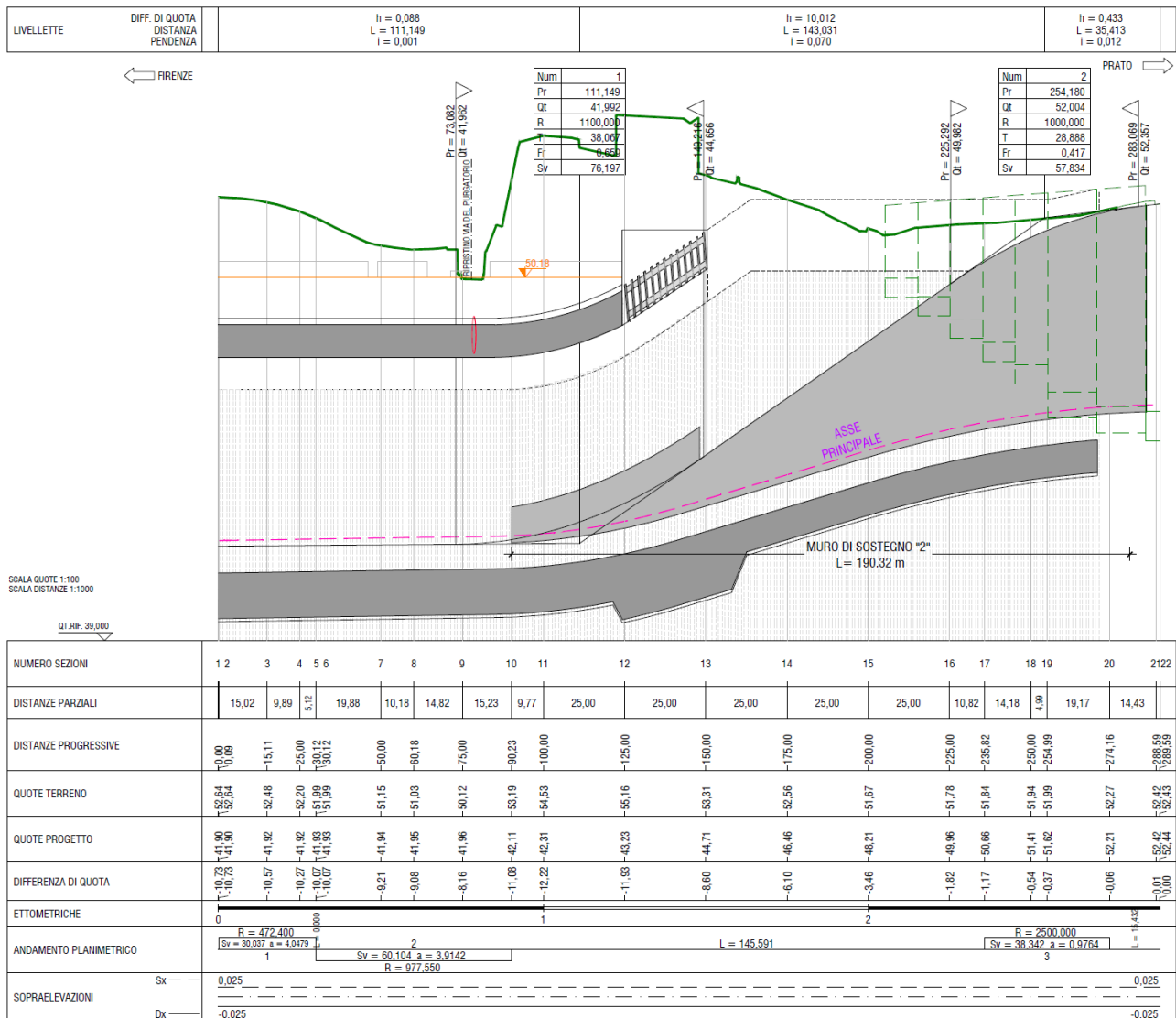


Figura 20 - Profilo Rampa "B"

## 7.3 CORSIE SPECIALIZZATE

### 7.3.1 Verifiche secondo criteri geometrici-cinematici

Così come da DM del 19/04/2006, le rampe sono composte dai seguenti tratti elementari:

RAMPA "A" e "C" di ingresso

- tratto di accelerazione di lunghezza  $L_a$ , e
- tratto di immissione di lunghezza  $L_i$ , e
- elemento di raccordo di lunghezza  $L_v$ , e

RAMPA "B" di uscita

- tratto di manovra di lunghezza  $L_{m,u}$
- tratto di decelerazione di lunghezza  $L_{d,u}$  (comprendente metà della lunghezza del tratto di manovra  $L_{m,u}$ ).

Gli elementi delle corsie specializzate  $L_{a,e}$ ,  $L_{v,e}$ ,  $L_{m,u}$ ,  $L_{d,u}$  che compongono le rampe "A", "B" e "C" sono stati progettati in accordo con i criteri geometrici e cinematici del DM del 19/04/2006.

I criteri di dimensionamento del tratto di immissione  $L_{i,e}$  della rampa "A" di ingresso dir. Firenze e della rampa "C" di ingresso dir. Pistoia sono invece trattati nel paragrafo successivo.

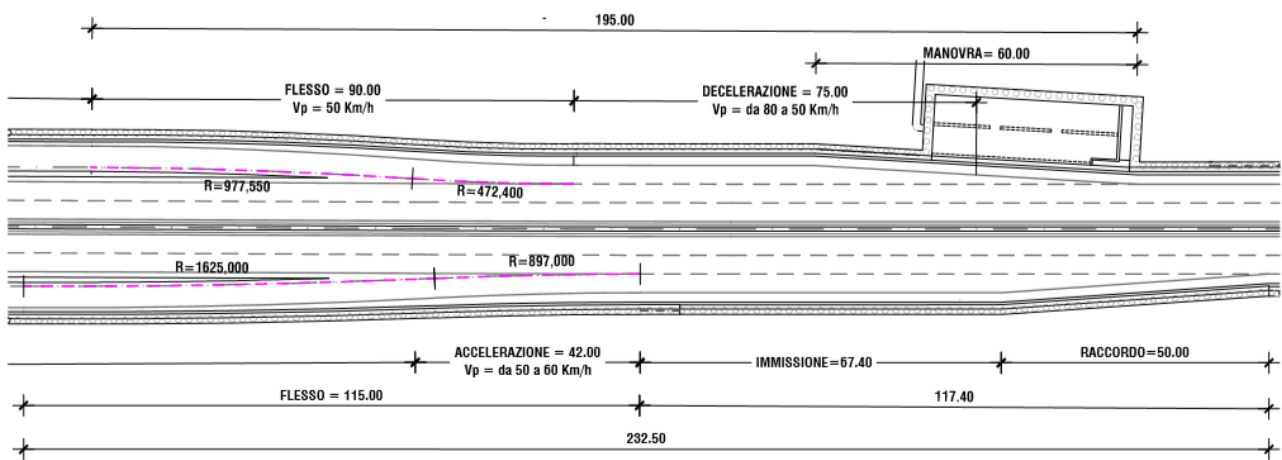


Figura 21 - Configurazione finale rampe "A" e "B"

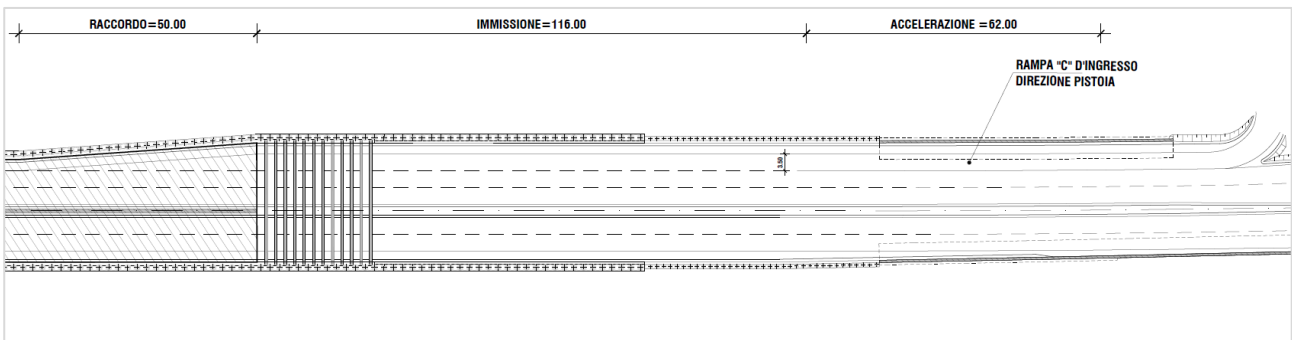


Figura 22 – Configurazione finale rampa "C"

Per la corretta definizione della lunghezza del tratto di raccordo e della conformazione del flesso delle rampe "A" e "B", è stato seguito il criterio della limitazione dell'accelerazione trasversale per il quale tale valore è pari al prodotto della velocità di progetto per la radice quadrata dello scostamento da realizzare.

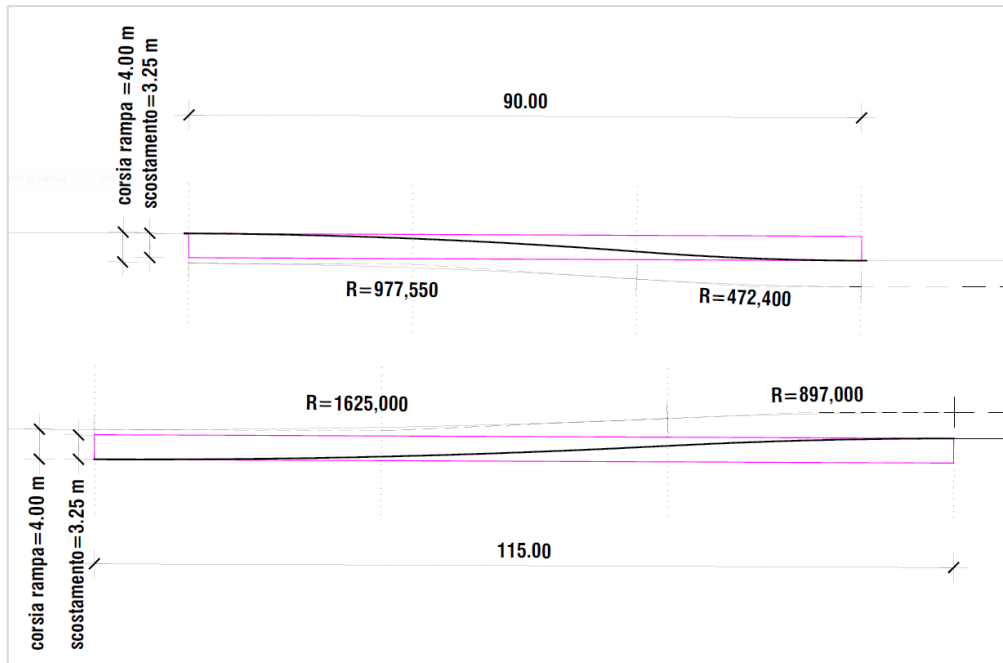


Figura 23 - Flesso di raccordo

La pendenza trasversale è sempre pari al 2.5% verso l'esterno (lato destro) ed è resa possibile attraverso l'adozione di raggi di curvatura compatibili con la sagoma in contropendenza, così come indicato nel paragrafo 5.2.4 del D.M. del 05/11/01m, utilizzando la formula dell'equilibrio in curva " $R = (V^2)/[127*(q+ft)]$ ".

Sostituendo i valori della tabella del paragrafo 5.2.4, ovvero  $R = 1150$  m,  $q = -0.025$  e  $V = 60$  km/h (dati validi per strade urbane E ed F con  $V_p$  max di 60 km/h che non sono inerenti al progetto ma hanno la stessa  $V_p$ ), si ottiene  $ft$  impegnata =  $(V^2)/[127*R] - q = (60^2)/(127*1150) - (-0.025) = 0.025 + 0.025 = 0.05$ . (si ricorda che il massimo di  $ft$  per strade extraurbane e  $V_p = 60$  km/h è 0.17).

Lasciando cautelativamente fisso il valore  $ft$  impegnato calcolato a 60 km/h (a 50 km/h si potrebbe considerare un  $ft$  leggermente più alto) ed inserendo nella formula dell'equilibrio in curva i valori  $V = 50$  km/h,  $q = -0.025$  e appunto  $ft = 0.05$  si ottiene  $R = (50^2)/[127*(0.05-0.025)] = 787,4$  m.

Pertanto i raggi utilizzati ( $R=977,55$  e  $R=1625$ ), che sono conseguenza di uno scostamento di 3.25 m, della lunghezza complessiva dei raccordi e dei valori dei primi raggi di curvatura, sono contraddistinti da un'aderenza trasversale  $ft$  impegnata sicuramente minore rispetto alla configurazione con raggio 1150 m e  $V_p$  pari a 60 km/h ammessa dalla normativa e sono compatibili con la sagoma in contropendenza.



### 7.3.2 Verifica del tratto di immissione secondo criteri funzionali

La corsia di immissione prevista nel progetto definitivo lungo l'asse principale in direzione Firenze presenta i seguenti elementi in ordine di percorrenza, evidenziati in figura 23, Figura 24:

- un flesso di curve di raggio ampio (1625 e 897 m) dimensionato per una velocità di progetto pari a 60 km/h;
- un tratto rettilineo in parallelo di 67.4 m;
- un tratto di raccordo 50 m, fortemente influenzato dalla presenza delle strutture adiacenti.

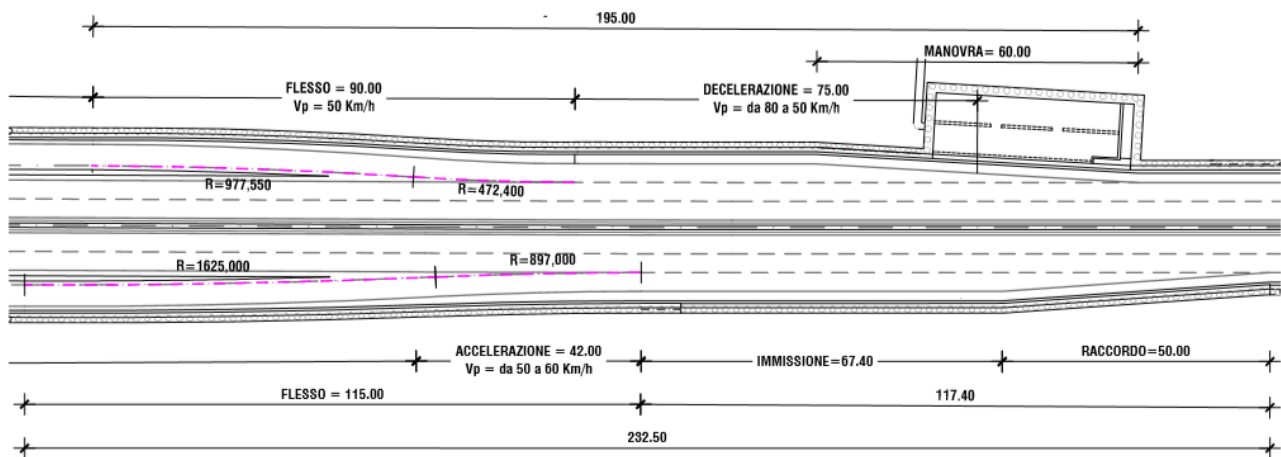


Figura 24: geometria della corsia di immissione

La velocità di progetto sull'asse principale è stata prevista pari a 80 km/h, pertanto si dovrà garantire il raggiungimento di una velocità ( $v_2$ ) pari  $80 \times 0.8 = 64$  km/h. Considerando un'accelerazione ( $a$ ) pari a  $1.0$  m/s<sup>2</sup> come indicato dal DM 19/04/2006, il passaggio da  $v_1$  pari a 60 km/h a  $v_2$  pari a 64 km/h necessita di uno spazio pari a:

$$L_{acc} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = \frac{\left(\frac{64}{3.6}\right)^2 - \left(\frac{60}{3.6}\right)^2}{2} = 19 \text{ m}$$

Lo spazio necessario ad accelerare è quindi ampiamente incluso all'interno dello sviluppo del tratto parallelo pari a 67.4 m.

Il tratto parallelo secondo il metodo probabilistico è fondato sul fatto che la corsia dovrà essere tanto più lunga quanto minore è la probabilità che l'intervallo temporale casuale (headway) sia maggiore dell'intervallo minimo accettato (gap critico)<sup>1</sup>. Il confronto tra i due intervalli di tempo necessita dei seguenti dati di input costituiti da:

- il flusso orario sulla corrente veicolare nella quale ci si immette ( $Q$ ), il cui valore massimo caratteristico delle condizioni più critiche è quello relativo all'ora di punta tra le 8:15 e le 9:15;
- la velocità di deflusso della corrente dell'asse principale ( $V$ );
- la velocità di deflusso della corrente all'inizio del tratto parallelo ( $V_e$ ).

<sup>1</sup> Per maggiori dettagli su questo metodo si rimanda ai seguenti riferimenti bibliografici: "Progetto delle intersezioni stradali" – G. Da Rios – UTET e "Progettare le intersezioni" – S. Canale et al. – EPC.

Facendo riferimento ai dati di traffico presenti nella relazione dal titolo "Analisi della viabilità tramite micro-simulazione veicolare" (cod. P00CA00CANRE02) il flusso di traffico transitante lungo via Leonardo da Vinci in direzione Firenze è pari a 2123 veicoli/ora di cui 161 veicoli pesanti. Ipotizzando una ripartizione uniforme tra le due corsie, il flusso che transita sulla corsia di marcia è pari a 1062 veicoli/ora. Il dato si riferisce ad una sezione a monte della corsia di immissione e pertanto è da considerarsi cautelativo in quanto non è stata operata la distinzione tra veicoli passanti ed entranti. La velocità di percorrenza dell'asse principale è considerata pari alla velocità limite di 70 km/h che risulta in genere molto attendibile come stima della velocità di flusso libero (Free Flow Speed)<sup>2</sup>. La velocità di deflusso all'inizio del tratto parallelo è stata posta uguale alla velocità di progetto del flesso di curve pari a 60 km/h.

Il metodo probabilistico è basato sull'ipotesi che gli arrivi dei veicoli sull'asse principale seguono una distribuzione di probabilità di Poisson di cui la media  $\lambda$  è data da  $\lambda = Q / 3600 \text{ sec} = 1062/3600 = 0.295 \text{ veic./sec}$  e l'intervallo temporale medio tra due passaggi è invece pari a  $T_{\text{medio}} = 1/\lambda = 3.39 \text{ sec}$  (*Headway medio*).

Il *gap critico*, ovvero il tempo minimo necessario ad effettuare la manovra di ingresso sull'asse, è assunto pari a  $\tau = 2.5 \text{ sec}$  (riferito a rampe con velocità inferiori a 80 km/h). In queste circostanze la lunghezza minima del tratto parallelo è pari a  $L_{p,\text{min}} = V_e \text{ (m/s)} \times \tau = (60 / 3.6) \times 2.5 = 41.7 \text{ m}$ .

La probabilità che l'intervallo casuale sia maggiore dell'intervallo critico durante il primo evento (primo spazio libero senza attendere il passaggio di un veicolo) è data da:

$$P(t \geq \tau) = e^{-\lambda\tau}$$

da cui sostituendo i valori di  $\lambda$  e  $\tau$  si ottiene  $P_1 = 0.478 = 47.8\%$ . In altre parole, la probabilità che un veicolo entrante debba attendere il passaggio di un solo veicolo e trovi un intervallo utile per entrare maggiore o uguale a 2.5 s, è pari al 47.8% dei casi. Qualora un veicolo entrante debba invece attendere il passaggio di un secondo veicolo il tempo di ingresso raggiunge il valore di  $T_{\text{medio}}$  pari ad 3.39 secondi e di conseguenza la lunghezza del tratto parallelo dovrebbe esser pari a  $L_{p,T_{\text{medio}}} = V_e \text{ (m/s)} \times T_{\text{medio}} = (60 / 3.6) \times 3.39 = 55.5 \text{ m}$ . La probabilità che l'intervallo casuale sia maggiore dell'intervallo critico durante il secondo evento (secondo spazio libero con il passaggio di un veicolo) è data da:

$$P(t \geq \tau) = (1 - e^{-\lambda\tau})e^{-\lambda\tau}$$

da cui sostituendo i valori di  $\lambda$  e  $\tau$  si ottiene  $P_2 = 0.249 = 24.9\%$ .

La probabilità di riuscire a compiere la manovra di ingresso nei primi due intervalli tra veicoli è data da  $P = P_1 + P_2 = 0.478 + 0.249 = 0.727 = 72.7\%$ .

Nei riferimenti bibliografici in materia si evince che per la buona pratica di progettazione si ritiene opportuno non scendere al di sotto della soglia di probabilità del 70%, valore che viene soddisfatto per una lunghezza del tratto

---

<sup>2</sup> "Estimating Free-flow Speed from Posted Speed Limit Signs" – M. D. Deardoff, B. N. Wiesner, J. Fazio - 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service Stockholm, Sweden June 28 – July 1, 2011.

parallelo di circa 50 m. La lunghezza del tratto parallelo disponibile di 67.4 m corrisponde ad una percentuale di ingresso al secondo evento del 75%.

Il valore ottimale della lunghezza del tratto parallelo sarebbe quello corrispondente ad un valore di probabilità di ingresso al primo evento del 90% e porterebbe al dimensionamento di un tratto parallelo lungo almeno 148 m. Tuttavia, vista la situazione specifica imposta dalla presenza di numerosi vincoli strutturali, geomorfologici ed ambientali particolarmente condizionanti, si ritiene sufficiente il raggiungimento della probabilità del 75%.

Per quanto riguarda la rampa "C" di immissione in dir. Pistoia, questa presenta una lunghezza del tratto di immissione pari a 116m che corrisponde ad un valore di probabilità di ingresso al primo evento superiore all'80%, da considerarsi pertanto sufficiente, sulla base delle stesse considerazioni sopraesposte.

## **8 ANALISI DI FUNZIONALITA' E DI SICUREZZA AI SENSI DELL'ART.4 DEL D.M. 22/04/2004**

Come previsto dall'Art.4 del D.M. 22/04/2004, *"fino all'emanazione delle suddette norme (sugli adeguamenti stradali – ndr), per il conseguimento delle finalità di cui al precedente articolo, i progetti di adeguamento delle strade esistenti devono contenere una specifica relazione dalla quale risultino analizzati gli aspetti connessi con le esigenze di sicurezza, attraverso la dimostrazione che l'intervento, nel suo complesso, è in grado di produrre, oltre che un miglioramento funzionale della circolazione, anche un innalzamento del livello di sicurezza, fermo restando la necessità di garantire la continuità di esercizio della infrastruttura"*.

Non essendo state ancora emesse le norme di progettazione per strade esistenti, all'interno delle quali dovrebbe esser anche definito il campo di applicazione, ovvero quali siano i presupposti per la definizione di "intervento di adeguamento", nel presente capitolo vengono analizzati i gli elementi di miglioramento funzionale e di sicurezza che il progetto apporta rispetto alla configurazione esistente.

### **8.1 MIGLIORAMENTO FUNZIONALE**

Il miglioramento funzionale raggiunto dalla nuova infrastruttura è intrinseco alla realizzazione di un tratto di strada a carreggiate separate con due corsie per senso di marcia, rispetto all'attuale configurazione del tratto compreso tra l'intersezione con Via Marx e Via Nenni, organizzato su una sola carreggiata con una corsia per senso di marcia.

Come indicato dal D.M. 5/11/2001, infatti, la portata di servizio oraria per corsia espressa in veicoli equivalenti è pari a 1'000 veic.eq./ora per le sezioni tipo B mentre è pari a 600 veic.eq./ora per sezioni tipo C1 o C2 alle quali è assimilabile l'attuale configurazione.

Considerando tutte le corsie in entrambe le direzioni di marcia, l'aumento di portata di servizio passa da 1'200 veic.eq/ora a 4'000 veic.eq./ora, pari a 2.3 volte il valore attuale.

### **8.2 MIGLIORAMENTO DI SICUREZZA**

Il miglioramento della sicurezza, come il miglioramento funzionale, è conseguenza della separazione fisica delle correnti veicolari conseguente all'organizzazione della sezione a due carreggiate. In generale il miglioramento della sicurezza viene valutato qualitativamente o quantitativamente mediante l'utilizzo di opportuni indicatori legati all'incidentalità, come ad esempio il numero di incidenti, la densità di incidenti per chilometro o il tasso di incidentalità. La valutazione degli indicatori può esser svolta utilizzando opportuni modelli di incidentalità oppure sulla base di riferimenti di letteratura di settore.

Compatibilmente con il livello di informazioni disponibili per questo progetto è stato scelto di effettuare la valutazione qualitativa di miglioramento della sicurezza utilizzando gli Accident (o Crash) Modification Factors (AMF o CMF) riportati in Tabella 1, il cui valore costituisce l'effetto di riduzione di una particolare categoria di incidenti espressa in termini percentuali. Il riferimento di letteratura da cui è estratta la tabella è "Safer roads – a guide to roads safety engineering" di K.W. Ogden, pubblicato nel 1996. I valori degli AMF si applicano a seconda della tipologia di incidente. Nella stima degli effetti benefici prodotte dalla realizzazione degli interventi, si adotta in prima approssimazione il valore medio di ciascun intervallo.

Tabella 1: Stima CMF in funzione del tipo di intervento e del tipo di incidente (fonte Ogden K.W. ,1996, Safer roads – a guide to roads safety engineering)

Tipo di intervento	Tipo di incidente su cui influisce	Riduzione %	
		Letteratura	Adottato
Trattamenti superficiali	Tamponamento	20 – 40	30
	Fuoriuscita di strada (in rettilineo)	10 – 20	15
	Fuoriuscita di strada (in curva)	20 – 30	25
	Perdita di controllo	20 – 30	25
<b>Raddoppio delle corsie / realizzazione della corsia di sorpasso/ realizzazione spartitraffico</b>	<b>Urto tra veicoli in corrispondenza di intersezioni</b>	<b>30 – 50</b>	<b>40</b>
	<b>Scontro frontale</b>	<b>90 – 100</b>	<b>95</b>
	<b>Tamponamento</b>	<b>30 – 50</b>	<b>40</b>
	<b>Sorpasso</b>	<b>40 – 80</b>	<b>60</b>
	<b>Investimento pedone</b>	<b>30 – 50</b>	<b>40</b>
	<b>Fuoriuscita di strada</b>	<b>20 – 50</b>	<b>35</b>
Creazione di zone libere da ingombri, realizzazione di barriere di sicurezza	Urto contro ostacolo fisso	30 – 40	35
	Fuoriuscita di strada	30 – 40	35
Allargamento banchine	Scontro frontale	20 – 30	v. raddoppio
	Fuoriuscita di strada (in rettilineo)	20 – 30	25
	Fuoriuscita di strada (in curva)	20 – 30	25
	Perdita di controllo	20 – 30	25

È opportuno osservare che la separazione fisica delle correnti comporta l'annullamento del rischio di urto frontale che è sicuramente la tipologia di incidente con conseguenze più gravi tra tutti quelli contemplati. In base ai valori dalle celle evidenziate in grassetto, è possibile stimare una riduzione media degli incidenti connessi alla separazione fisica delle corsie pari al 52%.

Tuttavia, tale valore deve essere confrontato anche da una valutazione dell'aumento del rischio per gli utenti della strada legato all'aumento della velocità (CMF per la velocità) che tenga conto dell'incremento del limite di velocità dagli attuali 50 km/h a 70 km/h. Per la stima del CMF legato all'innalzamento del limite si è fatto riferimento al modello

di Nillson<sup>3</sup> (power model) nella forma rielaborata da altri autori<sup>4</sup> in modo da esser applicabile a diverse categorie di incidenti, basato sulla seguente formula:

$$CMF \text{ velocità} = \frac{Crash \text{ After}}{Crash \text{ Before}} = \left( \frac{Speed \text{ After}}{Speed \text{ Before}} \right)^\beta$$

Il valore di  $\beta$  dipende dalla gravità dell'incidente che si intende analizzare. Il riferimento di letteratura propone un valore compreso tra 1.3 e 2.7 per gli incidenti gravi (con feriti) ed un valore compreso tra 0.2 ed 1.8 per gli incidenti con soli danni alle cose. Dato che la riduzione degli incidenti della tabella di Ogden riguarda tutti gli incidenti, è stato scelto il valore di 1.8 in quanto comune ad entrambi gli intervalli suggeriti per  $\beta$  sia per gli incidenti gravi che con soli danni alle cose.

Sostituendo i valori delle velocità e dell'esponente nella formula precedente si ottiene  $CMF \text{ velocità} = 1.83$ , ovvero un incremento dell'83% degli incidenti.

Combinando la riduzione degli incidenti determinata dalla separazione delle correnti veicolari e l'incremento dovuto all'innalzamento del limite di velocità, si ottiene un valore indicativo della variazione degli incidenti pari a  $(1-0.52) \times (1+0.83) = 0.88$  corrispondente ad una riduzione degli incidenti del 12%.

---

<sup>3</sup> "Traffic Safety Dimensions and the Power Model to Describe the Effect of Speed on Safety" – G.Nillson - 2004

<sup>4</sup> "Speed and road accidents: an evaluation of the Power Model" – R. Elvik, P. Christensen, A. Amundsen - 2004

## 9 VIA DELL'AUTOSTRADA, VIA DEL PURGATORIO E VIA ROMA

### 9.1 TRASLAZIONE E RIDIMENSIONAMENTO VIA DELL'AUTOSTRADA

Via dell'Autostrada collega la rotatoria di via Carlo Marx con via Roma.



Figura 25 - Vista aerea via dell'Autostrada

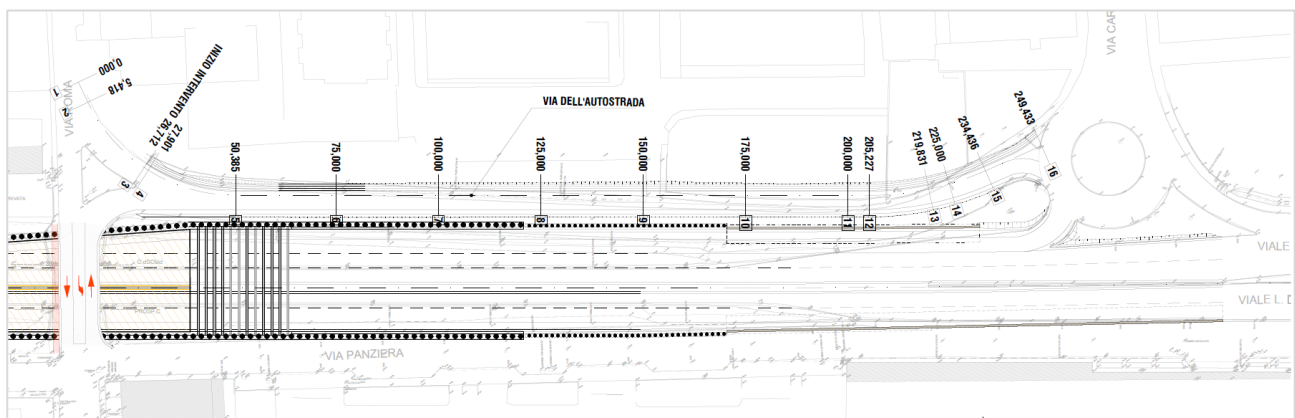


Figura 26 - Planimetria di progetto di via dell'Autostrada

Originariamente tale tratto viario era stato previsto di larghezza adeguata al transito di un doppio senso di marcia, ma attualmente è di fatto a senso unico e lo sarà anche in futuro, per cui risulta sovradimensionata.

Durante gli incontri propedeutici alla progettazione, si è pertanto concordato con il Comune la possibilità di procedere al ridimensionamento. Gli elementi costitutivi della sezione tipo di progetto saranno:

- n. 1 corsia di larghezza pari a 3.50 m;
- n. 1 banchina di destra con larghezza pari a 1.00 m;
- n. 1 banchina di sinistra con larghezza pari a 1.00 m.

Per una larghezza complessiva di 5.50 m (rispetto ai 7.50 m della sede attuale).

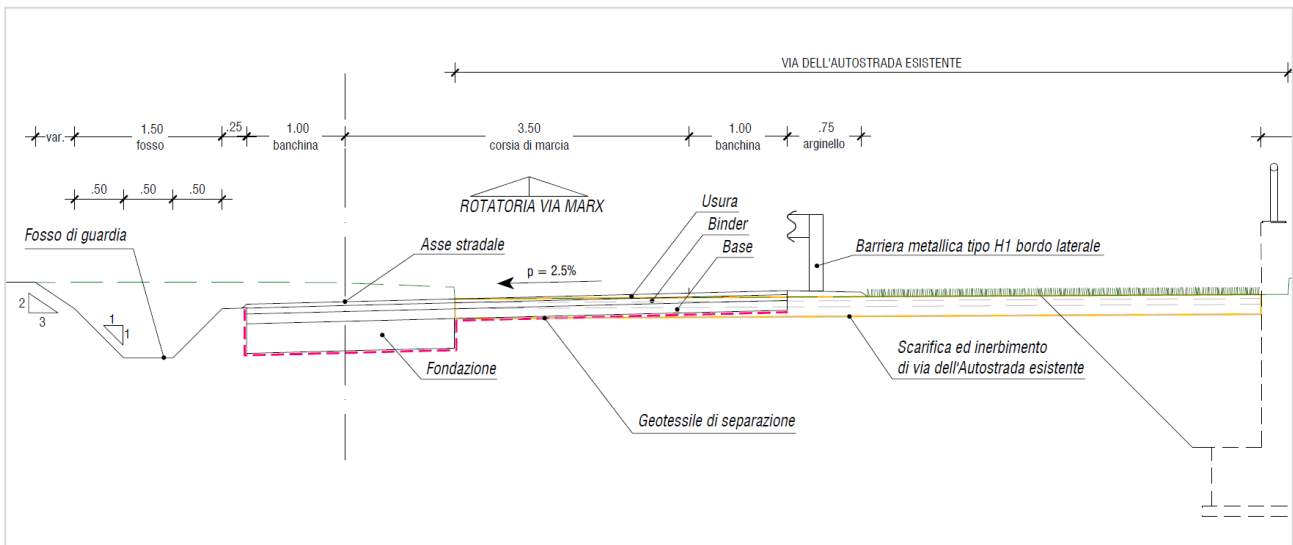


Figura 27 - Sezione tipo di via dell'Autostrada

Il tracciato planimetrico risulterà traslato rispetto a quello attuale per evitare l'interferenza con le palificate. L'andamento altimetrico seguirà quello dell'esistente.

## 9.2 RICUCITURA DI VIA DEL PURGATORIO E DI VIA ROMA

Via Roma e via del Purgatorio attualmente attraversano via Leonardo da Vinci con dei sottopassi e saranno ripristinate come viabilità di superficie a galleria ultimata.

Manterranno le stesse caratteristiche funzionali della viabilità attuale con la piattaforma stradale leggermente ridimensionata per continuità ai tratti delle viabilità esistenti.

Gli elementi costitutivi della sezione tipo di via del Purgatorio sono:

- n. 1 corsia per senso di marcia di larghezza pari a 3.50 m;
- n. 2 banchine laterali di larghezza pari a 0.50 m;
- n. 1 marciapiede in destra di larghezza pari a 1.50 m.



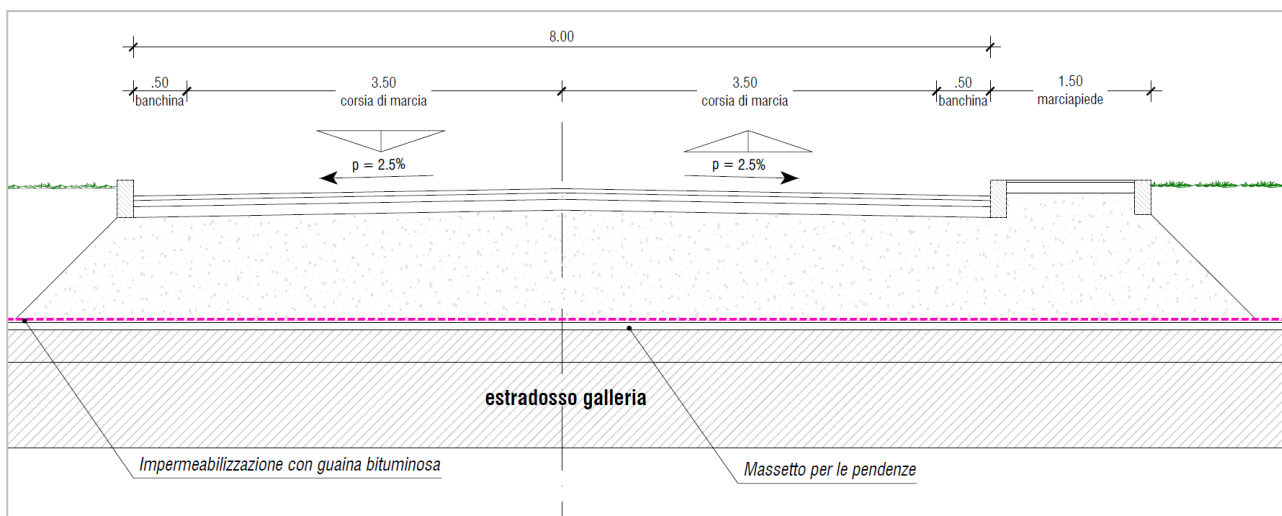


Figura 28 - Sezione tipo di via del Purgatorio

Gli elementi costitutivi della sezione tipo di via Roma sono:

- n. 1 corsia per senso di marcia di larghezza pari a 3.00 m;
- n. 1 corsia di accumulo per la svolta a sinistra di larghezza pari a 3.00 m;
- n. 2 banchine laterali di larghezza pari a 0.50 m;
- n. 1 marciapiede in sinistra di larghezza pari a 1.50 m.

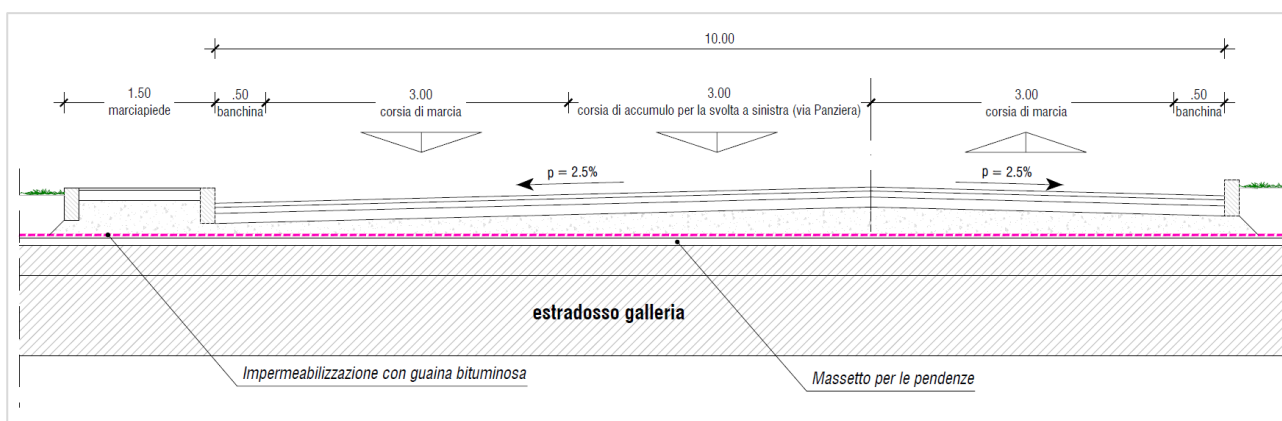


Figura 29 - Sezione tipo di via Roma

## 10 DEVIAZIONI PROVVISORIE

Il presente progetto ha posto particolare attenzione allo studio delle fasi esecutive per la realizzazione dell'intervento, essendo ubicato nel pieno centro abitato di Prato. La necessità di non avere mai una chiusura contemporanea di Via Roma e Via del Purgatorio e non prevedere mai intersezioni a raso tra queste vie e la Declassata, hanno reso necessario studiare un complesso sistema di fasi che, attraverso deviazioni temporanee della Declassata sulle strade Complanari, sia a Sud che a Nord, garantisca la richiesta funzionalità della viabilità cittadina.

Le viabilità provvisorie progettate sono due:

- Deviazione provvisoria fase 2 (perché realizzata durante la fase 2 di realizzazione dell'intervento);
- Deviazione provvisoria fase 3 (perché realizzata durante la fase 3 di realizzazione dell'intervento).

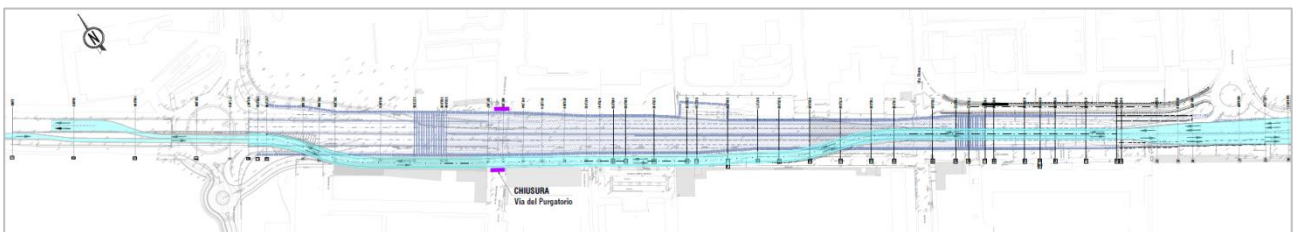


Figura 30 - Planimetria deviazione provvisoria fase 2



Figura 31 - Planimetria deviazione provvisoria fase 3

La sede stradale delle 2 viabilità nei tratti di nuova realizzazione è composta dai seguenti elementi:

- n. 1 corsia per senso di marcia di larghezza pari a 3,25 m;
- n. 1 banchina di destra con larghezza pari a 0,75 m (variabile a seconda delle condizioni al contorno);
- n. 1 banchina di sinistra con larghezza pari a 0,75 (variabile a seconda delle condizioni al contorno).

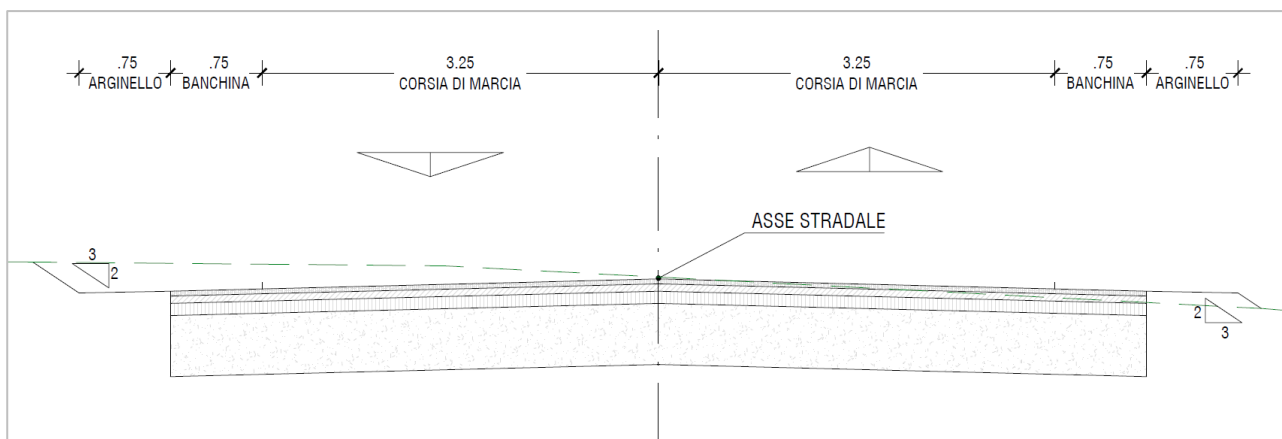


Figura 32 - Sezione tipo deviazioni provvisorie in tratti di nuova realizzazione

La deviazione provvisoria realizzata in seconda fase permette le future operazioni di demolizione del rilevato stradale esistente e del sottopasso di via del Purgatorio. La deviazione del traffico comincia prima del sottopasso esistente sotto la rotonda di via Nenni e confluisce nella carreggiata esistente lato Firenze. Superata la rotonda, il traffico devia verso destra ed esce in salita da via Leonardo da Vinci verso l'esistente viabilità del lotto A1 (attualmente in fase di realizzazione), proseguendo quindi su via Tasso sulla sede stradale esistente (sulla quale si interverrà con la sola segnaletica). Dopo Piazza Omero Tempesti e quindi prima dell'intersezione con via Roma, la viabilità tornerà ad immettersi su via Leonardo Da Vinci esistente risalendo fino alla quota stradale attuale.

La deviazione provvisoria realizzata in terza fase consentirà la demolizione del sottopasso di via Roma dopo aver ripristinato il traffico di via del Purgatorio. Questa viabilità provvisoria si raccorderà alla "Declassata" (lato Pistoia), prima del sottopasso sotto la rotonda di via Pietro Nenni, con la chiusura della carreggiata sud (contrariamente a quanto avveniva in Fase 2), proseguirà poi all'interno della nuova galleria artificiale e si collegherà infine, tramite rampe, prima a via Torquato Tasso e poi a Viale Leonardo Da Vinci.

## 11 SOVRASTRUTTURA

Il pacchetto stradale previsto in progetto è costituito da:

- strato di usura in conglomerato bituminoso di tipo splittmastix asphalt SMA di spessore 4 cm;
- strato di binder in conglomerato bituminoso di spessore 6 cm;
- strato di base in conglomerato bituminoso di spessore 10 cm;
- strato di fondazione in misto granulare di spessore 50 cm (30 cm per via dell'Autostrada e variabile in via Roma e via del Purgatorio).

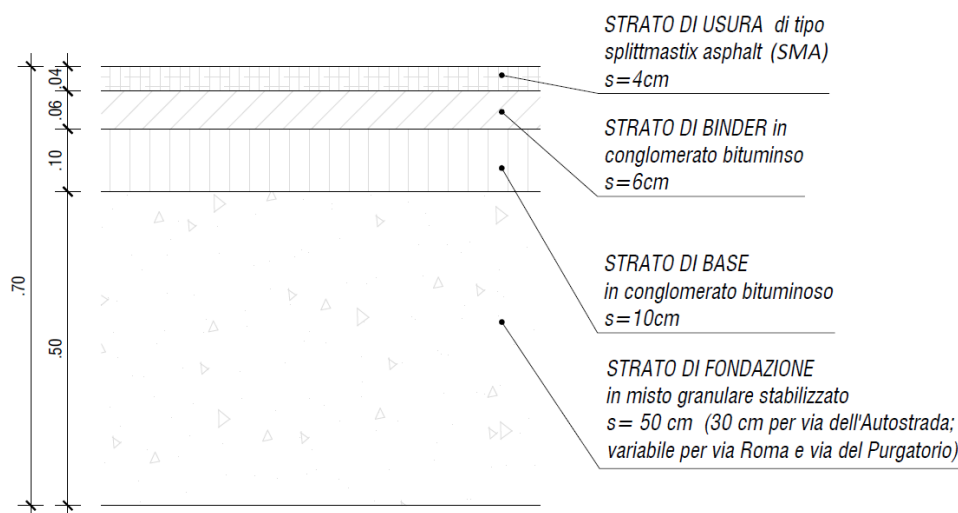
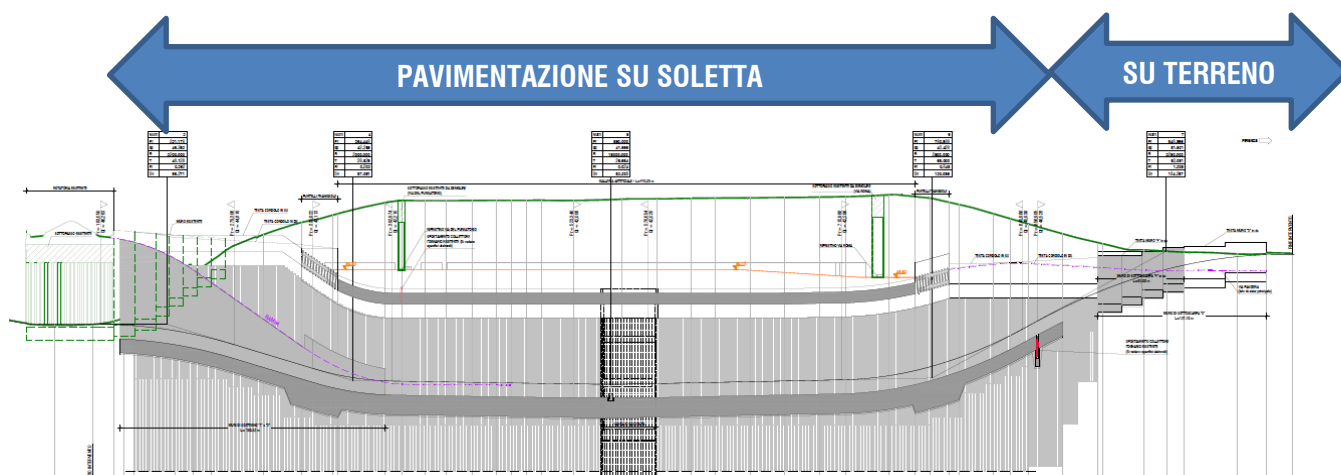


Figura 33 - Particolare pacchetto di pavimentazione



Come rappresentato nello schema sopra riportato si precisa che per la maggior parte del tracciato di progetto dell'asse principale, il pacchetto di pavimentazione insiste sul solettone di fondazione in c.a. del sottotraversamento, fatto salvo che per il tratto terminale in direzione Firenze, di circa 150m, in cui non essendo presente il solettone, la fondazione stradale si attesta su terreno naturale. I dimensionamenti e le verifiche esposte a seguire si riferiscono a quest'ultimo limitato tratto, essendo questo evidentemente il più suscettibile alle deformazioni ed ai fenomeni di fatica indotti dai transiti.

Per la verifica della pavimentazione stradale è stato adottato il software MnPAVE sviluppato dal Dipartimento dei Trasporti del Minnesota (<http://www.dot.state.mn.us/app/mnpave>) e basato sull'analisi empirico-razionale delle pavimentazioni stradali flessibili. In particolare, attraverso 3 categorie di inputs, clima, traffico, struttura, è possibile stimare la vita utile del pacchetto di pavimentazione o verificare il raggiungimento, con un certo livello di affidabilità, della vita utile di progetto.

## Clima

Le condizioni climatiche di progetto sono state dedotte dalla temperatura dell'aria media mensile per la località di Prato, ricavando quindi la temperatura della pavimentazione media stagionale.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	5.1	6.5	9.5	13	17.1	21.1	23.8	23.2	20.1	15.1	10.2	5.9
Temperatura minima (°C)	1.6	2.7	5.1	8.1	11.8	15.4	17.6	17.3	14.8	10.6	6.6	2.7
Temperatura massima (°C)	8.6	10.4	13.9	18	22.5	26.8	29.7	29.2	25.4	19.6	13.8	9.2
Precipitazioni (mm)	72	72	72	73	66	53	35	58	75	88	112	85

Figura 34 – Temperatura media stagionale per Prato

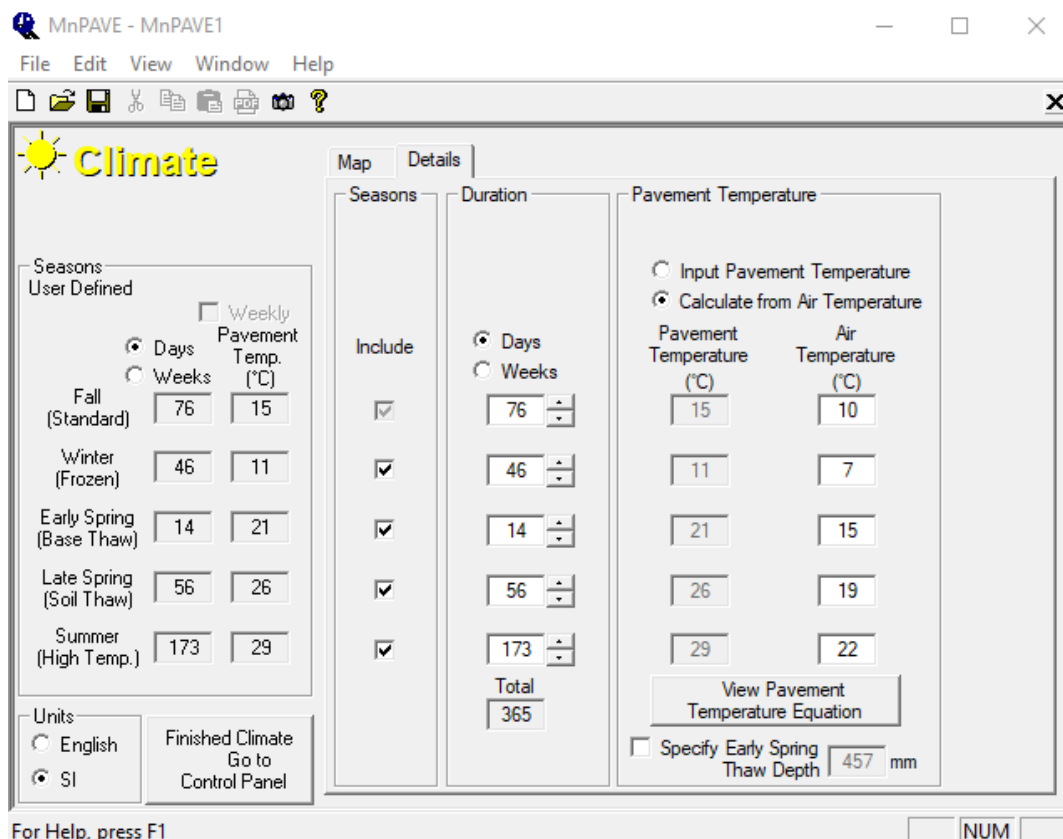


Figura 35 – estratto impostazione MnPAVE: input Clima

## Traffico

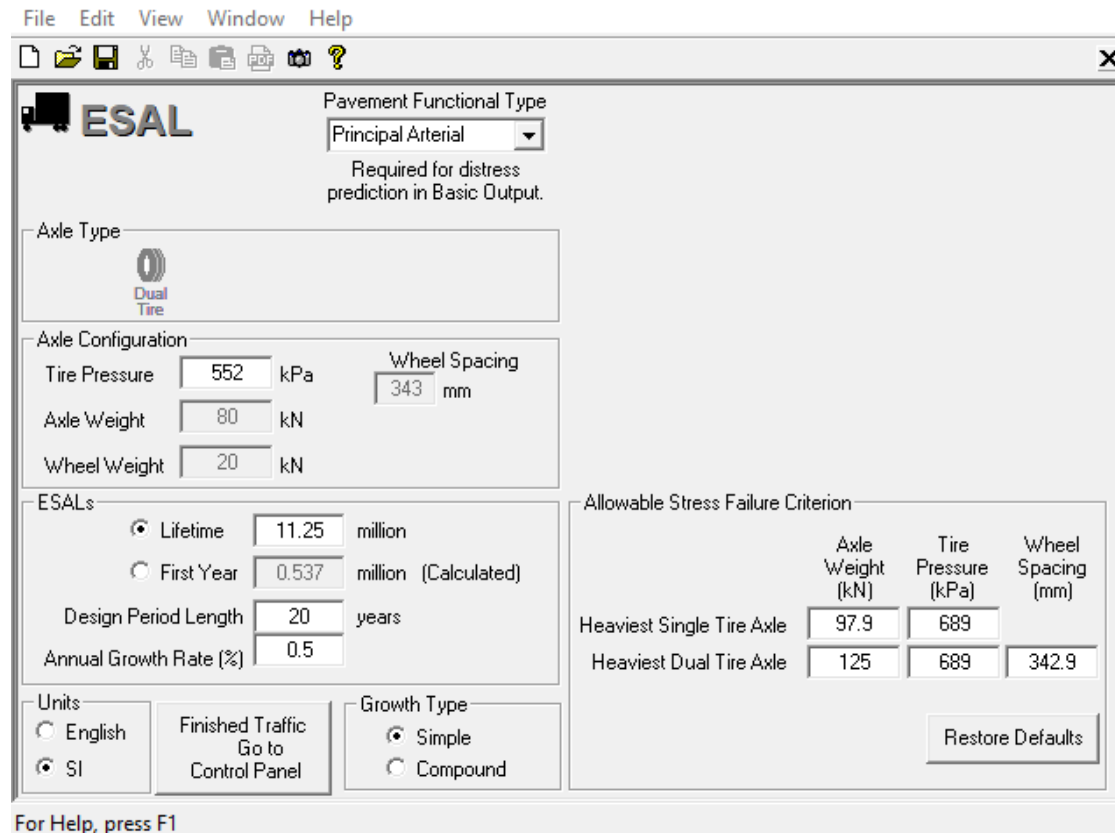
In linea con le analisi trasportistiche e le proiezioni riportate nell'elaborato specialistico (00.07\_P00\_EG00\_CAN\_RE03\_A), è stato dedotto il traffico di progetto per la pavimentazione nell'arco di vita utile pari a 20 anni ed in termini di ESALs.

$$\sum ESALs = (TGM_{tot})(T)(Tf)(G)(D)(L)(365)$$

Dove:

- TGM<sub>tot</sub> è il traffico giornaliero medio totale (oppure il traffico giornaliero medio per direzione di marcia critica nel caso di D=1);
- T è la percentuale di traffico pesante e funzione dello spettro di traffico considerato;
- G è il fattore cumulato di crescita del traffico nell'arco di vita utile considerato, stimato a partire dal fattore "g" pari all'incremento percentuale del traffico annuo;
- D è la distribuzione del traffico nelle direzioni considerate;
- L è la distribuzione del traffico per corsia (nel caso di carreggiata a singola corsia di marcia è pari a 1, mentre si considera variabile tra 0,5 e 1 se presenti fino a 4 corsie per senso di marcia).

Assumendo come TGM critico quello in direzione Firenze e pari a 41.778 veicoli/giorno, di cui circa l'8 % veicoli pesanti, si ottiene per un orizzonte di 20 anni un traffico di progetto pari a circa 11,25 milioni di ESALs.



File Edit View Window Help

**ESAL** Pavement Functional Type: Principal Arterial  
Required for distress prediction in Basic Output.

Axle Type: Dual Tire

Axle Configuration:  
Tire Pressure: 552 kPa Wheel Spacing: 343 mm  
Axle Weight: 80 kN  
Wheel Weight: 20 kN

ESALs:  
 Lifetime: 11.25 million  
 First Year: 0.537 million [Calculated]  
 Design Period Length: 20 years  
 Annual Growth Rate (%): 0.5

Allowable Stress Failure Criterion:

	Axle Weight (kN)	Tire Pressure (kPa)	Wheel Spacing (mm)
Heaviest Single Tire Axle	97.9	689	
Heaviest Dual Tire Axle	125	689	342.9

Units:  English  SI  
Finished Traffic Go to Control Panel  
Growth Type:  Simple  Compound

Restore Defaults

For Help, press F1

Figura 36 – estratto impostazione MnPAVE: input Traffico

## Struttura della pavimentazione

La modellazione degli strati all'interno del software è coerente con la sezione tipo del pacchetto di pavimentazione introdotto ad inizio paragrafo. Nel dettaglio, sono stati trasposti i materiali e le geometrie previste in progetto con le corrispettive categorie e caratteristiche implementate nel software (di derivazione AASHTO), ponendo l'attenzione ai requisiti prestazionali di ogni singolo strato:

1. usura in SMA s=4cm;
2. binder in CB (con bitume modificato hard) s=6cm;
3. base in CB (con bitume modificato hard) s=10cm;
4. fondazione stradale in misto granulare stabilizzato s=50cm;
5. sottofondo.

I primi 3 strati, che costituiscono il gruppo degli strati legati a bitume, sono stati inseriti in MnPAVE come composizione di 3 strati con specifici spessori, quantità di legante, granulometrie e quindi moduli caratteristici. È opportuno evidenziare che la schematizzazione dei 3 strati legati a bitume è stata eseguita senza considerare il possibile comportamento maggiormente performante dello strato di usura in SMA anziché usura standard. Ciò si è reso necessario per correlare i materiali effettivamente impiegati con le impostazioni del software, comportando quindi una verifica che risulta a favore di sicurezza, pur apportando lo strato di usura un contributo solitamente non così determinante come gli strati con elevata capacità portante.

Per quanto riguarda lo strato di fondazione, è stato assunto come parametro prestazionale, anche in questo caso cautelativo, un modulo di progetto equivalente e derivato dalla classe 5 MnDoT per strati granulometricamente stabilizzati. Infine, per il sottofondo, sulla base delle indagini eseguite (cfr. relazione specialistica 02.13\_P00\_GE00\_GET\_RE01\_B), è stata adottata una categoria A-2-6 e quindi derivato il modulo di progetto dello strato. Quest'ultima scelta è dedicata, come detto, al tratto di infrastruttura all'esterno della galleria che non presenta il solettone di fondazione, in modo da verificare l'opzione di pavimentazione stradale più critica.

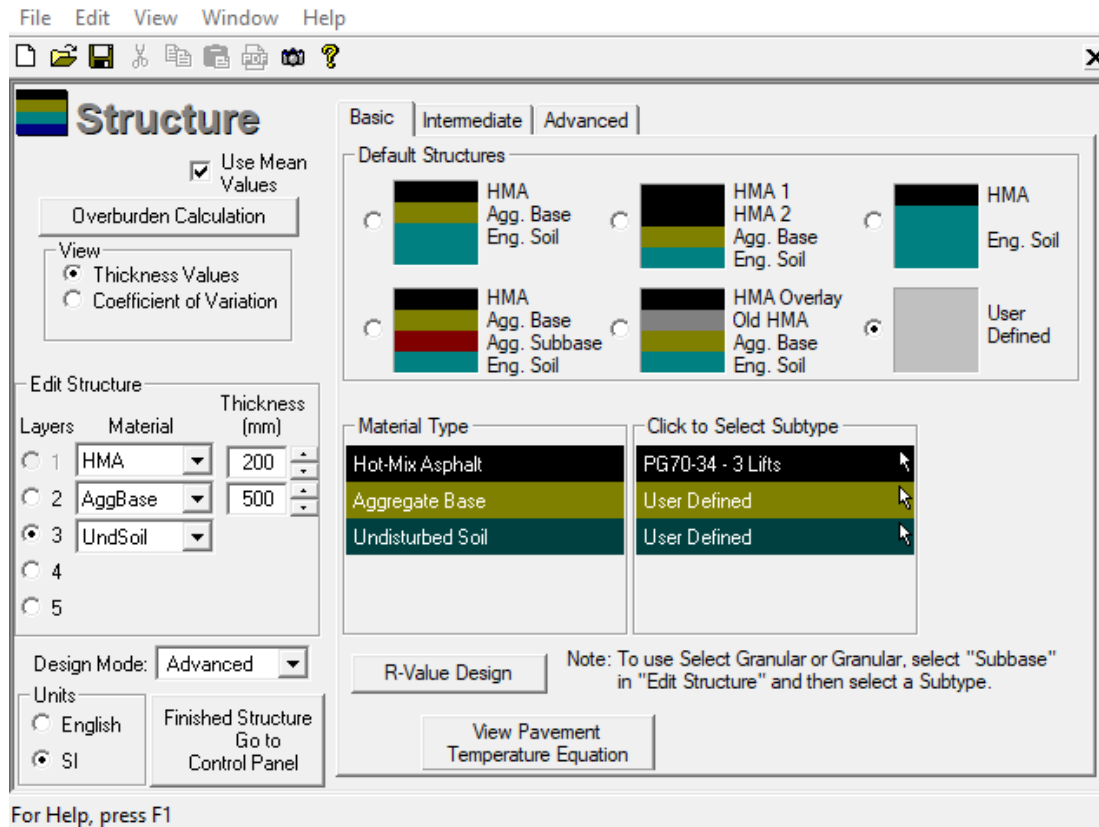


Figura 37 – estratto impostazione MnPAVE: input Struttura

## Output e verifica

La verifica della pavimentazione è basata sull'affidabilità della stessa di non presentare difetti strutturali durante l'arco di vita utile, espressa in termini probabilistici e quindi in percentuale. In funzione dei dati di input descritti nelle pagine precedenti, si ottiene una stima di vita utile, sia per fenomeni di fatica sia per ormai ammaneto superiore ai 20 anni previsti. Inoltre l'affidabilità stimata è superiore al valore raccomandato pari al 90 % per il numero di ESALs complessivo.

Dal software è possibile ricavare anche le sollecitazioni e deformazioni in corrispondenza dei singoli strati a differente profondità. Ciò permette altresì la verifica dei seguenti controlli dello stato tenso-deformativo:

1. Nel conglomerato bituminoso superficiale le sollecitazioni medie devono essere tali da non superare i seguenti valori:

$$\sigma_{\max} \text{ compressione} = 0,96 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} \text{ trazione} = 0,54 \text{ MPa}$$

Le verifiche sono soddisfatte essendo i valori rispettivamente:

$$\sigma_{\max} \text{ compressione} = 0,87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} \text{ trazione} = 0,53 \text{ MPa}$$

2. Per evitare deformazioni plastiche di fondazione deve essere, alla sommità del sottofondo:

$$\sigma_{ZZ} < 800 \mu\epsilon$$

Tale limitazione risulta soddisfatta (338,30  $\mu\epsilon$ )



3. La deflessione massima in superficie deve risultare inferiore al valore limite di riferimento pari a 0,1 cm. Tale verifica risulta soddisfatta, essendo la deflessione massima calcolata pari a 0,06 cm.

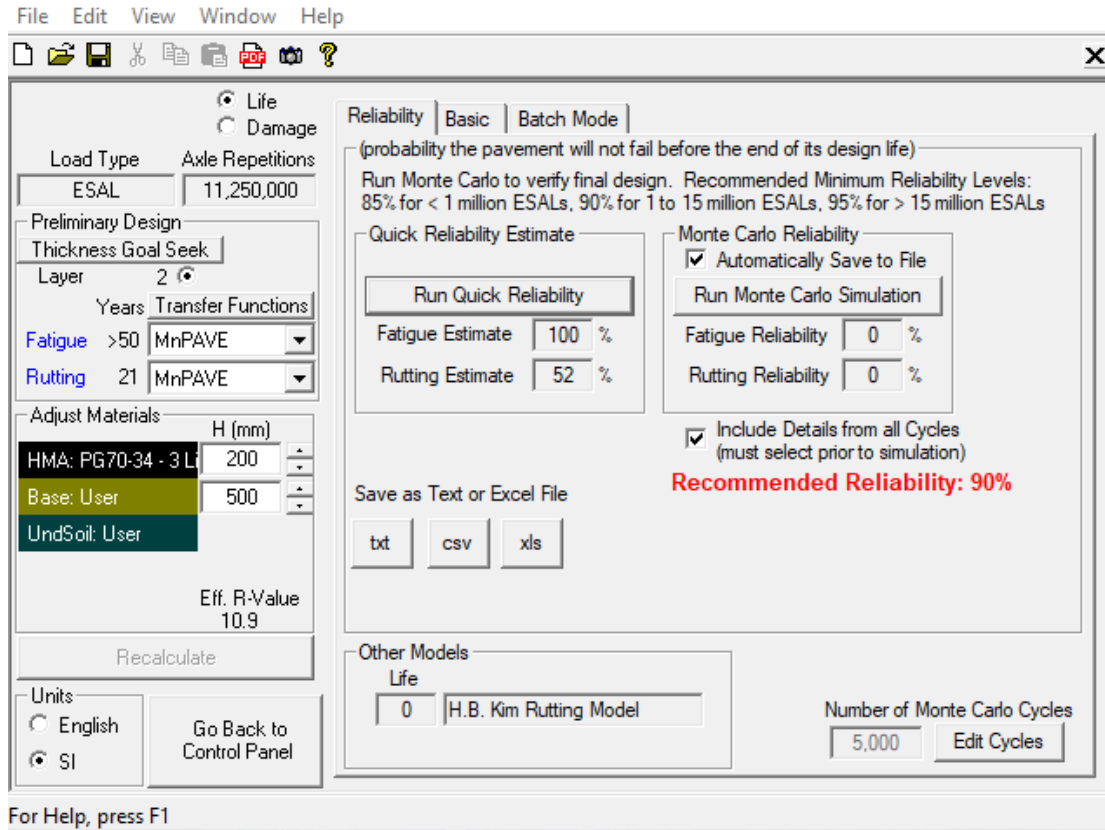
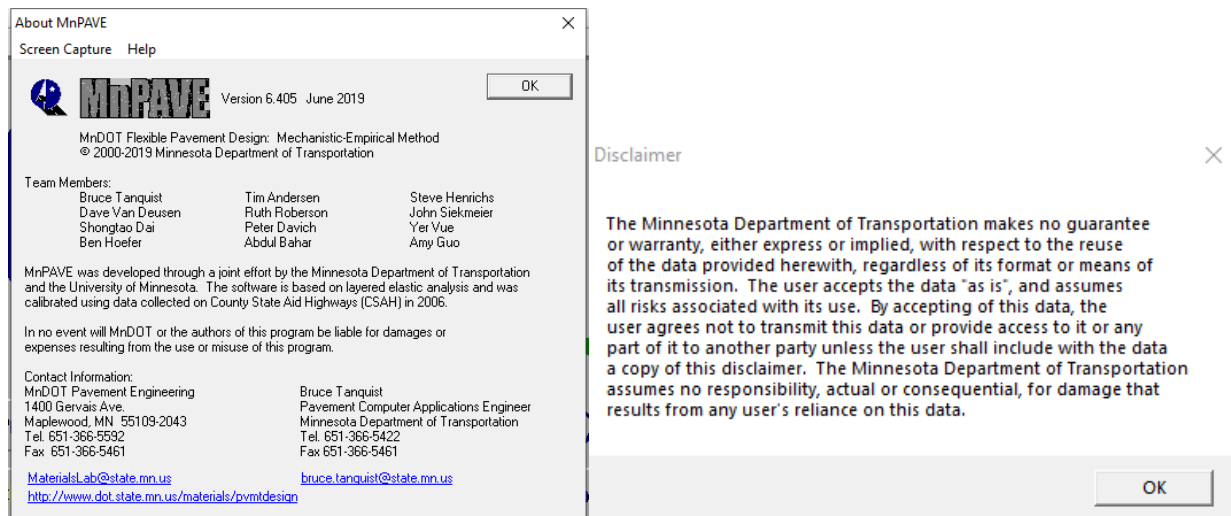


Figura 38 – estratto MnPAVE: output sintetico

### Output dettagliato del software



MnPAVE 6.405 - Simulation (Details for Selected Axle)

Fatigue Model	Life (Years)	Damage Factor	Rel.	Seasonal Contribution to Fatigue (%)					
				Fall	Winter	Spring1	Spring2	Summer	
1. MnPAVE									
>	50	0.21	100.00%	9.9	2.2	7.7	22.7	57.4	
2. MnPAVE2002									
	41	0.46	93.00%	9.9	2.2	7.7	22.7	57.4	
3. ROADENT									
	2	8.75	0.00%	4.4	1	5.8	22	66.7	
4. Asphalt Institute									
	2	6.98	0.00%	9.9	2.2	7.7	22.7	57.4	
5. Illinois									
	7	2.71	0.10%	17.4	3.9	8.6	21.6	48.6	

Rutting Model	Life (Years)	Damage Factor	Rel.	Seasonal Contribution to Rutting (%)					
				Fall	Winter	Spring1	Spring2	Summer	
1. MnPAVE									
	21	0.93	50.90%	13.3	0.4	0	25.8	60.5	
2. MnPAVE2002									
	7	2.75	1.90%	13.3	0.4	0	25.8	60.5	
3. ROADENT									
	1	12.9	0.20%	8.3	0	0	31.1	60.5	
4. Chevron									
	14	1.4	31.90%	7	0	0	32.9	60.1	
5. Asphalt Institute									
	10	1.91	20.90%	7.1	0	0	32.8	60.1	
6. CRREL-A4									
>	50	0.04	100.00%	10.6	0.1	0	28.5	60.8	

\*\*\* CLIMATE INFORMATION \*\*\*

	Season	Length	Days	Fall	Winter	Spring1	Spring2	Summer
				°C	76	46	14	56
°C	10	7	15	19	22			
°C	15	12	21	26	30			
Depth	13	mm						
Thaw	457	mm						

\*\*\* STRUCTURAL INFORMATION \*\*\*

Design Level: Advanced

Layer	Type	Subtype	Height (mm)	Design Modulus (MPa)				
				Fall	Winter	Spring1	Spring2	Summer
1_1	HMA	PG70-34	40	Equivalent Thickness Method (same as bottom lift)				
1_2	HMA	PG70-34	60	Equivalent Thickness Method (same as bottom lift)				
1_3	HMA	PG70-34	100	2892	2768	1467	1090	881.7
2	AggBase	User	500	186.2	344.7	67.02	156.4	189.9
3	UndSoil	User		47.7	344.7	344.7	35.73	43.38

Poisson's Ratio

		Subtype	Height (mm)	Fall	Winter	Spring1	Spring2	Summer
				0.39	0.38	0.41	0.42	0.43
0.4	0.4	0.4	0.4	0.4				
0.45	0.45	0.45	0.45	0.45				

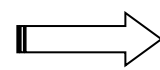
Coefficient of Variation (%)

Layer	Height Dist.	Height COV	Modulus Dist.	Modulus COV				
				Fall	Winter	Spring1	Spring2	Summer
1	normal		5 lognorm	20	20	20	20	20
2	normal		8 lognorm	30	30	30	30	30
3			lognorm	40	40	40	40	40

\*\*\* LOADING INFORMATION \*\*\*

Load	Type:	ESAL	
Total	Reps:	11250000	
Axle_Wt	kN	80.1	
Tire_Pr	kPa	552	
Tire_Sp	mm	343	
Axle_Sp	mm	---	

***MOVIE GRID DATA (ALL CYCLES)***		***IMM thickness and procedure are from Equivalent Thickness Method.		
No.	H1	H2	H3	H4
1	208	440	0	0
2	189	535	0	0
3	190	525	0	0
4	190	525	0	0
5	192	535	0	0
6	189	520	0	0
7	179	535	0	0
8	204	488	0	0
9	192	556	0	0
10	209	520	0	0
11	188	488	0	0
12	192	488	0	0
13	196	535	0	0
14	178	535	0	0
15	191	535	0	0
16	220	489	0	0
17	194	488	0	0
18	194	530	0	0
19	199	535	0	0
20	205	503	0	0
21	212	474	0	0
22	191	520	0	0
23	194	525	0	0
24	192	489	0	0
25	192	489	0	0
26	195	535	0	0
27	195	488	0	0
28	196	495	0	0
29	201	508	0	0
30	192	526	0	0
31	193	537	0	0
32	193	537	0	0
33	196	489	0	0
34	188	487	0	0
35	188	497	0	0
36	195	546	0	0
37	213	481	0	0
38	194	481	0	0
39	194	481	0	0
40	205	533	0	0
41	199	497	0	0
42	197	482	0	0
43	192	481	0	0
44	206	537	0	0
45	217	517	0	0
46	197	484	0	0
47	197	484	0	0
48	197	481	0	0
49	173	481	0	0
50	204	538	0	0
51	208	440	0	0
52	189	535	0	0
53	190	525	0	0
54	190	525	0	0
55	192	535	0	0
56	189	520	0	0
57	179	535	0	0
58	204	488	0	0
59	192	556	0	0
60	209	520	0	0
61	188	488	0	0
62	192	488	0	0
63	196	535	0	0
64	178	535	0	0
65	191	535	0	0
66	220	489	0	0
67	194	488	0	0
68	194	530	0	0
69	199	535	0	0
70	205	503	0	0
71	212	474	0	0
72	191	520	0	0
73	194	525	0	0
74	192	489	0	0
75	192	489	0	0
76	195	535	0	0
77	195	488	0	0
78	196	495	0	0
79	201	508	0	0
80	192	526	0	0
81	193	537	0	0
82	193	537	0	0
83	196	489	0	0
84	188	487	0	0
85	188	497	0	0
86	195	546	0	0
87	213	481	0	0
88	194	481	0	0
89	194	481	0	0
90	205	533	0	0
91	199	497	0	0
92	197	482	0	0
93	192	481	0	0
94	206	537	0	0
95	217	517	0	0
96	197	484	0	0
97	197	484	0	0
98	197	481	0	0
99	173	481	0	0
100	204	538	0	0
101	208	440	0	0
102	189	535	0	0
103	190	525	0	0
104	190	525	0	0
105	192	535	0	0
106	189	520	0	0
107	179	535	0	0
108	204	488	0	0
109	192	556	0	0
110	209	520	0	0
111	188	488	0	0
112	192	488	0	0
113	196	535	0	0
114	178	535	0	0
115	191	535	0	0
116	220	489	0	0
117	194	488	0	0
118	194	530	0	0
119	199	535	0	0
120	205	503	0	0
121	212	474	0	0
122	191	520	0	0
123	194	525	0	0
124	192	489	0	0
125	192	489	0	0
126	195	535	0	0
127	195	488	0	0
128	196	495	0	0
129	201	508	0	0
130	192	526	0	0
131	193	537	0	0
132	193	537	0	0
133	196	489	0	0
134	188	487	0	0
135	188	497	0	0
136	195	546	0	0
137	213	481	0	0
138	194	481	0	0
139	194	481	0	0
140	205	533	0	0
141	199	497	0	0
142	197	482	0	0
143	192	481	0	0
144	206	537	0	0
145	217	517	0	0
146	197	484	0	0
147	197	484	0	0
148	197	481	0	0
149	173	481	0	0
150	204	538	0	0
151	208	440	0	0
152	189	535	0	0
153	190	525	0	0
154	190	525	0	0
155	192	535	0	0
156	189	520	0	0
157	179	535	0	0
158	204	488	0	0
159	192	556	0	0
160	209	520	0	0
161	188	488	0	0
162	192	488	0	0
163	196	535	0	0
164	178	535	0	0
165	191	535	0	0
166	220	489	0	0
167	194	488	0	0
168	194	530	0	0
169	199	535	0	0
170	205	503	0	0
171	212	474	0	0
172	191	520	0	0
173	194	525	0	0
174	192	489	0	0
175	192	489	0	0
176	195	535	0	0
177	195	488	0	0
178	196	495	0	0
179	201	508	0	0
180	192	526	0	0
181	193	537	0	0
182	193	537	0	0
183	196	489	0	0
184	188	487	0	0
185	188	497	0	0
186	195	546	0	0
187	213	481	0	0
188	194	481	0	0
189	194	481	0	0
190	205	533	0	0
191	199	497	0	0
192	197	482	0	0
193	192	481	0	0
194	206	537	0	0
195	217	517	0	0
196	197	484	0	0
197	197	484	0	0
198	197	481	0	0
199	173	481	0	0
200	204	538	0	0



Elaborazione 50... > ... 4980

## 12 SEGNALETICA STRADALE

I criteri adottati sono stati definiti nel rispetto del "Nuovo codice della Strada" (D. Lg.vo n. 285/92) e del relativo "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada" (D.P.R. n. 495/92). Il progetto della segnaletica è stato condotto in modo da garantire continuità con quanto presente sulle viabilità esistenti. In tal modo si garantisce uniformità e coerenza della segnaletica verticale ed orizzontale e, quindi, effettiva leggibilità da parte dell'utente.

### 12.1 SEGNALETICA VERTICALE

L'art. 77 del "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada" (D.P.R. n. 495/92) in attuazione all'art 39 del "Nuovo codice della Strada" (D. Lg.vo n. 285/92) stabilisce le informazioni che deve contenere il progetto e in particolare deve:

- fornire le *informazioni agli utenti della strada* al fine di ottenere un sistema armonico, integrato e efficace a garanzia della *sicurezza e della fluidità della circolazione*;
- tener conto delle *caratteristiche delle strade* e della loro *classificazione tecnico-funzionale*, delle velocità praticate e dei *prevalenti spettri di traffico* a cui la segnaletica è rivolta;
- comunicare con sufficiente anticipo agli utenti della strada la presenza di *pericoli, prescrizioni, indicazioni* ed altre informazioni utili al fine di scongiurare comportamenti scorretti, andamenti incerti e pericolosi spesso causa di sinistri;

Inoltre nello stesso articolo si stabilisce che le informazioni da fornire agli utenti della strada per mezzo dei segnali stradali devono essere stabilite dagli enti proprietari secondo uno specifico progetto, di concerto con gli enti proprietari delle strade limitrofe e vieta l'uso di segnali diversi da quelli previsti nel Regolamento.

I successivi articoli definiscono

- art. 78 colore
- art. 79 visibilità
- art. 80 dimensione e formato<sup>5</sup>
- art. 81 installazione - posizionamento
- art. 82 caratteristiche dei sostegni

---

<sup>5</sup> A causa del ridotto franco orizzontale, per mantenere libera la banchina nel tratto dell'asse principale tra i muri ed in galleria, sono stati previsti segnali illuminati di dimensioni ridotte (art 80 c.3 Reg. Codice della strada). Nei tratti dell'asse principale a ridosso delle rampe a causa della ulteriore riduzione del franco orizzontale i segnali saranno anche opportunamente ruotati.

### 12.1.1 VISIBILITÀ E POSIZIONAMENTO

Per perseguire le finalità sopra esposte il posizionamento dei principali segnali verticali deve tener conto di:

- posizionamento dei sostegni in punti singolari che non ingenerino pericolo in caso di svio di un veicolo;
- spazio di funzionamento delle barriere di sicurezza;
- spazio di avvistamento necessario per individuare il segnale in relazione alla velocità prevalente di percorrenza della strada nonché al contesto in cui si colloca.

Per quest'ultimo punto l'art. 79 del Regolamento prescrive che per ciascun segnale deve essere garantito uno spazio di avvistamento tra il conducente ed il segnale stesso libero da ostacoli per una corretta visibilità; il conducente deve quindi poter metter in pratica le operazioni espresse di seguito in sequenza, percepire la presenza del segnale, riconoscerlo come segnale stradale, identificarne il significato e attuare il comportamento richiesto.

Le misure minime dello spazio di avvistamento ed il posizionamento dei *segnali di pericolo* e dei *segnali di prescrizione* sono indicativamente di seguito riassunte.

Tipi di strade	Segnali di pericolo <sup>(6)</sup>		Segnali di prescrizione	
	spazio di avvistamento	posizionamento <sup>(7)</sup>	spazio di avvistamento	posizionamento <sup>(2)</sup>
Autostrade e strade extraurbane principali	m 150	m 150	m 250	Inizio prescrizione
Altre strade	m 50	m 150	m 80	Inizio prescrizione

Le misure minime dello spazio di avvistamento ed il posizionamento dei segnali di pericolo e dei segnali di prescrizione

Per quanto riguarda i *segnali di indicazione* l'art 126 del Regolamento indica al comma 1 che occorre assicurare uno spazio di avvistamento "d" e al comma 2 indica la distanza "d" dal punto in cui inizia la manovra di svolta in funzione della velocità locale predominante, conformemente ai valori espressi nella seguente tabella:

Segnali di indicazione (preavviso di cui art. 127)		
Velocità locale predominante	spazio di avvistamento	posizionamento
70 km/h	m 140	m 80
50 km/h	m 100	m 60

Spazio di avvistamento e di posa in base alla velocità locale predominante (D.P.R. 495/92 art. 126 – comma 1 e 2)

Quando il segnale non può essere installato con il rispetto delle distanze indicate nella tabella, può trovare collocazione a **distanza superiore** purché la distanza venga riportata su pannello integrativo.

<sup>6</sup> Se inferiore di oltre il 20% deve essere preceduto da identico cartello con pannello integrativo

<sup>7</sup> I segnali di pericolo devono essere installati, di norma, ad una distanza di 150 m dal punto di inizio del pericolo segnalato mentre per i segnali di prescrizione vanno installati nel luogo ove inizia tale obbligo.

## 12.2 SEGNALETICA ORIZZONTALE

La segnaletica orizzontale deve essere tracciata sul manto stradale in conformità al D.P.R. 16 Dicembre 1992 n°495 Paragrafo 4 (artt.137÷155) in termini di simboli, dimensioni, spessori, materiali e loro proprietà. L'art.137 del Regolamento infatti recita che: "Tutti i segnali orizzontali devono essere realizzati con materiali tali da renderli visibili sia di giorno che di notte anche in presenza di pioggia o con fondo stradale bagnato; nei casi di elevata frequenza di condizioni atmosferiche avverse possono essere utilizzati materiali particolari".

In particolare, "i segnali orizzontali devono essere realizzati con materiali antisdrucchiolevoli e non devono sporgere più di 3 mm dal piano della pavimentazione".

### 12.2.1 STRISCE LONGITUDINALI

Le strisce longitudinali servono per separare i sensi di marcia o le corsie di marcia, per delimitare la carreggiata ovvero per incanalare i veicoli verso determinate direzioni; in particolare le strisce longitudinali si suddividono in:

- strisce di separazione dei sensi di marcia;
- strisce di corsia;
- strisce di margine della carreggiata;
- strisce di raccordo;
- strisce di guida sulle intersezioni.

Le strisce longitudinali possono essere continue o discontinue; le lunghezze dei tratti e degli intervalli delle strisce discontinue, sono rappresentate nella figura seguente.

In curva, gli intervalli delle strisce di tipo "a" e "b", possono essere ridotti in funzione dei raggi di curvatura, fino alla lunghezza del tratto.

Le strisce di margine della carreggiata sono continue in corrispondenza delle corsie di emergenza e delle banchine, mentre sono discontinue in corrispondenza di corsie di immissione e diversione.

La larghezza minima delle strisce di margine è di 15 cm per le rampe delle autostrade e delle strade extraurbane principali, per le strade extraurbane secondarie, urbane di scorrimento ed urbane di quartiere, e di 12 cm per le strade locali.

Per quanto riguarda le strisce di delimitazione delle corsie, la larghezza minima è di 12 cm per le strade extraurbane secondarie, urbane di scorrimento ed urbane di quartiere e 10 cm per le strade locali.

In corrispondenza delle cuspidi che si creano fra le strisce delle corsie di decelerazione ed accelerazione delle rampe con quelle dell'asse principale, saranno realizzate anche zebraure, come riportato negli elaborati di dettaglio.

### 13 BARRIERE DI SICUREZZA STRADALI

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

La definizione delle classi minime di barriere da adottare in progetto è stata operata secondo quanto previsto dal D.M. 21/06/2004, ovvero considerando la classe funzionale a cui appartengono le diverse infrastrutture in progetto, la tipologia di traffico e la destinazione delle protezioni.

Nello specifico, i flussi veicolari attesi nello scenario progettuale sono tali per cui il traffico è associabile al tipo II sull'intera viabilità di intervento (vedere documento "00.07\_P00\_EG00\_CAN\_RE03 "Analisi della viabilità tramite microsimulazione veicolare"); premesso che in riferimento al D.M. 21/06/2004 ed in relazione al tipo di traffico delle viabilità in progetto, la classe minima di contenimento richiesta per lo spartitraffico dell'asse principale è H3, per il bordo ponte delle rampe può essere assunta come H3 e per il bordo rilevato della viabilità locale è N1, si è ritenuto opportuno tuttavia utilizzare classi di contenimento superiori a quelle minime indicate nel suddetto decreto.

La principale ragione di tale scelta progettuale è riconducibile al fatto che le indicazioni normative sono tarate per un contesto di applicazione standard; nel caso in esame tuttavia, a causa dei limiti di ingombro dettati dall'inserimento dell'infrastruttura in un contesto così antropizzato, è stato necessario prevedere carreggiate a larghezza ridotta per asse principale e rampe con in particolare:

- la larghezza dello spartitraffico prevista in progetto è più stretta rispetto a quella di una strada di tipo B;
- le rampe si trovano in stretto affiancamento con l'asse principale.

Nella seguente tabella sono riepilogate le effettive classi delle barriere previste in progetto divise per tipologia di strada:

Tipo di strada	Traffico	Destinazione barriere		
		Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte
Asse principale	II	H4	-	-
Rampe	II	-	-	H4
Via dell'Autostrada	I	--	H1	-

Le barriere di sicurezza dovranno avere caratteristiche di deformazione compatibili con il posizionamento degli elementi di arredo funzionale, quali barriere acustiche, pali di illuminazione, montanti di segnaletica verticale, ecc.

Per il collegamento stradale in esame, è previsto l'utilizzo delle seguenti tipologie di barriere:

- barriera di sicurezza di classe H4 spartitraffico monofilare con profilo salva motociclisti (asse principale);
- barriera di sicurezza di classe H4 bordo ponte con profilo salva motociclisti (sui muri di sostegno "1" e "2" fra le rampe e l'asse principale; sulla trave di coronamento della palificata direzione Firenze come protezione alla viabilità in affiancamento esistente via Panziera);
- barriera di sicurezza H1 bordo laterale (late destro di via dell'Autostrada);
- attenuatore d'urto di classe 50 (in prossimità della cuspidi fra rampa "B" e asse principale direzione Pistoia).

Si segnala inoltre che :

- il muro di sostegno fra l'asse principale e le rampe (sul lato interno delle rampe) è stato sagomato a profilo redirettivo quando la differenza di quota fra rampe e asse principale è minore a 1.60 m;
- i muri laterali (sia nei tratti all'aperto sia in galleria) sono protetti da profilo redirettivo in cls

Per ogni approfondimento si rimanda agli elaborati specifici di dettaglio.