



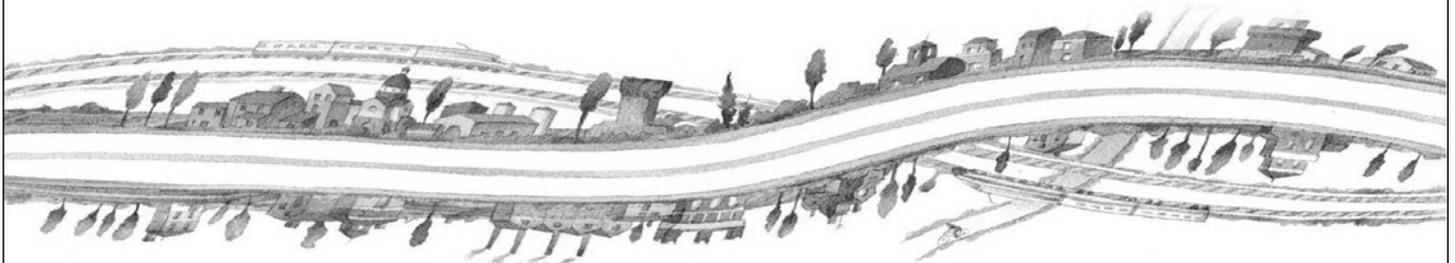
# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)

PROGETTAZIONE STRADALE  
VIABILITA' INTERFERITA  
V16 - SOTTOVIA VIA DELLA POSTA  
RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIATO



IL PROGETTISTA

PIACENTINI INGEGNERI S.r.l.  
Ing. Luca Piacentini  
Albo Ing. Bologna n° 4152



RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi

G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	Emissione				Manfredini	Piacentini	Salsi		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO										DATA: MAGGIO 2012
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA:
1672	PD	0	V16	VCS16	0	SD	RT	01	A	-

## INDICE

<b>1. GENERALITÀ.....</b>	<b>2</b>
<b>2. RIFERIMENTI.....</b>	<b>3</b>
<b>3. CRITERI DI PROGETTAZIONE STRADALE .....</b>	<b>4</b>
3.1. SEZIONE STRADALE TIPO .....	4
3.2. SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA .....	8
3.3. VELOCITA' DI PROGETTO .....	11
<b>4. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO .....</b>	<b>12</b>
<b>5. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....</b>	<b>13</b>
<b>6. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE - ANDAMENTO PLANIMETRICO .....</b>	<b>14</b>
6.1. RETTIFILI .....	14
6.2. VERIFICHE ANDAMENTO PLANIMETRICO .....	15
<b>7. VERIFICHE DI VISIBILITA' .....</b>	<b>17</b>
7.1. CRITERI PER L'ESECUZIONE DELLE VERIFICHE DI VISIBILITA' .....	17
7.2. DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO .....	17
<b>8. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE - ANDAMENTO ALTIMETRICO.....</b>	<b>21</b>
8.1. CRITERI USATI PER LA COSTRUZIONE DEL PROFILO ALTIMETRICO .....	21
8.2. ANDAMENTO ALTIMETRICO .....	22
8.3. VERIFICHE ALTIMETRICHE .....	25
<b>9. DIAGRAMMA DI VELOCITA' .....</b>	<b>26</b>
<b>10. COORDINAMENTO PLANOALTIMETRICO .....</b>	<b>28</b>

## 1. GENERALITÀ

Nel presente elaborato viene descritta l'opera d'arte con la quale la strada comunale via della Posta esistente, soggetta ad adeguamento, sottopasserà la Nuova Autostrada Regionale Cispadana.

Tale strada comunale interferisce con l'infrastruttura di progetto alla progressiva km 17 + 948.950 ed è situata nelle vicinanze del comune di Mirandola in provincia di Modena.

Nell'area di interferenza la autostrada di progetto è in rilevato rispetto al piano campagna circostante, tale collocazione altimetrica ha comportato la necessità di realizzare alcune opere d'arte quali:

- Sottovia d'attraversamento a sezione scatolare;
- Opere di sostegno del terreno mediante muri ad U.

Complessivamente quindi il l'intervento si compone di un sottovia scatolare in corrispondenza dell'intersezione con la Nuova Autostrada regionale Cispadana, muri ad U lungo le rampe di immissione nel sottovia e relative opere di ricucitura e continuità.

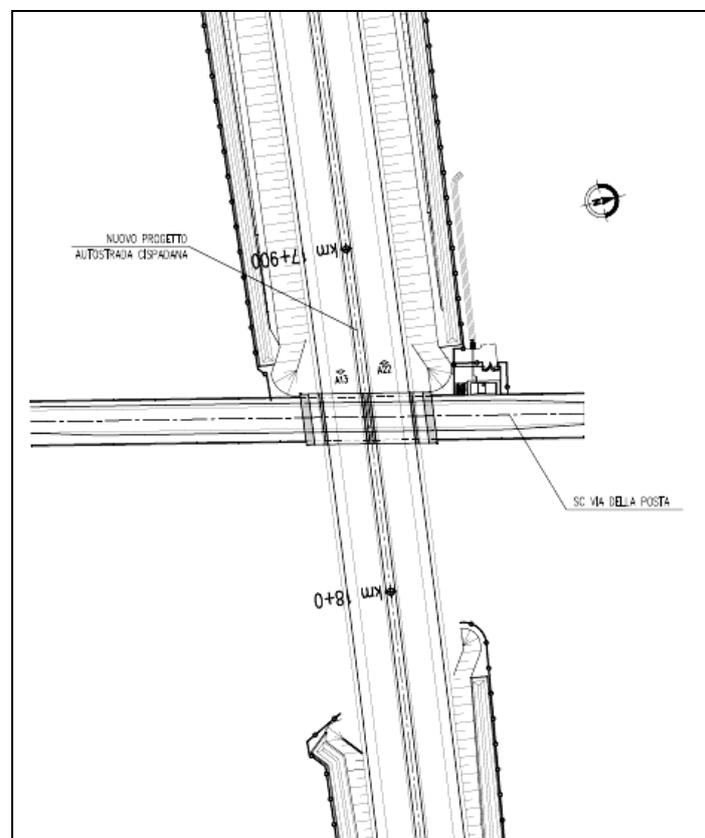


FIGURA 1.1 – SCHEMA PLANIMETRICO DELLA INTERFERENZA TRA AUTOSTRADA E VIA DELLA POSTA

---

## **2. RIFERIMENTI**

---

Si riportano di seguito i riferimenti agli elaborati relativi ai criteri utilizzati nella progettazione della parte stradale dell'intervento in oggetto:

- " Elenco delle normative di riferimento" PD\_0\_000\_00000\_GE\_KT\_01\_A;
- " Tabella materiali e classi di esposizione calcestruzzo" PD\_0\_000\_00000\_GE\_TB\_01\_A;
- " Vita utile e classi d'uso delle opere" PD\_0\_000\_00000\_GE\_KT\_02\_A.

### 3. CRITERI DI PROGETTAZIONE STRADALE

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha emanato in data 5 novembre 2001 le “Norme funzionali geometriche per la costruzione delle strade” con le quali si sono definiti nuovi criteri per la definizione e la progettazione delle caratteristiche plano-altimetriche delle strade.

Lo stesso Ministero delle Infrastruttura e dei Trasporti ha emanato in data 22 aprile 2004 la “Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»” con il quale viene dichiarata la applicabilità del DM 05/11/2001 solo alle strade di nuova costruzione. Ne risulta quindi che nel caso di adeguamento di strade esistenti, come nel caso in esame, la normativa del 2001 risulta solamente di riferimento, purchè venga dimostrato che la nuova viabilità in progetto produca un miglioramento funzionale della circolazione, nonché un innalzamento del livello di sicurezza.

#### 3.1. SEZIONE STRADALE TIPO

Con riferimento a quanto previsto dalla classificazione funzionale delle strade (D.M. 5/11/2001), la viabilità in oggetto è classificata come appartenente alla rete locale, trattandosi di una Strada locale extraurbana di tipo F2. Lo stesso Decreto stabilisce quale sia l'organizzazione della piattaforma stradale e dei suoi margini, intendendo che tale configurazione sia da intendersi come la minima prevista dal decreto, e da verificare in funzione di esigenze normative legate ad altri settori. Gli elementi compostivi della sezione trasversale sono descritti con riferimento alla seguente figura di cui al Decreto 5/11/2001.

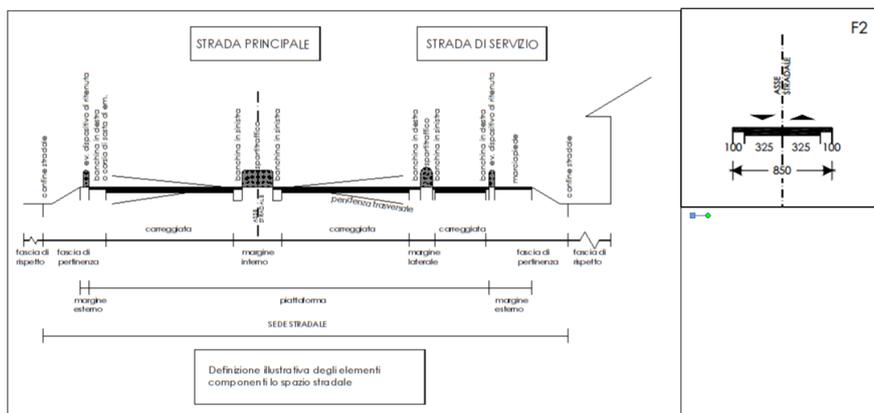


FIGURA 3.1.1 – DEFINIZIONE ILLUSTRATIVA DEGLI ELEMENTI COMPONENTI LO SPAZIO STRADALE

La piattaforma stradale adottata risulta avere una sezione minima pari a 8.50, così composta:

- una carreggiata a doppio senso di marcia, composta da n. 1 corsia per senso di marcia di larghezza pari a 3.25m;
- una banchina in destra per senso di marcia pari a 1.00m.

Le scarpate dei rilevati hanno una pendenza 3/2. Occorre porre particolare attenzione a come la sezione stradale, in prossimità dei limiti di intervento, si debba raccordare ad una pavimentazione esistente di larghezza limitata, il che comporta un allargamento dei cigli, come peraltro riportato negli elaborati di riferimento.

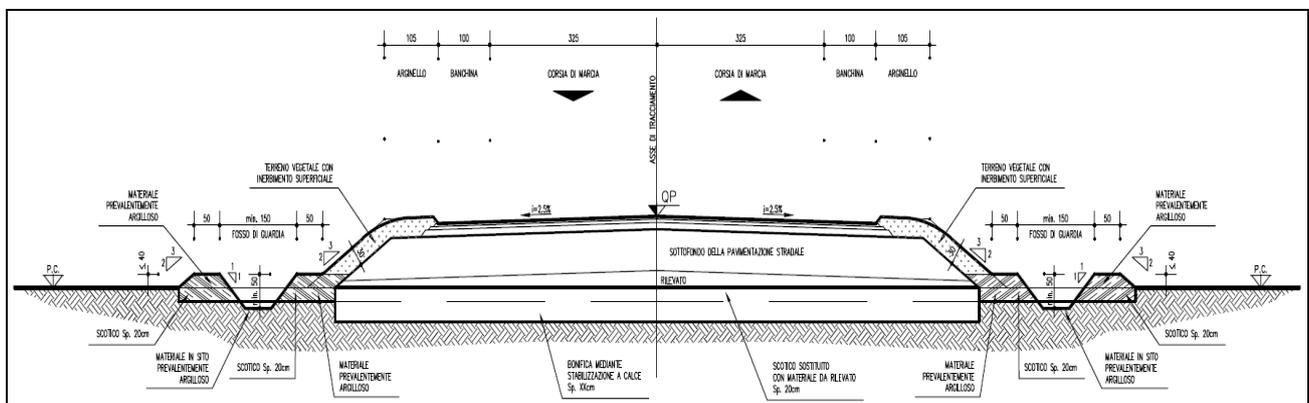


FIGURA 3.1.2 – SEZIONE TIPO VIA DELLA POSTA DI NUOVA PROGETTAZIONE

La pavimentazione del tratto di strada interno al sottovia di progetto sarà composto da:

- Strato di usura in conglomerato bituminoso a maglia chiusa– Spessore 4 cm ;
- Strato di collegamento (Binder) in conglomerato bituminoso a maglia aperta – Spessore 5 cm ;
- Strato di base in misto cementato – Spessore 10 cm.

La pavimentazione del tratto di strada esterno al sottovia di progetto avrà uno spessore complessivo di 79 cm e sarà composto da:

- Strato di usura in conglomerato bituminoso a maglia chiusa– Spessore 4 cm ;
- Strato di collegamento (Binder) in conglomerato bituminoso a maglia aperta – Spessore 5 cm ;
- Strato di base in misto cementato – Spessore 10 cm;
- Sottofondo della pavimentazione in misto stabilizzato – Spessore 60 cm.

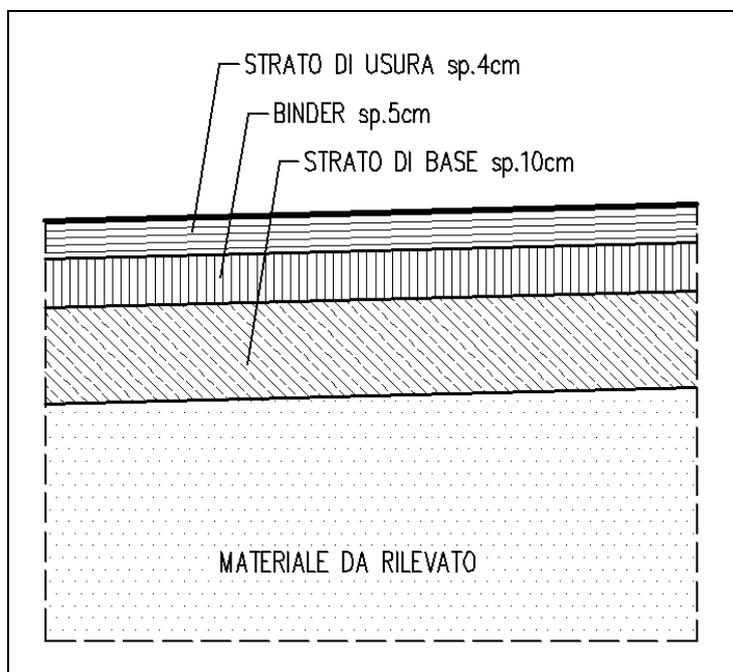


FIGURA 3.1.3 – PARTICOLARE PACCHETTO STRADALE

Lo spessore dello scotico è di 20 cm. Per lo spessore dello strato di bonifica si rimanda agli appositi elaborati di progetto specializzati.

Una peculiarità della presente via della Posta è rappresentata dalla pista ciclabile che affianca la carreggiata. La progettazione del sottovia autostradale garantisce la continuità della pista con una larghezza della pavimentazione dedicata di 2.50 m all'interno dello scatolare.

La sezione tipo stradale all'interno della struttura scatolare è rappresentata nella seguente figura.

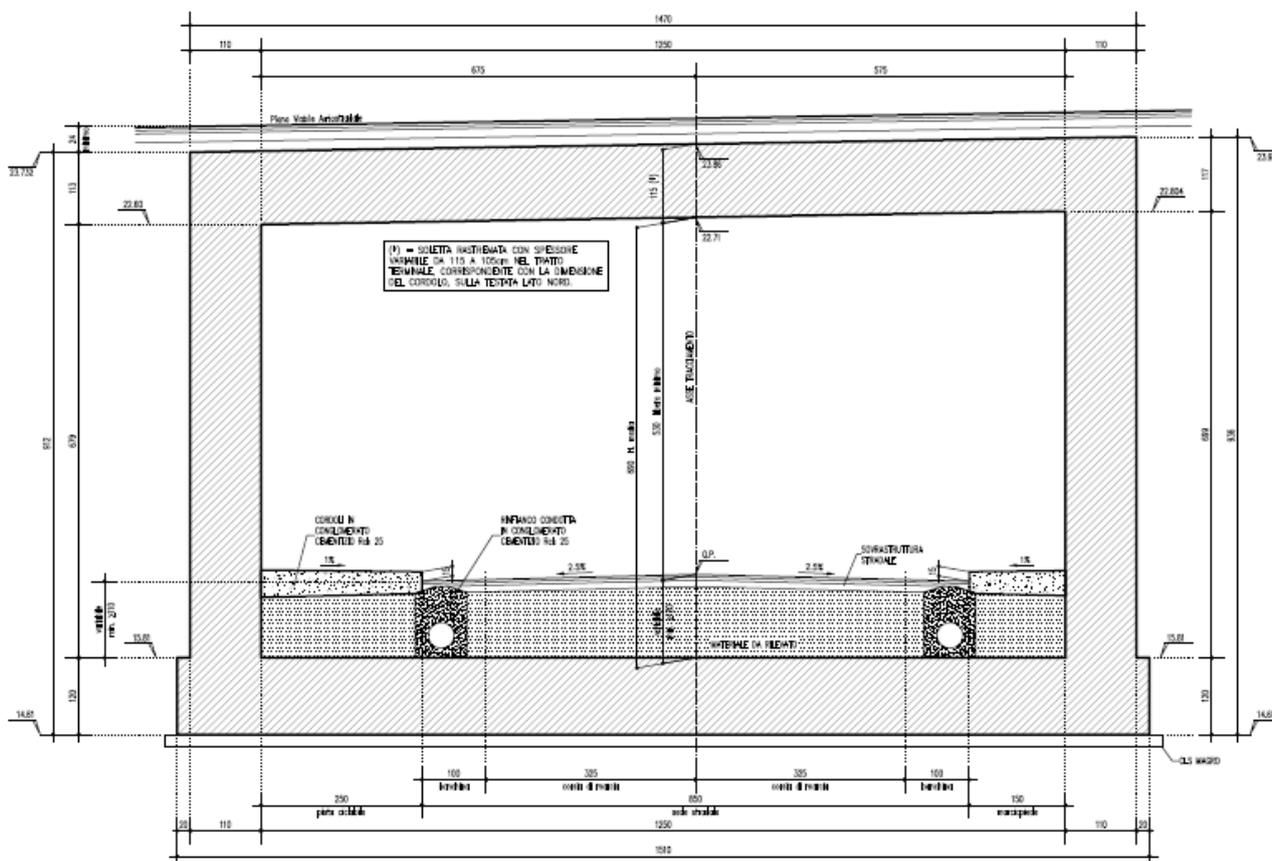


FIGURA 3.1.4 – SEZIONE TRASVERSALE DEL SOTTOVIA

Il franco minimo in elevazione assunto per il sottovia è di 5,30 m ossia di poco superiore a quello imposto dalla normativa stradale e pari a 5,00m.

L'altezza interna netta dello scatolare è stata valutata in modo da permettere il rispetto dei seguenti tre punti:

- avere in ogni punto dello scatolare almeno un'altezza utile pari al franco minimo di 5.30 m nel punto più alto della carreggiata (tenuto conto delle pendenze trasversali della strada);
- avere in ogni punto della carreggiata nel tratto interno allo scatolare un'altezza interna non minore di 110 cm per ospitare il pacchetto stradale e le tubazioni di scolo dell' acqua;
- in modo da permettere il posizionamento delle tubazioni di raccolta acque che permettano il deflusso delle acque meteoriche dal punto di minimo del profilo stradale sino alle vasche di raccolta dell'impianto di sollevamento.

### 3.2. SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA

Lo smaltimento nei tratti in rilevato delle acque defluenti dalla sede stradale, avverrà mediante la raccolta ai margini della piattaforma stradale, sulla banchina, a ridosso del ciglio erboso.

A determinati intervalli l'elemento marginale sarà interrotto e, tramite l'utilizzo di embrici in CA, le acque saranno convogliate all'interno dei fossi di guardia posti ai piedi del rilevato.

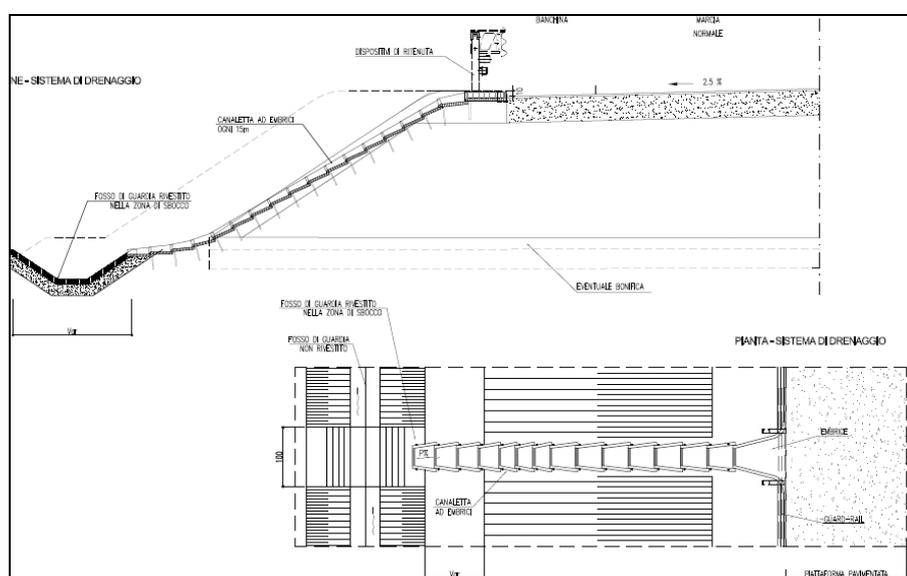


FIGURA 3.2.1 – PARTICOLARE CANALETTE AD EMBRICE

Tali fossi di guardia avranno delle dimensioni tali da garantire, oltre al trasporto, la laminazione dei picchi di piena. Saranno in terra con dimensioni minime in sommità di 1,50 m. Le sponde avranno una pendenza di 1 su 1. La larghezza del fondo minima sarà pari a 0.50 m. Tale dimensione evita problemi di riduzione della sezione idraulica dovuta ad ostruzioni che si possono creare a causa dei depositi, ed evita la necessità di una continua manutenzione. L'altezza minima sarà di 0.5 m, e comunque variabile in ragione dell'andamento del territorio.

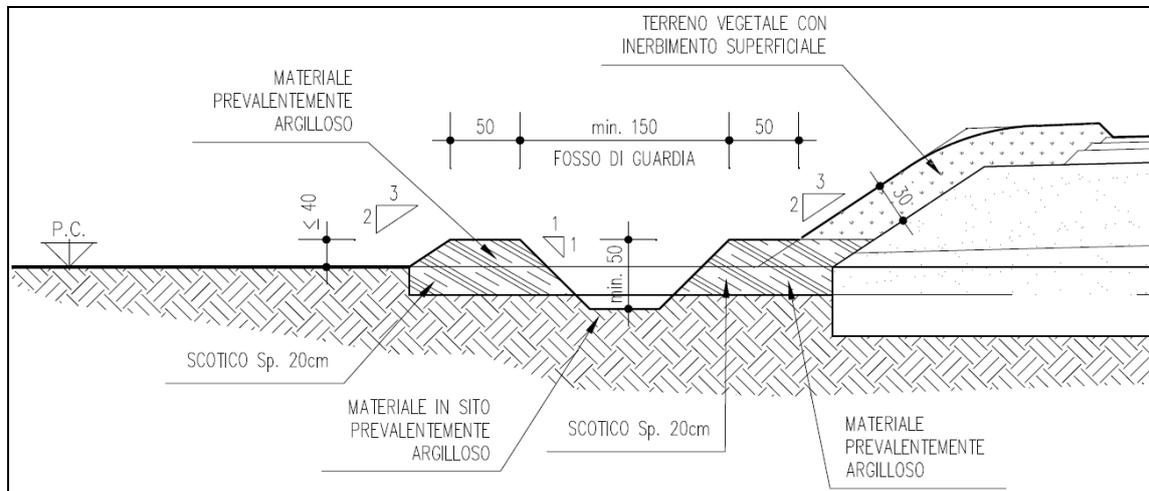


FIGURA 3.2.2 – PARTICOLARE FOSSO DI GUARDIA

Nei tratti in trincea la raccolta avviene mediante canalette poste alla base degli elementi ridirettivi in conglomerato cementizio lungo le quali sono previsti pozzetti di raccolta con caditoie carrabili in ghisa che convogliano le acque nelle sottostanti tubazioni di scolo. Le acque raccolte dalla rete di scolo vengono convogliate all'impianto di sollevamento; sono state previste delle pompe per sollevare le acque meteoriche fino a piano campagna. Queste acque verranno poi immesse nel fosso ricettore al lato della strada, dopo aver effettuato i trattamenti necessari.

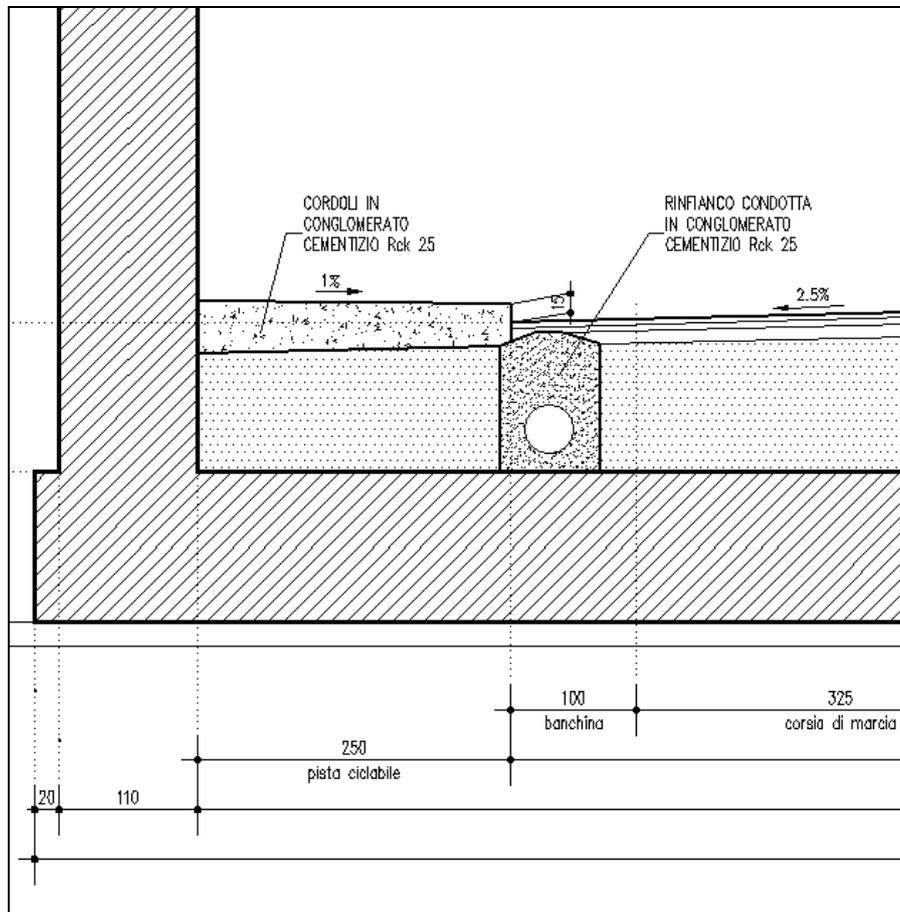


FIGURA 3.2.3 – PARTICOLARE POSIZIONAMENTO CANALETTA

Per informazioni più dettagliate si rimanda alla relazione idraulica.

---

### **3.3. VELOCITA' DI PROGETTO**

---

Le Norme Tecniche per la progettazione stradale DM 11/05/2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” fissano come criterio fondamentale per la definizione planimetrica delle strade di nuova costruzione la definizione del campo di velocità di progetto all'interno del quale deve variare la velocità di progetto dei vari elementi (rettifili, curve) che compongono il tracciato. La variazione della velocità di progetto tra un elemento e gli elementi adiacenti è fissata da regole precise le quali devono essere rispettate nel comporre il diagramma di velocità. Fondamentale è la definizione della velocità di progetto massima che è il valore di velocità da considerarsi su tutti gli elementi più favorevoli del tracciato.

Nel fissare la velocità di progetto massima per i diversi tipi di strade la Norma fa preciso e ripetuto riferimento alla velocità massima prevista dal Codice della Strada per quel tipo di strada; più precisamente la velocità massima di progetto per ogni tipo di strada pari al valore del limite di velocità previsto dal Codice della Strada su quel tipo di strada, aumentato di 10 km/h (si veda la tabella 3.4.a della Normativa).

Generalmente la localizzazione e il contesto in cui le varianti alle strade esistenti si inseriscono, non permettono l'adozione di velocità di progetto elevate, in quanto le stesse comporterebbero varianti molto lunghe; pertanto si è ritenuto opportuno adottare limiti di velocità.

La bozza delle "Norme per l'adeguamento delle strade esistenti" offre infatti la possibilità di introdurre e progettare per una velocità inferiore rispetto a quella massima prevista per la categoria a cui la strada appartiene, quando il progetto riguarda l'adeguamento di strade esistenti o varianti di sviluppo modesto.

Per la viabilità oggetto della presente progettazione viene assunta la sezione tipo definita dalla Normativa attuale come “F2” con il relativo intervallo di velocità di progetto (40-100 km/h). L'intervento in esame interessa la viabilità esistente per un tratto limitato e quindi, in base a quanto riportato al paragrafo precedente, si prevede di progettare la variante con velocità massima di progetto pari a 50 km/h. Il diagramma di velocità delle varianti in progetto dovrà pertanto essere costruito tenendo conto di questi valori.

## 4. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Le opere in progetto per la risistemazione della viabilità a seguito della costruzione della Nuova Autostrada Cispadana, si collocano nelle vicinanze del comune di Mirandola a ridosso della nuova infrastruttura autostradale.

La strada comunale esistente presenta un tracciato pressoché rettilineo in direzione Sud-Nord; la viabilità in progetto si colloca in sovrapposizione alla viabilità esistente. Il terreno nella zona dei lavori si presenta pianeggiante e non evidenzia particolari vincoli se non quelli relativi alla presenza di alcuni fabbricati ai quali deve essere garantito l'accesso.

La viabilità comunale, preesistente alle opere in corso di progettazione, è caratterizzata da sezioni con larghezza della sede pavimentata di circa 6.50 m.



FIGURA 4 .1 – VIA DELLA POSTA ALLO STATO DI FATTO

---

## **5. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

---

L'intervento di progetto consiste nella deviazione dell'attuale via della Posta per mantenere il collegamento tra il territorio a Sud ed il territorio a Nord della Nuova Autostrada Regionale Cispadana.

Il nuovo asse è stato progettato in sovrapposizione all'attuale sede stradale, prevedendo delle strade laterali per garantire gli accessi alle proprietà private e agli impianti di sollevamento e trattamento delle acque meteoriche. E' stata garantita la continuità con la rete infrastrutturale esistente.

Nella definizione dell'andamento plano-altimetrico si è inoltre garantita la piena compatibilità col tracciato previsto per il nuovo collegamento autostradale.

Il tracciato, disposto lungo la direttrice Nord-Sud, prende origine dalla strada esistente e con andamento rettilineo sottopassa la sede della Nuova Autostrada Cispadana.

## 6. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE - ANDAMENTO PLANIMETRICO

Trattandosi di una strada locale extraurbana lo studio dell'asse planimetrico prevede un unico asse posizionato sulla mezzzeria della carreggiata, secondo la tipologia "a" prevista nella seguente figura di cui al D.M. 5/11/2001.

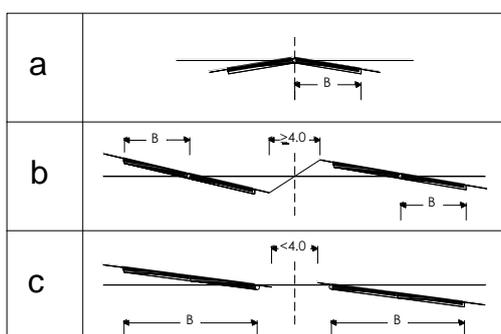


FIGURA 6.1 – ROTAZIONE DELLA CARREGGIATA RISPETTO ALL'ASSE

L'andamento planimetrico di via della Posta, nell'area di intervento, è rettilineo. Non è stato quindi considerato un raggio di curvatura minimo per le curve circolari. Data tale conformazione priva di curve, non sono stati previsti allargamenti della sede carrabile in quanto risultano garantite le distanze di visibilità per l'arresto.

### 6.1. RETTIFILI

Per questi elementi compositivi dell'asse planimetrico, il D.M. 5/11/2001 fissa dei valori limite, superiore e inferiore, in funzione della velocità massima di progetto.

Per il valore massimo tale adozione è dovuta alle esigenze di evitare il superamento delle velocità da Codice della Strada, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna; tale valore si calcola con la formula:

$$L_r = 22 \times V_{p \text{ Max}} \text{ [m]}$$

che per tipologia della viabilità in oggetto, classificata come F2 con  $V_{p, \text{max}} = 50 \text{ km/h}$ , risulta pari a 1.100 m.

Il rettifilo del quale si compone il tracciato non raggiunge questo valore limite superiore. Il valore minimo è invece fissato per poter essere correttamente percepito dall'utente, secondo i valori riportati nella tabella seguente (per velocità si intende la velocità massima che si desume dal diagramma di velocità).





AUTOSTRADA  
REGIONALE  
CISPADANA

**REGIONE EMILIA ROMAGNA**  
AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA  
dal casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 al casello di Ferrara Sud sulla A13

**PROGETTO DEFINITIVO**  
**PROGETTAZIONE STRADALE**  
VIABILITA' INTERFERITA  
V16 – SOTTOVIA VIA DELLA POSTA  
**RELAZIONE TECNICA DEL TRACCIATO**

---

| L <= Lmax =1100.00000000 OK

---

## 7. VERIFICHE DI VISIBILITA'

### 7.1. CRITERI PER L'ESECUZIONE DELLE VERIFICHE DI VISIBILITA'

Per distanza di visuale libera o di visibilità 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.

La distanza di visuale libera deve essere confrontata, a seconda dei casi, con le seguenti distanze definite nel D.M. 5/11/2001:

- Distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto;
- Distanza di visibilità per il sorpasso, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto;
- Distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia, che 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 di punti singolari (intersezioni, uscite, ecc.).

Per le rampe del sottovia, costituite da una unica carreggiata bidirezionale, si escludono il calcolo della distanza di visibilità per il cambio corsia e per il sorpasso poiché è interdetta la manovra di sorpasso mediante apposita segnaletica.

### 7.2. DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO

Il D.M.5.11.2001 stabilisce che lungo tutto il tracciato deve essere assicurata la distanza di visibilità per l'arresto.

Tale distanza si calcola secondo la seguente formula integrale:

$$D_A = D_1 + D_2 = \frac{V_0}{3,6} \times \tau - \frac{1}{3,6^2} \int_{V_0}^{V_i} \frac{V}{g \times \left[ f_i(V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + r_0(V)} dV$$

dove:

- $D_1$  = spazio percorso nel tempo  $\tau$   
 $D_2$  = spazio di frenatura  
 $V_0$  = velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto  
 desunta puntualmente dal diagramma delle velocità [km/h]  
 $V_1$  = velocità finale del veicolo, in cui  $V_1 = 0$  in caso di arresto [km/h]  
 $i$  = pendenza longitudinale del tracciato [%]  
 $\tau$  = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]  
 $g$  = accelerazione di gravità [ $m/s^2$ ]  
 $R_a$  = resistenza aerodinamica [N]  
 $m$  = massa del veicolo [kg]  
 $f_l$  = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura  
 $r_0$  = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

La resistenza aerodinamica  $R_a$  si valuta con la seguente espressione :

$$R_a = \frac{1}{2 \times 3,6^2} \rho C_x S V^2 \quad [N]$$

dove:

- $C_x$  = coefficiente aerodinamico  
 $S$  = superficie resistente [m<sup>2</sup>]  
 $\rho$  = massa volumica dell'aria in condizioni standard [kg/m<sup>3</sup>]

VELOCITA' [km/h]	25	40	60	80	100	120	140
$f_l$ (cat. F2)	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

TABELLA 7.2 -1 – QUOTA LIMITE DEL COEFFICIENTE DI ADERENZA IMPEGNABILE  
LONGITUDINALMENTE PER LA FRENATURA

Nel caso della strada comunale, si è fatto riferimento al seguente diagramma nel quale sono rappresentate, per l'ambito extraurbano, le distanze di visibilità per l'arresto calcolate in funzione della velocità di progetto e della pendenza longitudinale.

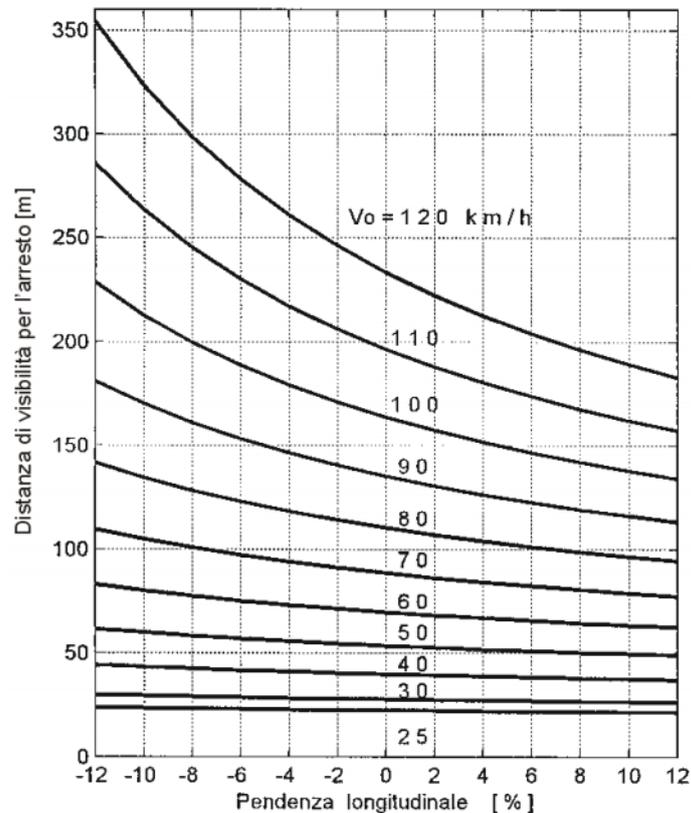


FIGURA 7.2.1 – DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO IN FUNZIONE DI  $V_p$  E PENDENZA LONGITUDINALE

In corrispondenza dei raccordi verticali si assume come valore di pendenza, la media algebrica delle pendenze delle due livellette raccordate.

Essendo il tracciato tutto in rettilineo non sono stati previsti allargamenti della carreggiata in quanto non necessari. La verifiche di visibilità condotte hanno restituito esito positivo in entrambe le direzioni come si evince dalle figure seguenti.

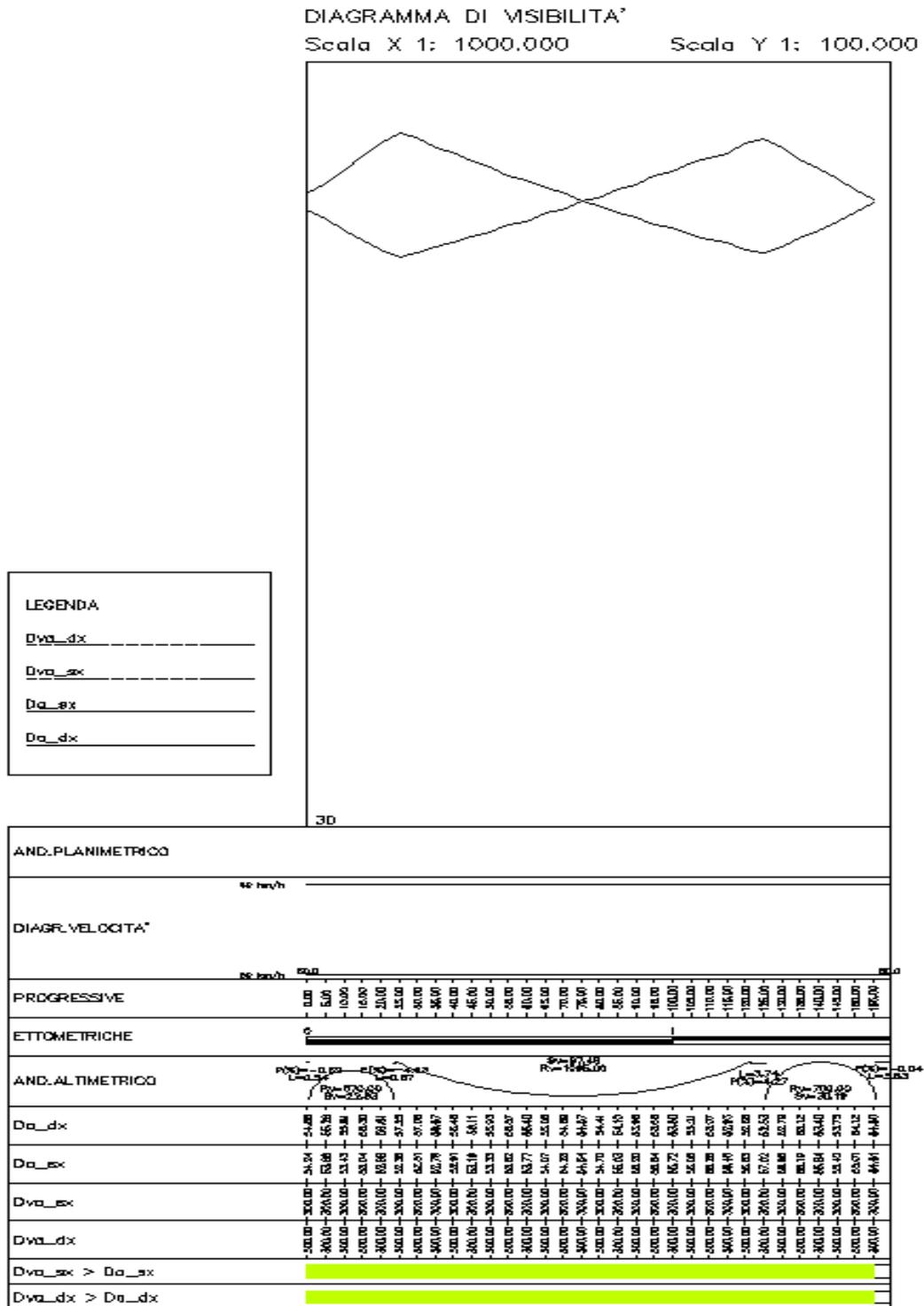


FIGURA 7.2.2 – ESITO DELLE VERIFICHE DELLE DISTANZE DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO

## 8. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE - ANDAMENTO ALTIMETRICO

### 8.1. CRITERI USATI PER LA COSTRUZIONE DEL PROFILO ALTIMETRICO

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livелlette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi.

Per una strada classificata come F2, strada locale extraurbana, la pendenza massima da normativa si attesta su un valore pari al 7%. Nell'infrastruttura di progetto è stata assunta una pendenza limite pari al 5%.

Per i raccordi verticali si distinguono raccordi concavi e convessi, che vanno dimensionati con riferimento alle distanze di visibilità. I valori minimi sono stabiliti, essenzialmente, allo scopo di assicurare il comfort all'utenza e le visuali libere per la sicurezza di marcia.

In base al primo criterio si pone un limite all'accelerazione verticale ovvero:

$$A_v = \frac{v_p^2}{R_v} \leq a_{lim} \quad [m/s^2]$$

dove:

$V_p$  è la velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità [m/s],  $R_v$  è il raggio del raccordo verticale nel vertice della parabola [m] e  $a_{lim}$  è l'accelerazione verticale limite pari a 0,6 [m/s<sup>2</sup>], da cui risulta un valore minimo del raggio del raccordo verticale pari a:

$$R_v = 0,129 \cdot V_p^2 \quad [m/s^2]$$

dove  $V_p$  è la velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma di velocità [km/h].

In base al secondo criterio e sapendo che i raccordi sono eseguiti con archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo viene calcolato con l'espressione:

$$L = R_v \times \frac{\Delta i}{100} \quad [m]$$

dove  $\Delta i$  è la variazione di pendenza percentuale delle livелlette da raccordare ed  $R_v$  è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola.

Fissata la distanza di visuale libera che si vuole verificare lungo lo sviluppo del tracciato, le formule per il caso convesso sono:

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

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

- se invece D > L

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

Si pone da 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.

Per il caso concavo ponendo  $h = 0,5$  m e  $\theta = 1^\circ$  sono:

- se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha:

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

- se invece D > L:

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

Dove:

- L è la lunghezza del raccordo parabolico misurata sulla proiezione orizzontale [m];
- $\Delta i$  è il valore assoluto della differenza di pendenza tra le due livellette da raccordare [m];
- h è l'altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale [m];
- $\theta$  è la massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto all'asse del veicolo [°]

## 8.2. ANDAMENTO ALTIMETRICO

La velocità di progetto del tracciato stradale influenza anche le caratteristiche dei raccordi circolari da introdurre tra le livellette del profilo longitudinale. Come riportato nel paragrafo 3.3 la velocità di progetto è stata limitata a 60 km/h, valore compreso nell'intervallo di velocità previsto dalla normativa.

Analogamente a quanto considerato per l'andamento planimetrico, anche per l'andamento altimetrico si possono limitare i raggi altimetrici e quindi di conseguenza si può limitare l'ingombro effettivo dell'opera, limitando il valore limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto.

L'andamento altimetrico è stato studiato in maniera tale da garantire i franchi minimi di progetto che la strada deve possedere nell'attraversamento dell'opera di progetto, inoltre, per garantire un corretto allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale, ed evitare, in caso del verificarsi di un evento di piena, l'allagamento del sottovia di progetto.

Per poter realizzare tale protezione, sono stati studiati due innalzamenti del profilo di progetto in corrispondenza dell' inizio delle rampe di accesso al sottovia, così come mostrato in figura.

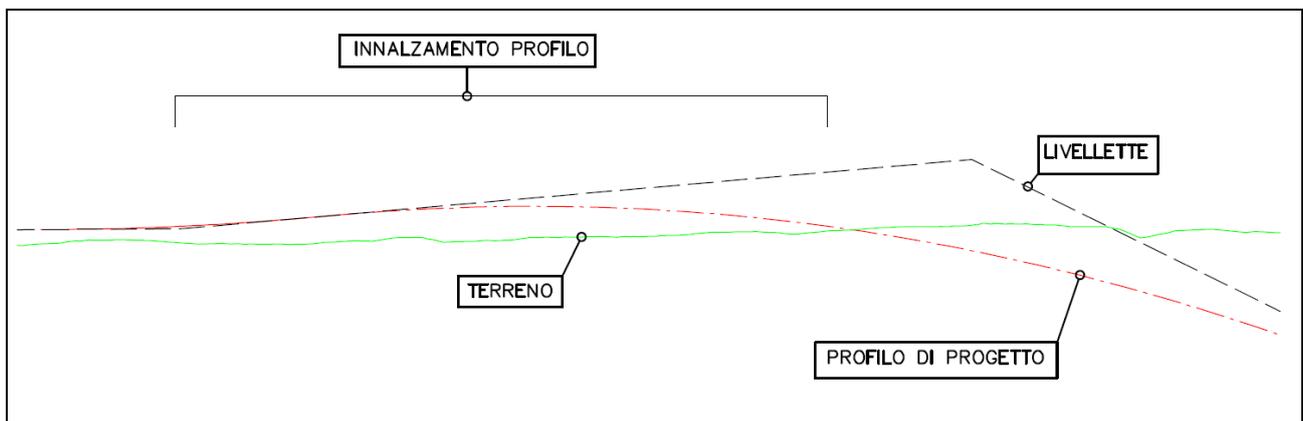


FIGURA 8.2.1 – ESEMPIO DI INNALZAMENTO DEL PROFILO DI PROGETTO IN CORRISPONDENZA DELLE RAMPE DI ACCESSO AL SOTTOVIA

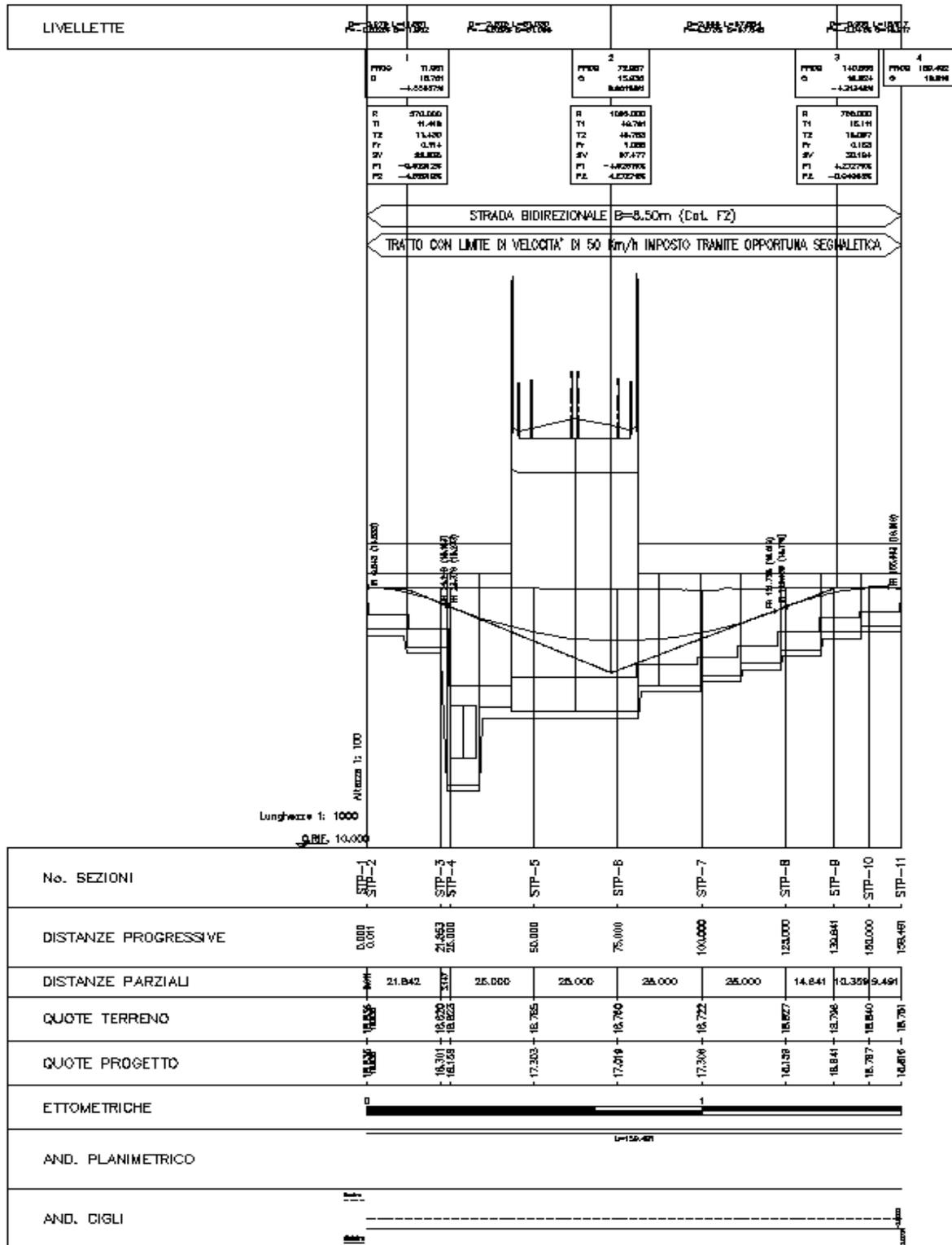


FIGURA 8.2.2 – PROFILO ALTIMETRICO DI VIA DELLA POSTA

### 8.3. VERIFICHE ALTIMETRICHE

L'andamento altimetrico del tracciato presenta una pendenza massima del 4.62 %. I raccordi parabolici utilizzati sono di raggio maggiore rispetto ai minimi imposti dal D.M. 5/11/2001 come si evince dalle seguenti figure. Tutte le verifiche plano-altimetriche risultano dunque verificate.

Raccordi Verticali												
N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
1	Parabolico	570.0000000	-4.00607071	22.84400142	0.54321244	23.37781550	22.83460306	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	539.6917285	
2	Parabolico	1095.0000000	8.90198072	97.50902605	24.24823058	121.7249194	97.47668887	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	1094.881447	
3	Parabolico	700.0000000	-4.31342413	30.20306776	125.4687800	155.6627489	30.19396892	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	644.1599142	

FIGURA 8.3.2 – RACCORDI PARABOLICI TRA LE LIVELLETTE DEL TRACCIATO

Pendenza longitudinale i % della sede stradale:

Rampa nord **4.629%**

Rampa sud **4.273%**

Raggio minimo raccordo verticale convessi **570.00 m**

Raggio minimo raccordi verticali concavi **1095.00 m**

Pendenza trasversale max **2,50%**

## 9. DIAGRAMMA DI VELOCITA'

Il diagramma delle velocità è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale. Si costruisce sulla base del solo tracciato planimetrico, calcolando, per ogni elemento di esso, l'andamento della velocità di progetto.

Il diagramma di velocità viene redatto sulla base sulle seguenti ipotesi:

- sui rettifili, sulle curve circolari con raggio non inferiore ad  $R^*$  e lungo le clotoidi, la velocità tende al limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto;
- su tutte le curve con raggio inferiore ad  $R^*$  la velocità è costante e si valuta attraverso l'equazione di stabilità allo slittamento del veicolo in curva;
- gli spazi di accelerazione e di decelerazione, rispettivamente, in uscita o in ingresso ad una curva circolare, ricadono sugli elementi indicati in a);
- le variazioni avvengono con moto uniformemente vario con  $a = 0,8 \text{ m/s}^2$ . Lo spazio necessario per passare da una velocità  $V_1$  ad una velocità  $V_2$ , denominata dalle Norme distanza di transizione  $D_T$ , si valuta con la relazione:

$$D_T = \frac{\Delta V \times V_m}{12,96 \times a}$$

Dove:  $\Delta V$  = differenza di velocità ( $V_{p1} - V_{p2}$ ) [km/h]

$V_m$  = velocità media tra due elementi [km/h]

$a$  = accelerazione o decelerazione  $\pm 0,8$  [m/s<sup>2</sup>]

- la decelerazione termina all'inizio della curva circolare, mentre l'accelerazione comincia all'uscita della curva circolare, pertanto è a partire da questi punti che vanno riportate le distanze di transizione.
- Affinché il conducente possa attuare la decelerazione, è necessario che la curva sia vista e percepita come tale; la distanza  $\Delta T$  deve, pertanto, essere minore della visuale libera disponibile e della distanza di riconoscimento  $D_r$  che può essere calcolata moltiplicando per 12 la velocità espressa in m/s.

E' necessario verificare che nel passaggio da tratti caratterizzati dalla  $V_{p_{max}}$  a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h.

---

Nel caso della infrastruttura di progetto, essendo il tracciato in rettilineo, non è stato necessario effettuare tutte le precedenti verifiche in quanto, il diagramma dei velocità della strada comunale Fantozza, presenta un andamento costante.

Per maggiori dettagli sul diagramma delle velocità fare riferimento all'elaborato specifico.

---

## 10. COORDINAMENTO PLANOALTIMETRICO

---

Per coordinamento plano-altimetrico si intendono quegli accorgimenti tesi a garantire una percezione chiara delle caratteristiche del tracciato stradale ed evitare variazioni brusche delle linee che lo definiscono nel quadro prospettico, coordinando sotto certe regole l'andamento planimetrico e quello altimetrico.

Le regole da osservare per un buon coordinamento sono le seguenti:

1. Occorre evitare che il punto di inizio di una curva planimetrica coincida o sia prossimo con la sommità di un raccordo verticale convesso. Se ciò si verifica, risulta mascherato il cambiamento di direzione in planimetria. Un miglioramento del quadro prospettico lo si ottiene anticipando l'inizio dell'elemento curvilineo planimetrico quanto più possibile.
2. Occorre evitare che un raccordo planimetrico inizi immediatamente dopo un raccordo concavo. Se ciò si verifica la visione prospettica dei cigli presenta una falsa piega.
3. Quando non sia possibile spostare i due elementi in modo che le posizioni dei rispettivi vertici coincidano, un miglioramento della qualità ottica del tracciato lo si ottiene imponendo che il rapporto fra il raggio verticale  $R_v$  ed il raggio della curva planimetrica  $R$  sia  $\geq 6$ .
4. Occorre evitare l'inserimento di raccordi verticali concavi di piccolo sviluppo all'interno di curve planimetriche di grande sviluppo. In questo caso, la visione prospettica di uno dei cigli presenta difetti di continuità. Per correggere tale difetto occorre aumentare il più possibile il rapporto  $R_v/R$  in modo che gli sviluppi dei due raccordi coincidano.
5. Occorre evitare il posizionamento di un raccordo concavo immediatamente dopo la fine di una curva planimetrica. Anche in questo caso nelle linee di ciglio si presentano evidenti difetti di continuità ed inoltre si percepisce un restringimento della larghezza della sede stradale che può indurre l'utente ad adottare comportamenti non rispondenti alla reale situazione del tracciato. Questo difetto può essere ancora corretto portando a coincidere i vertici dei due elementi.
6. Occorre evitare che il vertice di un raccordo concavo coincida o sia prossimo ad un punto di flesso della linea planimetrica. Anche in questo caso la visione prospettica è falsata e l'utente percepisce un falso restringimento della larghezza della sede stradale. Per ovviare a tale difetto si provvede come nel caso precedente.

Tutti i raccordi altimetrici rispettano le regole e pertanto si ottiene un buon coordinamento plano-altimetrico. Anche la verifica relativa alle perdite di tracciato da esito positivo.