



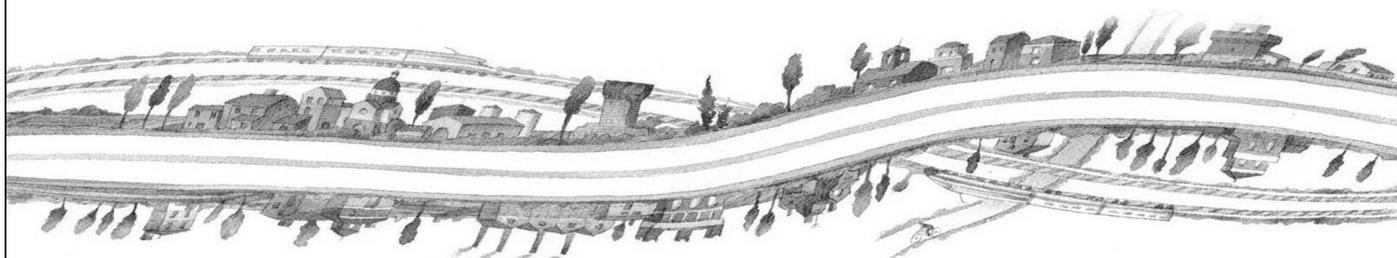
# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B0800060009

## PROGETTO DEFINITIVO

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

PROGETTAZIONE STRADALE  
VIABILITA' INTERFERITA  
V39 - ADEGUAMENTO S.C.BOSCO SALICI  
RELAZIONE DESCRITTIVA 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	Attanasio	Piacentini	Salsi
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.
2014	PD	0	V39	VCS39	0	SD	RT	01	A

DATA: MAGGIO 2012

SCALA:

## INDICE

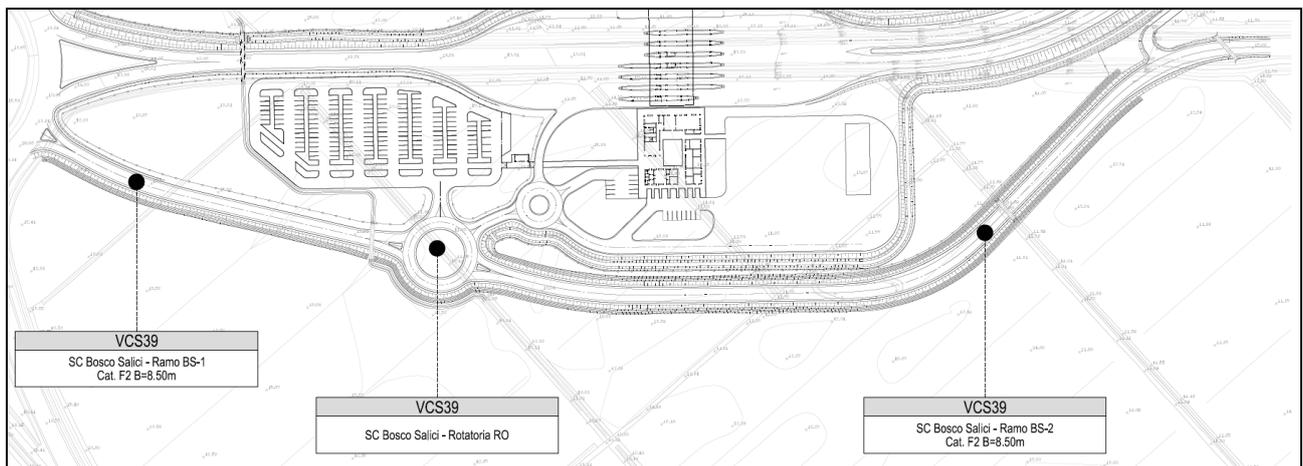
<b>1. GENERALITA'</b> .....	<b>3</b>
<b>2. RIFERIMENTI</b> .....	<b>4</b>
<b>3. CRITERI DI PROGETTAZIONE STRADALE</b> .....	<b>5</b>
3.1. SEZIONE STRADALE TIPO .....	5
3.2. SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA .....	6
3.3. VELOCITA' DI PROGETTO .....	8
<b>4. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE - ANDAMENTO PLANIMETRICO</b> .....	<b>9</b>
4.1. RAMO "BS-1" .....	9
4.2. RAMO "BS-2" .....	10
4.3. CURVA "CBS" .....	11
4.4. RETTIFILI .....	11
4.5. CURVE CIRCOLARI .....	12
4.6. PENDENZE TRASVERSALI NEI RETTIFILI E NELLE CURVE CIRCOLARI .....	13
4.7. COMPATIBILITÀ TRA CURVE CIRCOLARI E RETTIFILI .....	14
4.8. ALLARGAMENTO PER L'ISCRIZIONE LUNGO LE CURVE CIRCOLARI .....	15
4.9. CURVE A RAGGIO VARIABILE .....	15
4.10. PARAMETRO MASSIMO CLOTOIDI .....	18
4.11. PENDENZA TRASVERSALE LUNGO LE CLOTOIDI .....	18
4.12. VALORI MASSIMI DELLA SOVRAPENDENZA $\Delta I$ .....	19
4.13. VALORI MINIMI DELLA SOVRAPENDENZA $\Delta I$ .....	20
4.14. ROTATORIE .....	22
4.15. VERIFICHE GEOMETRICHE DELLA ROTATORIA .....	22
<b>5. VERIFICHE DI VISIBILITA'</b> .....	<b>24</b>
5.1. CRITERI PER L'ESECUZIONE DELLE VERIFICHE DI VISIBILITA' .....	24
5.2. DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO .....	24
5.2.1. Ramo "BS-1" .....	27
5.2.2. Ramo "BS-2" .....	28
5.2.3. Curva "CBS" .....	29
<b>6. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE - ANDAMENTO ALTIMETRICO</b> .....	<b>30</b>
6.1. CRITERI USATI PER LA COSTRUZIONE DEL PROFILO ALTIMETRICO .....	30
6.2. VERIFICHE ALTIMETRICHE .....	32

---

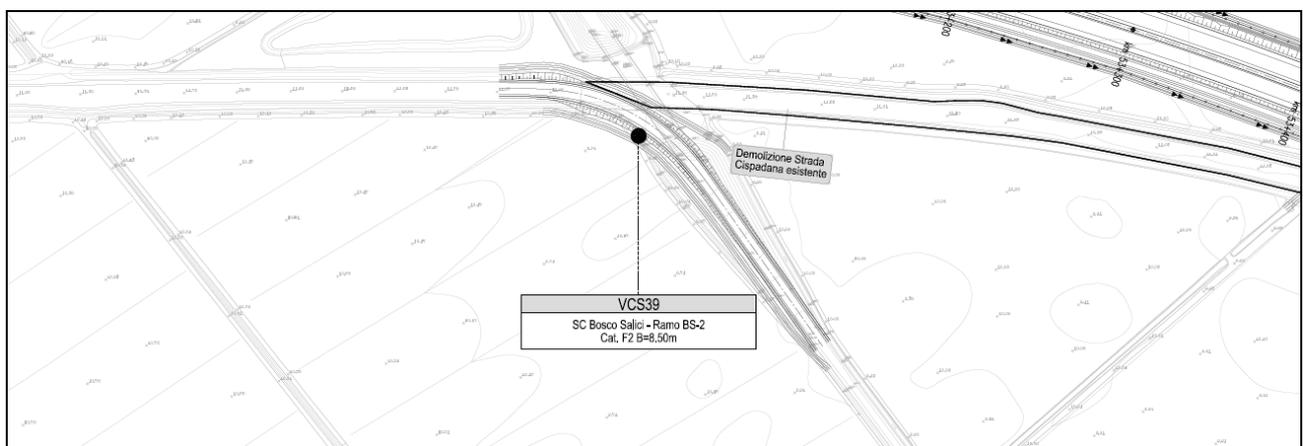
6.2.1.	Ramo “BS-1” .....	32
6.2.2.	Ramo “BS-2” .....	32
6.2.3.	Curva “CBS” .....	32

## 1. GENERALITA'

Nel presente elaborato viene descritto nel dettaglio l'adeguamento della strada comunale Bosco Salici necessario per la realizzazione del casello di Poggio Renatico; tale viabilità permetterà l'accesso alla zona di sosta e il collegamento con la vecchia strada Bosco Salici. Per un tratto di circa 1200 m il tracciato si sviluppa sulla vecchia strada cispadana. Questa infrastruttura sarà situata nel Comune di Poggio Renatico in provincia di Ferrara.



**FIGURA 1.1 – SCHEMA PLANIMETRICO DELLA S.C. BOSCO SALICI DI NUOVA PROGETTAZIONE**



**FIGURA 1.2 – SCHEMA PLANIMETRICO DELL'ADEGUAMENTO DELLA CURVA S.C. BOSCO SALICI**

---

## **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.

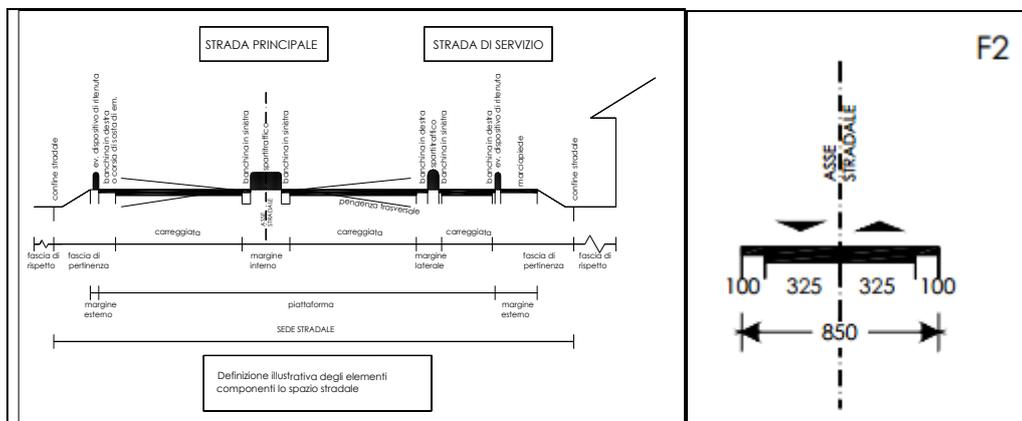
### 3. CRITERI DI PROGETTAZIONE STRADALE

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 la 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 purché 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 secondaria 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.

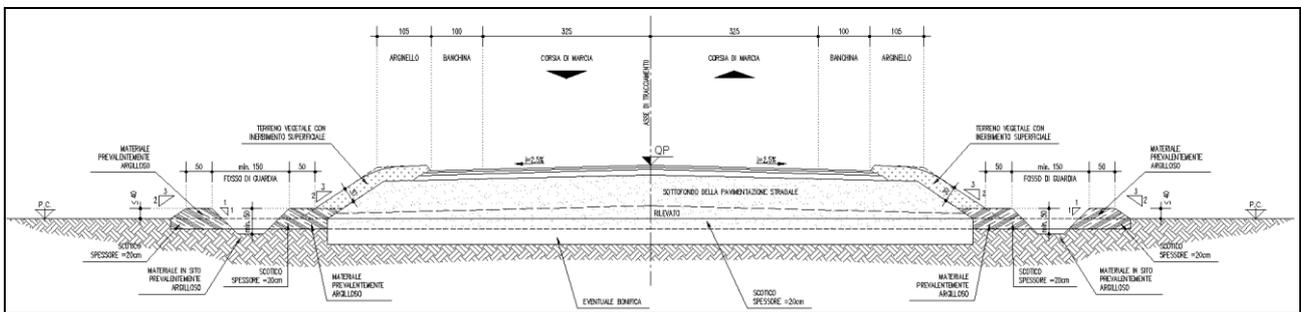


**FIGURA 3.1-1 – DEFINIZIONE ILLUSTRATIVA DEGLI ELEMENTI COMPONENTI LO SPAZIO STRADALE**

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

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

Le scarpate dei rilevati hanno una pendenza 3/2.



**FIGURA 3.1.2 – SEZIONE TIPO S.C.BOSCO SALICI**

La pavimentazione sarà composta da:

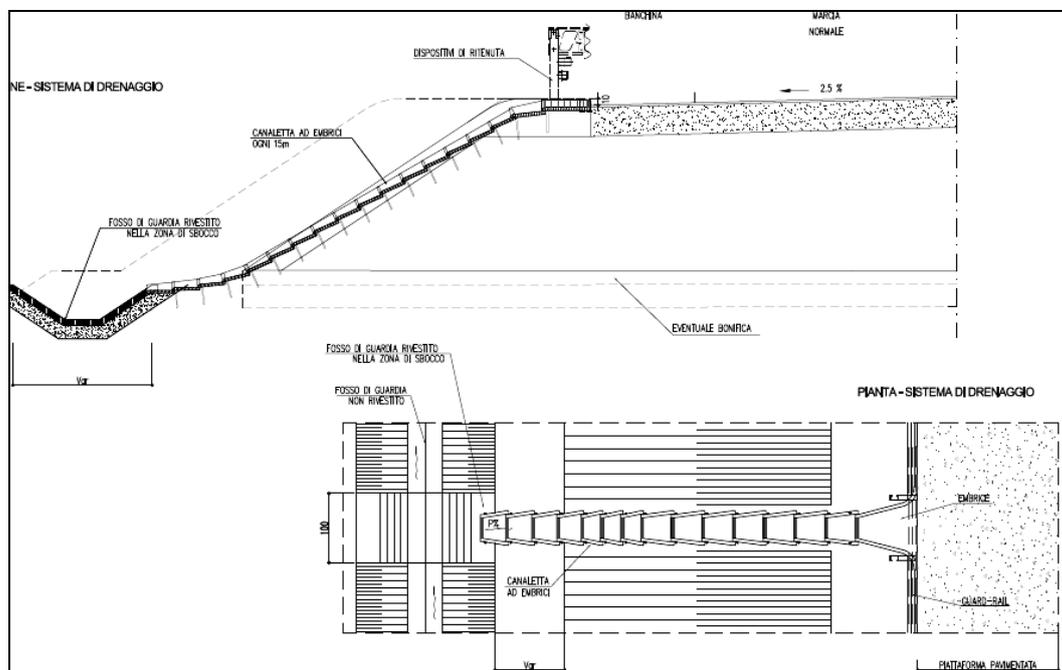
- Strato di usura in conglomerato bituminoso a maglia chiusa– Spessore 4 cm ;
- Strato di collegamento (Binder) in conglomerato bituminoso a maglia aperta – Spessore 5 cm ;
- Strato di base in misto cementato – Spessore 10 cm.
- Sottofondo della pavimentazione in misto stabilizzato – Spessore 60 cm;

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

### **3.2. SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA**

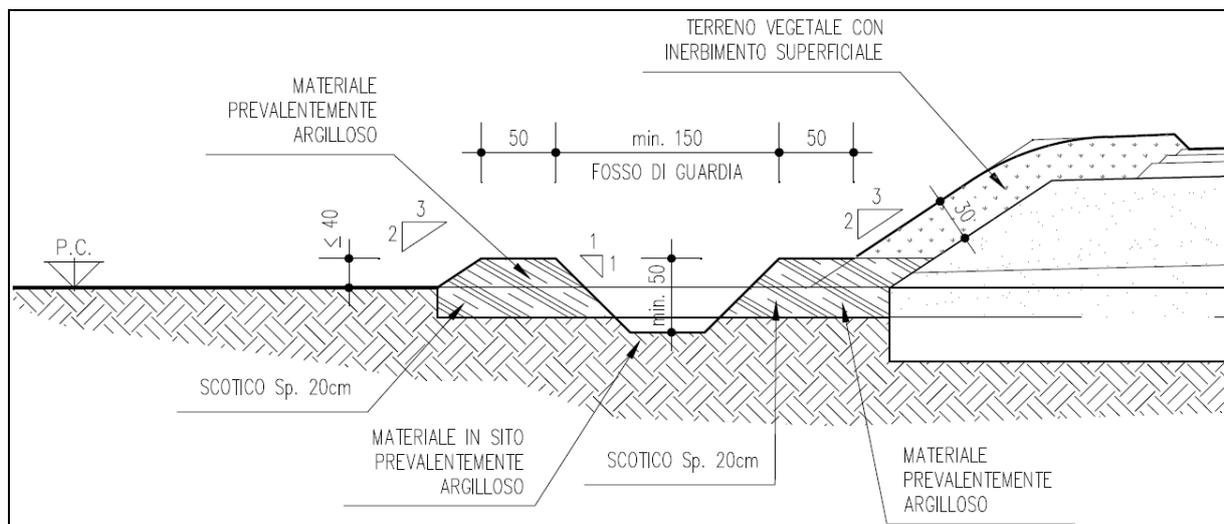
Lo smaltimento nei tratti in rilevato delle acque defluenti dalla sede stradale, avverrà mediante la raccolta ai margini della piattaforma stradale, sulla banchina, a ridosso del ciglio erboso.

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 delle 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 delle sezione idraulica dovuti ad ostruzioni che si possono creare a causa dei depositi, ed evita la necessità di una continua manutenzione. L'altezza minima sarà di 0.50 m, e comunque variabile in ragione dell'andamento del territorio.



**FIGURA 3.2.2 – PARTICOLARE FOSSO DI GUARDIA**

---

### **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 definire 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).

Per la viabilità oggetto della presente progettazione, viene assunta una sezione tipo “F2” definita dalla Normativa vigente la quale associa a tale tipologia un intervallo di velocità di progetto pari a 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 variabile in funzione del tracciato. In particolare, l'intervento si compone di un ramo (BS-1) che collegherà la rotatoria a nord posizionata alla fine della viabilità del casello di Poggio Renatico, con la nuova rotatoria a sud di collegamento con il parcheggio della area di esazione e la vecchia strada Bosco Salici . Per un riferimento dettagliato della variazione delle velocità di progetto si rimanda al relativo elaborato.

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

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

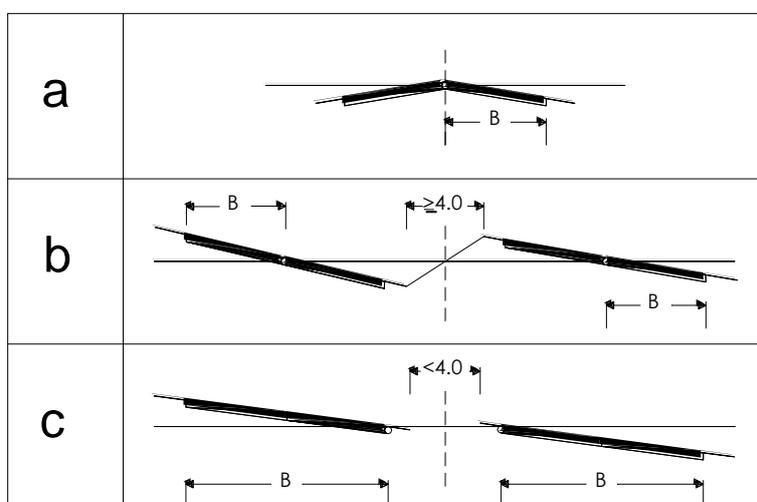


FIGURA 4.1 – ROTAZIONE DELLA CARREGGIATA RISPETTO ALL'ASSE

### 4.1. RAMO "BS-1"

(Progressiva iniziale: 0.000 m ,Progressiva finale: 205.437 m)

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx [%]
RETTIFILO	0.000	14.025	14.025	0.000	0.000	0.000		-1.250	-1.250
CLOTOIDE	14.025	34.025	20.000	60.000	0.000	180.000	Sx	0.000	0.000
ARCO	34.025	70.010	35.986	0.000	180.000	180.000	Sx	4.022	-4.022
CLOTOIDE	70.010	90.010	20.000	60.000	180.000	0.000	Sx	0.000	0.000
RETTIFILO	90.010	205.437	115.426	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500

TABELLA 4.1-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DEL RAMO "BS-1"

Non sono stati riportati in tabella i valori della pendenza trasversale in prossimità delle clotoidi, in quanto, lungo lo sviluppo di questi elementi planimetrici tale caratteristica è variabile.

## 4.2. RAMO “BS-2”

(Progressiva iniziale: 0.000 m ,Progressiva finale: 475.000 m)

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx[%]
RETTIFILO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500
CLOTOIDE	0.000	41.536	41.536	94.500	0.000	215.000	Sx	0.000	0.000
ARCO	41.536	76.630	35.094	0.000	215.000	215.000	Sx	3.590	-3.590
CLOTOIDE	76.630	100.541	23.911	71.700	215.000	0.000	Sx	0.000	0.000
RETTIFILO	100.541	192.069	91.528	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500
CLOTOIDE	192.069	215.819	23.750	47.500	0.000	95.000	Sx	0.000	0.000
ARCO	215.819	267.367	51.548	0.000	95.000	95.000	Sx	6.054	-6.054
CLOTOIDE	267.367	291.117	23.750	47.500	95.000	0.000	Sx	0.000	0.000
RETTIFILO	291.117	371.050	79.933	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500
CLOTOIDE	371.050	395.490	24.440	46.900	0.000	90.000	Dx	0.000	0.000
ARCO	395.490	442.548	47.059	0.000	90.000	90.000	Dx	-6.267	6.267
CLOTOIDE	442.548	466.989	24.440	46.900	90.000	0.000	Dx	0.000	0.000
RETTIFILO	466.989	475.000	8.011	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500

TABELLA 4.1-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DEL RAMO “BS-2”

Non sono stati riportati in tabella i valori della pendenza trasversale in prossimità delle clotoidi, in quanto, lungo lo sviluppo di questi elementi planimetrici tale caratteristica è variabile.

### 4.3. CURVA “CBS”

(Progressiva iniziale: 0.000 m ,Progressiva finale: 245.403 m)

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx[%]
RETTIFILO	0.000	8.353	8.353	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500
CLOTOIDE	8.353	31.354	23.001	50.300	0.000	110.000	Dx	0.000	0.000
ARCO	31.354	115.343	83.989	0.000	110.000	110.000	Dx	-5.512	5.512
CLOTOIDE	115.343	138.344	23.001	50.300	110.000	0.000	Dx	0.000	0.000
RETTIFILO	138.344	245.403	107.058	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500

TABELLA 4.1-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DELLA CURVA “CBS”

Non sono stati riportati in tabella i valori della pendenza trasversale in prossimità delle clotoidi, in quanto, lungo lo sviluppo di questi elementi planimetrici tale caratteristica è variabile.

### 4.4. 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 C1 con  $V_{p, \text{max}} = 100 \text{ km/h}$ , risulta pari a 2200 m. Tuttavia, vista la presenza delle rotoatorie, come già detto, la velocità di progetto è variabile.

Velocità [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Lunghezza min [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

TABELLA 4.4 -1 – LUNGHEZZA MINIMA DEI RETTIFILI IN FUNZIONE DELLA VELOCITA' DI PROGETTO

## 4.5. CURVE CIRCOLARI

Anche per le curve circolari la normativa impone dei valori minimi per permettere all'utente la percezione dell'elemento curvilineo: infatti il decreto recita che: *una curva circolare, per essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di progetto della curva.*

Nessuna curva lungo il tracciato presenta valori di lunghezza inferiori ai minimi sopra esposti.

Inoltre tra due curve successive i rapporti tra i raggi di curvatura  $R_1$  ed  $R_2$  di due curve successive devono collocarsi nella zona "buona" di cui all'abaco successivo:

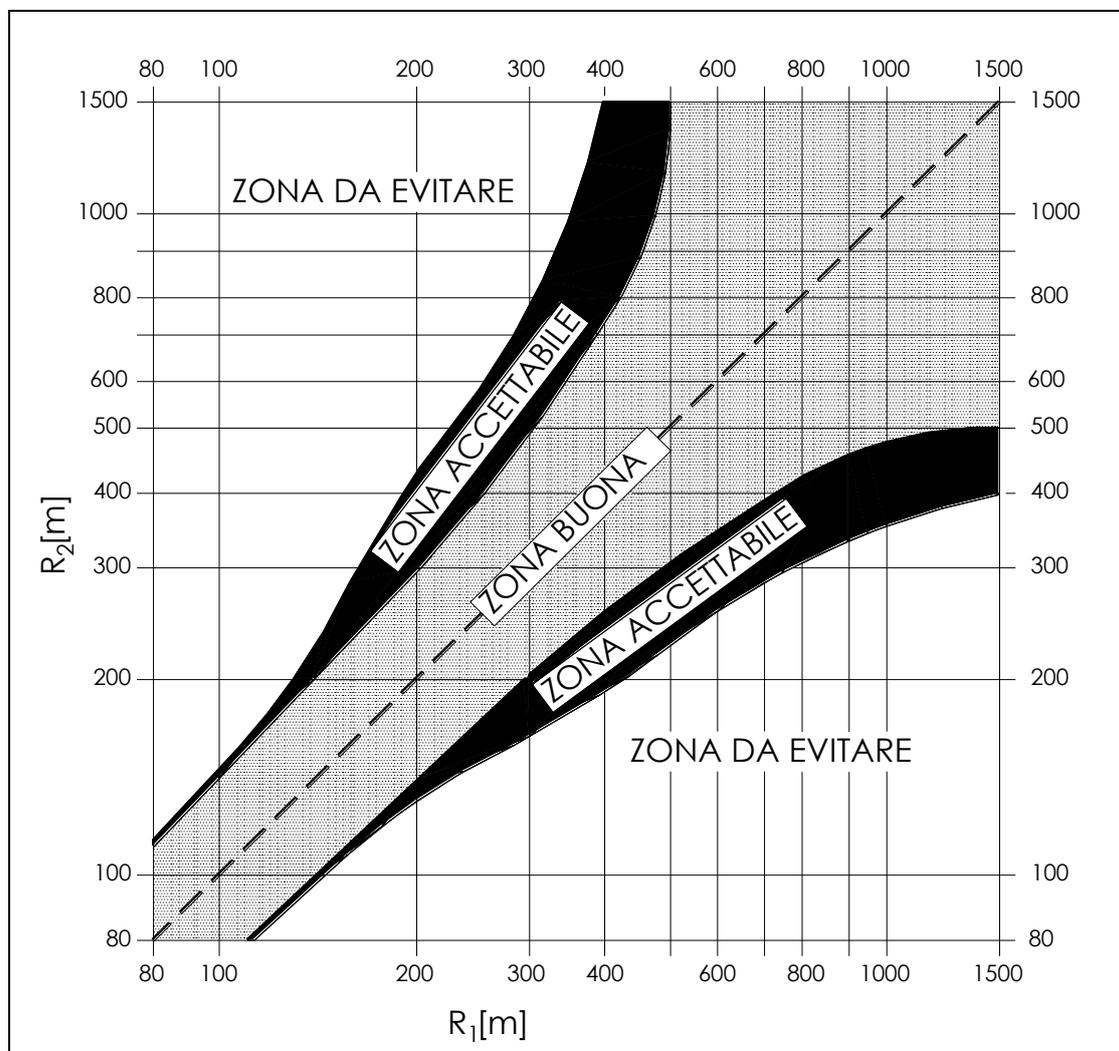


FIGURA 4.5.1 – ABACO RAPPORTI TRA RAGGI DI CURVATURA SUCCESSIVI

Tutte le curve del tracciato risultano tra loro coerenti con tale impostazione.

#### 4.6. PENDENZE TRASVERSALI NEI RETTIFILI E NELLE CURVE CIRCOLARI

La pendenza minima trasversale in rettilo è pari al valore 2,5% e le carreggiate sono ciascuna orientata con il ciglio più depresso verso l'esterno.

In curva circolare invece la carreggiata è inclinata verso l'interno e il valore di pendenza trasversale è mantenuto costante su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio.

La relazione matematica che regola il valore di pendenza trasversale alla velocità di progetto e al raggio di curvatura della curva è espressa dalla seguente formula:

$$\frac{V_p^2}{R \times 127} = q + f_t$$

dove:

$V_p$  = velocità di progetto della curva [km/h];

R = raggio della curva [m];

q = pendenza longitudinale /100;

$f_t$  = quota parte del coeff. di aderenza impegnato trasversalmente.

La quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente  $f_{t \max}$ , valgono i valori della normativa di seguito riportati. Tali valori tengono conto, per ragioni di sicurezza, che una quota parte dell'aderenza possa essere impegnata anche longitudinalmente in curva.

Velocità km/h	25	40	60	80	100	120	140
aderenza trasv. max imp. $f_{t \max}$ per strade tipo A, B, C, F extraurbane, e relative strade di servizio	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09
aderenza trasv. max imp. $f_t \max$ per strade tipo D, E, F urbane, e relative strade di servizio	0,22	0,21	0,20	0,16	-	-	-

TABELLA 4.6.1- COEFFICIENTI DI ADERENZA TRASVERSALE IN FUNZIONE DELLA VELOCITA'

Per velocità intermedie fra quelle indicate si provvede all'interpolazione lineare.

Assegnata la velocità di progetto esiste un valore di raggio minimo che corrisponde al valore calcolato con la formula precedente fissando la velocità al valore inferiore dell'intervallo e imponendo la pendenza

trasversale massima. Se il raggio di curvatura è maggiore del valore  $R_{2,5}$  si assume la pendenza trasversale pari al valore 2,5% come se non si fosse in curva. Oltre un certo raggio di curvatura si può mantenere la pendenza trasversale in rettilineo essendo comunque garantito l'equilibrio dinamico del veicolo: tale valore risulta pari a  $R=5.250$  m.

Per valori intermedi del raggio  $R$  inferiori a  $R_{2,5}$  si fa riferimento alla figura seguente:

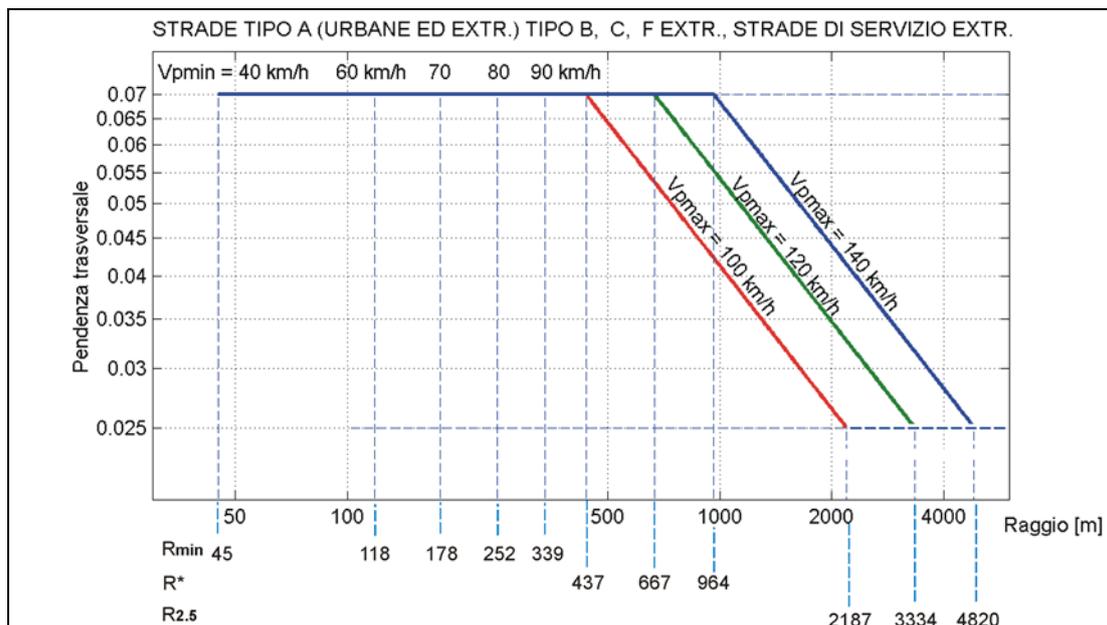


FIGURA 4.6.1 – RAPPORTO RAGGI DI CURVATURA, VELOCITA' DI PROGETTO, PENDENZA TRASVERSALE

#### 4.7. COMPATIBILITÀ TRA CURVE CIRCOLARI E RETTIFILI

La successione geometrica tra rettilineo e curve circolari è stata impostata in modo tale che tra un rettilineo, di lunghezza  $L_r$ , ed il raggio  $R$  più piccolo fra quelli delle due curve collegate al rettilineo stesso, mediante l'interposizione di una curva a raggio variabile, è rispettata la relazione:

$$R > L_r \text{ per } L_r < 300 \text{ m}$$

$$R \geq L_r \text{ per } L_r \geq 300 \text{ m}$$

#### **4.8. ALLARGAMENTO PER L'ISCRIZIONE LUNGO LE CURVE CIRCOLARI**

Allo scopo di consentire la sicura iscrizione dei veicoli nei tratti curvilinei del tracciato, conservando i necessari franchi fra la sagoma limite dei veicoli ed i margini delle corsie, è necessario che nelle curve circolari ciascuna corsia sia allargata di una quantità E, data dalla relazione:

$$E = K/ R \quad [m]$$

dove:

K = 45;

R = raggio esterno (in m) della corsia.

Se l'allargamento E, calcolato con la relazione precedente, è inferiore a 20 cm la corsia conserva la larghezza del rettilineo. Inoltre, il valore così determinato potrà essere opportunamente ridotto, al massimo fino alla metà, qualora si ritenga poco probabile l'incrocio in curva di due veicoli appartenenti ai seguenti tipi: autobus ed autocarri di grosse dimensioni, autotreni ed autoarticolati. Nel caso in esame sono stati necessari allargamenti dei cigli, come riportato in Figura 8.2.2.

#### **4.9. CURVE A RAGGIO VARIABILE**

Le curve a raggio variabile sono inserite tra due elementi a curvatura costante (tra curve circolari, ovvero tra rettilineo e curva circolare) lungo le quali generalmente si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale, cioè della pendenza trasversale, e, se necessario, della larghezza trasversale della piattaforma.

Le curve impiegate a tali scopi sono denominate clotoidi e si rappresentano nella forma:

$$r \times s = A^2$$

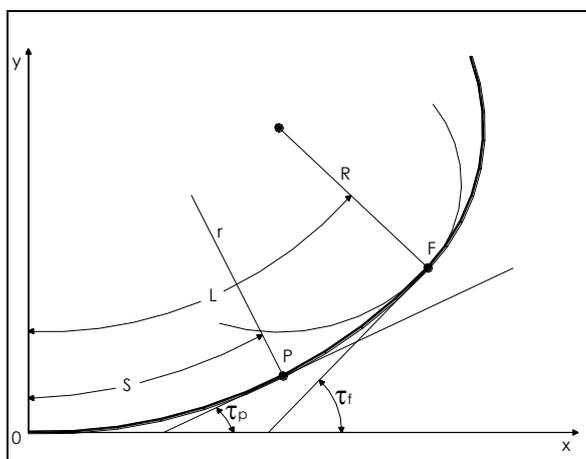
dove:

r = raggio di curvatura nel punto P generico

s = ascissa curvilinea nel punto P generico

A= parametro di scala

Graficamente i simboli necessari alla loro definizione sono i seguenti:



**FIGURA 4.9.1 – ESEMPIO DI CURVA CLOTOIDE**

Le motivazioni legate all’inserimento lungo il tracciato di tali elementi a curvatura costante sono quelle di garantire: a) una variazione di accelerazione centrifuga non compensata (contraccolpo) contenuta entro valori accettabili; b) una limitazione della pendenza (o sovrapendenza) longitudinale delle linee di estremità della piattaforma; c) la percezione ottica corretta dell’andamento del tracciato.

Da quanto sopra si evince che per valori del raggio di curvatura superiori a R’ non sussistono più le condizioni necessarie all’inserimento delle curve a raggio variabile, in quanto nessuna variazione della pendenza trasversale risulta necessaria, mantenendo la sagoma stradale le stesse geometrie di quelle proprie del rettilineo e l’accelerazione centrifuga non compensata assume valori estremamente bassi. Sulla base di quanto fatto e approvato nel progetto definitivo si è ritenuto pertanto che per valori di raggio di curvatura superiori a R’ l’inserimento di curve di transizione si possa omettere.

I criteri di dimensionamento del parametro A delle curve di transizione a curvatura variabile sono:

critero della limitazione del contraccolpo, che con le opportune semplificazioni e assunzioni assume la forma pratica pari a

$$A \geq 0,021 \times V^2$$

critero della limitazione della sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata che assume le formule:

nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{R}{\Delta i_{\max}} \times 100 \times B_i (q_i + q_f)}$$

nel caso in cui anche il raggio iniziale sia di valore finito (continuità) il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{B_i (q_f - q_i)}{\left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_f}\right) \times \frac{\Delta i_{\max}}{100}}}$$

criterio ottico:

$$A \geq R/3 \quad (R_i/3 \text{ in caso di continuità})$$

Inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve essere:

$$A \leq R$$

L'inserimento delle curve a raggio variabile deve soddisfare oltre ai criteri di dimensionamento della singola curva sopra esposti, anche le regole dettate dalla successione di più elementi vicini a formare casi particolari come la transizione (curva circolare con clotoidi con parametri diversi ai due lati), il flesso (curve circolari di verso opposto senza interposizione di un rettilo), la continuità (successione di curve circolari di verso uguale senza rettili intermedi) e il raccordo tra due cerchi secanti mediante cerchio ausiliario.

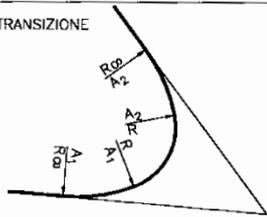
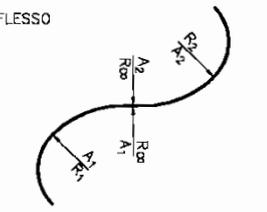
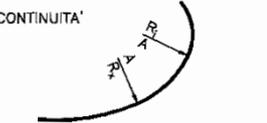
TIPOLOGIA	LIMITI
	$A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ $\frac{R_1}{3} < A_1 < R_1$ $\frac{R_2}{3} < A_2 < R_2$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$
	$R_2 < R_1$ $A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ FLESSO ASIMMETRICO $A_1 \neq A_2$ $\frac{R_1}{3} < A_1 < R_1$ $\frac{R_2}{3} < A_2 < R_2$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$ FLESSO SIMMETRICO $A_1 = A_2 = A$ $\frac{R_1}{3} < A < R_2$
	$R_x < R_1$ $R_x$ all'interno di $R_1$ ma non concentrico $A_{min} \leq A$ $\frac{R_1}{3} < A < R_x$
	$A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ $\frac{R_3}{3} < A_1 < R_1$ $\frac{R_3}{3} < A_2 < R_2$ $\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$

FIGURA 4.6.2 – TABELLA INSERIMENTI DI CURVE A RAGGIO VARIABILE

#### 4.10. PARAMETRO MASSIMO CLOTOIDI

Le clotoidi inserite nei tracciati, sono state progettate secondo parametri di scala A non superiori al valore massimo Amax necessario per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, ovvero:

$$A \leq A_{max} = R$$

dove R [m] è il raggio della curva che si connette all'arco di clotoide di parametro A [m].

#### 4.11. PENDENZA TRASVERSALE LUNGO LE CLOTOIDI

Lungo le clotoidi, inserite fra due elementi di tracciato a curvatura costante, si realizza il graduale passaggio della pendenza trasversale dal valore proprio di un elemento a quello relativo al successivo. Questo passaggio si ottiene facendo ruotare la carreggiata stradale, o parte di essa, intorno ad un asse.

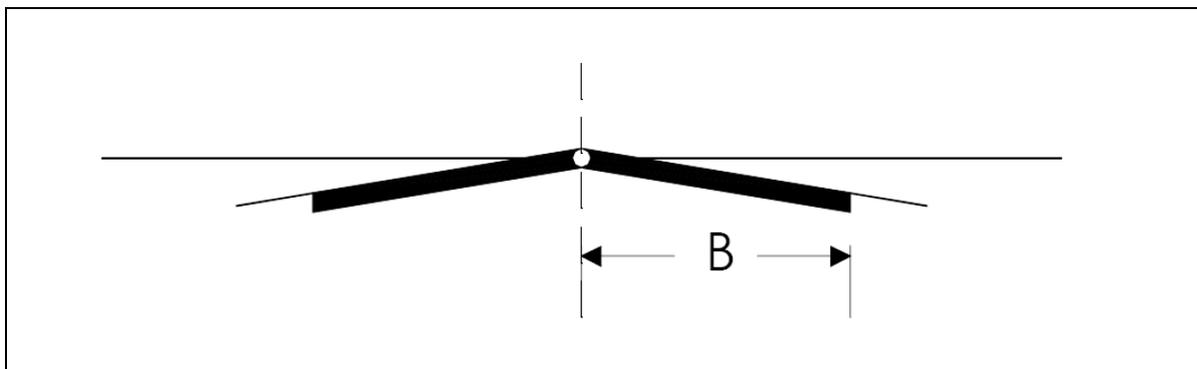


FIGURA 4.8.1 - PENDENZA TRASVERSALE LUNGO LE CLOTOIDI

Per effetto della rotazione dei cigli, lungo le clotoidi si genera una sovrappendenza  $\Delta i$  nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione. Tale sovrappendenza è pari a :

$$\Delta i = B_i \cdot ( |q_{il} + |q_{fl} ) / L \quad [\%]$$

dove:

$B_i$  = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della clotoide [m];

$|q_{il}$  = valore assoluto della pendenza trasversale all'inizio dell'arco di clotoide [%];

$|q_{fl}$  = valore assoluto della pendenza trasversale alla fine dell'arco di clotoide [%];

$L$  = lunghezza dell'arco di clotoide [m].

Il valore della sovrappendenza  $\Delta i$  deve essere contenuto nei limiti massimi e minimi prescritti di cui di seguito.

#### 4.12. VALORI MASSIMI DELLA SOVRAPPENDENZA $\Delta i$

Per ragioni dinamiche (cioè per limitare la velocità di rotazione trasversale dei veicoli – velocità di rollio) la sovrappendenza longitudinale  $\Delta i$  [%] delle estremità della carreggiata (esclusi gli eventuali allargamenti in curva) non può superare il valore massimo che si calcola con la seguente espressione.

$$\Delta i_{\max} = \frac{dq}{dt} \times \frac{B_i}{v} \times 100 \cong 18 \times \frac{B_i}{V} \quad [\%]$$

dove:

$dq/dt$  = variazione della pendenza trasversale nel tempo pari a 0,05 rad. s-1;

$B_i$  = distanza (in m) fra l'asse di rotazione e l'estremità della carreggiata all'inizio della curva a raggio variabile;

$V$  = velocità di progetto [km/h];

$v$  = velocità di progetto [m/s].

#### 4.13. VALORI MINIMI DELLA SOVRAPENDENZA $\Delta i$

Quando lungo una curva a raggio variabile la pendenza trasversale della carreggiata cambia segno, per esempio lungo una clotoide di flesso e nel passaggio dal rettilineo alla curva circolare, durante una certa fase della rotazione la pendenza trasversale è inferiore a quella minima del 2,5% necessaria per il deflusso dell'acqua. In questi casi, allo scopo di ridurre al minimo la lunghezza del tratto di strada in cui può aversi ristagno di acqua, è necessario che la pendenza longitudinale  $\Delta i$  dell'estremità che si solleva sia non inferiore ad un valore  $\Delta i_{\min}$  [%] dato da:

$$\Delta i_{\min} = 0,1 \times B_i \quad [\%]$$

Se pertanto la pendenza  $\Delta i$  è inferiore a  $\Delta i_{\min}$ , è necessario spezzare in due parti il profilo longitudinale di quella estremità della carreggiata che è esterna alla curva, realizzando un primo tratto con pendenza maggiore o uguale a  $\Delta i_{\min}$ , fino a quando la pendenza trasversale della via ha raggiunto il 2,5%; la pendenza risultante per il tratto successivo potrà anche essere inferiore a  $\Delta i_{\min}$ .

I vari casi che possono presentarsi sono riassunti nella figura seguente, dove sono indicate le sagome della carreggiata nelle sezioni caratteristiche ed i profili delle estremità riferiti a quello dell'asse.

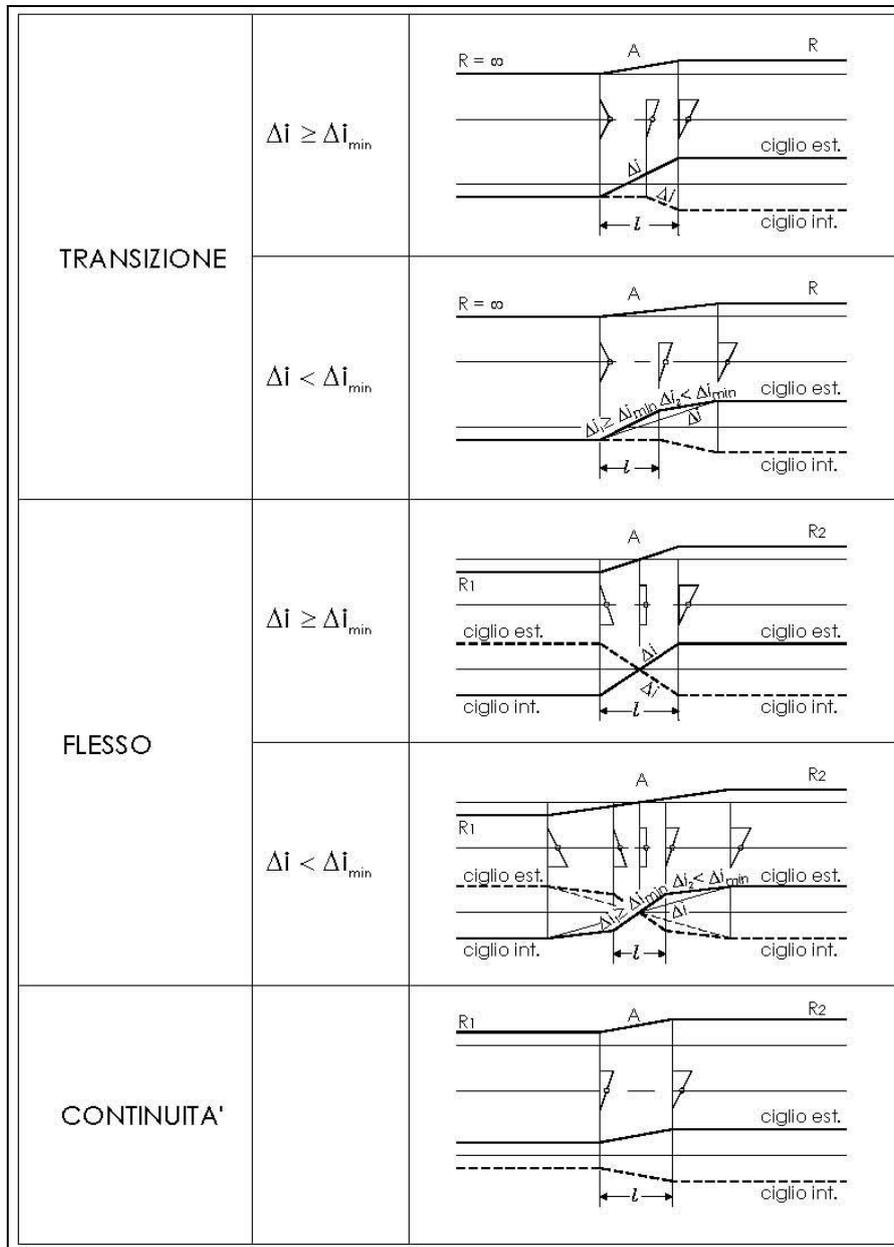


FIGURA 4.13.1 - VALORI MINIMI DI SOPRAPENDENZA

#### 4.14. ROTATORIE

Rotatoria Sud:

Due corsie, 2 x 3.00 m	→	6.00 m
Banchina esterna pavimentata, 2 x 1.00 m	→	2.00 m
Larghezza complessiva pavimentata	→	8.00 m
Pendenza trasversale verso l'esterno della rotatoria	→	2.00 %
Raggio esterno rotatoria	→	21.00m
Larghezza dell'anello	→	8.00 m
Raggio d'entrata	→	11.00 m
Larghezza corsia entrante	→	3.50 m (min)
Larghezza corsie di uscita	→	4.50 m
Raggio di raccordo	→	86.00 m

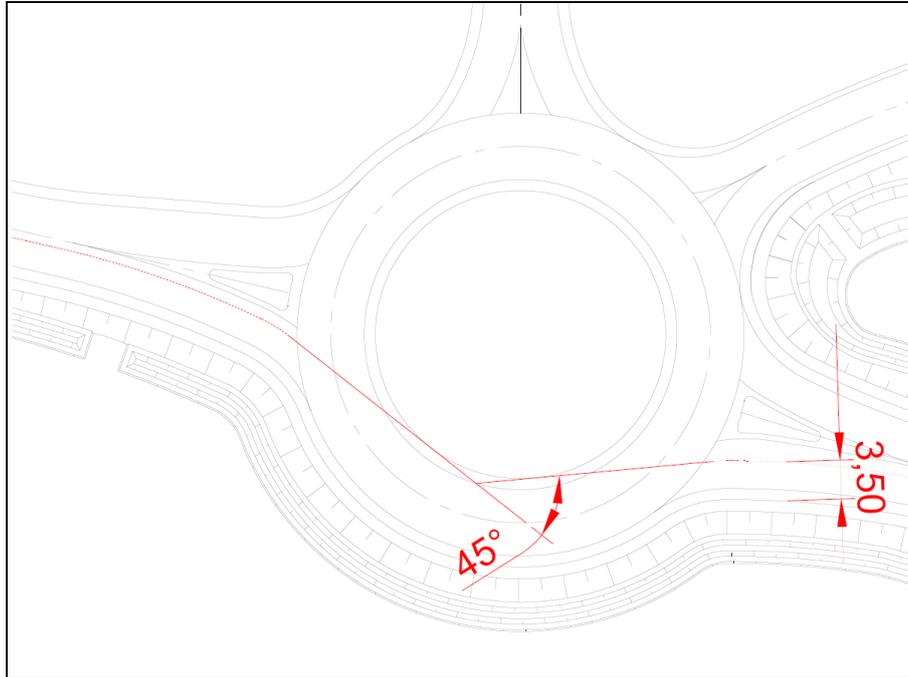
Tutti i parametri progettuali utilizzati per il dimensionamento dell'asse stradale risultano compatibili con quanto previsto dal DM 5/11/2001 per una strada di categoria F2.

#### 4.15. VERIFICHE GEOMETRICHE DELLA ROTATORIA

La geometria delle rotatorie è stata definita adottando, sia per l'anello giratorio che per le rampe di ingresso e uscita, valori compresi negli intervalli definiti dal DM 19 Aprile 2006 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”. Si è inoltre controllato che le grandezze geometriche fissate rispettino quanto riportato nella normativa regionale relativa alla progettazione delle intersezioni ( Regolamento regionale 24 Aprile 2006 n. 7 – “ Norme tecniche per la costruzione delle strade” Allegato 2 – “Progettazione delle zone di intersezione”.

Al fine di garantire la corretta progettazione delle rotatorie sono state condotte le verifiche della deflessione dei rami in attraversamento (DM 19 Aprile 2006 – “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”, paragrafo 4.5.3), nonché le verifiche di visibilità per i vari rami di accesso.

Negli schemi grafici seguenti si riportano gli schemi giustificativi delle verifiche condotte:



**FIGURA 4.15.1 – VERIFICHE DI DEFLESSIONE ROTATORIA RO**

La verifica risulta soddisfatta in quanto l'angolo è maggiore di 45°.

## 5. VERIFICHE DI VISIBILITA'

### 5.1. 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 la strada SCC01, 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.

### 5.2. 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:

$$D_A = D_1 + D_2 = \frac{V_0}{3,6} \times \tau - \frac{1}{3,6^2} \int_{V_0}^{V_1} \frac{V}{g \times \left[ f_l(V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + r_0(V)} dV$$

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. C2)	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

**TABELLA 5.2 -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.

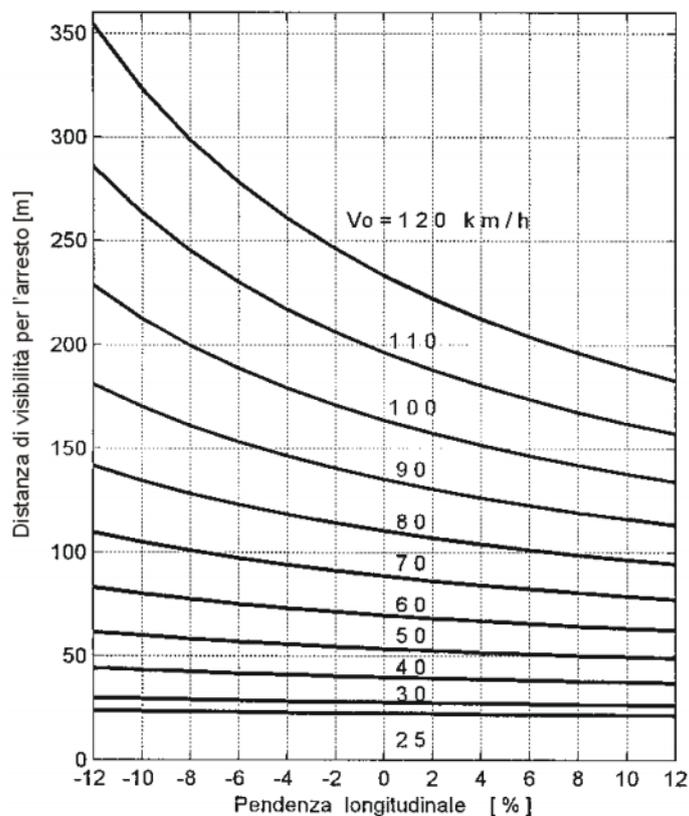


FIGURA 5.2.1 – DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO IN FUNZIONE DI  $V_p$  E PENDENZA LONGITUDINALE

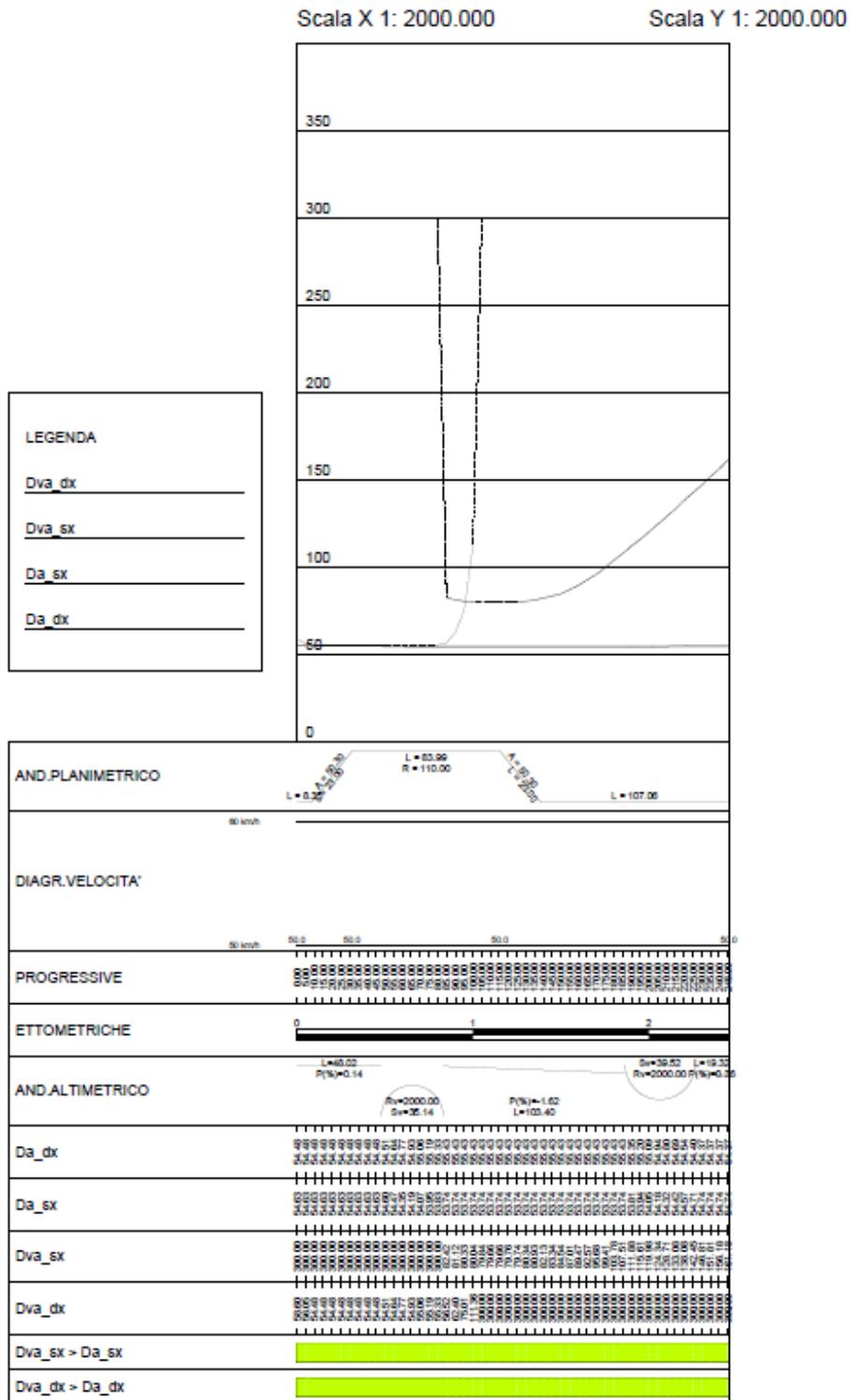
In corrispondenza dei raccordi verticali si assume come valore di pendenza, la media algebrica delle pendenze delle due livellette raccordate.

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.





**5.2.3. Curva “CBS”**



In ogni punto del tracciato risultano garantite le distanze di visibilità definite dalla normativa.

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

### 6.1. 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 C2, strada locale extraurbana, la pendenza massima da normativa si attesta ad un valore pari al 7%. Nella infrastruttura di progetto è stata assunta una pendenza limite pari al 3.00%.

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 per assicurare 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 [°]

## 6.2. VERIFICHE ALTIMETRICHE

### 6.2.1. Ramo “BS-1”

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	13.96000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	●
1	14.02474046	13.96000000	14.02474046	6.72805926	0.00000000	0.00000000	14.02474046	6.72805926	●
2	50.00000000	13.61000000	35.97525954	21.38189714	-0.97289083	-0.35000000	35.97696206	21.38290903	●
3	205.43000000	13.61000000	155.43000000	148.13331880	0.00000000	0.00000000	155.43000000	148.13331880	●

**FIGURA 6.2.2-1 VERTICI DELLE LIVELLETTE DI PROGETTO**

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	1500.000000	-0.97289083	14.59359263	6.72805926	21.32142166	14.59336240	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	321.5020576	●
2	Parabolico	1500.000000	0.97289083	14.59359263	42.70331880	57.29668120	14.59336240	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	321.5020576	●

**FIGURA 6.2.2-2 RACCORDI PARABOLICI TRA LE LIVELLETTE**

L'andamento altimetrico del tracciato presenta una pendenza massima del 1.00 % circa. I raccordi parabolici utilizzati sono di raggio maggiore rispetto ai minimi imposti dal D.M. 5/11/2001.

### 6.2.2. Ramo “BS-2”

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	13.61081978	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	●
1	420.6223082	13.12016263	420.62230821	418.03181649	-0.11665029	-0.49065715	420.62259439	418.03210091	●
2	475.00000000	12.91586594	54.37769179	51.78720006	-0.37569946	-0.20429670	54.37807555	51.78756555	●

**FIGURA 6.2-1 VERTICI DELLE LIVELLETTE DI PROGETTO**

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	2000.000000	-0.25904917	5.18100059	418.0318164	423.2127999	5.18098344	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	321.5020576	●

**FIGURA 6.2-2 RACCORDI PARABOLICI TRA LE LIVELLETTE**

### 6.2.3. Curva “CBS”

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	11.97174864	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	●
1	65.58817963	12.06483286	65.58817963	48.01742728	0.14192225	0.09308422	65.58824568	48.01747564	●
2	206.3198501	9.79180108	140.73167048	103.40081674	-1.61515299	-2.27303178	140.75002576	103.41430305	●
3	245.4025397	9.93283376	39.08268964	19.32258825	0.36085715	0.14103268	39.08294410	19.32271405	●

**FIGURA 6.2.3-1 VERTICI DELLE LIVELLETTE DI PROGETTO**

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	2000.000000	-1.75707523	35.14291018	48.01742728	83.15893198	35.14150470	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	321.5020576	
2	Parabolico	2000.000000	1.97601014	39.52162301	186.5597487	226.0799515	39.52020278	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	321.5020576	

**FIGURA 6.2.3-2 VERTICI DELLE LIVELLETTE DI PROGETTO**