

IL CONCEDENTE

IL CONCESSIONARIO



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

CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

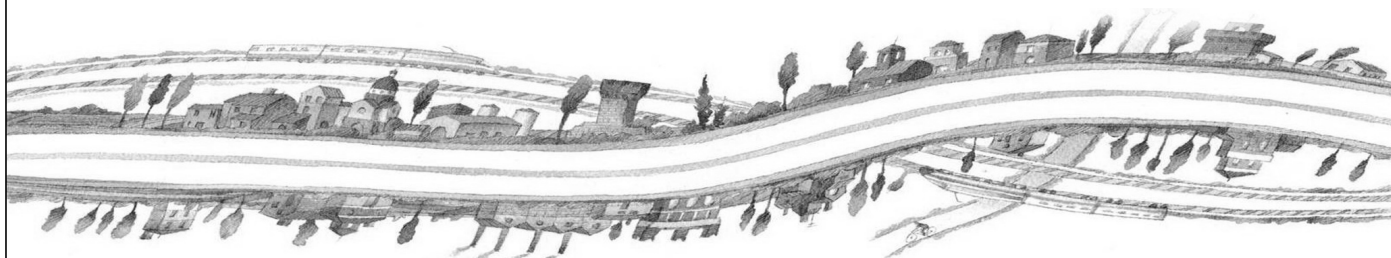
### ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)

PROGETTAZIONE STRADALE

VIABILITA' INTERFERITA

V35 - CAVALCAVIA SP 6 BONDENO CENTO

RELAZIONE TECNICA



**IL PROGETTISTA**  
Ing. Antonio De Fazio  
Albo Ing. Bologna n° 3696

**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   | LUCARELLI | DE FAZIO  | 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. |
| 1934        | PD   | 0     | V35    | VCS35            | 0            | SD     | RT             | 01          | A    |

SCALA: \_

## INDICE

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>VIABILITA' V35 .....</b>   | <b>2</b>  |
| 1.1      | DESCRIZIONE DEL TRACCIATO PLANO ALTIMETRICO.....                              | 2         |
| 1.2      | PIATTAFORMA STRADALE E SEZIONE TIPO .....                                     | 4         |
| 1.3      | INTERSEZIONI IN ROTATORIA.....  | 6         |
| 1.4      | CRITERI PROGETTUALI PRINCIPALI.....   | 7         |
| 1.4.1    | Caratteristiche planimetriche .....   | 7         |
| 1.4.2    | Caratteristiche altimetriche .....  | 10        |
| 1.4.3    | Analisi di visibilità .....   | 14        |
| <b>2</b> | <b>VERIFICA DELLA FUNZIONALITA DELLA ROTATORIA .....</b>                      | <b>19</b> |
| 2.1      | Dati sui flussi di traffico .....   | 19        |
| 2.1.1    | Verifica funzionale .....   | 20        |
| 2.2      | Analisi della visibilità .....  | 22        |
| 2.3      | Analisi dell'angolo di Deviazione .....                                       | 24        |
| <b>3</b> | <b>BARRIERE DI SICUREZZA .....</b>  | <b>26</b> |
| 3.1      | RIFERIMENTI NORMATIVI.....  | 26        |
| 3.1.1    | Campo di applicazione del D.M. 223/1992 e s.m.i. ....                         | 26        |
| 3.1.2    | Dispositivi di ritenuta impiegabili.....                                      | 26        |
| 3.1.3    | Criteri di scelta delle tipologie di classi dei dispositivi di ritenuta ..... | 27        |
| 3.1.4    | Definizione delle tipologie e classi dei dispositivi di ritenuta .....        | 30        |
| 3.2      | ANALISI DEI FLUSSI .....  | 30        |
| 3.2.1    | Asse principale .....   | 30        |
| 3.3      | MODALITÀ DI INSTALLAZIONE DELLE BARRIERE BORDO LATERALE E BORDO PONTE.....    | 31        |
| 3.3.1    | Richiami normativi .....  | 31        |
| <b>4</b> | <b>PROGETTO DELLA SEGNALETICA.....</b>  | <b>34</b> |

## 1 VIABILITA' V35

### 1.1 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO PLANO ALTIMETRICO

Dal punto di vista planimetrico il progetto definitivo (fig.1-1) si distacca a sud (in figura a sinistra) dalla viabilità esistente in località Pilastrello attraverso una rotatoria a tre bracci, di raggio esterno di 60,00 metri, che raccorda la via Finalese a via Monsignor Di Sotto.

Dalla rotatoria il nuovo tracciato presenta un breve tratto in rettilineo a cui segue una curva di raggio 250 m per uno sviluppo di circa 210 metri; segue un rettilineo lungo 433,97 metri con cui il tracciato attraversa in cavalcavia l'autostrada Cispadana.

Al rettilineo segue una curva di raggio 250 metri, con uno sviluppo di 242 metri e un rettilineo di 75,64 metri che immette nella rotatoria di svincolo di accesso al casello di Cento.

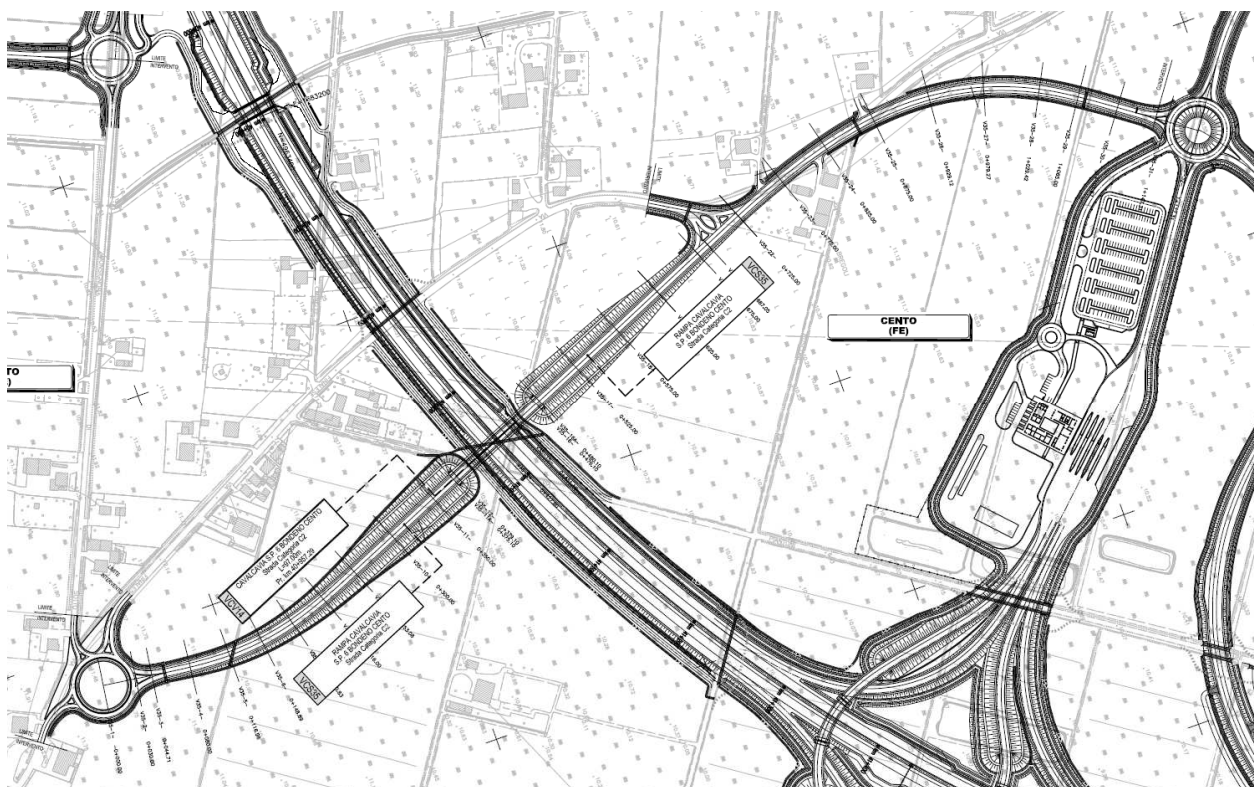


figura 1-1 - Planimetria

La lunghezza della bretella stradale è di circa 1177 metri oltre ai raccordi che si dipartono dalle rotatorie sino al limite di intervento.

Dal punto di vista altimetrico (fig.1-2) la rampa sud presenta una pendenza del 4,37% e con raccordo altimetrico di raggio R=2250 m.. La rampa nord presenta una pendenza del 5,66% con raccordo altimetrico di raggio R=2175 m..

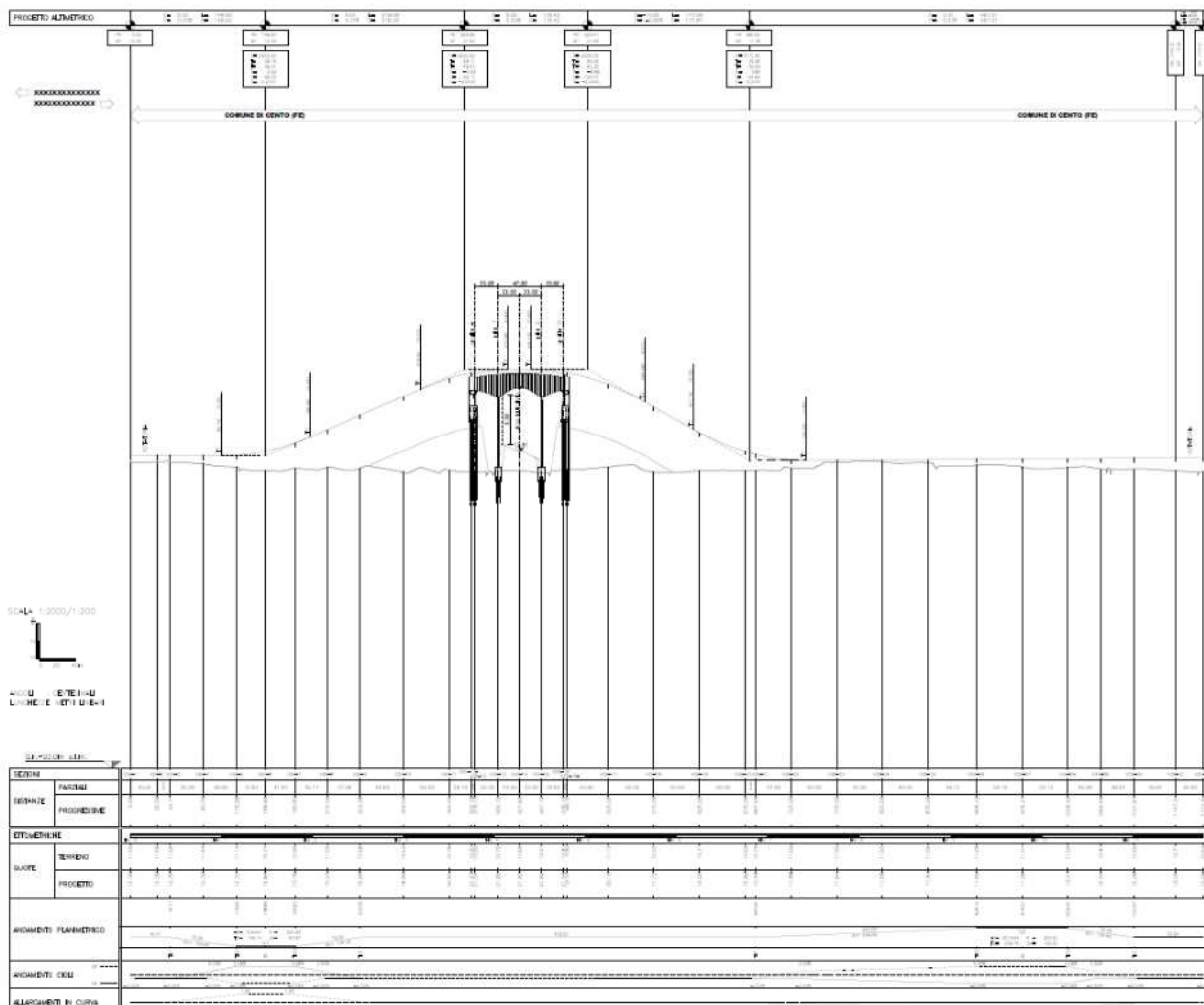


figura 3-2 - Profilo altimetrico

In colmo al cavalcavia le due livellette vengono raccordate con un raggio di 2200 metri.

La quota media del terreno è di 10,60 m.s.l.m., la quota dell'asse autostradale è di 12,81 m.s.l.m., la quota del cavalcavia al colmo è di 21,83 m.s.l.m..

Nei tratti in curva la pendenza massima trasversale è di circa il 5,58%.

Per il nuovo tratto di strada provinciale è consentita una velocità di progetto pari a 70 Km/h.

## 1.2 PIATTAFORMA STRADALE E SEZIONE TIPO

La viabilità V35 – Cavalcavia VCV14 in variante alla S.P. 6 Bondeno Cento, in Provincia di Ferrara, viene realizzata con una piattaforma stradale di tipo:

### CATEGORIA C2

Per le strade di categoria C2 la piattaforma è costituita da due corsie per senso di marcia oltre alla banchina per una larghezza della carreggiata stradale pari a 9,50 m. La pendenza trasversale in rettilineo corrente è pari al 2,50% verso l'esterno per ciascuna corsia. Le due corsie sono di larghezza pari a 3,50 m, la banchina è di larghezza pari a 1,25 m (fig.1-3).

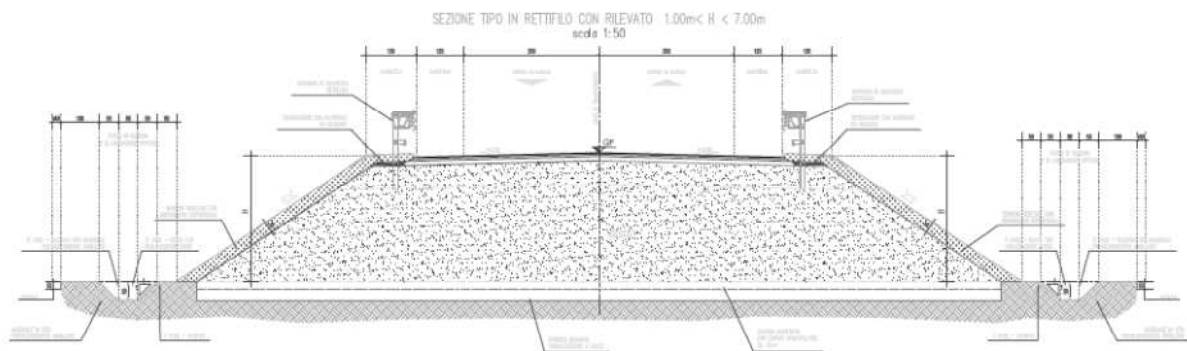


figura 1-3 - Sezione in rettilineo

Nei tratti in rilevato la piattaforma pavimentata è completata in destra e sinistra da arginelli in terra di larghezza pari a 1,30 m, rialzati di circa 10 cm dal piano del finito. L'arginello ha la funzione di consentire l'inserimento delle barriere di sicurezza e degli elementi componenti il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma (figg. 1-3 e 1-4).

Nelle sezioni in curva è ammessa una pendenza massima del 7,0 %.

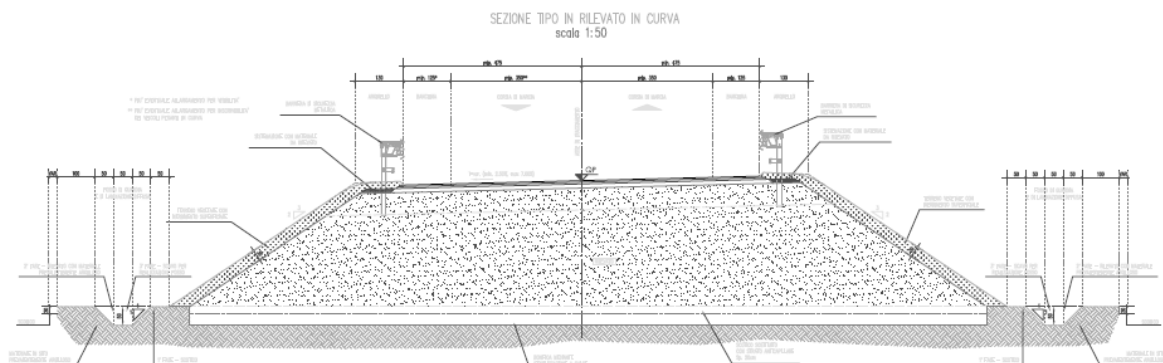


figura 1-4 - Sezione in curva tipologica C2

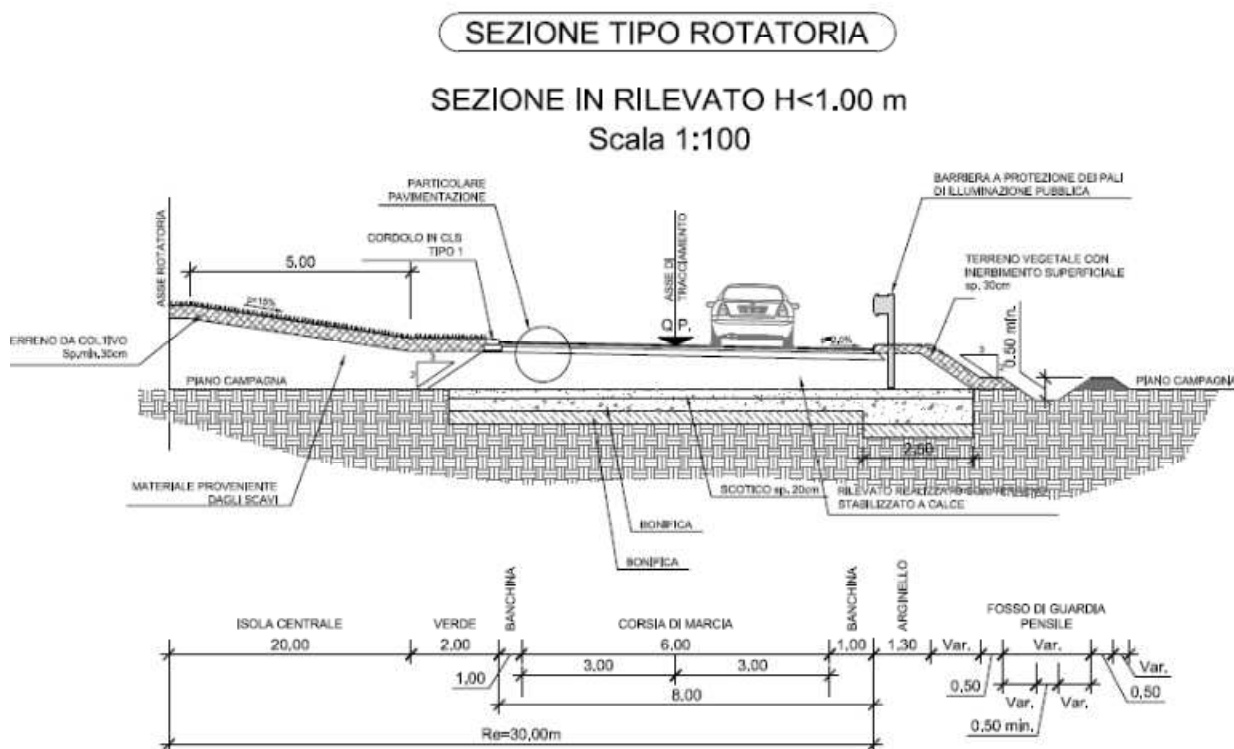


figura 1-5- Sezione in Rotatoria

Nelle sezioni in curva è ammessa una pendenza massima del 7,0 %.

Il valore della piattaforma ed in particolare quello della banchina sopra indicati rappresentano la larghezza corrente della carreggiata; in alcuni punti del tracciato, a causa della composizione plano-altimetrica e della velocità di progetto, si è reso necessario operare allargamenti della sede stradale al fine di garantire le visuali libere per l'arresto.

Tali allargamenti sono indicati nelle sezioni trasversali e opportunamente analizzati negli specifici elaborati relativi alle verifiche di tracciato.

In corrispondenza dell'opera d'arte la piattaforma mantiene inalterate le sue dimensioni prevedendo lateralmente la realizzazione di marciapiedi di servizio per l'installazione delle barriere di sicurezza e delle reti di protezione.

Nei tratti in cui il rilevato è di altezza inferiore ad un metro sul piano campagna, la pendenza delle scarpate è prevista pari a 2/3, e il fosso laterale dovrà prevedere le stesse caratteristiche o essere sostituito da un collettore; in approccio alle intersezioni a raso questa configurazione consente di non installare la barriera di sicurezza garantendo la richiesta distanza di visibilità. Le scarpate sono previste inerbite superficialmente stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm.

Per la formazione del rilevato è prevista la preparazione del piano di posa con la sostituzione della coltre erbosa di 20 cm (scotico) e bonifica mediante stabilizzazione a calce. Nei tratti in rilevato e in corrispondenza delle intersezioni a raso la sovrastruttura stradale prevede la seguente composizione.

Strato d'usura 4cm

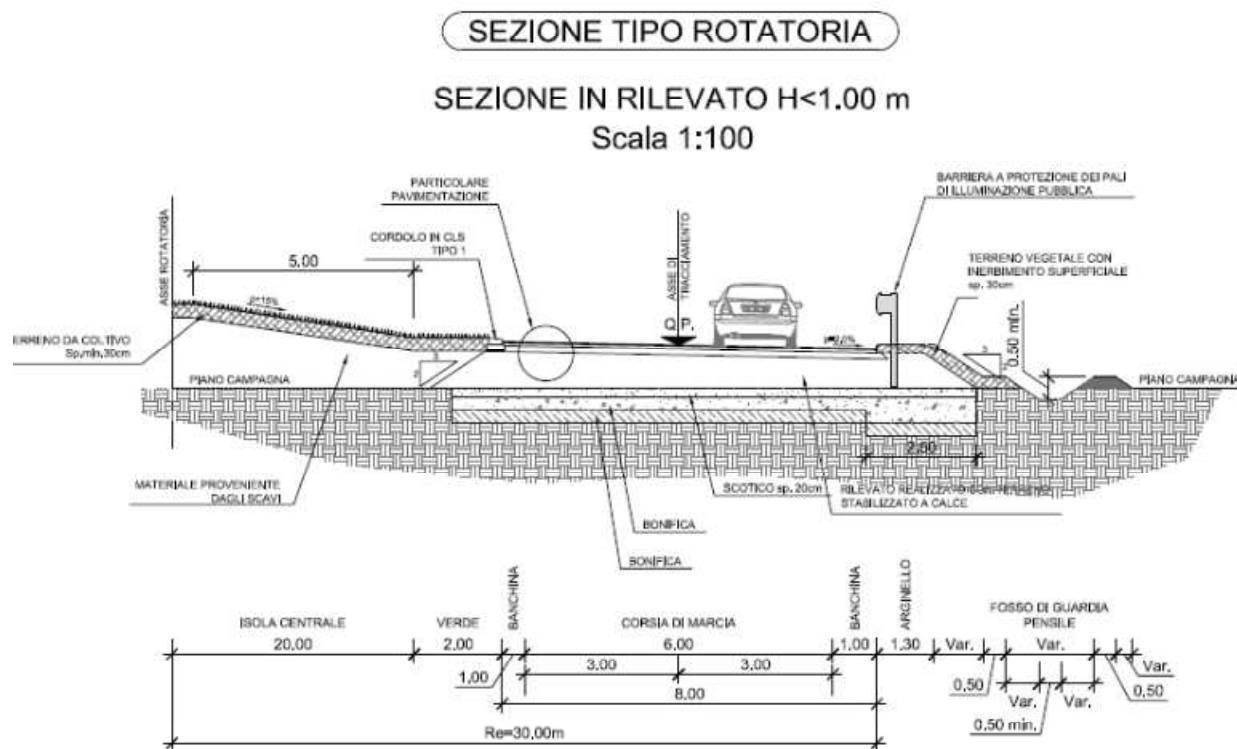
Binder 5cm

Base 11 cm

Per il calcolo delle pavimentazioni si veda l'elaborato: PD\_0\_C00\_CCS00\_0\_SD\_RC\_01\_A

### 1.3 INTERSEZIONI IN ROTATORIA

L'intersezione a sud, prevista in progetto, fra le viabilità principale in raccordo alla viabilità locale è stata risolta attraverso l'introduzione di una intersezione a raso a "rotatoria" con le caratteristiche geometriche di seguito specificate:



| ROTATORIA | INTERSEZIONI<br>CON STRADE | N°<br>BRACCI | Raggio<br>esterno<br>(m) |
|-----------|----------------------------|--------------|--------------------------|
| C35-1     | Monsignor di Sotto         | 4            | 30,00                    |

La rotatoria in progetto è caratterizzata da un anello di circolazione costituito da una corsia larga 6,00 m e da un'aiuola centrale sistemata a verde larga 2,00 metri. È prevista la realizzazione delle banchine laterali di larghezza 1,00 m e 1,00 m oltre all'arginello esterno di larghezza 1.30 m, sul quale può eventualmente essere collocato il dispositivo di ritenuta.

Le caratteristiche geometriche adottate per la rotatoria di diametro sono:

- anello di 6,00 metri di larghezza a una corsia oltre le banchine laterali ;
- ingressi con una corsia di marcia: 3,50 metri oltre le banchine laterali;
- uscite con una corsia di marcia: 4,00 metri oltre le banchine laterali; ;
- isole spartitraffico laterali sormontabili;
- isola centrale larga 2,00, non valicabile a verde.

Tali geometrie consentono velocità nell'anello ridotte allo scopo di garantire un'adeguata sicurezza della circolazione a tutte le tipologie di utenti della strada ed una migliore protezione degli utenti "deboli".

Le intersezioni a rotatoria è prevista illuminate con pali lungo il contorno esterno delle rotatorie secondo le indicazioni riportate nella relazione specifica sugli impianti, al fine di non costituire un ostacolo in caso di svio di un veicolo verso il centro della rotatoria stessa.

## 1.4 CRITERI PROGETTUALI PRINCIPALI

### 1.4.1 Caratteristiche planimetriche

La normativa di riferimento 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 DM 05/11/2001 che risulta:

- pari a 118 metri nel caso di strade extraurbane secondarie TIPO C



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

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

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

(c) *Compatibilità tra i raggi di due curve successive.*

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**;

(d) *Lunghezza massima dei rettilinei:*

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

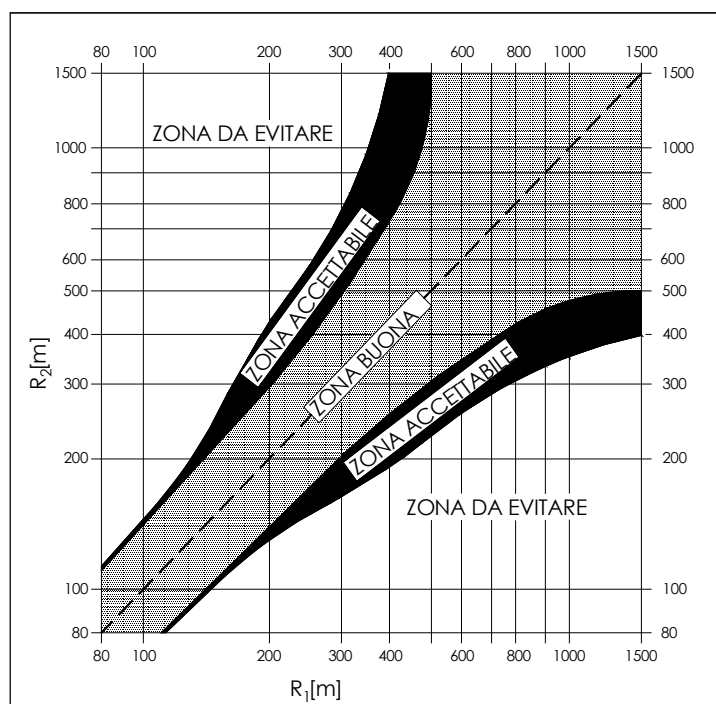
dove V è la velocità massima dell'intervallo delle velocità del progetto, espressa in km/h ed L si ottiene in metri.

(e) *Lunghezza minima dei rettilinei.*

La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla tabella estratta dalla norma e riportata in Tabella 1; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettilineo considerato.

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

Tabella 1 – Lunghezza minima dei rettilinei in relazione alla velocità



Abaco di Koppel (DM 05/ 11/01)

(f) *Congruenza del diagramma delle velocità.*

La norma prevede che per  $V_{p,max} \leq 100$  km/h (e quindi per strade tipo C e F) 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 (f1). Inoltre, fra due curve successive (nel caso di  $V_{p1} > V_{p2}$ ) tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h (f2).

(g) *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.

(h) *Verifica del parametro A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi)*

Criterio 1 (Limitazione del contraccollo)

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccollo), fra il parametro A e la massima velocità V (km/h), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide deve essere verificata la relazione:

Nello sviluppo del presente progetto tutti i parametri suddetti, previsti dal DM 05/11/2001 risultano rispettati.

Si riportano, i dati relativi alle curve.

CAVALCAVIA V35  
UN.MIS.ANGOLI : CENT. - UN.MIS.LUNGHEZZE : METRI LIN. - LARG.PIATTAFORMA : 9.50  
=====

VERTICE 1  
-----

|                         |   |             |                        |   |          |
|-------------------------|---|-------------|------------------------|---|----------|
| COORDINATA VERTICE EST  | : | 228091.9077 | ANGOLO AL VERTICE      | : | 165.5000 |
| COORDINATA VERTICE NORD | : | 196214.1149 | ANGOLO AL CENTRO       | : | 34.5000  |
| Azimut retta entrata    | : | 10.4657     | Azimut retta uscita    | : | 375.9657 |
| Lunghezza retta entrata | : | 45.0536     | Lunghezza retta uscita | : | 235.1589 |

CURVA CIRCOLARE  
-----

|                        |      |             |
|------------------------|------|-------------|
| SENSO DELLA CURVA      | :    | SINISTRORSO |
| ANGOLO AL VERTICE      | :    | 183.8991    |
| ANGOLO AL CENTRO       | :    | 16.1009     |
| RAGGIO CURVA           | Rg : | 250.0000    |
| TANGENTE               | Tc : | 31.7837     |
| SVILUPPO CURVA         | Sc : | 63.2283     |
| BISETTRICE             | Bs : | 10.3693     |
| COORDINATE CENTRO EST  | :    | 227833.0154 |
| COORDINATE CENTRO NORD | :    | 196186.4206 |

VERTICE 2  
-----

|                         |   |             |                        |   |          |
|-------------------------|---|-------------|------------------------|---|----------|
| COORDINATA VERTICE EST  | : | 227952.5486 | ANGOLO AL VERTICE      | : | 199.5391 |
| COORDINATA VERTICE NORD | : | 196565.5427 | ANGOLO AL CENTRO       | : | 0.4609   |
| Azimut retta entrata    | : | 375.9657    | Azimut retta uscita    | : | 375.5049 |
| Lunghezza retta entrata | : | 235.1589    | Lunghezza retta uscita | : | 124.6219 |

CURVA CIRCOLARE  
-----

|                        |      |             |
|------------------------|------|-------------|
| SENSO DELLA CURVA      | :    | SINISTRORSO |
| ANGOLO AL VERTICE      | :    | 199.5391    |
| ANGOLO AL CENTRO       | :    | 0.4609      |
| RAGGIO CURVA           | Rg : | 10250.0000  |
| TANGENTE               | Tc : | 37.1004     |
| SVILUPPO CURVA         | Sc : | 74.2005     |
| BISETTRICE             | Bs : | 0.0671      |
| COORDINATE CENTRO EST  | :    | 218438.0494 |
| COORDINATE CENTRO NORD | :    | 192752.6460 |

VERTICE 3

|                         |               |                        |            |
|-------------------------|---------------|------------------------|------------|
| COORDINATA VERTICE EST  | : 227795.5502 | ANGOLO AL VERTICE      | : 134.5074 |
| COORDINATA VERTICE NORD | : 196953.2382 | ANGOLO AL CENTRO       | : 65.4926  |
| Azimut retta entrata    | : 375.5049    | Azimut retta uscita    | : 40.9975  |
| Lunghezza retta entrata | : 124.6219    | Lunghezza retta uscita | : 76.8276  |

CURVA CIRCOLARE

|                        |      |             |
|------------------------|------|-------------|
| SENSO DELLA CURVA      | :    | DESTORSO    |
| ANGOLO AL VERTICE      | :    | 174.5275    |
| ANGOLO AL CENTRO       | :    | 25.4725     |
| RAGGIO CURVA           | Rg : | 250.0000    |
| TANGENTE               | Tc : | 50.6933     |
| SVILUPPO CURVA         | Sc : | 100.0303    |
| BISETTRICE             | Bs : | 69.3824     |
| COORDINATE CENTRO EST  | :    | 228087.4686 |
| COORDINATE CENTRO NORD | :    | 196924.2240 |

### Caratteristiche altimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(i) *Pendenze longitudinali massime*

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo C (strade extraurbane secondarie), è pari al 7%.

I suddetti valori della pendenza massima possono essere aumentati di una unità qualora, da una verifica da effettuare di volta in volta, risulti che lo sviluppo della livelletta sia tale da non penalizzare eccessivamente la circolazione, in termini di riduzione delle velocità e della qualità del deflusso.

(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:

- Rv = 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. In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia si pone  $h_2 = 1.10$  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  $\vartheta = 1^\circ$ .

La distanza di visibilità per il sorpasso è stata calcolata analogamente a quanto descritto per la verifica dei raccordi verticali convessi.

Asse n. 7 PROVA CAVALCAVIA V35  
Tipo strada C2 - Extraurbana secondaria Velocita'di progetto 60-100

| PROGRESSIVA (m) | RAGGIO DI RACCORDO (m) | VELOCITA' (Km/h) | DISTANZA DI ARRESTO (m) | RAGGIO MINIMO (m) | VERIFICA |
|-----------------|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------|----------|
| 148.952         | 2250.000               | 70.              | 89.341                  | 1938.072          | OK       |
| 367.042         | 2200.000               | 70.              | 84.765                  | 1928.019          | OK       |
| 502.462         | 2200.000               | 70.              | 89.341                  | 2141.820          | OK       |
| 680.052         | 2175.000               | 70.              | 97.627                  | 2162.388          | OK       |
| 1147.940        | 0.000                  | 70.              | 89.272                  | 0.000             | OK       |
| 1147.940        | 0.000                  | 70.              | 89.341                  | 0.000             | OK       |
| 680.052         | 2175.000               | 70.              | 89.432                  | 1940.519          | OK       |
| 502.462         | 2200.000               | 70.              | 83.414                  | 1867.068          | OK       |
| 367.042         | 2200.000               | 70.              | 89.341                  | 2141.820          | OK       |
| 148.952         | 2250.000               | 70.              | 95.446                  | 2103.161          | OK       |

| VERTICI VERTICALI - PROF.N. 1 |        |         |              |               |
|-------------------------------|--------|---------|--------------|---------------|
| PROGRESSIVA                   | QUOTA  | RAGGIO  | NOME VERTICE | TIPO RACCORDO |
| 0.000                         | 12.300 | 0.00    |              | CIRCOLARE     |
| 148.952                       | 12.300 | 2250.00 |              | PARABOLICO    |
| 367.042                       | 21.830 | 2200.00 |              | PARABOLICO    |
| 502.462                       | 21.830 | 2200.00 |              | PARABOLICO    |
| 680.052                       | 11.780 | 2175.00 |              | PARABOLICO    |
| 1147.940                      | 12.090 | 0.00    |              | CIRCOLARE     |
| 1177.944                      | 12.090 | 0.00    |              | CIRCOLARE     |

| LIVELLETTA | PUNTI DI CAMBIO |        |             |        | PENDENZA |
|------------|-----------------|--------|-------------|--------|----------|
|            | I N I Z I A L E |        | F I N A L E |        |          |
|            | PROGR.          | QUOTA  | PROGR.      | QUOTA  |          |
| 1 - 2      | 0.000           | 12.300 | 99.792      | 12.300 | 0.00000  |
| 2 - 3      | 198.112         | 14.448 | 318.975     | 19.730 | 0.04370  |
| 3 - 4      | 415.109         | 21.830 | 440.212     | 21.830 | 0.00000  |
| 4 - 5      | 564.712         | 18.307 | 680.052     | 11.780 | -0.05659 |
| 5 - 6      | 680.052         | 11.780 | 1147.940    | 12.090 | 0.00066  |
| 6 - 7      | 1147.940        | 12.090 | 1177.944    | 12.090 | 0.00000  |

## 1.4.2 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 indicato dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (DM 05/11/2001, prot. N° 6792), lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, nel caso di strade ad unica carreggiata, con le seguenti distanze:

- **Distanza di visibilità per l'arresto**, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto. Questo valore deve essere garantito lungo lo sviluppo del tracciato.
- **Distanza di visibilità per la manovra di sorpasso**, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra completa di sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto.

La **verifica di visibilità per l'arresto** consiste nel confrontare le distanze di visuale libera per l'arresto (determinate lungo l'intero sviluppo del tracciato sia in corsia di sorpasso che in corsia di marcia lenta adottando un'altezza dell'occhio del guidatore a 1.10 m dal piano viabile ed un'altezza dell'ostacolo fisso di 0.10 m e collocando trasversalmente i punti di vista e di mira al centro della corsia) con le distanze di visuale libera per l'arresto calcolate in funzione del diagramma di velocità del tracciato ed del suo andamento altimetrico (variazione della pendenza longitudinale)

Il valore di aderenza adottato nel calcolo delle distanze di arresto è quello proposto dal D.M. 5/11/2001 (e precisati nello stesso testo della norma stessa, vedi anche **Tabella 2**), riferito a condizioni di strada bagnata.

| VELOCITA' (km/h) | 25   | 40   | 60   | 80   | 100  | 120  | 140 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|-----|
| f <sub>l</sub>   | 0.45 | 0.43 | 0.35 | 0.30 | 0.25 | 0.21 | -   |

Tabella 2 – DM 6792/2001, coefficienti di aderenza impegnabile longitudinalmente

Per il calcolo è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.2. del DM 05/11/2001. Si è valutata la distanza di arresto punto per punto (passo 10 metri) in funzione della velocità di progetto (secondo quanto specificato in precedenza) e della pendenza longitudinale con la seguente espressione:

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

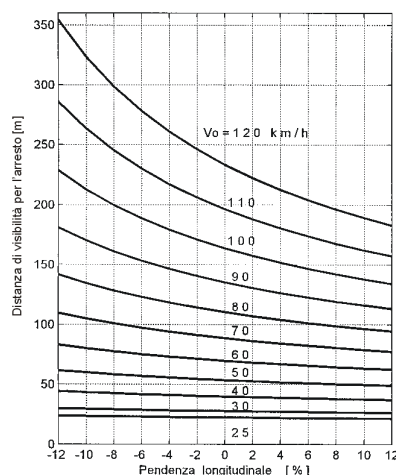
dove:

- D1 = spazio percorso nel tempo  $\tau$
- D2 = spazio di frenatura
- V0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [km/h]
- V1 = velocità finale del veicolo, in cui V1 = 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<sup>2</sup>]
- Ra = resistenza aerodinamica [N]
- m = massa del veicolo [kg]
- fl = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura
- r0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

Per il tempo complessivo di reazione si sono assunti valori linearmente decrescenti con la velocità da 2,6 s per 20 km/h, a 1,4 s per 140 km/h, in considerazione della attenzione più concentrata alle alte velocità:

$$\tau = (2,8 - 0,01V) \quad [s] \quad \text{con } V \text{ in km/h}$$

Il D.M. 5/11/2001 definisce un abaco 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.





La **verifica di visibilità per il sorpasso** è stata condotta confrontando le distanze di visuale libera per il sorpasso con le corrispondenti distanze visibilità lungo tutto il tracciato.

Le distanze di visuale libera per il sorpasso sono state determinate considerando l'ostacolo mobile collocato nella corsia opposta, con altezza pari a 1,10.

Per il calcolo delle distanze di visibilità è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.3. del DM 05/11/2001:

$$D_s = 20 \times v = 5,5 V \quad [\text{m}]$$

dove:

- $v$  = velocità del veicolo in [m/s], op.  $V$  in [km/h], desunta puntualmente dal diagramma delle velocità ed attribuita uguale sia per il veicolo in fase di sorpasso che per il veicolo proveniente in senso opposto.

I risultati delle analisi sono riportati in forma tabulare nel capitolo che segue ed in forma grafica sintetica negli elaborati specifici allegati al presente progetto definitivo, nei quali sono riassunti, in funzione dello sviluppo longitudinale della strada, le seguenti informazioni:

- progressive;
- distanze ettometriche;
- andamento planimetrico;
- andamento altimetrico (profilo longitudinale);
- diagramma delle distanze di visuale libera e di visibilità per l'arresto e per il sorpasso per entrambi i sensi di marcia;
- diagramma delle velocità di progetto costruito secondo quanto prescritto dal D.M. 05/11/2001;
- rappresentazione grafica delle situazioni a norma (tratti in verde), fuori norma (tratti in rosso).

Negli appositi elaborati grafici predisposti per le verifiche di ottemperanza al DM. 5/11/2001, sviluppati separatamente per le due corsie di marcia, vengono riportate le analisi di visuale libera svolte sulla configurazione di progetto che prevede già gli allargamenti in curva

VERIFICA DIAGRAMMA DELLE VISIBILITA' PER L'ARRESTO

DATA

PAG. 2

Asse n. 1 V35 bondeno-cento

Tipo strada 2 - Extraurbana secondaria

Velocita' di progetto 70-70

Larghezza carreggiata 9.50-Spostam.raggio di marcia

1.75-Distanza ostacolo sinistra -4.75-Distanza ostacolo destra 4.75

Altezza punto di vista 1.10 - Altezza ostacolo 0.10

| PROGRESSIVA<br>(m) | VELOCITA'<br>(Km/h) | VISIBILITA'<br>PLANIMETRICA (m) | VISIBILITA'<br>ALTIMETRICA (m) | VISIBILITA'<br>MINIMA (m) | DISTANZA DI<br>ARRESTO (m) | VERIFICA |
|--------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------|
| 1177.940           | 70.                 | 193.000                         | 500.000                        | 193.000                   | 89.341                     | OK       |
| 1037.311           | 70.                 | 126.000                         | 476.260                        | 126.000                   | 89.432                     | OK       |
| 917.835            | 70.                 | 159.633                         | 456.000                        | 159.633                   | 89.432                     | OK       |
| 890.567            | 70.                 | 185.768                         | 400.412                        | 185.768                   | 89.432                     | OK       |
| 837.311            | 70.                 | 500.000                         | 291.848                        | 291.848                   | 89.432                     | OK       |
| 742.264            | 70.                 | 500.000                         | 98.090                         | 98.090                    | 89.302                     | OK       |
| 715.826            | 70.                 | 500.000                         | 98.090                         | 98.090                    | 88.138                     | OK       |
| 687.311            | 70.                 | 500.000                         | 100.971                        | 100.971                   | 86.763                     | OK       |
| 617.736            | 70.                 | 437.425                         | 108.000                        | 108.000                   | 83.493                     | OK       |
| 604.467            | 70.                 | 424.440                         | 100.639                        | 100.639                   | 83.414                     | OK       |
| 591.198            | 70.                 | 411.887                         | 95.278                         | 95.278                    | 83.414                     | OK       |
| 577.929            | 70.                 | 398.618                         | 90.916                         | 90.916                    | 83.414                     | OK       |
| 567.978            | 70.                 | 388.666                         | 89.646                         | 89.646                    | 83.459                     | OK       |
| 564.660            | 70.                 | 385.349                         | 90.555                         | 90.555                    | 83.534                     | OK       |
| 530.691            | 70.                 | 352.380                         | 89.555                         | 89.555                    | 85.034                     | OK       |
| 524.638            | 70.                 | 346.327                         | 91.166                         | 91.166                    | 85.322                     | OK       |
| 521.612            | 70.                 | 343.300                         | 93.972                         | 93.972                    | 85.466                     | OK       |
| 520.098            | 70.                 | 341.787                         | 95.375                         | 95.375                    | 85.538                     | OK       |
| 518.585            | 70.                 | 340.274                         | 98.778                         | 98.778                    | 85.610                     | OK       |
| 506.478            | 70.                 | 328.251                         | 114.000                        | 114.000                   | 86.187                     | OK       |
| 460.768            | 70.                 | 284.457                         | 100.778                        | 100.778                   | 88.363                     | OK       |
| 437.913            | 70.                 | 262.541                         | 94.166                         | 94.166                    | 89.283                     | OK       |
| 426.485            | 70.                 | 251.257                         | 90.861                         | 90.861                    | 89.341                     | OK       |
| 415.057            | 70.                 | 240.972                         | 89.555                         | 89.555                    | 89.461                     | OK       |
| 409.454            | 70.                 | 235.929                         | 89.755                         | 89.755                    | 89.689                     | OK       |
| 403.401            | 70.                 | 230.090                         | 91.167                         | 91.167                    | 90.066                     | OK       |
| 398.861            | 70.                 | 225.550                         | 95.375                         | 95.375                    | 90.349                     | OK       |
| 397.159            | 70.                 | 223.863                         | 98.953                         | 98.953                    | 90.455                     | OK       |
| 396.307            | 70.                 | 223.097                         | 100.742                        | 100.742                   | 90.508                     | OK       |
| 395.456            | 70.                 | 222.330                         | 104.531                        | 104.531                   | 90.561                     | OK       |
| 394.818            | 70.                 | 221.756                         | 106.748                        | 106.748                   | 90.601                     | OK       |
| 394.179            | 70.                 | 221.181                         | 110.965                        | 110.965                   | 90.641                     | OK       |
| 393.541            | 70.                 | 220.607                         | 115.182                        | 115.182                   | 90.681                     | OK       |
| 392.902            | 70.                 | 220.032                         | 121.399                        | 121.399                   | 90.721                     | OK       |
| 390.300            | 70.                 | 217.690                         | 250.015                        | 217.690                   | 90.883                     | OK       |
| 385.241            | 70.                 | 213.137                         | 500.000                        | 213.137                   | 91.198                     | OK       |
| 377.370            | 70.                 | 206.053                         | 500.000                        | 206.053                   | 91.689                     | OK       |
| 207.311            | 70.                 | 96.000                          | 500.000                        | 96.000                    | 95.446                     | OK       |
| 198.060            | 70.                 | 96.000                          | 500.000                        | 96.000                    | 95.446                     | OK       |
| 187.311            | 70.                 | 96.000                          | 500.000                        | 96.000                    | 95.446                     | OK       |
| 137.311            | 70.                 | 500.000                         | 500.000                        | 500.000                   | 89.341                     | OK       |
| 99.740             | 70.                 | 500.000                         | 500.000                        | 500.000                   | 89.341                     | OK       |
| 0.000              | 70.                 | 500.000                         | 500.000                        | 500.000                   | 89.341                     | OK       |

VERIFICA DIAGRAMMA DELLE VISIBILITA' PER L'ARRESTO

DATA

PAG. 1

Asse n. 1 V35 bondeno-cento

Tipo strada C2 - Extraurbana secondaria

Velocita' di progetto 70-70

Larghezza carreggiata 9.50-Spostam.raggio di marcia 1.75-Distanza ostacolo sinistra -4.75-Distanza ostacolo destra 4.75

Altezza punto di vista 1.10 - Altezza ostacolo 0.10

| PROGRESSIVA<br>(m) | VELOCITA'<br>(Km/h) | VISIBILITA'<br>PLANIMETRICA (m) | VISIBILITA'<br>ALTIMETRICA (m) | VISIBILITA'<br>MINIMA (m) | DISTANZA DI<br>ARRESTO (m) | VERIFICA |
|--------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------|
| 0.000              | 70.                 | 168.000                         | 388.000                        | 168.000                   | 89.341                     | OK       |
| 80.000             | 70.                 | 129.000                         | 293.354                        | 129.000                   | 89.341                     | OK       |
| 90.000             | 70.                 | 129.000                         | 281.523                        | 129.000                   | 89.341                     | OK       |
| 99.740             | 70.                 | 130.948                         | 270.000                        | 130.948                   | 89.330                     | OK       |
| 113.405            | 70.                 | 139.405                         | 253.045                        | 139.405                   | 88.706                     | OK       |
| 124.320            | 70.                 | 155.936                         | 239.500                        | 155.936                   | 88.198                     | OK       |
| 142.755            | 70.                 | 248.591                         | 217.125                        | 217.125                   | 87.340                     | OK       |
| 148.900            | 70.                 | 298.980                         | 211.000                        | 211.000                   | 87.054                     | OK       |
| 160.000            | 70.                 | 500.000                         | 197.678                        | 197.678                   | 86.538                     | OK       |
| 161.190            | 70.                 | 500.000                         | 196.250                        | 196.250                   | 86.482                     | OK       |
| 173.480            | 70.                 | 500.000                         | 183.500                        | 183.500                   | 85.910                     | OK       |
| 185.770            | 70.                 | 500.000                         | 170.750                        | 170.750                   | 85.338                     | OK       |
| 198.060            | 70.                 | 500.000                         | 160.000                        | 160.000                   | 84.801                     | OK       |
| 228.275            | 70.                 | 500.000                         | 134.389                        | 134.389                   | 84.765                     | OK       |
| 258.491            | 70.                 | 500.000                         | 112.778                        | 112.778                   | 84.765                     | OK       |
| 273.599            | 70.                 | 500.000                         | 103.472                        | 103.472                   | 84.765                     | OK       |
| 288.707            | 70.                 | 500.000                         | 96.166                         | 96.166                    | 84.765                     | OK       |
| 290.000            | 70.                 | 500.000                         | 95.798                         | 95.798                    | 84.765                     | OK       |
| 303.815            | 70.                 | 495.185                         | 91.861                         | 91.861                    | 84.765                     | OK       |
| 318.923            | 70.                 | 480.077                         | 89.555                         | 89.555                    | 84.766                     | OK       |
| 324.526            | 70.                 | 474.927                         | 89.555                         | 89.555                    | 85.030                     | OK       |
| 330.579            | 70.                 | 469.421                         | 91.166                         | 91.166                    | 85.317                     | OK       |
| 333.606            | 70.                 | 466.394                         | 93.972                         | 93.972                    | 85.461                     | OK       |
| 335.119            | 70.                 | 464.881                         | 95.375                         | 95.375                    | 85.533                     | OK       |
| 336.632            | 70.                 | 463.368                         | 98.778                         | 98.778                    | 85.605                     | OK       |
| 348.739            | 70.                 | 451.261                         | 114.000                        | 114.000                   | 86.182                     | OK       |
| 394.449            | 70.                 | 407.551                         | 100.778                        | 100.778                   | 88.360                     | OK       |
| 417.305            | 70.                 | 385.695                         | 94.166                         | 94.166                    | 89.341                     | OK       |
| 428.732            | 70.                 | 375.141                         | 90.861                         | 90.861                    | 89.341                     | OK       |
| 440.160            | 70.                 | 363.856                         | 89.555                         | 89.555                    | 89.475                     | OK       |
| 474.129            | 70.                 | 332.284                         | 91.555                         | 91.555                    | 91.453                     | OK       |
| 490.288            | 70.                 | 317.741                         | 363.471                        | 317.741                   | 92.459                     | OK       |
| 498.342            | 70.                 | 310.492                         | 500.000                        | 310.492                   | 92.961                     | OK       |
| 551.244            | 70.                 | 265.005                         | 321.919                        | 265.005                   | 96.592                     | OK       |
| 617.736            | 70.                 | 209.038                         | 98.090                         | 98.090                    | 97.439                     | OK       |
| 644.174            | 70.                 | 187.661                         | 98.090                         | 98.090                    | 95.579                     | OK       |
| 677.754            | 70.                 | 162.572                         | 235.681                        | 162.572                   | 93.316                     | OK       |
| 742.264            | 70.                 | 128.094                         | 500.000                        | 128.094                   | 89.363                     | OK       |
| 890.000            | 70.                 | 91.000                          | 500.000                        | 91.000                    | 89.272                     | OK       |
| 960.000            | 70.                 | 91.000                          | 500.000                        | 91.000                    | 89.272                     | OK       |
| 1020.000           | 70.                 | 500.000                         | 500.000                        | 500.000                   | 89.272                     | OK       |
| 1177.940           | 70.                 | 500.000                         | 500.000                        | 500.000                   | 89.341                     | OK       |

I diagrammi di velocità e visibilità asta principale sono riportati nel documento codice:

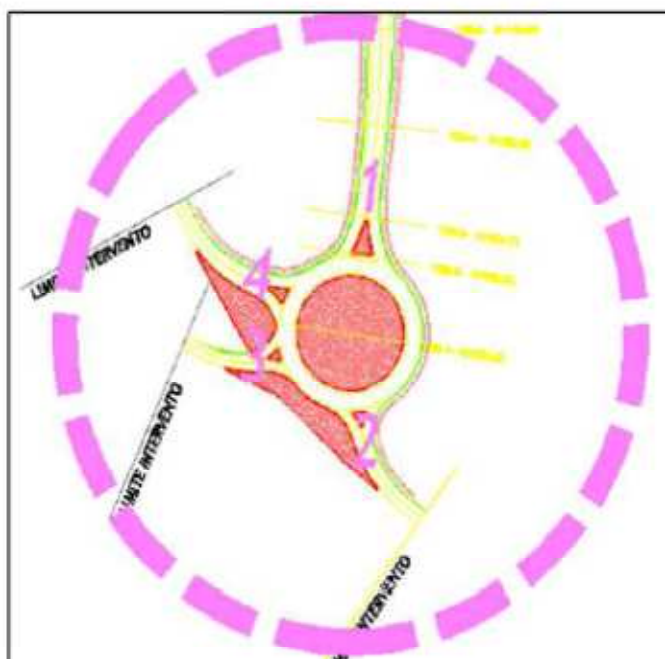
PD\_0\_V35\_VCS35\_0\_SD\_DV\_01\_A

## 2 VERIFICA DELLA FUNZIONALITA DELLA ROTATORIA

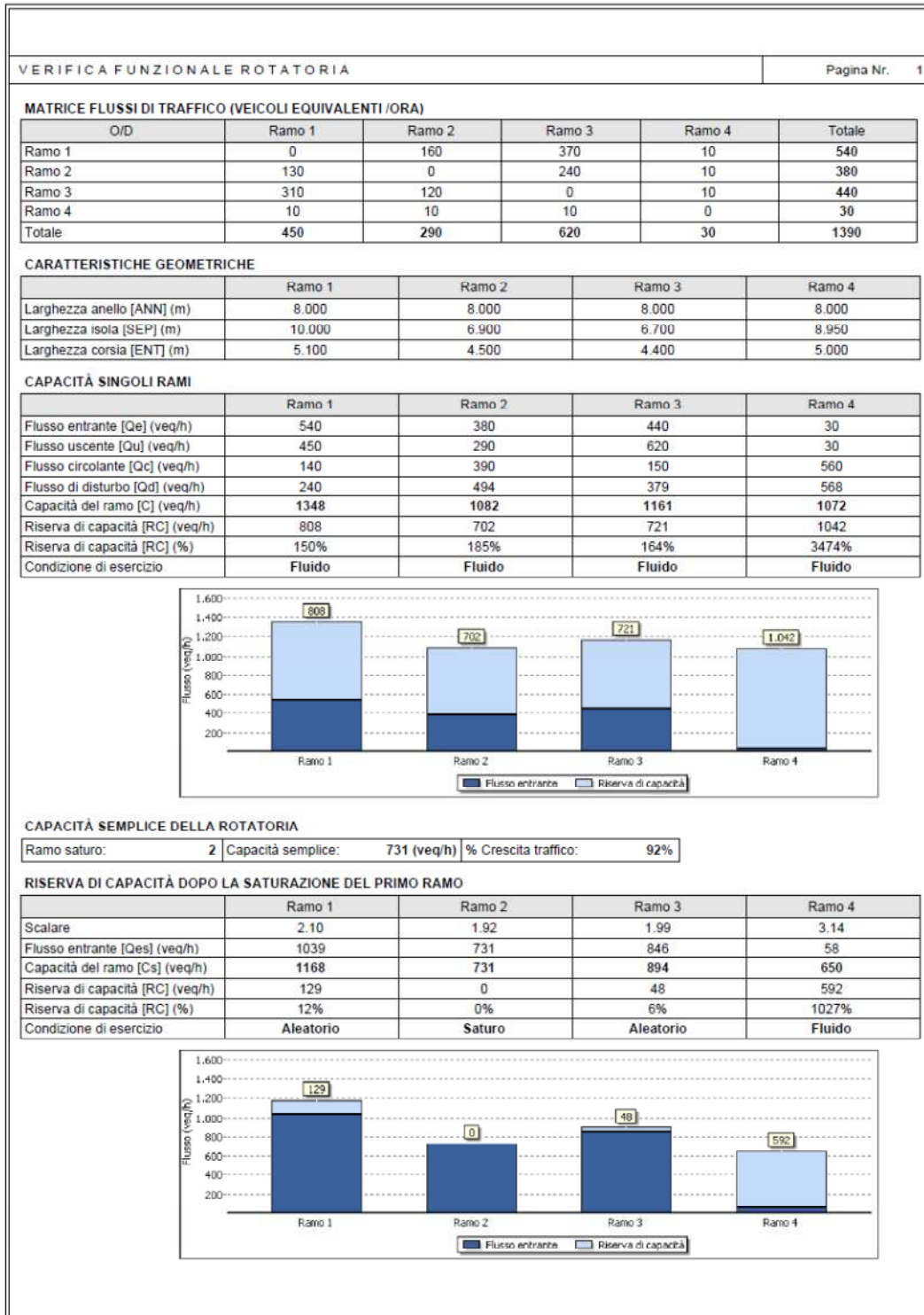
### 2.1 DATI SUI FLUSSI DI TRAFFICO

#### Cavalcavia della Bondeno-Cento: rotatoria Sud

| Ora di punta del mattino (giorno medio invernale) |   |                 |                 |                |                     |
|---|---|-----------------|-----------------|----------------|---------------------|
| O   | D | Veicoli leggeri | Veicoli pesanti | Veicoli totali | Veicoli equivalenti |
| 1   | 2 | 120             | 20              | 140            | 160                 |
| 1   | 3 | 350             | 10              | 360            | 370                 |
| 2   | 1 | 110             | 10              | 120            | 130                 |
| 2   | 3 | 180             | 30              | 210            | 240                 |
| 3   | 2 | 70              | 25              | 95             | 120                 |
| 3   | 1 | 270             | 20              | 290            | 310                 |



## 2.1.1 Verifica funzionale





| VERIFICA FUNZIONALE ROTATORIA                          |                     | Pagina Nr. 2             |                     |               |
|--|---------------------|--------------------------|---------------------|---------------|
| <b>CAPACITÀ TOTALE DELLA ROTATORIA</b>                 |                     |                          |                     |               |
| Capacità totale:                                       | <b>3014 (veq/h)</b> | Capacità totale pratica: | <b>2711 (veq/h)</b> |               |
| <b>RISERVA DI CAPACITÀ RISPETTO LA CAPACITÀ TOTALE</b> |                     |                          |                     |               |
|  | Ramo 1              | Ramo 2                   | Ramo 3              | Ramo 4        |
| Flusso entrante [Qe] (veq/h)                           | 540                 | 380                      | 440                 | 30            |
| Capacità del ramo [Cs] (veq/h)                         | <b>814</b>          | <b>672</b>               | <b>915</b>          | <b>613</b>    |
| Capacità pratica [Cs'] (veq/h)                         | <b>734</b>          | <b>598</b>               | <b>821</b>          | <b>559</b>    |
| Riserva di capacità [RC] (veq/h)                       | 274                 | 292                      | 475                 | 583           |
| Riserva di capacità [RC] (%)                           | 51%                 | 77%                      | 108%                | 1942%         |
| Condizione di esercizio                                | <b>Fluido</b>       | <b>Fluido</b>            | <b>Fluido</b>       | <b>Fluido</b> |

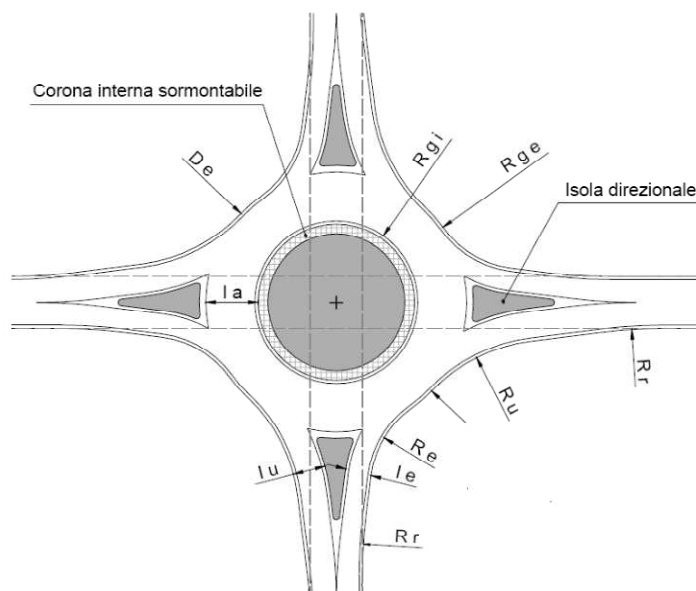
  

| Ramo   | Flusso entrante (veq/h) | Riserva di capacità (veq/h) |
|--------|-------------------------|-----------------------------|
| Ramo 1 | 540                     | 274                         |
| Ramo 2 | 380                     | 292                         |
| Ramo 3 | 440                     | 475                         |
| Ramo 4 | 30                      | 583                         |

| <b>LIVELLI DI SERVIZIO E LUNGHEZZA DELLE CODE</b> |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|
|   | Ramo 1   | Ramo 2   | Ramo 3   | Ramo 4   |
| Grado di saturazione [x]                          | 0.40     | 0.35     | 0.38     | 0.03     |
| Ritardo medio di fermata [d] (s)                  | 4        | 5        | 5        | 3        |
| Livello di servizio [LOS]                         | <b>A</b> | <b>A</b> | <b>A</b> | <b>A</b> |
| Lung. media coda [Lm] (m)                         | 4.00     | 3.24     | 3.65     | 0.17     |
| Lung. media coda [Ln] (veic)                      | 1        | 1        | 1        | 0        |
| Veicoli in coda [Q95] (veic)                      | 2        | 2        | 2        | 0        |

## 2.2 ANALISI DELLA VISIBILITA'



Il progetto prevede le seguenti rotatorie:

1. Rotatoria "C35-1" sull'intersezione con la S.P.6 via Finalese; Rest= 30,00 m;

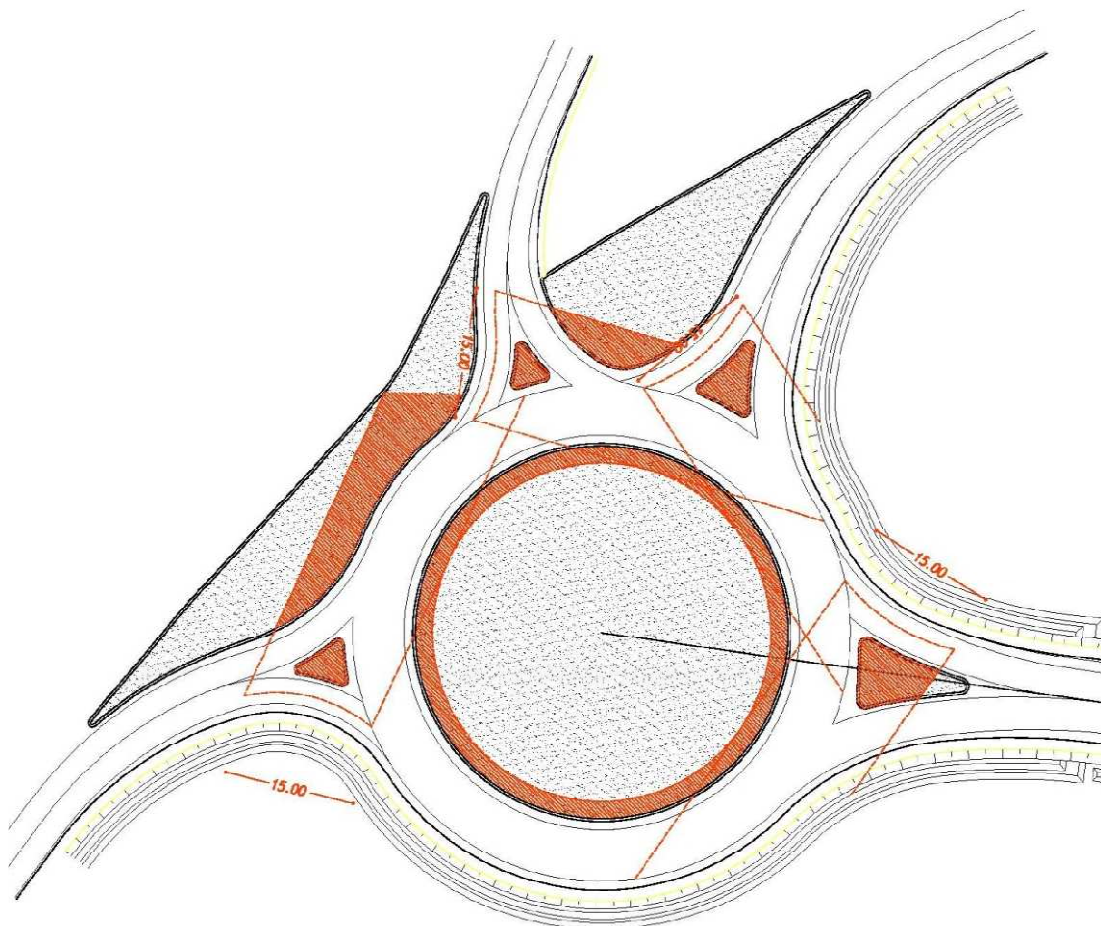
La rotatoria "C35-1" presenta una larghezza dell'anello giratorio pari a 8,00 m composto da una banchina da 1,00 m in SX e una da 1,00 m DX con una corsia di circolazione pari a 6,00 m. L'analisi delle visibilità relativa agli accessi alle rotatorie è stata sviluppata per fornire indicazioni progettuali sulle aree da mantenere libere da ostacoli al margine delle rotatorie stesse o nelle isole centrali. In particolare si devono adottare le seguenti prescrizioni:

- Il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezziera della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1m sul piano viabile;
- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

Nella corona giratoria è stato previsto comunque di lasciare libera da ogni tipologia di ostacolo una fascia di larghezza pari a 2,0m misurata a partire dal bordo interno della corona sormontabile.

Il risultato è rappresentato nelle figure riportate di seguito in cui sono rappresentate le superfici nelle quali non devono essere previsti ostacoli di altezza superiore ad 1,0m.

Verifica visibilità Rotatoria "C35-1" sud:



Dalle verifiche sopra effettuate si evince che nelle aree evidenziate non sono presenti ostacoli che impediscono la visibilità dei veicoli in ingresso in rotatoria.

Relativamente a dette aree, il progetto non prevede l'installazione di alcun dispositivo o la realizzazione di alcun manufatto che non consenta all'utente in approccio alla rotatoria di non avere una corretta percezione del quarto di anello alla sua sinistra.

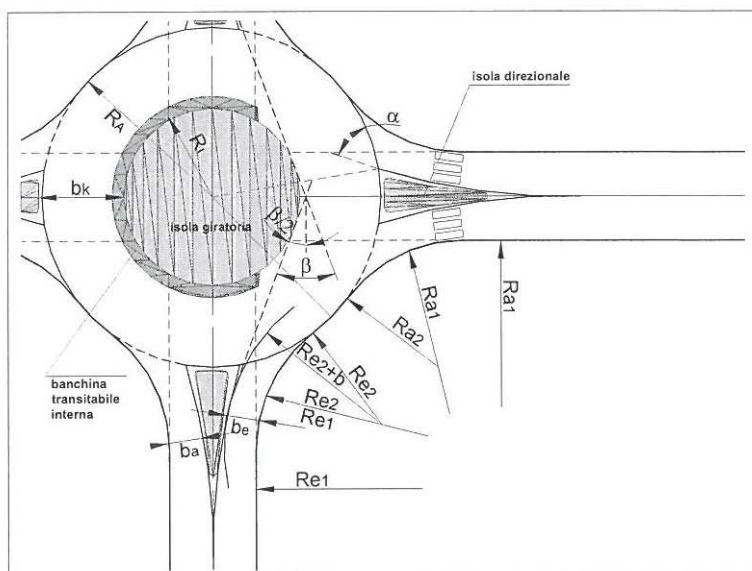
Pertanto risultano verificate le rotatorie relativamente alle visuali libere.



## 2.3 ANALISI DELL'ANGOLO DI DEVIAZIONE

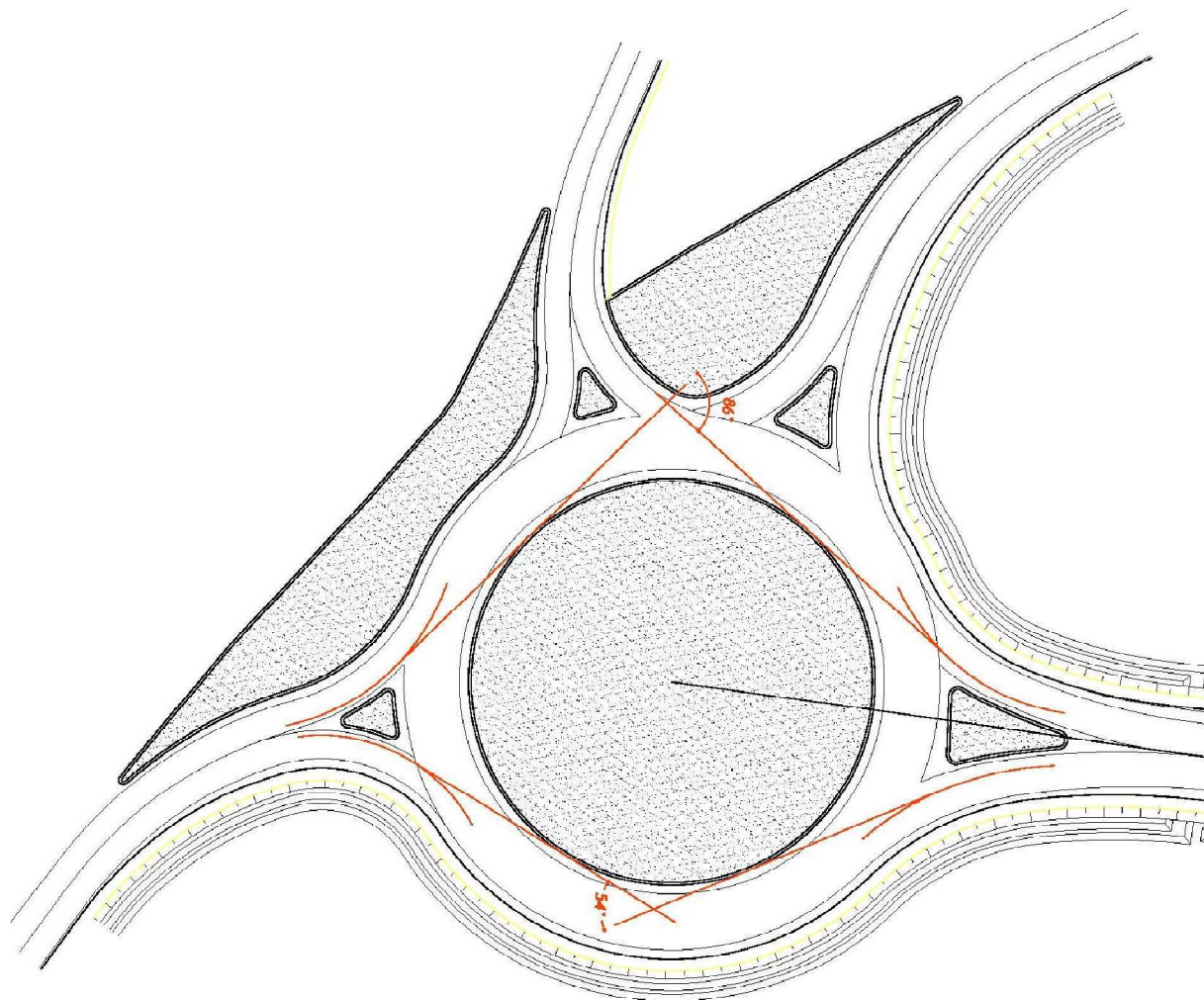
Il criterio principale per definire la geometria delle rotatorie riguarda il controllo della deviazione delle traiettorie in attraversamento del nodo. Infatti, per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, è necessario che i veicoli siano deviati dall'isola centrale.

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione  $\beta$ . Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione  $\beta$ , bisogna aggiungere al raggio di entrata  $R_{e,2}$ , un incremento  $b$  pari a 3,50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione  $\beta$  di almeno  $45^\circ$



Elementi di progetto e tipizzazione delle rotatorie

Verifica angolo di deviazione Rotatoria "C35-1":



Dalle verifiche sopra effettuate si evince come l'angolo di deviazione presenti valori maggiori a  $45^\circ$ , pertanto è verificata la rotatoria relativamente all'angolo di deviazione.

## 3 BARRIERE DI SICUREZZA

### 3.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

#### 3.1.1 Campo di applicazione del D.M. 223/1992 e s.m.i.

Il campo di applicazione della normativa in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali è definito dall'art. 2 comma 1 del D.M. 223/1992 e riguarda i progetti esecutivi relativi alle strade ad uso pubblico extraurbane ed urbane che hanno velocità di progetto maggiore o uguale a 70 km/h. Sono espressamente escluse dal campo di applicazione della norma in argomento le progettazioni inerenti le strade extraurbane ed urbane con velocità di progetto inferiore a 70 km/h.

La velocità di progetto di ciascun arco stradale oggetto di progettazione è stata determinata in relazione alla classe funzionale, riportata all'art. 2 comma 2 del D.Lgs. 285/1992 "Nuovo Codice della Strada" ed alle sue caratteristiche planimetriche (raggio di curvatura), indipendentemente dalla eventuale imposizione di un limite di velocità sul tratto stradale oggetto di intervento. Nel caso di interventi da realizzare su strade esistenti, la velocità di progetto è stata calcolata per assimilazione, sulla base di quanto previsto dal D.M. 5.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e s.m.i. per la medesima classe funzionale e raggio planimetrico della tratta.

Per la parte attinente l'impiego dei dispositivi di ritenuta, sono stati adottati i criteri dettati dalle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004 che sostituiscono e aggiornano tutte le istruzioni tecniche precedenti.

Il progetto definitivo prevede, oltre alla presente relazione, anche degli elaborati grafici che completano la progettazione sull'utilizzo delle barriere di sicurezza. In particolare, sono previsti i seguenti elaborati:

Planimetria di progetto barriere – Codice: PD\_0\_V35\_VCS35\_0\_SD\_PP\_02\_A

#### 3.1.2 Dispositivi di ritenuta impiegabili

Secondo quanto previsto dal quadro normativo i dispositivi di ritenuta che possono essere impiegati nel presente progetto sono:

- Le barriere di sicurezza dotati di marcatura CE ai sensi della norma EN 1317-5;
- I terminali speciali testati:
  - a) omologati ai sensi del decreto ministeriale 21.6.2004;
  - b) non omologati ma rispondenti alle norma UNI ENV 1317-4. In questo caso l'impiego è subordinato alla verifica di rispondenza alla norma UNI ENV 1317-4 che gli enti appaltanti devono eseguire richiedendo preventivamente i rapporti di 'crash test' al riguardo necessari, rilasciati da campi prova certificati secondo le norme ISO EN 17025.

### 3.1.3 Criteri di scelta delle tipologie di classi dei dispositivi di ritenuta

Conformemente a quanto contenuto nel DM 2367 del 21.06.2004, indicazioni riprese nella Circolare esplicativa prot. 62032 in merito a "L'uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione, impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni" sono stati protetti i seguenti elementi del margine stradale:

- i margini di tutte le opere d'arte all'aperto, quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza sul piano di campagna;
- il margine stradale nelle sezioni in rilevato dove il dislivello tra il colmo dell'arginello ed il piano di campagna è maggiore o uguale a 1 m le cui scarpate abbiano pendenza maggiore o uguale a 2/3;
- gli ostacoli fissi che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso di urto.

La scelta della categoria minima dei dispositivi di sicurezza installati l'ungo le viabilità di progetto è stata effettuata secondo quanto prescritto dal DM 2367, a seconda della destinazione e ubicazione, della categoria e dell'andamento piano altimetrico dell'infrastruttura stradale ed infine considerando le caratteristiche e la composizione delle correnti veicolari che la percorreranno tanto in termini quantitativi, riferendosi al Traffico Giornaliero Medio (TGM) previsto, quanto qualitativi in termini di categorie veicolari e quantità di veicoli pesanti che le percorreranno.

Pertanto nella definizione del grado di contenimento delle barriere si è fatto riferimento alle seguenti tabelle, contenute nel citato DM 2367, dove la prima definisce il livello di traffico in relazione al TGM e alla percentuale di veicoli pesanti, mentre la seconda definisce il grado di contenimento minimo delle barriere a seconda dell'elemento da proteggere a partire dal tipo di strada e dal livello di traffico atteso.

| Livello di Traffico | TGM    | % Veicoli con massa > 3.5 t |
|---------------------|--------|-----------------------------|
| I                   | ≤ 1000 | qualunque                   |
|                     | > 1000 | ≤ 5                         |
| II                  | > 1000 | 5 – 15                      |
| III                 | > 1000 | > 15                        |

Classificazione dei Livelli di Traffico per la scelta tipologica

| Tipo di strada                    | Tipo di traffico | Barriere spartitraffico | Barriere bordo laterale | Barriere bordo ponte |
|-----------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| Strade extraurbane secondarie (C) | I                | H1                      | N2                      | H2                   |
|                                   | II               | H2                      | H1                      | H2                   |
|                                   | III              | H2                      | H2                      | H3                   |
| Strade locali (F)                 | I                | N2                      | N1                      | H2                   |
|                                   | II               | H1                      | N2                      | H2                   |
|                                   | III              | H1                      | H1                      | H2                   |

Classificazione progettuale dei dispositivi di sicurezza longitudinali

Il DM2367 classifica le barriere oltre che per la classe di contenimento anche per quanto attiene alla severità dell'urto che viene determinato in base ai valori assunti dagli indici: A.S.I (indice di severità dell'accelerazione), T.H.I.V. (indice di velocità della testa teorica) e P.H.D. (indice di decelerazione della testa dopo l'impatto); tali indici risultano definiti nella norma UNI EN 1317 parti 1 e 2. In base agli indici sopra citati la norma UNI EN 1317-2 individua due classi di severità riassunte nella tabella seguente.

| Livello di severità dell'urto | Valori degli indici |                |           |
|-------------------------------|---------------------|----------------|-----------|
| A                             | ASI ≤ 1.0           | THIV ≤ 33 km/h | PHD ≤ 20g |
| B                             | ASI ≤ 1.4           |                |           |

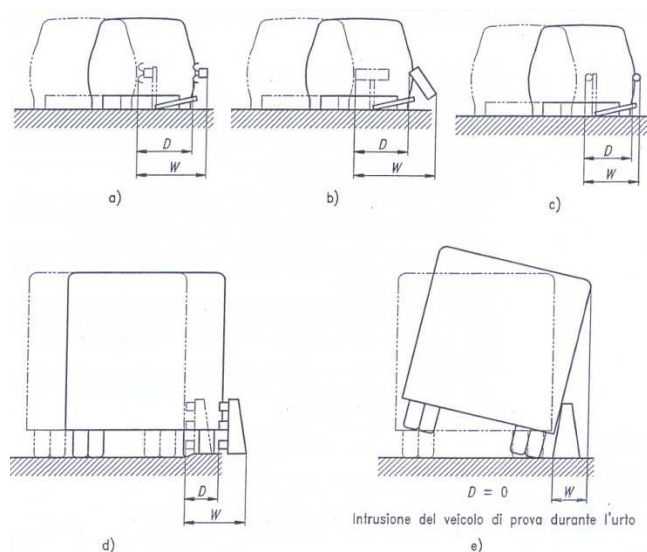
Classificazione delle barriere in termini di severità degli urti

Sempre la norma UNI EN 1317-2 puntualizza:

- "il livello di severità d'urto A garantisce un maggior livello di sicurezza per gli occupanti di un veicolo che esce di strada rispetto al livello B e viene preferito quando altre considerazioni si equivalgono";
- "in luoghi pericolosi specifici in cui il contenimento di un veicolo che esce di strada (come un camion di trasporto pesante) è la considerazione principale, può essere necessario adottare e installare una barriera di sicurezza senza un livello di severità d'urto specifico. I valori degli indici registrati nella prova della barriera di sicurezza, tuttavia, devono essere citati nel resoconto di prova".

Riguardo alla deformabilità si è fatto riferimento ai due seguenti parametri che vengono determinati dalle prove di crash-test:

- La deflessione dinamica ovvero è il massimo spostamento dinamico trasversale del frontale del sistema di contenimento;
- La larghezza operativa (W) ovvero la distanza tra la posizione iniziale del frontale del sistema stradale di contenimento e la massima posizione dinamica laterale di qualsiasi componente principale del sistema.



Deflessione dinamica (D) e Larghezza operativa (W)

Ai fini della limitazione degli effetti dell'urto per gli occupanti dei veicoli leggeri, si sono previste barriere con un indice ASI minore o uguale a 1,0, ad eccezione del tratto in cavalcavia ritenuto particolarmente pericolosi, in cui il contenimento del veicolo in svio diviene un fattore essenziale ai fini della sicurezza, dove saranno utilizzate barriere con un indice ASI fino ad 1,4.

Nella tabella seguente si riporta la classificazione delle barriere di sicurezza in base alla classe di larghezza operativa (W) a cui appartengono.

| Classe di appartenenza | W [m]        |
|------------------------|--------------|
| W1                     | $W \leq 0,6$ |
| W2                     | $W \leq 0,8$ |
| W3                     | $W \leq 1,0$ |
| W4                     | $W \leq 1,3$ |
| W5                     | $W \leq 1,7$ |
| W6                     | $W \leq 2,1$ |
| W7                     | $W \leq 2,5$ |
| W8                     | $W \leq 3,5$ |

Classificazione delle barriere in funzione della larghezza operativa (W)

### 3.1.4 Definizione delle tipologie e classi dei dispositivi di ritenuta

Nel presente capitolo si illustra la scelta della tipologia e classe di barriere, a partire dai criteri esposti nella sezione precedente.

## 3.2 ANALISI DEI FLUSSI

Per l'infrastruttura in progetto è stato assunto il tipo di traffico II come definito dal D.M. 2367 del 21/06/2004 considerando il TGM bidirezionale e la percentuale di veicoli pesanti stimati in fase di progettazione definitiva. In particolare, nella tabella seguente vengono riassunte le indagini di traffico che saranno utilizzate per la scelta dei dispositivi di ritenuta da utilizzare nel presente progetto.

| Tipo di strada                        | TGM   | % Veicoli con massa > 3.5 t | Livello di traffico |
|---------------------------------------|-------|-----------------------------|---------------------|
| Viabilità V35<br>Provincia di Ferrara | >1000 | 5-15%                       | II                  |

Livello di traffico

### 3.2.1 Asse principale

Con riferimento al D.M. 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" è stato possibile definire la tipologia di strada da utilizzare per il presente progetto, strada di tipo C2, e tutte le caratteristiche ad essa connesse (elementi marginali, raccordi plano-altimetrici minimi, ecc.). Pertanto, in funzione di quanto appena accennato e, del tipo di traffico determinato nel paragrafo precedente, si è deciso di proteggere il bordo dei rilevati quando l'altezza supera il metro dal piano campagna e nel caso di scarpate con pendenza maggiore o uguale a 2/3.

Quindi ai fini della scelta della classe di barriere di sicurezza sono stati considerati i seguenti elementi:

- la pendenza delle scarpate;
- l'altezza del rilevato;
- la presenza di elementi rigidi, edifici, strade, ferrovie, depositi materiale pericoloso o simili in prossimità del confine stradale;
- la percentuale di traffico pesante;
- il tipo di strada secondo il DM 05/11/2001.

Nella tabella seguente sono riassunte le scelte effettuate nella redazione del progetto definitivo per la definizione del livello di contenimento delle barriere da installare in relazione alle diverse caratteristiche fisiche degli elementi costituenti il corpo stradale. In aggiunta a quanto indicato nella tabella seguente si

precisa che tutte le barriere da bordo laterale è previsto siano caratterizzate dalla classe minima di danno agli occupanti (ASI A) mentre per le barriere bordo opera si è contemplata la possibilità di installare barriere con severità all'urto di classe ASI B lasciando facoltà di scelta al direttore ai lavori anche in relazione alla disponibilità sul mercato di barriere bordo opera con determinato W e classe di severità all'urto di classe ASI A.

| Tipo strada               | di | Destinazione                                   | Strada tipo C                     |
|---------------------------|----|--|-----------------------------------|
| Viabilità di Collegamento |    | Bordo laterale con rilevato $H_{ril} < 1$ m    | nessuna protezione <sup>(1)</sup> |
|                           |    | Bordo laterale con rilevato $H_{ril} \geq 1$ m | H1                                |
|                           |    | Opera d'arte di luce $L \geq 10$ m             | H3                                |

Classi di barriere adottate in progetto

### 3.3 MODALITÀ DI INSTALLAZIONE DELLE BARRIERE DA BORDO LATERALE E BORDO PONTE

#### 3.3.1 Richiami normativi

Nei paragrafi che seguono verranno illustrate le principali modalità di installazione delle barriere bordo rilevato e bordo opera previste nel progetto delle barriere di sicurezza.

In generale la lunghezza minima di una installazione ( $L_f$ ) indipendente si può assumere pari a 90 ml (esclusi i terminali) essendo al pari delle usuali estese di prova di crash-test. Per le barriere bordo rilevato:

- l'interasse tra i montanti e la loro profondità di infissione sono descritti nei report di crash-test di ciascun dispositivo
- la lunghezza d'infissione secondo certificato dovrà essere rispettata, in ogni modo non dovrà essere inferiore a 1.5 - 2 volte l'altezza fuori terra del montante;
- la sagoma dell'arginello deve essere tale che a tergo del montante vi siano 70-80cm minimo di terreno ricoperto in modo che il montante possa lavorare come nei crash-test, si ritiene che una dimensione dell'arginello paria 1.30 metri necessaria e sufficiente allo scopo precedentemente esposto;
- tutte le barriere bordo rilevato sono previste con classe di severità all'urto ASI A.

Per le barriere bordo opera:

- le barriere metalliche bordo opera debbono essere installate mediante flangia imbullonata su cordolo, sia quest'ultimo parte integrante dell'opera d'arte, elemento prefabbricato o elemento appositamente realizzato sul ciglio stradale;
- sistemi di ancoraggio della barriera devo essere gli stessi dell'installazione di prova, il cordolo deve avere una sezione di almeno 70cm x 70cm e deve essere fondato su un cls magro con Rck superiore a 15;
- l'emersione del cordolo dal piano stradale adiacente deve essere uguale a quella dell'installazione di prova, usualmente paria a 5cm.



- Si prevede l'installazione di barriere bordo ponte con classe di severità all'urto A o B a seconda della disponibilità sul mercato.

Modalità di installazione delle barriere da bordo laterale

In ragione dell'andamento piano altimetrico dell'asse in oggetto caratterizzato da altezze di rilevato di poco superiori al metro e considerando la tipologia di strada ricadente nella classe C2 secondo il DM 05/11/2001 si è prevista lungo tutto il suo sviluppo l'installazione di barriere di classe H1 bordo rilevato con larghezza di funzionamento massima paria  $W5 \leq 1,70$  metri.

Modalità di installazione delle barriere da bordo opera d'arte

In corrispondenza dei cavalcavia barriere H3 bordo ponte, come previsto dalla normativa vigente e come dichiarato nei paragrafi precedenti, con larghezza di funzionamento massima paria  $W5 \leq 1,70$  metri.

Transizioni

Nelle more dell'emanazione della nuova norma EN 1317-4 specificatamente dedicata alle transizioni tra barriere diverse, le transizioni da prevedere in progetto dovranno rispettare i seguenti criteri:

- le transizioni dovranno avvenire senza soluzioni di continuità strutturale degli elementi longitudinali resistenti
- le transizioni tra barriere metalliche di diverso tipo dovranno essere ottenute utilizzando i raccordi ed i pezzi speciali di giunzione previsti dal costruttore;
- l'interruzione di elementi longitudinali secondari nelle zone di transizione dovrà avvenire mediante l'installazione degli elementi terminali di ciascun componente previsti dal costruttore, avendo comunque cura di arretrare l'elemento stesso rispetto all'allineamento degli elementi longitudinali continui principali, prima della sua interruzione. Ciò al fine di ridurre la possibilità che restino parti degli elementi longitudinali secondari delle barriere esposti al possibile impatto frontale del veicolo in svio;
- nel caso di transizione tra barriere dotate di mancorrente superiore e barriere prive del suddetto elemento longitudinale dovrà essere previsto un pezzo speciale terminale centinato vincolato al primo paletto della barriera del bordo priva di mancorrente;
- lo sviluppo delle transizioni dovrà essere almeno pari a 12.5 volte la differenza tra la deflessione dinamica massima (valore registrato nella prova di crash con veicolo pesante) delle due barriere da raccordare. Nella redazione degli elaborati si è indicata una lunghezza delle transizioni pari a 4,5 metri essendo questo un valore mediamente contemplato dai produttori; tuttavia in fase realizzativa dovranno essere installate transizioni conformi alle specifiche caratteristiche delle barriere scelte per la messa in opera.
- Sono ammesse transizioni tra barriere di classe diversa a condizione che queste non differiscano per più di due classi. In questo caso la deflessione dinamica della barriera di classe superiore dovrà essere preventivamente convertita in una "deflessione equivalente" della classe inferiore mediante i seguenti coefficienti:

| Barriera di classe superiore | Barriera di classe inferiore | Fattore di riduzione della deformazione dinamica della barriera di classe superiore |
|------------------------------|------------------------------|---|
| H3                           | H1                           | 0.5   |

Si rammenta che, dal punto di vista strutturale, il livello di contenimento della transizione è da considerare equivalente alla classe minore tra quelle delle due barriere accoppiate e la transizione stessa dovrà pertanto essere realizzata al di fuori del tratto ove si rende necessaria la protezione di classe maggiore.

### Modalità di installazione delle barriere da bordo laterale in corrispondenza dei punti singoli

Lungo lo sviluppo delle viabilità in progetto sono presenti una serie di ostacoli fissi che necessitano di protezione, tali corpi adiacenti alla carreggiata sono costituiti da:

- pali di illuminazione;
- portali della segnaletica:

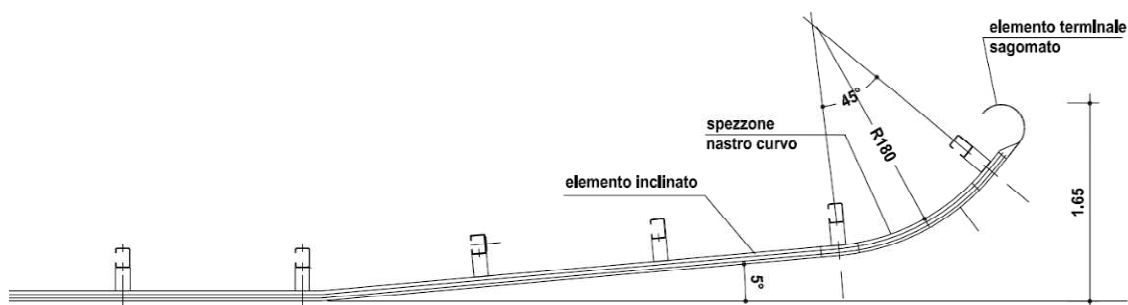
I pali di illuminazione si prescrive di installarli ad una distanza dal ciglio pavimentato maggiore uguale a 1,70 metri, pertanto lungo i bordi laterali delle viabilità in progetto verranno installati dispositivi di ritenuta aventi larghezza di funzionamento massima paria  $W5 \leq 1,70$  metri come specificato nei paragrafi precedenti, pertanto i due elementi sopra citati risultano protetti con la messa in opera delle barriere previste senza la necessità di prevedere installazioni ad hoc.

### Terminali

Qualsiasi interruzione della continuità longitudinale delle barriere esposte al flusso di traffico è stata dotata di un sistema terminale che prevenga, per quanto possibile, l'urto frontale dei veicoli contro la parte iniziale della barriera.

Il D.M. 21.6.2004 definisce i "terminali semplici" come "normali elementi iniziali e finali di una barriera di sicurezza" che "possono essere sostituiti o integrati alle estremità di barriere laterali con terminali speciali testati secondo UNI ENV 1317-4, di tipo omologato."

In linea prioritaria, dovranno essere utilizzati i sistemi terminali previsti dal produttore ed indicati nei report di prova del crash-test, a condizione che questi risultino inclinati verso l'esterno dell'arginello. In assenza di specifiche previsioni da parte del produttore, il terminale della lama principale dovrà essere costituito da elementi inclinati trasversalmente verso l'esterno del corpo stradale con un angolo di  $5^\circ$  per almeno 3 interassi standard della barriera ed il primo interasse dovrà avere un raggio di curvatura di 1.8 m in modo da non esporre il terminale delle lame al flusso veicolare



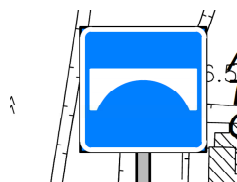
schema di blocco terminale di avvio

## 4 PROGETTO DELLA SEGNALETICA

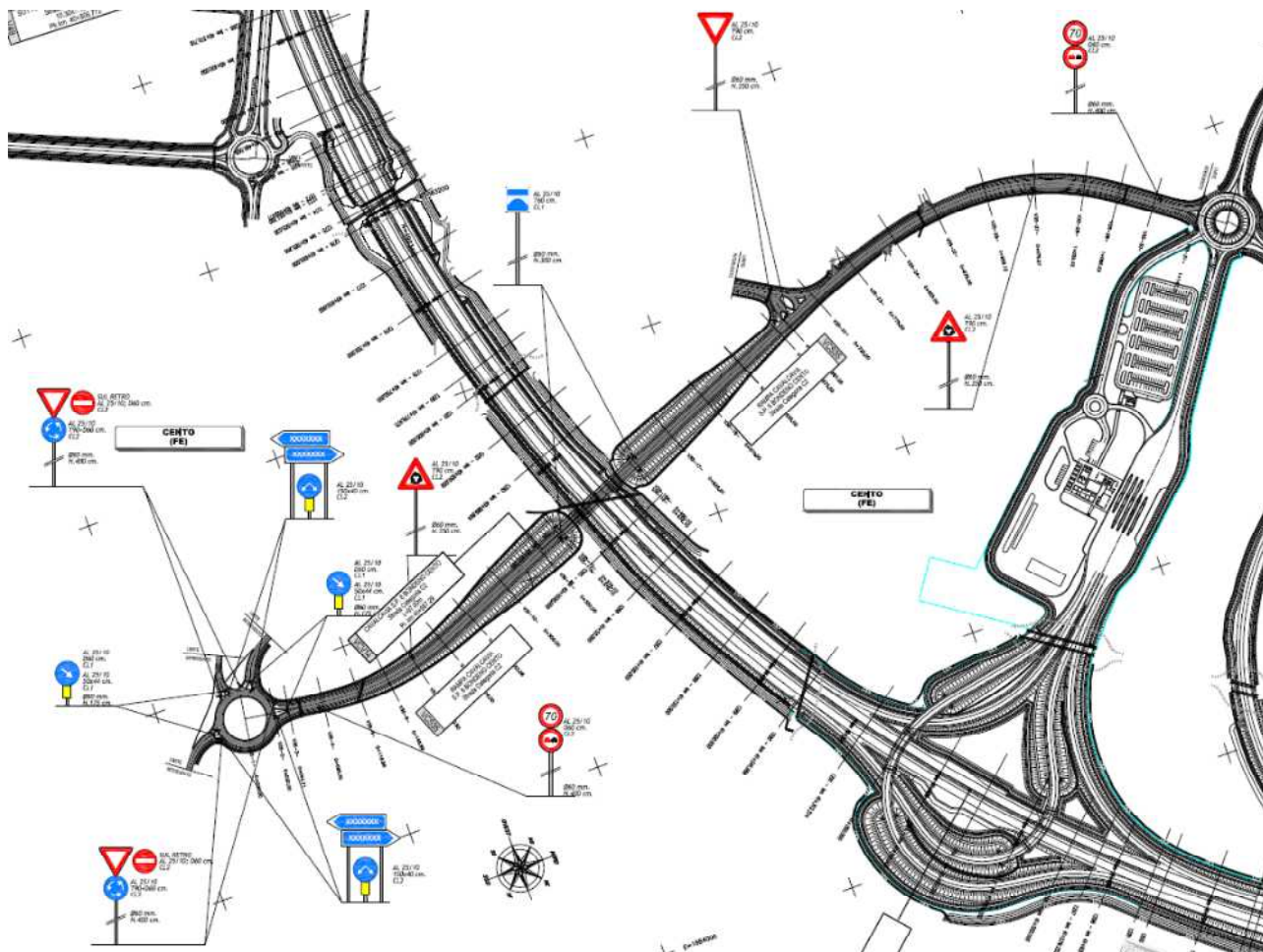
Riferendosi ai Decreti specifici, in special modo al nuovo Codice della strada ed al suo regolamento attuativo, Al titolo II (della costruzione e tutela delle strade), capo II (organizzazione della circolazione e segnaletica stradale), artt. 37-45, viene definita la segnaletica stradale mentre l'esecuzione e l'attuazione è rimandata all'apposito regolamento e in particolare agli artt. 74-195.

si è proceduto alla progettazione della segnaletica verticale ed orizzontale. Rimandando agli elaborati specifici per il corretto posizionamento della cartellonistica stradale in questa sede si daranno delle informazioni generali, dato che il codice della strada non lascia molto spazio alla personalizzazione della segnaletica e quindi il riferimento ad esso è condizione necessaria e sufficiente ad un corretto posizionamento dei segnali stradali.

Per quanto riguarda la segnaletica verticale lungo l'asse principale sono stati utilizzati principalmente segnali circolari di divieto (limiti di velocità), segnali di precedenza, segnali di preavviso (in approccio alle intersezioni), segnali di progressiva distanziometrica, sia chilometrica che ettometrica, segnali utili alla guida come quelli che identificano l'attraversamento di ponti, i segnali complementari come delineatori di margine della carreggiata stradale (uno ogni 50 metri)



Per quanto riguarda la segnaletica verticale nella zona delle intersezioni sono stati utilizzati segnali di pericolo (curva stretta, circolazione rotatoria), segnali di precedenza (sia per chi si immette dalle rampe verso l'asse principale, sia per chi dall'asse in progetto si distribuisce lungo la viabilità locale), segnali di direzione, segnali di obbligo, segnali di divieto (principalmente limitazione alla velocità sulle rampe, divieti di sorpasso sulle stesse). Per quanto riguarda la segnaletica orizzontale negli elaborati di progetto sono indicate di massima le eventuali zebraure in corrispondenza degli allargamenti di carreggiata e le strisce di margine degli elementi costitutivi la piattaforma stradale di progetto.



## SEGNALETICA ORIZZONTALE ASSE PRINCIPALE - STRADA TIPO C2



*Striscia laterale sinistra spessore 15 cm*

*Striscia di mezzzeria spessore 12 cm*

*Striscia laterale destra spessore 15 cm*