

IL CONCEDENTE

IL CONCESSIONARIO



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

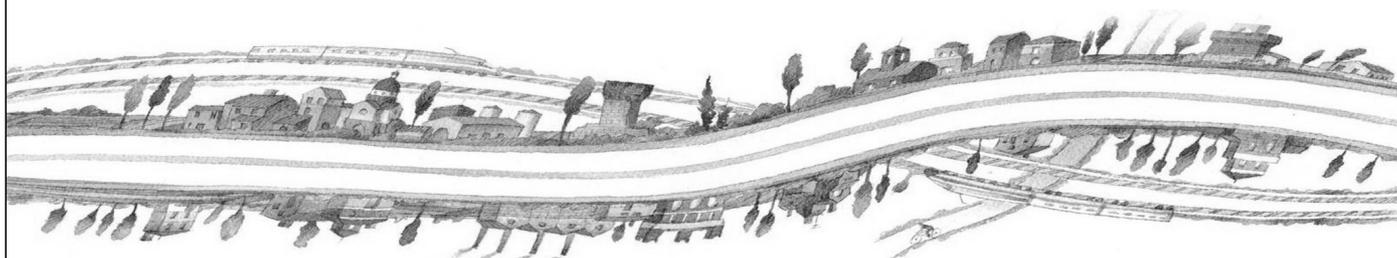
CODICE C.U.P. E81B08000060009

PROGETTO DEFINITIVO

**VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE - D04-08 (ex 1FE)
Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana
PROGETTAZIONE STRADALE**

ASSE STRADALE - D05 (EX 1FE - TRATTO C)

RELAZIONE TECNICA SUL PROGETTO STRADALE

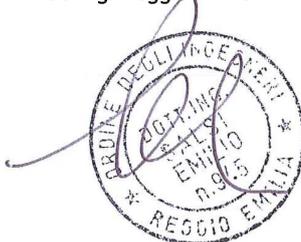


IL PROGETTISTA

Alpina S.p.A.
Dott. Ing. Marco Bonfanti
Ordine Ingegneri di Milano
n. A/23384

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. Pattuzzi

G					
F					
E					
D					
C					
B					
A	17.04.2012	EMISSIONE		ing. Magagnoli	ing. Bonfanti ing. Salsi
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.
5437	PD	0	D05	DCS05	C	SD	RT	01	A

DATA: MAGGIO 2012

SCALA: -

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE	4
2.1	Piattaforma stradale e sezioni tipo	6
4.1.1.	Asse stradale	6
4.1.2.	Rotatorie	9
4.1.3.	Sovrastrutture e pavimentazioni	10
4.1.4.	Piazzole di sosta	10
2.2	Andamento planimetrico	11
2.3	Andamento altimetrico	14
3.	PROGETTAZIONE ASSI STRADALI	17
4.2.	Inquadramento Normativo	17
4.3.	Criteri progettuali principali	17
3.2.1	Caratteristiche planimetriche	17
3.2.2	Caratteristiche altimetriche	21
3.2.3	Analisi di visibilità	23
3.2.4	Rappresentazione dei risultati	25
4.4.	Progettazione delle intersezioni a rotatoria	26
3.3.1	Dimensionamento degli elementi modulari.....	26
3.3.2	Geometria della rotatoria e analisi di visibilità	28
3.3.3	Determinazione delle aree di visibilità	28
3.3.4	Determinazione del livello di servizio.....	29
5.	RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO	33
5.1.	Assi stradali.....	33
5.2.	Intersezioni a rotatoria	44
3.1.1.	Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie	44
3.1.2.	Analisi della Deflessione	46

3.1.3.	Analisi delle Visibilità	50
3.1.4.	Analisi del livello di servizio	54

1. PREMESSA

Le viabilità di adduzione al sistema autostradale svolgono prevalentemente la funzione di raccordo diretto ai caselli autostradali in quanto costituiscono viabilità principali col compito di drenare il traffico verso l'Autostrada stessa. Tali opere, già presenti nella pianificazione sovraordinata e/o di settore, se realizzate contemporaneamente alla nuova Autostrada Regionale Cispadana, possono aumentare in modo significativo l'intera efficienza della rete, generando un sensibile miglioramento delle condizioni di mobilità di persone e merci all'interno del quadrante regionale interessato dalla nuova funzione autostradale.

Valutando la localizzazione delle suddette opere infrastrutturali è possibile cogliere la sinergia funzionale che esse potranno esprimere relazionandosi con la nuova Autostrada Regionale Cispadana.

Le Viabilità di adduzione previste suddivise per Provincie sono le seguenti:

- Viabilità di adduzione previste in Provincia di Parma
 - ❑ D01 (ex 1PR) - Riqualficazione della S.P. n° 72 "Parma-Mezzani" D01 (ex 1PR);
- Viabilità di adduzione previste in Provincia di Reggio Emilia
 - ❑ D02 (ex 1RE) - Variante alla SP n° 41 in corrispondenza del tracciato Cispadano - tratto tra SP n° 60 e Brescello);
 - ❑ D03 (ex 2RE) - Cispadana tra la S.P. n° 2 "Reggiolo - Gonzaga" e la ex S.S.n° 62 "della Cisa" D03.
- Viabilità di adduzione provincia di Ferrara
 - ❑ D04 – D05- D06 - D07 (ex 1FE) Raccordo Bondeno – Cento – Autostrada Cispadana.

La strada di collegamento Bondeno – Cento – Autostrada Cispadana realizza il potenziamento della direttrice Nord-Sud (Strada di collegamento Bondeno – Cento – Autostrada Cispadana), e, una volta collegata all'Autostrada Regionale Cispadana, svolgerà un ruolo strategico per migliorare complessivamente la mobilità dell'area e per promuovere migliori condizioni di sviluppo socio-economico. Inoltre, essa, offrendosi come funzione viabilistica di grande attrattività rispetto alla mobilità dell'intera area ferrarese, potrà drenare, in ragione della sua diretta relazione con il sistema autostradale regionale e nazionale (autostazione di Cento), importanti quote di traffico aventi origine e destinazione nord/sud.

Oggetto della presente relazione è la viabilità di adduzione al sistema autostradale: Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana "Tratta C" identificata dalla WBS D05, ex1FE).

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE

La viabilità di adduzione al sistema autostradale Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana è un'opera già programmata dalla Provincia di Ferrara, in quanto l'ambito territoriale interessato da questo potenziamento infrastrutturale denuncia una forte carenza di relazioni con il sistema della mobilità in genere, sia ferroviaria che stradale.

In relazione al considerevole sviluppo dell'intero tracciato di progetto e della differente relazione che esso esprime rispetto al nuovo tracciato autostradale, si è ritenuto opportuno suddividere l'intera estesa dell'opera in quattro tratti funzionali indipendenti, e più precisamente:

- ❑ WBS D07 - Tratto "A1": Cento – via Canne, Via Renazzo (località Torre Spada)
- ❑ WBS D06 - Tratto "A2": SP.66 – via Monsignor di sotto
- ❑ WBS D04 - Tratto "B": Autostazione "Cento" – via degli Orologi";
- ❑ WBS D05 - Tratto "C": Autostazione "Cento" – S.P. n° 9 "Centese"
- ❑ WBS D08 - Tratto "D": S.P. n° 69 "Centese" – S.P. n° 18

Il tratto oggetto di studio della presente relazione riguarda la parte del tratto C che ha inizio dalla rotatoria di svincolo dell'Autostazione di "Cento" e termina in corrispondenza della S.P. n° 9 "Centese" in corrispondenza della nuova rotatoria di progetto "R7". Il progetto si sviluppa interamente a Nord del nuovo asse autostradale regionale Cispadana e, attraverso delle intersezioni a raso con rotatorie, consente di ripristinare i collegamenti con le viabilità esistenti sia provinciali che comunali.

Il tratto "C" è caratterizzato da una configurazione geometrica articolata e completamente in variante plano-altimetrica rispetto alla rete stradale esistente. Esso consente di collegare direttamente l'abitato di Finale Emilia (MO) con Bondeno (FE) e, pertanto, le Province di Modena e Ferrara.

In particolare, il tratto in oggetto, di sezione tipo "C2", ha inizio dalla rotatoria dell'autostazione di Cento e con tre curve a raggio crescente di 178 m, 270 m, 410 m opportunamente raccordate dai raccordi di transizione "clotoidi", si allinea in parallelo all'asse autostradale sul lato nord e con un rettilineo di 547 arriva all'intersezione con via degli Orologi in cui è prevista la prima rotatoria di progetto (Rotatoria R1 – DCS05-A). Da qui prosegue sempre in parallelo all'autostrada con un'ampia curva verso destra di raggio 1800 m fino alla successiva rotatoria sulla S.P. n° 13 (Rotatoria R2 – DCS05-B).

Il tratto successivo di circa 700 m è caratterizzato da un stretto parallelismo fra autostrada e Canali di Cento e Chiodarolo, nonché dalla presenza di un paio di abitazioni che vincolano fortemente il tracciamento planimetrico. A causa dei forti vincoli geometrici dovrà essere demolito un edificio adibito a deposito, preservando però l'abitazione adiacente.

Dopo questo tratto il tracciato devia puntando più verso nord-est e passa dietro alla discarica di S.Agostino. Il progetto preliminare prevedeva in questo tratto il parallelismo ravvicinato con i Canali di Cento e Chiodarolo, ma a

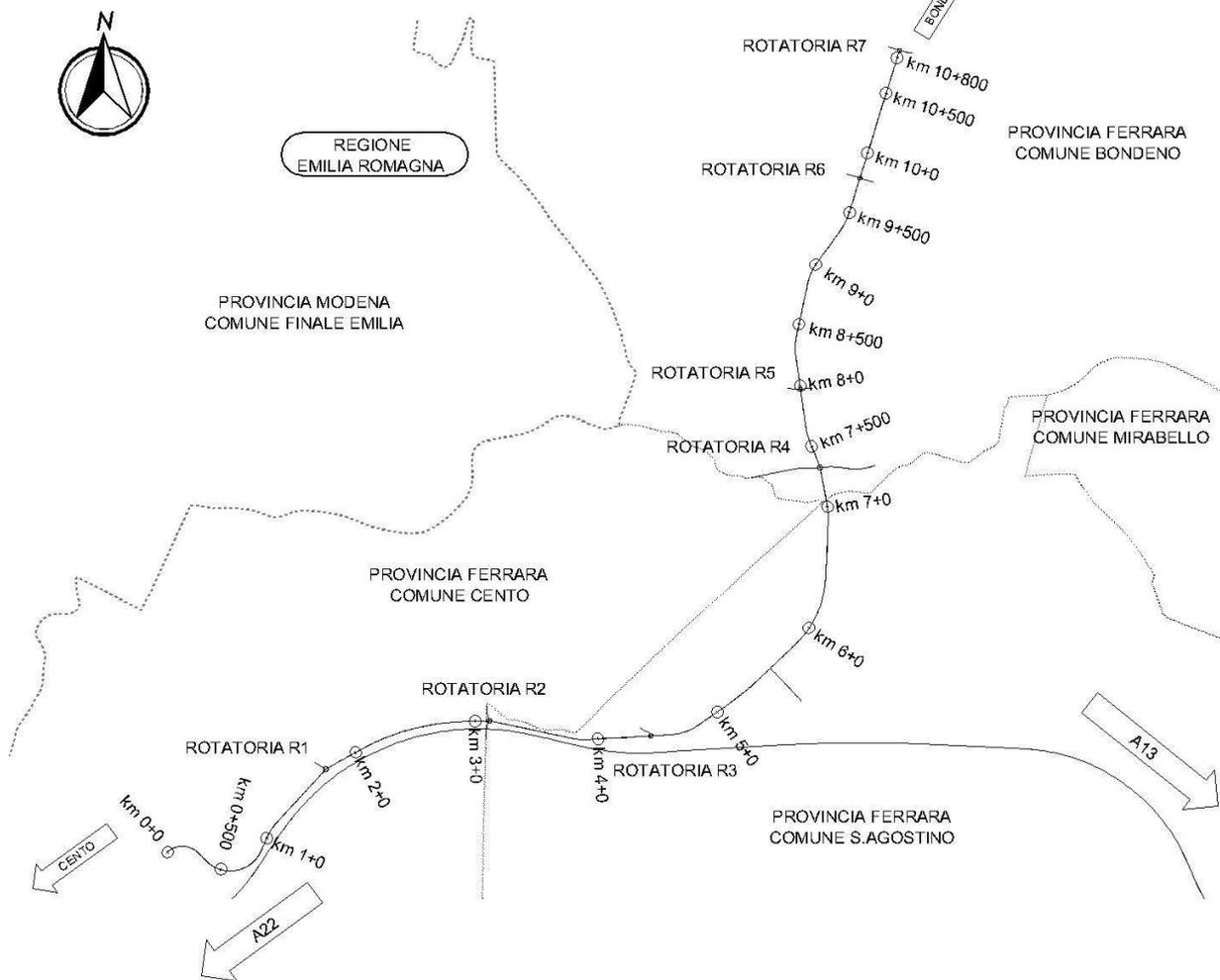
seguito dei vincoli imposti dai consorzi di bonifica, dalla presenza dell'area vincolata in corrispondenza della discarica e dalla presenza di alcune abitazioni si dovuto adottare un tracciato alternativo approvato dalla Provincia di Ferrara che passa a est della discarica fuori dalla zona vincolata. Sul questo tratto è stata inserita anche la rotatoria di Via Quattro torri (Rotatoria R3 – DCS05-C) che era prevista più a est della viabilità di adduzione e che ora con la deviazione adottata può essere ricucita.

Il tracciato poi curva nuovamente verso nord con un'ampia curva a sinistra di raggio 800 m fino alla rotatoria (Rotatoria R4 – DCS05-D) che verrà realizzata su una piccola variante della S.P. n° 67. Il tracciato prosegue ancora verso nord secondo un percorso ottimizzato rispetto al progetto preliminare indicato dalla Provincia di Ferrara con direzione Bondeno per terminare all'intersezione con la S.P. n° 9 in località S. Bianca in corrispondenza della rotatoria R7 (DCS05-G). Lungo questo tratto sono previste 2 rotatorie (Rotatoria R5 – DCS05-E e Rotatoria R6 DCS05-F) all'intersezione con strade comunali minori che rispetto alle altre sono state dimensionate con un diametro più piccolo.

Altimetricamente il tratto "C" ha pendenze praticamente orizzontali intervallate dalle necessarie rampe in corrispondenza dei numerosi scavalcamenti di canali e fiumi esistenti che portano ad avere altezze sul piano campagna anche dell'ordine di 8,70 m in corrispondenza del Ponte su Emissario Acque Basse. In particolare, lungo tutto l'intervento di progetto sono stati previsti 5 ponti strutturali in c.a.p. che consentono di scavalcare i canali intercettati e dare continuità al tracciato stradale.

La pendenza longitudinale massima è 3.25 in corrispondenza della rampa per lo scavalco dell'Emissario Acque Basse.

KEY-PLAN



Schema assi di tracciamento

2.1 Piattaforma stradale e sezioni tipo

4.1.1. Asse stradale

Con riferimento alla sezione stradale tipo, secondo quanto previsto dalla normativa vigente del D.M. 05/11/2001 sono state adottate le seguenti piattaforme stradali: strada extraurbana secondaria Tipo C2 per l'asse principale "A" mentre, per i restanti assi secondari, trattandosi di collegamenti di raccordo alle rotonde con le viabilità comunali esistenti, sono state adottate delle piattaforme di categoria tipo F locali.

Strade tipo C2:

La piattaforma risulta costituita da due corsie di marcia oltre a banchina per una larghezza totale esclusi gli elementi marginali pari a 9,50 m. La pendenza trasversale corrente è pari al 2,50% verso l'esterno per ciascuna corsia (**figura 2.1**).

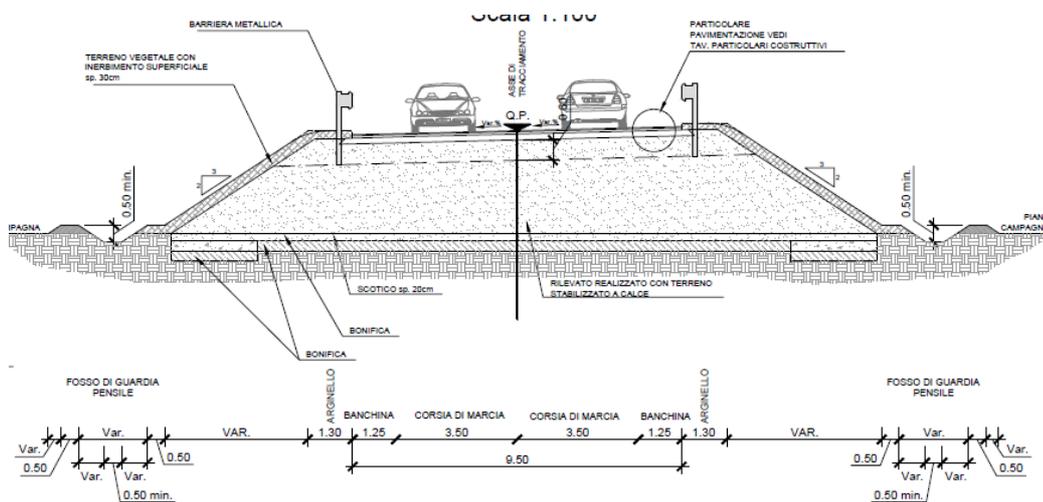


Figura 2.1 Esempio di sezione tipo C2 in curva

Le due corsie sono di larghezza pari a 3,50 m, la banchina è di larghezza pari a 1,25 m. Detti calibri sono stati mantenuti sia per le tratte in sede naturale che in sede artificiale (ponti).

Per i tratti in cui si prevede il posizionamento delle piazzole di sosta, la sezione pavimentata sarà allungata di 3,50 m, per complessivi 13,00 m: la sistemazione degli elementi marginali risulta analoga alla sezione corrente.

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 o degli elementi marginali 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.

Nei tratti in rilevato la piattaforma pavimentata è completata in destra e sinistra da arginelli in terra di larghezza pari a 1,30 m e 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. Sempre in corrispondenza degli arginelli troveranno collocazione i pozzetti di ispezione per gli impianti tecnologici e, dove previste, ed i corpi illuminanti.

Le scarpate sono realizzate con pendenza 3/2: i primi 30 cm di terreno saranno di tipo vegetale al fine di facilitarne l'inerbimento delle scarpate.

Strade tipo F locali:

Nel caso di strada tipo F locali, la piattaforma risulta costituita da due corsie di marcia oltre alla banchina per una larghezza totale esclusi gli elementi marginali pari a 8,50 m. La pendenza trasversale corrente è pari a 2.50% verso l'esterno per ciascuna corsia.

Le due corsie sono di larghezza pari a 3.25 m, la banchina è di larghezza pari a 1.00 m. Detti calibri sono stati mantenuti costanti lungo il tracciato ad eccezione dei tratti in cui gli assi si innestano nelle rotatorie dove necessariamente le piattaforme si allargano per l'inserimento dei bracci di innesto in rotatoria.

Nei tratti in rilevato la piattaforma pavimentata è completata in destra e sinistra da arginelli in terra di larghezza pari a 1,05 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 (**figura 2.2**).

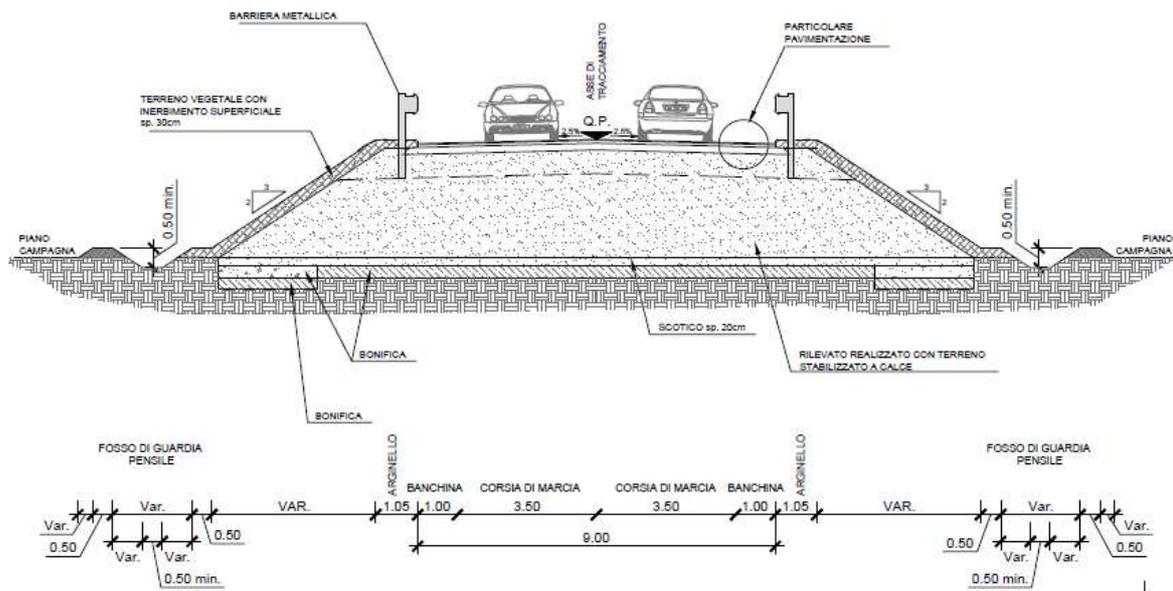


Figura 2.2 Esempio di sezione tipo F locale in rettilo

Le scarpate sono realizzate con pendenza 3/2: i primi 30 cm di terreno saranno di tipo vegetale al fine di facilitare l'inerbimento delle scarpate.

La raccolta delle acque avviene a seconda dei casi mediante caditoie carrabili o embrici. Il recapito finale è costituito dal fosso di guardia posizionato al piede del rilevato.

Per tutte le categorie di strada, il rilevato stradale viene realizzato su piano di posa preparato mediante scotico (sp= 20 cm) e bonifica (sp variabile in funzione dell'altezza del rilevato e del terreno sottostante).

4.1.2. Rotatorie

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di sette rotatoria a raso, che consentono di collegare la viabilità esistente con il nuovo tracciato della viabilità di adduzione della Bondeno-Cento.

Le rotatorie R1, R2 ed R4 (rispettivamente identificate col codice DCS05-A, DCS05-B e DCS05-D) sono caratterizzate da Raggio interno pari a 15,50 metri (Rest= 23,50 m) mentre, le rotatorie R3, R5, R6 ed R7 (identificate col codice DCS05-C, DCS05-E, DCS05-F e DCS05-G) sono caratterizzate da Raggio interno pari a 12,00 metri (Rest= 20,00 m). Tutte le rotatorie sono realizzate con piattaforma pavimentata avente larghezza pari a 8,00 m costituita da una corsia giratoria di 6,00 m affiancata da banchine in destra e sinistra pari a 1,00 metro. La pendenza trasversale corrente è pari al 2,00% verso l'esterno.

L'isola centrale sarà delimitata da cordoli in cls a sezione trapezia. La sistemazione a verde della stessa avverrà con terreno di riporto proveniente dagli scavi ed arredata per mezzo specie arboree ed arbustive per la cui definizione si rimanda agli elaborati specifici.

Lungo il perimetro esterno sono previsti elementi marginali analoghi a quelli adottati per il tracciato principale: costituiti da un arginello inerbito di larghezza pari a 1,30 metri. Le scarpate saranno realizzate con pendenza al 3/2 e rivestite da uno strato di terreno vegetale dello spessore di 30 cm (**figura 2.3**).

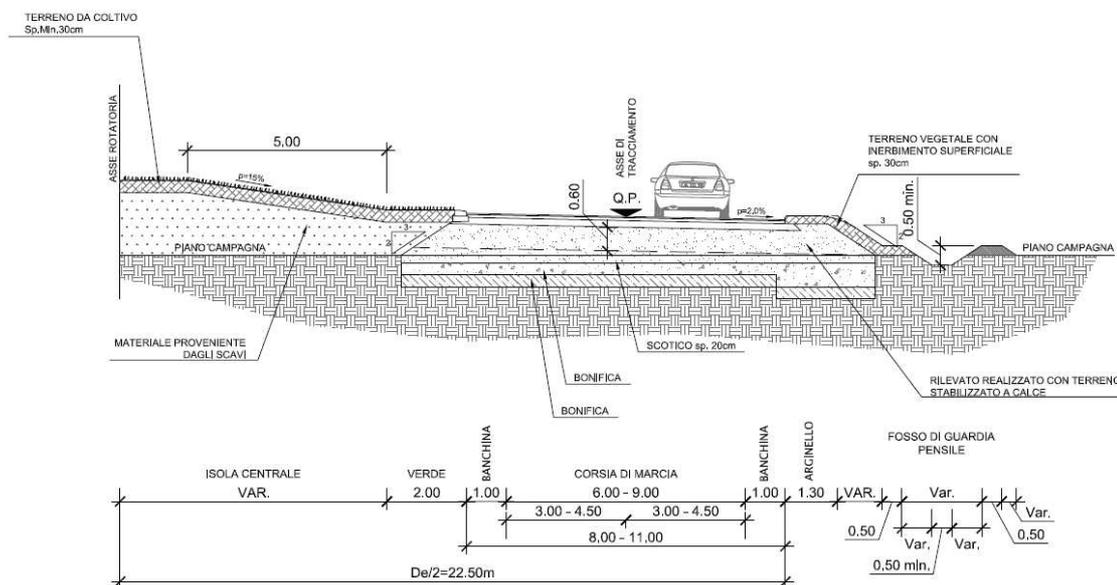


Figura 2.3 Esempio di sezione tipo in rotatoria

Per i rami di ingresso ed uscita delle rotatorie, la piattaforma pavimentata risulta avere una larghezza pari rispettivamente a 5,00 m e 6,00 m così composta:

- Corsia in entrata L= 3,50 m;
- Corsia in uscita L= 4,50 m;
- Banchina in Sx L= 0,50 m;

- Banchina in Dx L= 1,00 m.

Gli elementi marginali rispettano quanto previsto per il rilevato e la trincea della viabilità principale.

4.1.3. Sovrastrutture e pavimentazioni

La pavimentazione stradale è stata dimensionata allo scopo di garantire un'adeguata durabilità al piano viario e risulta essere di complessivi 87 cm composta come segue:

- Strato di usura in splitt mastix asphalt. – sp. 3cm;
- Strato di collegamento in c.b. – sp. 7cm;
- Strato di base in c.b. – sp. 17 cm;
- Sottofondazione in materiale da rilevato – sp. min. 60 cm

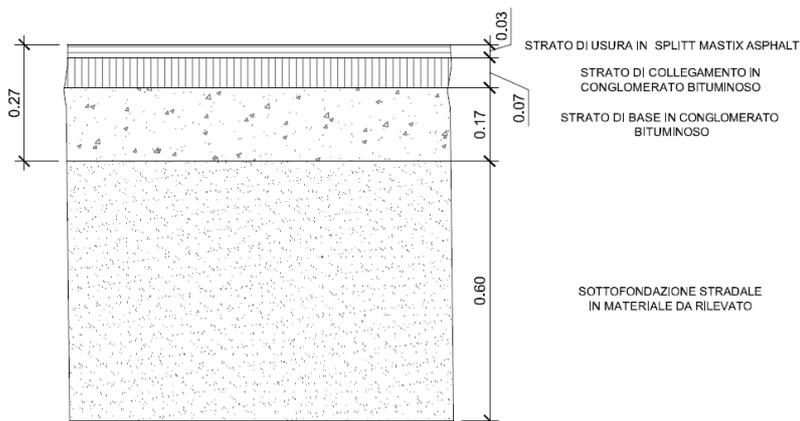


Figura 2.4 *Composizione della sovrastruttura stradale*

Per le intersezioni a rotatoria la sovrastruttura stradale prevede lo stesso spessore e composizione degli strati previsti sull'asse principale.

4.1.4. Piazzole di sosta

Sull'asse principale, per ogni senso di marcia e secondo normativa, nei tratti ove la distanza tra le intersezioni è risultata superiore a 1000m e ad intervalli di 1000 m circa, sono previste piazzole di sosta. Le piazzole di sosta sono dimensionate con un allargamento della piattaforma di ulteriori 3.00 m oltre la banchina da 1.50m e presentano uno sviluppo pari a 65 m, di cui 25 m a larghezza costante e due tratti di 20 m a larghezza variabile, di raccordo alla piattaforma tipo.

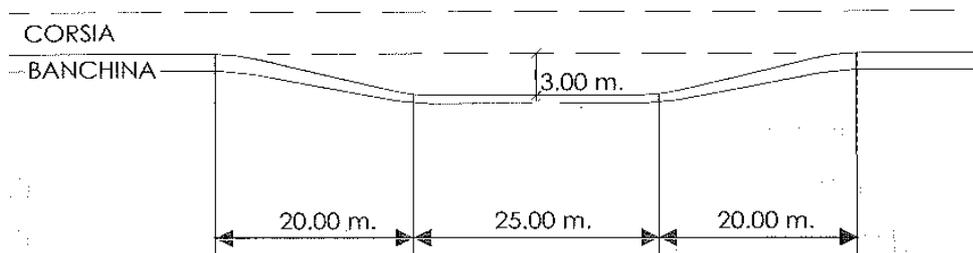


FIGURA 2.5 – STRALCIO PLANIMETRICO PIAZZOLA DI SCAMBIO

2.2 Andamento planimetrico

Nelle tabelle a seguire vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono gli assi stradali. In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- R = Rettifilo
- C = Curva Circolare
- AT = Clotoide di Transizione
- AF = Clotoide di Flesso
- AC = Clotoide di Continuità

In colonna (7) è indicato il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX = curva destrorsa, SX = curva sinistrorsa), in colonna (8) il valore di pendenza trasversale, mentre in colonna (9) è riportato per ogni elemento il valore massimo della velocità di progetto dedotto dal diagramma delle velocità.

Nella colonna (8) l'abbreviazione R significa l'adozione in curva della pendenza trasversale in discesa verso il margine esterno (falda in contropendenza) come quella in rettifilo.

1. Asse principale – Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana da pk 0+000,00 a pk 10+863,11

Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lunghezza (m)	Tipo Elem.	Parametro	Vs	lc (%)	Vp (Km/h)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	0.00	242.992	242.992	C	178	Dx	7	70
2	242.992	323.16	80.168	AF	119.457			81

Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lunghezza (m)	Tipo Elem.	Parametro	Vs	Ic (%)	Vp (Km/h)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
3	323.16	381.721	58.561	AF	125.744			85
4	381.721	835.951	454.231	C	270	Sx	7	82
5	835.951	961.72	125.769	AF	184.276			97
6	961.72	1036.844	75.123	AF	175.501			100
7	1036.84	1105.122	68.278	C	410	Dx	7	97
8	1105.12	1184.586	79.464	AT	180.5			100
9	1184.59	1731.799	547.214	R			2.5	100
10	1731.8	1935.598	203.798	R			2.5	68
11	1935.6	2135.598	200	AT	600			94
12	2135.6	2811.994	676.396	C	1800	Dx	2.832	100
13	2811.99	3011.994	200	AT	600			82
14	3011.99	3115.091	103.098	R			2.5	51
15	3115.09	3752.742	637.651	R			2.5	100
16	3752.74	3816.609	63.867	AT	178.7			100
17	3816.61	3887.842	71.233	C	500	Sx	6.426	100
18	3887.84	3951.71	63.867	AT	178.7			100
19	3951.71	4542.245	590.536	R			2.5	100
20	4542.25	4606.468	64.222	AT	170			66
21	4606.47	4793.216	186.748	C	450	Sx	6.874	100
22	4793.22	4857.438	64.222	AT	170			98
23	4857.44	5012.911	155.473	R			2.5	100
24	5012.91	5237.361	224.45	AT	670			100
25	5237.36	5307.689	70.328	C	2000	Sx	2.647	100
26	5307.69	5532.139	224.45	AT	670			100
27	5532.14	5771.049	238.911	R			2.5	100
28	5771.05	5869.049	98	AT	280			100

Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lunghezza (m)	Tipo Elem.	Parametro	Vs	Ic (%)	Vp (Km/h)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
29	5869.05	6381.284	512.234	C	800	Sx	4.758	100
30	6381.28	6479.284	98	AT	280			100
31	6479.28	6843.411	364.127	R			2.5	100
32	6843.41	6917.872	74.462	AT	220			100
33	6917.87	6993.093	75.221	C	650	Sx	5.433	100
34	6993.09	7067.555	74.462	AT	220			85
35	7067.56	7320.7	253.146	R			2.5	75
36	7320.7	7502.529	181.829	R			2.5	65
37	7502.53	7564.757	62.227	AT	185			74
38	7564.76	7634.389	69.632	C	550	Dx	6.046	100
39	7634.39	7696.616	62.227	AT	185			85
40	7696.62	8211.065	514.449	R			0.115	79
41	8211.07	8288.037	76.972	AT	179.8			84
42	8288.04	8356.925	68.889	C	420	Dx	7	98
43	8356.93	8433.897	76.972	AT	179.8			100
44	8433.9	8800.317	366.42	R			2.5	100
45	8800.32	8882.401	82.084	AT	181.2			100
46	8882.4	8965.712	83.311	C	400	Dx	7	97
47	8965.71	9047.795	82.084	AT	181.2			100
48	9047.8	9310.33	262.535	R			2.5	100
49	9310.33	9381.294	70.964	AT	178.7			100
50	9381.29	9455.483	74.189	C	450	Sx	6.874	100
51	9455.48	9526.447	70.964	AT	178.7			86
52	9526.45	10863.11	1336.659	R			2.5	77

2.3 Andamento altimetrico

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi. I raccordi altimetrici si distinguono in convessi e concavi e sono realizzati mediante archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo (L) viene calcolato con la seguente espressione:

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

dove Δi , espressa in percentuale, è la variazione di pendenza fra le due livellette da raccordare e R_v è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola.

Nelle tabelle a seguire vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi altimetrici che compongono l'asse stradale e gli assi del percorso ciclo-pedonale. In colonna (2) è riportato il tipo di raccordo altimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

S = Raccordo verticale convesso (Sacca)

D = Raccordo verticale concavo (Dosso)

In colonna (3) è indicata la progressiva del vertice, nelle colonne (6), (7) e (8) rispettivamente l'inizio, la fine e lo sviluppo del raccordo, nelle colonne (9) e (10) la pendenza di ogni livelletta. Infine, in colonna (4) il valore del raggio di progetto.

1. Asse principale – Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana da pk 0+000,00 a pk 10+863,11

N	D/S	Progr.Vert	Rv	delta i (%)	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lunghezza (m)	i1 (%)	i2 (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1		0	0.000					0	0
2		20.6159	0.000	1.9879	20.6159	20.6159	0	0	1.9879
3	D	39.6118	400.000	-4.0629	31.4859	47.7376	16.2529	1.9879	-2.0751
4	S	77.6672	2000.000	1.9979	57.6879	97.6464	39.9615	-2.0751	-0.0771
5	S	323.16	10000.000	0.550	295.6549	350.6651	55.0104	-0.0771	0.473
6	S	482.4455	5000.000	0.627	466.7696	498.1214	31.3527	0.473	1.1
7	D	753.8383	3500.000	-2.580	708.6883	798.9883	90.3027	1.1	-1.48
8	S	952.478	5000.000	1.453	916.1516	988.8045	72.6556	-1.48	-0.0269
9	D	1136.9769	20000.000	-0.047	1132.275	1141.679	9.4033	-0.0269	-0.074

N	D/S	Progr.Vert	Rv	delta i (%)	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lunghezza (m)	i1 (%)	i2 (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
10	D	1504.1128	20000.000	-0.067	1497.408	1510.817	13.4088	-0.074	-0.141
11	S	1630.9542	5000.000	0.036	1630.052	1631.856	1.8042	-0.141	-0.1049
12	S	1702.8963	400.000	2.105	1698.686	1707.106	8.4202	-0.1049	2
13		1716.3025	0.000	-2.000	1716.303	1716.303	0	2	0
14		1747.2976	0.000	-2.000	1747.298	1747.298	0	0	-2.0002
15	S	1783.5505	1500.000	1.944	1768.97	1798.131	29.1637	-2.0002	-0.0561
16	S	2003.4424	2000.000	0.741	1996.038	2010.847	14.8094	-0.0561	0.6844
17	D	2203.0733	5000.000	-0.834	2182.229	2223.918	41.6889	0.6844	-0.1494
18	S	2532.6284	5000.000	0.459	2521.166	2544.091	22.9253	-0.1494	0.3091
19	D	2714.8136	10000.000	-0.282	2700.725	2728.902	28.1766	0.3091	0.0273
20	S	3017.7456	5000.000	0.956	2993.843	3041.648	47.8054	0.0273	0.9834
21	S	3090.3427	250.000	1.017	3089.072	3091.614	2.542	0.9834	2.0001
22		3099.5919	0.000	-2.000	3099.592	3099.592	0	2.0001	0
23		3130.5864	0.000	-2.000	3130.586	3130.586	0	0	-2
24	S	3208.6058	2000.000	2.200	3186.606	3230.606	44.0027	-2	0.2
25	D	3704.5994	100000.000	-0.400	3504.599	3904.599	400.0003	0.2	-0.2
26	S	4386.1992	1000.000	2.200	4375.199	4397.199	22.0013	-0.2	2
27		4408.2793	0.000	-2.000	4408.279	4408.279	0	2	0
28		4432.2553	0.000	-2.000	4432.255	4432.255	0	0	-2
29	S	4453.9071	1000.000	2.200	4442.907	4464.907	22.0013	-2	0.2
30	D	4733	35000.000	-0.500	4645.5	4820.5	175.0002	0.2	-0.3
31	S	4974.8079	35000.000	0.500	4887.308	5062.308	175.0002	-0.3	0.2
32	D	5248.9175	50000.000	-0.400	5148.918	5348.918	200.0001	0.2	-0.2
33	S	5863.4931	10000.000	0.700	5828.493	5898.493	70.0002	-0.2	0.5
34	D	6054.7499	20000.000	-0.800	5974.75	6134.75	160.0005	0.5	-0.3
35	S	6273.9496	20000.000	0.600	6213.95	6333.95	120.0002	-0.3	0.3
36	D	6714.446	20000.000	-0.100	6704.446	6724.446	20.0001	0.3	0.2

N	D/S	Progr.Vert	Rv	delta i (%)	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lunghezza (m)	i1 (%)	i2 (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
37	S	6914.0257	3000.000	1.800	6887.026	6941.026	54.004	0.2	2
38	D	7067.7863	5000.000	-4.000	6967.786	7167.786	200.0133	2	-2
39	S	7247.3308	2000.000	4.000	7207.331	7287.331	80.0053	-2	2
40		7305.2082	0.000	-2.000	7305.208	7305.208	0	2	0
41		7336.2002	0.000	-2.000	7336.2	7336.2	0	0	-2
42	S	7467.9277	2000.000	1.955	7448.376	7487.48	39.1062	-2	-0.0448
43	S	7937.0582	1000.000	2.045	7926.834	7947.282	20.4496	-0.0448	2
44		7962.2995	0.000	-2.000	7962.3	7962.3	0	2	0
45		7986.2995	0.000	-2.000	7986.3	7986.3	0	0	-2
46	S	8010.5188	1000.000	2.099	8000.025	8021.012	20.9884	-2	0.0987
47	S	8531.2762	3800.000	3.151	8471.407	8591.146	119.7602	0.0987	3.2497
48	D	8806.8101	7500.000	-5.433	8603.084	9010.536	407.5086	3.2497	-2.183
49	S	9265.7659	3500.000	2.143	9228.256	9303.276	75.0267	-2.183	-0.0395
50	D	9515.8719	5000.000	-0.476	9503.961	9527.783	23.8219	-0.0395	-0.516
51	S	9597.7264	3500.000	0.716	9585.197	9610.256	25.0593	-0.516	0.2
52	S	9703.1114	2000.000	1.800	9685.111	9721.111	36.0027	0.2	2
53		9776.3984	0.000	-2.000	9776.398	9776.398	0	2	0
54		9800.3984	0.000	-2.000	9800.398	9800.398	0	0	-2
55	S	9848.4774	2000.000	1.800	9830.475	9866.48	36.0074	-2	-0.1998
56	S	10001.0772	5000.000	0.866	9979.42	10022.73	43.3143	-0.1998	0.6665
57	D	10055.3026	5000.000	-0.555	10041.42	10069.19	27.7715	0.6665	0.1111
58	D	10353.8376	5000.000	-0.668	10337.13	10370.54	33.4082	0.1111	-0.5571
59	S	10520.3534	3000.000	0.823	10508	10532.7	24.6989	-0.5571	0.2662
60	S	10776.0999	1500.000	1.734	10763.1	10789.1	26.0087	0.2662	2
61		10851.1056	0.000	-2.000	10851.11	10851.11	0	2	0
62		10863.1056						0	0

3. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI

4.2. Inquadramento Normativo

Per il quadro normativo si fa riferimento all'elaborato:

PD_0_0000_0000_0_GE_KT_01 Elenco delle Normative di riferimento

4.3. Criteri progettuali principali

3.2.1 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
- pari a 45 metri nel caso di strade extraurbane locali TIPO F

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

$$\begin{aligned} \text{per } L < 300 \text{ m} \quad R &\geq L \\ \text{per } L \geq 300 \text{ m} \quad R &\geq 400 \text{ m} \end{aligned}$$

(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 Figura 3.1;

(d) *Lunghezza massima dei rettifili:*

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

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 rettifili.*

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 rettifilo considerato.

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

TABELLA 1 – LUNGHEZZA MINIMA DEI RETTIFILI IN RELAZIONE ALLA VELOCITÀ

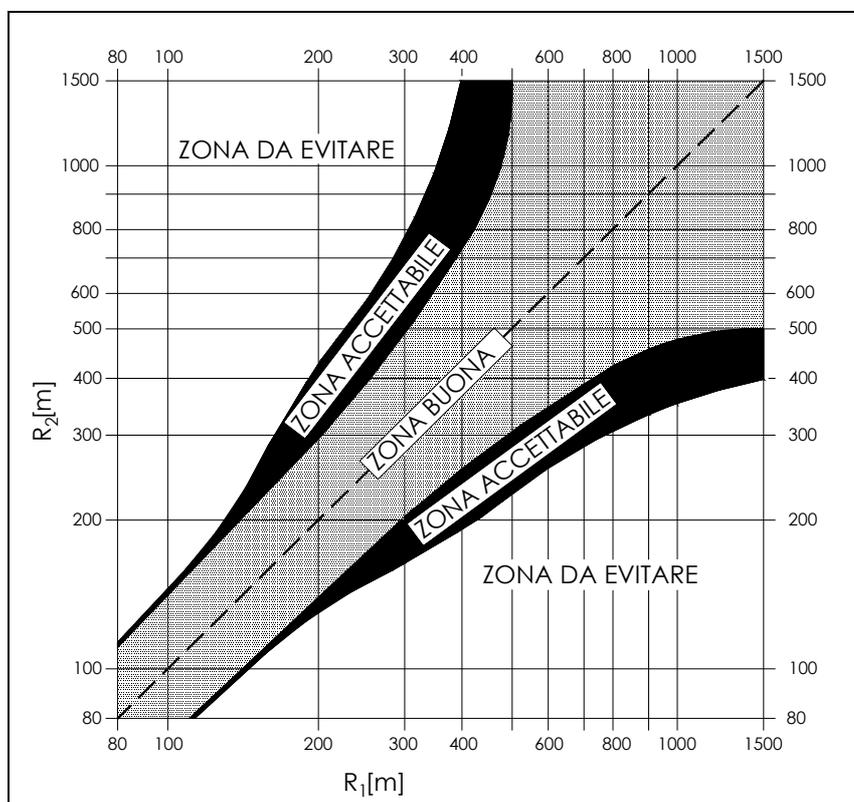


FIGURA 3.1 – ABACO DI KOPPEL (DM 05/ 11/01)

(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).

La costruzione del diagramma di velocità lungo l'asse stradale è stata effettuata secondo quanto prescritto dal DM 05/11/2001 e di seguito riportato.

- La velocità è mantenuta costante lungo lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a $R_{2,5}$;
- la velocità varia crescendo verso la velocità massima dell'intervallo di progetto lungo i rettifili, le clotoidi e gli archi con raggio non inferiore a $R_{2,5}$;
- Il valore di accelerazione e decelerazione è pari a 0,8 m/s². Tale valore è stato mantenuto invariato anche per i tratti in approccio alle intersezioni con schema a rotatoria.
- In corrispondenza delle rotatorie si è assunta una velocità di percorrenza pari a 30 km/h;
- La pendenza longitudinale non influenza la velocità di progetto.

(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:

$$A_{min} = \sqrt{\frac{v^3}{c} - \frac{gvR \cdot (q_f - q_i)}{c}}$$

dove:

- c = contraccollo;
- v = massima velocità (m/s), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide considerato;
- q_i = pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;
- q_f = pendenza trasversale nel punto finale della clotoide;
- g = accelerazione di gravità.

Ponendo $c = \frac{14}{v(m/s)} = \frac{50.4}{V(km/h)}$ si ottiene:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{v^4}{14} - \frac{gv^2R \cdot (q_f - q_i)}{14}} = \frac{v}{\sqrt{14}} \sqrt{v^2 - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

$$A_{\min} = \frac{V}{3,6\sqrt{14}} \sqrt{\frac{V^2}{12,96} - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

Il DM 6792/2001 propone, in alternativa, di effettuare il calcolo con una formula approssimata che non tiene conto della componente dell'accelerazione centripeta compensata dalla variazione di pendenza trasversale. L'espressione per il calcolo di A_{\min} diventa, in questo caso:

$$A_{\min} = \frac{V^2}{12,96\sqrt{14}} = 0.0206125 \cdot V^2 \cong 0.021 \cdot V^2$$

Critero 2 (Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata)

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide la carreggiata stradale presenta differenti pendenze trasversali, che vanno raccordate longitudinalmente, introducendo una sovrappendenza nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione. Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;
- i_{\max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata;
- $q_i = \frac{i_{ci}}{100}$ dove i_{ci} = pendenza trasversale iniziale
- $q_f = \frac{i_{cf}}{100}$ con i_{cf} = pendenza trasversale finale
- $|q_i + q_f|$ è il valore assoluto della somma delle pendenze trasversali

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Critero 3 (Ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo e del successivo cerchio deve essere verificata la relazione :

$$R/3 \leq A \leq R$$

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

$$R_2/3 \leq A \leq R_1$$

dove R1 è il raggio minore ed R2 il raggio maggiore dei due cerchi raccordati con la clotoide di continuità.

Oltre ai criteri precedentemente descritti si è proceduto alla verifica del rapporto AE/AU delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e del rapporto A1/A2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto prescritto dal D.M. 5/11/2001:

$$2/3 \leq A_E/A_U \leq 3/2 \quad 2/3 \leq A_1/A_2 \leq 3/2$$

3.2.2 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%.

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo F (strade extraurbane locali), è pari al 10%.

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:

- R_v = raggio del raccordo verticale convesso [m]
- D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m]
- Δi = 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].
- Δi = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento
- h = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale
- ϑ = 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.

3.2.3 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_i	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:

$$D_A = D_1 + D_2 = \frac{V_0}{3,6} \times \tau - \frac{1}{3,6^2} \int_{v_0}^{v_1} \frac{V}{g \times \left[f_i(V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + r_0(V)} dV \quad [m]$$

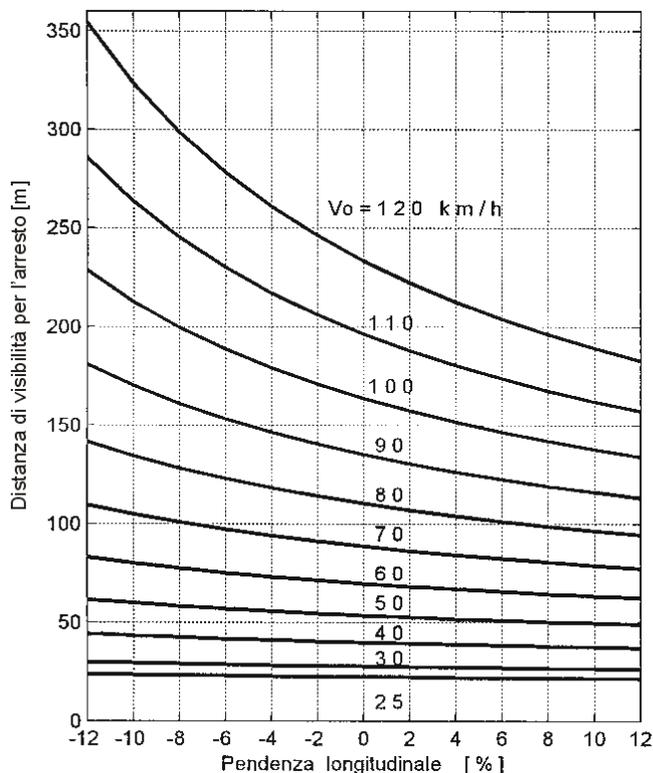
dove:

- D1 = spazio percorso nel tempo τ
- 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 [%]
- τ = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]
- g = accelerazione di gravità [m/s²]
- 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:

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

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.

3.2.4 Rappresentazione dei risultati

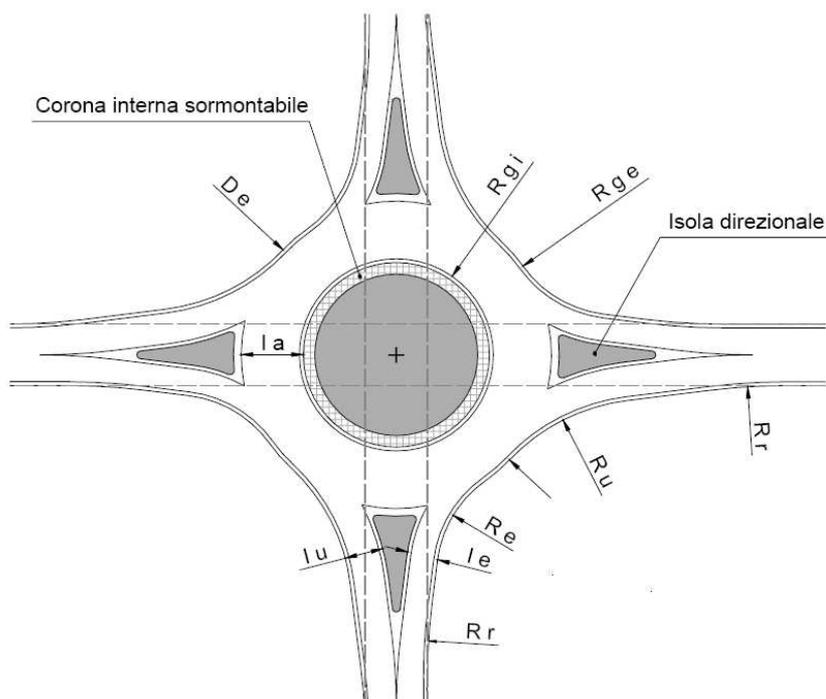
I risultati delle analisi sono riportati in forma tabulare nel capitolo che segue ed in forma grafica sintetica negli elaborati specifici allegati al presente progetto definitivo, nei quali sono riassunti, in funzione dello sviluppo longitudinale della strada, le seguenti informazioni:

- 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).

4.4. Progettazione delle intersezioni a rotatoria

3.3.1 Dimensionamento degli elementi modulari



ELEMENTI DI PROGETTO DELLE ROTATORIE

In tabella si riportano le larghezze degli elementi modulari, come definite dalla normativa vigente:

	Notazione	Intervello di validità	Mini rotatorie sormontabili	Mini rotatorie parzialmente	Rotatorie convenzionali	Grandi Rotatorie
--	------------------	-------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------	-------------------------

				<i>sormontabili</i>		
Diametro esterno della rotatoria	De	De \geq (14 m) 18 m	14÷18	18÷26	26÷50	>50 m
Raggio giratorio esterno	Rge	De/2	7÷9	9÷13	13÷25	>25 m
Raggio giratorio interno	Rgi	Rgi - la	0÷2	variabile	variabile	variabile
Larghezza dell'anello	la	7 m \leq la \leq 9 m	7÷8	7÷8	8÷9	9÷10
Larghezza anello interno sormontabile	Lis	0 \leq lis \leq 2 m	Isola centrale completamente sormontabile	1,5÷2	1,5÷2	0
Raggio d'entrata	Re	10 m \leq Re \leq De/2	10	10÷13	10÷25	10÷De/2
Larghezza corsia entrante	Le*	4 m \leq le \leq 4,5 m (1 corsia) 7 m \leq le \leq 9 m (2 corsie)	le \leq 4,5 (1 c.)	le \leq 4,5 (1 c.)	4 \leq le \leq 4,5 (1 c.) 7 \leq le \leq 9 (2 c.)	4 \leq le \leq 4,5 (1 c.) 7 \leq le \leq 9 (2 c.)
Raggio d'uscita	Ru	15 m \leq Ru \leq 30 m	15÷30	15÷30	15÷30	15-30 m
Larghezza corsia uscita	lu	4,5 m \leq lu \leq 6 m (1 corsia) 7,5 m \leq lu \leq 9 m (2 corsie)	lu \leq 6 (1 c.)	lu \leq 6 (1 c.)	4,5 \leq lu \leq 6 (1 c.) 7,5 \leq lu \leq 9 (2 c.)	4,5 \leq lu \leq 6 (1 c.) 7,5 \leq lu \leq 9 (2 c.)
Raggio di raccordo	Rr	2 x De	28÷36	36÷52	52÷100	>100 m

(*) Al fine di migliorare le performances in termini di capacità, di smaltimento dei flussi di traffico e di sicurezza complessiva del nodo, si ritiene ragionevole intendere il valore della larghezza della corsia di ingresso indicata dalla norme regionali come valore minimo. Nel progetto verranno quindi adottate dimensioni leggermente superiori.

La norma non fornisce chiare indicazioni relativamente alle dimensioni delle banchine da prevedere nella corona rotatoria. Per quanto riguarda la banchina esterna è stata assunta una larghezza pari a 1.00. Per la banchina interna dovranno essere utilizzate dimensioni minime di 0.50 m, incrementabili se necessario ai fini della funzionalità della rotatoria in relazione agli ingombri dei veicoli pesanti, previa verifica del rispetto degli angoli di deflessione.

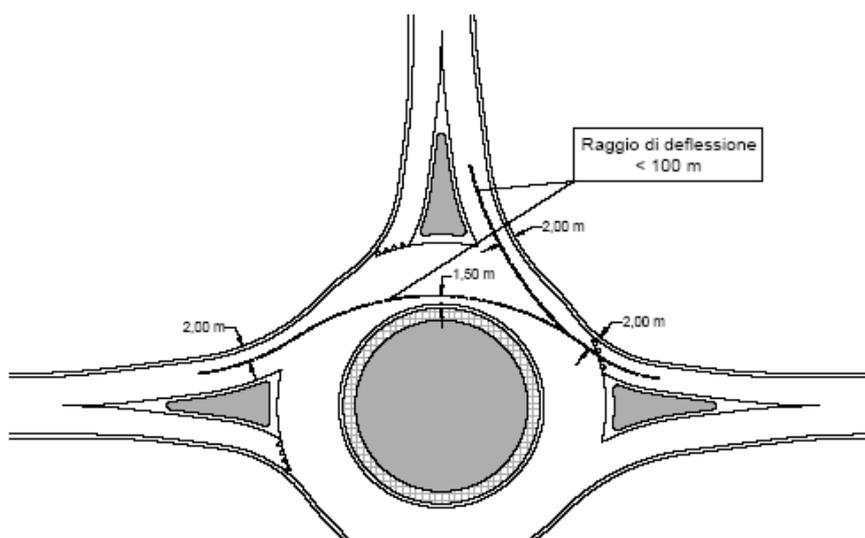
Onde garantire la migliore efficacia dello scolo delle acque meteoriche, la normativa regionale prescrive la pendenza della carreggiata anulare nelle rotatorie aventi diametro esterno $De \leq 50$ m rivolta verso l'esterno (pendenza 1,5- 2%). Mentre per rotatorie con diametro $De > 50$ m una pendenza verso l'interno (1,5-3%).

3.3.2 Geometria della rotatoria e analisi di visibilità

La regola principale per il disegno progettuale delle rotatorie riguarda il controllo della deflessione delle traiettorie in attraversamento del nodo, ed in particolare le traiettorie che interessano due rami opposti o adiacenti rispetto all'isola centrale.

Lo scopo primario delle rotatorie è un assoluto controllo delle velocità all'interno dell'incrocio ed è essenziale che la geometria complessiva impedisca valori cinematici superiori ai limiti usualmente assunti a base di progetto.

La normativa regionale definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di circonferenza passante a 1,5 m dal bordo dell'isola centrale e a 2 m dal bordo delle corsie d'entrata e d'uscita, siano esse adiacenti o opposte (si veda la figura sotto riportata). Occorre verificare l'ampiezza del raggio di deflessione per le manovre relative ad ogni braccio di ingresso e uscita. Tale raggio deve essere inferiore a 100 metri: in tal modo la velocità in rotatoria non potrà mai essere superiore ai 50 Km/h.



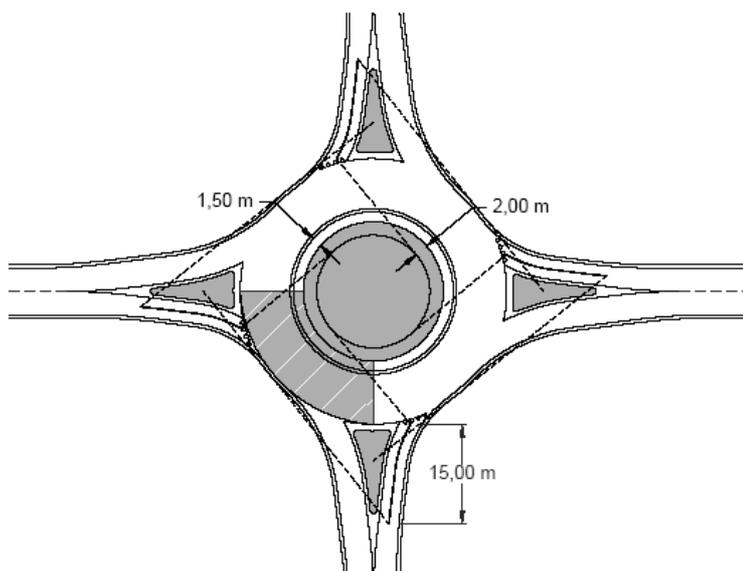
COSTRUZIONE DELLA VERIFICA DI DEFLESSIONE DA GARANTIRE NELLE ROTATORIE

3.3.3 Determinazione delle aree di visibilità

Gli utenti che si avvicinano ad una rotatoria devono percepire i veicoli con precedenza all'interno della corona in tempo per modificare la propria velocità per cedere il passaggio o eventualmente fermarsi. In particolare, onde garantire un'adeguata visibilità, si devono adottare le seguenti prescrizioni:

- il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15 m 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 1 m 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.

La modalità di costruzione delle aree di visibilità è rappresentata nella figura seguente.



COSTRUZIONE DELL'AREA DI VISIBILITÀ DA GARANTIRE NELLE ROTATORIE

3.3.4 Determinazione del livello di servizio

Calcolo della capacità delle rotatorie

Il calcolo della capacità di una rotatoria in ambito extraurbano, a titolo indicativo, può essere effettuato attraverso la metodologia francese proposta dal SETRA. Tale metodo ha il pregio di fornire, oltre al valore della capacità, anche altri elementi utili per la conoscenza del livello di servizio di una rotatoria.

La capacità, espressa dalla formula seguente, è funzione decrescente del traffico di disturbo Qd che ne ostacola l'ingresso, mentre aumenta in funzione della larghezza della corsia di entrata ENT:

$$Q_e = (1130 - 0.7Q_d)[1 + 0.1(ENT - 3.5)]$$

dove:

Q_e = capacità di un braccio di ingresso [veic/h]

ENT = larghezza della corsia in entrata misurata dietro il primo veicolo fermo all'altezza

della linea del "dare precedenza" [m]

Q_d = traffico di disturbo [veic/h]:

$$Q_d = (Q_c + 2/3 Q_u') [1 - 0.085(ANN - 8)]$$

Q_c = traffico circolante, ovvero flusso che percorre l'anello all'altezza della immissione

[veic/h]

ANN = larghezza dell'anello [m]

Q_u' = traffico uscente equivalente [veic/h]:

$$Q_u' = Q_u (15 - SEP) / 15$$

Q_u = traffico uscente [veic/h]

SEP = larghezza dell'isola spartitraffico all'estremità del braccio [m]

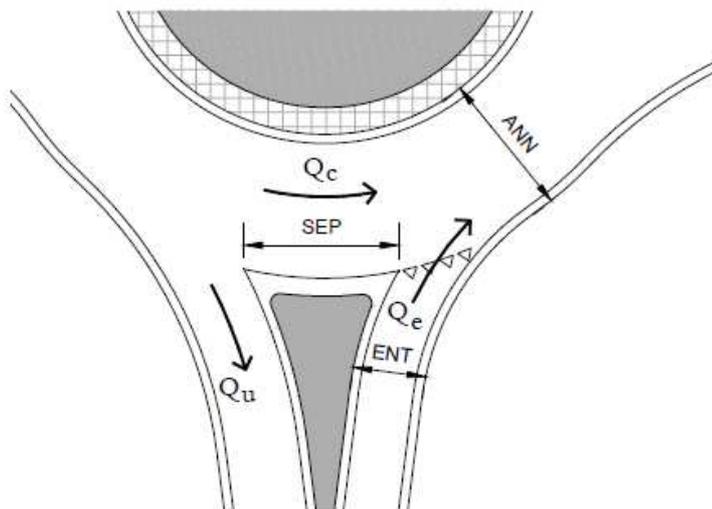


FIGURA 6-1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI TRAFFICO DI UNA ROTATORIA

In ambito urbano, invece, una metodologia che si può seguire è quella proposta dal CETUR. In questo caso la capacità si esprime con la formula:

$$Q_e = \gamma (1500 - 0.83 Q_d) \text{ [veic/h]}$$

dove:

Q_e = capacità di un braccio di ingresso [veic/h]

$\gamma = 1$ nel caso di una corsia in ingresso

$\gamma = 1,5$ per due o più corsie all'ingresso

Q_d = traffico di disturbo [veic/h]:

$$Q_d = \alpha Q_c + 0.2 Q_u$$

$\alpha = 1$ qualora si sia in presenza di una rotatoria con $ANN < 8$ m

$\alpha = 0.7$ per $ANN \geq 8$ m e $R \geq 20$ m

$\alpha = 0.9$ per $ANN \geq 8$ m e $R < 20$ m

ANN = larghezza dell'anello [m]

R = raggio esterno della rotatoria ($D_e/2$) [m]

Le verifiche di capacità, attraverso usuali modelli di calcolo, sono sempre consigliate per ottenere un corretto dimensionamento degli elementi compositivi l'intersezioni. Sono necessarie in tutti i casi in cui il flusso totale entrante sia complessivamente maggiore di 2000 veic./ora (traffico dell'ora di punta) e comunque nel caso in cui:

- almeno una delle arterie afferenti abbia una connotazione non locale;
- la rotatoria sia necessaria al fine di garantire l'accessibilità a nuovi contesti
- residenziali/commerciali/produttivi che vadano a modificare le condizioni di deflusso attuali
- a generare nuovo traffico indotto;
- l'isola centrale abbia una forma non circolare;
- si vogliano inserire due corsie in uscita;
- si voglia inserire una corsia per la svolta a destra svincolata.

Calcolo del livello di servizio delle rotatorie

Le caratteristiche di livello di servizio a cui si fa riferimento nel progetto delle rotatorie sono quelle stesse che vengono considerate nello studio di una qualsiasi intersezione a raso: il tempo medio di attesa dei veicoli alle immissioni ed un adeguato percentile della lunghezza della coda. Questi elementi possono essere calcolati con lo stesso modello teorico utilizzato per le altre intersezioni a raso, basato sul concetto di intervallo critico precedentemente definito, le cui variabili sono il flusso in entrata e quello che percorre l'anello.

La valutazione del livello di servizio per ogni singolo ramo avviene secondo il metodo dell'Highway Capacity Manual (2000). Il livello di servizio è una misura della qualità della circolazione e viene contraddistinto con lettere che vanno da A, indice di circolazione libera, a F, indice di congestione.

Secondo il D.M. 19/04/2006 "il livello di servizio dell'intersezione non dovrà essere inferiore a quello prescritto dal D.M. 05.11.2001 per il tipo di strade confluenti nel nodo". Il progettista deve quindi confrontare il livello di servizio più basso, ottenuto sul ramo critico, con il livello di servizio ammissibile dal D.M. 05/11/2001.

La metodica dell'HCM parte dalla determinazione del grado di saturazione di ciascun ramo (x); in seguito viene calcolato il ritardo medio veicolare (o tempo medio di attesa, t_m), la lunghezza media della coda (L_m), la lunghezza massima della coda (L_{max}), ovvero il 95° percentile della distribuzione delle lunghezze delle code.

La lunghezza media e la lunghezza massima delle code espresse in metri si ricavano, come previsto dalla norma italiana, moltiplicando per 6 m i valori di L_m e L_{max} espresse in numero di veicoli.

Come stabilito dall'HCM il livello di servizio viene associato al tempo medio di attesa secondo la seguente tabella:

Livello di servizio	Tempo d'attesa medio
A	< 10 s
B	10 - 15 s
C	15 - 25 s
D	25 - 35 s
E	35 - 50 s
F	> 50 s

5. RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO

5.1. Assi stradali

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi di congruenza del progetto stradale rispetto ai criteri indicati nella normativa di riferimento DM 05/11/2001 condotte per il solo asse principale "A" che costituisce la cosiddetta Variante S.P. 16 Tangenziale Zelo Buon Persico.

Per gli altri assi non è stata condotta la verifica trattandosi per lo più dell'adeguamento a raso di brevi tratti di strade esistenti che si configurano come rami d'innesto alle rotatorie che sottendono tratti di raccordo per l'inserimento dell'isola divisionale.

4.1.1. Andamento planimetrico

Nelle tabelle a seguire vengono sintetizzati i risultati della verifica delle caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono gli assi stradali condotte per il solo asse principale. In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- R = Rettifilo
- C = Curva Circolare
- AT = Clotoide di Transizione
- AF = Clotoide di Flesso
- AC = Clotoide di Continuità

In colonna (7) è indicato il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX = curva destrorsa, SX = curva sinistrorsa), in colonna (8) il valore di pendenza trasversale, in colonna (9) è riportato per ogni elemento il valore massimo della velocità di progetto dedotto dal diagramma delle velocità mentre, nella colonna (10) vengono riportati gli esiti della verifica.

1. Asse principale – Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana da pk 0+000,00 a pk 10+863,11

ELEMENTI TRACCIATO PLANIMETRICO	VERIFICA CLOTOIDI
---------------------------------	-------------------

Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	Tipo Elem.	Param.	Vs	Ic (%)	Vp (Km/h)	Parametri min/max				Rapporti		Esito Verif.
									A1	A2	A3min	A3max	A/Au	A1/A2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	A1	A2	A3min	A3max	A/Au	A1/A2	(10)
1	0.00	242.992	242.992	C	178	Dx	7	70							
2	242.992	323.16	80.168	AF	119.457			81	59.30	75.00	119.10	178.00			OK
3	323.16	381.721	58.561	AF	125.744			85	90.00	94.70	123.4	270.00			OK
4	381.721	835.951	454.231	C	270	Sx	7	82							
5	835.951	961.72	125.769	AF	184.276			97	90.00	100.90	167.00	270			Ok
6	961.72	1036.844	75.123	AF	175.501			100	136.70	126.30	164.3	410			Ok
7	1036.84	1105.122	68.278	C	410	Dx	7	97							
8	1105.12	1184.586	79.464	AT	180.5			100	136.70	147.10	180.40	410			Ok
9	1184.59	1731.799	547.214	R			2.5	100							
10	1731.8	1935.598	203.798	R			2.5	68							
11	1935.6	2135.598	200	AT	600			94	600.00	223.60	173.20	1800		0.95	Ok
12	2135.6	2811.994	676.396	C	1800	Dx	2.832	100							
13	2811.99	3011.994	200	AT	600			82	600.00	208.90	130.10	1800			Ok
14	3011.99	3115.091	103.098	R			2.5	51							
15	3115.09	3752.742	637.651	R			2.5	100							
16	3752.74	3816.609	63.867	AT	178.7			100	166.70	157.50	178.60	500			Ok
17	3816.61	3887.842	71.233	C	500	Sx	6.426	100							
18	3887.84	3951.71	63.867	AT	178.7			100	166.70	157.50	178.60	500			Ok
19	3951.71	4542.245	590.536	R			2.5	100							
20	4542.25	4606.468	64.222	AT	170			66	150.00	124.30	58.40	450			Ok
21	4606.47	4793.216	186.748	C	450	Sx	6.874	100							
22	4793.22	4857.438	64.222	AT	170			98	150.00	151.30	169.20	450			Ok
23	4857.44	5012.911	155.473	R			2.5	100							
24	5012.91	5237.361	224.45	AT	670			100	666.70	239.10	202.30	2000			Ok
25	5237.36	5307.689	70.328	C	2000	Sx	2.647	100							
26	5307.69	5532.139	224.45	AT	670			100	666.70	239.10	202.30	2000			Ok
27	5532.14	5771.049	238.911	R			2.5	100							
28	5771.05	5869.049	98	AT	280			100	266.70	179.60	181.00	800			Ok
29	5869.05	6381.284	512.234	C	800	Sx	4.758	100							

ELEMENTI TRACCIATO PLANIMETRICO									VERIFICA CLOTOIDI						
Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	Tipo Elem.	Param.	Vs	Ic (%)	Vp (Km/h)	Parametri min/max				Rapporti		Esito Verif.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	A1	A2	A3min	A3max	A/Au	A1/A2	(10)
30	6381.28	6479.284	98	AT	280			100	266.70	179.60	181.00	800			Ok
31	6479.28	6843.411	364.127	R			2.5	100							
32	6843.41	6917.872	74.462	AT	220			100	216.70	169.30	179.50	650			Ok
33	6917.87	6993.093	75.221	C	650	Sx	5.433	100							
34	6993.09	7067.555	74.462	AT	220			85	216.70	155.90	121.10	650			Ok
35	7067.56	7320.7	253.146	R			2.5	75							
36	7320.7	7502.529	181.829	R			2.5	65							
37	7502.53	7564.757	62.227	AT	185			74	183.30	139.00	83.50	550			Ok
38	7564.76	7634.389	69.632	C	550	Dx	6.046	100							
39	7634.39	7696.616	62.227	AT	185			85	183.30	149.00	120.80	550			Ok
40	7696.62	8211.065	514.449	R			0.115	79							
41	8211.07	8288.037	76.972	AT	179.8			84	140.00	136.10	116.80	420			Ok
42	8288.04	8356.925	68.889	C	420	Dx	7	98							
43	8356.93	8433.897	76.972	AT	179.8			100	140.00	148.90	179.70	420			Ok
44	8433.9	8800.317	366.42	R			2.5	100							
45	8800.32	8882.401	82.084	AT	181.2			100	133.30	145.30	181.10	400			Ok
46	8882.4	8965.712	83.311	C	400	Dx	7	97							
47	8965.71	9047.795	82.084	AT	181.2			100	133.30	145.30	181.10	400			Ok
48	9047.8	9310.33	262.535	R			2.5	100							
49	9310.33	9381.294	70.964	AT	178.7			100	150.00	153.10	178.60	450			Ok
50	9381.29	9455.483	74.189	C	450	Sx	6.874	100							
51	9455.48	9526.447	70.964	AT	178.7			86	150.00	141.90	123.90	450			Ok
52	9526.45	10863.11	1336.659	R			2.5	77							

ELEMENTI TRACCIATO
VERIFICA RETTIFI E CURVE

Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	Tipo Elem.	Param.	Vs	Ic (%)	Vp (Km/h)	CURVE		RETTIFILI			Esito Verif.
									Raggi min.	Lmin	Lmin	Lmax		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(a)	(b)	(m)	(m)	(m)	(10)
1	0.00	242.992	242.992	C	178	Dx	7	70	118.11	164.50	48.90			OK
2	242.992	323.16	80.168	AF	119.457			81						
3	323.16	381.721	58.561	AF	125.744			85						
4	381.721	835.951	454.231	C	270	Sx	7	82	118.11	120.20	57.17			OK
5	835.951	961.72	125.769	AF	184.276			97						
6	961.72	1036.844	75.123	AF	175.501			100						
7	1036.84	1105.122	68.278	C	410	Dx	7	97	118.11	164.50	67.69			OK
8	1105.12	1184.586	79.464	AT	180.5			100						
9	1184.59	1731.799	547.214	R			2.5	100				150.00	2200.00	OK
10	1731.8	1935.598	203.798	R			2.5	68				62.16	1498.37	OK
11	1935.6	2135.598	200	AT	600			94						
12	2135.6	2811.994	676.396	C	1800	Dx	2.832	100	118.11	400.00	65.09			OK
13	2811.99	3011.994	200	AT	600			82						
14	3011.99	3115.091	103.098	R			2.5	51				40.50	1111.06	OK
15	3115.09	3752.742	637.651	R			2.5	100				150.00	2200.00	OK
16	3752.74	3816.609	63.867	AT	178.7			100						
17	3816.61	3887.842	71.233	C	500	Sx	6.426	100	118.11	155.47	69.44			OK
18	3887.84	3951.71	63.867	AT	178.7			100						
19	3951.71	4542.245	590.536	R			2.5	100				150.00	2200.00	OK
20	4542.25	4606.468	64.222	AT	170			66						
21	4606.47	4793.216	186.748	C	450	Sx	6.874	100	118.11	238.91	62.96			OK
22	4793.22	4857.438	64.222	AT	170			98						
23	4857.44	5012.911	155.473	R			2.5	100				150.00	2200.00	OK
24	5012.91	5237.361	224.45	AT	670			100						
25	5237.36	5307.689	70.328	C	2000	Sx	2.647	100	118.11	400.00	69.44			OK

ELEMENTI TRACCIATO									VERIFICA RETTIFI E CURVE					Esito Verif.
Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	Tipo Elem.	Param.	Vs	Ic (%)	Vp (Km/h)	CURVE		RETTIFI			
									Raggi min.	Lmin	Lmin	Lmax		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(a)	(b)	(m)	(m)	(m)	(10)
26	5307.69	5532.139	224.45	AT	670			100						
27	5532.14	5771.049	238.911	R			2.5	100				150.00	2200.00	OK
28	5771.05	5869.049	98	AT	280			100						
29	5869.05	6381.284	512.234	C	800	Sx	4.758	100	118.11	253.15	69.44			OK
30	6381.28	6479.284	98	AT	280			100						
31	6479.28	6843.411	364.127	R			2.5	100				150.00	2200.00	OK
32	6843.41	6917.872	74.462	AT	220			100						
33	6917.87	6993.093	75.221	C	650	Sx	5.433	100	118.11	181.83	65.02			OK
34	6993.09	7067.555	74.462	AT	220			85						
35	7067.56	7320.7	253.146	R			2.5	75				78.12	1655.41	OK
36	7320.7	7502.529	181.829	R			2.5	65				57.02	1422.90	OK
37	7502.53	7564.757	62.227	AT	185			74						
38	7564.76	7634.389	69.632	C	550	Dx	6.046	100	118.11	400.00	57.76			OK
39	7634.39	7696.616	62.227	AT	185			85						
40	7696.62	8211.065	514.449	R			0.115	79				87.54	1738.33	OK
41	8211.07	8288.037	76.972	AT	179.8			84						
42	8288.04	8356.925	68.889	C	420	Dx	7	98	118.11	400.00	63.72			OK
43	8356.93	8433.897	76.972	AT	179.8			100						
44	8433.9	8800.317	366.42	R			2.5	100				150.00	2200.00	OK
45	8800.32	8882.401	82.084	AT	181.2			100						
46	8882.4	8965.712	83.311	C	400	Dx	7	97	118.11	262.53	67.03			OK
47	8965.71	9047.795	82.084	AT	181.2			100						
48	9047.8	9310.33	262.535	R			2.5	100				150.00	2200.00	OK
49	9310.33	9381.294	70.964	AT	178.7			100						

ELEMENTI TRACCIATO									VERIFICA RETTIFI E CURVE					Esito Verif.
Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	Tipo Elem.	Param.	Vs	Ic (%)	Vp (Km/h)	CURVE		RETTIFI			
									Raggi min.	Lmin	Lmin	Lmax		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(a)	(b)	(m)	(m)	(m)	(10)
50	9381.29	9455.483	74.189	C	450	Sx	6.874	100	118.11	400.00	65.61			OK
51	9455.48	9526.447	70.964	AT	178.7			86						
52	9526.45	10863.11	1336.659	R			2.5	77				82.31	1692.31	OK

4.1.2. Andamento altimetrico

La pendenza longitudinale delle livellette degli assi in esame risulta sempre inferiore al valore massimo indicato dalla normativa che prescrive per strade di categoria C – strade secondarie extraurbane di non superare la pendenza del 7% e per le strade di categoria F – strade extraurbane locali di non eccedere il 10%.

Nelle tabelle a seguire vengono riportati i risultati della verifica della distanza di visibilità per l'arresto per i raccordi verticali, effettuata con riferimento alla velocità desunta dal diagramma di velocità dell'asse stradale.

In colonna (11) è indicato il valore della velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità dell'asse stradale, nella colonna (12) è indicato il valore del raggio minimo che soddisfa le verifiche di visibilità e nella colonna (13) viene indicato l'esito della verifica.

1. Asse principale – Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana da pk 0+000,00 a pk 10+863,11

ELEMENTI TRACCIATO ALTIMETRICO										VERIFICA RACCORDI ALTIMETRICI		
N	D/S	Progr.Vert	Rv	delta i (%)	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	i1 (%)	i2 (%)	Vp (Km/h)	Rv,min (m)	Esito Verif.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1		0	0.000					0	0	-	-	
2		20.6159	0.000	1.9879	20.6159	20.6159	0	0	1.9879	30.00	115.74	
3	D	39.6118	400.000	-4.0629	31.4859	47.7376	16.2529	1.9879	-2.0751	34.68	154.69	OK
4	S	77.6672	2000.000	1.9979	57.6879	97.6464	39.9615	-2.0751	-0.0771	47.62	291.62	OK
5	S	323.16	10000.000	0.550	295.6549	350.6651	55.0104	-0.0771	0.473	84.73	923.31	OK
6	S	482.4455	5000.000	0.627	466.7696	498.1214	31.3527	0.473	1.1	82.33	871.69	OK

ELEMENTI TRACCIATO ALTIMETRICO										VERIFICA RACCORDI ALTIMETRICI		
N	D/S	Progr.Vert	Rv	delta i (%)	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	i1 (%)	i2 (%)	Vp (Km/h)	Rv,min (m)	Esito Verif.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
7	D	753.8383	3500.000	-2.580	708.6883	798.9883	90.3027	1.1	-1.48	82.33	3494.00	OK
8	S	952.478	5000.000	1.453	916.1516	988.8045	72.6556	-1.48	-0.0269	99.71	1278.65	OK
9	D	1136.9769	20000.000	-0.047	1132.275	1141.679	9.4033	-0.0269	-0.074	100.00	1286.01	OK
10	D	1504.1128	20000.000	-0.067	1497.408	1510.817	13.4088	-0.074	-0.141	72.33	672.82	OK
11	S	1630.9542	5000.000	0.036	1630.052	1631.856	1.8042	-0.141	-0.1049	50.19	323.92	OK
12	S	1702.8963	400.000	2.105	1698.686	1707.106	8.4202	-0.1049	2	32.49	135.77	OK
13		1716.3025	0.000	-2.000	1716.303	1716.303	0	2	0	30.00	115.74	OK
14		1747.2976	0.000	-2.000	1747.298	1747.298	0	0	-2.0002	30.00	115.74	OK
15	S	1783.5505	1500.000	1.944	1768.97	1798.131	29.1637	-2.0002	-0.0561	41.10	217.26	OK
16	S	2003.4424	2000.000	0.741	1996.038	2010.847	14.8094	-0.0561	0.6844	78.12	784.80	OK
17	D	2203.0733	5000.000	-0.834	2182.229	2223.918	41.6889	0.6844	-0.1494	100.00	1286.01	OK
18	S	2532.6284	5000.000	0.459	2521.166	2544.091	22.9253	-0.1494	0.3091	100.00	1286.01	OK
19	D	2714.8136	10000.000	-0.282	2700.725	2728.902	28.1766	0.3091	0.0273	94.76	1154.84	OK
20	S	3017.7456	5000.000	0.956	2993.843	3041.648	47.8054	0.0273	0.9834	53.56	368.88	OK
21	S	3090.3427	250.000	1.017	3089.072	3091.614	2.542	0.9834	2.0001	30.65	120.83	OK
22		3099.5919	0.000	-2.000	3099.592	3099.592	0	2.0001	0	30.00	115.74	OK
23		3130.5864	0.000	-2.000	3130.586	3130.586	0	0	-2	30.00	115.74	OK
24	S	3208.6058	2000.000	2.200	3186.606	3230.606	44.0027	-2	0.2	52.57	355.36	OK
25	D	3704.5994	100000.000	-0.400	3504.599	3904.599	400.0003	0.2	-0.2	100.00	1286.01	OK
26	S	4386.1992	1000.000	2.200	4375.199	4397.199	22.0013	-0.2	2	36.50	171.33	OK
27		4408.2793	0.000	-2.000	4408.279	4408.279	0	2	0	30.00	115.74	OK
28		4432.2553	0.000	-2.000	4432.255	4432.255	0	0	-2	30.00	115.74	OK
29	S	4453.9071	1000.000	2.200	4442.907	4464.907	22.0013	-2	0.2	36.38	170.24	OK
30	D	4733	35000.000	-0.500	4645.5	4820.5	175.0002	0.2	-0.3	93.60	1126.71	OK
31	S	4974.8079	35000.000	0.500	4887.308	5062.308	175.0002	-0.3	0.2	100.00	1286.01	OK
32	D	5248.9175	50000.000	-0.400	5148.918	5348.918	200.0001	0.2	-0.2	100.00	1286.01	OK
33	S	5863.4931	10000.000	0.700	5828.493	5898.493	70.0002	-0.2	0.5	100.00	1286.01	OK

ELEMENTI TRACCIATO ALTIMETRICO										VERIFICA RACCORDI ALTIMETRICI		
N	D/S	Progr.Vert	Rv	delta i (%)	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	i1 (%)	i2 (%)	Vp (Km/h)	Rv,min (m)	Esito Verif.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
34	D	6054.7499	20000.000	-0.800	5974.75	6134.75	160.0005	0.5	-0.3	100.00	1286.01	OK
35	S	6273.9496	20000.000	0.600	6213.95	6333.95	120.0002	-0.3	0.3	100.00	1286.01	OK
36	D	6714.446	20000.000	-0.100	6704.446	6724.446	20.0001	0.3	0.2	100.00	1286.01	OK
37	S	6914.0257	3000.000	1.800	6887.026	6941.026	54.004	0.2	2	96.87	1206.78	OK
38	D	7067.7863	5000.000	-4.000	6967.786	7167.786	200.0133	2	-2	87.69	4543.65	OK
39	S	7247.3308	2000.000	4.000	7207.331	7287.331	80.0053	-2	2	52.20	1008.02	OK
40		7305.2082	0.000	-2.000	7305.208	7305.208	0	2	0	30.00	115.74	OK
41		7336.2002	0.000	-2.000	7336.2	7336.2	0	0	-2	30.00	115.74	OK
42	S	7467.9277	2000.000	1.955	7448.376	7487.48	39.1062	-2	-0.0448	61.43	485.22	OK
43	S	7937.0582	1000.000	2.045	7926.834	7947.282	20.4496	-0.0448	2	37.12	177.19	OK
44		7962.2995	0.000	-2.000	7962.3	7962.3	0	2	0	30.00	115.74	OK
45		7986.2995	0.000	-2.000	7986.3	7986.3	0	0	-2	30.00	115.74	OK
46	S	8010.5188	1000.000	2.099	8000.025	8021.012	20.9884	-2	0.0987	36.92	175.33	OK
47	S	8531.2762	3800.000	3.151	8471.407	8591.146	119.7602	0.0987	3.2497	100.00	3510.67	OK
48	D	8806.8101	7500.000	-5.433	8603.084	9010.536	407.5086	3.2497	-2.183	100.00	7150.95	OK
49	S	9265.7659	3500.000	2.143	9228.256	9303.276	75.0267	-2.183	-0.0395	100.00	1286.01	OK
50	D	9515.8719	5000.000	-0.476	9503.961	9527.783	23.8219	-0.0395	-0.516	79.27	808.12	OK
51	S	9597.7264	3500.000	0.716	9585.197	9610.256	25.0593	-0.516	0.2	68.32	600.34	OK
52	S	9703.1114	2000.000	1.800	9685.111	9721.111	36.0027	0.2	2	51.06	335.27	OK
53		9776.3984	0.000	-2.000	9776.398	9776.398	0	2	0	30.00	115.74	OK
54		9800.3984	0.000	-2.000	9800.398	9800.398	0	0	-2	30.00	115.74	OK
55	S	9848.4774	2000.000	1.800	9830.475	9866.48	36.0074	-2	-0.1998	45.05	261.05	OK
56	S	10001.0772	5000.000	0.866	9979.42	10022.73	43.3143	-0.1998	0.6665	72.78	681.15	OK
57	D	10055.3026	5000.000	-0.555	10041.42	10069.19	27.7715	0.6665	0.1111	78.80	798.51	OK
58	D	10353.8376	5000.000	-0.668	10337.13	10370.54	33.4082	0.1111	-0.5571	100.00	1286.01	OK
59	S	10520.3534	3000.000	0.823	10508	10532.7	24.6989	-0.5571	0.2662	88.43	1005.64	OK
60	S	10776.0999	1500.000	1.734	10763.1	10789.1	26.0087	0.2662	2	50.49	327.87	OK

ELEMENTI TRACCIATO ALTIMETRICO										VERIFICA RACCORDI ALTIMETRICI		
N	D/S	Progr.Vert	Rv	delta i (%)	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	i1 (%)	i2 (%)	Vp (Km/h)	Rv,min (m)	Esito Verif.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
61		10851.1056	0.000	-2.000	10851.11	10851.11	0	2	0	30.00	115.74	
62		10863.1056						0	0	30.00	115.74	

4.1.3. Verifiche di visibilità

La definizione dell'asse stradale ha seguito un percorso iterativo di successivi affinamenti finalizzati all'ottimizzazione del progetto in relazione:

- Alla congruenza geometrica degli elementi componenti il tracciato, sia per quanto riguarda la loro successione, sia per gli aspetti cinematici che regolano le effettive velocità di percorrenza dell'asse;
- Alla verifica delle visuali libere, attraverso la definizione degli opportuni allargamenti in curva.

In pratica, si è proceduto prima ad uno studio per l'ottimizzazione della composizione degli elementi del tracciato in modo tale che fossero coordinati e compatibili con le velocità di progetto, successivamente si è proceduto all'analisi delle visuali libere confrontando le distanze minime da garantire lungo il tracciato in base al diagramma di velocità e all'andamento altimetrico, confrontate con quelle effettivamente disponibili e calcolate. La verifica da esito positivo se la distanza minima calcolata è minore di quella disponibile. Di conseguenza sono state identificate le criticità di ostacolo e quindi definiti gli opportuni allargamenti della piattaforma stradale.

Questo processo è stato sviluppato per ogni curva del tracciato, su entrambe le direttrici di marcia.

La verifica delle visuali libere è stata sviluppata mediante l'utilizzo di un applicativo Autocad che, partendo da un modello 3D della strada, comprensivo degli ostacoli fissi limitanti la visibilità è in grado di stimare le distanze di visuali disponibili, valutando di fatto gli effetti combinati dell'andamento planimetrico e dell'altimetria del tracciato ai fini della percezione che l'utente ha della strada. Il programma traccia tutti i raggi di visione a partire dall'asse della singola corsia, arrestandole in corrispondenza del primo ostacolo incontrato, sia esso il pavimentato od un ostacolo posizionato marginalmente alla carreggiata. Di seguito, in base al diagramma di velocità ed all'andamento altimetrico, il programma calcola le relative distanze minime da garantire lungo il tracciato, che saranno confrontate con quelle effettivamente disponibili e calcolate secondo il procedimento grafico esposto prima.

In termini di visibilità planimetrica la distanza di visuale libera risulta quasi sempre compatibile con la distanza necessaria per l'arresto, ad eccezione di nove curve in cui si è reso necessario allargare la piattaforma stradale. Nella tabella seguente viene indicato l'allargamento in curva necessario per garantire la distanza di arresto.

1. Asse principale – Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana da pk 0+000,00 a pk 10+863,11

Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lunghezza (m)	Tipo Elem.	Parametro	Vs	Ic (%)	Vp (Km/h)	Allargamento per visibilità (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	0.00	242.992	242.992	C	178	Dx	7	70	1.30
2	242.992	323.16	80.168	AF	119.457			81	
3	323.16	381.721	58.561	AF	125.744			85	
4	381.721	835.951	454.231	C	270	Sx	7	82	3.80 – 4.80
5	835.951	961.72	125.769	AF	184.276			97	
6	961.72	1036.844	75.123	AF	175.501			100	
7	1036.84	1105.122	68.278	C	410	Dx	7	97	4.80
8	1105.12	1184.586	79.464	AT	180.5			100	
9	1184.59	1731.799	547.214	R			2.5	100	
10	1731.8	1935.598	203.798	R			2.5	68	
11	1935.6	2135.598	200	AT	600			94	
12	2135.6	2811.994	676.396	C	1800	Dx	2.832	100	-
13	2811.99	3011.994	200	AT	600			82	
14	3011.99	3115.091	103.098	R			2.5	51	
15	3115.09	3752.742	637.651	R			2.5	100	
16	3752.74	3816.609	63.867	AT	178.7			100	
17	3816.61	3887.842	71.233	C	500	Sx	6.426	100	3.30
18	3887.84	3951.71	63.867	AT	178.7			100	
19	3951.71	4542.245	590.536	R			2.5	100	
20	4542.25	4606.468	64.222	AT	170			66	
21	4606.47	4793.216	186.748	C	450	Sx	6.874	100	3.05
22	4793.22	4857.438	64.222	AT	170			98	
23	4857.44	5012.911	155.473	R			2.5	100	
24	5012.91	5237.361	224.45	AT	670			100	
25	5237.36	5307.689	70.328	C	2000	Sx	2.647	100	-
26	5307.69	5532.139	224.45	AT	670			100	

27	5532.14	5771.049	238.911	R			2.5	100	
28	5771.05	5869.049	98	AT	280			100	
29	5869.05	6381.284	512.234	C	800	Sx	4.758	100	1.40
30	6381.28	6479.284	98	AT	280			100	
31	6479.28	6843.411	364.127	R			2.5	100	
32	6843.41	6917.872	74.462	AT	220			100	
33	6917.87	6993.093	75.221	C	650	Sx	5.433	100	-
34	6993.09	7067.555	74.462	AT	220			85	
35	7067.56	7320.7	253.146	R			2.5	75	
36	7320.7	7502.529	181.829	R			2.5	65	
37	7502.53	7564.757	62.227	AT	185			74	
38	7564.76	7634.389	69.632	C	550	Dx	6.046	100	-
39	7634.39	7696.616	62.227	AT	185			85	
40	7696.62	8211.065	514.449	R			0.115	79	
41	8211.07	8288.037	76.972	AT	179.8			84	
42	8288.04	8356.925	68.889	C	420	Dx	7	98	0.70
43	8356.93	8433.897	76.972	AT	179.8			100	
44	8433.9	8800.317	366.42	R			2.5	100	
45	8800.32	8882.401	82.084	AT	181.2			100	
46	8882.4	8965.712	83.311	C	400	Dx	7	97	5.20
47	8965.71	9047.795	82.084	AT	181.2			100	
48	9047.8	9310.33	262.535	R			2.5	100	
49	9310.33	9381.294	70.964	AT	178.7			100	
50	9381.29	9455.483	74.189	C	450	Sx	6.874	100	0.55
51	9455.48	9526.447	70.964	AT	178.7			86	
52	9526.45	10863.11	1336.659	R			2.5	77	

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 (vedi elaborati n° XXXX_PD_0_D05_DCS00_C_SD_DV_01-07_A).

5.2. Intersezioni a rotatoria

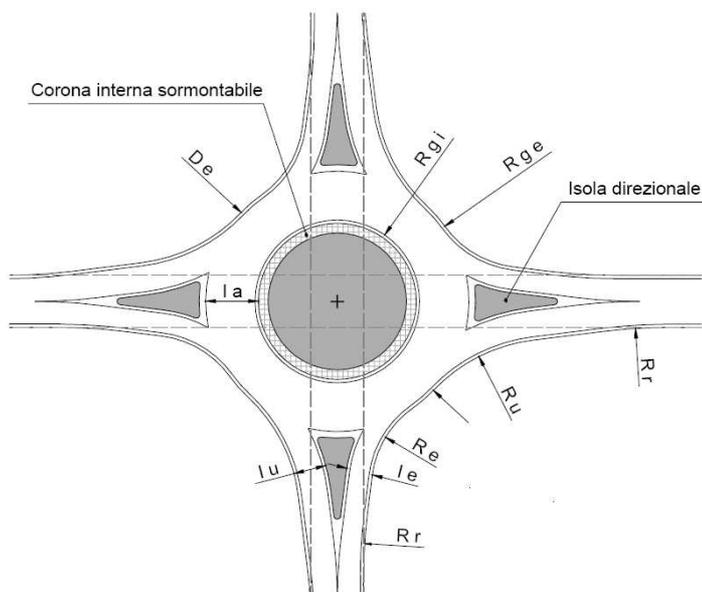
3.1.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie

Il progetto prevede le seguenti rotatorie:

1. Rotatoria "R1" (DCS05-A) sull'intersezione con Via degli Orologi; Rest= 23,50 m;
2. Rotatoria "R2" (DCS05-B) sull'intersezione con la S.P. n° 13; Rest= 23,50 m;
3. Rotatoria "R3" (DCS05-C) in corrispondenza del sottovia Via Quattro Torri; Rest= 20,00 m;
4. Rotatoria "R4" (DCS05-D) in corrispondenza della variante alla S.P. n° 67; Rest= 23,50 m;
5. Rotatoria "R5" (DCS05-E) sull'intersezione con la strada comunale strada Suore; Rest= 20,00 m;
6. Rotatoria "R6" (DCS05-F) sull'intersezione con la strada comunale Via Consorziale; Rest= 20,00 m;
7. Rotatoria "R7" (DCS05-G) sull'intersezione con la S.P. n° 9 "Centese" e l'inizio della "Tratta D" del raccordo della Bondeno-Cento; Rest= 20,00 m;

Le sette rotatorie di Rest variabile tra 20,00m e 25,00 m sono classificate, secondo la classificazione del D.M. 19/06/2006, come Rotatorie convenzionali.

Tutte le rotatorie presentano una larghezza dell'anello giratorio pari a 8.00 m composto da due banchine da 1.00 m e una corsia di circolazione pari a 6.00 m. Nel caso di rotatorie compatte.



Rotatoria con Rint= 15,50 m e Rest= 23,50 m

ROTATORIE CONVENZIONALI					
	Notazione	Intervallo di validità	Rotatoria R1	Rotatoria R2	Rotatoria R4
Raggio rotatoria	<i>R</i>	13÷25	23,50	23,50	23,50
Raggio d'entrata	<i>Re</i>	10÷25	14÷20	14÷20	20
Largh. corsia entrante	<i>Le*</i>	4 ≤ <i>le</i> ≤ 5.5 (1 c.) 7 ≤ <i>le</i> ≤ 9 (2 c.)	5,00	5,00	5,00
Raggio uscita	<i>Ru</i>	15÷30	25÷19	25÷19	25
Largh corsia uscita	<i>lu</i>	4,5 ≤ <i>lu</i> ≤ 6 (1 c.) 7,5 ≤ <i>lu</i> ≤ 9 (2 c.)	6,00	6,00	6,00
Raggio di raccordo	<i>Rr</i>	52÷100	85	85÷89	85
Pendenza trasversale	<i>Pt</i>	2,0% rivolta verso l'esterno			

Rotatoria con Rint= 12,00 m e Rest= 20,00 m

ROTATORIE CONVENZIONALI						
	Notazione	Intervallo di validità	Rotatoria R3	Rotatoria R5	Rotatoria R6	Rotatoria R7
Raggio rotatoria	<i>R</i>	13÷25	20,00	20,00	20,00	20,00
Raggio d'entrata	<i>Re</i>	10÷25	20	14÷20	14÷20	19
Largh. corsia entrante	<i>Le*</i>	4 ≤ <i>le</i> ≤ 5.5 (1 c.) 7 ≤ <i>le</i> ≤ 9 (2 c.)	5,00	5,00	5,00	5,00
Raggio uscita	<i>Ru</i>	15÷30	25	19÷25	19÷25	24
Largh corsia uscita	<i>lu</i>	4,5 ≤ <i>lu</i> ≤ 6 (1 c.) 7,5 ≤ <i>lu</i> ≤ 9 (2 c.)	6,00	6,00	6,00	6,00
Raggio di raccordo	<i>Rr</i>	52÷100	85	72÷85	71,5÷85	89÷89,5
Pendenza trasversale	<i>Pt</i>	2,0% rivolta verso l'esterno				

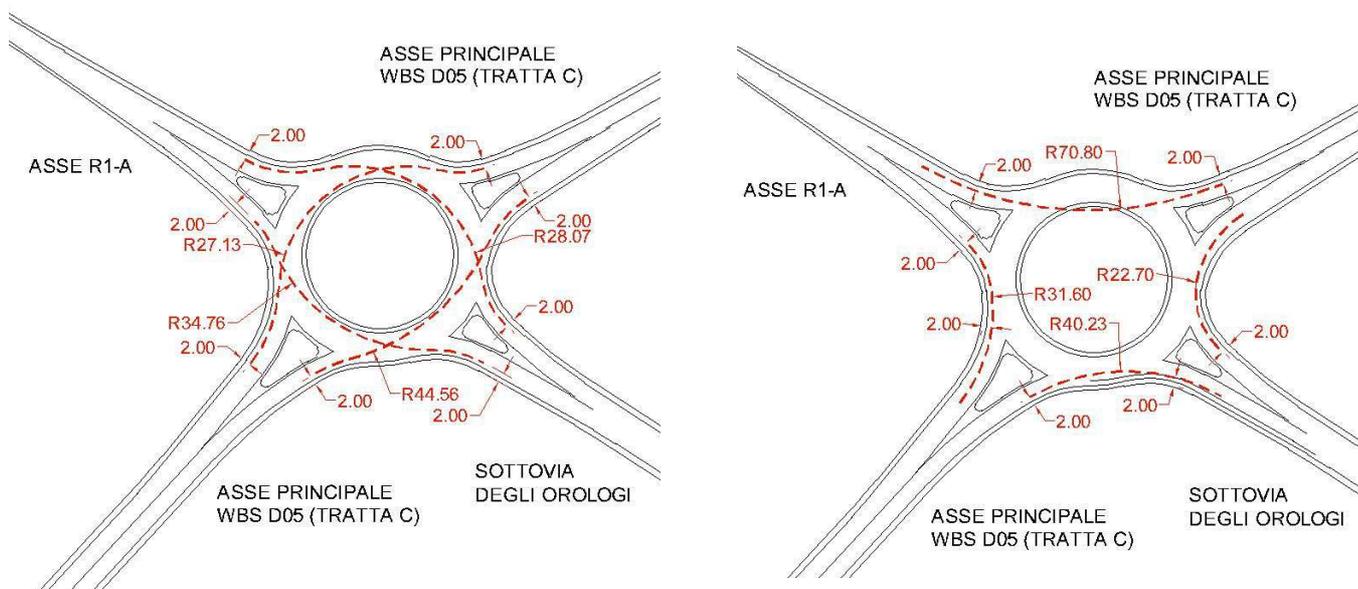
3.1.2. Analisi della Deflessione

Si definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita.

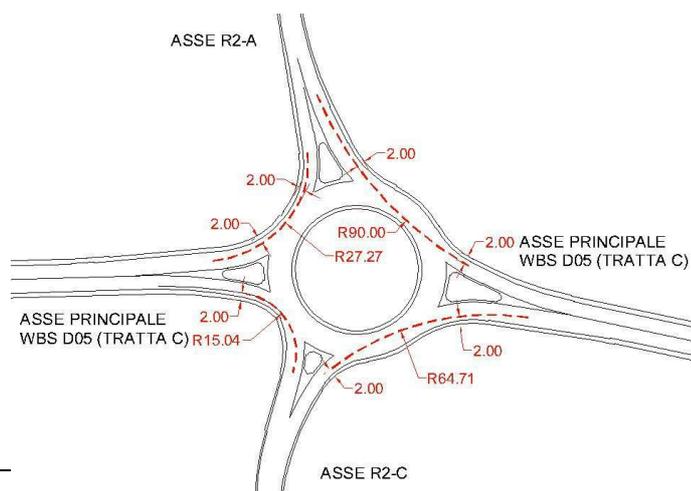
Tale raggio non deve superare i valori di 100 m, è preferibile adottare valori sensibilmente inferiori a questo limite massimo.

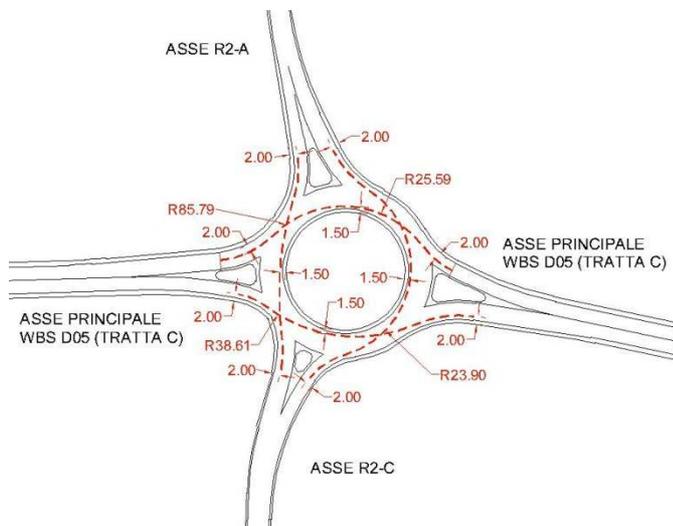
Dalla figure di seguito riportate si evince che il raggio di deflessione è sempre minore di 100m; in tal modo le velocità inerenti alle traiettorie "più tese" non potranno essere mai superiori a 50km/h.

Verifica deflessione Rotatoria "R1":

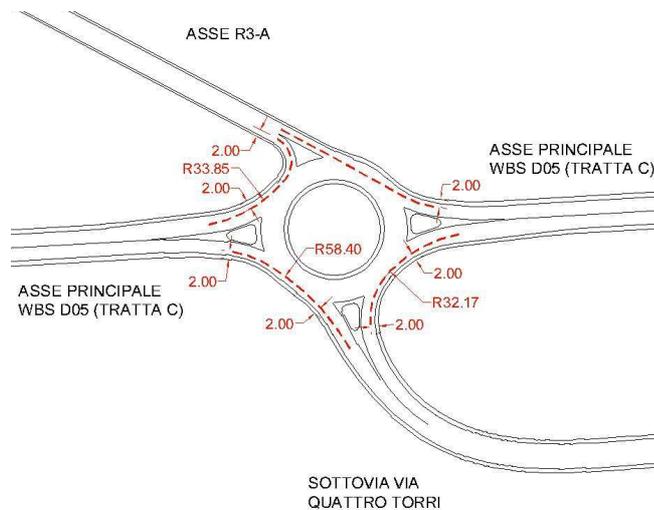
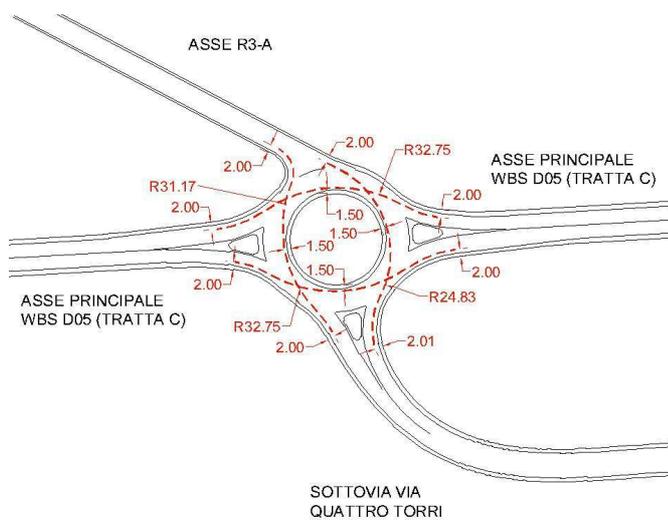


Verifica deflessione Rotatoria "R2":

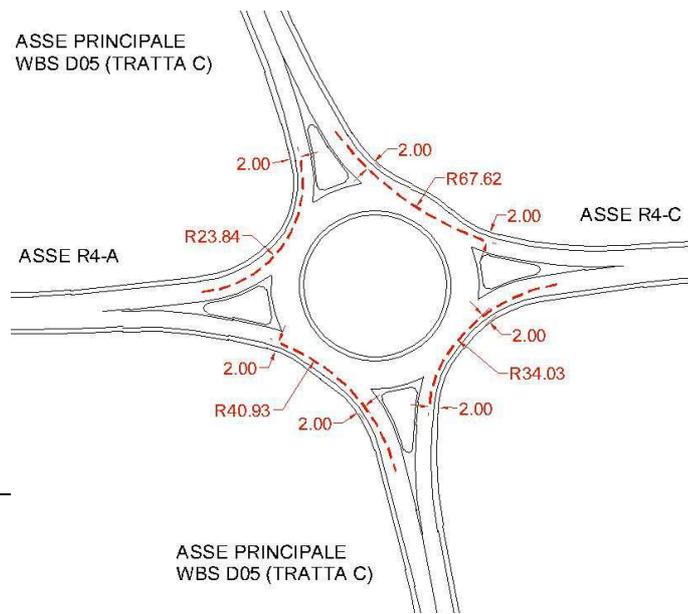


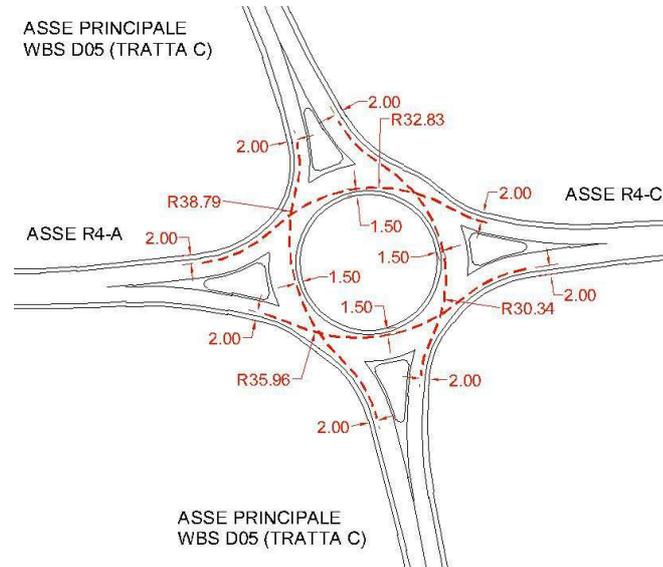


Verifica deflessione Rotatoria "R3":

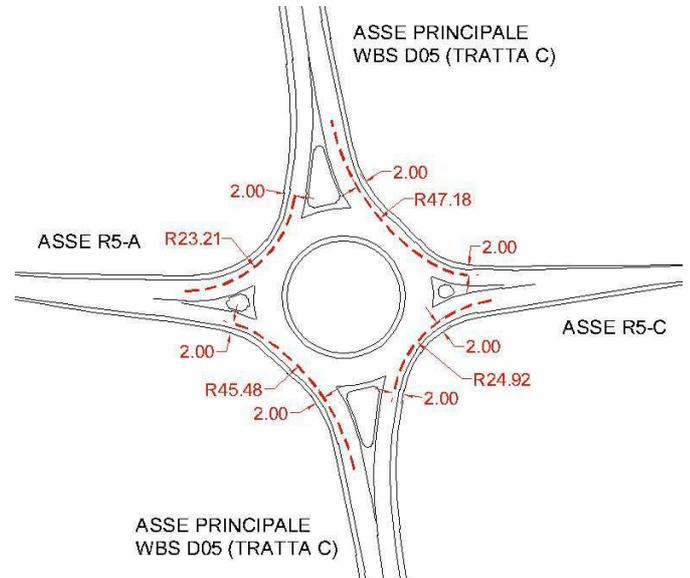
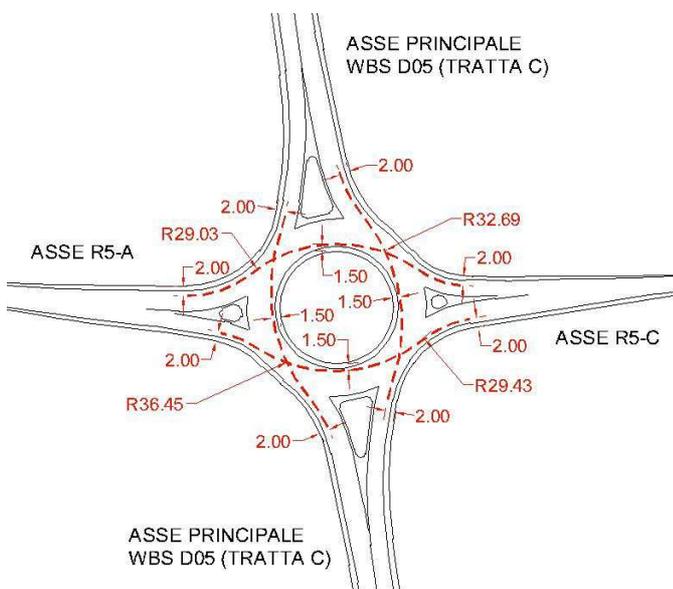


Verifica deflessione Rotatoria "R4":

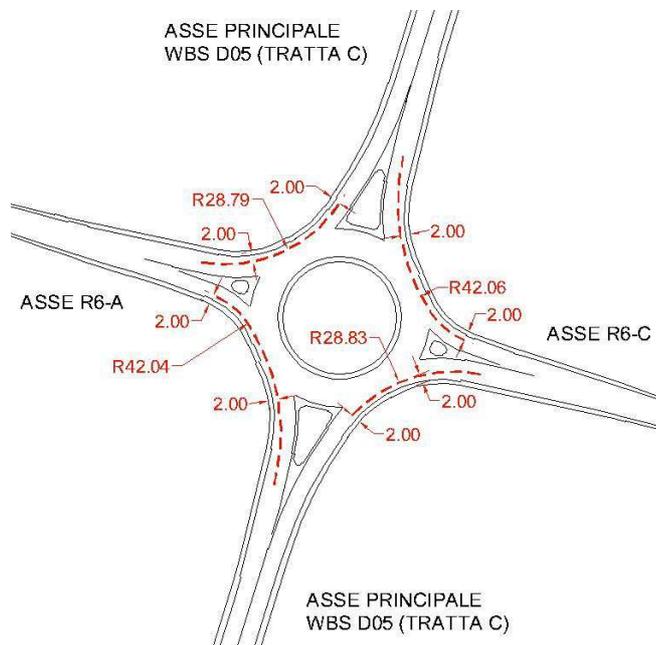
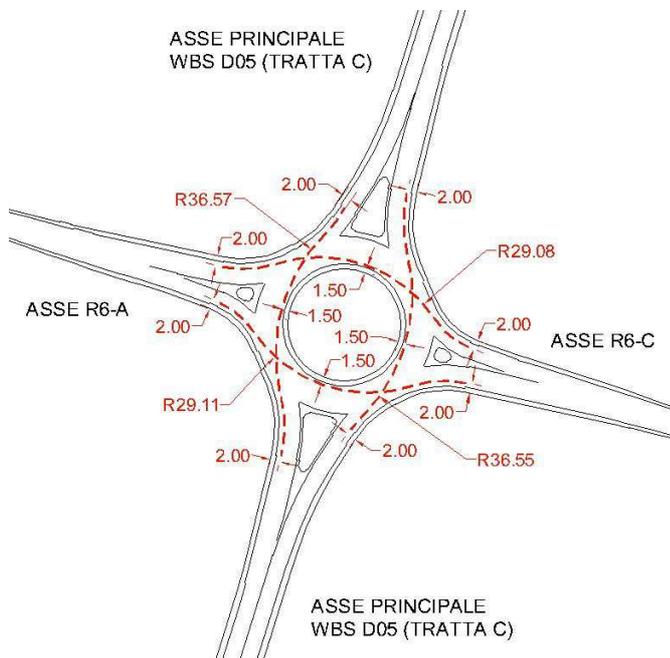




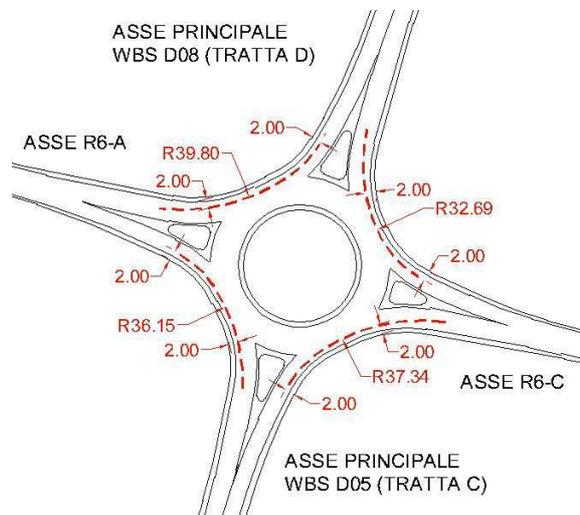
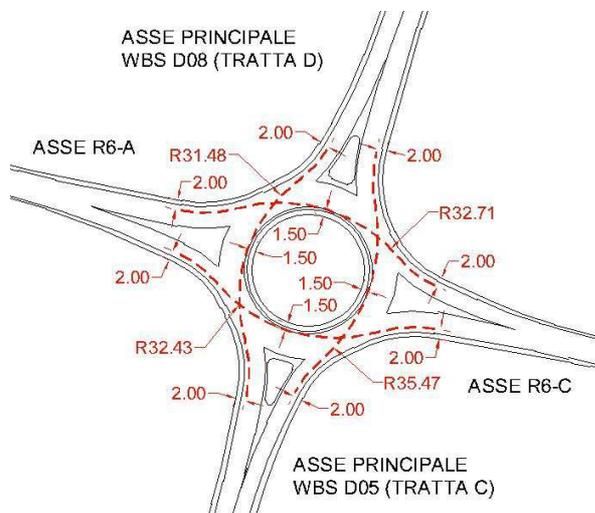
Verifica deflessione Rotatoria "R5":



Verifica deflessione Rotatoria "R6":



Verifica deflessione Rotatoria "R7":



Dalle figure sopra riportate si evince che il raggio di deflessione è sempre verificato, ad eccezione di due intersezioni in cui tale raggio risulta maggiore di 100 m.

I due raggi di deflessione, di cui non è stato possibile rispettare la normativa sono:

- rotatoria R1: deflessione tra gli assi R1-A e l'asse principale;
- rotatoria R3: deflessione tra gli assi R3-A e l'asse principale.

Per limitare l'occupazione delle aree limitrofe non è stato possibile garantire la verifica della deflessione in tutte le direzioni in particolare, per quelle vincolate dagli allineamenti esistenti (Via degli Orologi (Rotatoria R1 – ramo R1-A) e Via Quattro Torri (Rotatoria R3 – ramo R3-A)). Peraltro le scelte progettuali adottate nel Progetto Definitivo consentono di rimanere il più possibile sul sedime delle viabilità esistenti e, limitare l'esproprio dei terreni circostanti consentendo così un miglior flusso del traffico veicolare.

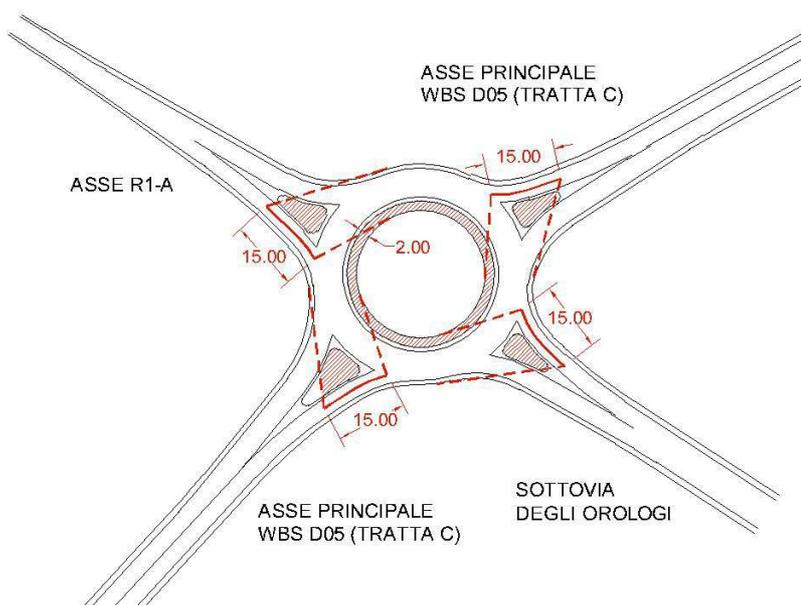
3.1.3. Analisi delle Visibilità

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:

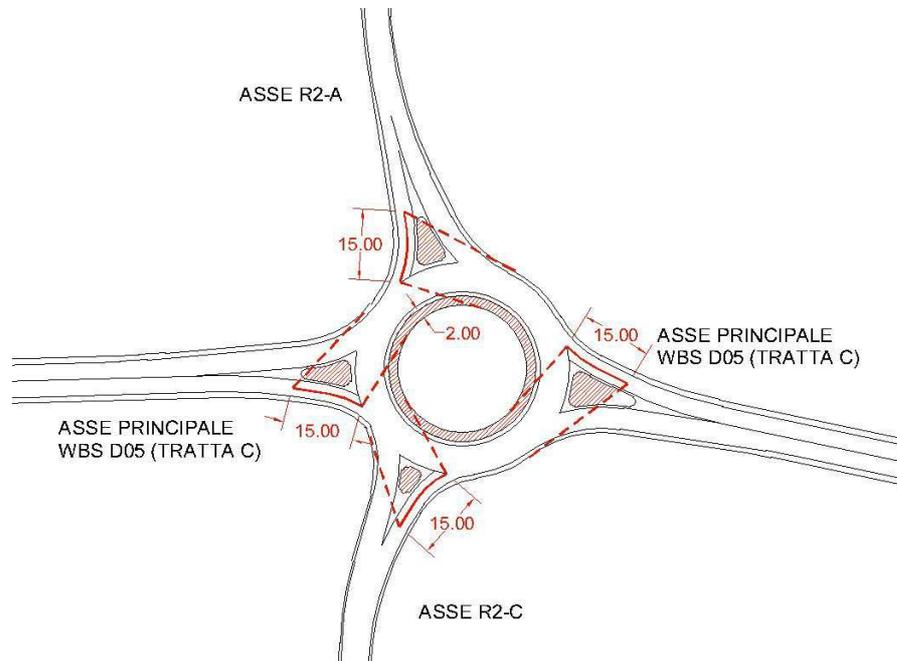
- Il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezzeria della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1m sul piano 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.

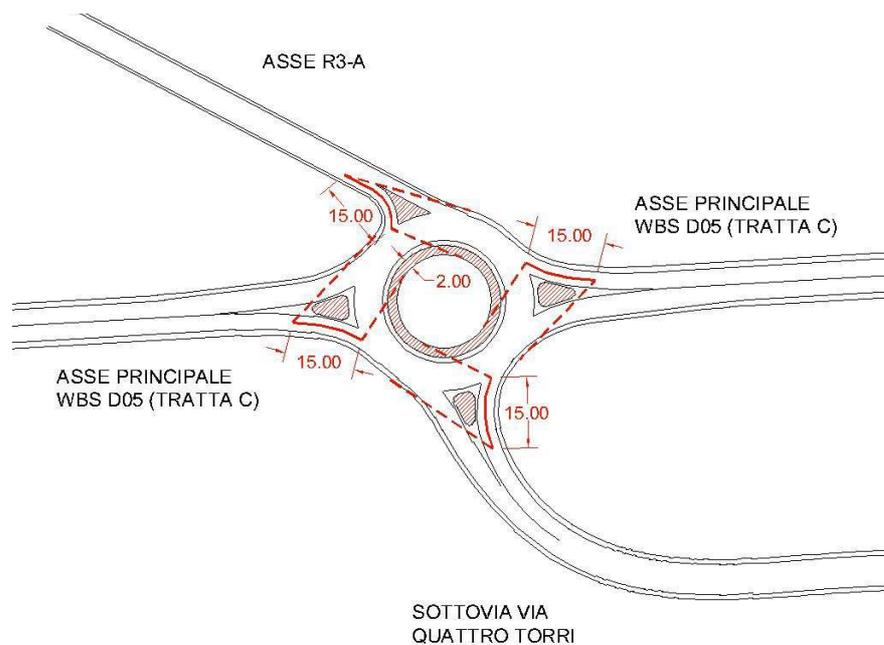
Verifica visibilità Rotatoria "R1":



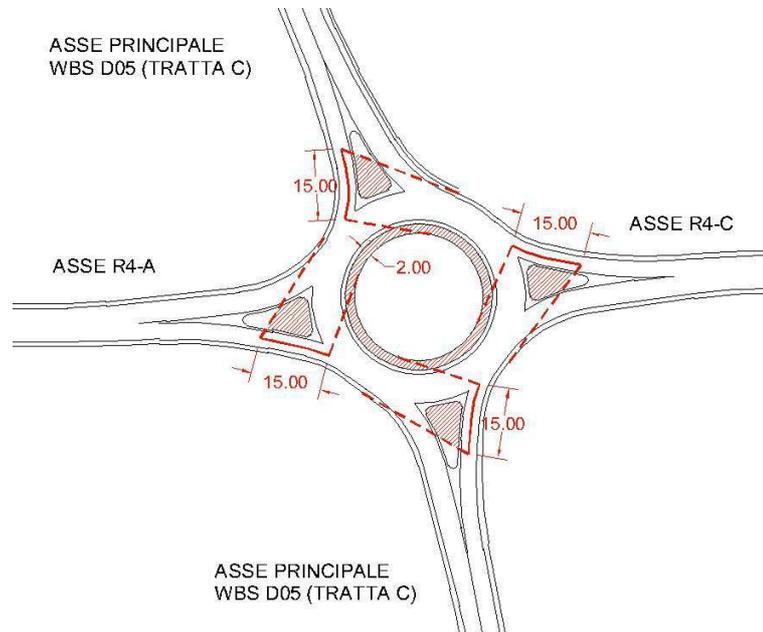
Verifica visibilità Rotatoria "R2":



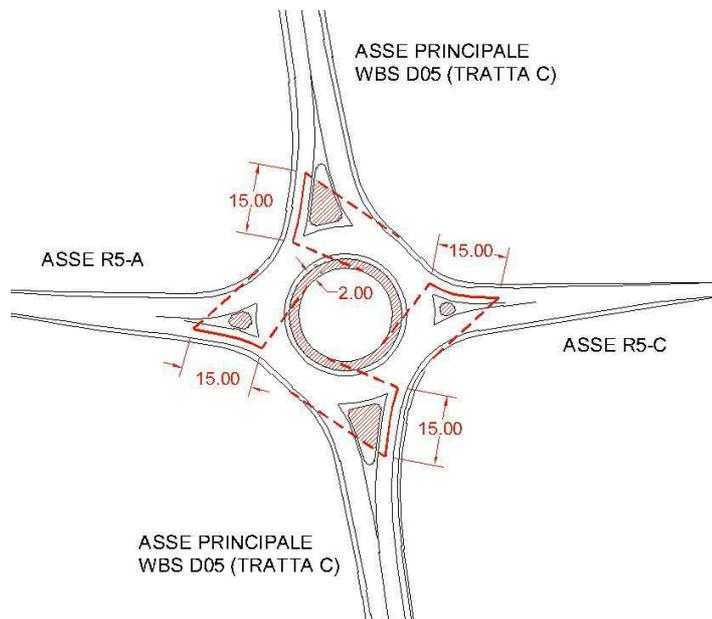
Verifica visibilità Rotatoria "R3":



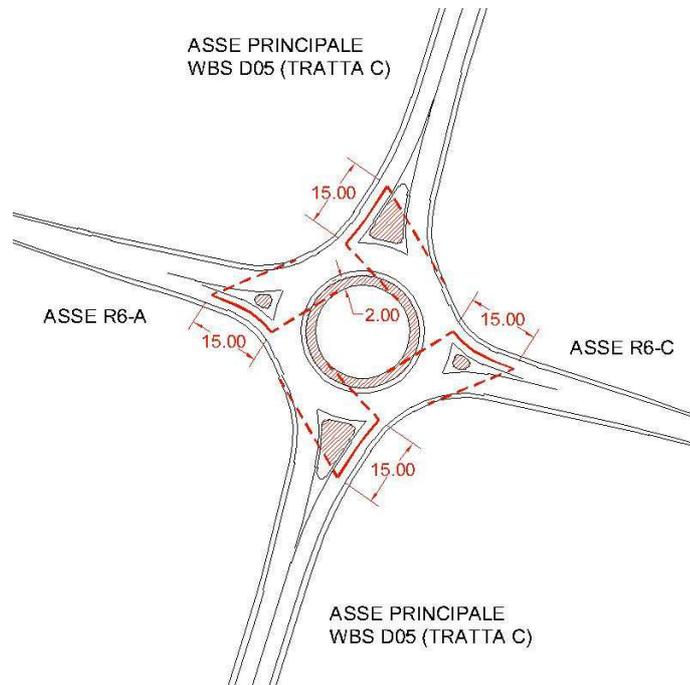
Verifica visibilità Rotatoria "R4":



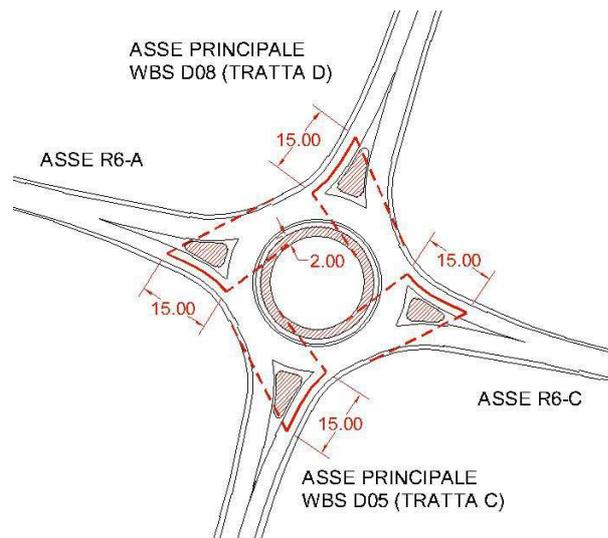
Verifica visibilità Rotatoria "R5":



Verifica visibilità Rotatoria "R6":



Verifica visibilità Rotatoria "R7":



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 si ritengono verificate le rotatorie relativamente alle visuali libere.

3.1.4. Analisi del livello di servizio

La determinazione del livello di servizio delle intersezioni a rotatoria in progetto è stata condotta in funzione ai dati di traffico desunti dalla analisi trasportistica (rif. elaborato PD_0_000_00000_0_GE_RH_01_A) in base ai valori di flusso riferiti al 2030 nell'ora di punta del mattino (giorno medio invernale).

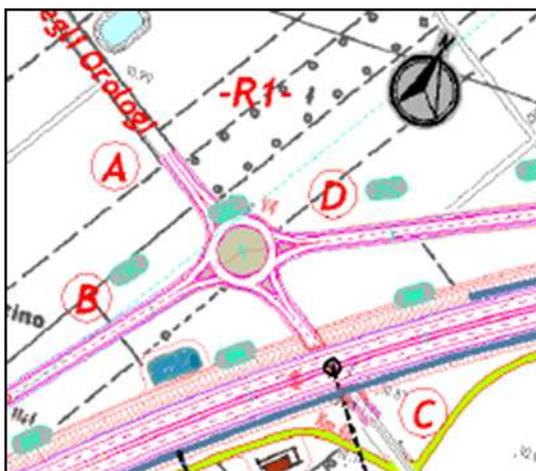
Si riportano di seguito le matrici O/D desunte dallo studio di traffico.

ROTATORIA - R1

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
C	D	30	5	35	40
C	A	30	10	40	50
C	B	120	10	130	140
A	D	170	30	200	230
A	C	20	10	30	40
A	B	0	0	0	0
D	A	60	10	70	80
D	C	25	5	30	35
D	B	550	50	600	650
B	D	250	30	280	310
B	A	0	0	0	0
B	C	60	10	70	80

MATRICE DI DISTRIBUZIONE				
	A	B	C	D
A	-	0.00%	21.74%	10.45%
B	0.00%	-	60.87%	84.97%
C	14.81%	20.51%	-	4.58%
D	85.19%	79.49%	17.39%	-

SOMMANO	100%	100%	100%	100%
----------------	------	------	------	------



	TOTALE	
	ORIGINE / ENTRANTI	DESTINAZIONE / USCENTI
A	270	130
B	390	790
C	230	155
D	765	580
FLUSSO CIRCOLANTE	1655	1655

ROTATORIA – R2

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
A	C	30	10	40	50
A	B	85	15	100	115
A	D	10	0	10	10
C	A	20	5	25	30
C	B	0	0	0	0
C	D	20	5	25	30
B	A	50	10	60	70
B	C	0	0	0	0
B	D	400	55	455	510

D	A	10	0	10	10
D	C	20	5	25	30
D	B	550	50	600	650

MATRICE DI DISTRIBUZIONE				
	A	B	C	D
A	-	12.07%	50.00%	1.45%
B	65.71%	-	0%	94.20%
C	28.57%	0.00%	-	4.35%
D	5.72%	87.93%	50.00%	-
SOMMANO	100%	100%	100%	100%



	TOTALE	
	ORIGINE / ENTRANTI	DESTINAZIONE / USCENTI
A	175	110
B	580	765
C	60	80
D	690	550
FLUSSO CIRCOLANTE	1505	1505

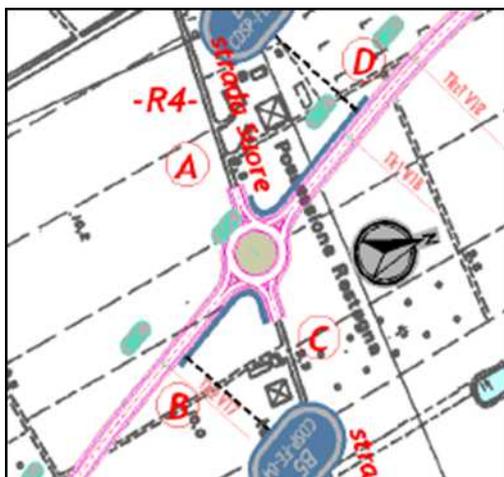
ROTATORIA – R3

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
A	B				0.3

A	C				0.3
A	D				0.3
B	A				0.3
B	C				0.3
B	D	110	15	125	140
C	A				0.3
C	B				0.3
C	D				0.3
D	A				0.3
D	B	380	35	415	450
D	C				0.3

Flussi da e verso A e C trascurabili in quanto strade prettamente locali non presenti nel modello

MATRICE DI DISTRIBUZIONE				
	A	B	C	D
A	-	0.21%	33.33%	0.07%
B	33.33%	-	33.34%	99.87%
C	33.34%	0.21%	-	0.06%
D	33.33%	99.58%	33.33%	-
SOMMANO	100%	100%	100%	100%



	TOTALE	
	ORIGINE / ENTRANTI	DESTINAZIONE / USCENTI
A	0.9	0.9
B	140.6	450.6
C	0.9	0.9

D	450.6	140.6
FLUSSO CIRCOLANTE	593	593

ROTATORIA – R4

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
A	C	50	10	60	70
A	B	40	0	40	40
A	D	40	5	45	50
C	A	60	30	90	120
C	B	250	10	260	270
C	D	10	0	10	10
B	A	80	0	80	80
B	C	170	10	180	190
B	D	60	10	70	80
D	A	70	5	75	80
D	C	10	0	10	10
D	B	300	30	330	360

MATRICE DI DISTRIBUZIONE

	A	B	C	D
A	-	22.86%	30.00%	17.78%
B	25.00%	-	67.50%	80.00%
C	43.75%	54.29%	-	2.22%
D	31.25%	22.85%	2.50%	-
SOMMANO	100%	100%	100%	100%



	TOTALE	
	ORIGINE / ENTRANTI	DESTINAZIONE / USCENTI
A	160	280
B	350	670
C	400	270
D	450	140
FLUSSO CIRCOLANTE	1360	1360

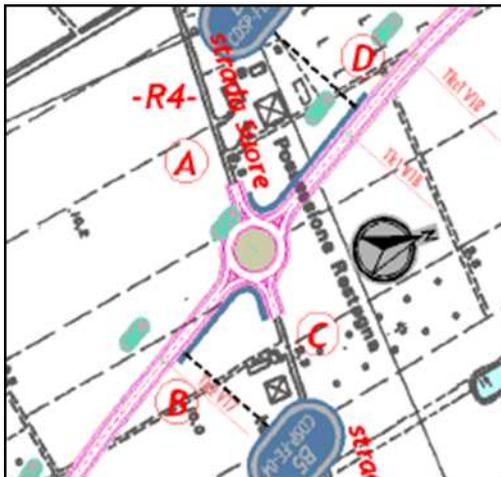
ROTATORIA – R5

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
A	B				0.3
A	C				0.3
A	D				0.3
B	A				0.3
B	C				0.3
B	D	110	15	125	140
C	A				0.3
C	B				0.3
C	D				0.3
D	A				0.3

D	B	380	35	415	450
D	C				0.3

Flussi da e verso A e C trascurabili in quanto strade prettamente locali non presenti nel modello

MATRICE DI DISTRIBUZIONE				
	A	B	C	D
A	-	0.21%	33.33%	0.07%
B	33.33%	-	33.34%	99.87%
C	33.34%	0.21%	-	0.06%
D	33.33%	99.58%	33.33%	-
SOMMANO	100%	100%	100%	100%



	TOTALE	
	ORIGINE / ENTRANTI	DESTINAZIONE / USCENTI
A	0.9	0.9
B	140.6	450.6
C	0.9	0.9
D	450.6	140.6
FLUSSO CIRCOLANTE	593	593

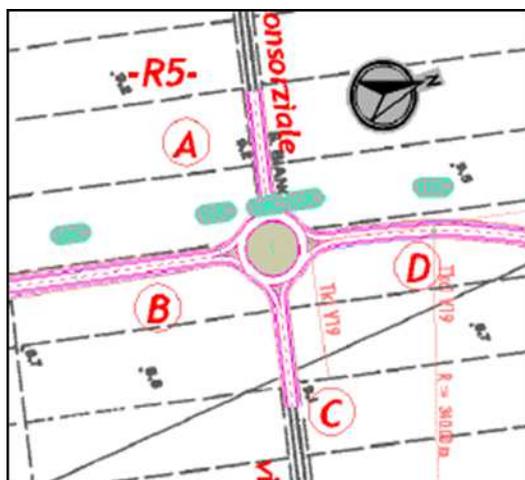
ROTATORIA – R6

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
A	B				0.3
A	C				0.3

A	D				0.3
B	A				0.3
B	C				0.3
B	D	110	15	125	140
C	A				0.3
C	B				0.3
C	D				0.3
D	A				0.3
D	B	380	35	415	450
A	B				0.3

Flussi da e verso A e C trascurabili in quanto strade prettamente locali non presenti nel modello

MATRICE DI DISTRIBUZIONE				
	A	B	C	D
A	-	0.21%	33.33%	0.07%
B	33.33%	-	33.34%	99.93%
C	33.34%	0.21%	-	0.00%
D	33.33%	99.58%	33.33%	-
SOMMANO	100%	100%	100%	100%

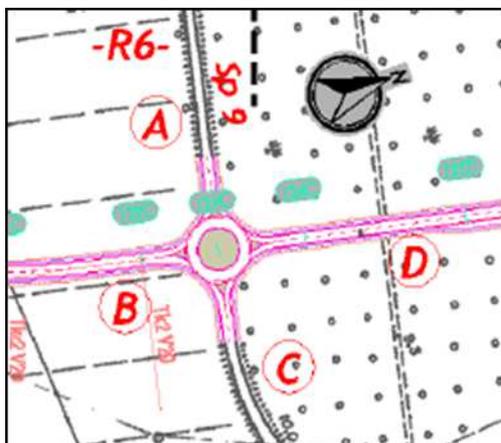


	TOTALE	
	ORIGINE / ENTRANTI	DESTINAZIONE / USCENTI
A	0.9	0.9
B	140.6	450.6
C	0.9	0.6
D	450.3	140.6
FLUSSO CIRCOLANTE	592.7	592.7

ROTATORIA – R7

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
A	C	10	0	10	10
A	D	10	0	10	10
A	B	20	0	20	20
C	A	10	0	10	10
C	D	5	0	5	5
C	B	130	10	140	150
D	A	10	0	10	10
D	C	5	0	5	5
D	B	230	25	255	280
B	A	10	0	10	10
B	C	30	5	35	40
B	D	70	10	80	90

MATRICE DI DISTRIBUZIONE				
	A	B	C	D
A	-	7.14%	6.06%	3.39%
B	50.00%	-	90.91%	94.92%
C	25.00%	28.57%	-	1.69%
D	25.00%	64.29%	3.03%	-
SOMMANO	100%	100%	100%	100%



	TOTALE	
	ORIGINE / ENTRANTI	DESTINAZIONE / USCENTI
A	40	30
B	140	450
C	165	55
D	295	105
FLUSSO CIRCOLANTE	640	640

La determinazione del livello di servizio è stata condotta con il metodo SETRA secondo i criteri descritti nel paragrafo 3.3.4 tramite opportuno software di calcolo.

Le intersezioni in progetto risultano avere livello di servizio, ottenuto sul ramo critico, superiore o uguale a quello prescritto dal D.M. 05.11.2001 per il tipo di strade confluenti nel nodo.

Si allegano i tabulati di verifica del livello di servizio.

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R1

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

		Rami di entrata									
		R1-A	R1-B	R1-C	R1-D	Flussi entranti Qe (eph)		Flussi uscenti Qu (eph)		Flussi anello Qc (eph)	
Rami di uscita	R1-A	0.00	0.00	21.74	10.45	270.0		129.9		825.1	
	R1-B	0.00	0.00	60.87	84.97	390.0		790.0		305.0	
	R1-C	14.81	20.51	0.00	4.58	230.0		155.0		540.0	
	R1-D	85.19	79.49	17.39	0.00	765.0		580.0		190.0	
	Verifica 100%	100.00	100.00	100.00	100.00	1,655.0		1,655.0			

Periodo di analisi = 0.25

Caratteristiche geometriche della rotatoria e degli innesti

Ramo	SEP (m)	ENT (m)	Capacità dei bracci							Capacità totale della rotatoria		Livello di servizio						
			Q'e (eph)	Q'u (eph)	Qd (eph)	K' (eph)	δ	K (eph)	Qe,k (eph)	ΔK (eph)	Q*e (eph)	x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
R1-A	9.15	3.50	270.0	50.6	1,004.8	626.6	1.37	389.4	361.1	28.3	409.3	0.43	15.0	1.1	6.8	2.2	13.0	C
R1-B	9.87	3.50	390.0	269.9	567.4	932.8	1.69	798.8	521.6	277.2	769.5	0.42	11.6	1.3	7.5	2.1	12.5	B
R1-C	9.08	3.50	230.0	61.2	679.6	854.3	1.88	693.8	307.6	386.2	487.8	0.27	10.8	0.7	4.1	1.1	6.5	B
R1-D	11.50	3.50	765.0	135.3	327.9	1,100.5	1.34	1,023.1	1,023.1	0.0	866.8	0.70	15.4	3.3	19.6	6.0	35.9	C

ANN (m) = 6.00

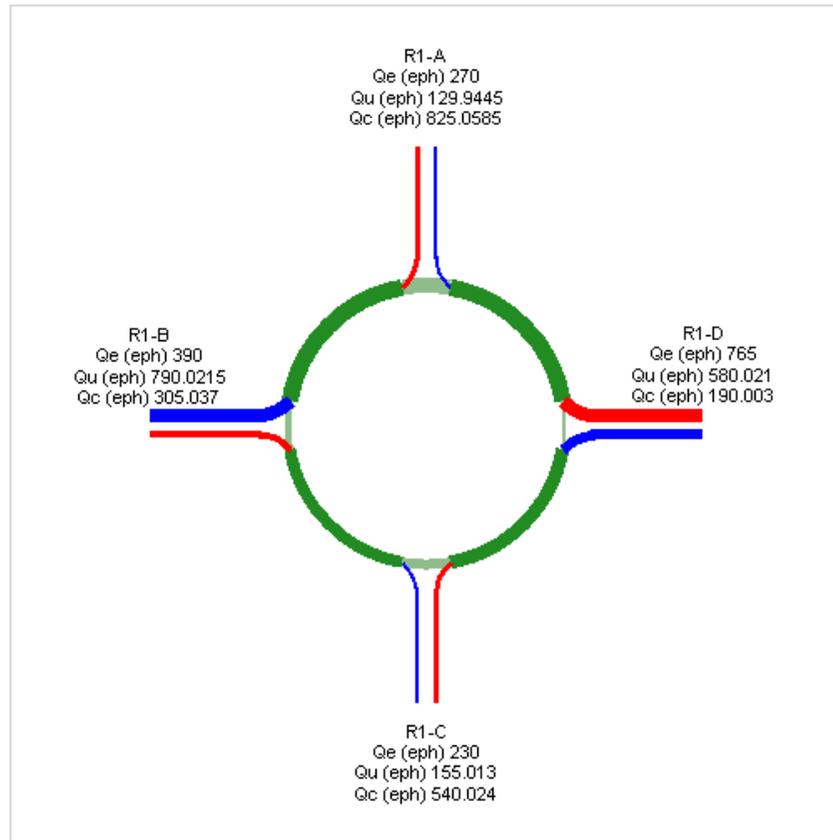
$\delta_{i,min}$ = 1.34
 $Q_{e,k,tot}$ (eph) = 2213.3

C_{tot} (eph) = 2533.4

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R1

Diagramma di flusso



Legenda

eph = Autovetture equivalenti / ora

Q_e = Flussi entranti

Q_u = Flussi uscenti

$Q'e$ = Flussi equivalenti in entrata

$Q'u$ = Flussi equivalenti in uscita

Q_c = Flussi sull'anello

Q_d = Flussi di disturbo

ANN = Larghezza dell'anello

SEP = Distanza tra i vertici dell'isola separatrice

ENT = Larghezza dell'ingresso

K' = Capacità del braccio

δ_i = Fattore moltiplicativo dei flussi per raggiungere la capacità

$\delta_{i,min}$ = Fattore moltiplicativo minimo che individua il braccio critico

K = Capacità semplice della rotatoria

$Q_{e,k}$ = Flussi di ingresso a capacità raggiunta su un ramo

$Q_{e,k,tot}$ = Somma dei flussi entranti a capacità raggiunta su un ramo

δK = Riserva di capacità

Q^*e = Flussi di entrata che danno luogo al raggiungimento simultaneo della capacità su tutti i bracci

C_{tot} = Capacità totale della rotatoria

x = Grado di saturazione

$t_m(s)$ = Tempo medio di attesa

L_m = Lunghezza media della coda (in veicoli)

$L_m(m)$ = Lunghezza media della coda (in metri)

L_{max} = Lunghezza massima della coda (in veicoli)

$L_{max}(m)$ = Lunghezza massima della coda (in metri)

LOS = Livello di servizio

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R2 (DCS05-B)

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

		Rami di entrata				Flussi entranti Qe (eph)	Flussi uscenti Qu (eph)	Flussi anello Qc (eph)
		R2-A	R2-B	R2-C	R2-D			
Rami di uscita	R2-A	0.00	12.07	50.00	1.45	175.0	110.0	680.0
	R2-B	65.71	0.00	0.00	94.20	580.0	765.0	90.0
	R2-C	28.57	0.00	0.00	4.35	60.0	80.0	590.0
	R2-D	5.72	87.93	50.00	0.00	690.0	550.0	100.0
	Verifica 100%	100.00	100.00	100.00	100.00	1,505.0	1,505.0	

Periodo di analisi = 0.25

Caratteristiche geometriche della rotatoria e degli innesti

Ramo	SEP (m)	ENT (m)	Capacità dei bracci							Capacità totale	Livello di servizio							
			Q'e (eph)	Q'u (eph)	Qd (eph)	K' (eph)	δ	K (eph)	Qe,k (eph)	ΔK (eph)	della rotatoria	x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
R2-A	9.08	3.50	175.0	43.4	829.5	749.4	1.76	440.4	268.1	172.3	566.4	0.23	11.3	0.5	3.3	0.9	5.4	B
R2-B	11.50	3.50	580.0	178.5	244.6	1,158.8	1.77	1,067.7	888.6	179.1	991.1	0.50	11.2	1.8	10.8	2.9	17.3	B
R2-C	9.08	3.50	60.0	31.6	715.0	829.5	2.37	563.3	91.9	471.3	448.9	0.07	9.7	0.2	1.0	0.2	1.4	A
R2-D	10.19	3.50	690.0	176.2	254.4	1,151.9	1.53	1,057.1	1,057.1	0.0	850.8	0.60	12.7	2.4	14.6	4.2	25.1	B

ANN (m) = 6.00

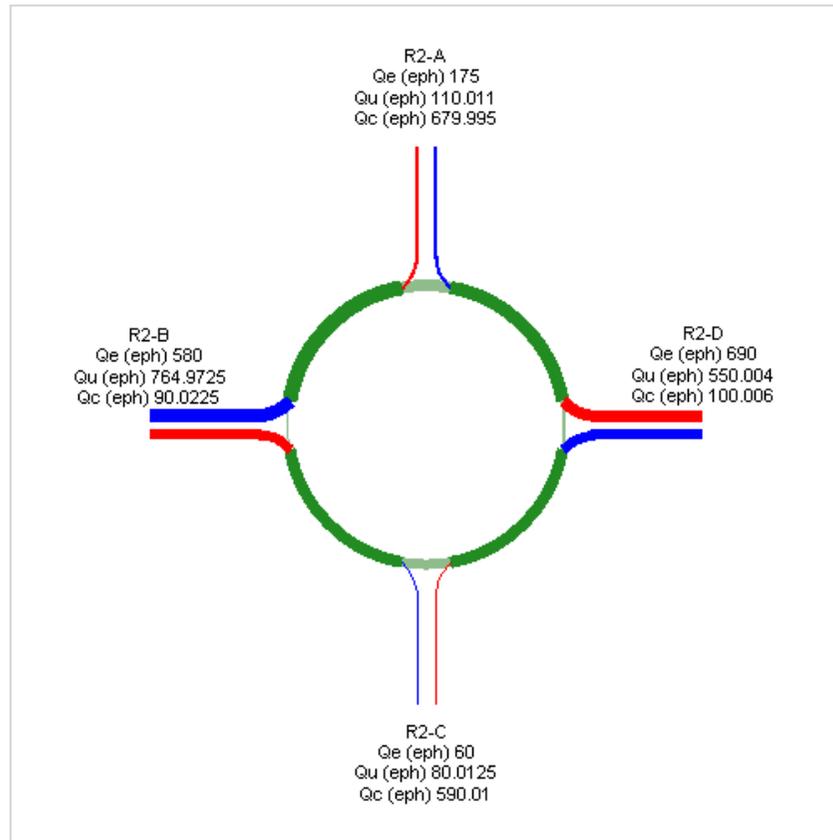
$\delta_{i,min}$ = 1.53
 Qe,k,tot (eph) = 2305.8

Ctot (eph) = 2857.3

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R2 (DCS05-B)

Diagramma di flusso



Legenda

eph = Autovetture equivalenti / ora

Qe = Flussi entranti

Qu = Flussi uscenti

Q'e = Flussi equivalenti in entrata

Q'u = Flussi equivalenti in uscita

Qc = Flussi sull'anello

Qd = Flussi di disturbo

ANN = Larghezza dell'anello

SEP = Distanza tra i vertici dell'isola separatrice

ENT = Larghezza dell'ingresso

K' = Capacità del braccio

δ_i = Fattore moltiplicativo dei flussi per raggiungere la capacità

$\delta_{i,min}$ = Fattore moltiplicativo minimo che individua il braccio critico

K = Capacità semplice della rotatoria

Qe,k = Flussi di ingresso a capacità raggiunta su un ramo

Qe,k,tot = Somma dei flussi entranti a capacità raggiunta su un ramo

δK = Riserva di capacità

Q*e = Flussi di entrata che danno luogo al raggiungimento simultaneo della capacità su tutti i bracci

Ctot = Capacità totale della rotatoria

x = Grado di saturazione

tm(s) = Tempo medio di attesa

Lm = Lunghezza media della coda (in veicoli)

Lm(m) = Lunghezza media della coda (in metri)

Lmax = Lunghezza massima della coda (in veicoli)

Lmax(m) = Lunghezza massima della coda (in metri)

LOS = Livello di servizio

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R3 (DCS05-C)

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

		Rami di entrata									
		R3-A	R3-B	R3-C	R3-D	Flussi entranti Qe (eph)		Flussi uscenti Qu (eph)		Flussi anello Qc (eph)	
Rami di uscita	R3-A	0.00	0.21	33.33	0.07	0.9	0.9	450.6	0.9	0.9	450.6
	R3-B	33.33	0.00	33.34	99.87	140.6	450.6	0.9	0.9	0.9	0.9
	R3-C	33.34	0.21	0.00	0.06	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	140.6
	R3-D	33.33	99.58	33.33	0.00	450.6	140.6	0.9	0.9	0.9	0.9
	Verifica 100%	100.00	100.00	100.00	100.00	593.0	593.0	593.0	593.0	593.0	593.0

Periodo di analisi = 0.25

Caratteristiche geometriche della rotatoria e degli innesti

Ramo	SEP (m)	ENT (m)	Capacità dei bracci							Capacità totale della rotatoria		Livello di servizio						
			Q'e (eph)	Q'u (eph)	Qd (eph)	K' (eph)	δ	K (eph)	Qe,k (eph)	ΔK (eph)	Q*e (eph)	x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
R3-A	10.49	3.50	0.9	0.3	527.4	960.8	3.59	295.0	2.5	292.5	454.3	0.00	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	A
R3-B	10.49	3.50	140.6	135.4	106.7	1,255.3	6.18	1,120.7	394.2	726.5	886.2	0.11	8.2	0.3	1.9	0.4	2.3	A
R3-C	8.68	3.50	0.9	0.4	164.8	1,214.6	11.44	1,006.6	2.5	1,004.1	446.3	0.00	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	A
R3-D	10.49	3.50	450.6	42.3	34.0	1,306.2	2.80	1,263.3	1,263.3	0.0	890.7	0.34	9.2	1.2	6.9	1.6	9.3	A

ANN (m) = 6.00

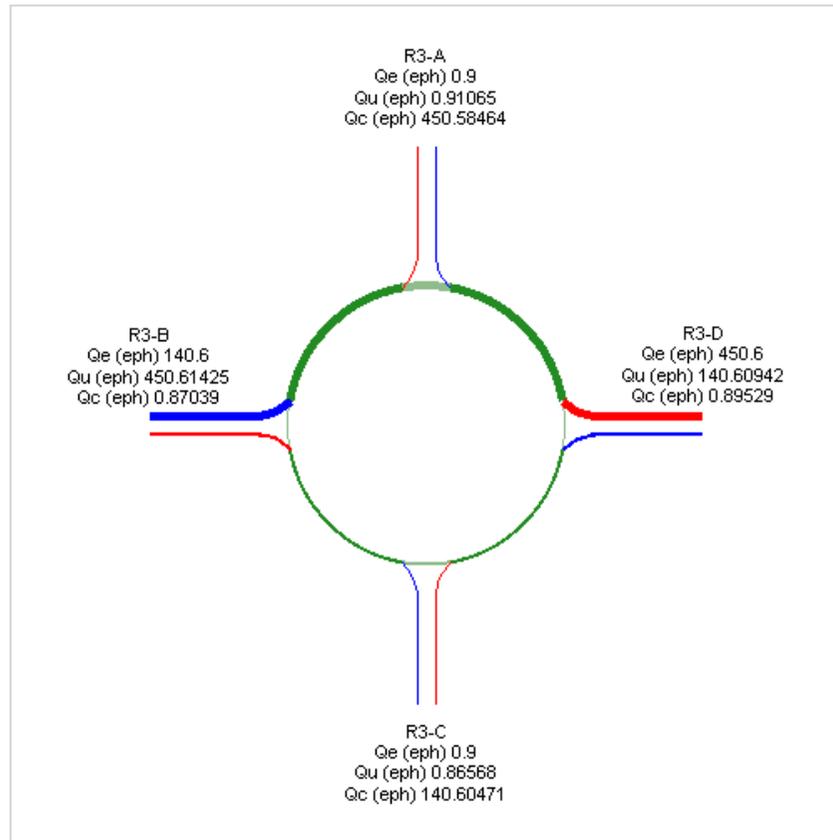
$\delta_{i,min}$ = 2.80
 Qe,k,tot (eph) = 1662.5

Ctot (eph) = 2677.6

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R3 (DCS05-C)

Diagramma di flusso



Legenda

eph = Autovetture equivalenti / ora

Qe = Flussi entranti

Qu = Flussi uscenti

Q'e = Flussi equivalenti in entrata

Q'u = Flussi equivalenti in uscita

Qc = Flussi sull'anello

Qd = Flussi di disturbo

ANN = Larghezza dell'anello

SEP = Distanza tra i vertici dell'isola separatrice

ENT = Larghezza dell'ingresso

K' = Capacità del braccio

δ_i = Fattore moltiplicativo dei flussi per raggiungere la capacità

$\delta_{i,min}$ = Fattore moltiplicativo minimo che individua il braccio critico

K = Capacità semplice della rotatoria

Qe,k = Flussi di ingresso a capacità raggiunta su un ramo

Qe,k,tot = Somma dei flussi entranti a capacità raggiunta su un ramo

δK = Riserva di capacità

Q*e = Flussi di entrata che danno luogo al raggiungimento simultaneo della capacità su tutti i bracci

Ctot = Capacità totale della rotatoria

x = Grado di saturazione

tm(s) = Tempo medio di attesa

Lm = Lunghezza media della coda (in veicoli)

Lm(m) = Lunghezza media della coda (in metri)

Lmax = Lunghezza massima della coda (in veicoli)

Lmax(m) = Lunghezza massima della coda (in metri)

LOS = Livello di servizio

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R4 (CDS05-D)

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

		Rami di entrata				Flussi entranti Qe (eph)	Flussi uscenti Qu (eph)	Flussi anello Qc (eph)
		R4-A	R4-B	R4-C	R4-D			
Rami di uscita	R4-A	0.00	22.86	30.00	17.78	160.0	280.0	640.0
	R4-B	25.00	0.00	67.50	80.00	350.0	670.0	130.0
	R4-C	43.75	54.29	0.00	2.22	400.0	270.0	210.0
	R4-D	31.25	22.85	2.50	0.00	450.0	140.0	470.0
	Verifica 100%	100.00	100.00	100.00	100.00	1,360.0	1,360.0	

Periodo di analisi = 0.25

Caratteristiche geometriche della rotatoria e degli innesti

Ramo	SEP (m)	ENT (m)	Capacità dei bracci							Capacità totale	Livello di servizio							
			Q'e (eph)	Q'u (eph)	Qd (eph)	K' (eph)	δ	K (eph)	Qe,k (eph)	ΔK (eph)	della rotatoria	x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
R4-A	11.50	3.50	160.0	65.3	799.7	770.2	1.85	456.9	249.5	207.4	500.0	0.21	10.9	0.5	2.9	0.8	4.7	B
R4-B	11.57	3.50	350.0	153.4	271.8	1,139.8	2.46	1,033.3	545.9	487.4	883.0	0.31	9.6	0.9	5.6	1.3	7.9	A
R4-C	11.06	3.50	400.0	70.9	301.0	1,119.3	2.18	1,001.4	623.8	377.6	769.8	0.36	10.0	1.1	6.7	1.6	9.8	A
R4-D	11.50	3.50	450.0	32.7	575.4	927.2	1.56	701.8	701.8	0.0	501.9	0.49	12.5	1.6	9.4	2.7	16.2	B

ANN (m) = 6.00

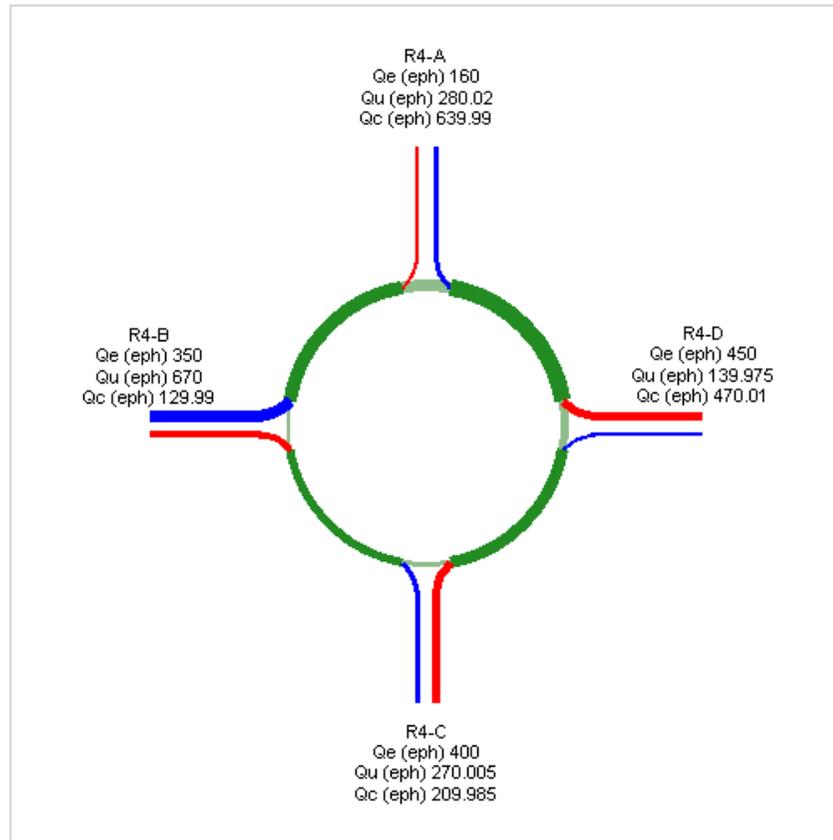
$\delta_{i,min}$ = 1.56
 Qe,k,tot (eph) = 2121.1

Ctot (eph) = 2654.7

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R4 (CDS05-D)

Diagramma di flusso



Legenda

eph = Autovetture equivalenti / ora

Qe = Flussi entranti

Qu = Flussi uscenti

Q'e = Flussi equivalenti in entrata

Q'u = Flussi equivalenti in uscita

Qc = Flussi sull'anello

Qd = Flussi di disturbo

ANN = Larghezza dell'anello

SEP = Distanza tra i vertici dell'isola separatrice

ENT = Larghezza dell'ingresso

K' = Capacità del braccio

δ_i = Fattore moltiplicativo dei flussi per raggiungere la capacità

$\delta_{i,min}$ = Fattore moltiplicativo minimo che individua il braccio critico

K = Capacità semplice della rotatoria

Qe,k = Flussi di ingresso a capacità raggiunta su un ramo

Qe,k,tot = Somma dei flussi entranti a capacità raggiunta su un ramo

δK = Riserva di capacità

Q*e = Flussi di entrata che danno luogo al raggiungimento simultaneo della capacità su tutti i bracci

Ctot = Capacità totale della rotatoria

x = Grado di saturazione

tm(s) = Tempo medio di attesa

Lm = Lunghezza media della coda (in veicoli)

Lm(m) = Lunghezza media della coda (in metri)

Lmax = Lunghezza massima della coda (in veicoli)

Lmax(m) = Lunghezza massima della coda (in metri)

LOS = Livello di servizio

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R5 (DCS05-E)

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

		Rami di entrata									
		R5-A	R5-B	R5-C	R5-D	Flussi entranti Qe (eph)		Flussi uscenti Qu (eph)		Flussi anello Qc (eph)	
Rami di uscita	R5-A	0.00	0.21	33.33	0.07	0.9	0.9	450.6	0.9	450.6	0.9
	R5-B	33.33	0.00	33.34	99.87	140.6	450.6	140.6	0.9	140.6	0.9
	R5-C	33.34	0.21	0.00	0.06	0.9	0.9	140.6	140.6	0.9	0.9
	R5-D	33.33	99.58	33.33	0.00	450.6	140.6	140.6	0.9	0.9	0.9
	Verifica 100%	100.00	100.00	100.00	100.00	593.0	593.0	593.0	593.0	593.0	593.0

Periodo di analisi = 0.25

Caratteristiche geometriche della rotatoria e degli innesti

Ramo	SEP (m)	ENT (m)	Capacità dei bracci							Capacità totale della rotatoria		Livello di servizio						
			Q'e (eph)	Q'u (eph)	Qd (eph)	K' (eph)	δ	K (eph)	Qe,k (eph)	ΔK (eph)	Q*e (eph)	x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
R5-A	7.59	3.50	0.9	0.5	527.5	960.7	3.59	294.7	2.5	292.2	435.6	0.00	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	A
R5-B	6.97	3.50	140.6	241.2	189.2	1,197.6	4.87	958.8	394.2	564.6	748.9	0.12	8.4	0.3	2.0	0.4	2.4	A
R5-C	10.49	3.50	0.9	0.3	164.7	1,214.7	11.45	1,006.8	2.5	1,004.2	574.8	0.00	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	A
R5-D	10.49	3.50	450.6	42.3	34.0	1,306.2	2.80	1,263.3	1,263.3	0.0	837.2	0.34	9.2	1.2	6.9	1.6	9.3	A

ANN (m) = 6.00

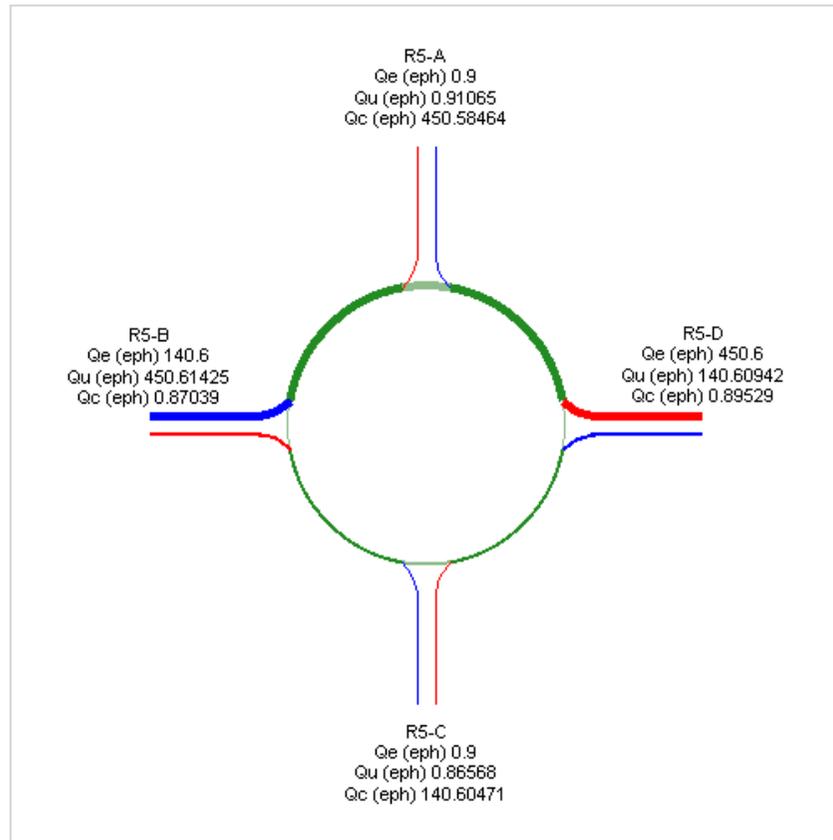
$\delta_{i,min}$ = 2.80
 Qe,k,tot (eph) = 1662.5

Ctot (eph) = 2596.5

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R5 (DCS05-E)

Diagramma di flusso



Legenda

eph = Autovetture equivalenti / ora

Qe = Flussi entranti

Qu = Flussi uscenti

Q'e = Flussi equivalenti in entrata

Q'u = Flussi equivalenti in uscita

Qc = Flussi sull'anello

Qd = Flussi di disturbo

ANN = Larghezza dell'anello

SEP = Distanza tra i vertici dell'isola separatrice

ENT = Larghezza dell'ingresso

K' = Capacità del braccio

δ_i = Fattore moltiplicativo dei flussi per raggiungere la capacità

$\delta_{i,min}$ = Fattore moltiplicativo minimo che individua il braccio critico

K = Capacità semplice della rotatoria

Qe,k = Flussi di ingresso a capacità raggiunta su un ramo

Qe,k,tot = Somma dei flussi entranti a capacità raggiunta su un ramo

δK = Riserva di capacità

Q*e = Flussi di entrata che danno luogo al raggiungimento simultaneo della capacità su tutti i bracci

Ctot = Capacità totale della rotatoria

x = Grado di saturazione

tm(s) = Tempo medio di attesa

Lm = Lunghezza media della coda (in veicoli)

Lm(m) = Lunghezza media della coda (in metri)

Lmax = Lunghezza massima della coda (in veicoli)

Lmax(m) = Lunghezza massima della coda (in metri)

LOS = Livello di servizio

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R6 (DCS05-F)

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

		Rami di entrata									
		R6-A	R6-B	R6-C	R6-D	Flussi entranti Qe (eph)		Flussi uscenti Qu (eph)		Flussi anello Qc (eph)	
Rami di uscita	R6-A	0.00	0.21	33.33	0.07	0.9	0.9	450.3			
	R6-B	33.33	0.00	33.34	99.93	140.6	450.6	0.6			
	R6-C	33.34	0.21	0.00	0.00	0.9	0.6	140.6			
	R6-D	33.33	99.58	33.33	0.00	450.3	140.6	0.9			
	Verifica 100%	100.00	100.00	100.00	100.00	592.7	592.7				

Periodo di analisi = 0.25

Caratteristiche geometriche della rotatoria e degli innesti

Ramo	SEP (m)	ENT (m)	Capacità dei bracci							Capacità totale della rotatoria		Livello di servizio						
			Q'e (eph)	Q'u (eph)	Qd (eph)	K' (eph)	δ	K (eph)	Qe,k (eph)	ΔK (eph)	Q*e (eph)	x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
R6-A	6.58	3.50	0.9	0.5	527.2	960.9	3.59	294.7	2.5	292.2	428.1	0.00	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	A
R6-B	6.58	3.50	140.6	252.9	198.0	1,191.4	4.76	941.3	394.4	546.9	737.7	0.12	8.4	0.3	2.0	0.4	2.4	A
R6-C	10.50	3.50	0.9	0.2	164.6	1,214.7	11.45	1,006.7	2.5	1,004.2	586.6	0.00	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	A
R6-D	10.49	3.50	450.3	42.3	34.0	1,306.2	2.81	1,263.2	1,263.2	0.0	832.3	0.34	9.2	1.2	6.9	1.6	9.3	A

ANN (m) = 6.00

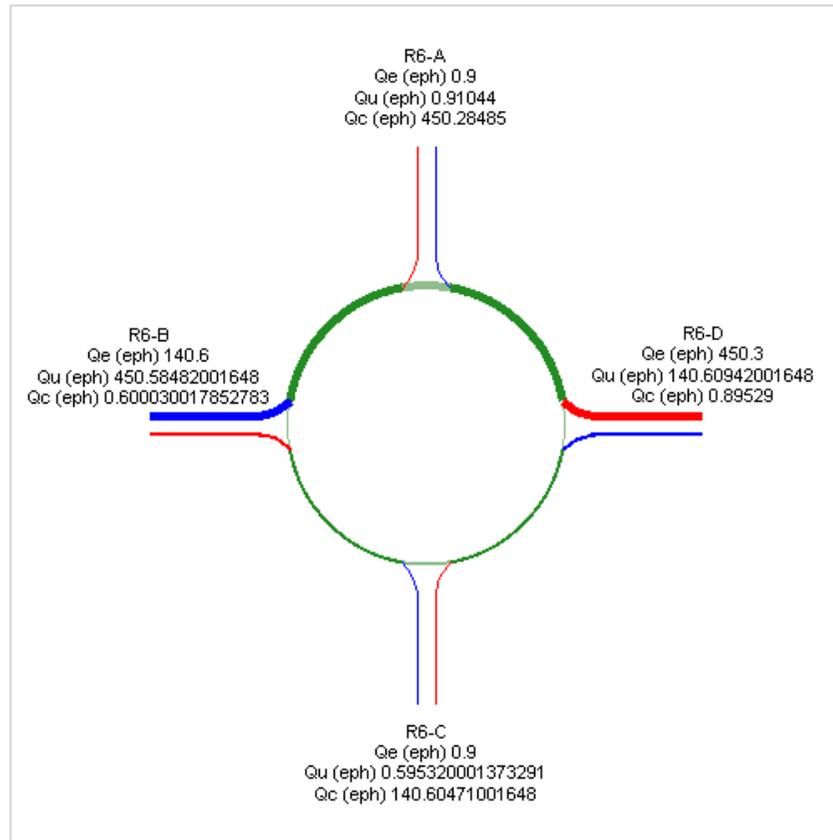
$\delta_{i,min}$ = 2.81
 Qe,k,tot (eph) = 1662.6

Ctot (eph) = 2584.7

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R6 (DCS05-F)

Diagramma di flusso



Legenda

eph = Autoveicoli equivalenti / ora

Qe = Flussi entranti

Qu = Flussi uscenti

Q'e = Flussi equivalenti in entrata

Q'u = Flussi equivalenti in uscita

Qc = Flussi sull'anello

Qd = Flussi di disturbo

ANN = Larghezza dell'anello

SEP = Distanza tra i vertici dell'isola separatrice

ENT = Larghezza dell'ingresso

K' = Capacità del braccio

δ_i = Fattore moltiplicativo dei flussi per raggiungere la capacità

$\delta_{i,min}$ = Fattore moltiplicativo minimo che individua il braccio critico

K = Capacità semplice della rotatoria

Qe,k = Flussi di ingresso a capacità raggiunta su un ramo

Qe,k,tot = Somma dei flussi entranti a capacità raggiunta su un ramo

δK = Riserva di capacità

Q*e = Flussi di entrata che danno luogo al raggiungimento simultaneo della capacità su tutti i bracci

Ctot = Capacità totale della rotatoria

x = Grado di saturazione

tm(s) = Tempo medio di attesa

Lm = Lunghezza media della coda (in veicoli)

Lm(m) = Lunghezza media della coda (in metri)

Lmax = Lunghezza massima della coda (in veicoli)

Lmax(m) = Lunghezza massima della coda (in metri)

LOS = Livello di servizio

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R7 (DCS05-G)

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

		Rami di entrata									
		R7-A	R7-B	R7-C	R7-D	Flussi entranti Qe (eph)		Flussi uscenti Qu (eph)		Flussi anello Qc (eph)	
Rami di uscita	R7-A	0.00	7.14	6.06	3.39	40.0	30.0	435.0			
	R7-B	50.00	0.00	90.91	94.92	140.0	450.0	25.0			
	R7-C	25.00	28.57	0.00	1.69	165.0	55.0	110.0			
	R7-D	25.00	64.29	3.03	0.00	295.0	105.0	170.0			
	Verifica 100%	100.00	100.00	100.00	100.00	640.0	640.0				

Periodo di analisi = 0.25

Caratteristiche geometriche della rotatoria e degli innesti

Ramo	SEP (m)	ENT (m)	Capacità dei bracci							Capacità totale della rotatoria		Livello di servizio						
			Q'e (eph)	Q'u (eph)	Qd (eph)	K' (eph)	δ	K (eph)	Qe,k (eph)	ΔK (eph)	Q*e (eph)	x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
R7-A	8.69	3.50	40.0	12.6	518.8	966.8	3.30	274.2	116.3	157.9	330.5	0.04	8.9	0.1	0.6	0.1	0.8	A
R7-B	8.92	3.50	140.0	182.3	171.4	1,210.0	5.12	981.1	407.0	574.1	889.9	0.12	8.4	0.3	2.0	0.4	2.3	A
R7-C	9.35	3.50	165.0	20.7	144.9	1,228.6	4.99	1,035.2	479.7	555.4	670.4	0.13	8.4	0.4	2.3	0.5	2.8	A
R7-D	8.92	3.50	295.0	42.5	232.1	1,167.5	2.91	857.7	857.7	0.0	596.3	0.25	9.1	0.7	4.5	1.0	6.0	A

ANN (m) = 6.00

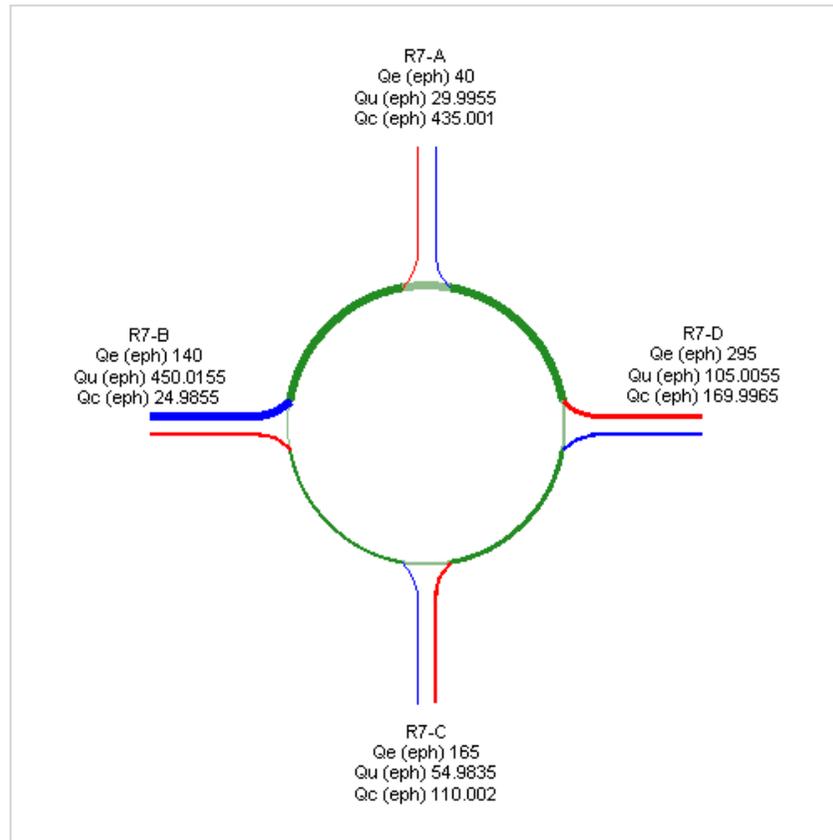
$\delta_{i,min}$ = 2.91
 Qe,k,tot (eph) = 1860.7

Ctot (eph) = 2487.0

RACCORDO BONDENO-CENTO AUTOSTRADA CISPADANA - TRATTA C (D05)

ROTATORIA R7 (DCS05-G)

Diagramma di flusso



Legenda

eph = Autoveicoli equivalenti / ora

Qe = Flussi entranti

Qu = Flussi uscenti

Q'e = Flussi equivalenti in entrata

Q'u = Flussi equivalenti in uscita

Qc = Flussi sull'anello

Qd = Flussi di disturbo

ANN = Larghezza dell'anello

SEP = Distanza tra i vertici dell'isola separatrice

ENT = Larghezza dell'ingresso

K' = Capacità del braccio

δ_i = Fattore moltiplicativo dei flussi per raggiungere la capacità

$\delta_{i,min}$ = Fattore moltiplicativo minimo che individua il braccio critico

K = Capacità semplice della rotatoria

Qe,k = Flussi di ingresso a capacità raggiunta su un ramo

Qe,k,tot = Somma dei flussi entranti a capacità raggiunta su un ramo

δK = Riserva di capacità

Q*e = Flussi di entrata che danno luogo al raggiungimento simultaneo della capacità su tutti i bracci

Ctot = Capacità totale della rotatoria

x = Grado di saturazione

tm(s) = Tempo medio di attesa

Lm = Lunghezza media della coda (in veicoli)

Lm(m) = Lunghezza media della coda (in metri)

Lmax = Lunghezza massima della coda (in veicoli)

Lmax(m) = Lunghezza massima della coda (in metri)

LOS = Livello di servizio