



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

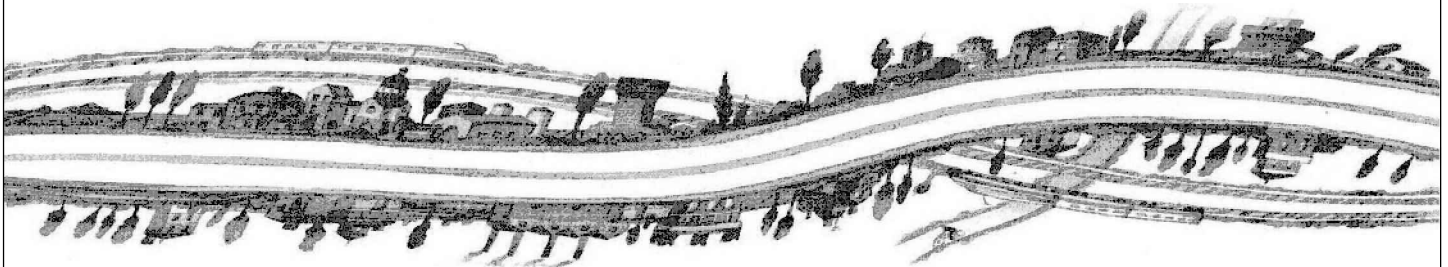
CODICE C.U.P. E81B0800060009

PROGETTO DEFINITIVO

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

ASSE STRADALE - D08 (EX 1FE - TRATTO D)

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. Magagnino	Ing. Bonfanti
REV.	DATA	DESCRIZIONE		REDAZIONE	CONTROLLO
					APPROVAZIONE
IDENTIFICAZIONE ELABORATO					DATA: MAGGIO 2012
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA
5508	PD	0	D08	DCS08	D
					AMBITO
					SD
					TIPO ELABORATO
					RT
					PROGRESSIVO
					01
					REV.
					A
					SCALA: _

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE	4
2.1. Piattaforma stradale e sezioni tipo.....	7
2.1.1. Svincoli e rotatorie.....	10
2.1.2. Sovrastruttura stradale.....	12
2.2. Andamento planimetrico	12
2.3. Andamento altimetrico	14
3. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI	17
3.1. Inquadramento Normativo	17
3.2. Criteri progettuali principali	18
3.2.1. Caratteristiche planimetriche.....	18
3.2.2. Caratteristiche altimetriche.....	22
3.2.3. Analisi di visibilità	24
3.2.4. Rappresentazione dei risultati	26
3.3. Progettazione delle intersezioni a rotatoria.....	27
3.3.1. Dimensionamento degli elementi modulari.....	27
3.3.2. Geometria della rotatoria e analisi di visibilità	28
3.3.3. Determinazione delle aree di visibilità	29
3.3.4. Determinazione del livello di servizio	30
4. RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO	34
4.1. Assi stradali	34
4.1.1. Andamento planimetrico	34
4.1.2. Andamento altimetrico	36
4.1.3. Verifiche di visibilità	37
4.2. Intersezioni a rotatoria	38

4.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie.....	38
4.2.2. Analisi della Deflessione	39
4.2.3. Analisi delle Visibilità	42
4.2.4. Analisi del livello di servizio	42

1. PREMESSA

Le viabilità di adduzione al sistema autostradale svolgono prevalentemente la funzione di raccordo diretto ai caselli autostradali poiché 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 rilevante l'intera efficienza della rete, generando un consistente 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) - Riquilificazione 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.

Le prime tre (Riquilificazione della S.P. n° 72 "Parma-Mezzani", Cispadana tra la S.P. n° 2 "Reggiolo - Gonzaga" e la ex S.S.n° 62 "della Cisa", Variante alla SP n° 41 in corrispondenza del tracciato Cispadano - tratto tra SP n° 60 e Brescello) ottengono il significativo risultato di completare l'Asse Cispadano fino alla provincia di Parma, mettendo in diretto collegamento i territori di Parma – Reggio – Modena – Ferrara con il Mare Adriatico, oltre che portare grande beneficio sia all'Autostrada stessa in termini di traffico che ai predetti territori in termini di collegamento interprovinciale, anticipando alla fase di realizzazione dell'Autostrada stessa l'attuazione dell'atteso obiettivo del Piano Regionale Integrato dei Trasporti (PRIT), che individua in questo corridoio est-ovest uno degli elementi funzionali principali mancanti, per implementare il disegno strategico della mobilità regionale.

La quarta invece realizza il potenziamento della direttrice Nord-Sud (Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana), già programmata dalla Provincia di Ferrara, in quanto l'ambito territoriale interessato da questo potenziamento infrastrutturale denuncia da decenni una carenza di relazioni con il sistema della mobilità in genere, sia ferroviaria che stradale, ed un forte ritardo nell'attuazione di interventi risolutivi.

Oggetto della presente relazione è la viabilità di adduzione al sistema autostradale: **Raccordo Bondeno – Cento – Autostrada Cispadana** identificata dalla sigla **D08** corrispondente al tratto D che va dalla rotatoria sulla SP.9 e alla rotatoria sulla SP.18.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE

L'intervento si colloca in provincia di Ferrara all'interno del territorio del Comune di Bondeno.

Il tracciato stradale studiato, si propone di realizzare un nuovo collegamento fra il Comune di Bondeno e l'autostazione di Cento.

Il nuovo itinerario presenta giacitura prevalente sud-nord e i capisaldi risultano individuati dalle rotatorie DCS07-G sulla SP.9 e DCS08-D sulla SP.18.

All'interno del tracciato di lunghezza 6,2 Km, vengono realizzate n. 4 rotatorie in corrispondenza delle intersezioni con le vie per Scortichino, SP.69, via Bassa e SP.18 e n. 4 ponti in scavalco del fiume Panaro, del Cavo Porretto, del Canale Collettore di Burana e del Cavo Rondone Primo.

Di seguito viene fatta una breve descrizione dell'asse principale.

Asse D (DCS08) (tratto D dalla rotatoria DCS07-G alla rotatoria DCS08-D):

Esso presenta giacitura prevalentemente sud-nord e si sviluppa per un'estesa complessiva pari a Km 6+203,22. Esso è finalizzato alla realizzazione del collegamento fra l'autostazione di Cento ed il Comune di Bondeno e nel suo tratto finale si può configurare come tangenziale di Bondeno.

Il tracciato si colloca interamente in rilevato a quote variabili da 1,00 m a 14,00 m sul piano campagna, insiste prevalentemente su terreno ad uso agricolo e lungo il suo sviluppo presenta n. 4 ponti ed alcuni tombini idraulici per la sistemazione del reticolo idrografico.

L'asse di progetto (denominato asse "D") ha, quindi, origine in corrispondenza della suddetta rotatoria DCS07-G (al termine del tratto C della Bondeno Cento), di raggio esterno pari a 40,00 m, e prosegue in direzione nord, mantenendosi a est dell'abitato di Bondeno.

Il tracciato percorso da sud verso nord si compone di una successione di rettilinei e curve a raggio costante, raccordati da tratti di transizione (clotoidi) in curva a raggio variabile, per una lunghezza complessiva di circa 6203 m: presenta un primo tratto in rettilineo a seguito del quale il tracciato piega verso est con una curva sinistrorsa di raggio 400 m, e quindi con un rettilineo di 737 m scavalca il fiume Panaro e si innesta nella rotatoria di diametro esterno 47 m DCS08-A all'intersezione con la via per Scortichino.

Il tracciato quindi si dirige verso destra con una curva di raggio 1000 m raccordata a due rettilinei dai tratti di transizione (clotoidi) per innestarsi nella rotatoria DCS08-B dopo avere scavalcato nell'ordine il Cavo Porretto ed il Canale Collettore di Burana. Prima del ponte sul collettore di Burana è prevista la realizzazione di un manufatto scatolare di dimensioni interne 4,00x4,10 m per consentire il passaggio dei mezzi di servizio del consorzio di Bonifica.

Il tracciato prosegue quindi in direzione nord con una sequenza di rettilinei raccordati a curve di raggio 5250 m per le quali non è necessario applicare la sopraelevazione e per tale motivo sono assimilabili anch'esse a rettilinei seguita

da una curva verso destra di raggio 400 m e ancora da un breve rettilineo che si innesta sulla rotatoria DCS08-C.

Un successivo rettilineo di lunghezza 710 m porta alla rotatoria finale DCS08-D.

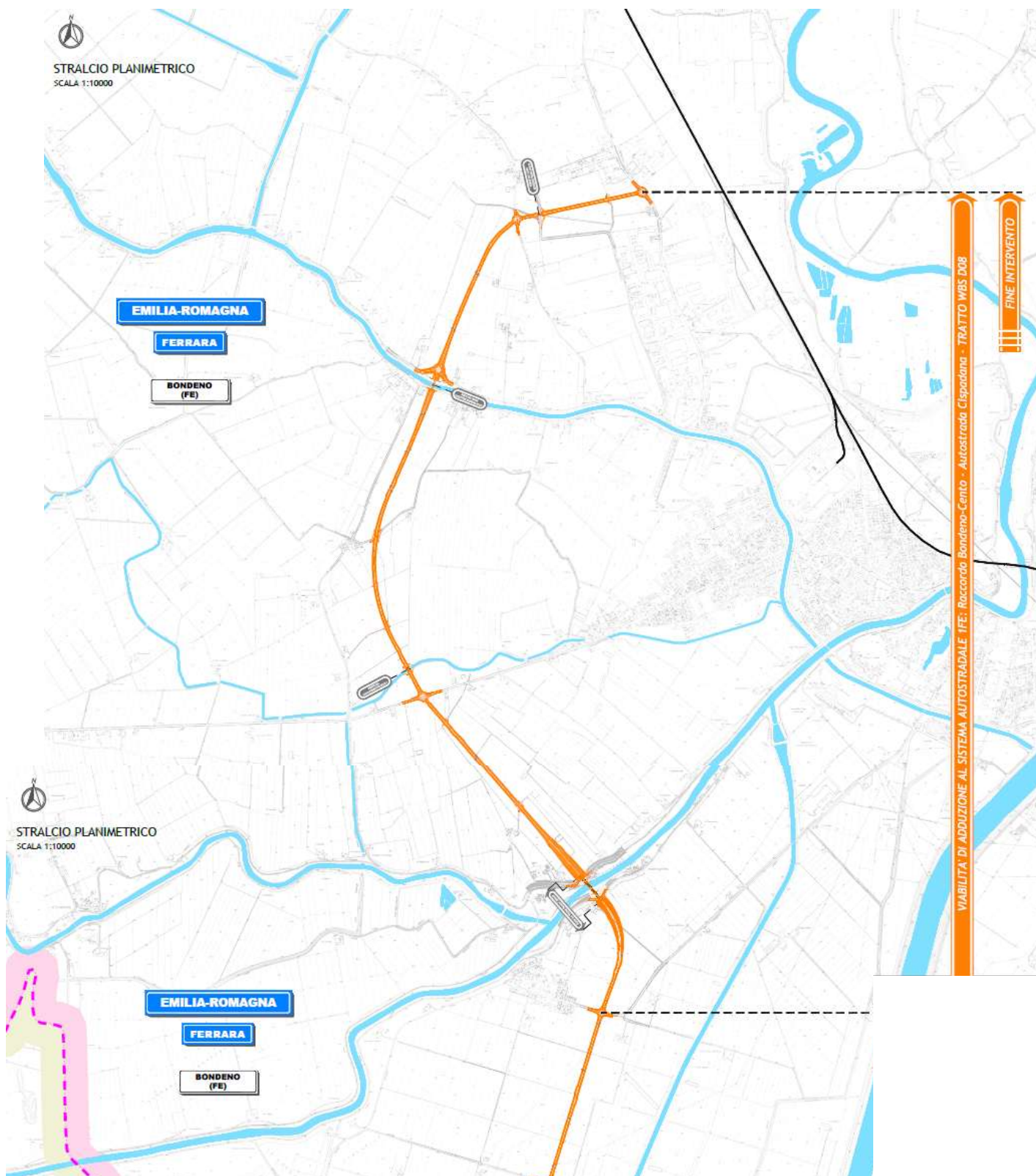


Figura 2-1 –Inquadramento territoriale Opera D08

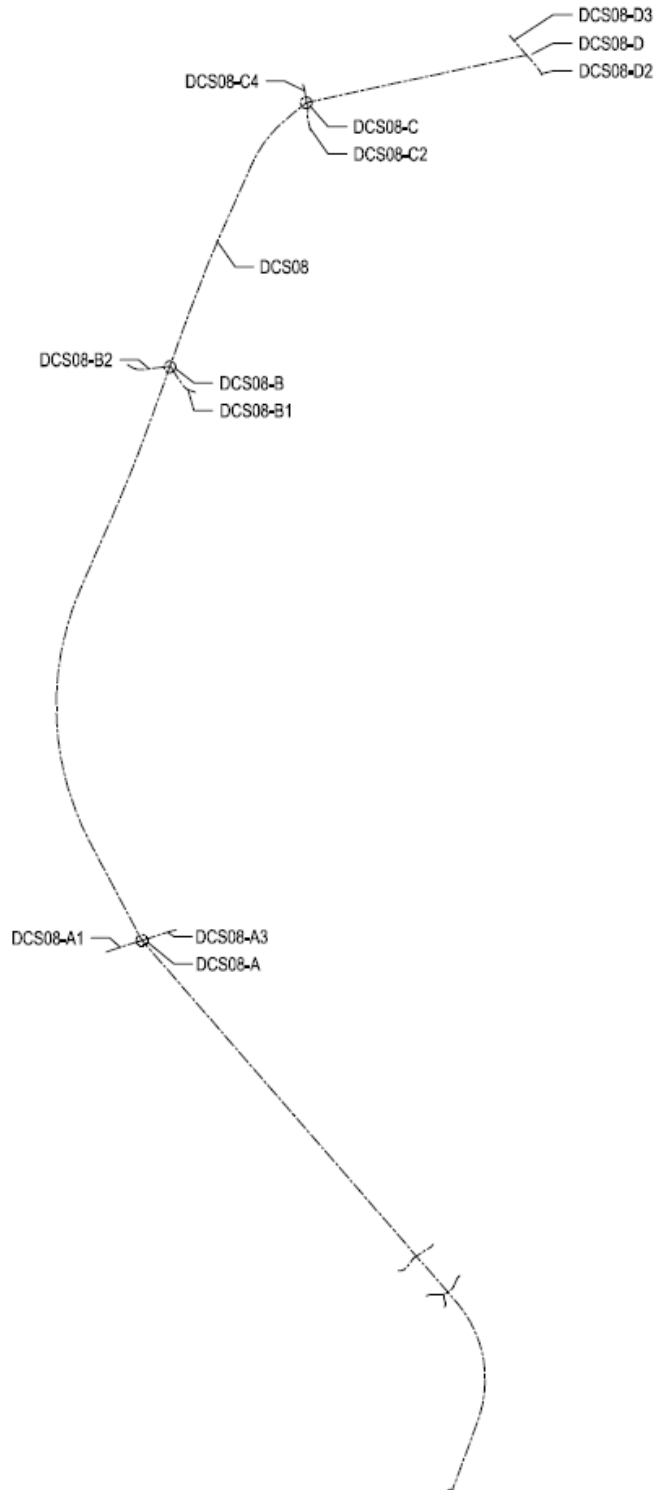


Figura 2-2 –Schema assi di tracciamento

2.1. Piattaforma stradale e sezioni tipo

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 F2 per l'asse principale "D", mentre, per i restanti assi secondari, trattandosi di collegamenti di raccordo alle rotatorie con le viabilità comunali esistenti, sono state adottate delle piattaforme di categoria tipo F locali.

Poiché le previsioni di traffico con proiezione 2030 prevedono il passaggio di traffico costituito anche da mezzi pesanti, in base al paragrafo 3.4.2 del DM.05/11/2001 la corsia prevista per la strada F2 di 3,25 m è stata portata a 3,50 m rendendo di fatto la sezione stradale di tipo F1.

Strade tipo F2 (con corsia da 3,50m):

La piattaforma risulta costituita da due corsie di marcia oltre a banchina per una larghezza totale esclusi gli elementi marginali pari a 9,00 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 F1 in rettilineo

Le due corsie sono di larghezza pari a 3,50 m, la banchina è di larghezza pari a 1,00 m. Detti calibri sono stati mantenuti sia per le tratte in sede naturale che in sede artificiale (ponti e sottopassi).

E' prevista l'ubicazione di piazzola di sosta per ogni senso di marcia secondo normativa, nei tratti ove la distanza tra le intersezioni è risultata superiore a 1000m e ad intervalli di 1000 m circa,

Le piazzole di sosta sono dimensionate con un allargamento della piattaforma di ulteriori 3.00 m oltre la banchina da 1.00m 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.

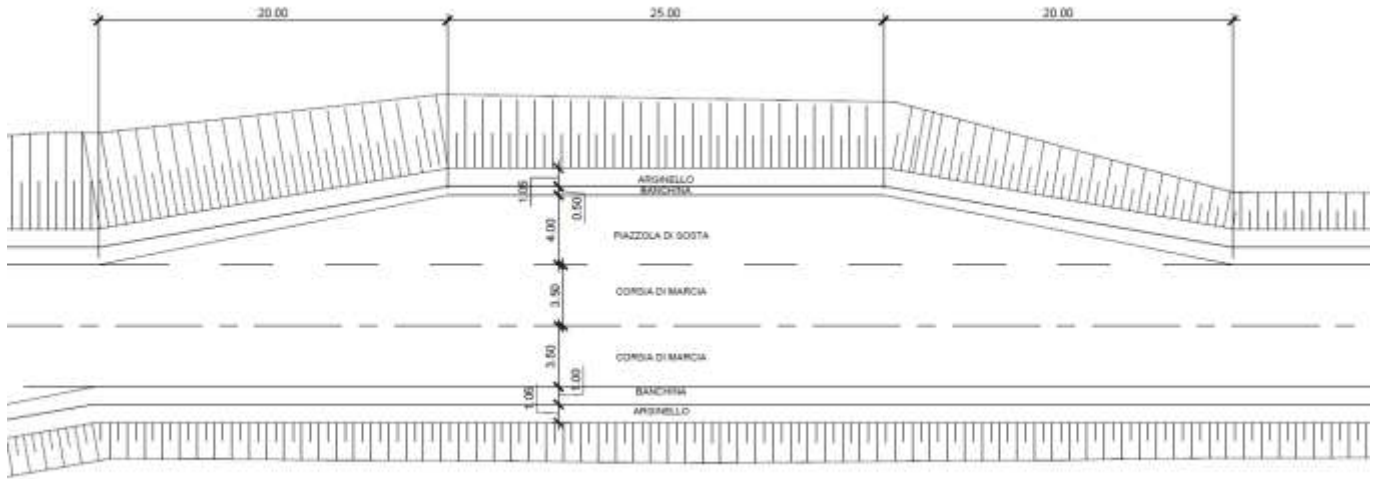


Figura 2. 2 SCHEMA PLANIMETRICO DELLA PIAZZOLA DI SOSTA

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.

In corrispondenza, dell'opera d'arte la piattaforma prevede lateralmente la realizzazione del cordolo per l'installazione della barriera bordo opera.

SEZIONE TIPO PONTE SUL PANARO - DPO 10

E SUL COLLETTORE BURANA - DPO 12

Scala 1:50

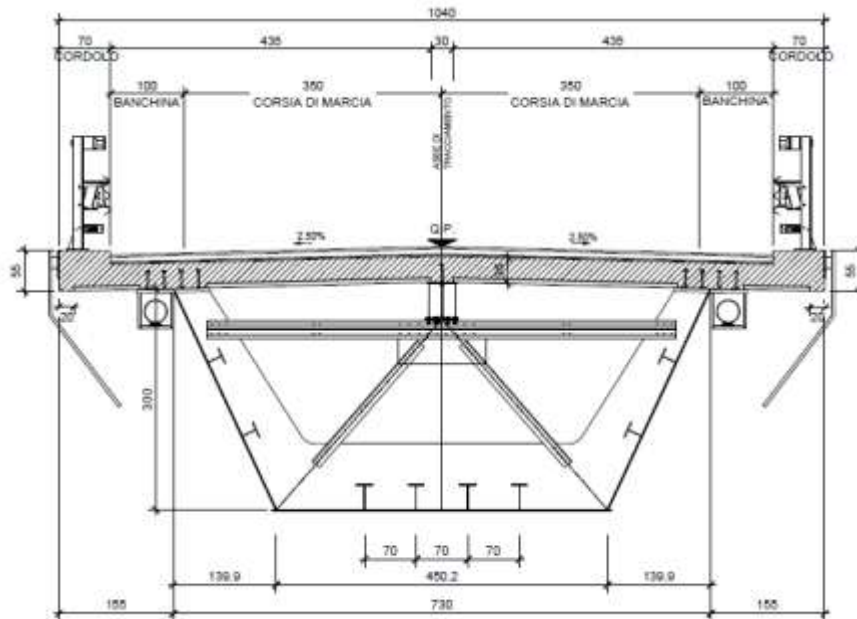


Figura 2. 3 SEZIONE IN CORRISPONDENZA DEI PONTI SU PANARO E BURANA

SEZIONE TIPO PONTE SU CAVO RONDONE - DPO 13

E SU CAVO PORRETTO - DPO 11

Scala 1:50

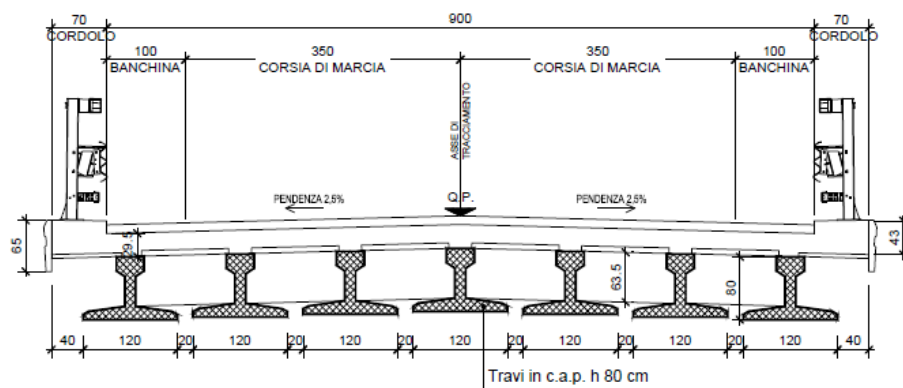


Figura 2. 4 SEZIONE IN CORRISPONDENZA DEI PONTI SU RONDONE PRIMO ESU CAVO PORRETTO

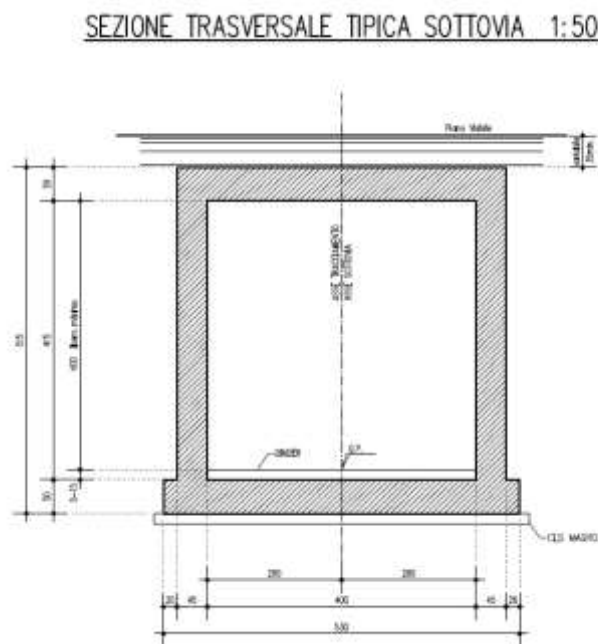


Figura 2. 5 SEZIONE TRASVERSALE SCATOLARE PER PASSAGGIO MEZZI DI SERVIZIO

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

Nel caso di altezze sul piano campagna superiori ai 6 m verranno realizzate sulle scarpate delle banche di 2 m di larghezza, per altezze superiori ai 12 m di banche ne verranno realizzate due.

La raccolta delle acque avviene mediante embrici. Il recapito finale è costituito dal fosso di guardia posizionato al piede del rilevato.

Il rilevato stradale viene realizzato su piano di posa preparato mediante scotico (sp= 20 cm). E' prevista un bonifica di spessore variabile in base alla progressiva per cui si rimanda alle relazioni specifiche per la completa definizione.

2.1.1. Svincoli e rotonde

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di quattro rotonde a raso. La prima (DCS08-A) è ubicata in corrispondenza dell'intersezione con la via per Scottichino, la seconda (DCS08-B) in corrispondenza della SP 69 deviata parzialmente per agevolare l'innesto in rotonda, la terza (DCS08-C) in corrispondenza dalla strada

comunale via Bassa, e la quarta (DCS08-D) in corrispondenza della SP.18.

Tutte le tre le rotatorie sono caratterizzate da raggio interno pari a 15,50 metri (Rest= 23,50 m), con piattaforma pavimentata avente larghezza pari a 9,00 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 1,05 metri. Le scarpate saranno realizzate con pendenza al 2/3 e rivestite da uno strato di terreno vegetale dello spessore di 30 cm (**figura 2.5**).

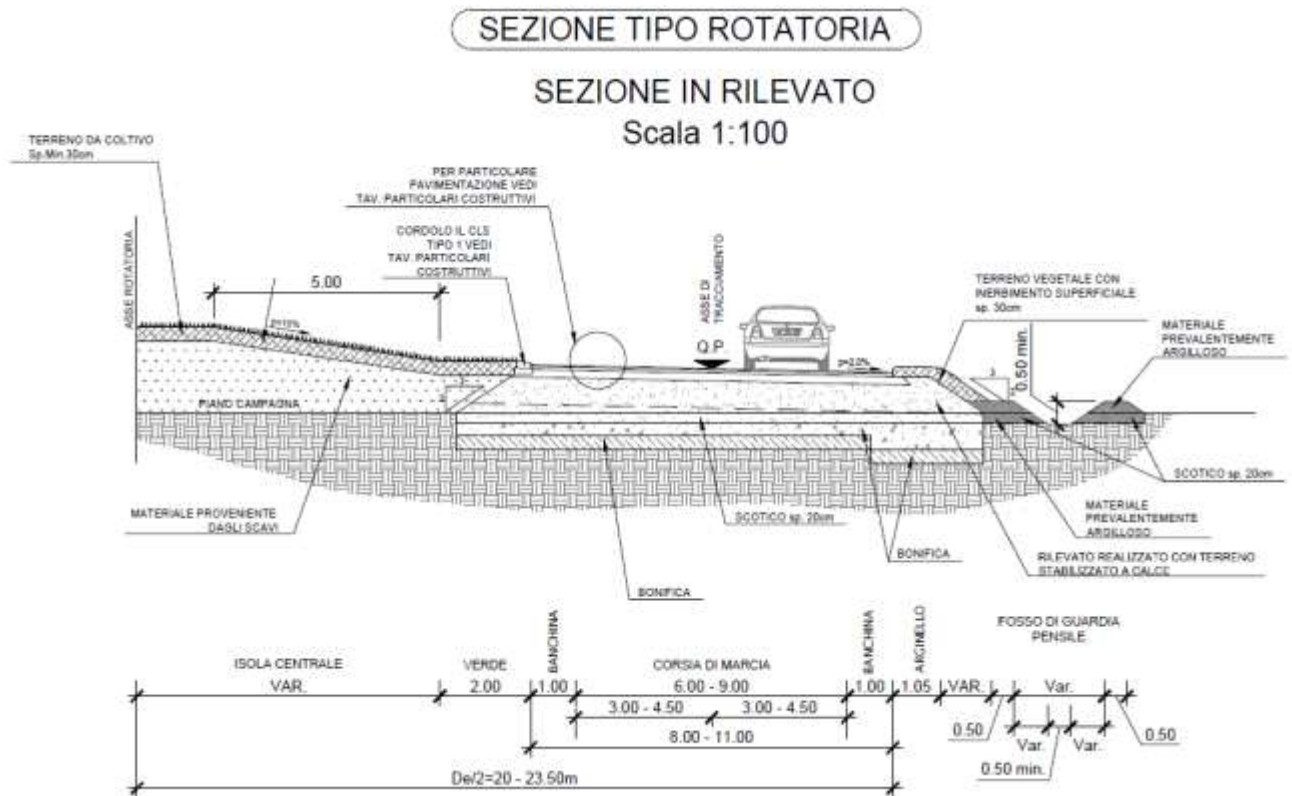


Figura 2. 6 Esempio di sezione tipo in rotatoria

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 della viabilità principale.

2.1.2. Sovrastruttura stradale

La sovrastruttura stradale prevede la seguente composizione:

- 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

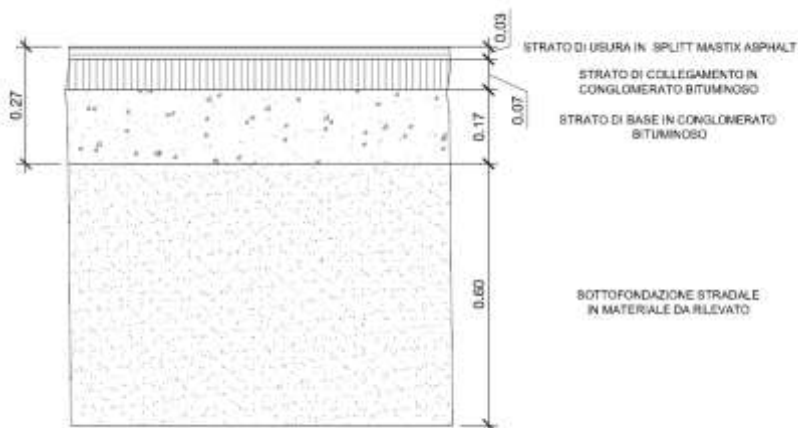


Figura 2. 7 Composizione della sovrastruttura stradale

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

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 rettilifo.

1. Asse "D" (DCS08)

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)
1	0.000	228.125	228.125	R			-2.500	72
2	228.125	311.209	83.083	AT	182.300	Sx		83
3	311.209	654.922	343.714	C	400.000	Sx	7.000	97
4	654.922	737.732	82.810	AT	182.000	Sx		100
5	737.732	2321.021	1583.289	R			-2.500	100
6	2321.021	2332.351	11.330	C	50.000	Dx	-0.400	42
7	2332.351	2636.732	304.381	R			-2.500	83
8	2636.732	2759.232	122.500	AT	350.000	Dx		97
9	2759.232	3542.709	783.477	C	1000.000	Dx	-4.125	100
10	3542.709	3665.209	122.500	AT	350.000	Dx		100
11	3665.209	3845.975	180.766	R			-2.500	100
12	3845.975	4210.884	364.909	C	5250.000	Sx	R	100
13	4210.884	4409.932	199.047	R			-2.500	67
14	4409.932	4534.906	124.974	R			-2.500	55
15	4534.906	4969.890	434.984	C	5250.000	Dx	R	100
16	4969.890	5131.094	161.204	R			-2.500	100
17	5131.094	5187.344	56.250	AT	150.000	Dx		82
18	5187.344	5313.684	126.340	C	400.000	Dx	-7.000	97
19	5313.684	5369.934	56.250	AT	150.000	Dx		54
20	5369.934	5424.256	54.322	R			-2.500	42
21	5424.256	5448.135	23.879	C	50.000	Dx	-0.398	42
22	5448.135	6203.446	755.311	R			-2.500	30

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 "D" (DCS08)

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		12,214	0,000	-2,000	12,214	12,214	0,000	0,000	-2,000
2	S	75,713	2000,000	2,100	54,712	96,714	42,002	-2,000	0,100
3	S	366,588	4000,000	4,512	276,354	456,822	180,469	0,100	4,612
4	D	822,177	7500,000	-9,300	473,416	1170,939	697,522	4,612	-4,689
5	S	1291,419	4500,000	4,620	1187,467	1395,371	207,904	-4,689	-0,068
6	S	2245,640	2000,000	2,068	2224,956	2266,324	41,368	-0,068	2,000
7		2311,207	0,000	-2,000	2311,207	2311,207	0,000	2,000	0,000
8		2342,159	0,000	-2,000	2342,159	2342,159	0,000	0,000	-2,000
9	S	2378,265	2000,000	1,875	2359,511	2397,019	37,509	-2,000	-0,125
10	D	2549,070	2500,000	-1,781	2526,806	2571,333	44,527	-0,125	-1,906

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)
11	S	2600,930	2000,000	1,897	2581,960	2619,900	37,941	-1,906	-0,009
12	S	3179,951	3500,000	0,665	3168,314	3191,589	23,275	-0,009	0,656
13	D	3347,287	5000,000	-1,366	3313,149	3381,426	68,277	0,656	-0,709
14	S	3493,293	3500,000	0,659	3481,758	3504,828	23,070	-0,709	-0,050
15	S	3775,112	5000,000	0,583	3760,536	3789,688	29,151	-0,050	0,533
16	S	4065,876	4000,000	1,972	4026,442	4105,310	78,869	0,533	2,505
17	D	4293,626	3000,000	-3,424	4242,266	4344,987	102,721	2,505	-0,919
18	S	4383,430	300,000	2,919	4379,051	4387,809	8,758	-0,919	2,000
19	D	4394,429	0,000	-2,000	4394,429	4394,429	0,000	2,000	0,000
20	D	4425,429	0,000	-2,000	4425,429	4425,429	0,000	0,000	-2,000
21	D	4468,429	1000,000	-2,890	4453,976	4482,881	28,904	-2,000	-4,890
22	S	4564,713	3000,000	4,420	4498,414	4631,012	132,598	-4,890	-0,471
23	D	4843,665	5000,000	0,709	4825,944	4861,385	35,441	-0,471	0,238
24	D	5143,016	5000,000	-0,234	5137,161	5148,871	11,709	0,238	0,004
25	S	5337,939	2000,000	1,996	5317,981	5357,898	39,918	0,004	2,000
26	D	5420,925	0,000	-2,000	5420,925	5420,925	0,000	2,000	0,000
27	D	5451,460	0,000	-2,000	5451,460	5451,460	0,000	0,000	-2,000
28	S	5470,251	450,000	4,538	5460,040	5480,462	20,422	-2,000	2,538
29	D	5575,180	2500,000	-4,913	5513,765	5636,595	122,830	2,538	-2,375
30	S	5710,000	2000,000	2,441	5685,593	5734,407	48,814	-2,375	0,066
31	S	6143,283	1500,000	1,934	6128,776	6157,789	29,013	0,066	2,000
32	D	6187,943	0,000	-2,000	6187,943	6187,943	0,000	2,000	0,000
33		6203,443							



AUTOSTRADA
REGIONALE
CISPADANA

REGIONE EMILIA ROMAGNA

AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA
dal casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 al casello di Ferrara Sud sulla A13

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DELLE VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE

D04-08 - Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana

ASSE STRADALE - D08 (EX 1FE - TRATTO D) - RELAZIONE TECNICA SUL PROGETTO STRADALE

3. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI

3.1. Inquadramento Normativo

Per il quadro normativo si fa riferimento all'elaborato:

PD_0_0000_0000_0_GE_KT_01 Elenco delle Normative di riferimento

Si riporta di seguito un estratto dei riferimenti nel campo della progettazione stradale.

Normativa vigente nazionale:

- D.Lgs. 30 aprile 1992 n.285 – Nuovo Codice della Strada.
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 – Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada.
- D.M. 30 novembre 1999 n. 557 – Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili.
- D.M. 5 giugno 2001 – sicurezza nelle gallerie stradali.
- D.M. 5.11.2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade e s.m.i. (cogente per le strade nuove e di riferimento per l'adeguamento delle strade esistenti);
- D.Lgs. 15 gennaio 2002 n. 9 – disposizioni integrative e correttive del nuovo codice della strada, a norma dell'articolo 1, comma 1, della L. 22 marzo 2001, n. 85.
- D.L. 20 giugno 2002 n. 121 – disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale convertito con modificazioni in legge 1 agosto 2002 n. 168.
- D.M. 10 luglio 2002 – Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo.
- L. 1 agosto 2002 n. 168 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 20 giugno 2002, n. 121, recante disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale.
- D.L. 27 giugno 2003 n. 151 – modifiche ed integrazioni al codice della strada convertito con modificazioni da L. 1 agosto 2003 n. 214.
- L. 1 agosto 2003 n. 214 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche ed integrazioni al codice della strada.
- D.M. 14 settembre 2005 Norme di illuminazione delle gallerie stradali.
- D.M. 22 aprile 2004 – Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante "Norme funzionali e

geometriche per la costruzione delle strade”.

- D.M. 19.4.2006 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali (cogente per le intersezioni nuove e di riferimento per l’adeguamento delle intersezioni esistenti).

Normativa regionale e linee guida

- Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti, 10 settembre 2001 – “Studio a carattere prenormativo : Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali”.
- Regione Lombardia - Regolamento Regionale 24 aprile 2006, N. 7 - Norme tecniche per la costruzione delle strade
- Bozza normativa 21 Marzo 2006 -Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti
- S.Canale, S. Leonardi, F.Nicosia – AIIT Febbraio 1999 – “Le intersezioni stradali, in ambito extraurbano”

3.2. 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:*

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

- (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 8;

- (d) *Lunghezza massima dei rettifili:*

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

dove V è la velocità massima dell'intervallo delle velocità dei 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

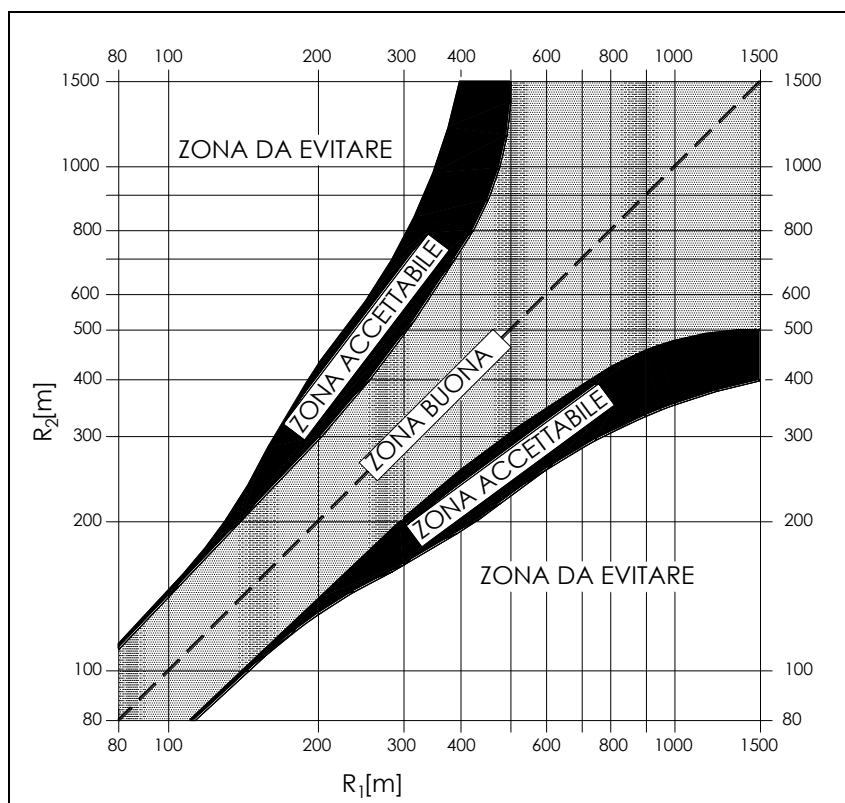


Figura 8 – Abaco di Koppel (DM 05/ 11/01)

(f) *Congruenza del diagramma delle velocità.*

La norma prevede che per $V_{p,max} \geq 100$ 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:

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

criterio 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:

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

Criterio 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_l	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

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

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

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

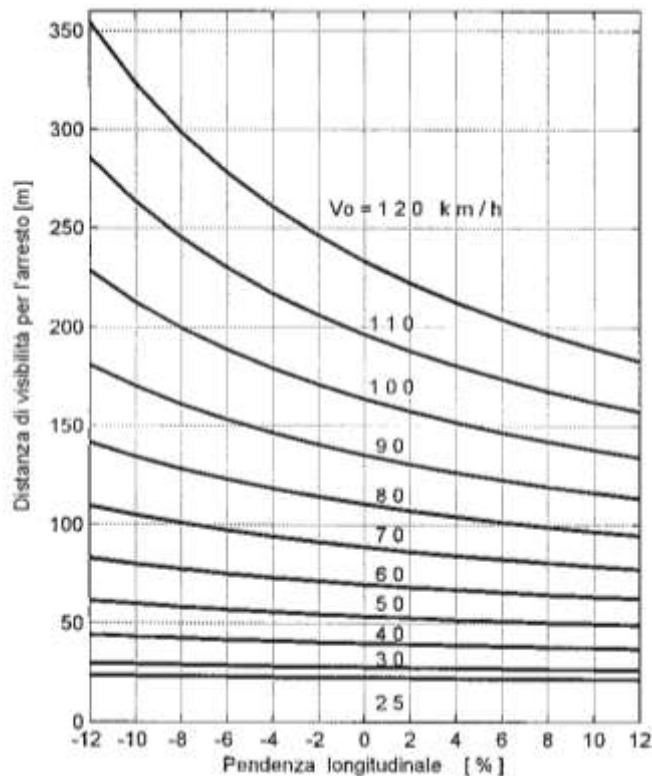
dove:

- D_1 = spazio percorso nel tempo τ
- D_2 = spazio di frenatura
- V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [km/h]
- V_1 = velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ 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]
- f_l = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura
- r_0 = 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.

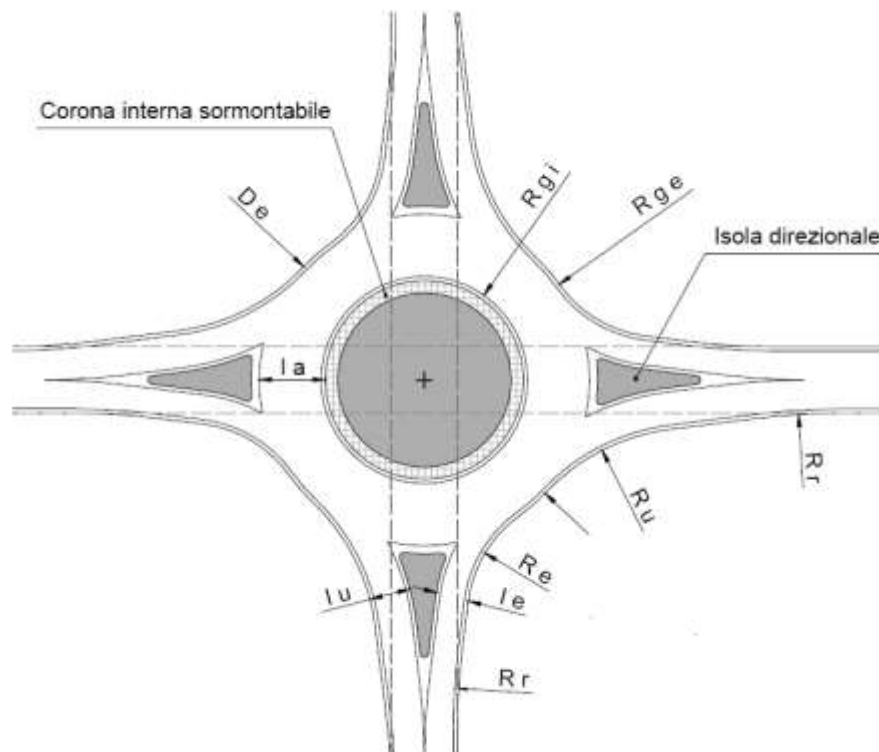
3.2.4. **Rappresentazione dei risultati**

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).

3.3. 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 utilizzati nel dimensionamento delle rotatorie

Parametro	Annotazione	Valori adottati diametro 40m	Valori adottati diametro 45.5 m	Valori adottati diametro 47m
Raggio esterno	Rg	20.00 m	22.75 m	23.50 m
Larghezza totale anello	La	8.00 m	8.00 m	8.00
Banchina int/est anello	Lb1	1.00 m	1.00 m	1.00 m
Raggio interno	Ri	12.00 m	14.75 m	15.5 m
Raggio entrata	Re	10.00-25.00 m	10.00-25.00 m	10.00-25.00 m
Larghezza corsia di entrata	Le	3.50 m	3.50 m	3.50 m
Raggio uscita	Rs	15.00-30.00 m	15.00-30.00 m	15.00-30.00 m
Larghezza corsia di uscita	Ls	4.50 m	4.50 m	4.50 m
Banchina esterna rami di ingresso ed uscita	Lb2	1.00 m	1.00 m	1.00 m
Banchina interna rami di ingresso ed uscita	Lb3	0.50 m	0.50 m	0.50 m
Larghezza isola spartitraffico	SEP	>3.5	>3.5	>3.5

La norma non fornisce chiare indicazioni relativamente alle dimensioni delle banchine da prevedere nella corona rotatoria. Per quanto riguarda la banchine esterna ed interna è stata assunta una larghezza pari a 1,00.

Per garantire una buona efficacia dello scolo delle acque meteoriche sulle rotatorie di progetto si è adottata una pendenza della carreggiata anulare rivolta verso l'esterno con pendenza 2%.

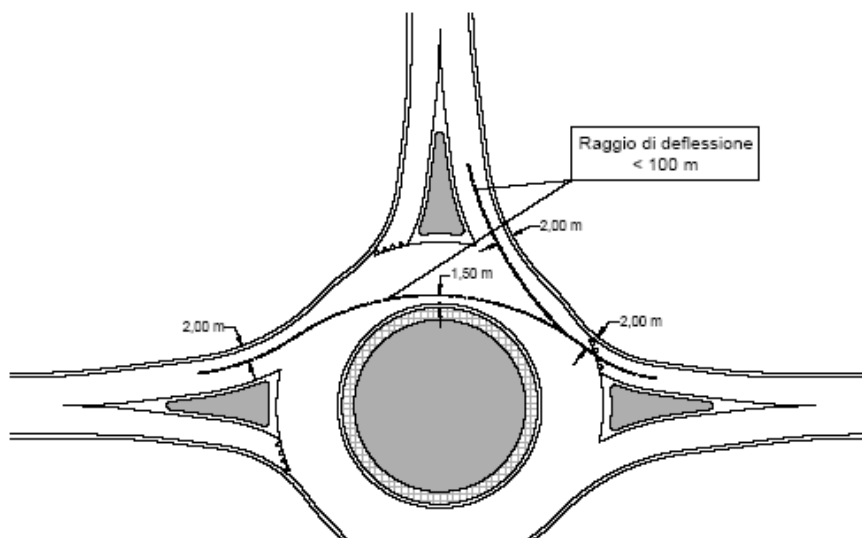
3.3.2. Geometria della rotatoria e analisi di visibilità

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.

Per la verifica della deflessione si è fatto riferimento alla normativa della Regione Lombardia la cui verifica è compatibile con la verifica dell'angolo beta (DM 2006); il riferimento in particolare al Regolamento Regionale (regione lombardia) 24 aprile 2006, N. 7 (Par. 3.A.6)

La normativa di riferimento 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 rotonde

3.3.3. Determinazione delle aree di visibilità

Gli utenti che si avvicinano ad una rotonda 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 rotonda (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.

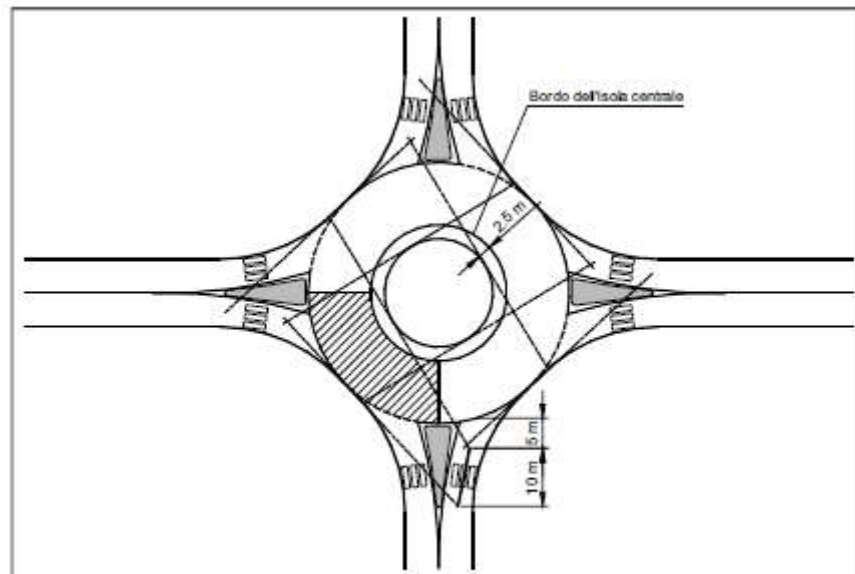


Figura 12: Campi di visibilità in incrocio a rotatoria

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 Q_d 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]:

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

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

[veic/h]

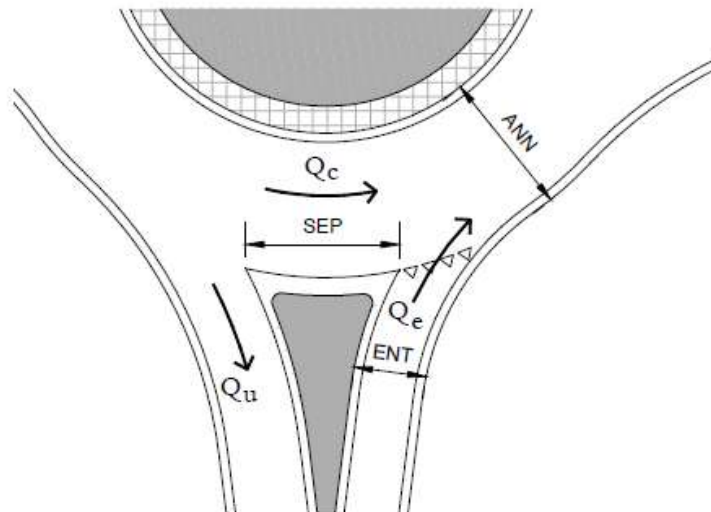
ANN = larghezza dell'anello [m]

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]



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:

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

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 ≥ 8 m e R ≥ 20 m

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

ANN = larghezza dell'anello [m]

R = raggio esterno della rotatoria (De/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

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

4.1. 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 "D" che costituisce la cosiddetta viabilità di Adduzione Bondeno-Cento tratto D.

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 "D" (DCS08)

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)
1	0.000	228.125	228.125	R			-2.500	72							
2	228.125	311.209	83.083	AT	182.300	Sx		83	78.9	132.6	133.3	400	1		OK
3	311.209	654.922	343.714	C	400.000	Sx	7.000	97							
4	654.922	737.732	82.810	AT	182.000	Sx		100	148.3	145.3	133.3	400	1		OK
5	737.732	2321.021	1583.289	R			-2.500	100							
6	2321.021	2332.351	11.330	C	50.000	Dx	-0.400	42							
7	2332.351	2636.732	304.381	R			-2.500	83							
8	2636.732	2759.232	122.500	AT	350.000	Dx		97	61.9	188.8	333.3	1000	1		OK
9	2759.232	3542.709	783.477	C	1000.000	Dx	-4.125	100							
10	3542.709	3665.209	122.500	AT	350.000	Dx		100	81.9	191.8	333.3	1000	1		OK
11	3665.209	3845.975	180.766	R			-2.500	100							
12	3845.975	4210.884	364.909	C	5250.000	Sx	R	100							
13	4210.884	4409.932	199.047	R			-2.500	67							
14	4409.932	4534.906	124.974	R			-2.500	55							
15	4534.906	4969.890	434.984	C	5250.000	Dx	R	100							
16	4969.890	5131.094	161.204	R			-2.500	100							
17	5131.094	5187.344	56.250	AT	150.000	Dx		82	74.1	131.7	133.3	400	1		OK
18	5187.344	5313.684	126.340	C	400.000	Dx	-7.000	97							
19	5313.684	5369.934	56.250	AT	150.000	Dx		54	0	92.4	133.3	400	1		OK
20	5369.934	5424.256	54.322	R			-2.500	42							
21	5424.256	5448.135	23.879	C	50.000	Dx	-0.398	42							
22	5448.135	6203.446	755.311	R			-2.500	30							

ELEMENTI TRACCIATO									VERIFICA RETTIFI E CURVE							
Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	Tipo Elem.	Param.	Vs	Ic (%)	Vp (Km/h)	CURVE			RETTIFI			Esito Verif.	
									Raggi min.			Lmin	Lmin	Lmax		Lflesso
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(a)	(b)	(c)	(m)	(m)	(m)	(m)	(10)
1	0.000	228.125	228.125	R			-2.500	72					70.55	1588.83		OK
2	228.125	311.209	83.083	AT	182.300	Sx		83								
3	311.209	654.922	343.714	C	400.000	Sx	7.000	97	118	228.12		67.03				OK
4	654.922	737.732	82.810	AT	182.000	Sx		100								
5	737.732	2321.021	1583.289	R			-2.500	100					150.00	2200.00		OK
6	2321.021	2332.351	11.330	C	50.000	Dx	-0.400	42								
7	2332.351	2636.732	304.381	R			-2.500	83					96.80	1819.81		OK
8	2636.732	2759.232	122.500	AT	350.000	Dx		97								
9	2759.232	3542.709	783.477	C	1000.000	Dx	-4.125	100	118	400		69.44				OK
10	3542.709	3665.209	122.500	AT	350.000	Dx		100								
11	3665.209	3845.975	180.766	R			-2.500	100					150.00	2200.00		OK
12	3845.975	4210.884	364.909	C	5250.000	Sx	R	100								
13	4210.884	4409.932	199.047	R			-2.500	67					61.07	1482.37		OK
14	4409.932	4534.906	124.974	R			-2.500	55					44.81	1205.84		OK
15	4534.906	4969.890	434.984	C	5250.000	Dx	R	100								
16	4969.890	5131.094	161.204	R			-2.500	100					150.00	2200.00		OK
17	5131.094	5187.344	56.250	AT	150.000	Dx		82								
18	5187.344	5313.684	126.340	C	400.000	Dx	-7.000	97	118	161.20		44.99				OK

ELEMENTI TRACCIATO									VERIFICA RETTIFILI 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		Lflesso
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(a)	(b)	(c)	(m)	(m)	(m)	(m)	(10)
19	5313.684	5369.934	56.250	AT	150.000	Dx		54								
20	5369.934	5424.256	54.322	R			-2.500	42					32.32	931.14		OK
21	5424.256	5448.135	23.879	C	50.000	Dx	-0.398	42								
22	5448.135	6203.446	755.311	R			-2.500	30					30.00	660.00		NO**

** La mancata verifica dell'ultimo rettilineo è giustificata dal fatto che la velocità considerata dal software di verifica per il calcolo della lunghezza max del rettilineo è 30 Km/h, quando in realtà quella è semplicemente la velocità finale in corrispondenza della rotatoria.

Gli elementi 6 e 21 sono dei semplici raccordi per cambio direzione del tracciato e si trovano all'interno delle rotatorie, per cui non vanno considerati ai fini delle verifiche del tracciato.

E' presente una rotatoria anche fra gli elementi 13 e 14 ed è questo il motivo per cui si hanno 2 rettifili distinti in sequenza.

Gli elementi 12 e 15 di raggio 5250 possono essere assimilati ad un rettilineo m in quanto, per le strade di tipo F e C, per tale valore del raggio non è prevista la sopraelevazione. Per questo motivo tali archi sono raccordati ai rettilinei adiacenti senza utilizzo di curve di transizione.

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 indicata la distanza d'arresto, nella colonna (13) è indicato il valore del raggio minimo che soddisfa la visibilità per l'arresto e nella colonna (14) viene indicato l'esito della verifica.

1. Asse "D" (DCS08)

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)	Da (m)	Rv,min (m)	Esito Verif.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1		12,214	0,000	-2,000	12,214	12,214	0,000	0,000	-2,000				
2	S	75,713	2000,000	2,100	54,712	96,714	42,002	-2,000	0,100	42,57	44,41	233,07	OK
3	S	366,588	4000,000	4,512	276,354	456,822	180,469	0,100	4,612	96,53	147,52	3545,51	OK
4	D	822,177	7500,000	-9,300	473,416	1170,939	697,522	4,612	-4,689	100,00	164,82	7321,47	OK
5	S	1291,419	4500,000	4,620	1187,467	1395,371	207,904	-4,689	-0,068	100,00	173,46	4275,71	OK
6	S	2245,640	2000,000	2,068	2224,956	2266,324	41,368	-0,068	2,000	42,48	43,61	232,09	OK
7		2311,207	0,000	-2,000	2311,207	2311,207	0,000	2,000	0,000				
8		2342,159	0,000	-2,000	2342,159	2342,159	0,000	0,000	-2,000				
9	S	2378,265	2000,000	1,875	2359,511	2397,019	37,509	-2,000	-0,125	37,47	37,82	18,60	OK
10	D	2549,070	2500,000	-1,781	2526,806	2571,333	44,527	-0,125	-1,906	62,29	75,76	548,01	OK
11	S	2600,930	2000,000	1,897	2581,960	2619,900	37,941	-1,906	-0,009	73,03	97,18	685,80	OK
12	S	3179,951	3500,000	0,665	3168,314	3191,589	23,275	-0,009	0,656	100	163,59	1286,01	OK
13	D	3347,287	5000,000	-1,366	3313,149	3381,426	68,277	0,656	-0,709	100	164,78	4201,43	OK
14	S	3493,293	3500,000	0,659	3481,758	3504,828	23,070	-0,709	-0,050	100	166,00	1286,082	OK
15	S	3775,112	5000,000	0,583	3760,536	3789,688	29,151	-0,050	0,533	100	163,87	1286,082	OK
16	S	4065,876	4000,000	1,972	4026,442	4105,310	78,869	0,533	2,505	87,42	125,97	982,82	OK
17	D	4293,626	3000,000	-3,424	4242,266	4344,987	102,721	2,505	-0,919	52,99	58,63	361,17	OK
18	S	4383,430	300,000	2,919	4379,051	4387,809	8,758	-0,919	2,000	31,17	29,86	125,00	OK
19	D	4394,429	0,000	-2,000	4394,429	4394,429	0,000	2,000	0,000				
20	D	4425,429	0,000	-2,000	4425,429	4425,429	0,000	0,000	-2,000				
21	D	4468,429	1000,000	-2,890	4453,976	4482,881	28,904	-2,000	-4,890	37,89	39,09	184,60	OK
22	S	4564,713	3000,000	4,420	4498,414	4631,012	132,598	-4,890	-0,471	61,52	75,95	1573,17	OK
23	D	4843,665	5000,000	0,709	4825,944	4861,385	35,441	-0,471	0,238	98,26	159,80	1241,70	OK
24	D	5143,016	5000,000	-0,234	5137,161	5148,871	11,709	0,238	0,004	73,99	97,67	703,94	OK
25	S	5337,939	2000,000	1,996	5317,981	5357,898	39,918	0,004	2,000	45,14	47,15	262,08	OK
26	D	5420,925	0,000	-2,000	5420,925	5420,925	0,000	2,000	0,000				
27	D	5451,460	0,000	-2,000	5451,460	5451,460	0,000	0,000	-2,000				
28	S	5470,251	450,000	4,538	5460,040	5480,462	20,422	-2,000	2,538	33,58	32,73	404,60	OK
29	D	5575,180	2500,000	-4,913	5513,765	5636,595	122,830	2,538	-2,375	60,23	71,06	1355,78	OK
30	S	5710,000	2000,000	2,441	5685,593	5734,407	48,814	-2,375	0,066	76,93	106,16	804,21	OK
31	S	6143,283	1500,000	1,934	6128,776	6157,789	29,013	0,066	2,000	38,73	38,80	192,93	OK
32	D	6187,943	0,000	-2,000	6187,943	6187,943	0,000	2,000	0,000				
33		6203,443											

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 esisto 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 alcune curve in cui si reso necessario allargare la piattaforma stradale.

Lungo l'asse "D" è stata anche condotta la verifica della visibilità per il sorpasso (come richiede il DM 5/11/2001) che non viene soddisfatta per buona parte del tracciato stradale. Dai risultati ottenuti si evince che nel verso delle progressive crescenti viene garantita la visibilità per il sorpasso in due tratti di lunghezza 1170 m fra le prog. 0+630 e 1+800 e 700 m fra le progressive 5+460 e 6+170.

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

4.2. Intersezioni a rotatoria

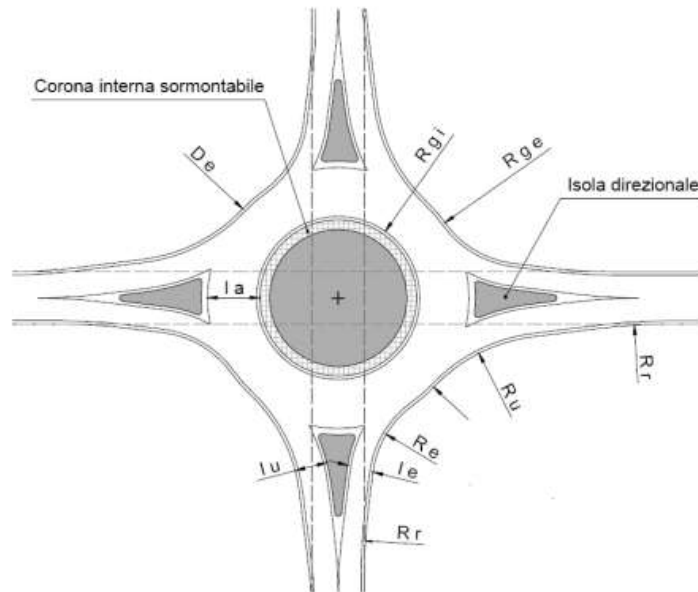
4.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie

Il progetto prevede le seguenti rotatorie:

1. Rotatoria "DCS08-A" sull'intersezione con la via per Scortichino; Rest= 23,50 m;
2. Rotatoria "DCS08-B" sull'intersezione con la SP.69; Rest= 23,50 m;
3. Rotatoria "DCS08-C" sull'intersezione con la strada comunale via Bassa; Rest= 23,50 m;
4. Rotatoria "DCS08-D" sull'intersezione con la SP.18; Rest= 23,50 m;

La quattro rotatorie di Rest pari a 23,50 m sono classificate, secondo lo schema indicato dalla normativa, 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.



Elementi di progetto delle rotatorie

4.2.2. Analisi della Deflessione

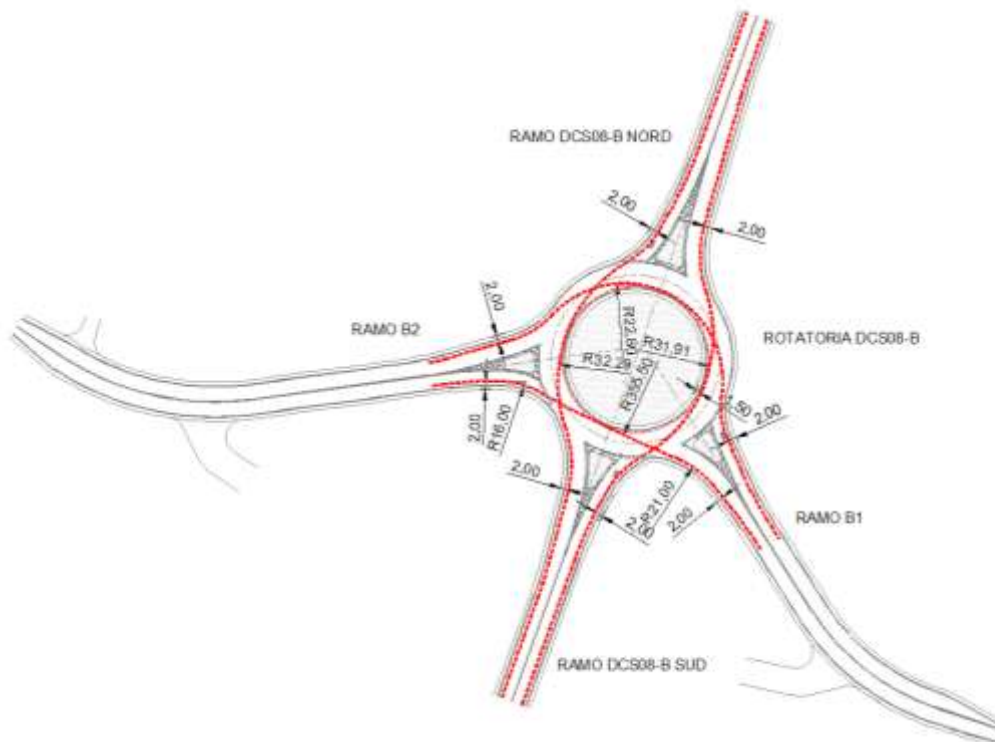
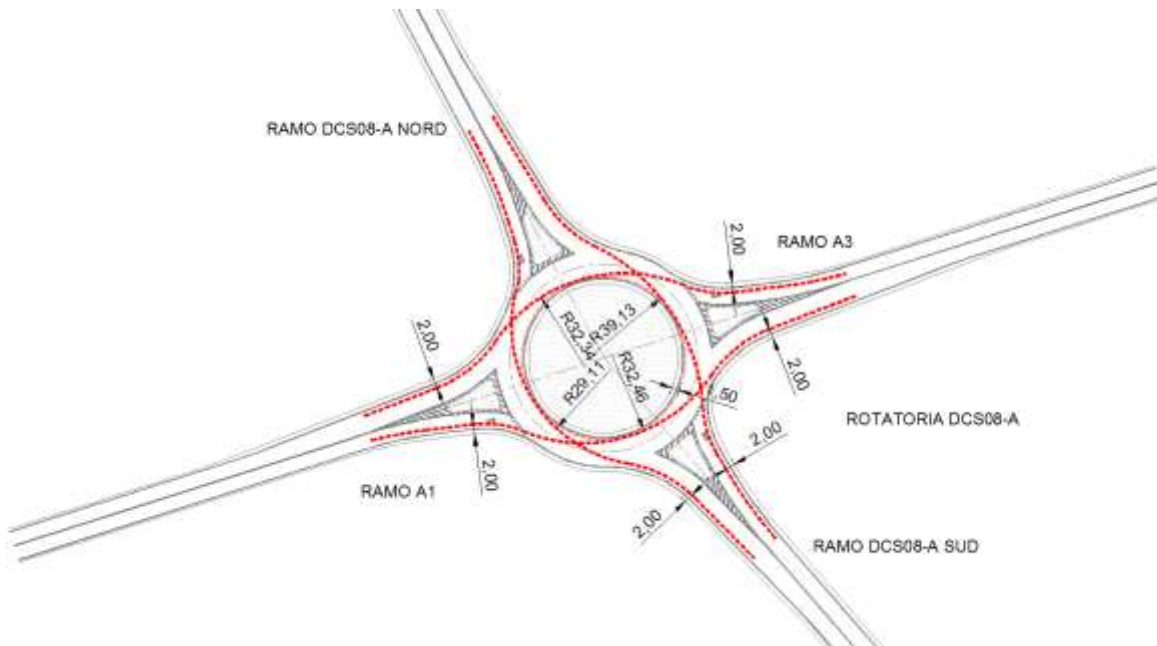
Si definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita.

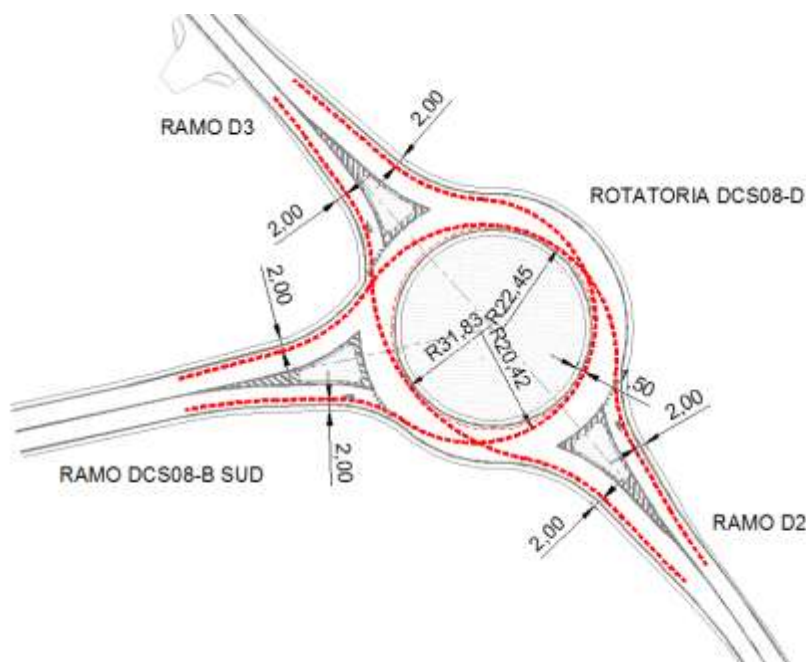
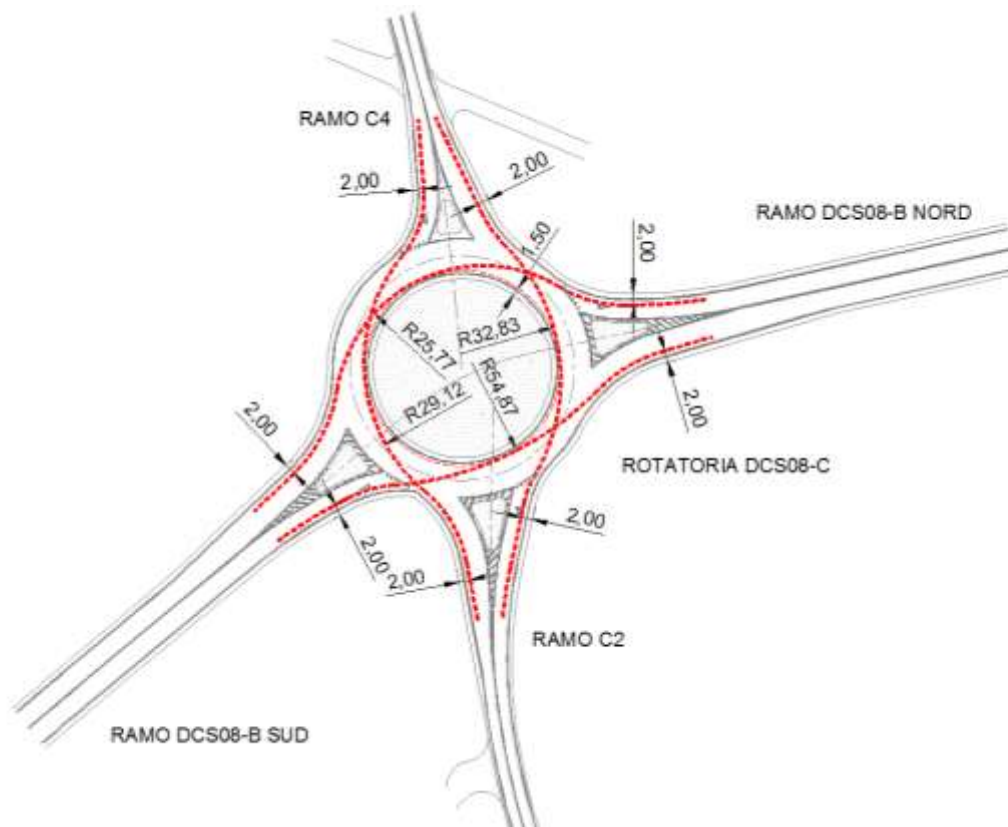
Tale raggio non deve superare i valori di 100 m, è preferibile adottare valori sensibilmente inferiori a questo limite massimo.

Per la verifica della deflessione si è fatto riferimento alla normativa della Regione Lombardia la cui verifica è compatibile con la verifica dell'angolo beta (DM 2006); il riferimento in particolare al Regolamento Regionale (regione lombardia) 24 aprile 2006, N. 7 (Par. 3.A.6)

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

La rotatoria DCS08-fra i rami B2 e B1 presenta una traiettoria di deflessione con raggio =355m> 100m a causa della geometria vincolata dalle condizioni al contorno, ma valutando i raggi in corrispondenza degli innesti pari a 16 m e 21 m se ne deduce che la velocità di percorrenza anche in questo caso non potrà superare i 50 km/h.





4.2.3. 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 2.5 m misurata a partire dal bordo interno dell'anello.

Nelle quattro rotatorie in esame la verifica dà esito positivo in quanto non sono presenti ostacoli nelle aree di visibilità.

Relativamente a dette aree, il progetto infatti 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.

4.2.4. 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 dall'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.

DCS08-A

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
A1	DCS08_NORD	10	0	10	10
A1	A3	60	20	80	100
A1	DCS08_SUD	10	0	10	10
A3	A1	300	30	330	360
A3	DCS08_NORD	10	0	10	10
A3	DCS08_SUD	70	5	75	80
DCS08_SUD	A1	5	0	5	5
DCS08_SUD	DCS08_NORD	50	10	60	70
DCS08_SUD	A3	30	0	30	30
DCS08_NORD	A1	20	10	30	40
DCS08_NORD	A3	10	0	10	10
DCS08_NORD	DCS08_SUD	165	20	185	205
					930



DCS08 NORD

DCS08-SUD

modifica ordine qui ->		Rami in entrata			
		DCS08 NORD	A1	DCS08 SUD	A3
Rami in uscita	DCS08 NORD		8.33%	66.67%	2.22%
	A1	15.69%		4.76%	80.00%
	DCS08 SUD	80.39%	8.33%		17.78%
	A3	3.92%	83.33%	28.57%	

DCS08-B

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
B2	DCS08_SUD	40	0	40	40
B2	B1	100	20	120	140
B2	DCS08_NORD	40	10	50	60
B1	B2	40	10	50	60
B1	DCS08_SUD	0	0	0	0
B1	DCS08_NORD	0	0	0	0
DCS08_SUD	B2	0	0	0	0
DCS08_SUD	B1	0	0	0	0
DCS08_SUD	DCS08_NORD	70	10	80	90
DCS08_NORD	B2	80	10	90	100
DCS08_NORD	DCS08_SUD	155	30	185	215
DCS08_NORD	B1	0	0	0	0
					705



DCS08 NORD

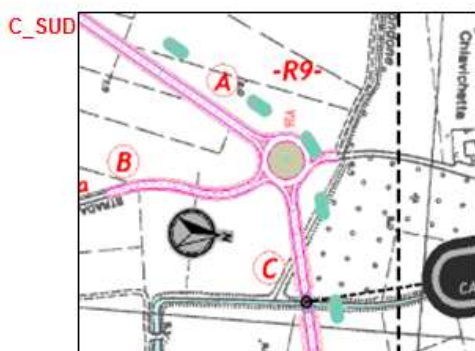
DCS08-SUD

modifica ordine qui ->		Rami in entrata			
		DCS08 NORD	B2	DCS08 SUD	B1
Rami in uscita	DCS08 NORD		25.00%	100.00%	0.00%
	B2	31.75%		0.00%	100.00%
	DCS08 SUD	68.25%	16.67%		0.00%
	B1	0.00%	58.33%	0.00%	

DCS08-C

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
C_SUD	C_NORD	110	20	130	150
C_NORD	C_SUD	235	40	275	315
					465

Flussi da e verso B trascurabili in quanto strada prettamente locale non presente nel modello

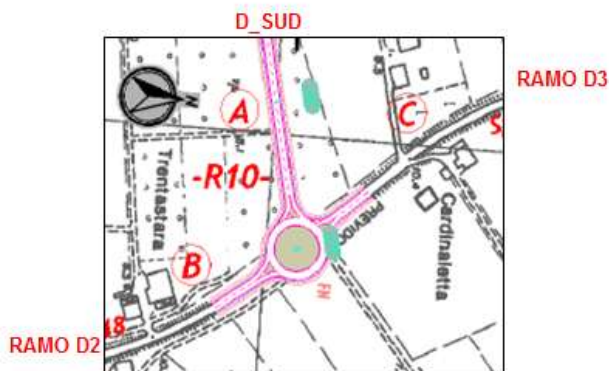


		Rami in entrata	
		C_SUD	C_NORD
Rami in uscita	C_SUD		100,00%
	C_NORD	100,00%	

C_NORD

DCS08-D

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
D2	D3	140	30	170	200
D2	D_SUD	35	0	35	35
D3	D2	140	40	180	220
D3	D_SUD	200	40	240	280
D_SUD	D3	90	20	110	130
D_SUD	D2	20	0	20	20
					885



		Rami in entrata		
		D3	D_SUD	D2
Rami in uscita	D3		86,67%	85,11%
	D_SUD	56,00%		14,89%
	D2	44,00%	13,33%	

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.



ALLEGATO: Verifiche di capacità rotatoria DCS08-A, DCS08-B, DCS08-C, DCS08-D

1FE-DCS08-A

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

		Rami di entrata				Flussi entranti Qe (eph)	Flussi uscenti Qu (eph)	Flussi anello Qc (eph)
		DCS08-NORD	A1	DCS08-SUD	A3			
Rami di uscita	DCS08-NORD	0.00	8.33	66.67	2.22	90.0	233.5	150.9
	A1	15.69	0.00	4.76	80.00	405.0	140.2	100.8
	DCS08-SUD	80.39	8.33	0.00	17.78	295.0	131.0	374.8
	A3	3.92	83.34	28.57	0.00	140.0	425.3	244.5
	Verifica 100%	100.00	100.00	100.00	100.00	930.0	930.0	

Periodo di analisi = 0.25

Caratteristiche geometriche della rotatoria e degli innesti

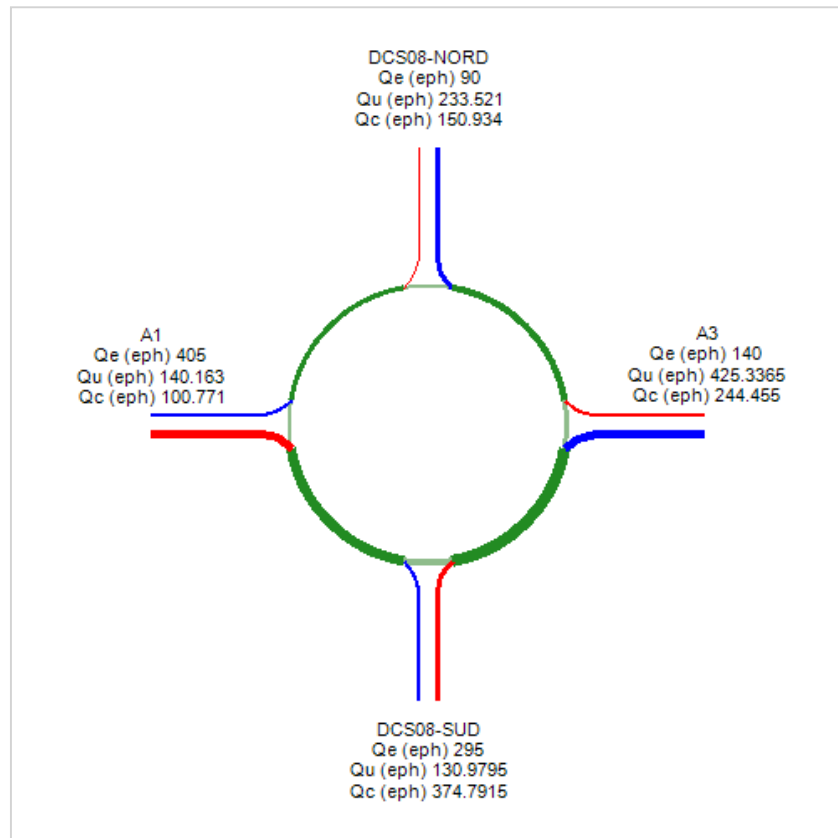
Ramo	SEP (m)	ENT (m)	Capacità dei bracci							Capacità totale della rotatoria		Livello di servizio						
			Q'e (eph)	Q'u (eph)	Qd (eph)	K' (eph)	δ	K (eph)	Qe,k (eph)	ΔK (eph)	Q*e (eph)	x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
DCS08-NORD	10.20	3.50	90.0	74.7	234.9	1,165.6	5.23	980.0	191.6	788.5	613.2	0.08	8.3	0.2	1.3	0.3	1.5	A
A1	10.20	3.50	405.0	44.9	152.9	1,223.0	2.60	1,102.2	862.1	240.1	671.2	0.33	9.4	1.1	6.3	1.5	8.8	A
DCS08-SUD	10.20	3.50	295.0	41.9	471.2	1,000.2	2.13	627.9	627.9	0.0	687.3	0.29	10.1	0.8	5.0	1.2	7.4	B
A3	10.20	3.50	140.0	136.1	392.2	1,055.5	3.21	745.7	298.0	447.7	745.9	0.13	8.9	0.3	2.1	0.5	2.7	A

ANN (m) = 6.00

$\delta_{i,min}$ = 2.13
 Qe,k,tot (eph) = 1979.6

Ctot (eph) = 2717.6

Diagramma di flusso



1FE-DCS08-B

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

		Rami di entrata				Flussi entranti Qe (eph)	Flussi uscenti Qu (eph)	Flussi anello Qc (eph)
Rami di uscita		DCS08-NORD	B2	DCS08-SUD	B1			
DCS08-NORD		0.00	25.00	100.00	0.00	150.0	295.0	140.0
B2		31.75	0.00	0.00	100.00	160.0	187.6	102.4
DCS08-SUD		68.25	16.67	0.00	0.00	255.0	129.0	133.3
B1		0.00	58.33	0.00	0.00	140.0	93.3	295.0
Verifica 100%		100.00	100.00	100.00	100.00	705.0	705.0	

Periodo di analisi = 0.25

Caratteristiche geometriche della rotatoria e degli innesti

Ramo	SEP (m)	ENT (m)	Capacità dei bracci							Q*e (eph)	Livello di servizio							
			Q'e (eph)	Q'u (eph)	Qd (eph)	K' (eph)	δ	K (eph)	Qe,k (eph)		ΔK (eph)	x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
DCS08-NORD	10.20	3.50	150.0	94.4	237.4	1,163.8	4.21	782.0	494.6	287.4	762.2	0.13	8.6	0.4	2.1	0.4	2.7	A
B2	8.52	3.50	160.0	81.1	183.0	1,201.9	4.62	907.6	527.6	380.0	728.0	0.13	8.5	0.4	2.3	0.5	2.8	A
DCS08-SUD	9.55	3.50	255.0	46.9	192.6	1,195.2	3.41	885.5	840.8	44.7	705.9	0.21	8.8	0.6	3.8	0.8	4.8	A
B1	8.60	3.50	140.0	39.8	376.2	1,066.7	3.30	461.6	461.6	0.0	503.9	0.13	8.9	0.3	2.1	0.5	2.7	A

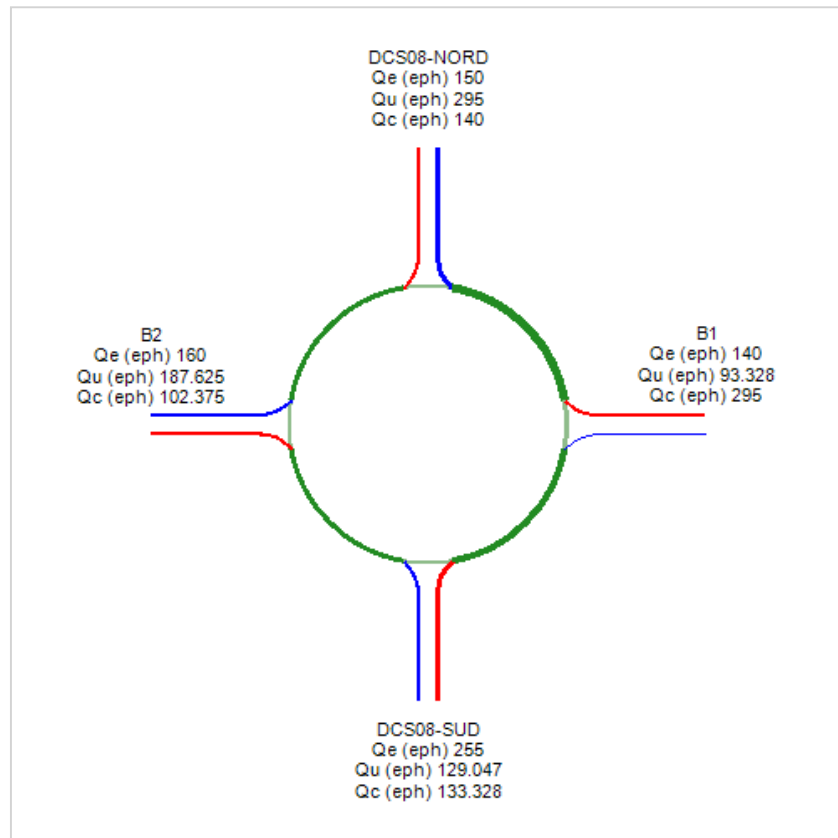
ANN (m) = 6.00

$\delta_{i,min}$ = 3.30
 Qe,k,tot (eph) = 2324.7

Capacità totale della rotatoria

Ctot (eph) = 2700.0

Diagramma di flusso



1FE-DCS08-C

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

Rami di entrata

Rami di uscita

	C_NORD	C_SUD
C_NORD	0.00	100.00
C_SUD	100.00	0.00
Verifica 100%	100.00	100.00

Flussi entranti Qe (eph)
315.0
150.0
465.0

Flussi uscenti Qu (eph)
150.0
315.0
465.0

Flussi anello Qc (eph)
0.0
0.0

Periodo di analisi = 0.25

Caratteristiche geometriche della rotatoria e degli innesti

Capacità dei bracci

Ramo	SEP (m)	ENT (m)	Q'e (eph)	Q'u (eph)	Qd (eph)	K' (eph)	δ	K (eph)	Qe,k (eph)	ΔK (eph)
C_NORD	10.01	3.50	315.0	49.9	38.9	1,302.8	3.89	1,224.1	1,224.1	0.0
C_SUD	10.01	3.50	150.0	104.8	81.7	1,272.8	6.42	1,107.7	582.9	524.7

ANN (m) = 6.00

$\delta_{i,min}$ = 3.89
 $Q_{e,k,tot}$ (eph) = 1807.0

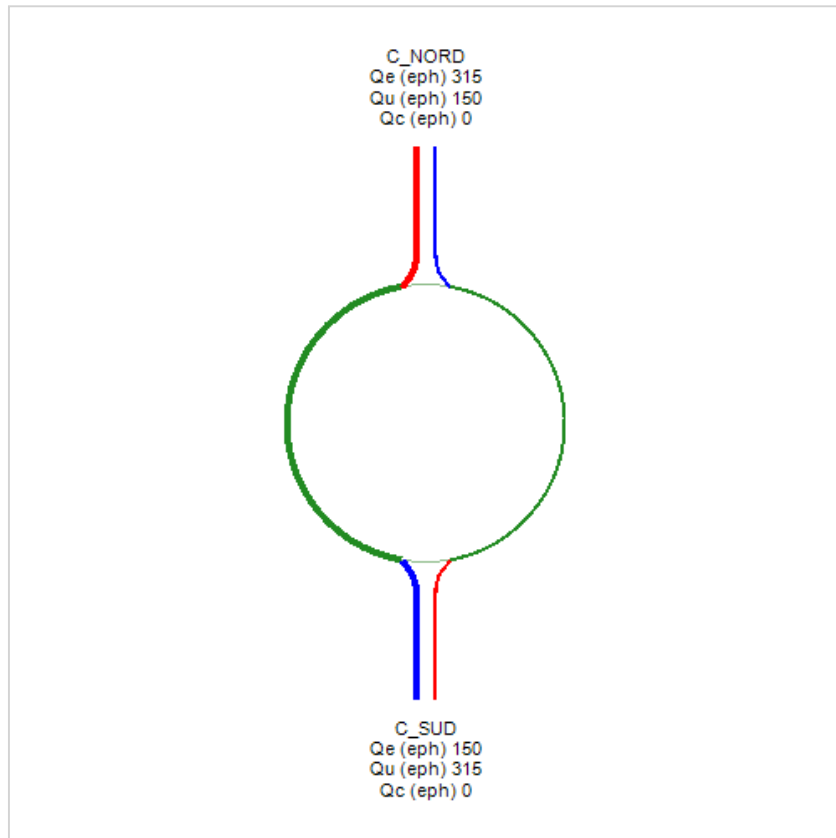
Capacità totale della rotatoria

Q'e (eph)	x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
1,125.6	0.24	8.6	0.8	4.5	0.9	5.7	A
1,125.6	0.12	8.2	0.3	2.1	0.4	2.4	A

Livello di servizio

Ctot (eph) = 2251.1

Diagramma di flusso



1FE-DCS08-D

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

Rami di entrata							
	D3	D_SUD	D2	Flussi entranti Qe (eph)	Flussi uscenti Qu (eph)	Flussi anello Qc (eph)	
Rami di uscita	D3	0.00	86.67	85.11	330.0	477.3	35.7
	D_SUD	56.00	0.00	14.89	315.0	220.5	145.2
	D2	44.00	13.33	0.00	240.0	187.2	273.0
	Verifica 100%	100.00	100.00	100.00	885.0	885.0	

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
D3	9.96	3.50	330.0	160.4	166.9	1,213.2	2.98	1,016.9	884.5	132.4	1,019.9	0.27	9.1	0.8	5.0	1.1	6.7	A
D_SUD	10.24	3.50	315.0	70.0	224.5	1,172.9	2.82	908.9	844.3	64.6	847.2	0.27	9.2	0.8	4.8	1.1	6.5	A
D2	10.21	3.50	240.0	59.8	366.0	1,073.8	2.68	643.2	643.2	0.0	630.7	0.22	9.3	0.6	3.7	0.9	5.1	A

ANN (m) = 6.00

$\delta_{i,min}$ = 2.68
 $Q_{e,k,tot}$ (eph) = 2372.0

Ctot (eph) = 2497.8

Diagramma di flusso

