

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

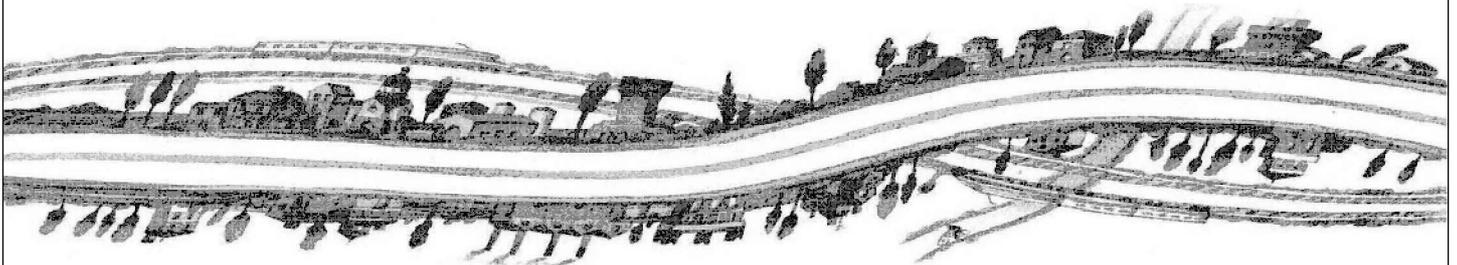
CODICE C.U.P. E81B08000060009

PROGETTO DEFINITIVO

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

ASSE STRADALE - D06 (EX 1FE - TRATTO A2)

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										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	EMISSIONE				Ing. Magagnino	Ing. Bonfanti	Ing. Salsi		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO										DATA: MAGGIO 2012
NUM. Progr.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA: _
5395	PD	0	D06	DCS06	A	SD	RT	01	A	

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.....	11
2.2. Andamento planimetrico	12
2.3. Andamento altimetrico	13
3. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI	15
3.1. Inquadramento Normativo	15
3.2. Criteri progettuali principali	16
3.2.1. Caratteristiche planimetriche.....	16
3.2.2. Caratteristiche altimetriche.....	20
3.2.3. Analisi di visibilità	22
3.2.4. Rappresentazione dei risultati	24
3.3. Progettazione delle intersezioni a rotatoria.....	25
3.3.1. Dimensionamento degli elementi modulari.....	25
3.3.2. Geometria della rotatoria e analisi di visibilità	26
3.3.3. Determinazione delle aree di visibilità	27
3.3.4. Determinazione del livello di servizio	28
4. RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO	33
4.1. Assi stradali	33
4.1.1. Andamento planimetrico	33
4.1.2. Andamento altimetrico	35
4.1.3. Verifiche di visibilità	36
4.2. Intersezioni a rotatoria	37

4.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie.....	37
4.2.2. Analisi della Deflessione	38
4.2.3. Analisi delle Visibilità	40
4.2.4. Analisi del livello di servizio	41

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) - 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.

Le prime tre (Riqualficazione 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 **D06** corrispondente al tratto A2 che va dalla rotatoria sulla S.P.66 alla rotatoria all'intersezione con via Monsignor di Sotto.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE

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

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

Il tracciato ha origine sulla SP.66 e termina a nord-ovest su via Monsignor di Sotto da cui è possibile raggiungere l'autostazione di Cento

All'interno del tracciato di lunghezza 4,1 Km, vengono realizzate n. 3 rotonde in corrispondenza delle intersezioni con la SP.66, con la SP6 (oggetto dell'intervento di rifezionamento identificato con la WBS D07) e con la via di Renazzo. Il tracciato termina sulla nuova rotonda su via Monsignor di sotto non compresa in questo intervento.

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

Asse A2 (DCS06) (tratto A2 dalla rotonda DCS06-A alla rotonda VCS49 su via Monsignor di Sotto):

Esso presenta giacitura prevalentemente est-ovest nel primo tratto e sud-nord nel secondo tratto, si sviluppa per un'estensione complessiva pari a Km 4+167. Esso è finalizzato alla realizzazione del collegamento fra l'autostazione di Cento ed la SP.66 in Comune di Cento

Il tracciato si colloca interamente in rilevato a quote variabili da 1,00 m a 2.00 m sul piano campagna, insiste prevalentemente su terreno ad uso agricolo e lungo il suo sviluppo presenta alcuni tombini idraulici per la sistemazione del reticolo idrografico lo scavalco del condotto Generale tramite un opere di adeguamento del ponte esistente.

L'asse di progetto (denominato asse "A2") ha, quindi, origine in corrispondenza dell'intersezione fra la SP.66 e via Albergati su cui viene realizzata una nuova rotonda DCS06-A di raggio esterno pari a 45,50 m, e da qui prosegue in direzione ovest, allineandosi all'esistente via Canne che viene rifezionata su un tratto di circa 350 m.

In questo primo tratto è previsto l'adeguamento del ponte esistente sul Condotto Generale per cui è previsto un adeguamento in 2 fasi. Nella prima fase viene realizzato metà del nuovo ponte a fianco sul lato sud dell'esistente, quindi viene deviato il traffico a senso unico alternato sul nuovo manufatto. Nella fase 2 viene demolito il vecchio ponte ed ampliato il nuovo appena realizzato.

Il tracciato si compone di una successione di rettili e curve a raggio costante, raccordati da tratti di transizione (clotoidi) in curva a raggio variabile, per una lunghezza complessiva di circa 4167 m: presenta un primo tratto in rettilineo in uscita dalla rotonda, un flesso sinistra destra per allinearsi all'esistente via Canne. Da qui con un rettilineo raccordato ad un curva di raggio 5250 m che per le strade di tipo C ed F non richiede sopraelevazione e per tale motivo può essere assimilato a rettilineo ed un altro rettilineo si immette nella seconda rotonda DCS06-B all'intersezione con la SP.6 Via Nuova oggetto dell'intervento di rifezionamento relativo alla WBS D07 (tratto A1).

Il progetto preliminare per questa rotonda prevedeva 5 innesti in cui il quinto era il collegamento con via di

Renazzo posta più a ovest. In fase di progetto definitivo, è stato eliminato questo ramo poiché risultava impattata sul territorio a livello di occupazione di terreni e di difficile soluzione il collegamento a ovest con la via di Renazzo esistente. Si è optato per la realizzazione di una seconda rotatoria DCS06-C all'intersezione con via di Renazzo che seppur a distanza di soli 230 m, ma giustificata dalla presenza dell'intersezione esistente, costituisce la migliore soluzione in termini economici e viabilistici per la ricucitura della via di Renazzo.

Dopo la terza rotatoria DCS06-C il tracciato curva a sinistra con un'ampia curva di raggio 750 m raccordata tramite la curva di transizione (clotoide) a un lungo rettilineo di circa 1500 m che al termine del tracciato si innesta sulla rotatoria di progetto su via Monsignor di Sotto oggetto di un altro intervento. Da qui è possibile raggiungere l'autostazione di Cento e quindi dirigersi verso Finale Emilia o verso Bondeno.



Figura 2-1 –Inquadramento territoriale Opera D04

Di seguito si riporta una breve descrizione delle intersezioni in progetto con la viabilità secondaria.

Intersezione a rotatoria “RA”

L'intersezione del tipo a rotatoria “RA”, prevista al km 0+0,00 della nuova viabilità in progetto, insiste sulla SP.66 all'intersezione con via Albergati in comune di Cento; tale rotatoria sostituisce l'attuale intersezione a raso a 3 rami aggiungendo un'ulteriore direttrice costituita dal nuovo asse stradale. Il diametro esterno è vincolato a 45,5m a causa dei forti vincoli ai contorni costituiti da strade ed abitazioni esistenti.

Intersezione a rotatoria "RB"

L'intersezione del tipo a rotatoria "RB", prevista al km 1+310,00 della nuova viabilità in progetto, insiste sulla SP.6 via Nuova oggetto di rizezionamento all'interno dell'intervento relativo alla wbs D07 tratto A1. La rotatoria ha 4 rami 2 sulla nuova viabilità e 2 sull'esistente via Nuova. Il diametro esterno è di 47m.

Intersezione a rotatoria "RC"

L'intersezione del tipo a rotatoria "RC", prevista al km 1+590,00 della nuova viabilità in progetto, insiste sulla via di Renazzo. La rotatoria ha 4 rami 2 sulla nuova viabilità e 2 sull'esistente via di Renazzo. Il diametro esterno è di 47m.

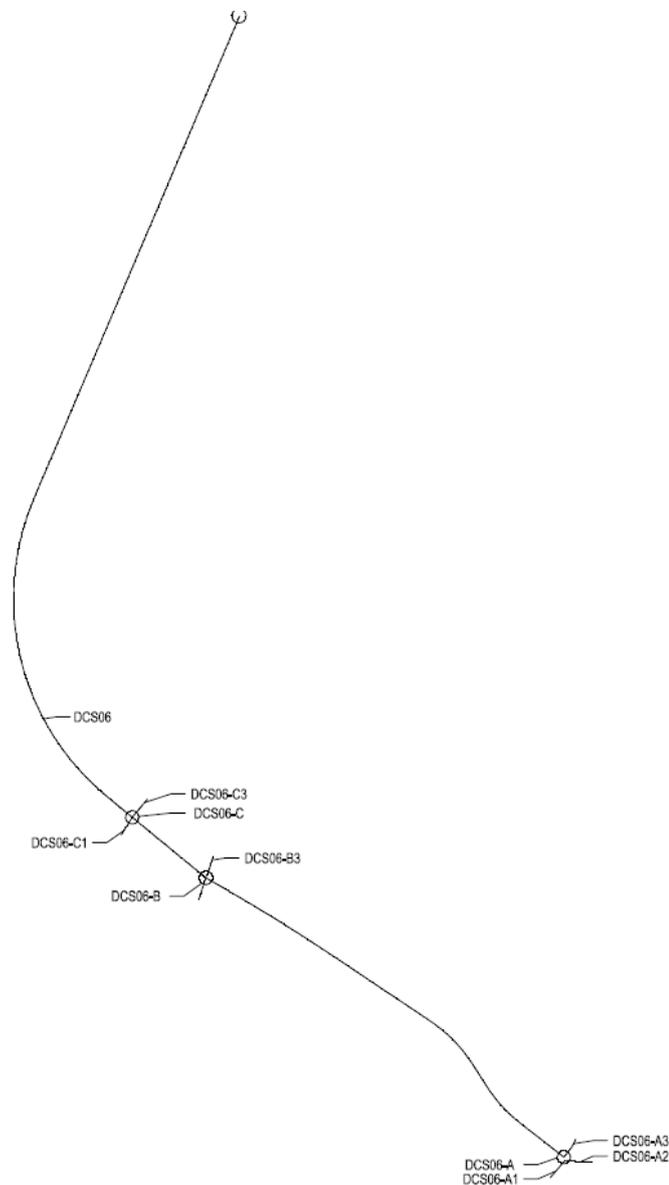


Figura 2-2 –Schema assi di tracciamento

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 C2 per l'asse principale "A2", 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.

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 9,00 m. La pendenza trasversale corrente è pari al 2,50% verso l'esterno per ciascuna corsia (**figura 2.1 e 2.2**).



Figura 2. 1 Esempio di sezione tipo C2

SEZIONE DI RISEZIONAMENTO DI STRADA ESISTENTE LATO DESTRO *

Scala 1:100

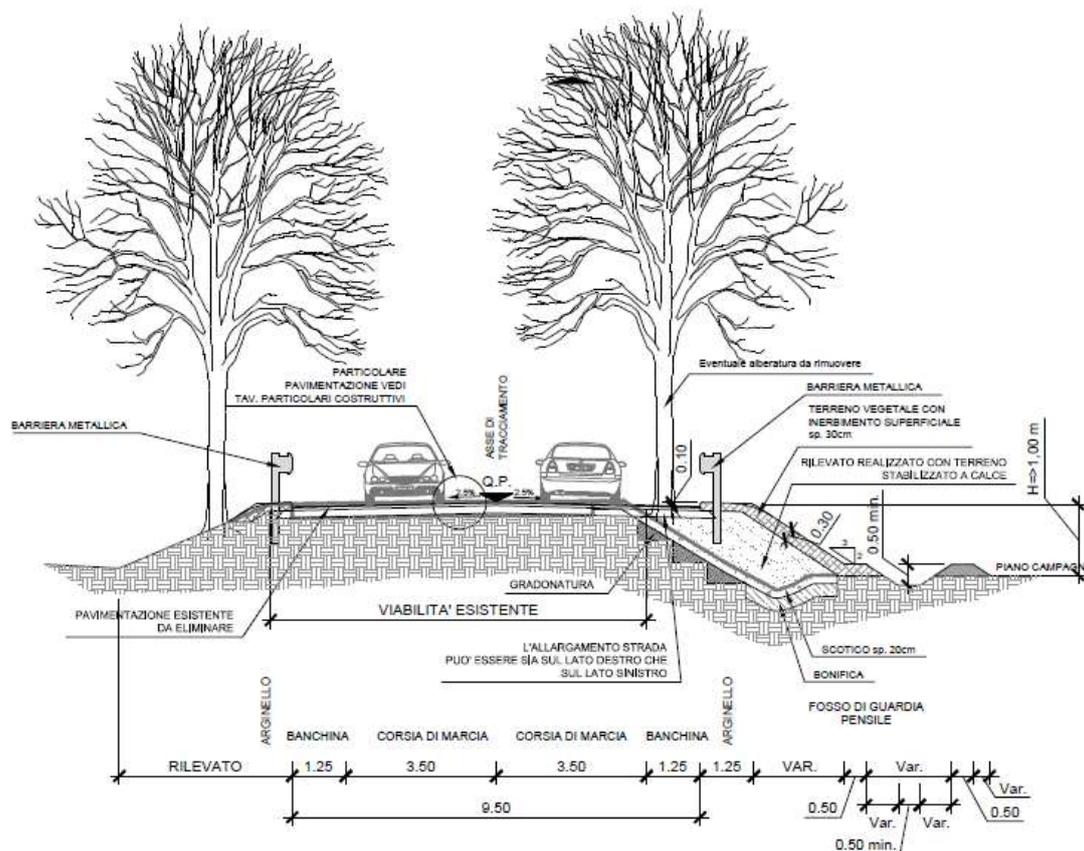


Figura 2. 2 Esempio di sezione tipo C2 in risezionamento

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 e sottopassi).

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

La raccolta delle acque avviene mediante embrici. Il recapito finale è costituito dal fosso di guardia e/o laminazione è 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.

E' prevista l'ubicazione della 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 1.25m 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.

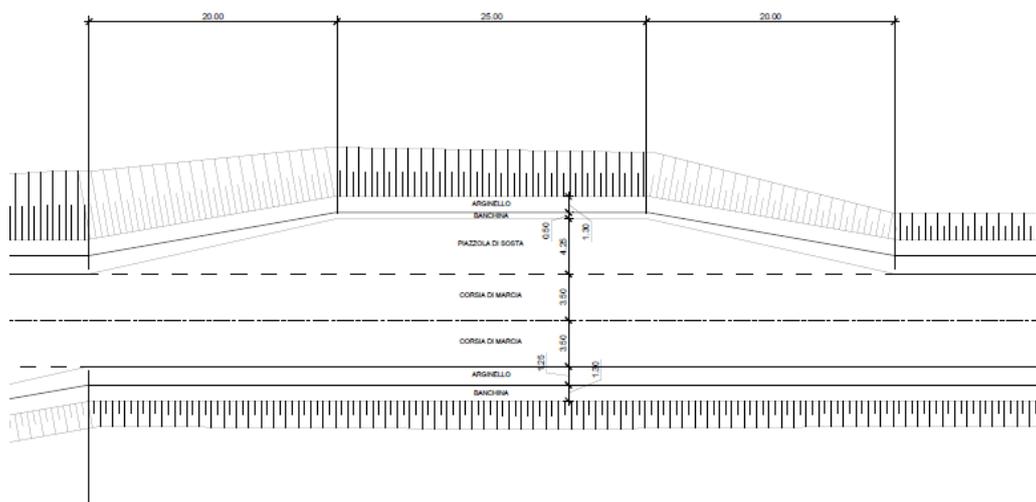


Figura 2. 3 SCHEMA PLANIMETRICO DELLA PIAZZOLA DI SOSTA

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 presenta un allargamento per visibilità e prevede lateralmente la realizzazione del cordolo per l'installazione della barriera bordo opera.

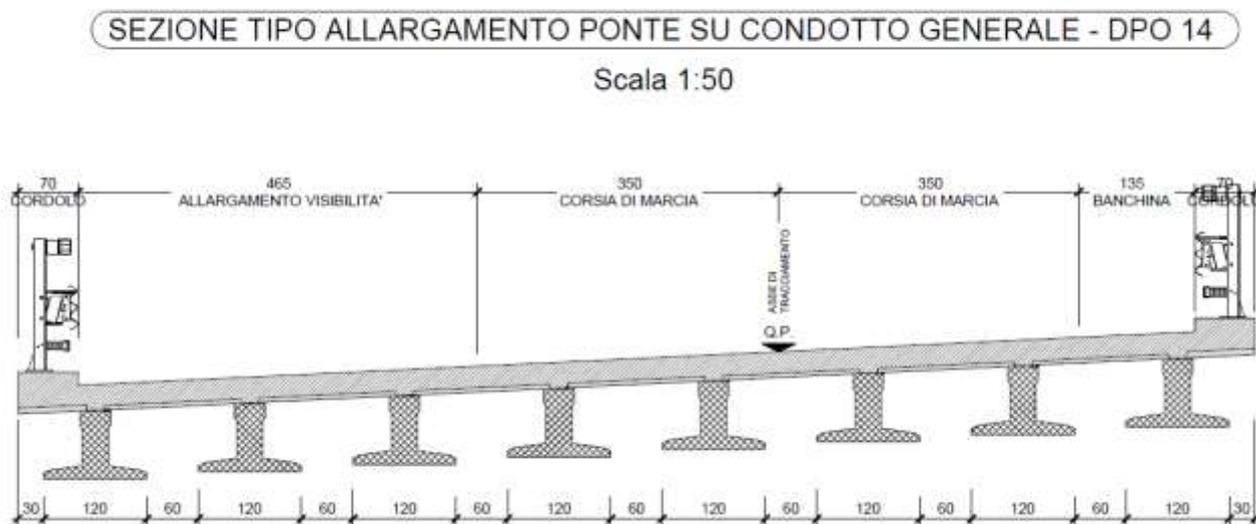


Figura 2. 4 SEZIONE IN CORRISPONDENZA DELL'ALLARGAMENTO PONTE

2.1.1. Svincoli e roatorie

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di tre roatorie a raso. La prima (DCS06-A) è ubicata in corrispondenza dell'intersezione con la SP 66 e via Albergati, la seconda (DCS06-B) in corrispondenza della SP 6 via Nuova, la terza (DCS06-C) in corrispondenza dalla strada comunale via di Renazzo.

La prima roatoria avendo numerosi vincoli geometrici da rispettare è caratterizzata da raggio interno pari a 14,75 metri (Rest= 22,75 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.

Le successive 2 roatorie 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 inerbato di larghezza pari a 1,30 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**).

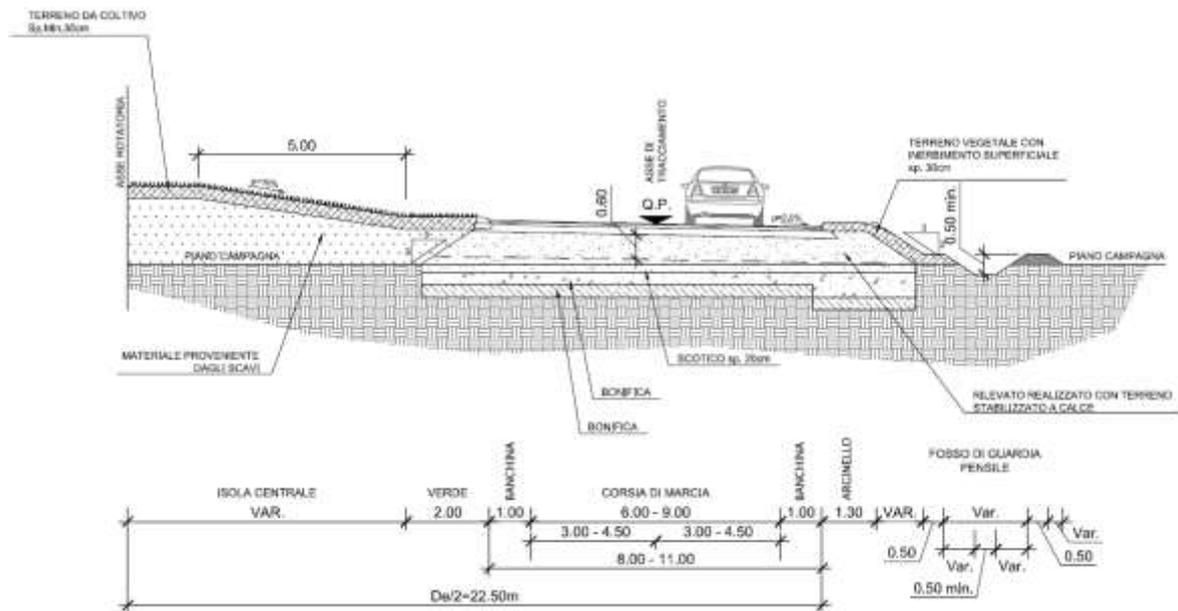


Figura 2. 5 Esempio di sezione tipo in rotatoria

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

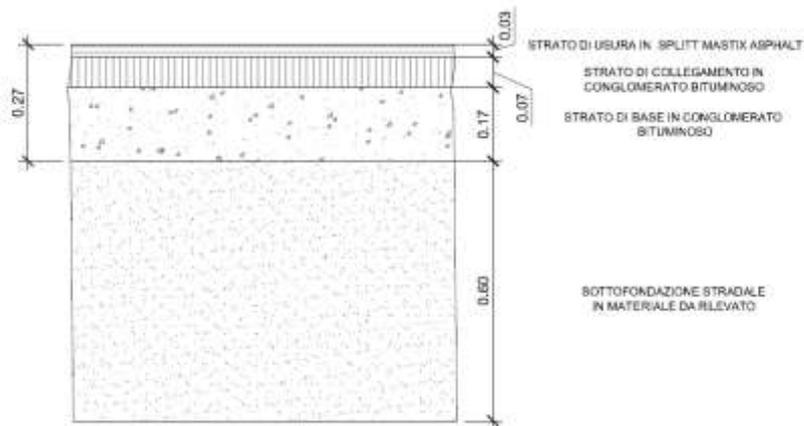


Figura 2.6 Composizione della sovrastruttura stradale

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 rettifilo.

1. Asse "A2" (DCS06)

Progr Fine (m)	Lunghezza (m)	Tipo Elem.	Parametro	Vs	lc (%)	Vp (Km/h)
135.328	135.328	R			-2.500	57
193.088	57.760	AT	152,00	Dx	0.000	67
260.147	67.058	C	400,00	Dx	-7.000	97
344.521	84.374	AF	183,71	Dx	0.000	87
428.895	84.374	AF	183,71	Sx	0.000	97
511.676	82.781	C	400,00	Sx	7.000	97
595.399	83.722	AT	183,00	Sx	0.000	100
905.456	310.058	R			-2.500	100
1251.314	345.857	C	5250,00	Sx	-2.500	100
1328.874	77.560	R			-2.500	46
1337.121	8.246	C	50,00	Dx	0.000	42
1661.479	324.358	R			-2.500	39
1746.151	84.672	AT	250,00	Dx	0.000	57
2617.808	871.657	C	750,00	Dx	-4.958	100
2707.941	90.133	AT	260,00	Dx	0.000	100
4192.127	1484.185	R			-2.500	100

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 "A2" (DCS06)

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		0.0000							
2	D	14.7478	0.0000	-2.0003	14.7478	14.7478	0.0000	0.0000	-2.0003
3	S	28.6364	300.0000	1.9911	25.6498	31.6231	5.9737	-2.0003	-0.0092
4	D	371.9526	3500.0000	-0.6972	359.7520	384.1531	24.4014	-0.0092	-0.7064
5	S	468.6273	3500.0000	0.7021	456.3407	480.9139	24.5734	-0.7064	-0.0043
6	D	540.7577	4500.0000	-0.5270	528.8992	552.6162	23.7171	-0.0043	-0.5313
7	D	648.6963	2000.0000	0.5005	643.6916	653.7009	10.0093	-0.5313	-0.0309
8	S	845.9279	4000.0000	0.1318	843.2914	848.5644	5.2730	-0.0309	0.1009
9	S	1284.6440	400.0000	1.8996	1280.8447	1288.4432	7.5990	0.1009	2.0006
10	D	1317.5113	0.0000	-2.0005	1317.5113	1317.5113	0.0000	2.0006	0.0001
11	D	1348.4824	0.0000	-2.0007	1348.4824	1348.4824	0.0000	0.0001	-2.0006
12	S	1380.7861	400.0000	2.1988	1376.3885	1385.1837	8.7958	-2.0006	0.1982
13	S	1537.1163	400.0000	1.8023	1533.5117	1540.7209	7.2097	0.1982	2.0005
14	D	1593.9222	0.0000	-2.0005	1593.9222	1593.9222	0.0000	2.0005	0.0000
15	D	1624.9171	0.0000	-2.0000	1624.9171	1624.9171	0.0000	0.0000	-2.0000
16	S	1669.0996	400.0000	1.9834	1665.1329	1673.0663	7.9339	-2.0000	-0.0167
17	S	1947.3698	5000.0000	0.0771	1945.4426	1949.2971	3.8544	-0.0167	0.0604
18	D	2195.5775	5000.0000	-0.2788	2188.6070	2202.5481	13.9412	0.0604	-0.2184
19	S	2468.0548	5000.0000	0.1717	2463.7619	2472.3477	8.5857	-0.2184	-0.0467
20	S	2800.0000	5000.0000	0.1433	2796.4164	2803.5836	7.1671	-0.0467	0.0967
21	D	3100.0000	5000.0001	-0.2413	3093.9664	3106.0336	12.0672	0.0967	-0.1447
22	S	3400.0000	5000.0000	0.3681	3390.7964	3409.2036	18.4073	-0.1447	0.2235
23	D	3672.3833	5000.0000	-0.4787	3660.4155	3684.3511	23.9357	0.2235	-0.2552
24	S	3913.1929	5000.0000	0.2756	3906.3041	3920.0818	13.7777	-0.2552	0.0203
25	S	4159.4023	300.0000	1.9797	4156.4328	4162.3719	5.9395	0.0203	2.0000
26	D	4175.4576	0.0000	-2.0066	4175.4576	4175.4576	0.0000	2.0000	-0.0066
27		4192.1200							

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 7;

- (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

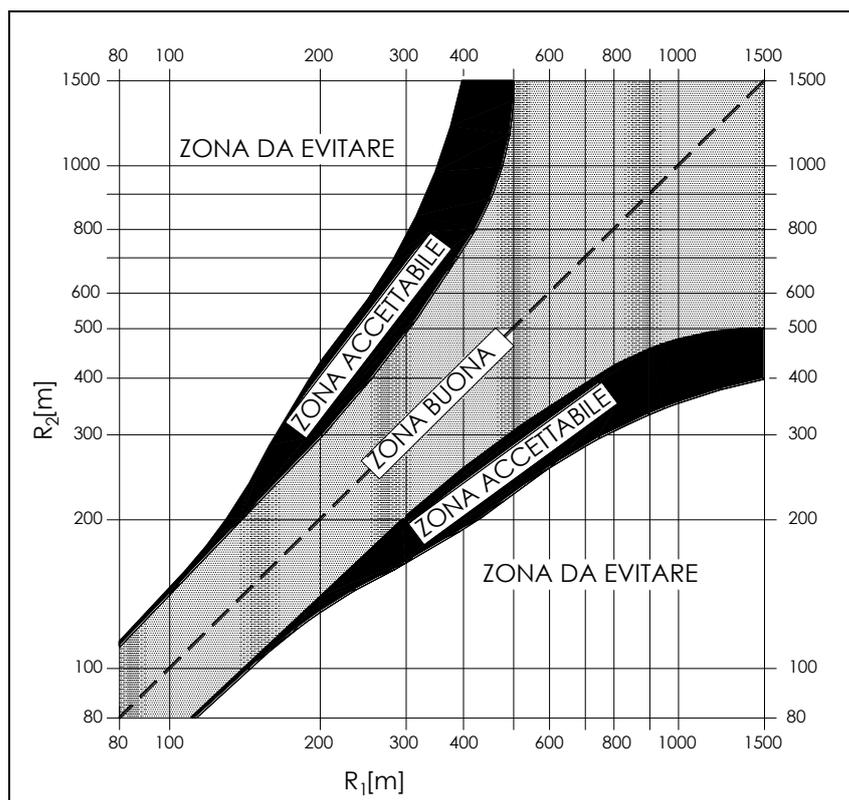


Figura 7 – Abaco di Koppel (DM 05/ 11/01)

(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.

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

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

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:

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

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:

- Rv = raggio del raccordo verticale convesso [m]
- D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m]
- Δi = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento
- h1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
- h2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di norma h1 = 1.10 m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone h2 = 0.10 m. In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia si pone h2 = 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:

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

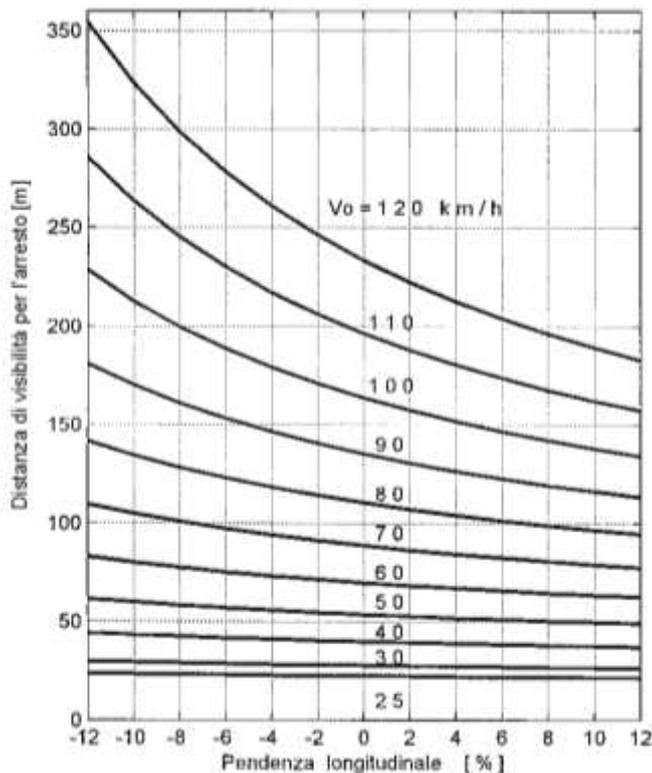
dove:

- 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.

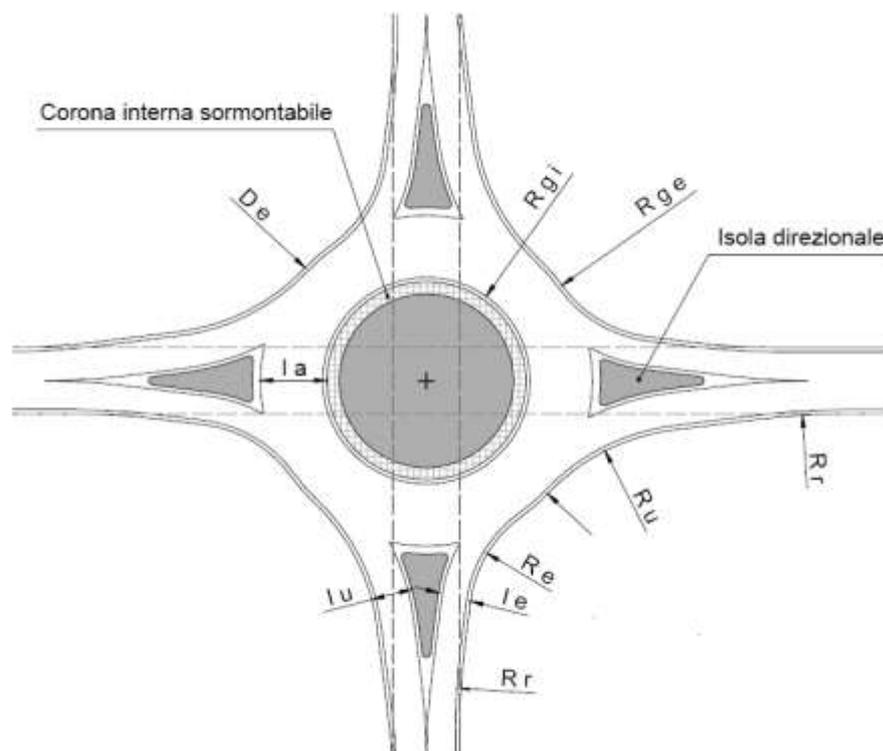
3.2.4. **Rappresentazione dei risultati**

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%.

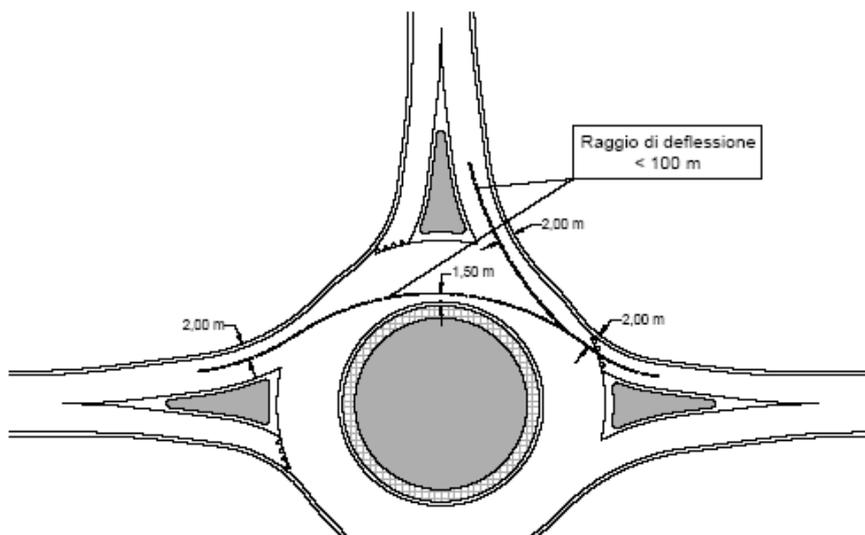
3.3.2. Geometria della rotatoria e analisi di visibilità

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.

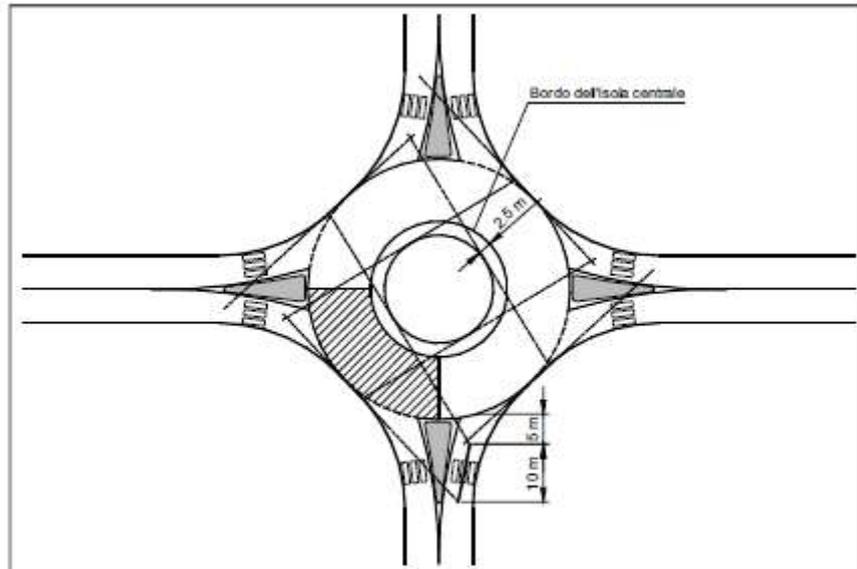


Figura 12: Campi di visibilità in incrocio a rotatoria

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]

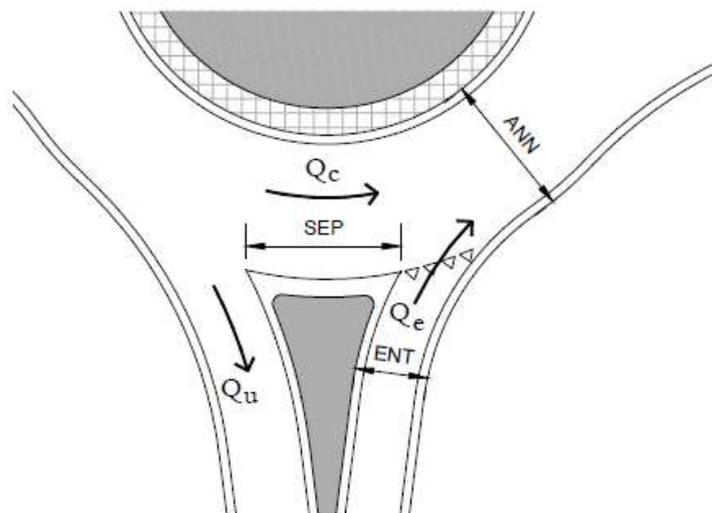
ANN = larghezza dell'anello [m]

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



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 - D06 (EX 1FE - TRATTO A2) - RELAZIONE TECNICA SUL PROGETTO STRADALE

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 "A2" (DCS06)

ELEMENTI TRACCIATO PLANIMETRICO									VERIFICA CLOTOIDI						
Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	Tipo Elem.	Param.	Vs	lc (%)	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	135.328	135.328	R			-2.500	57							
2	135.328	193.088	57.760	AT	152,00	Dx	0.000	67	64,81	118,50	133,30	400	0,83		OK
3	193.088	260.147	67.058	C	400,00	Dx	-7.000	97							
4	260.147	344.521	84.374	AF	183,71	Dx	0.000	87	113,60	116,30	133,30	400		1	OK
5	344.521	428.895	84.374	AF	183,71	Sx	0.000	97	151,10	122,50	133,30	400		1	OK
6	428.895	511.676	82.781	C	400,00	Sx	7.000	97							
7	511.676	595.399	83.722	AT	183,00	Sx	0.000	100	148,30	145,30	133,30	400	1		OK
8	595.399	905.456	310.058	R			-2.500	100							
9	905.456	1251.314	345.857	C	5250,00	Sx	-2.500	100							
10	1251.314	1328.874	77.560	R			-2.500	46							
11	1328.874	1337.121	8.246	C	50,00	Dx	0.000	42							
12	1337.121	1661.479	324.358	R			-2.500	39							
13	1661.479	1746.151	84.672	AT	250,00	Dx	0.000	57	155,82	133,1	250	750	0,97		OK
14	1746.151	2617.808	871.657	C	750,00	Dx	-4.958	100							
15	2617.808	2707.941	90.133	AT	260,00	Dx	0.000	100	110,8	176,3	250	750	0,97		OK
16	2707.941	4192.127	1484.185	R			-2.500	100							

ELEMENTI TRACCIATO									VERIFICA RETTIFILI E CURVE							
Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lung. (m)	Tipo Elem.	Param.	Vs	lc (%)	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)
1	0.000	135.328	135.328	R			-2.500	57					46,86	1250,98		OK
2	135.328	193.088	57.760	AT	152,00	Dx	0.000	67								
3	193.088	260.147	67.058	C	400,00	Dx	-7.000	97	118	135,33		52,98				OK
4	260.147	344.521	84.374	AF	183,71	Dx	0.000	87								
5	344.521	428.895	84.374	AF	183,71	Sx	0.000	97								
6	428.895	511.676	82.781	C	400,00	Sx	7.000	97	118	190		67,03				OK
7	511.676	595.399	83.722	AT	183,00	Sx	0.000	100								
8	595.399	905.456	310.058	R			-2.500	100					150	2200		OK
9	905.456	1251.314	345.857	C	5250,00	Sx	-2.500	100	118	118		66,89				OK
10	1251.314	1328.874	77.560	R			-2.500	46								
11	1328.874	1337.121	8.246	C	50,00	Dx	0.000	42								
12	1337.121	1661.479	324.358	R			-2.500	39					30	849,84		OK
13	1661.479	1746.151	84.672	AT	250,00	Dx	0.000	57								
14	1746.151	2617.808	871.657	C	750,00	Dx	-4.958	100	118	118		69,44				OK
15	2617.808	2707.941	90.133	AT	260,00	Dx	0.000	100								
16	2707.941	4192.127	1484.185	R			-2.500	100					150	2200		OK

L'elemento 11 è un semplice raccordo per cambio direzione del tracciato e si trova all'interno delle rotonde, per cui

non va considerato ai fini delle verifiche del tracciato.

L'elemento 9 di raggio 5250 può essere assimilato 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 tale arco è raccordato 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 "A2" (DCS06)

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		0.0000											
2	D	14.7478	0.0000	-2.0003	14.7478	14.7478	0.0000	0.0000	2.0003	30.0000	28,79		
3	S	28.6364	300.0000	1.9911	25.6498	31.6231	5.9737	2.0003	0.0092	31.4535	30,48	127,23	OK
4	D	371.9526	3500.0000	-0.6972	359.7520	384.1531	24.4014	0.0092	0.7064	89.2009	134,85	1023,25	OK
5	S	468.6273	3500.0000	0.7021	456.3407	480.9139	24.5734	0.7064	0.0043	96.5300	155,41	1198,31	OK
6	D	540.7577	4500.0000	-0.5270	528.8992	552.6162	23.7171	0.0043	0.5313	100.0000	165,61	1286,01	OK
7	D	648.6963	2000.0000	0.5005	643.6916	653.7009	10.0093	0.5313	0.0309	100.0000	165,66	1286,01	OK
8	S	845.9279	4000.0000	0.1318	843.2914	848.5644	5.2730	0.0309	0.1009	100.0000	164,57	153,71	OK
9	S	1284.6440	400.0000	1.8996	1280.8447	1288.4432	7.5990	0.1009	2.0006	34.5723	33,74	115,74	OK
10	D	1317.5113	0.0000	-2.0005	1317.5113	1317.5113	0.0000	2.0006	0.0001	30.0000	28,45	115,74	OK
11	D	1348.4824	0.0000	-2.0007	1348.4824	1348.4824	0.0000	0.0001	2.0006	30.0000	28,79	174,33	OK
12	S	1380.7861	400.0000	2.1988	1376.3885	1385.1837	8.7958	2.0006	0.1982	36.8186	36,95	231,78	OK
13	S	1537.1163	400.0000	1.8023	1533.5117	1540.7209	7.2097	0.1982	2.0005	42.4540	43,53	115,74	OK
14	D	1593.9222	0.0000	-2.0005	1593.9222	1593.9222	0.0000	2.0005	0.0000	30.0000	28,45	115,74	OK
15	D	1624.9171	0.0000	-2.0000	1624.9171	1624.9171	0.0000	0.0000	2.0000	30.0000	28,79	170,42	OK
16	S	1669.0996	400.0000	1.9834	1665.1329	1673.0663	7.9339	2.0000	0.0167	36.4036	36,47	832,63	OK
17	S	1947.3698	5000.0000	0.0771	1945.4426	1949.2971	3.8544	0.0167	0.0604	80.4646	112,25	1286,01	OK
18	D	2195.5775	5000.0000	-0.2788	2188.6070	2202.5481	13.9412	0.0604	-	100.0000	164,96	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)	Da (m)	Rv,min (m)	Esito Verif.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
									0.2184				
19	S	2468.0548	5000.0000	0.1717	2463.7619	2472.3477	8.5857	0.2184	0.0467	100.0000	165,14	1286,01	OK
20	S	2800.0000	5000.0000	0.1433	2796.4164	2803.5836	7.1671	0.0467	0.0967	100.0000	164,60	1286,01	OK
21	D	3100.0000	5000.0001	-0.2413	3093.9664	3106.0336	12.0672	0.0967	0.1447	100.0000	164,77	1286,01	OK
22	S	3400.0000	5000.0000	0.3681	3390.7964	3409.2036	18.4073	0.1447	0.2235	100.0000	164,55	1286,01	OK
23	D	3672.3833	5000.0000	-0.4787	3660.4155	3684.3511	23.9357	0.2235	0.2552	100.0000	164,74	1286,01	OK
24	S	3913.1929	5000.0000	0.2756	3906.3041	3920.0818	13.7777	0.2552	0.0203	71.6516	93,09	660,23	OK
25	S	4159.4023	300.0000	1.9797	4156.4328	4162.3719	5.9395	0.0203	2.0000	31.7541	30,45	129,67	OK
26	D	4175.4576	0.0000	-2.0066	4175.4576	4175.4576	0.0000	2.0000	0.0066	30.0000	28,45		
27		4192.1200											

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

Lungo l'asse "A2" 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

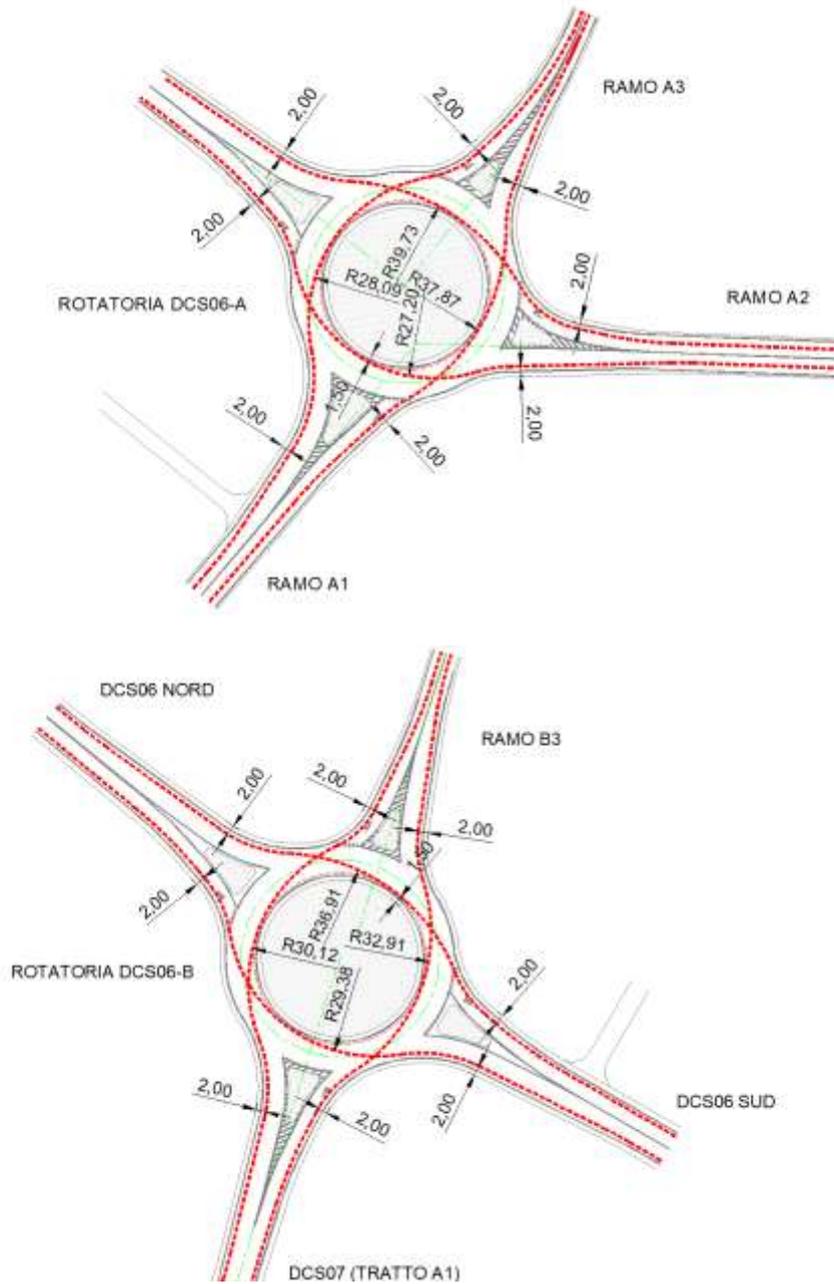
4.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie

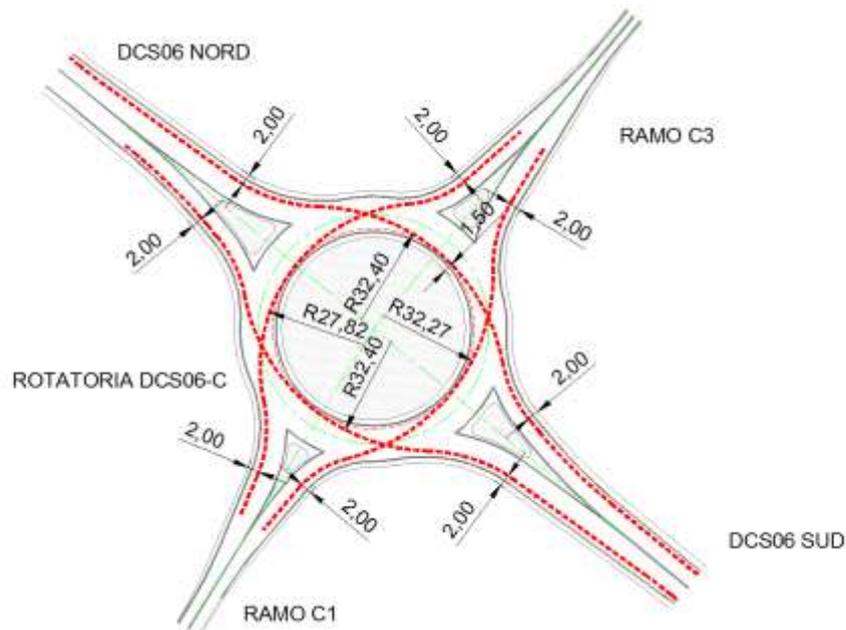
Il progetto prevede le seguenti rotatorie:

1. Rotatoria "DCS06-A" sull'intersezione con le via SP66 e via Albergati; Rest= 22,75 m;
2. Rotatoria "DCS06-B" sull'intersezione con la SP.6; Rest= 23,50 m;
3. Rotatoria "DCS06-C" sull'intersezione con la strada comunale via di Renazzo; Rest= 23,50 m;

Le rotatorie di Rest pari a 22.75 e 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.





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 mezziera della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1m sul piano viabile;
- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

Nella corona giratoria è stato previsto comunque di lasciare libera da ogni tipologia di ostacolo una fascia di larghezza pari a 2.5 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

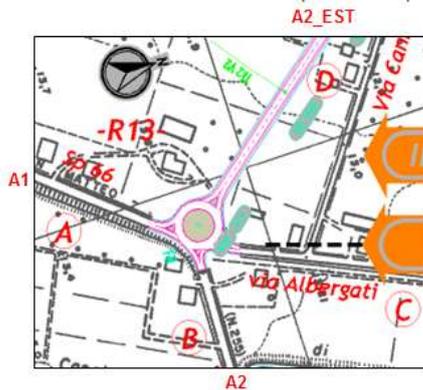
La determinazione del livello di servizio delle intersezioni a rotatoria in progetto è stata condotta in funzione ai dati di traffico desunti dall'analisi trasportistica (rif. elaborato PD_0_000_00000_0_GE_RH_01_A) in base ai valori di flusso riferiti al 2030 nell'ora di punta del mattino (giorno medio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

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

DCS06-A

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
A2	A1	490	70	560	630
A2	A2_EST	30	5	35	40
A1	A2	420	60	480	540
A1	A2_EST	10	0	10	10
A2_EST	A1	10	0	10	10
A2_EST	A2	20	10	30	40
					1270

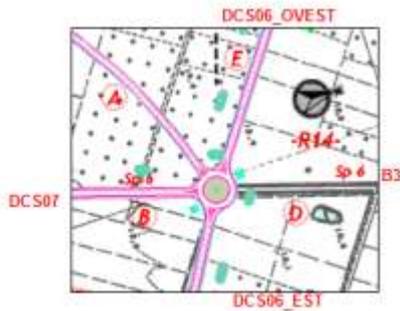
Flussi da e verso C trascurabili in quanto strada prettamente locale non presente nel modello



modifica ordine qui -->		Rami in entrata		
		A2_EST	A1	A2
Rami in uscita	A2_EST	1,82%	1,82%	5,97%
	A1	20,00%	20,00%	94,03%
	A2	80,00%	98,18%	98,18%

DCS06-B

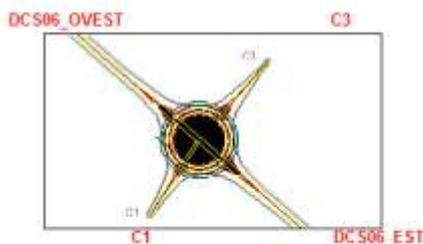
Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
DCS07	DCS06_EST	30	5	35	40
DCS07	B3	30	5	35	40
DCS07	DCS06_OVEST	340	25	365	390
DCS06_EST	DCS07	50	5	55	60
DCS06_EST	B3	5	0	5	5
DCS06_EST	DCS06_OVEST	45	15	60	75
B3	DCS07	50	10	60	70
B3	DCS06_EST	5	0	5	5
B3	DCS06_OVEST	15	0	15	15
DCS06_OVEST	DCS07	490	40	530	570
DCS06_OVEST	DCS06_EST	30	10	40	50
DCS06_OVEST	B3	30	10	40	50
					1370



		Rami in entrata			
		DCS07	DCS06_EST	B3	DCS06_OVEST
Rami in uscita	DCS07		42.86%	77.78%	85.07%
	DCS06_EST	8.51%		5.56%	7.46%
	B3	8.51%	3.57%		7.46%
	DCS06_OVEST	82.98%	53.57%	16.67%	

DCS06-C

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
C1	DCS06_EST	15	0	15	15
C1	C3	5	0	5	5
C1	DCS06_OVEST	15	0	15	15
DCS06_EST	C3	15	0	15	15
DCS06_EST	DCS06_OVEST	300	50	430	480
DCS06_EST	C1	15	0	15	15
C3	DCS06_OVEST	15	0	15	15
C3	C1	5	0	5	5
C3	DCS06_EST	15	0	15	15
DCS06_OVEST	C1	15	0	15	15
DCS06_OVEST	DCS06_EST	570	50	620	670
DCS06_OVEST	C3	15	0	15	15
					1280



		Rami in entrata			
		C1	DCS06_EST	C3	DCS06_OVEST
Rami in uscita	C1		2.94%	14.29%	2.14%
	DCS06_EST	42.86%		42.86%	95.71%
	C3	14.29%	2.94%		2.14%
	DCS06_OVEST	42.86%	94.12%	42.86%	

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 DCS06-A, DCS06-B, DCS06-C

1FE-DCS06-A

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

Rami di uscita		Rami di entrata			Flussi entranti Qe (eph)	Flussi uscenti Qu (eph)	Flussi anello Qc (eph)
		A2_EST	A1	A2			
A2_EST		0.00	1.82	5.97	50.0	46.3	545.4
A1		20.00	0.00	94.03	640.0	555.4	40.0
A2		80.00	98.18	0.00	580.0	668.4	11.6
Verifica 100%		100.00	100.00	100.00	1,270.0	1,270.0	

Periodo di analisi = 0.25

Caratteristiche geometriche della rotonda 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
A2_EST	9.84	3.50	50.0	15.9	650.5	874.6	2.63	522.3	88.7	433.6	518.6	0.06	9.4	0.1	0.8	0.2	1.1	A
A1	11.19	3.50	640.0	141.1	156.8	1,220.2	1.77	1,135.3	1,135.3	0.0	840.9	0.52	11.2	2.0	11.9	3.2	19.0	B
A2	8.74	3.50	580.0	278.9	231.2	1,168.2	1.79	1,042.9	1,028.8	14.1	1,034.8	0.50	11.1	1.8	10.7	2.8	17.1	B

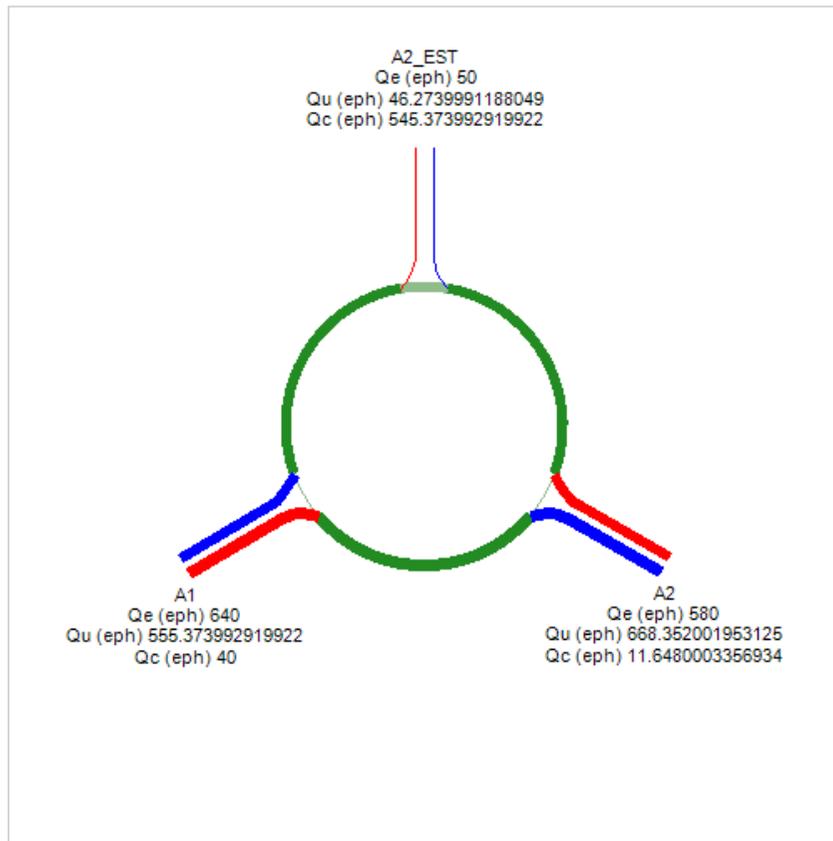
ANN (m) = 6.00

$\delta_{i,min}$ = 1.77
 Qe,k,tot (eph) = 2252.8

Capacità totale della rotonda

Ctot (eph) = 2394.3

Diagramma di flusso



1FE-DCS06-B

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

Rami di entrata

Rami di uscita	Rami di entrata				Flussi entranti Qe (eph)	Flussi uscenti Qu (eph)	Flussi anello Qc (eph)	
	DCS07	DCS06_EST	B3	DCS06_OVEST				
	DCS07	0.00	42.86	77.78	85.07	700.0	522.9	76.9
	DCS06_EST	8.51	0.00	5.56	7.46	95.0	100.7	676.3
	B3	8.51	3.57	0.00	7.47	95.0	98.8	672.5
DCS06_OVEST	82.98	53.57	16.66	0.00	480.0	647.6	119.9	
Verifica 100%	100.00	100.00	100.00	100.00	1,370.0	1,370.0		

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)
DCS07	10.20	3.50	700.0	167.3	220.6	1,175.6	1.56	1,089.7	1,089.7	0.0
DCS06_EST	10.20	3.50	95.0	32.2	816.4	758.5	2.00	440.4	147.9	292.5
B3	8.52	3.50	95.0	42.7	820.1	755.9	1.99	436.4	147.9	288.5
DCS06_OVEST	10.20	3.50	480.0	207.2	301.9	1,118.7	1.92	1,001.0	747.2	253.8

ANN (m) = 6.00

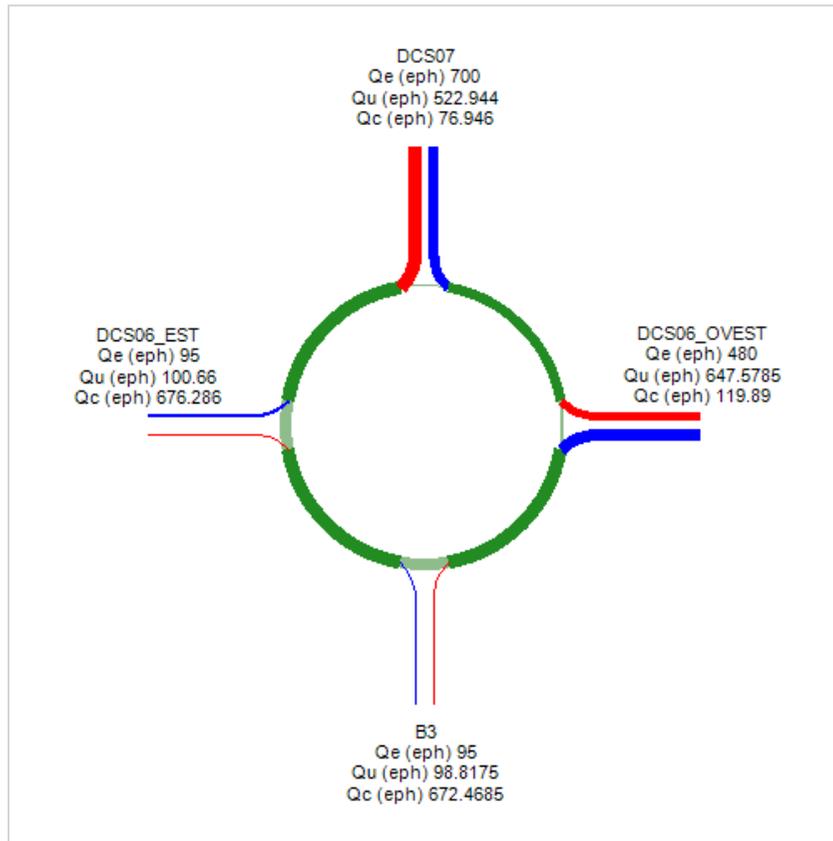
$\delta_{i,min}$ = 1.56
 Qe,k,tot (eph) = 2132.6

Capacità totale della rotatoria

Q*e (eph)	Livello di servizio						
	x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
1,034.4	0.60	12.5	2.4	14.5	4.1	24.8	B
476.8	0.13	10.4	0.3	1.7	0.4	2.6	B
211.3	0.13	10.4	0.3	1.7	0.4	2.6	B
817.7	0.43	10.6	1.4	8.5	2.2	13.2	B

Ctot (eph) = 2540.2

Diagramma di flusso



1FE - DCS06-C

Distribuzione e flussi

Matrice di distribuzione - Percentuali (%)

Rami di entrata

Rami di uscita	Rami di entrata				Flussi entranti Qe (eph)	Flussi uscenti Qu (eph)	Flussi anello Qc (eph)	
	C1	DCS06_EST	C3	DCS06_OVEST				
	C1	0.00	2.94	14.28	2.14	35.0	36.5	514.1
	DCS06_EST	42.86	0.00	42.86	95.72	700.0	518.2	30.9
	C3	14.28	2.94	0.00	2.14	35.0	36.5	694.4
DCS06_OVEST	42.86	94.12	42.86	0.00	510.0	688.8	40.6	
Verifica 100%	100.00	100.00	100.00	100.00	1,280.0	1,280.0		

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)
C1	7.38	3.50	35.0	18.5	615.9	898.8	2.85	627.1	57.1	570.1
DCS06_EST	10.20	3.50	700.0	165.8	165.5	1,214.1	1.63	1,141.1	1,141.1	0.0
C3	8.21	3.50	35.0	16.5	825.4	752.2	2.17	388.2	57.1	331.1
DCS06_OVEST	10.20	3.50	510.0	220.4	219.4	1,176.4	2.00	1,079.6	831.4	248.2

ANN (m) = 6.00

$\delta_{i,min}$ = 1.63
 Qe,k,tot (eph) = 2086.7

Capacità totale della rotatoria

Q*e (eph)
432.5
897.8
438.0
890.6

Ctot (eph) = 2658.9

Livello di servizio

x	tm (s)	Lm	Lm (m)	Lmax	Lmax (m)	LOS
0.04	9.2	0.1	0.5	0.1	0.7	A
0.58	11.9	2.3	13.9	3.9	23.1	B
0.05	10.0	0.1	0.6	0.1	0.9	B
0.43	10.4	1.5	8.8	2.2	13.4	B

Diagramma di flusso

