



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

CODICE C.U.P. E81B08000060009

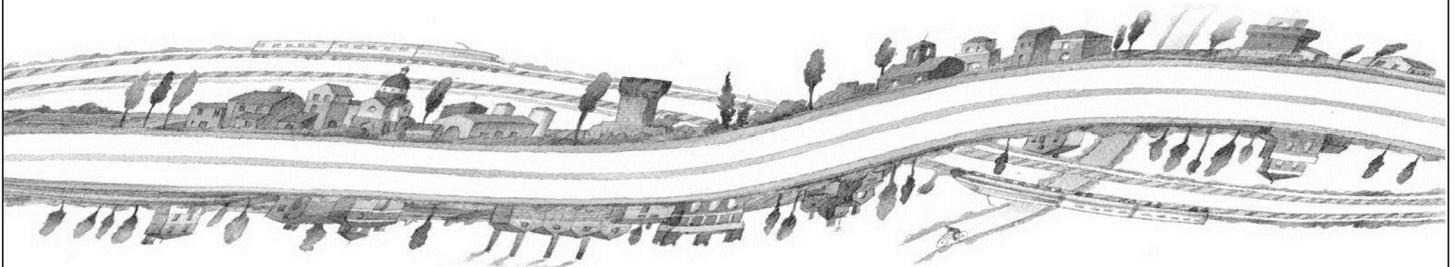
PROGETTO DEFINITIVO

D01 (EX 1PR) - RIQUALIFICAZIONE DELLA S.P.72 "PARMA - MEZZANI"

PROGETTAZIONE STRADALE

ASSE STRADALE

RELAZIONE TECNICA SUL PROGETTO STRADALE



IL PROGETTISTA

Ing. Rodolfo Biondi
Albo Ing. Modena n° 1256



R. Biondi

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				W. GIANAROLI	R. BIONDI	E. SALSII		
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: _
4749	PD	0	D01	DCS01	0	SD	RT	01	A	

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE	4
2.1 Piattaforma stradale e sezioni tipo.....	7
2.2 Andamento planimetrico	10
2.3 Andamento altimetrico	16
1. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI	29
1.1 Inquadramento Normativo	29
1.2 Criteri progettuali principali	29
1.2.1 Caratteristiche planimetriche.....	29
1.2.2 Caratteristiche altimetriche.....	34
1.2.3 Analisi di visibilità	36
1.2.4 Rappresentazione dei risultati	39
1.3 Progettazione delle intersezioni a rotatoria.....	40
3.3.1 Dimensionamento degli elementi modulari.....	40
3.3.2 Geometria della rotatoria e analisi di visibilità	42
3.3.3 Determinazione delle aree di visibilità	42
2. RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO	44
2.1. Assi stradali	44
2.2. Intersezioni a rotatoria	54
2.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie.....	54
2.2.2. Analisi dell'angolo di deviazione.....	54
2.2.3. Analisi delle Visibilità	57

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda la descrizione del progetto definitivo di riqualificazione della viabilità esistente denominata SP72 inserito nell'intervento di realizzazione della nuova Autostrada Regionale Cispadana, infrastruttura stradale di categoria A, avente origine in corrispondenza del casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 "Autostrada del Brennero" e termine al casello di Ferrara Sud sulla A13 "Autostrada Bologna-Padova".

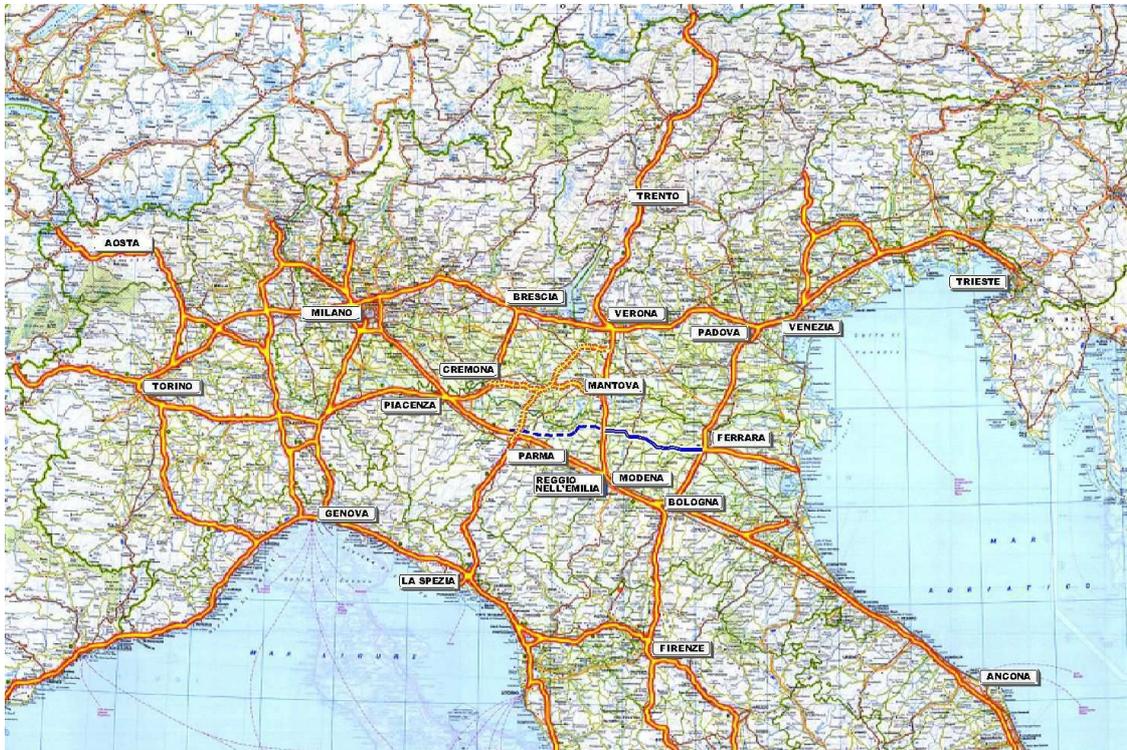


Figura 1-1 – L'Autostrada Regionale Cispadana (blu), inserita nella rete autostradale nazionale

Tali opere consistono nei seguenti interventi:

- Realizzazione di un nuovo svincolo del tipo a rotatoria a raso in Loc. Certosino per by-passare l'abitato e migliorare sensibilmente la sicurezza di marcia nell'area.
- Realizzazione di un nuovo svincolo del tipo a rotatoria a raso in prossimità dell'attuale intersezione tra via Repubblica e via Gainago, questo per migliorare la sicurezza di marcia degli utenti.
- Realizzazione di un nuovo svincolo del tipo a rotatoria a raso in prossimità dell'intersezione tra via Malcantone e la strada del Grillo..



Nel seguito vengono descritte le caratteristiche stradali del progetto delle viabilità connesse in esame e illustrate le verifiche condotte per valutare la congruenza con le indicazioni contenute nella normativa cogente e di riferimento per le strade extraurbane di categoria F, relativamente al tracciato stradale e alle intersezioni.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE

La riqualificazione del tracciato riguarda sostanzialmente l'addolcimento dei due flessi che costituiscono fonte di pericolo per l'utenza perché sono localizzati tra rettifili senza elementi di transizione; con l'installazione di barriere di sicurezza nei tratti in cui la strada è affiancata da fossi o canali che diventano rischiosi in caso di svio di veicoli.

Il progetto interessa tre tratti denominati tratto "A", tratto "B" e tratto "C". Il tratto "A" si sviluppa nel comune di Parma per una lunghezza di circa 700 m e riguarda sostanzialmente nella realizzazione di un nuovo svincolo tipo a rotatoria necessaria per rettificare il flessio che caratterizza la SP72 fonte di pericolo per l'utenza. Il tracciato prevede il risezionamento della S.P. n°72 Parma – Mezzani per un breve rettifilo di 60.00m il quale si inserisce nella nuova rotatoria avente diametro esterno pari a 38.00m, il tracciato prosegue a ovest dell'abitato per un tratto di circa 600 m caratterizzato da un flessio con curve di raggio 200 e 260 m rispettivamente. Entrambe le curve sono dotate di opportuni raccordi di transizione, in entrata e uscita, adeguati per categoria e velocità di progetto della strada stessa. Altimetricamente, nei tratti in risezionamento, il tracciato si sviluppa a quota strada esistente mentre in variante è situato a 2,00 sul piano campagna. Le livellette di progetto sono praticamente orizzontali e i raccordi concavi e convessi hanno un raggio minimo di 2500. Il tratto in variante interseca in due punti il cavo Burla, che affianca l'attuale S.P. n°72, per questo sono stati inseriti due tombini di dimensioni 5,00 x 2,25 m.

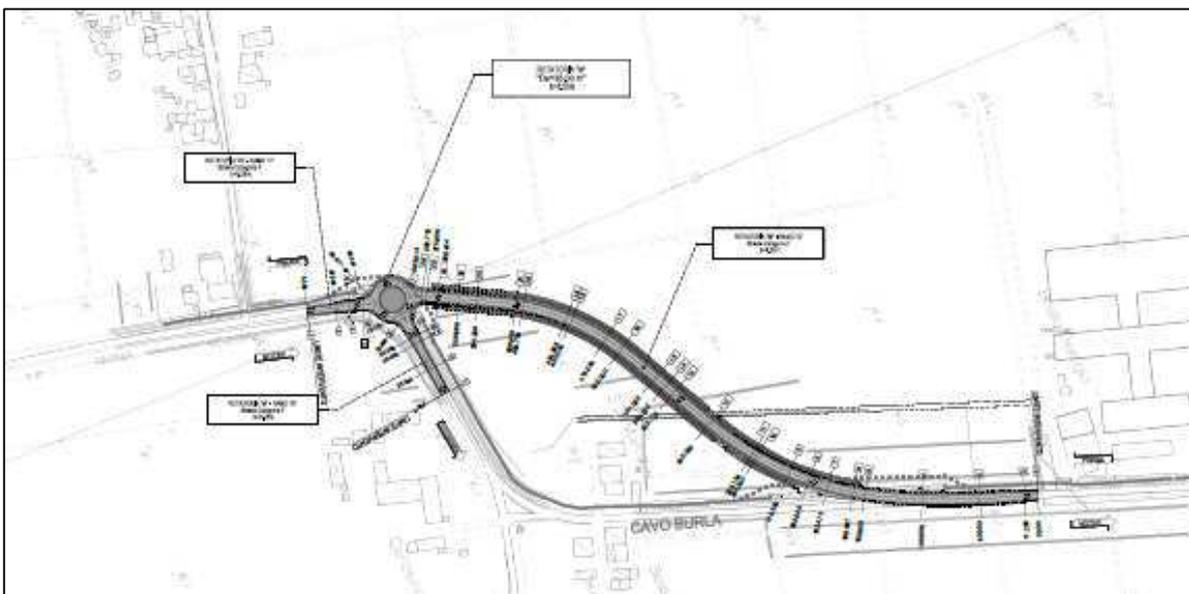


Figura 2-1 – Planimetria di Progetto – Tratto A - Opera 1PR

Il tratto "B" si sviluppa nel comune di Parma e riguarda la realizzazione di un nuovo svincolo tipo rotatoria posizionato nell'intersezione tra via Repubblica, via Gainago, strada Burla e via Viazza Pizzolese. La rotatoria ha un diametro esterno di 40.00m, una corsia di marcia con rami in ingresso e uscita a singola corsia. L'opera è stata inserita per migliorare la sicurezza degli utenti limitando la velocità di percorrenze essendo il tratto esistente in rettilineo senza nessun dissuasore di velocità o altro dispositivo dando così la possibilità di percorrerla a velocità elevate. Il ramo D è caratterizzato dalla presenza, in prossimità del limite d'intervento, di un tombamento il quale non è soggetto a progettazione essendo il tratto in oggetto interessato solo ad un risezionamento.

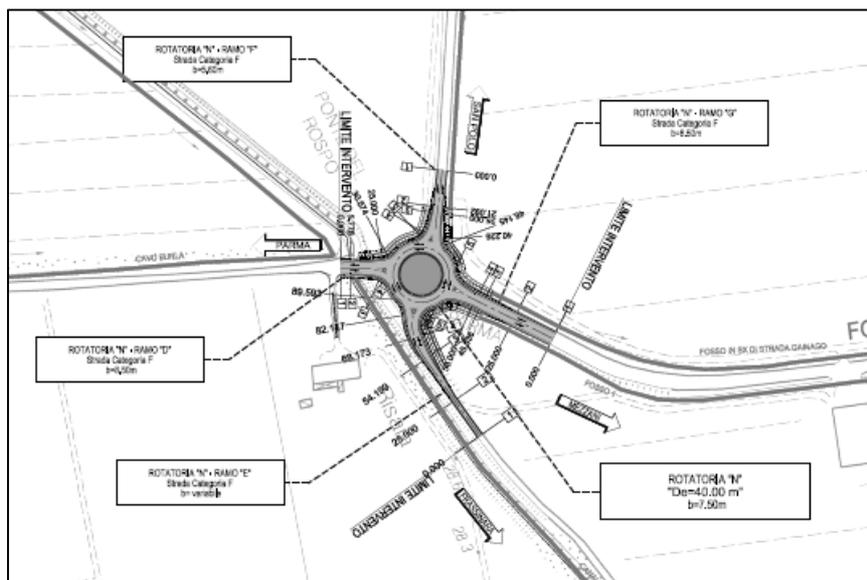


Figura 2-2 – Planimetria di Progetto – Tratto B - Opera 1PR

Il tratto "C" si sviluppa per circa 500 m in comune di Torrile, anche in questo tratto, viene realizzato un nuovo svincolo a rotatoria per annullare un punto critico pericoloso per l'utenza in corrispondenza dell'incrocio tra la S.P. n° 72 e la S.C. strada del Grillo. I primi 200 m si sviluppano in rettilineo risezionando la viabilità esistente, successivamente il tracciato si inserisce in rotatoria con curva in sinistra di raggio 200 m; dopo la rotonda il tracciato si collega all'esistente con curva in sinistra di raggio pari a 160 m. Le curve circolari sono, in ingresso e uscita, raccordate con curve di transizione aventi parametri adeguati per categoria di strada e velocità di progetto. Altimetricamente il progetto ha pendenze che non superano l'1.20%, le livellette sono raccordate raggi non inferiori a 1000m. Il tracciato nei tratti in risezionamento coincide con la viabilità

esistente mentre in variante si sviluppa a circa 1,50 m sul piano campagna. Il tratto interessato interseca in il canale Malcantone il quale scorre parallelamente all'asse esistente, per questo è stato inserito un tombino di dimensioni 2,00X1,00 m.

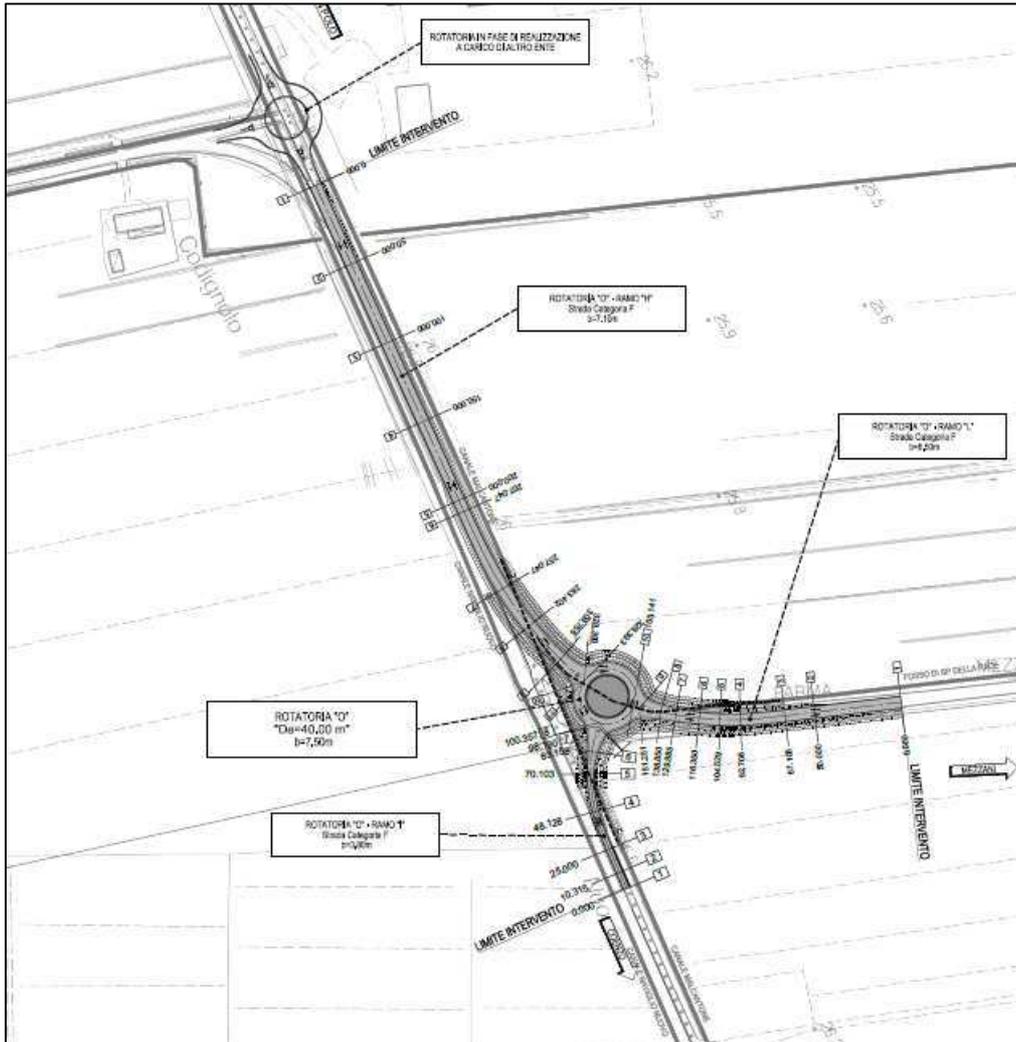


Figura 2-3 – Planimetria di Progetto – Tratto C - Opera 1PR

2.1 Piattaforma stradale e sezioni tipo

La sezione stradale è di tipo F2 - strada extraurbana locale prevista bidirezionale della larghezza di 8,50 m; la piattaforma stradale è organizzata con due corsie di marcia di 3,25 m oltre due banchine da 1,00 m per parte (per il tratto "C" di risezionamento le banchine sono di 0.30m). L'arginello in terra è previsto di 1,05 m per consentire la corretta installazione dei dispositivi di ritenuta quando richiesti dal quadro normativo vigente.

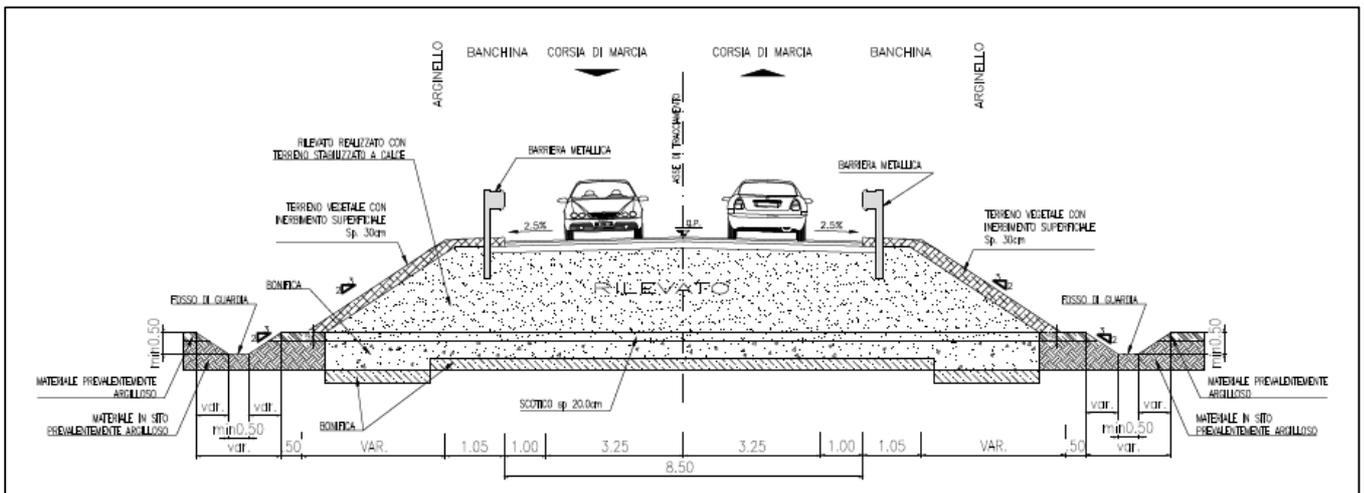


Figura 2-4 – Sezione tipo – Tratto A e Tratto B - Opera 1PR

Le scarpate nei tratti in rilevato hanno pendenza 2/3 con inerbimento superficiale stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm.

Nei tratti in cui il rilevato è di altezza inferiore ad un metro sul piano campagna, la pendenza delle scarpate è prevista pari a 2/3, come pure il fosso laterale; le scarpate saranno inerbite superficialmente stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm.

Per la formazione del rilevato è prevista la bonifica di spessore variabile 0,30 ÷ 0,60 m mediante stabilizzazione a calce e la sostituzione della coltre erbosa di 20 cm con materiale anticapillare; al piede è previsto un fosso con duplice funzione di guardia e di laminazione.

La sovrastruttura è composta da 3cm di strato di usura, 7 cm di binder e 12 cm di strato di base per un totale di 22cm

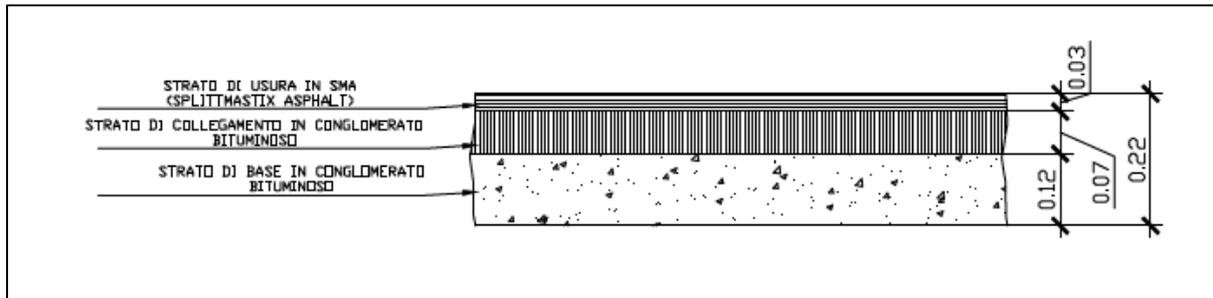


FIGURA 2.5- COMPOSIZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

2.1.1 Svincoli e rotatorie

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di tre rotatorie a raso. La prima è ubicata in località Certosino denominata "rotatoria M", la seconda ubicata nell'intersezione tra via Repubblica e strada Burla denominata "rotatoria N", la terza rotatoria è stata posizionata nell'intersezione tra la SC del grillo e strada Malcantone denominata "rotatoria O".

La prima ha un diametro esterno di 38.00m con piattaforma pavimentata avente larghezza pari a 8.50 m costituita da una corsia giratoria di 7.00 m affiancata da banchine in destra di 1.00m e in sinistra pari a 0.50 m. La pendenza trasversale corrente è pari al 2,00% verso l'esterno. Le restanti due di diametro esterno pari a 40.00 metri sono caratterizzate da una piattaforma pavimentata avente larghezza pari a 7.50 m costituita da una corsia giratoria di 6.00 m affiancata da banchine in destra di 1.00m e in sinistra pari a 0.50 m.

L'isola centrale sarà delimitata da cordoli in cls a sezione trapezia non sormontabile. 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.

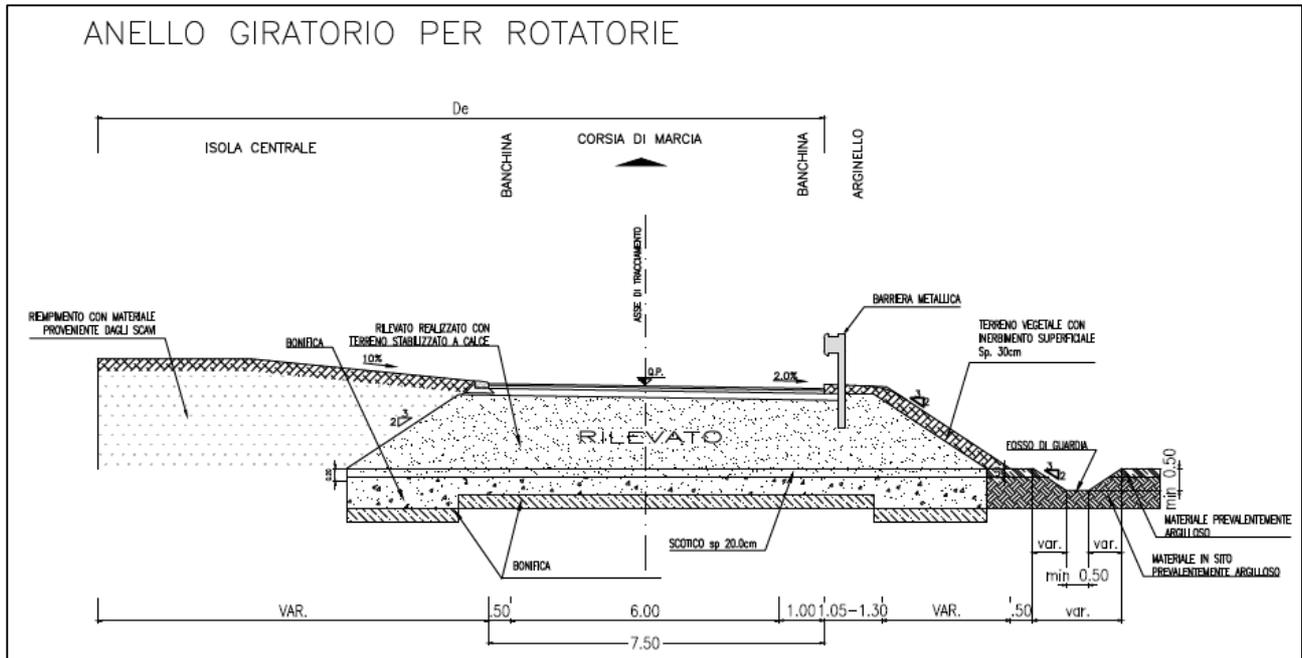


Figura 2.6 Esempio di sezione tipo in rotatoria

Per i rami di ingresso ed uscita delle rotatorie, la piattaforma pavimentata risulta avere una larghezza pari rispettivamente a 5,00 m e 5,50 m così composta:

- Corsia in entrata $L = 3,50$ m;
- Corsia in uscita $L = 4,50$ m;
- Banchina in Sx $L = 0,50$ m;
- Banchina in Dx $L = 1,00$ m.

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

2.2 Andamento planimetrico

Nelle tabelle a seguire vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono gli assi stradali.

Intersezione a raso Rotatoria "Certosino":

Asse "A"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):11.239	Lung.				Parametri
Progressiva					0.000
Rettifilo	11.239				
Clotoide n°1 - Parametro A:211.000 - Lunghezza (m):171.235	A	Lung.	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva					11.239
Clotoide in normativa	211.000	171.235		1.000	
Raccordo n°1 - Raggio (m):260.000 - Lunghezza (m):71.710	Raggio	Lung.			Parametri
Progressiva					182.473
Raccordo in normativa	260.000	71.710			
Clotoide n°2 - Parametro A:150.000 - Lunghezza (m):86.538	A	Lung.	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva					254.184
Clotoide	150.000	86.538		1.000	



Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):20.373	Lung. Min				Parametri
Progressiva					340.722
Rettifilo	20.373				
Clotoide n°3 - Parametro A:105.000 - Lunghezza (m):55.125	A Min	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva					361.095
Clotoide	105.000	55.125		1.000	
Raccordo n°2 - Raggio (m):200.000 - Lunghezza (m):77.530	Raggio	Lung.			Parametri
Progressiva					416.220
Raccordo	200.000	77.530			
Clotoide n°4 - Parametro A:90.000 - Lunghezza (m):40.500	A Min	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva					493.750
Clotoide	90.000	40.500		1.000	
Rettifilo n°3 - Lunghezza (m):58.835	Lung. Min				Parametri
Progressiva					534.250
Rettifilo	58.835				

Asse "B"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):78.727	Lung.	Parametri
Progressiva		0.000
Rettifilo in normativa	78.727	

Asse "C"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):59.876	Lung.	Parametri
Progressiva		0.000
Rettifilo fuori normativa	59.876	

Intersezione a raso Rotatoria "Gainago":

Asse "D"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):31.195	Lung.	Parametri
Progressiva		0.000
Rettifilo fuori normativa	31.195	

Asse "E"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):53.342	Lung.		Parametri
Progressiva			0.000
Rettifilo	53.342		

Raccordo n°1 - Raggio (m):40.000 - Lunghezza (m):35.605	Raggio	Lung.	Parametri
Progressiva			53.342
Raccordo	40.000	35.605	
Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):5.287	Lung.		Parametri
Progressiva			88.946
Rettifilo	5.287		

Asse "F"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):46.370	Lung.	Parametri
Progressiva		0.000
Rettifilo	46.370	

Asse "G"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):67.957	Lung.	Parametri
Progressiva		0.000
Rettifilo	67.957	

Intersezione a raso Rotatoria "Grillo":

Asse "H"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):207.047	Lung.			Parametri
Progressiva				0.000



Rettifilo	207.047			
Clotoide n°1 - Parametro A:100.000 - Lunghezza (m):50.000	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				207.047
Clotoide	100.000	50.000	1.000	
Raccordo n°1 - Raggio (m):200.000 - Lunghezza (m):52.709	Raggio Min	Lung. Min		Parametri
Progressiva				257.047
Raccordo	200.000	52.709		
Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):18.911	Lung. Min			Parametri
Progressiva				309.756
Rettifilo	18.911			

Asse "I"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):10.315	Lung.			Parametri
Progressiva				0.000
Rettifilo	10.315			
Clotoide n°1 - Parametro A:55.000 - Lunghezza (m):37.813	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				10.315

Clotoide	55.000	37.813	1.000	
Raccordo n°1 - Raggio (m):80.000 - Lunghezza (m):35.030	Raggio	Lung.		Parametri
Progressiva				48.128
Raccordo	80.000	35.030		
Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):18.076	Lung.			Parametri
Progressiva				83.158
Rettifilo	18.076			

Asse "L"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):67.108	Lung.			Parametri
Progressiva				0.000
Rettifilo	67.108			
Clotoide n°1 - Parametro A:64.000 - Lunghezza (m):25.600	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				67.108
Clotoide	64.000	25.600	1.000	
Raccordo n°1 - Raggio (m):160.000 - Lunghezza (m):23.642	Raggio	Lung.		Parametri
Progressiva				92.708
Raccordo	160.000	23.642		
Clotoide n°2 - Parametro A:60.000 - Lunghezza (m):22.500	A	Lung.	FF	Parametri
Progressiva				116.350

Clotoide	60.000	22.500	1.000	
Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):16.291	Lung.			Parametri
Progressiva				138.850
Rettifilo	16.291			

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.

Intersezione a raso Rotatoria "Certosino":

Asse "A"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):-0.095%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.095%		
Parabola n°1 - Raggio (m):2500.000 - Lunghezza (m): 48.222 - K:25.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			11.725
Distanza utilizzata			90.702



Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			70
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	630.144		
Parabola in normativa	2500.000		
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):1.834%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			59.947
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.834%		
Raccordo n°2 - Raggio (m):4000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			114.628
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):-0.197%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			195.831
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.197%		
Raccordo n°3 - Raggio (m):3000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			522.062
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			



Livelletta n°4 - Pendenza (h/b):1.756%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			580.622
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.756%		
Parabola n°4 - Raggio (m):600.000 - Lunghezza (m):1.041 - K:6.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			588.983
Distanza utilizzata			74.912
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			61
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	485.564		
Parabola in normativa	600.000		
Livelletta n°5 - Pendenza (h/b):1.929%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			590.023
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.929%		

Asse "B"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):0.651%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	0.651%		



	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Raccordo n°1 - Raggio (m):2000.000 (Concavo)			
Progressiva			26.166
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):2.734%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			67.792
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	2.734%		
Raccordo n°2 - Raggio (m):500.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			73.022
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):1.865%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			77.364
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.865%		

Asse "C"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):1.868%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000

Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.868%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):1000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			55.742
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):1.982%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			56.879
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.982%		

Intersezione a raso Rotatoria "Gainago":

Asse "D"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):-0.078%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.078%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):450.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			2.720
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			



Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):1.281%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			8.836
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.281%		
Raccordo n°2 - Raggio (m):100.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			26.648
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):1.858%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			27.225
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.858%		

Asse "E"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):0.555%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	0.555%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):200.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			89.273
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100



Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):1.950%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			92.062
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.950%		

Asse "F"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):0.373%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	0.373%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):800.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			5.850
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):1.078%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			11.492
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.078%		
Raccordo n°2 - Raggio (m):200.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			41.763



Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):1.944%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			43.494
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.944%		

Asse "G"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):-0.022%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.022%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):1000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			2.410
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):0.039%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			3.012
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	0.039%		



Raccordo n°2 - Raggio (m):1000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			18.077
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):0.787%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			25.558
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	0.787%		
Raccordo n°3 - Raggio (m):200.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			62.737
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°4 - Pendenza (h/b):2.040%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			65.243
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	2.040%		

Intersezione a raso Rotatoria "Grillo":

Asse "H"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):0.000%	Pend. Max		Parametri



Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	0.000%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):3000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			177.610
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):-0.378%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			188.953
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.378%		
Parabola n°2 - Raggio (m):2000.000 - Lunghezza (m): 7.566 - K:20.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			318.750
Distanza utilizzata			54.628
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	321.502		
Parabola in normativa	2000.000		
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):0.000%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			326.316
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		



Livelletta in normativa	0.000%		

Asse "I"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):-0.028%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.028%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):2000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			21.200
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):1.378%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			49.302
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.378%		
Parabola n°2 - Raggio (m):321.502 - Lunghezza (m):5.387 - K:3.215 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			94.823
Distanza utilizzata			54.813
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	321.502		



Parabola in normativa	321.502		
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):-0.298%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			100.210
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.298%		

Asse "L"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):0.253%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	0.253%		
Parabola n°1 - Raggio (m):1500.000 - Lunghezza (m): 13.917 - K:15.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			41.795
Distanza utilizzata			54.907
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	321.502		
Parabola in normativa	1500.000		
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):1.180%	Pend. Max		Parametri



Progressiva			55.712
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.180%		
Raccordo n°2 - Raggio (m):1000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			138.858
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):-0.023%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			150.888
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.023%		

1. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI

1.1 Inquadramento Normativo

Prima di entrare nel dettaglio delle verifiche condotte nell'ambito della progettazione degli assi e bene fare una premessa di inquadramento normativo dell'intervento.

Si veda in proposito l'elaborato PD_0_0000_0000_0_GE_KT_01_A - Elenco delle Normative di riferimento.

Il progetto di adeguamento delle strade esistenti e delle aree di svincolo è stato finalizzato al raggiungimento della piena congruenza con le citate normative, cercando le soluzioni tecnico-geometrico che potessero garantire il raggiungimento di tale obiettivo.

Per gli interventi descritti nei capitoli precedenti, si è fatto riferimento all'art.2 delle norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade del 2001 e più precisamente il comma 2 dell'art. 13 del decreto legislativo 30 aprile 1992 n.285 che permette la deroga per strade esistenti:

La deroga alle norme di cui al comma 1 è consentita solo per le strade esistenti allorquando particolari condizioni locali, ambientali, paesaggistiche, archeologiche ed economiche non ne consentono l'adeguamento, sempre che sia assicurata la sicurezza stradale e siano comunque evitati inquinamenti.

Le situazioni di non conformità sono state circoscritte ai casi in cui le condizioni al contorno (vincoli territoriali, condizioni legate alla sicurezza della circolazione, il rispetto di accordi presi con le Amministrazioni interessate dall'intervento) non hanno consentito la piena rispondenza alle citate normative.

Queste situazioni verranno evidenziate nel dettaglio nel corso delle analisi sulle geometrie dei tracciati stradali studiati ed opportunamente commentate e giustificate.

1.2 Criteri progettuali principali

1.2.1 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 45 metri nel caso di strade extraurbane locali TIPO F

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

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

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

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in Figura 2;

(d) *Lunghezza massima dei rettili:*

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

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 rettili.*

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 rettilo 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 rettili in relazione alla velocità

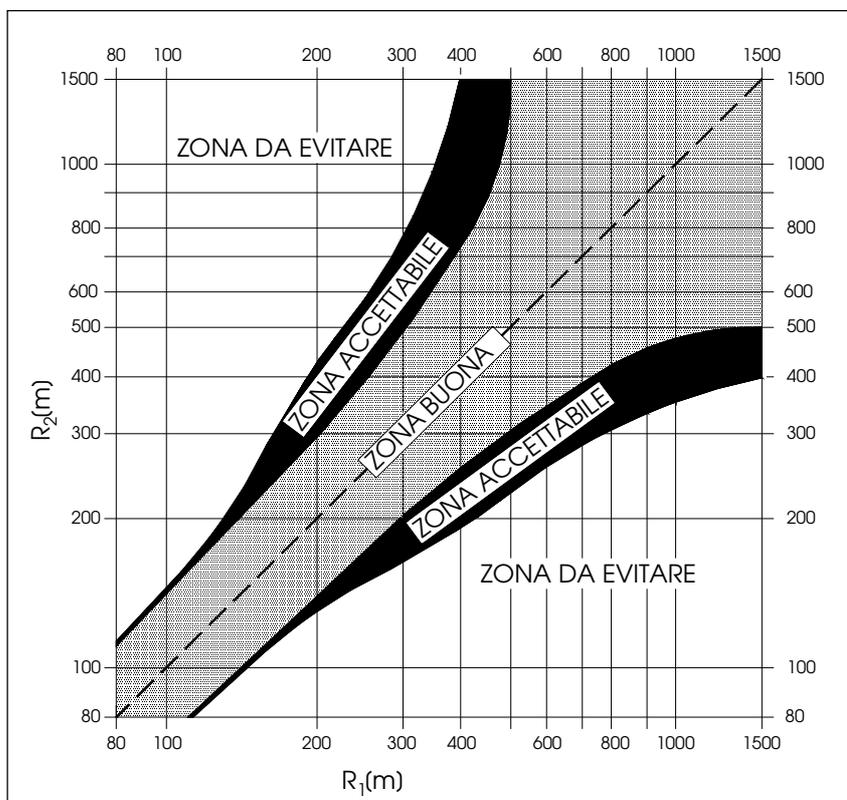


Figura 2 – Abaco di Koppel (DM 05/ 11/01)

(f) *Congruenza del diagramma delle velocità.*

La norma prevede che per $V_{p,max} \leq 100$ km/h (e quindi per strade tipo 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 rettili, 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 contraccolpo)

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccolpo), 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 = contraccolpo;
- 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:

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

Critero 3 (Ottico)

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

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

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

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

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

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

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

1.2.2 Caratteristiche almetriche

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 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:

- Rv = 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.

1.2.3 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:

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

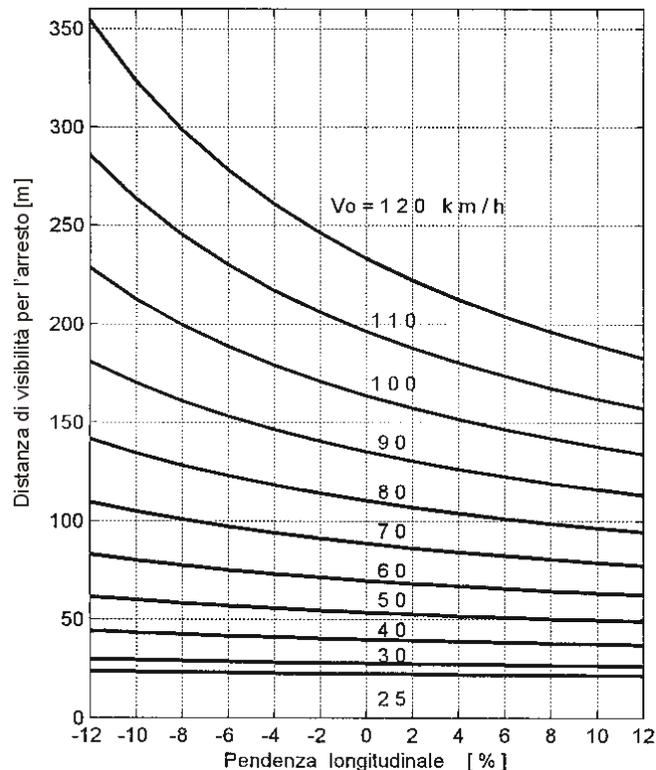
dove:

- 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.

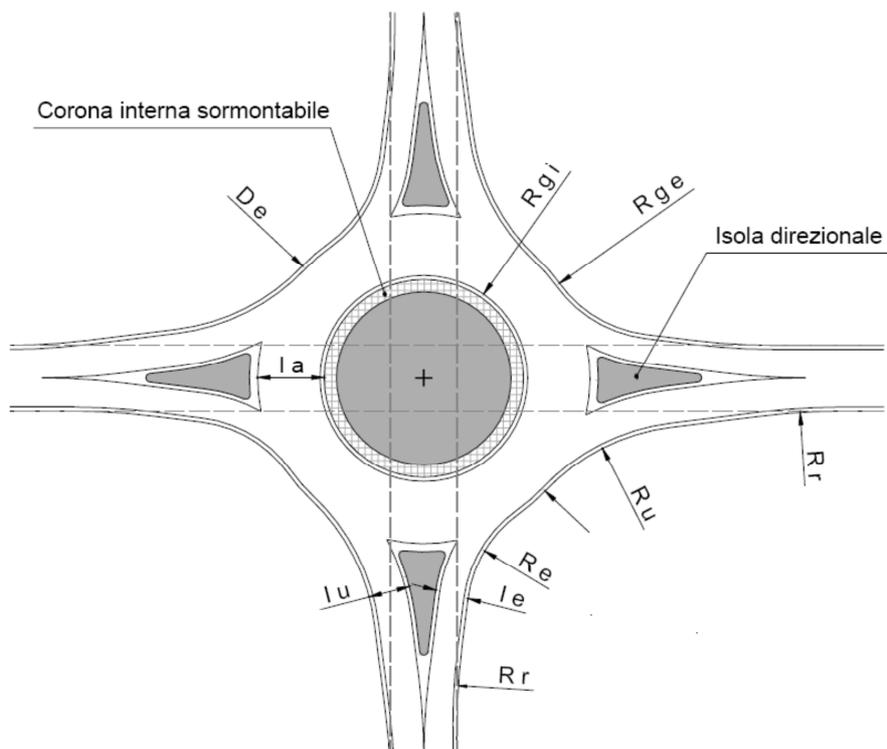
1.2.4 Rappresentazione dei risultati

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).

1.3 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, come definite dalla normativa regionale:

	<i>Notazione</i>	<i>Intervallo di validità</i>	<i>Mini rotatorie sormontabili</i>	<i>Mini rotatorie parzialmente sormontabili</i>	<i>Rotatorie compatte</i>	<i>Grandi Rotatorie</i>
Diametro esterno della rotatoria	De	$De \geq (14 \text{ m}) 18 \text{ m}$	14÷18	18÷26	26÷50	>50 m
Raggio giratorio esterno	Rge	De/2	7÷9	9÷13	13÷25	>25 m
Raggio giratorio interno	Rgi	$Rgi - la$	0÷2	variabile	variabile	variabile
Larghezza dell'anello	la	$7 \text{ m} \leq la \leq 9 \text{ m}$	7÷8	7÷8	8÷9	9÷10

Larghezza anello interno sormontabile	<i>Lis</i>	$0 \leq lis \leq 2 \text{ m}$	<i>Isola centrale completamente e sormontabile</i>	1,5÷2	1,5÷2	0
Raggio d'entrata	<i>Re</i>	$10 \text{ m} \leq Re \leq De/2$	10	10÷13	10÷25	10÷De/2
Larghezza corsia entrante	<i>Le*</i>	$4 \text{ m} \leq le \leq 4,5 \text{ m}$ (1 corsia) $7 \text{ m} \leq le \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$le \leq 4,5$ (1 c.)	$le \leq 4,5$ (1 c.)	$4 \leq le \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq le \leq 9$ (2 c.)	$4 \leq le \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq le \leq 9$ (2 c.)
Raggio d'uscita	<i>Ru</i>	$15 \text{ m} \leq Ru \leq 30 \text{ m}$	15÷30	15÷30	15÷30	15-30 m
Larghezza corsia uscita	<i>lu</i>	$4,5 \text{ m} \leq lu \leq 6 \text{ m}$ (1 corsia) $7,5 \text{ m} \leq lu \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$lu \leq 6$ (1 c.)	$lu \leq 6$ (1 c.)	$4,5 \leq lu \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq lu \leq 9$ (2 c.)	$4,5 \leq lu \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq lu \leq 9$ (2 c.)
Raggio di raccordo	<i>Rr</i>	$2 \times De$	28÷36	36÷52	52÷100	>100 m

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

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

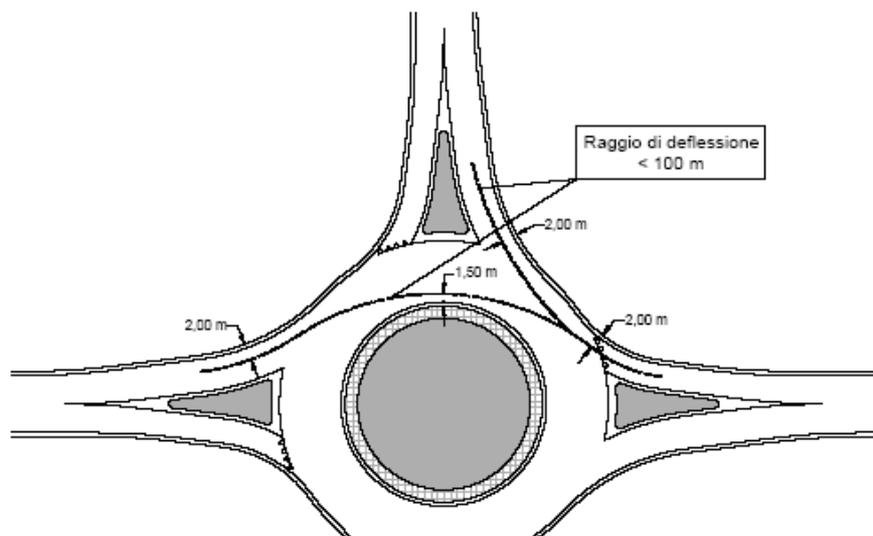
Onde garantire la migliore efficacia dello scolo delle acque meteoriche, la normativa regionale prescrive la pendenza della carreggiata anulare nelle rotatorie aventi diametro esterno $De \leq 50$ m rivolta verso l'esterno (pendenza 1,5- 2%). Mentre per rotatorie con diametro $De > 50$ m una pendenza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

3.3.2 Geometria della rotatoria e analisi di visibilità

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

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

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



Costruzione della verifica di deflessione da garantire nelle rotatorie

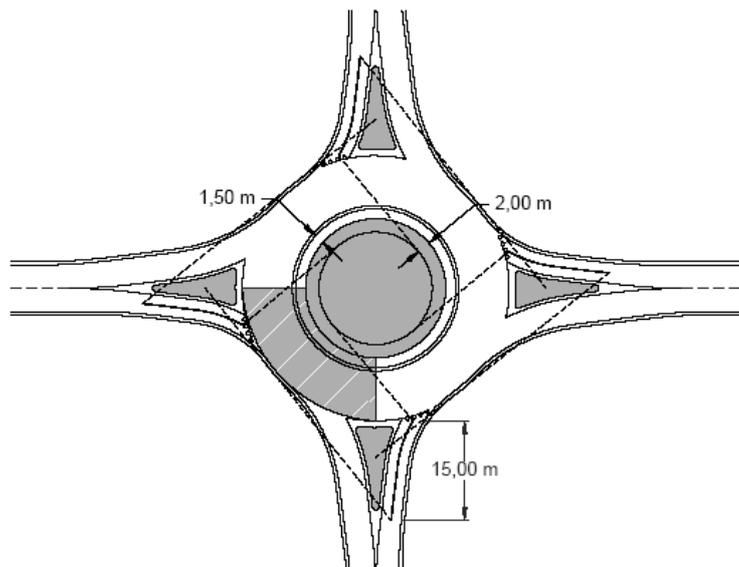
3.3.3 Determinazione delle aree di visibilità

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

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

- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

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



Costruzione dell'area di visibilità da garantire nelle rotatorie

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

2.1. Assi stradali

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

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

4.1.1. Andamento planimetrico

Nelle tabelle a seguire vengono sintetizzati i risultati della verifica delle caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono gli assi stradali condotte per i soli assi principali .

1. Asse "A"

Rettilino n° - Lunghezza (m):11.239	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						0.000
Lunghezza minima (m)	65.000					
Lunghezza massima (m)		2200.000				
Valori minimi/massimi da normativa	65.000	2200.000				
Rettilino fuori normativa	11.239					
Clotoide n° - Parametro A:211.000 - Lunghezza (m):171.235	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						11.239
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						70
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccollo	102.900					

Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	89.608					
Criterio ottico	86.667					
Criterio ottico		260.000				
Clotoide rettilino-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.407		
Valori minimi/massimi da normativa	102.900	260.000				
Clotoide in normativa	211.000		171.235		1.000	
Raccordo n°1 - Raggio (m):260.000 - Lunghezza (m):71.710	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						182.473
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						70
Raggio minimo in funzione della velocità	44.994					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			48.611			
Valori minimi/massimi da normativa	44.994		48.611			
Raccordo in normativa	260.000		71.710			
Clotoide n°2 - Parametro A:150.000 - Lunghezza (m):86.538	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						254.184
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						70
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	102.900					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	89.608					
Criterio ottico	86.667					



Criterio ottico		260.000				
Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				0.711		
Valori minimi/massimi da normativa	102.900	260.000				
Clotoide in normativa	150.000		86.538		1.000	
Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):20.373	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						340.722
Lunghezza massima (m)		20.400				
Valori minimi/massimi da normativa	0.000	20.400				
Rettifilo in normativa	20.373					
Clotoide n°3 - Parametro A:105.000 - Lunghezza (m):55.125	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						361.095
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						70
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccollo	102.900					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	83.366					
Criterio ottico	66.667					
Criterio ottico		200.000				
Clotoide rettifilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.167		
Valori minimi/massimi da normativa	102.900	200.000				
Clotoide in normativa	105.000		55.125		1.000	

Raccordo n°2 - Raggio (m):200.000 - Lunghezza (m):77.530	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						416.220
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						67
Raggio minimo in funzione della velocità	44.994					
Raggio minimo calcolato rispetto al rettilo successivo	20.373					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			46.516			
Valori minimi/massimi da normativa	44.994		46.516			
Raccordo in normativa	200.000		77.530			
Clotoide n°4 - Parametro A:90.000 - Lunghezza (m):40.500	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						493.750
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	75.600					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	70.699					
Criterio ottico	66.667					
Criterio ottico		200.000				
Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				0.857		
Valori minimi/massimi da normativa	75.600	200.000				
Clotoide in normativa	90.000		40.500		1.000	

Rettifilo n°3 - Lunghezza (m):58.835	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						534.250
Lunghezza minima (m)	52.766					
Lunghezza massima (m)		2200.000				
Valori minimi/massimi da normativa	52.766	2200.000				
Rettifilo in normativa	58.835					

Asse "H"

Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):207.047	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						0.000
Lunghezza minima (m)	40.000					
Lunghezza massima (m)		2200.000				
Valori minimi/massimi da normativa	40.000	2200.000				
Rettifilo in normativa	207.047					
Clotoide n°1 - Parametro A:100.000 - Lunghezza (m):50.000	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
Progressiva						207.047
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						50
Fattore di forma					1.000	
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	52.500					
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	58.974					
Criterio ottico	66.667					
Criterio ottico		200.000				



Valori minimi/massimi da normativa	66.667	200.000				
Clotoide in normativa	100.000		50.000		1.000	
Raccordo n°1 - Raggio (m):200.000 - Lunghezza (m):52.709	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
Progressiva						257.047
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						50
Raggio minimo in funzione della velocità	44.994					
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			34.722			
Valori minimi/massimi da normativa	44.994		34.722			
Raccordo in normativa	200.000		52.709			
Rettifilo n°2 - Lunghezza (m):18.911	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
Progressiva						309.756
Lunghezza minima (m)	40.000					
Lunghezza massima (m)		2200.000				
Valori minimi/massimi da normativa	40.000	2200.000				
Rettifilo fuori normativa	18.911					

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 F – strade extraurbane locali di non eccedere il 10%.

1. Asse "A"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):-0.095%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.095%		
Parabola n°1 - Raggio (m):2500.000 - Lunghezza (m): 48.222 - K:25.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			11.725
Distanza utilizzata			90.702
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			70
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	630.144		
Parabola in normativa	2500.000		
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):1.834%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			59.947
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.834%		
Raccordo n°2 - Raggio (m):4000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			114.628
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			



Raccordo in normativa			
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):-0.197%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			195.831
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.197%		
Raccordo n°3 - Raggio (m):3000.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			522.062
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°4 - Pendenza (h/b):1.756%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			580.622
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.756%		
Parabola n°4 - Raggio (m):600.000 - Lunghezza (m):1.041 - K:6.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			588.983
Distanza utilizzata			74.912
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			61
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	485.564		



Parabola in normativa	600.000		
Livelletta n°5 - Pendenza (h/b):1.929%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			590.023
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	1.929%		

1. Asse "H"

Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):0.000%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	0.000%		
Raccordo n°1 - Raggio (m):3000.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			177.610
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			100
Raggio minimo non necessario			
Raccordo in normativa			
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):-0.378%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			188.953
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	-0.378%		
Parabola n°2 - Raggio (m):2000.000 - Lunghezza (m): 7.566 - K:20.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			318.750
Distanza utilizzata			54.628

Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			50
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	321.502		
Parabola in normativa	2000.000		
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):0.000%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			326.316
Pendenza massima (+/- h/b):	10.000%		
Livelletta in normativa	0.000%		

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 del programma di calcolo utilizzato per la progettazione stradale, 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 sempre compatibile con la distanza necessaria per l'arresto,

Negli appositi elaborati grafici predisposti per le verifiche di ottemperanza al DM. 5/11/2001, sviluppati separatamente per le due corsie di marcia, vengono riportate le analisi di visuale libera, distanza per il sorpasso e per il cambio di corsia svolte sulla configurazione di progetto che prevede già gli allargamenti in curva (vedi elaborato n° PD_1_D01_DCS01_0_SD_DV_01_A).

2.2. Intersezioni a rotatoria

2.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie

Il progetto prevede le seguenti rotatorie:

1. Rotatoria "M" su via Burla; Rest= 19,00 m (nuova intersezione);
2. Rotatoria "N" sull'intersezione tra strada Burla e via Repubblica; Rest= 20,00 m (nuova intersezione);
3. Rotatoria "O" sull'intersezione strada Grillo e via Malcantone; Rest= 20,00 m (nuova intersezione);

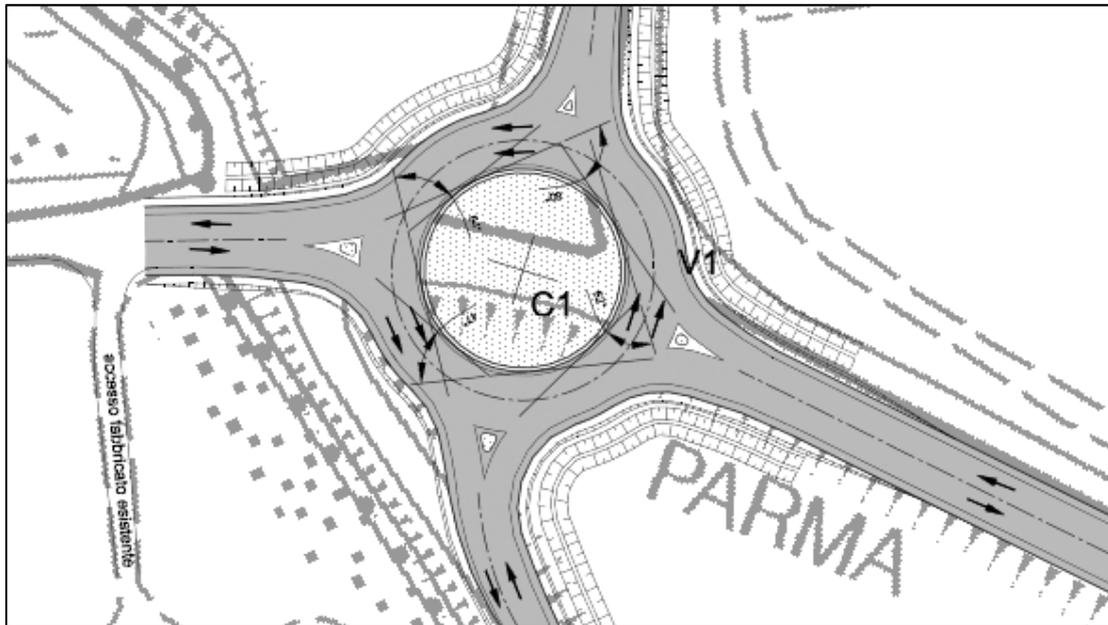
Tutte le rotatorie presentano una larghezza dell'anello giratorio pari a 7.50 m composto da due banchine da 1.00 m per quella esterna e 0.50m per quella interna e una corsia di circolazione pari a 6.00 m.

2.2.2. Analisi dell'angolo di deviazione

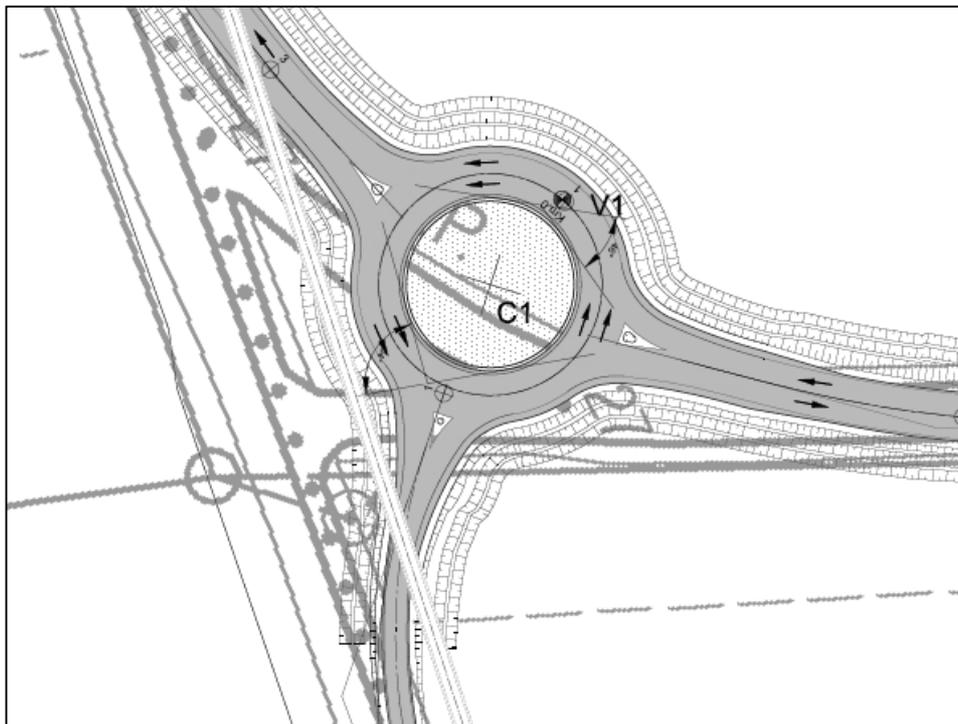
Il criterio principale per definire la geometria delle rotatorie riguarda il controllo della deviazione delle traiettorie in attraversamento del nodo. Infatti, per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, è necessario che i veicoli siano deviati per mezzo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

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione. Per la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di

Verifica deviazione Rotatoria "N":



Verifica deviazione Rotatoria "O":



Dalle figure sopra riportate si evince che l'angolo di deviazione è sempre verificato, i rami dove non è indicato il valore dell'angolo è perché non è necessaria la suddetta verifica geometrica.

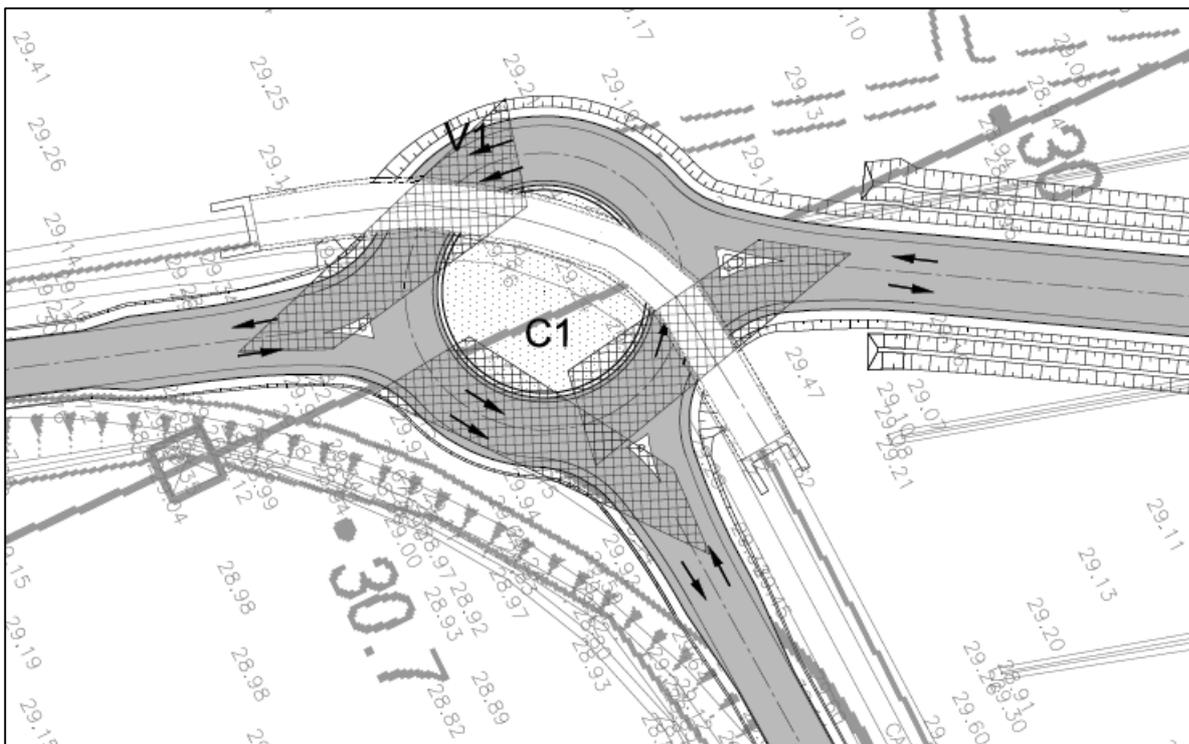
2.2.3. Analisi delle Visibilità

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:

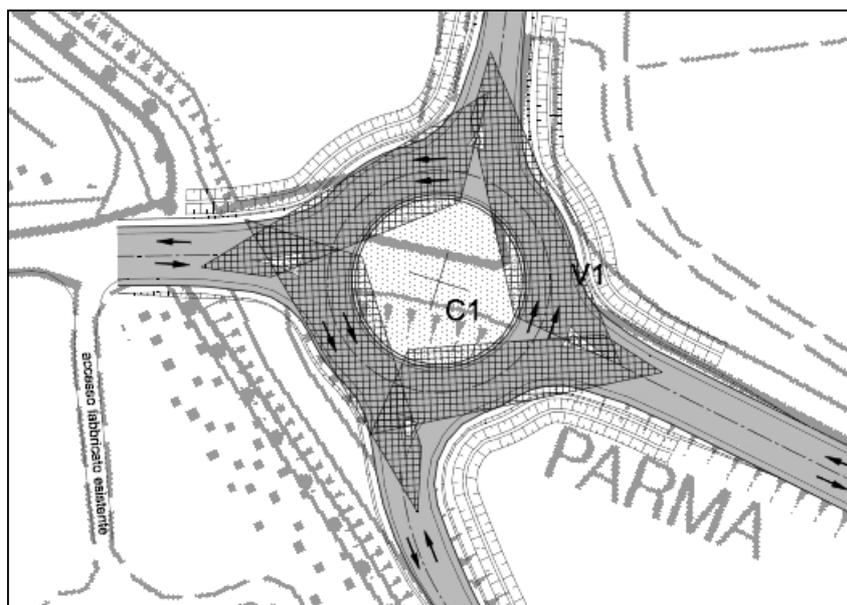
- Il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezzeria della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1m sul piano 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 2.0m misurata a partire dal bordo interno della corona sormontabile. Il risultato è rappresentato nelle figure riportate di seguito in cui sono rappresentate le superfici nelle quali non devono essere previsti ostacoli di altezza superiore ad 1.0m.

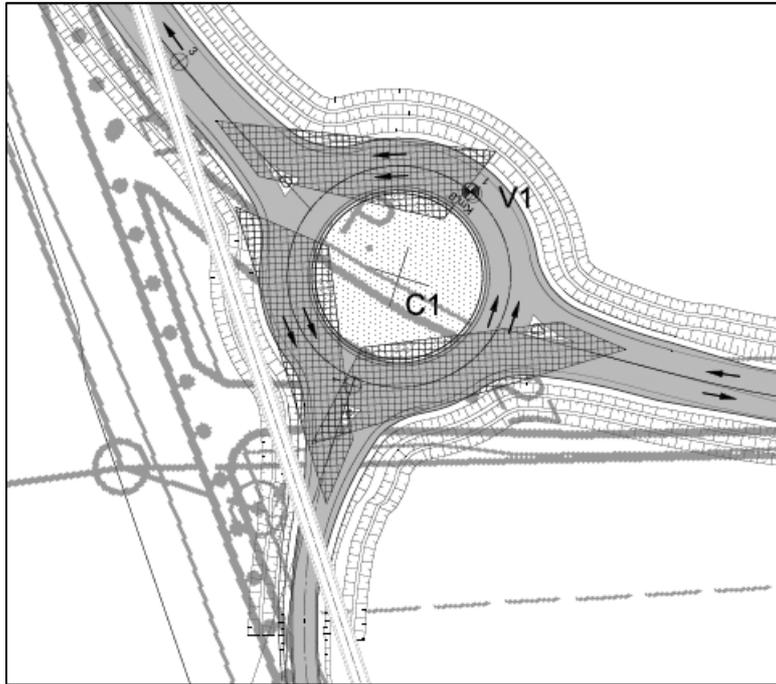
Verifica di visibilità Rotatoria "M":



Verifica di visibilità Rotatoria "N":



Verifica di visibilità Rotatoria "O":



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

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

Pertanto si ritengono verificate le rotatorie relativamente alle visuali libere.