

IL CONCEDENTE

IL CONCESSIONARIO



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

CODICE C.U.P. E81B08000060009

PROGETTO DEFINITIVO

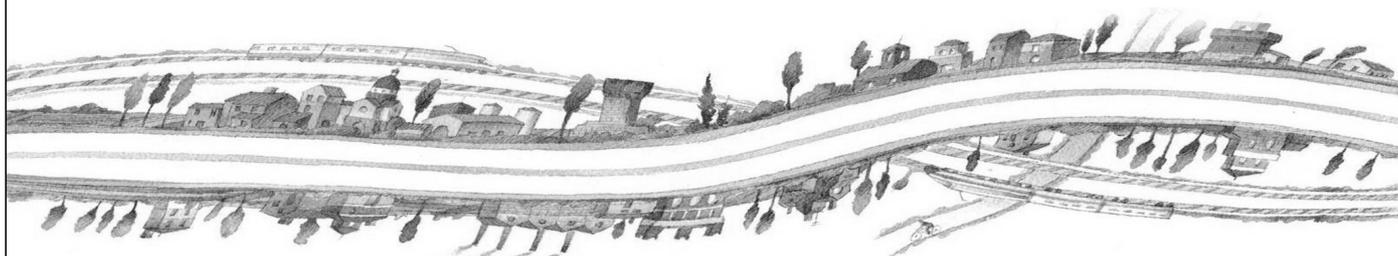
ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)

PROGETTAZIONE STRADALE

VIABILITA' DI COLLEGAMENTO

C05 (EX MO04) VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO TRA LA VARIANTE ALLA S.S.12 "DELL' ABETONE E DEL BRENNERO",
VIA MAMELI E VIA DELLA POSTA - COMUNE DI MIRANDOLA

RELAZIONE TECNICA SUL PROGETTO STRADALE



IL PROGETTISTA

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

RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale
Cispadana S.p.A.
IL PRESIDENTE
Graziano Pattuzzi

G. Pattuzzi

G					
F					
E					
D					
C					
B					
A	17.04.2012	EMISSIONE		Ing. Gardani	Ing. Bonfanti
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.
1326	PD	0	C05	CCS05	0	SD	RG	01	A

SCALA:



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

PROGETTAZIONE STRADALE

VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO

C05 (EX MO04) VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO TRA LA VARIANTE ALLA SS12, VIA MAMELI E VIA DALLA POSTA – COMUNE DI MIRANDOLA

RELAZIONE TECNICA SUL PROGETTO STRADALE

AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA

VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO

RELAZIONE TECNICA SUL PROGETTO STRADALE

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE	6
2.1.	Piattaforma stradale e sezioni tipo	7
2.2.	Andamento planimetrico	10
2.3.	Andamento altimetrico	12
3.	PROGETTAZIONE ASSI STRADALI	15
3.1.	Inquadramento Normativo	15
3.2.	Criteri progettuali principali.....	15
3.2.1.	Caratteristiche planimetriche.....	15
3.2.2.	Caratteristiche altimetriche.....	19
3.2.3.	Analisi di visibilità.....	21
3.2.4.	Rappresentazione dei risultati	23
3.3.	Progettazione delle intersezioni a rotatoria.....	24
3.3.1.	Dimensionamento degli elementi modulari	24
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	32
4.1.	Assi stradali	32
4.1.1.	Andamento planimetrico.....	32
4.1.2.	Andamento altimetrico	33
4.1.3.	Verifiche di visibilità.....	38
4.2.	Intersezioni a rotatoria	39
4.2.1.	Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie	39
4.2.2.	Analisi della Deflessione	42

4.2.3.	Analisi delle Visibilità.....	46
4.2.4.	Analisi del livello di servizio	48

1. PREMESSA

Con decreto del Presidente della Regione Emilia Romagna n. 288 in data 29.12.2010 è stata indetta la Conferenza di Servizi Preliminare sul progetto preliminare ex art 14 bis, legge n. 241/1990, convocata in prima seduta il giorno 28 Gennaio 2011 con nota del 29.12.2010 prot. n. 323019 e conclusasi con la terza seduta dei giorni 18 e 19 Maggio 2011.

I partecipanti alla Conferenza di Servizi Preliminare sono stati chiamati ad esprimersi anticipatamente sulla possibilità di prestare l'assenso finale in sede di Progetto Definitivo dell'opera, impegnandosi a non esprimere *ex post* ragioni di dissenso non emerse nella corso della Conferenza e non legate a sopravvenienze di fatto o di diritto, se non motivatamente ed in presenza di significativi elementi che dovranno unicamente verificarsi nelle fasi successive del provvedimento.

All'interno della Conferenza di Servizi Preliminare, ANAS S.p.A. – Compartimento della Viabilità dell'Emilia Romagna ha depositato durante la terza seduta della Conferenza dei Servizi del 18/05/2011 la nota, acquisita al protocollo regionale con il P.G.2011.0123565 del 18/05/2011, con la quale ha rilevato le seguenti criticità:

- la viabilità di adduzione "Svincolo di raccordo fra la variante alla S.S. 12 e via di Mezzo in Comune di Mirandola" non è compatibile con la variante della S.S. 12 all'abitato di Mirandola, nei pressi della località Serafina, i cui lavori sono in corso di realizzazione ed è pertanto da valutare una soluzione alternativa;

Pertanto, alla luce delle criticità rappresentate il Compartimento della Viabilità dell'Emilia Romagna di ANAS S.p.A. ritiene necessario un adeguamento delle opere in progetto al fine di non interferire con le infrastrutture gestite.

Come riscontrabile nel verbale conclusivo della Conferenza, il presidente accoglie le osservazioni precedenti nei termini sotto riportati:

I rilievi sopra sintetizzati, e riportati nella predetta nota, acquisita al protocollo regionale con il P.G.2011.0123565 del 18/05/2011, sono condivisibili, seppur compatibilmente con il livello del progetto all'esame della Conferenza. Gli stessi saranno sviluppati nelle successive fasi progettuali nell'ambito delle quali verrà più propriamente verificata la loro fattibilità, sempre e comunque nel rispetto delle previsioni normative in materia.

In particolare, la viabilità di adduzione "Svincolo di raccordo fra la variante alla S.S. 12 e via di Mezzo in Comune di Mirandola" (codice MO04), su richiesta del Comune di Mirandola sarà stralciata dal progetto definitivo dell'opera oggetto di concessione e sostituita con il collegamento tra la variante alla SS12 e la tangenziale sud come indicato al punto C.6 del documento tecnico predisposto dai Comuni modenesi e allegato parte integrante del verbale della seduta conclusiva del Conferenza di Servizi.

Sulla base dei pareri sopraesposti si è proceduto allo stralcio della viabilità MO04 prevista dal progetto preliminare, sostituita con il collegamento tra la variante SS12 e la Circonvallazione sud del comune di Mirandola. Per quanto riguarda la rotatoria su via della Posta, si segnala che il completamento dell'innesto Est non è ricompreso nell'ambito del Progetto Definitivo di Cispadana ma è un intervento la cui progettazione e realizzazione risulta essere in carico al Comune di Mirandola. Allo stato attuale, il progetto del comune di Mirandola non è disponibile. Per quanto riguarda la rotatoria sulla Variante alla SP 12 nel comune di Mirandola di competenza Anas, la stessa è stata impostata considerando i documenti trasmessi da Anas in data 13/01.2012 ed allegati alla relazione di ottemperanza ai pareri della Conferenza dei Servizi Preliminare.

Per quanto riguarda i riferimenti alle tematiche legate alla topografia, geologia, idrologia, idrogeologia, geotecnica, sismica, ambiente e alle tematiche più generali si rimanda alla relazione descrittiva dell'autostrada cispadana (PD_0_000_00000_0_GE_RG_01_A).

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE

L'intervento si colloca a Nord dell'asse autostradale in progetto, al limite dell'area residenziale di Mirandola. La viabilità in progetto consente di realizzare un collegamento diretto, regolamentato da intersezioni a rotatoria, fra la variante della S.S. n° 12 "dell'Abetone e del Brennero" e via Posta, costituendo la naturale prosecuzione della circonvallazione sud del comune di Mirandola.

Facendo seguito alle istruzioni ricevute dal Comune di Mirandola, che ritiene opportuno che la nuova viabilità sia inserita entro il sedime opportunamente predisposto nel PRG, il tracciato si sviluppa per circa 800 m con un andamento rettilineo che prosegue lungo la direttrice costituita da via Nazioni Unite, circonvallazione in parte già realizzata dal comune di Mirandola.

L'intervento si raccorda lato ovest alla variante alla S.S.12 di Mirandola tramite una prima intersezione a rotatoria a 3 bracci, una seconda rotatoria a 4 bracci è necessaria all'intersezione con via Mameli mentre una terza rotatoria a 3 bracci termina il tracciato di progetto su via Posta. Per quanto riguarda quest'ultima rotatoria si segnala che il completamento dell'innesto Est non è ricompreso nell'ambito del Progetto Definitivo di Cispadana ma è un intervento la cui progettazione e realizzazione risulta essere in carico al Comune di Mirandola ed allo stato attuale, il progetto del comune di Mirandola non è disponibile.

Dal punto di vista altimetrico, il tracciato è pressoché piano, con livellette di pendenze inferiori all'1% e raccordi altimetrici concavi di raggio pari a 5.000 m in corrispondenza dei punti di massima quota e raccordi altimetrici convessi di raggio pari a 500 m in approccio alle rotatorie. Per quanto riguarda l'altezza media sul piano campagna verso est il breve tratto di circa 200 m in prossimità di via Posta si configura in rilevato di altezza generalmente inferiore a 1 m, mentre lungo il resto del percorso la quota del rilevato è dell'ordine di 1,5 m per rispettare i vincoli costituiti dalla quota dell'intersezione con la Variante alla S.S.12 ad ovest e dai tombini necessari a ripristinare il reticolo irriguo interferito lungo il percorso. Per quanto riguarda l'intersezione con la Variante alla S.S.12 nel comune di Mirandola, la stessa è stata impostata considerando i documenti trasmessi da Anas in data 13/01.2012 ed allegati alla relazione di ottemperanza ai pareri della Conferenza dei Servizi Preliminare.

Facendo ancora una volta riferimento alle richieste del Comune di Mirandola la carreggiata è unica della larghezza di 10,50 m; mentre la piattaforma stradale assimilabile al tipo F1 – Locale extraurbana è organizzata con due corsie di marcia di 3,50 m, due banchine da 1,00 m per totali 9,00 m mentre la pavimentazione eccedente (0,75 m per parte) costituisce un allargamento segnalato con la zebratura. All'esterno della superficie pavimentata sono previsti arginelli in terra di larghezza pari a 1,30 m per consentire la corretta installazione dei dispositivi di ritenuta quando richiesti dal quadro normativo vigente.

Il tracciamento planimetrico fa riferimento alle istruzioni ricevute dal Comune di Mirandola, che ritiene opportuno che la nuova viabilità sia inserita entro il sedime opportunamente predisposto nel PRG, anche se

ciò comporta l'espropriazione di una parte dell'area scoperta di pertinenza di una stazione di compressione del gas di proprietà AIMAG ubicata in via Posta.

A seguito di questa interferenza è inoltre necessario spostare più a nord l'accesso alla proprietà AIMAG, in un punto nel quale la visibilità su via Mameli viene limitata parzialmente per il fatto di essere arretrata rispetto alla siepe della proprietà limitrofa (vedi foto 4).

La sezione stradale è di tipo F1 - strada locale ambito extraurbano prevista bidirezionale a carreggiata unica della larghezza di 10,50 m; la piattaforma stradale è organizzata con due corsie di marcia di 3,50 m, due banchine da 1,75 m per parte e arginelli in terra di larghezza pari a 1,30 m per consentire la corretta installazione dei dispositivi di ritenuta quando richiesti dal quadro normativo vigente. La larghezza anomala delle banchine è dovuta alla necessità di adeguare il tracciato di progetto con l'intervento in continuità già realizzato dal Comune di Mirandola.

Al piede del rilevato è previsto un fosso con duplice funzione di guardia e di laminazione.

La pendenza delle scarpate del rilevato stradale e del fosso laterale è prevista pari a 2/3. Le scarpate del rilevato stradale sono previste inerbite superficialmente stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm.

Per la formazione del rilevato è prevista la preparazione del piano di posa con la sostituzione della coltre erbosa di 20 cm (scotico) e bonifica di spessore di 0,60 m di cui la parte più profonda (30cm) stabilizzata a calce in situ. Ai lati del rilevato sono previsti approfondimenti della bonifica per un'estensione laterale di 2,50 m ed una profondità di ulteriori 30 cm.

Nei tratti in rilevato e in corrispondenza delle intersezioni a raso la sovrastruttura stradale prevede la seguente composizione: usura, binder, base di spessori rispettivamente pari a 3, 7 e 14 cm.

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 è stata adottata per l'asse principale la seguente piattaforma stradale: strada extraurbana secondaria Tipo F1 allargata per raccordare l'intervento di progetto alle dimensioni trasversali del tratto già realizzato da parte del comune di Mirandola. Per i collegamenti di raccordo alle rotatorie con le viabilità comunali esistenti, sono state adottate delle piattaforme di categoria tipo F locali.

Strada tipo F1 allargata:

Facendo riferimento alle richieste del Comune di Mirandola la carreggiata è unica della larghezza di 10,50 m; mentre la piattaforma stradale assimilabile al tipo F1 – Locale extraurbana è organizzata con due corsie di marcia di 3,50 m, due banchine da 1,00 m per totali 9,00 m mentre la pavimentazione eccedente

(0,75 m per parte) costituisce un allargamento segnalato con la zebratura. La pendenza trasversale corrente è pari al 2,50% verso l'esterno per ciascuna corsia (**figura 2.1**).

All'esterno della superficie pavimentata sono previsti arginelli in terra di larghezza pari a 1,30 m. La loro dimensione è stata dettata dalla precisa scelta di mantenere invariate le caratteristiche di una strada di categoria "C1", così come suggeriscono la larghezza globale della carreggiata (10,50 m) e le dimensioni delle viabilità collegate da questo ramo di strada, ovvero la variante alla S.S.12 ed il tratto di circonvallazione sud di Mirandola già realizzato. Detti arginelli consentiranno la corretta installazione dei dispositivi di ritenuta, quando richiesti dal quadro normativo vigente.

Al piede del rilevato è previsto un fosso con duplice funzione di guardia e di laminazione.

La pendenza delle scarpate del rilevato stradale e del fosso laterale è prevista pari a 2/3. Le scarpate del rilevato stradale sono previste inerbite superficialmente stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm.

SEZIONE TIPO STRADA ASSIMILABILE A CAT. F1

SEZIONE IN RETTIFILLO IN RILEVATO H<1.00 m
 Scala 1:100

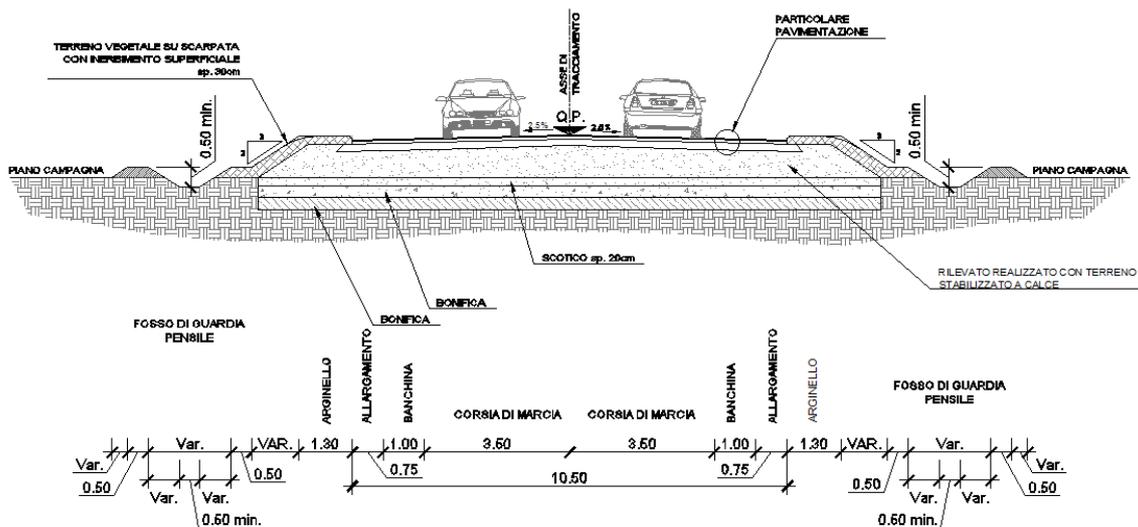


Figura 2.1 Esempio di sezione tipo F1 in rettifilo

Per tutte le categorie di strada, il rilevato stradale viene realizzato su piano di posa preparato mediante scotico (sp= 20 cm) e bonifica del terreno realizzata in parte per sostituzione con terreno stabilizzato a calce ed in parte per trattamento del terreno in sito mediante stabilizzazione a calce. A tal proposito si rimanda agli elaborati di Progetto per maggiori specifiche.

Svincoli e rotatorie

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di tre rotatorie a raso. La prima è ubicata in corrispondenza dell'intersezione tra la viabilità principale e la nuova variante alla S.S. 12 in fase di realizzazione ad ovest dell'abitato di Mirandola, denominata Rotatoria "R1". La seconda è ubicata nell'intersezione tra l'asse principale e via Mameli ed è denominata Rotatoria "R2". La terza rotatoria risolve l'intersezione tra l'asse principale e via Posta, ed è denominata Rotatoria "R3".

Pertanto le intersezioni previste in progetto fra le viabilità di collegamento in raccordo alla viabilità locale sono risolte attraverso l'introduzione di intersezioni a raso a "rotatoria " con le caratteristiche geometriche di seguito specificate:

TIPO ROTATORIA	INTERSEZIONI CON STRADE	N° BRACCI	DIAMETRO (m)
A	<i>Variante alla S.S. n° 12 nel comune di Mirandola</i>	3	47
B	<i>Via Mameli</i>	4	39
B	<i>Via Posta</i>	3	39

Le rotatorie in progetto sono caratterizzate da un anello di circolazione costituito da una corsia e da un'aiuola centrale sistemata a verde di larghezza variabile in funzione del diametro della rotatoria. È prevista comunque la realizzazione delle banchine laterali interna ed esterna di larghezza rispettivamente pari a 0,50 e 1,00 m e dell'arginello esterno di larghezza 1.30 m, sul quale può eventualmente essere collocato il dispositivo di ritenuta.

Le caratteristiche geometriche adottate per le rotatorie di diametro sono:

- anello di 8,50 o 7,50 metri di larghezza a una corsia (banchine comprese);
- ingressi con una corsia di marcia;
- uscite con una corsia di marcia;
- isole spartitraffico laterali non sormontabili;
- isola centrale non valicabile a verde.

In particolare i valori assunti dai singoli elementi progettuali sono stati i seguenti:

Parametro	Annotazione	Valori adottati diametro 39m	Valori adottati diametro 47 m
Raggio esterno	Rg	19,00 m	25,00 m
Larghezza anello	La	1,00+7,00+0,50 m = 8,50 m	1,00+6,00+0,50 m = 7,50 m
Raggio interno	Ri	11,00 m	16,00 m
Raggio entrata	Re	20,00 -40,00 m	20,00 -60,00 m
Larghezza via entrata	Le	1,00+3,50+0,50 m = 4,50 m	1,00+3,50+0,50 m = 4,50 m
Raggio uscita	Rs	30,00 -60,00 m	30,00 -80,00 m
Larghezza via uscita	Ls	1,00+4,50+0,50 m = 5,50 m	1,00+4,50+0,50 m = 5,50 m
Fascia sormontabile	Sf	0,00m	0,00m

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

Le intersezioni a raso sono previste illuminate con pali lungo il contorno secondo le indicazioni riportate nella relazione specifica sugli impianti, al fine di non costituire un ostacolo in caso di svio di un veicolo verso il centro della rotatoria.

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 rettilineo.

Intersezione a raso Rotatoria "R1"

Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lunghezza (m)	Tipo Elem.	Parametro	Vs	Ic (%)	Vp (Km/h)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	0,000	418,08	418,08	R			2,50	100,00

Intersezione a raso Rotatoria "R2"

Elem.	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Lunghezza (m)	Tipo Elem.	Parametro	Vs	Ic (%)	Vp (Km/h)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
2	418,08	919,27	501,19	R			2,50	100,00

Intersezione a raso Rotatoria "R3"

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.

Intersezione a raso Rotatoria "R1"

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	S	30,706	500,00	2,05	25,581	35,831	10,250	-2,00	0,05
2	D	275,841	5000,00	0,55	262,091	289,591	27,500	0,05	-0,5
3	S	391,168	500,00	2,50	384,918	397,418	12,500	-0,50	2,00

Intersezione a raso Rotatoria "R2"

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)
4	S	454,111	500,00	2,60	447,611	460,611	13,00	-2,00	0,60
5	D	584,000	5000,00	1,19	554,344	613,656	59,312	0,60	-0,59
6	S	781,268	500,00	2,59	774,803	787,734	12,931	-0,59	2,00

Intersezione a raso Rotatoria "R3"

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)
7	S	839,983	500,00	2,19	832,520	843,447	10,928	-2,00	0,19



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

PROGETTAZIONE STRADALE

VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO

C05 (EX MO04) VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO TRA LA VARIANTE ALLA SS12, VIA MAMELI E VIA DALLA POSTA – COMUNE DI MIRANDOLA

RELAZIONE TECNICA SUL PROGETTO STRADALE

3. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI

3.1. Inquadramento Normativo

Per un quadro esaustivo della normativa applicata si faccia riferimento all'elaborato:

PD_0_0000_0000_0_GE_KT_01 Elenco delle Normative di riferimento

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 rettilineo (L) che la precede:*

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

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

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

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in Figura 1;

(d) *Lunghezza massima dei rettilineo:*

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

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

(e) *Lunghezza minima dei rettifili.*

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

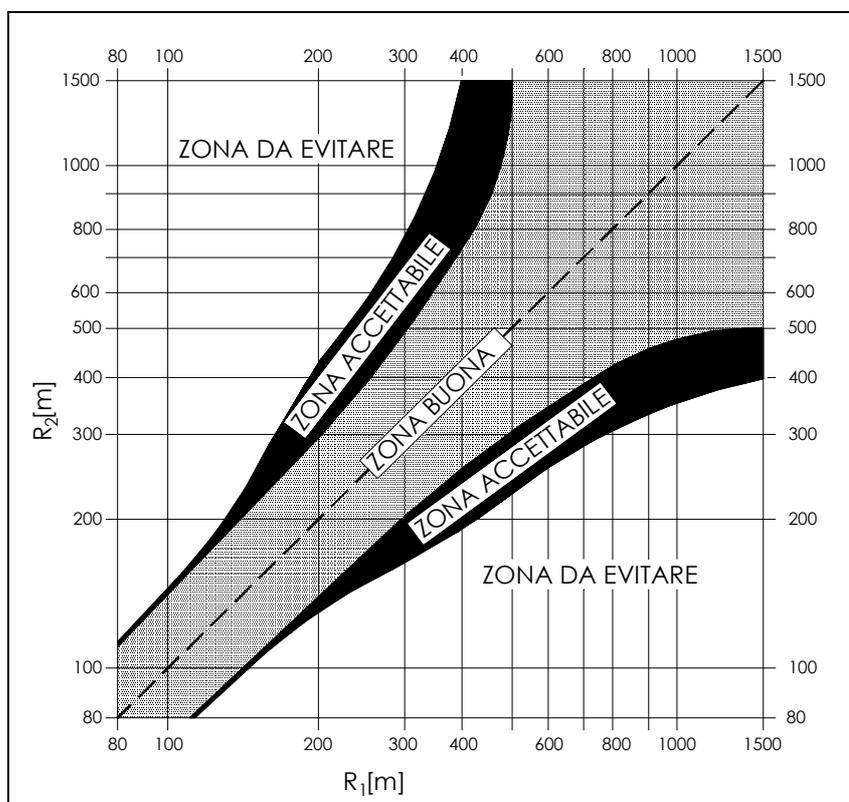


FIGURA 1 – ABACO DI KOPPEL (DM 05/11/01)

(f) *Congruenza del diagramma delle velocità.*

La norma prevede che per $V_{p,max} \leq 100$ km/h (e quindi per strade tipo C e F) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla $V_{p,max}$ a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h (f1). Inoltre, fra due curve successive (nel caso di $V_{p1} > V_{p2}$) tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h (f2).

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

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

(g) *Lunghezza minima delle curve circolari.*

La Norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti deve essere percorsa per almeno 2.5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo pari a:

$$L_{c,min} = 2.5 \cdot v_P$$

con v_P in m/s ed $L_{c,min}$ in m.

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

Criterio 1 (Limitazione del 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:

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

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 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 C (strade extraurbane secondarie), è pari al 7%.

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

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

(j) *Raccordi verticali convessi*

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali convessi (dossi) viene determinato come di seguito:

- se D è inferiore allo sviluppo L del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2})}$$

- se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \cdot 100}{\Delta i} \cdot \left[D - 100 \cdot \frac{h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2}}{\Delta i} \right]$$

dove:

- R_v = raggio del raccordo verticale convesso [m]
- D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m]
- Δi = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento
- h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
- h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di norma $h_1 = 1.10$ m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone $h_2 = 0.10$ m. In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia si pone $h_2 = 1.10$ m.

(k) *Raccordi verticali concavi*

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali concavi (sacche) viene determinato come di seguito:

se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \cdot (h + D \cdot \sin \vartheta)}$$

se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \cdot 100}{\Delta i} \cdot \left[D - \frac{100}{\Delta i} \cdot (h + D \cdot \sin \vartheta) \right]$$

dove:

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

Si pone di norma $h = 0.5$ m e $\vartheta = 1^\circ$.

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

3.2.3. Analisi di visibilità

Per distanza di visuale libera (DVL) si intende la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada.

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

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

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

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

VELOCITA' (km/h)	25	40	60	80	100	120	140
f_i	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

TABELLA 2 – DM 6792/2001, COEFFICIENTI DI ADERENZA IMPEGNABILE LONGITUDINALMENTE

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

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

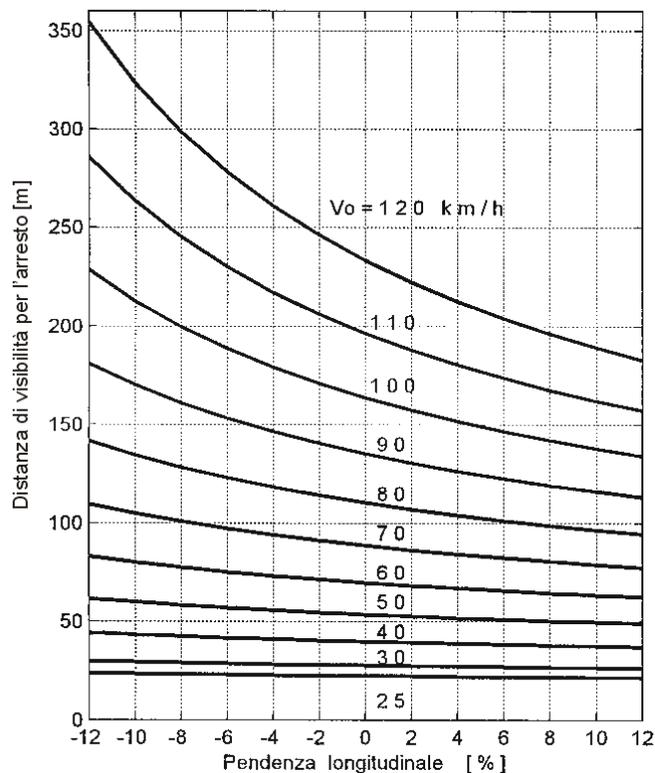
dove:

- D1 = spazio percorso nel tempo τ
- D2 = spazio di frenatura
- V0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [km/h]
- V1 = velocità finale del veicolo, in cui V1 = 0 in caso di arresto [km/h]
- i = pendenza longitudinale del tracciato [%]
- τ = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]
- g = accelerazione di gravità [m/s²]
- Ra = resistenza aerodinamica [N]
- m = massa del veicolo [kg]
- fl = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura
- r0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

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

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

Il D.M. 5/11/2001 definisce un abaco di correlazione tra la pendenza longitudinale e la distanza di arresto valido in condizione di pendenza costante. Nei tratti di variabilità di detta pendenza, ovvero in corrispondenza dei raccordi verticali, è stato assunto per essa il valore medio, così come suggerito dalla stessa normativa.



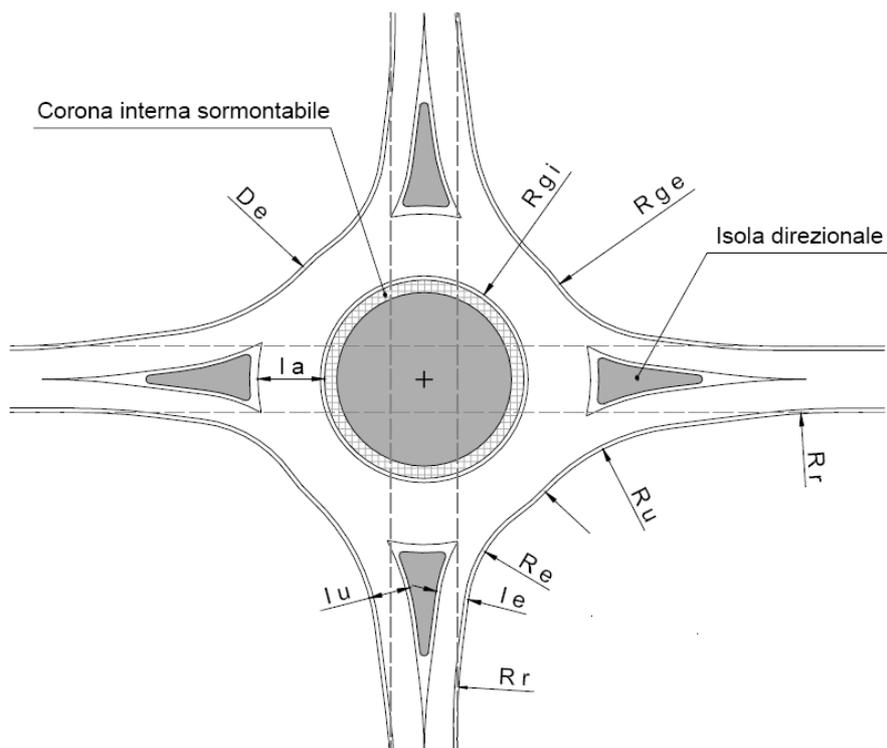
3.2.4. Rappresentazione dei risultati

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, come definite dalla normativa regionale:

	<i>Notazione</i>	<i>Intervello di validità</i>	<i>Mini rotoatorie sormontabili</i>	<i>Mini rotoatorie parzialmente sormontabili</i>	<i>Rotatorie compatte</i>	<i>Grandi Rotatorie</i>
Diametro esterno della rotoatoria	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	Lis	$0 \leq lis \leq 2 \text{ m}$	Isola centrale completamente e sormontabile	1,5÷2	1,5÷2	0
Raggio d'entrata	Re	$10 \text{ m} \leq Re \leq De/2$	10	10÷13	10÷25	10÷De/2
Larghezza corsia entrante	Le*	$4 \text{ m} \leq le \leq 4,5 \text{ m}$ (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	Ru	$15 \text{ m} \leq Ru \leq 30 \text{ m}$	15÷30	15÷30	15÷30	15-30 m
Larghezza corsia uscita	lu	$4,5 \text{ m} \leq lu \leq 6 \text{ m}$ (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	Rr	$2 \times De$	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.

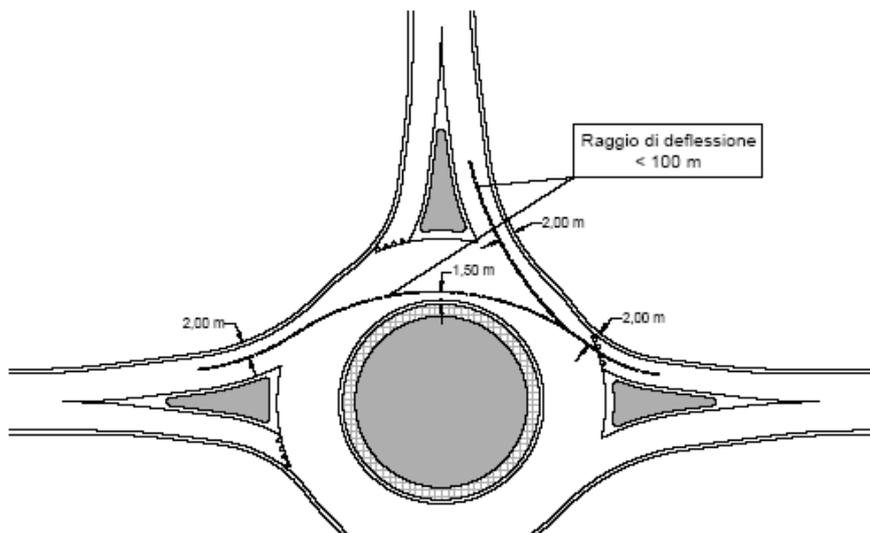
Onde garantire la migliore efficacia dello scolo delle acque meteoriche, la normativa regionale prescrive la pendenza della carreggiata anulare nelle rotatorie aventi diametro esterno $De \leq 50$ m rivolta verso l'esterno (pendenza 1,5- 2%). Mentre per rotatorie con diametro $De > 50$ m una pendenza 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 regionale definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di circonferenza passante a 1,5 m dal bordo dell'isola centrale e a 2 m dal bordo delle corsie d'entrata e d'uscita, siano esse adiacenti o opposte (si veda la figura sotto riportata). Occorre verificare l'ampiezza del raggio di deflessione per le manovre relative ad ogni braccio di ingresso e uscita. Tale raggio deve essere inferiore a 100 metri: in tal modo la velocità in rotatoria non potrà mai essere superiore ai 50 Km/h.



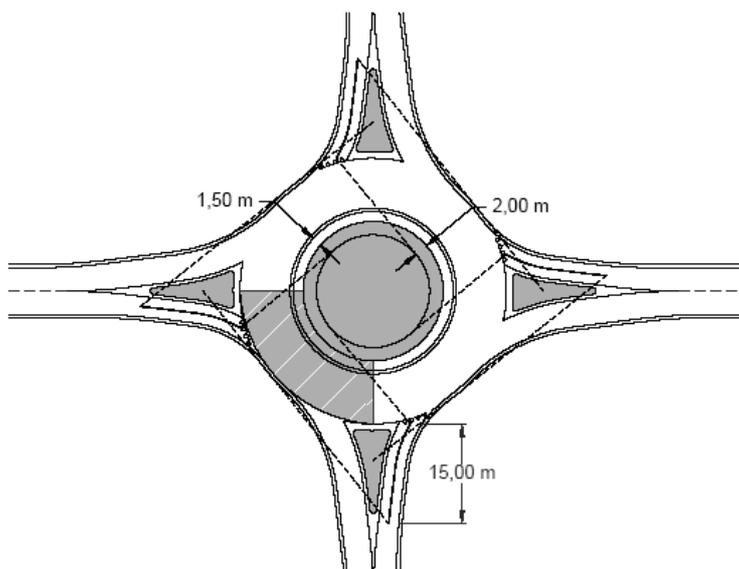
COSTRUZIONE DELLA VERIFICA DI DEFLESSIONE DA GARANTIRE NELLE ROTATORIE

3.3.3. Determinazione delle aree di visibilità

Gli utenti che si avvicinano ad una 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 mezzeria 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.



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]

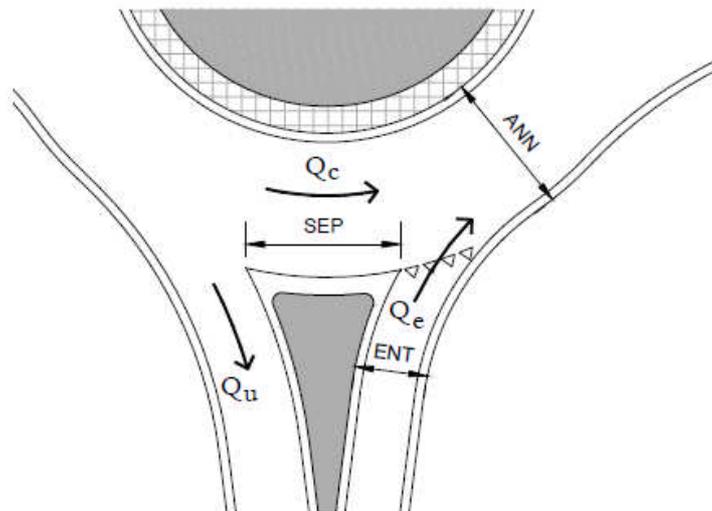


FIGURA 6-1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI TRAFFICO DI UNA ROTATORIA

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

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

dove:

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

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

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

Q_d = traffico di disturbo [veic/h]:

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

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

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

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

ANN = larghezza dell'anello [m]

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

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

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

Calcolo del livello di servizio delle rotatorie

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

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

Secondo il D.M. 19/04/2006 "il livello di servizio dell'intersezione non dovrà essere inferiore a quello prescritto dal D.M. 05.11.2001 per il tipo di strade confluenti nel nodo". Il progettista deve quindi confrontare

il livello di servizio più basso, ottenuto sul ramo critico, con il livello di servizio ammissibile dal D.M. 05/11/2001.

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

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

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

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

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

4.1. Assi stradali

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

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

4.1.1. Andamento planimetrico

Nelle tabelle a seguire vengono sintetizzati i risultati della verifica delle caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono gli assi stradali condotte per il solo asse principale .

CONTROLLO NORMATIVA		Pagina Nr. 1			
Dati generali	Minimo	Massimo			
Normativa: Min. LLPP 2002 - Italia					
Asse: C05-MO04					
Tipo di strada: F1 – Locale ambito extraurbano					
Larghezza semicarreggiata (m)	3.750				
Velocità progetto (Km/h)	60	100			
Rettifilo n°1 - Lunghezza (m):919.267	Lung.	Lung.			Parametri
Progressiva					0.000
Lunghezza minima (m)	32.644				
Lunghezza massima (m)		2200.000			
Valori minimi/massimi da normativa	32.644	2200.000			
Rettifilo in normativa	919.267				

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.



CONTROLLO NORMATIVA				Pagina Nr.	1
Dati generali		Minimo	Massimo		
Tipo di strada:F1 – Locale ambito extraurbano					
Larghezza semicarreggiata (m)		3.750			
Velocità progetto (Km/h)		60	100		
Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):0.000%		Pend. Max		Parametri	
Progressiva				0.000	
Pendenza massima (+/- h/b):		7.000%			
Livelletta in normativa		0.000%			
Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):-2.000%		Pend. Max		Parametri	
Progressiva				16.000	
Pendenza massima (+/- h/b):		7.000%			
Livelletta in normativa		-2.000%			
Parabola n°1 - Raggio (m):500.000 - Lunghezza (m):10.250 - K:5.000 (Concavo)		Raggio Min	Lung. Min	Parametri	
Progressiva				25.581	
Distanza utilizzata				29.806	
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				31	
Raggio minimo da visibilità		0.000			
Raggio minimo comfort accelerazione verticale		123.029			
Parabola in normativa		500.000			
Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):0.050%		Pend. Max		Parametri	
Progressiva				35.831	
Pendenza massima (+/- h/b):		7.000%			
Livelletta in normativa		0.050%			
Parabola n°2 - Raggio (m):5000.000 - Lunghezza (m):27.500 - K:50.000 (Convesso)		Raggio Min	Lung. Min	Parametri	
Progressiva				262.091	
Distanza utilizzata				55.248	
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				50	
Raggio minimo da visibilità		0.000			
Raggio minimo comfort accelerazione verticale		326.699			
Parabola in normativa		5000.000			
Livelletta n°4 - Pendenza (h/b):-0.500%		Pend. Max		Parametri	
Progressiva				289.591	
Pendenza massima (+/- h/b):		7.000%			



CONTROLLO NORMATIVA				Pagina Nr.	2
Livelletta in normativa	-0.500%				
Parabola n°3 - Raggio (m):500.000 - Lunghezza (m):12.500 - K:5.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri		
Progressiva			384.918		
Distanza utilizzata			29.647		
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			31		
Raggio minimo da visibilità	0.000				
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	122.080				
Parabola in normativa	500.000				
Livelletta n°5 - Pendenza (h/b):2.000%	Pend. Max		Parametri		
Progressiva			397.418		
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%				
Livelletta in normativa	2.000%				
Livelletta n°6 - Pendenza (h/b):0.000%	Pend. Max		Parametri		
Progressiva			407.078		
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%				
Livelletta in normativa	0.000%				
Livelletta n°7 - Pendenza (h/b):-2.000%	Pend. Max		Parametri		
Progressiva			429.077		
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%				
Livelletta in normativa	-2.000%				
Parabola n°4 - Raggio (m):500.000 - Lunghezza (m):13.000 - K:5.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri		
Progressiva			447.611		
Distanza utilizzata			31.632		
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			32		
Raggio minimo da visibilità	0.000				
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	135.753				
Parabola in normativa	500.000				
Livelletta n°8 - Pendenza (h/b):0.600%	Pend. Max		Parametri		
Progressiva			460.611		
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%				
Livelletta in normativa	0.600%				
Parabola n°5 - Raggio (m):5000.000 - Lunghezza (m):59.312 - K:50.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri		



CONTROLLO NORMATIVA		Pagina Nr.		3
Progressiva				554.344
Distanza utilizzata				65.096
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				57
Raggio minimo da visibilità	0.000			
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	413.693			
Parabola in normativa	5000.000			
Livelletta n°9 - Pendenza (h/b):-0.586%		Pend. Max		Parametri
Progressiva				613.656
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%			
Livelletta in normativa	-0.586%			
Parabola n°6 - Raggio (m):500.000 - Lunghezza (m):12.931 - K:5.000 (Concavo)		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva				774.803
Distanza utilizzata				29.639
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				31
Raggio minimo da visibilità	0.000			
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	122.226			
Parabola in normativa	500.000			
Livelletta n°10 - Pendenza (h/b):2.000%		Pend. Max		Parametri
Progressiva				787.734
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%			
Livelletta in normativa	2.000%			
Livelletta n°11 - Pendenza (h/b):0.000%		Pend. Max		Parametri
Progressiva				800.159
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%			
Livelletta in normativa	0.000%			
Livelletta n°12 - Pendenza (h/b):-2.000%		Pend. Max		Parametri
Progressiva				822.159
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%			
Livelletta in normativa	-2.000%			
Parabola n°7 - Raggio (m):500.000 - Lunghezza (m):10.928 - K:5.000 (Concavo)		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva				832.520
Distanza utilizzata				29.328
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				31



CONTROLLO NORMATIVA		Pagina Nr.	4
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	120.023		
Parabola in normativa	500.000		
Livelletta n°13 - Pendenza (h/b):0.186%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			843.447
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livelletta in normativa	0.186%		

4.1.3. Verifiche di visibilità

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

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

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

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

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

Per quanto concerne l'asse principale, in termini di visibilità planoaltimetrica la distanza di visuale libera risulta sempre compatibile con la distanza necessaria per l'arresto.

4.2. Intersezioni a rotatoria

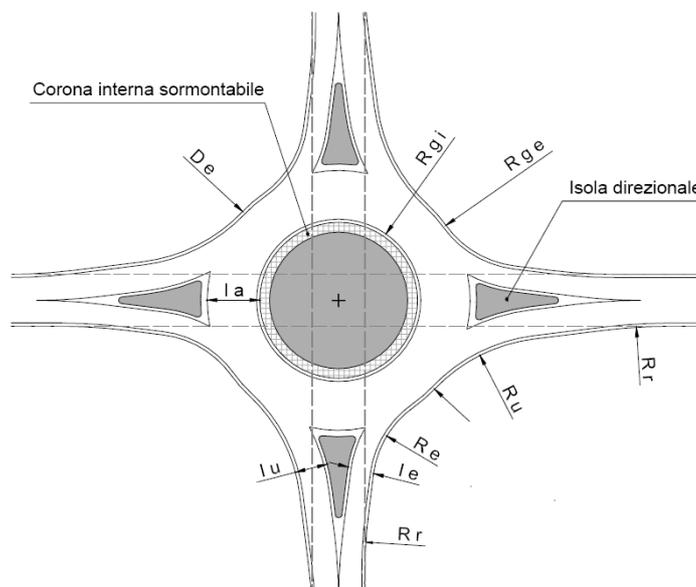
4.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie

Il progetto prevede le seguenti rotatorie:

1. Rotatoria "R1" sulla Via Dante A. e l'intersezione con Viale Europa; Rest= 25,00 m (adeguamento rotatoria esistente);
2. Rotatoria "R2" sull'intersezione tra gli assi A, B e la wbs VD15; Rest= 25,00 m (nuova intersezione);
3. Rotatoria "R3" sulla S.P. 16 esistente; Rest= 25,00 m (nuova intersezione);

Le tre rotatorie di Rest pari a 25,00 m sono classificate, secondo lo schema indicato dalla normativa regionale, come Rotatorie compatte.

Tutte le rotatorie presentano una larghezza dell'anello giratorio pari a 9,00 m composto da due banchine da 1,00 m e una corsia di circolazione pari a 7,00 m. Nel caso di rotatorie compatte è prevista una corona sormontabile di larghezza pari a 2,00 m.



ELEMENTI DI PROGETTO DELLE ROTATORIE

Rotatoria "R1"

ROTATORIE COMPATTE					
	Notazione	Intervallo di validità	Asse A	Asse B	Asse C
Raggio d'entrata	<i>Re</i>	10÷25	20	20	20
Largh. corsia entrante	<i>Le*</i>	4 ≤ <i>le</i> ≤ 5.5 (1 c.) 7 ≤ <i>le</i> ≤ 9 (2 c.)	5,00	5,00	5,00
Raggio uscita	<i>Ru</i>	15÷30	30	30	30
Largh corsia uscita	<i>lu</i>	4,5 ≤ <i>lu</i> ≤ 6 (1 c.) 7,5 ≤ <i>lu</i> ≤ 9 (2 c.)	6,00	6,00	6,00
Raggio di raccordo	<i>Rr</i>	52÷100	75,00	75,00	75,00
Pendenza trasversale	<i>Pt</i>	2.0% rivolta verso l'esterno			

Rotatoria "R2"

ROTATORIE COMPATTE						
	Notazione	Intervallo di validità	Asse A	Asse B	Asse C	Asse D
Raggio d'entrata	<i>Re</i>	10÷25	20	20	25	20
Largh. corsia entrante	<i>Le*</i>	4 ≤ <i>le</i> ≤ 5.5 (1 c.) 7 ≤ <i>le</i> ≤ 9 (2 c.)	5,00	5,00	5,00	5,00
Raggio uscita	<i>Ru</i>	15÷30	30	30	30	30
Largh corsia uscita	<i>lu</i>	4,5 ≤ <i>lu</i> ≤ 6 (1 c.) 7,5 ≤ <i>lu</i> ≤ 9 (2 c.)	6,00	6,00	6,00	6,00
Raggio di raccordo	<i>Rr</i>	52÷100	80,00	75,00	80,00	75,00
Pendenza trasversale	<i>Pt</i>	2.0% rivolta verso l'esterno				

Rotatoria “R3”

ROTATORIE COMPATTE					
	Notazione	Intervallo di validità	Asse A	Asse C	Asse D
Raggio d'entrata	<i>Re</i>	10÷25	20	20	20
Largh. corsia entrante	<i>Le*</i>	4 ≤ <i>le</i> ≤ 5.5 (1 c.) 7 ≤ <i>le</i> ≤ 9 (2 c.)	5,00	5,00	5,00
Raggio uscita	<i>Ru</i>	15÷30	30	30	30
Largh corsia uscita	<i>lu</i>	4,5 ≤ <i>lu</i> ≤ 6 (1 c.) 7,5 ≤ <i>lu</i> ≤ 9 (2 c.)	6,00	6,00	6,00
Raggio di raccordo	<i>Rr</i>	52÷100	80,00	80,00	75,00
Pendenza trasversale	<i>Pt</i>	2.0% rivolta verso l'esterno			

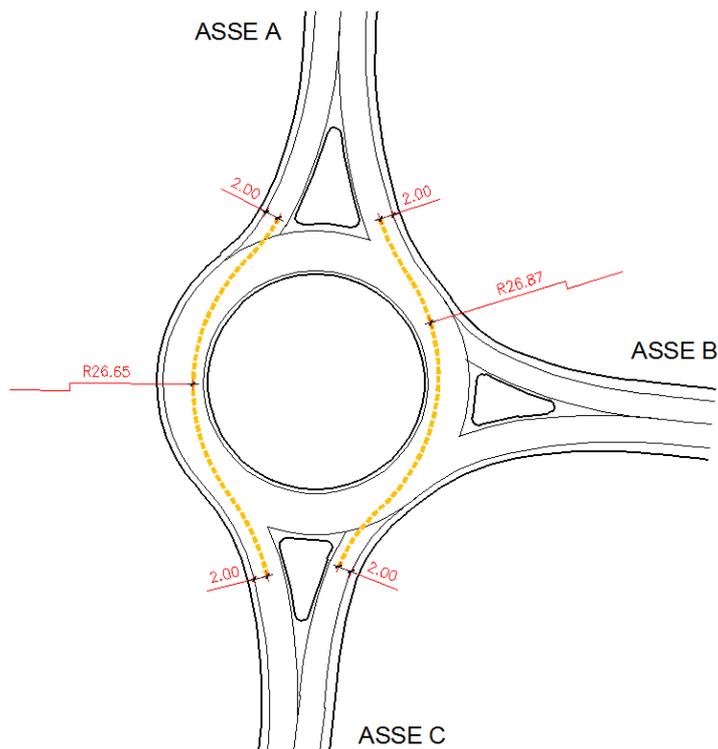
4.2.2. Analisi della Deflessione

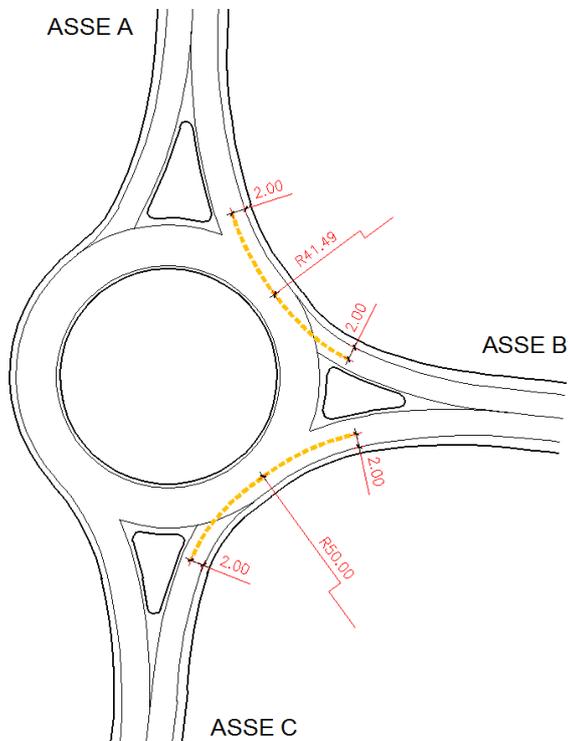
Si definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita.

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

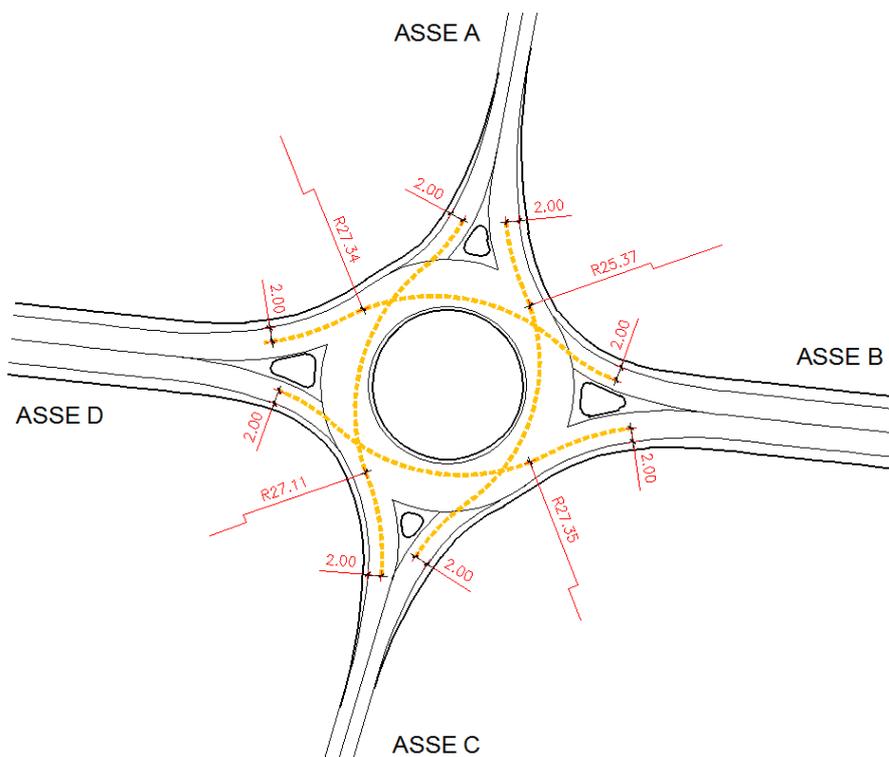
Dalla figure di seguito riportate si evince che il raggio di deflessione è sempre minore di 100m; in tal modo le velocità inerenti alle traiettorie "più tese" non potranno essere mai superiori a 50km/h.

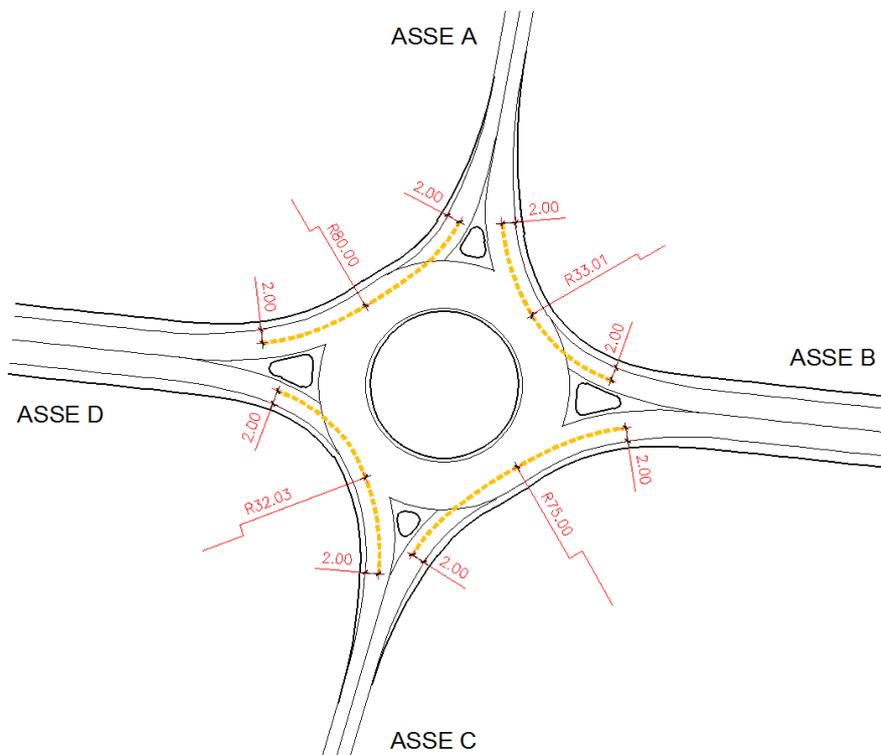
Verifica deflessione Rotatoria "R1":



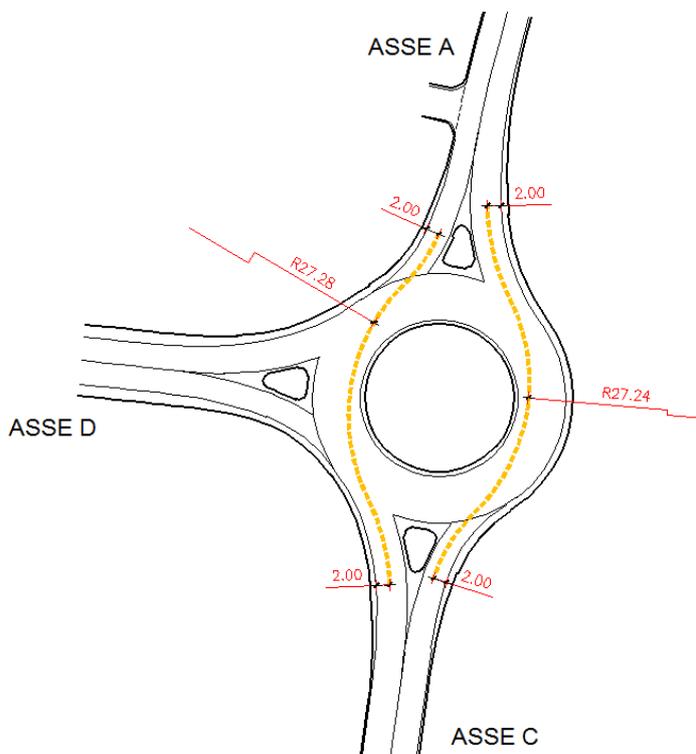


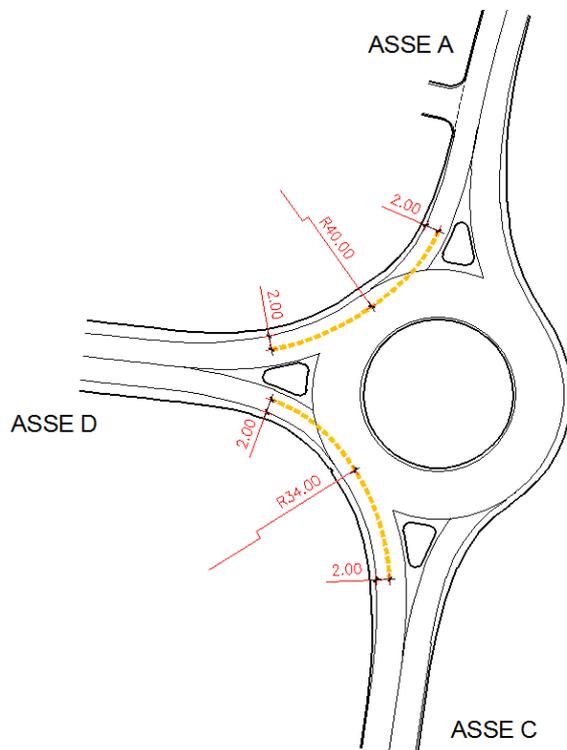
Verifica deflessione Rotatoria "R2":





Verifica deflessione Rotatoria "R3":





Dalle figure sopra riportate si evince che il raggio di deflessione è sempre verificato.

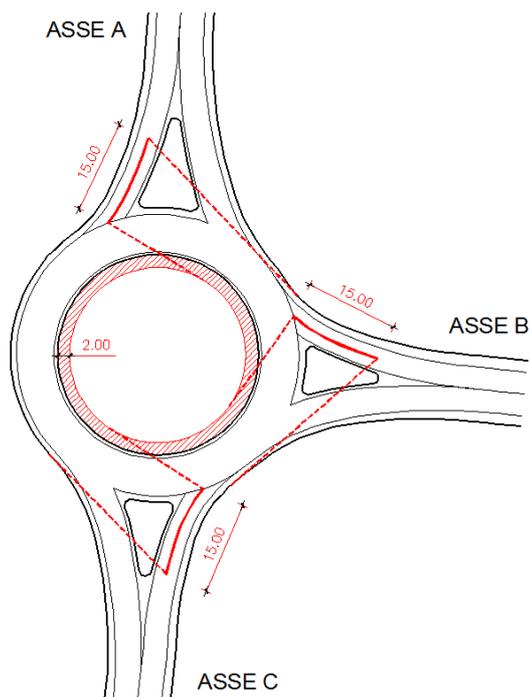
4.2.3. Analisi delle Visibilità

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:

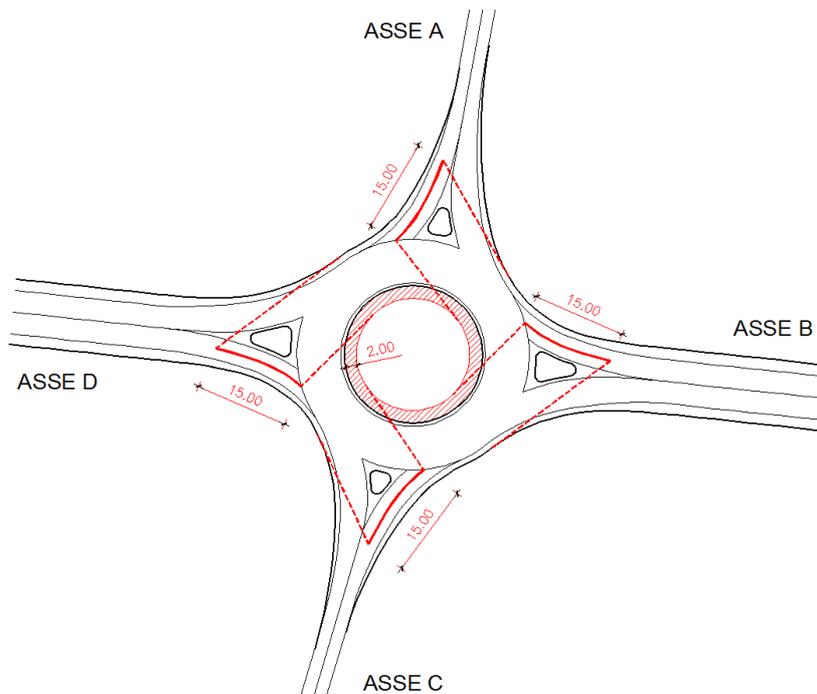
- Il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezzzeria della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1m sul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

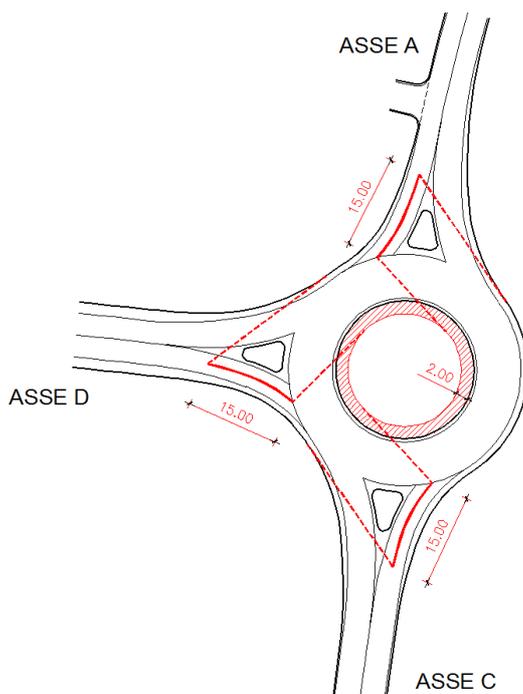
Verifica visibilità Rotatoria "R1":



Verifica visibilità Rotatoria "R2":



Verifica visibilità Rotatoria "R3":



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.

4.2.4. Analisi del livello di servizio

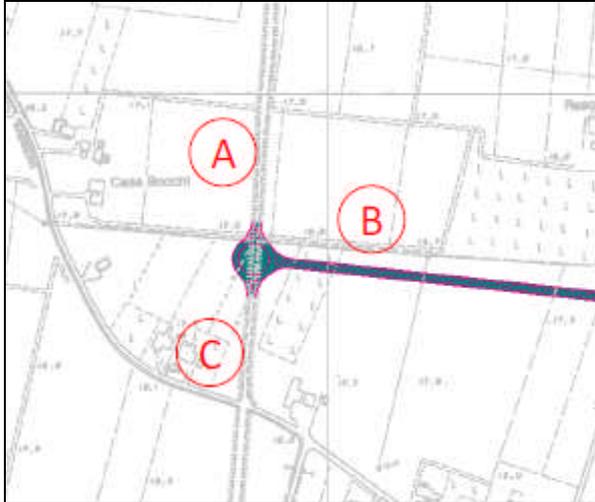
La determinazione del livello di servizio delle intersezioni a rotatoria in progetto è stata condotta in funzione ai dati di traffico desunti dalla analisi trasportistica (rif. elaborato PD_0_000_00000_0_GE_RH_01_A) in base ai valori di flusso riferiti al 2030 nell'ora di punta del mattino (giorno medio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

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

ROTATORIA - R1

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
A	B	140	20	160	180
A	C	270	50	320	370
B	A	100	10	110	120
B	C	180	30	210	240
C	A	230	120	350	470
C	B	300	40	340	380

MATRICE DI DISTRIBUZIONE			
	A	B	C
A	-	33.33%	55.29%
B	32.73%	-	44.71%
C	67.27%	66.67%	-
SOMMANO	100%	100%	100%



	TOTALE	
	ORIGINE / ENTRANTI	DESTINAZIONE / USCENTI
A	550	590
B	360	560
C	850	610
FLUSSO CIRCOLANTE	1760	1760

Caratteristiche geometriche e di raffico rotatoria MO-04 R6

Flussi di svolta

O/D	A	B	C	INGRESSI
A	-	180	370	550 veq/h
B	120	-	240	360 veq/h
C	470	380	-	850 veq/h
USCITE	590 veq/h	560 veq/h	610 veq/h	1760 veq/h

Flussi di svolta (in percentuale)

O/D	A	B	C
A	-	32.73%	67.27%
B	33.33%	-	66.67%
C	55.29%	44.71%	-

TOT. INGR. 1760 veq/h

TOT. USCITE 1760 veq/h

Caratteristiche geometriche rotatoria

	Ramo A	Ramo B	Ramo C
SEP (m)	13.17	11.56	11.55
ANN (m)	6.00	6.00	6.00
ENT (m)	3.50	3.50	3.50

Larghezza isola separatrice
Larghezza dell'anello
Larghezza corsia di ingresso

Verifica della capacità di singoli bracci (procedura SETRA)

	Ramo A	Ramo B	Ramo C
Q _e	550	360	850
Q _u	590	560	610
Q _c	240	470	180
Q _{e'}	550	360	850
Q _{u'}	72	128	140
Q _d	337	650	320
C	1094	875	1106
RC%	99%	143%	30%
δ _i	1.69	1.63	1.24

Traffico entrante
Traffico uscente
Traffico circolante
Traffico entrante equivalente
Traffico uscente equivalente
Flusso generale di disturbo
Capacità ingresso
Riserva di capacità percentuale
Tasso di crescita max del traffico

Caratteristiche prestazionali della rotatoria dopo la saturazione del primo ramo

Ramo saturo: Ramo C
Capacità semplice: 1053 veq/h
% crescita traffico: 24%

	Ramo A	Ramo B	Ramo C
Q _{e,s}	681	446	1053
Q _s	1038	766	1053
RC	357	321	0
RC%	52%	72%	0%

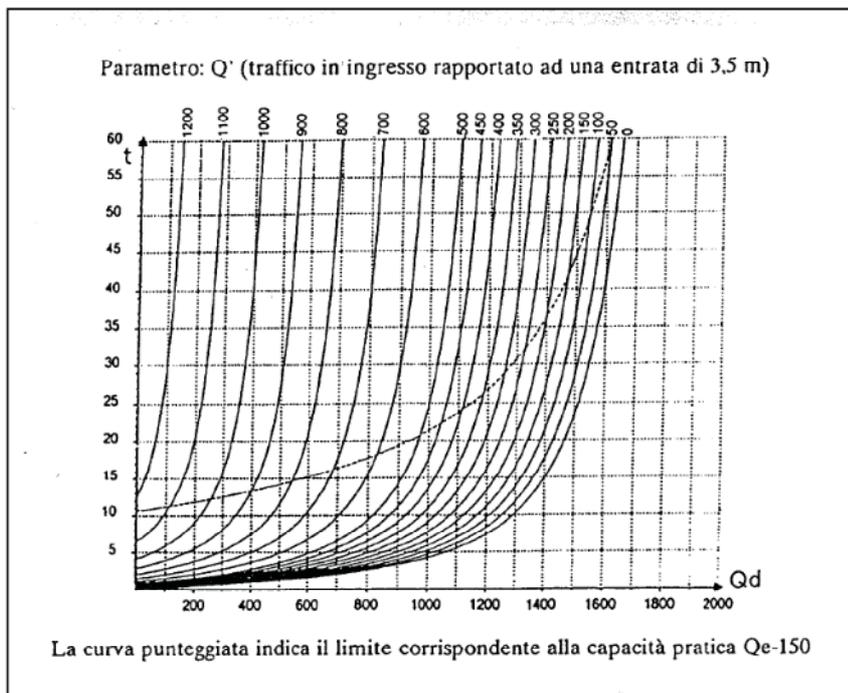
Verifica della capacità totale della rotonda (procedura SETRA)

	Ramo A	Ramo B	Ramo C
Qe	838	803	967
Qu	803	707	1099
Qc	536	535	274
Qe'	838	803	967
Qu'	98	162	253
Qd	703	752	518
C	838	803	967
RC%	0%	0%	0%
δ_i	1.00	1.00	1.00

Capacità totale ideale : 2609 veq/h

Verifica del Livello di Servizio

Tempi medi di attesa in ingresso in rotonda



Ramo	Qe' (veq/h)	Qd (veq/h)	t med (s)
Ramo A	550	337	2
Ramo B	360	650	2
Ramo C	850	320	2

Come stabilito dall'HCM 2000 il livello di servizio viene associato al tempo medio di attesa secondo la seguente tabella:

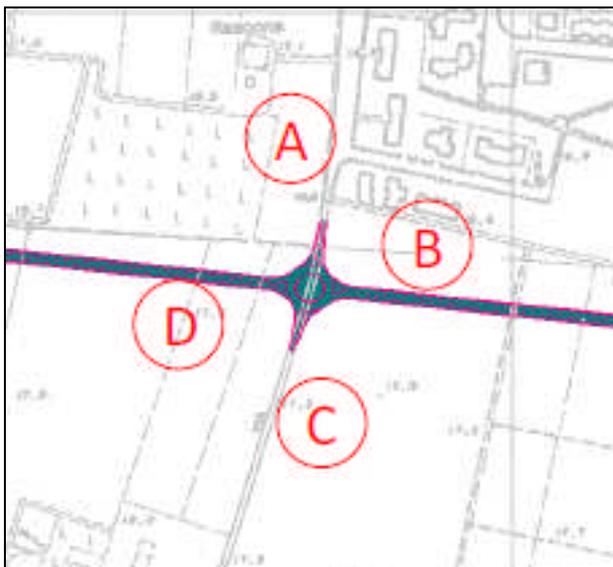
Lds	t medio (s)
A	< 10 s
B	10 - 15 s
C	15 - 25 s
D	25 - 35 s
E	35 - 50 s
F	> 50 s

Ramo	t medio (s)	Lds
Ramo A	2	A
Ramo B	2	A
Ramo C	2	A

ROTATORIA – R2

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
B	D	280	40	320	360
D	B	440	60	500	560

MATRICE DI DISTRIBUZIONE				
	A	B	C	D
A	-	0.00%	0.00%	0.00%
B	0.00%	-	0.00%	100%
C	0.00%	0.00%	-	0.00%
D	0.00%	100%	0.00%	-
SOMMANO	0.00%	100%	0.00%	100%



	TOTALE	
	ORIGINE / ENTRANTI	DESTINAZIONE / USCENTI
A	0	0
B	360	560
C	0	0
D	560	360
FLUSSO CIRCOLANTE	920	920

Caratteristiche geometriche e di raffico rotatoria MO-04 R7

Flussi di svolta

O/D	A	B	C	D	INGRESSI
A	-	0	1	0	1 veq/h
B	0	-	0	360	360 veq/h
C	1	0	-	0	1 veq/h
D	0	560	0	-	560 veq/h
USCITE	1 veq/h	560 veq/h	1 veq/h	360 veq/h	922 veq/h

Flussi di svolta (in percentuale)

O/D	A	B	C	D
A	-	0.00%	100.00%	0.00%
B	0.00%	-	0.00%	100.00%
C	100.00%	0.00%	-	0.00%
D	0.00%	100.00%	0.00%	-

TOT. INGR. 922 veq/h

TOT. USCITE 922 veq/h

Caratteristiche geometriche rotatoria

	Ramo A	Ramo B	Ramo C	Ramo D
SEP (m)	7.56	8.47	7.25	8.47
ANN (m)	7.00	7.00	7.00	7.00
ENT (m)	3.50	3.50	3.50	3.50

Larghezza isola separatrice

Larghezza dell'anello

Larghezza corsia di ingresso

Verifica della capacità di singoli bracci (procedura SETRA)

	Ramo A	Ramo B	Ramo C	Ramo D
Qe	1	360	1	560
Qu	1	560	1	360
Qc	360	1	560	1
Qe'	1	360	1	560
Qu'	0	244	1	157
Qd	391	177	608	114
C	1056	1206	904	1250
RC%	105533%	235%	90342%	123%
δi	4.84	2.75	3.12	2.08

Traffico entrante

Traffico uscente

Traffico circolante

Traffico entrante equivalente

Traffico uscente equivalente

Flusso generale di disturbo

Capacità ingresso

Riserva di capacità percentuale

Tasso di crescita max del traffico

Caratteristiche prestazionali della rotatoria dopo la saturazione del primo ramo

Ramo saturo: Ramo D
Capacità semplice: 1164 veq/h
% crescita traffico: 108%

	Ramo A	Ramo B	Ramo C	Ramo D
Qe,s	2	748	2	1164
Qs	761	1072	446	1164
RC	759	324	444	0
RC%	36544%	43%	21353%	0%

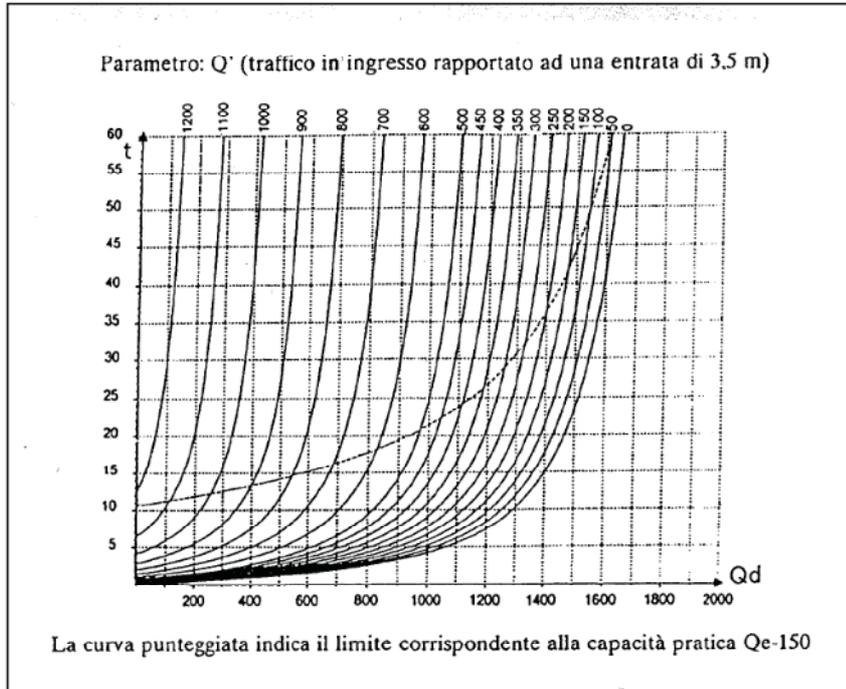
Verifica della capacità totale della rotatoria (procedura SETRA)

	Ramo A	Ramo B	Ramo C	Ramo D
Qe	643	693	639	689
Qu	639	689	643	693
Qc	693	639	689	643
Qe'	643	693	639	689
Qu'	317	300	332	302
Qd	981	910	988	916
C	643	693	639	689
RC%	0%	0%	0%	0%
δi	1.00	1.00	1.00	1.00

Capacità totale ideale : 2664 veq/h

Verifica del Livello di Servizio

Tempi medi di attesa in ingresso in rotonda



Ramo	Qe' (veq/h)	Qd (veq/h)	t med (s)
Ramo A	1	391	1
Ramo B	360	177	2
Ramo C	1	608	1
Ramo D	560	114	2

Come stabilito dall'HCM 2000 il livello di servizio viene associato al tempo medio di attesa secondo la seguente tabella:

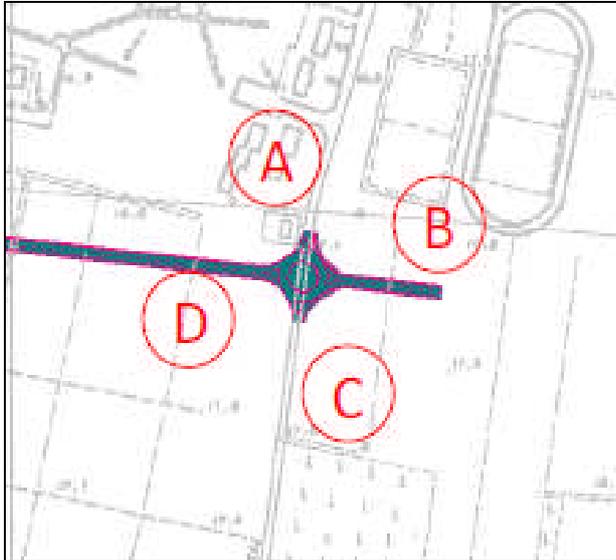
Lds	t medio (s)
A	< 10 s
B	10 - 15 s
C	15 - 25 s
D	25 - 35 s
E	35 - 50 s
F	> 50 s

Ramo	t medio (s)	Lds
Ramo A	1	A
Ramo B	2	A
Ramo C	1	A
Ramo D	2	A

ROTATORIA – R3

Ora di punta del mattino (giorno medio invernale)					
O	D	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali effettivi	Veicoli equivalenti
B	A	20	0	20	20
B	C	60	10	70	80
B	D	80	10	90	100
C	B	140	20	160	180
C	A	340	30	370	400
C	D	10	0	10	10
A	B	20	0	20	20
A	C	180	10	190	200
A	D	190	30	220	250
D	B	210	30	240	270
D	A	220	30	250	280
D	C	10	0	10	10

MATRICE DI DISTRIBUZIONE				
	A	B	C	D
A	-	10.00%	67.80%	50.00%
B	4.26%	-	30.51%	48.21%
C	42.55%	40.00%	-	1.79%
D	53.19%	50.00%	1.69%	-
SOMMANO	100%	100%	100%	100%



	TOTALE	
	ORIGINE / ENTRANTI	DESTINAZIONE / USCENTI
A	470	700
B	200	470
C	590	290
D	560	360
FLUSSO CIRCOLANTE	1820	1820

Caratteristiche geometriche e di raffico rotatoria MO-04 R8

Flussi di svolta

O/D	A	B	C	D	INGRESSI
A	-	20	200	250	470 veq/h
B	20	-	80	100	200 veq/h
C	400	180	-	10	590 veq/h
D	280	270	10	-	560 veq/h
USCITE	700 veq/h	470 veq/h	290 veq/h	360 veq/h	1820 veq/h

TOT. INGR. 1820 veq/h

TOT. USCITE 1820 veq/h

Flussi di svolta (in percentuale)

O/D	A	B	C	D
A	-	4.26%	42.55%	53.19%
B	10.00%	-	40.00%	50.00%
C	67.80%	30.51%	-	1.69%
D	50.00%	48.21%	1.79%	-

Caratteristiche geometriche rotatoria

	Ramo A	Ramo B	Ramo C	Ramo D
SEP (m)	8.33	8.46	8.44	8.47
ANN (m)	7.00	7.00	7.00	7.00
ENT (m)	3.50	3.50	3.50	3.50

Larghezza isola separatrice
Larghezza dell'anello
Larghezza corsia di ingresso

Verifica della capacità di singoli bracci (procedura SETRA)

	Ramo A	Ramo B	Ramo C	Ramo D
Qe	470	200	590	560
Qu	700	470	290	360
Qc	190	690	570	300
Qe'	470	200	590	560
Qu'	311	205	127	157
Qd	431	897	710	439
C	1028	702	833	1023
RC%	119%	251%	41%	83%
di	1.72	1.61	1.22	1.53

Traffico entrante
Traffico uscente
Traffico circolante
Traffico entrante equivalente
Traffico uscente equivalente
Flusso generale di disturbo
Capacità ingresso
Riserva di capacità percentuale
Tasso di crescita max del traffico

Caratteristiche prestazionali della rotatoria dopo la saturazione del primo ramo

Ramo saturo: Ramo C
Capacità semplice: 722 veq/h
% crescita traffico: 22%

	Ramo A	Ramo B	Ramo C	Ramo D
Qe,s	575	245	722	685
Qs	961	562	722	954
RC	386	317	0	269
RC%	67%	130%	0%	39%

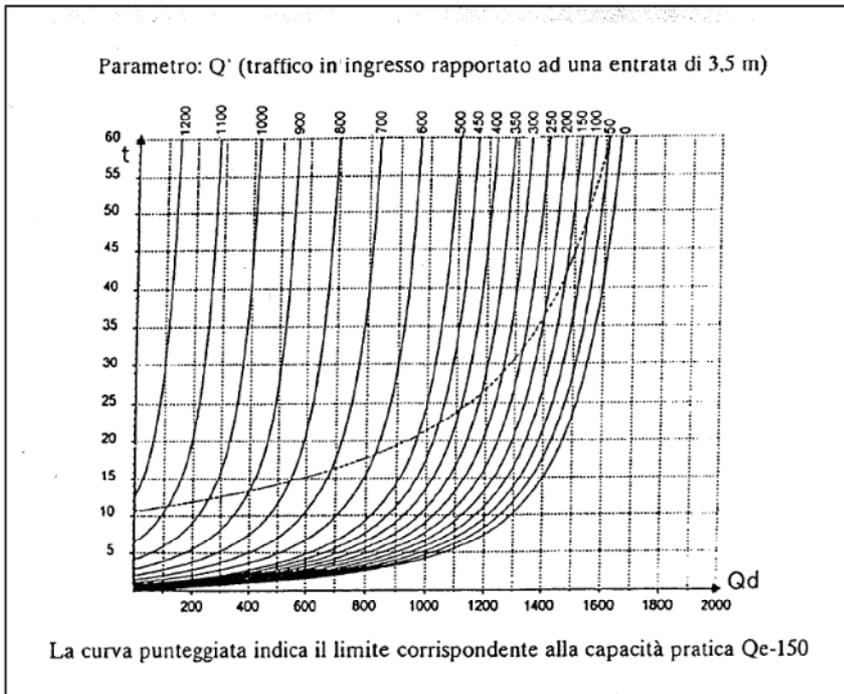
Verifica della capacità totale della rotondina (procedura SETRA)

	Ramo A	Ramo B	Ramo C	Ramo D
Qe	727	588	631	740
Qu	857	580	558	691
Qc	540	808	758	576
Qe'	727	588	631	740
Qu'	381	253	244	301
Qd	861	1060	999	842
C	727	588	631	740
RC%	0%	0%	0%	0%
di	1.00	1.00	1.00	1.00

Capacità totale ideale : 2686 veq/h

Verifica del Livello di Servizio

Tempi medi di attesa in ingresso in rotondina



Ramo	Qe' (veq/h)	Qd (veq/h)	t med (s)
Ramo A	470	431	2
Ramo B	200	897	3
Ramo C	590	710	3
Ramo D	560	439	2

Come stabilito dall'HCM 2000 il livello di servizio viene associato al tempo medio di attesa secondo la seguente tabella:

Lds	t medio (s)
A	< 10 s
B	10 - 15 s
C	15 - 25 s
D	25 - 35 s
E	35 - 50 s
F	> 50 s

Ramo	t medio (s)	Lds
Ramo A	2	A
Ramo B	3	A
Ramo C	3	A
Ramo D	2	A

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.