

## Parte quarta

# TECNICHE PER LA REALIZZAZIONE E LA VALUTAZIONE DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA



**LE ROTATORIE DI SECONDA GENERAZIONE.**  
ALCUNI ELEMENTI DELLA MANUALISTICA DELLA  
REGIONE PIEMONTE E DELLA REGIONE LOMBARDIA.  
CENNI ALLA NORMATIVA FRANCESE, OLANDESE,  
TEDESCA E SVIZZERA

**Giulio Maternini**

Professore ordinario dell'Università di Brescia

## Le intersezioni a rotatoria

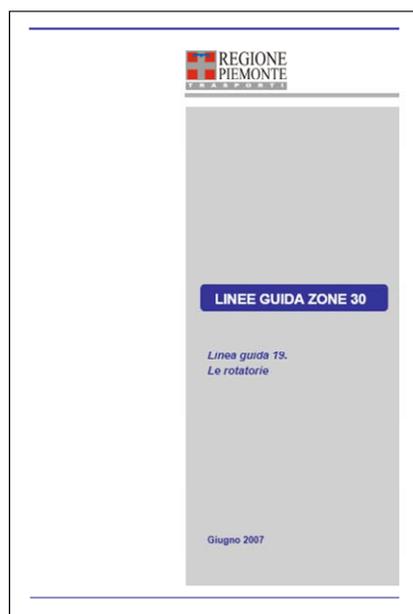
- ✓ **LINEE GUIDA ZONE 30 della Regione Piemonte – Linea guida 19 Le rotatorie (Giugno 2007)**
- ✓ **Linee guida ZONE DI INTERSEZIONE della Regione Lombardia (D.G.R. n. 7/20829 del 16 febbraio 2005)**
- ✓ **La normativa FRANCESE sulle intersezioni stradali urbane (CERTU, “Carrefours urbains guide”, 1999)**
- ✓ **La normativa OLANDESE per la progettazione delle intersezioni stradali (ASVV, “Recommendations for traffic provisions in built-up areas”, CROW, 1998)**
- ✓ **La normativa TEDESCA sulle intersezioni (EAE85/95, 1995)**
- ✓ **La normativa SVIZZERA sulle intersezioni con circolazioni a rotatoria (VSS SN 640 263, 1999)**

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

Criteria di pianificazione e programmazione delle rotatorie  
Prof. Ing. Giulio MATERNINI

### LINEE GUIDA ZONE 30 della Regione Piemonte – Linea guida 19 Le rotatorie (Giugno 2007)

Le linee guida della Regione Piemonte, non sono molto ampie, perché trattano le rotatorie nell’ambito degli elementi di moderazione del traffico per la realizzazione delle Zone 30, quindi ne illustrano solo alcuni aspetti, prendendo spunto da normative di altri paesi europei.



Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

Criteria di pianificazione e programmazione delle rotatorie  
Prof. Ing. Giulio MATERNINI

## Le intersezioni a rotatoria



-I **veicoli circolanti** nell'anello (che può avere una o più corsie di marcia) hanno la precedenza rispetto a quelli che devono ancora impegnare l'intersezione.

-La **rotatoria** è pertanto particolarmente idonea in quelle situazioni in cui le strade sono dello stesso livello gerarchico.

-Va precisato che le **rotatorie** sono misure che interessano la viabilità principale e, al più, quella di quartiere; dunque esse riguardano soprattutto la viabilità esterna agli ambiti residenziali delle zone 30. Tuttavia esse sono entrate a far parte della manualistica che si occupa di moderazione del traffico in ragione della loro efficacia in termini sia di sicurezza, sia di fluidificazione del traffico.

-La rotatoria consente di eliminare la regolazione semaforica.

- Se non viene progettata con grande attenzione agli attraversamenti pedonali e ciclabili, rischia di dimostrarsi più rischiosa dell'attraversamento semaforico per l'utenza debole.



Le rotatorie hanno anche la funzione di interrompere la linearità visiva di una strada, evidenziando la presenza di un'intersezione.



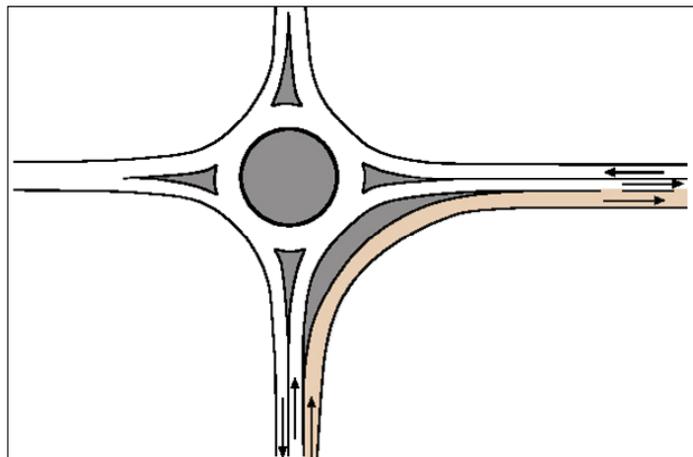
Rotatoria convenzionale

- Anello con grande diametro;
- I bracci mantengono costante la sezione trasversale fino all'immissione.



Rotatoria compatta

- Anello di diametro più ridotto
- I bracci presentano un allargamento, anche notevole in corrispondenza delle immissioni



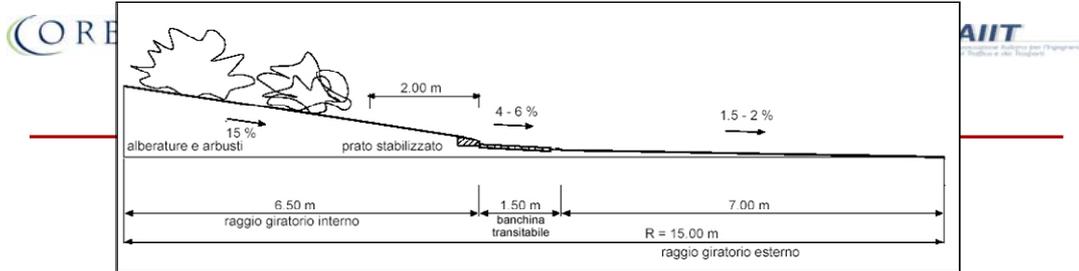
La capacità di una rotatoria può essere ampliata con l'inserimento di una corsia diretta per la svolta a destra



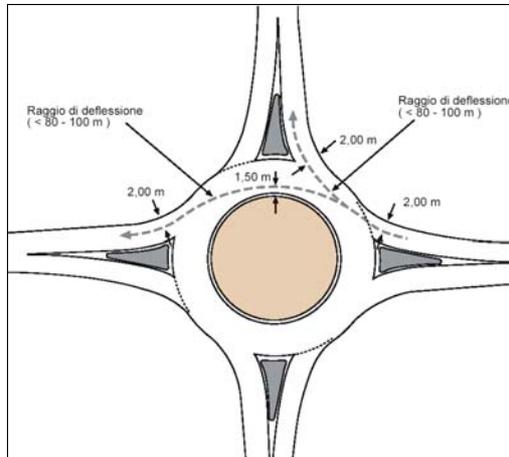
Nelle rotonde di grandi dimensioni è più difficile garantire la sicurezza degli utenti deboli

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

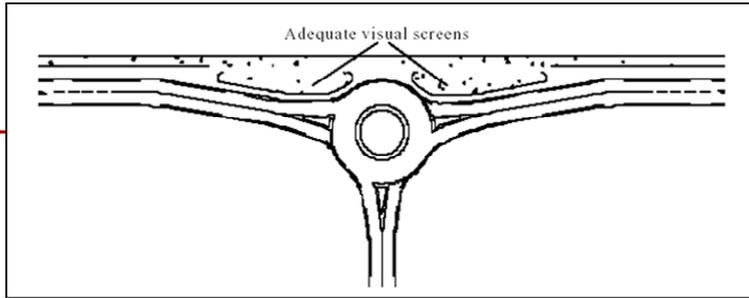
Criteri di pianificazione e programmazione delle rotonde  
Prof. Ing. Giulio MATERNINI



Ripartizione degli spazi in una **rotonda compatta** con raggio esterno di 15 m.



Schema di una rotonda con indicazione del **raggio di deflessione** raccomandato



Nelle Intersezioni a T occorre far convergere tutti i bracci verso il centro



Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

programmazione delle rotonde

LAGS  
LABORATORIO PER IL GOVERNO DELLA SICUREZZA STRADALE  
SECONDO CORSO SPECIALISTICO: LE ROTONDE DI SECONDA GENERAZIONE



Le isole spartitraffico sono elementi molto importanti per la sicurezza delle rotonde



La manutenzione delle aree verdi costituisce una voce di spesa ingente dei costi di gestione delle rotonde

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

Criteri di pianificazione e programmazione delle rotonde  
Prof. Ing. Giulio MATERNINI



Una rotatoria a Chambéry in cui la **pista ciclabile** termina prima della rotatoria e il ciclista può scegliere se proseguire sull'anello veicolare o immettersi nel percorso pedonale, che in quel punto si trova allo stesso livello

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

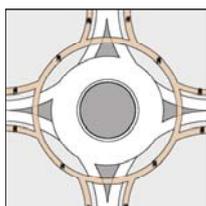
Secondo le *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*, nelle rotatorie poste in ambito urbano gli **attraversamenti pedonali** devono essere arretrati rispetto all'anello e ben segnalati (arretramento di 4-5 m del passaggio pedonale rispetto al bordo esterno dell'anello rotatorio).



Criteria di pianificazione e programmazione delle rotatorie  
Prof. Ing. Giulio MATERNINI



Un esempio di rotatoria potenzialmente pericolosa per i ciclisti, in quanto la corsia ad essi destinata è ricavata all'interno della corona giratoria e costituisce di fatto un ampliamento dell'anello veicolare



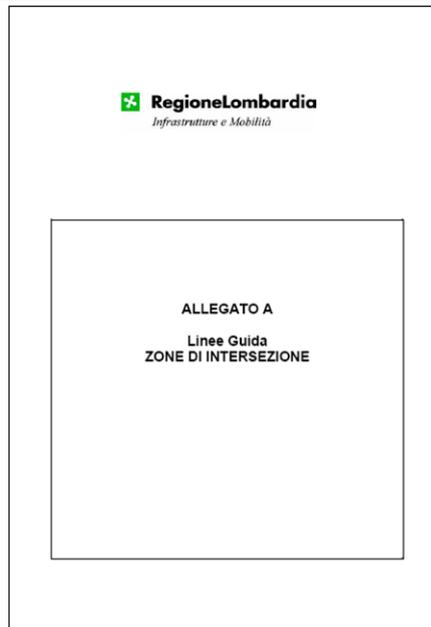
Un esempio di rotatoria sicura per i ciclisti, in quanto la corsia ad essi destinata è ricavata all'esterno della corona giratoria, con uno spazio intermedio di fermata per le automobili in entrata e in uscita dalla rotatoria

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009



Criteria di pianificazione e programmazione delle rotatorie  
Prof. Ing. Giulio MATERNINI

**Linee guida ZONE DI INTERSEZIONE della Regione Lombardia (D.G.R. n. 7/20829 del 16 febbraio 2005)**



Secondo Corso Specialistico TORINO, 14 dicembre 2009

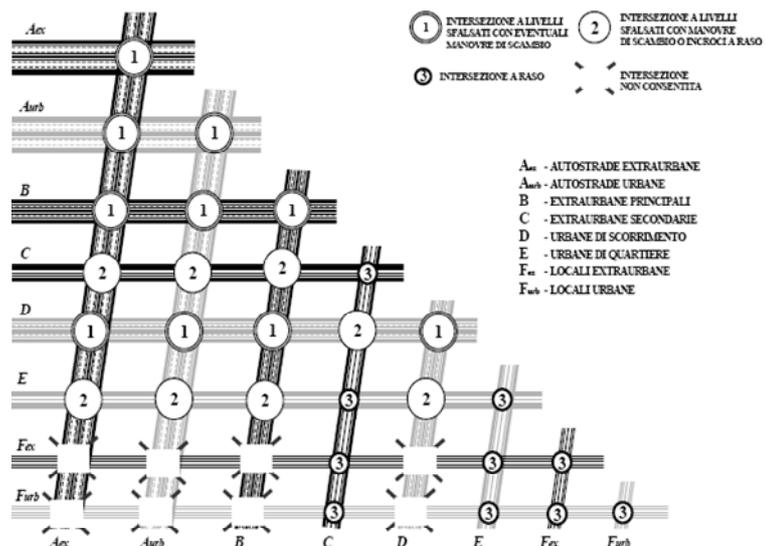
Criteria di pianificazione e programmazione delle rotatorie Prof. Ing. Giulio MATERNINI

**Scelta della tipologia di intersezioni: indicazioni per le nuove realizzazioni**

Laddove le connessioni sono ammesse, si danno indicazioni su come risolvere le intersezioni tra le diverse categorie di strade;

Possibilità o meno che possano essere presenti punti di conflitto tra le manovre di svolta;

Tra strade a carreggiata separata → Livelli sfalsati (1);  
 Tra una strada a carreggiata unica e una separata → Livelli sfalsati + manovre a raso solo in svolta sinistra (2);  
 Tra strade a carreggiata unica → A raso (3);



Secondo Corso Specialistico TORINO, 14 dicembre 2009

Criteria di pianificazione e programmazione delle rotatorie Prof. Ing. Giulio MATERNINI

## Scelta della tipologia di intersezioni: indicazioni per la rete esistente

*Estratto dalla tabella*

<i>R1 urbana</i>	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo.				
<i>R1 extraurbana</i>	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo.	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo.			
<i>R2 urbana</i>	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo.	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo.	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo.		
<i>R2 extraurbana</i>	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo.	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo.	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo.	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo.	

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

Criteria di pianificazione e programmazione delle rotonde  
Prof. Ing. Giulio MATERNINI

## Scelta della tipologia di intersezioni: caratteristiche tecniche ottimali

<i>P1 urbana</i>	Intersezioni a livelli sfalsati.	Intersezioni a livelli sfalsati.	Intersezioni a livelli sfalsati; intersezioni canalizzate con sole svolte a destra; intersezioni a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo/attivo (se isolate) e con sistema coordinato (se in serie).	Intersezioni a livelli sfalsati; intersezioni canalizzate con sole svolte a destra; intersezioni a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo/attivo (se isolate) e con sistema coordinato (se in serie).	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate.
<i>P1 extraurbana</i>	Intersezioni a livelli sfalsati.	Intersezioni a livelli sfalsati.	Intersezioni a livelli sfalsati; intersezioni canalizzate con sole svolte a destra; intersezioni a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo/attivo (se isolate) e con sistema coordinato (se in serie).	Intersezioni a livelli sfalsati; intersezioni canalizzate con sole svolte a destra; intersezioni a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo/attivo (se isolate) e con sistema coordinato (se in serie).	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate.
<i>P2 urbana</i>	Non consentita.	Non consentita.	Intersezioni a livelli sfalsati; intersezioni canalizzate con sole svolte a destra; intersezioni a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo/attivo (se isolate) e con sistema coordinato (se in serie).	Intersezioni a livelli sfalsati; intersezioni canalizzate con sole svolte a destra; intersezioni a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo/attivo (se isolate) e con sistema coordinato (se in serie).	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate.
<i>P2 extraurbana</i>	Non consentita.	Non consentita.	Intersezioni a livelli sfalsati; intersezioni canalizzate con sole svolte a destra; intersezioni a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo/attivo (se isolate) e con sistema coordinato (se in serie).	Intersezioni a livelli sfalsati; intersezioni canalizzate con sole svolte a destra; intersezioni a rotonda; intersezioni semaforizzate con impianti a ciclo semiattivo/attivo (se isolate) e con sistema coordinato (se in serie).	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate.
<i>L urbana</i>	Non consentita.	Non consentita.	Non consentita.	Non consentita.	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate.
<i>L extraurbana</i>	Non consentita.	Non consentita.	Non consentita.	Non consentita.	Intersezioni a raso lineari o a rotonda; intersezioni semaforizzate.
	<i>R1 urbana</i>	<i>R1 extraurbana</i>	<i>R2 urbana</i>	<i>R2 extraurbana</i>	<i>P1 urbana</i>

TORINO, 14 dicembre 2009

Prof. Ing. Giulio MATERNINI

### Tipologia e frequenza delle intersezioni in relazione alla classe funzionale della strada

Indicazioni circa la distanza minima accettabile tra due successive intersezioni lungo un asse viario. Vengono forniti due livelli di analisi: uno per la rete esistente, l'altro per la realizzazione di nuovi interventi. Necessità di adeguarsi comunque alle specificità dell'intersezione in analisi (entità e tipologia dei flussi, distribuzione percentuale manovre di svolta, caratteristiche morfologiche, ecc...)

Classe funzionale regionale	Tipo CNR	Frequenza massima intersezioni		
		Norme di salvaguardia della rete viaria esistente	Nuovi interventi sulla rete viaria	
R1	A	-	-	
	B	Una ogni 1,5 km.	Una ogni 1,5 km.	
	C	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.	
	D	Una ogni 700 m.	Una ogni 700 m.	
	E	Una ogni 500 m.	-	
	F	urbana	Una ogni 500 m.	-
		extraurbana	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con le sole svolte a destra ogni 500 m.	-

*Esempio per la classe funzionale regionale R1*

Le **intersezioni a raso di tipo rotatorio** sono intersezioni che, se ben progettate, permettono:

- ✓ di ottenere un elevato livello di sicurezza;
- ✓ di ridurre le velocità operative nella zona di intersezione;
- ✓ di gestire i flussi veicolari con discreti livelli di servizio.

Condizione ottimale per la loro realizzazione:

- ✓ presenza di flussi il più possibile uniformi in tutti i bracci di ingresso;
- ✓ strade che si intersecano della medesima gerarchia funzionale;
- ✓ numero elevato di veicoli in svolta a sinistra (> 400 veicoli/giorno).

### Le principali caratteristiche di una rotatoria:

- **isola centrale** inaccessibile circondata da un anello percorso dal traffico proveniente da più ingressi;
- circolazione a senso unico antiorario nell'anello;
- regola della precedenza al flusso circolante all'interno dell'anello;
- riduzione di velocità per i veicoli in ingresso imposta dalla deflessione delle traiettorie.

### Le rotatorie si distinguono in funzione del:

- tipo di **isola centrale** (sormontabile, parzialmente sormontabile, insormontabile);
- dimensioni del **diametro esterno**;
- collocazione nella rete stradale.

### Tipologie di rotatorie:

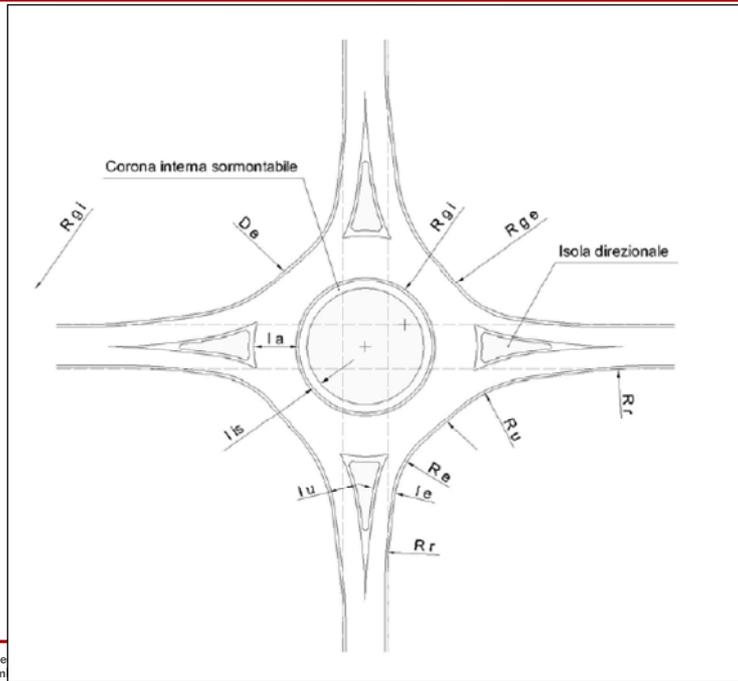
- **minirotorie sormontabili** ( $14 \text{ m} \leq D_e \leq 18 \text{ m}$ ; isola centrale sormontabile);
- **minirotorie parzialmente sormontabili** ( $18 \text{ m} \leq D_e \leq 26 \text{ m}$ ; isola centrale parzialmente sormontabile);
- **rotatorie compatte** ( $26 \text{ m} \leq D_e \leq 50 \text{ m}$ ; isola centrale parzialmente sormontabile);
- **grandi rotatorie** ( $50 \text{ m} \leq D_e \leq 70 \text{ m}$ ; isola centrale insormontabile);
- **rotatorie eccezionali** ( $D_e \geq 70 \text{ m}$ ; isola centrale insormontabile).

### Dimensioni minime del diametro esterno $D_e$ in relazione alla collocazione della rotatoria nella rete stradale:

	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F<sub>ex</sub></b>	<b>F<sub>urb</sub></b>
<b>C</b>	$\geq 26$	$\geq 50^*$	$\geq 26$	$\geq 26$	$\geq 26$
<b>D</b>	$\geq 50^*$	$\geq 50^*$	$\geq 50^*$	-	-
<b>E</b>	$\geq 26$	$\geq 50^*$	$\geq 26$	$\geq 26$	$\geq 18$
<b>F<sub>ex</sub></b>	$\geq 26$	-	$\geq 26$	$\geq 26$	$\geq 26$
<b>F<sub>urb</sub></b>	$\geq 26$	-	$\geq 18$	$\geq 18$	$\geq 14$

\* in casi del tutto eccezionali (urbanizzato esistente in fregio alle strade) è ammissibile un diametro esterno  $D_e$  di 40 m.

**Elementi di progetto delle rotatorie:**



Secondo Corso Spe  
TORINO, 14 dicem

zione delle rotatorie

**Valori di progetto degli elementi costituenti le rotatorie:**

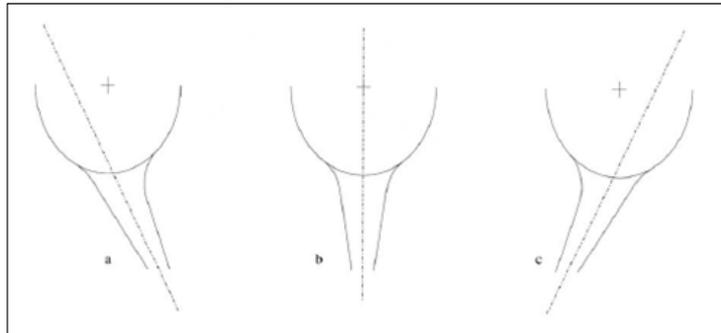
	Notazione	Intervallo di validità	Valore [m]			
			Mini rotatorie sormontabili	Mini rotatorie parzialmente sormontabili	Rotatorie compatte	Grandi rotatorie Rotatorie eccezionali
Diametro della rotatoria	$D_e$	$D_e \geq (14 \text{ m}) 18 \text{ m}$	14-18	18-26	26-50	> 50
Raggio giratorio esterno	$R_{ge}$	$D_e/2$	7-9	9-13	13-25	> 25
Raggio giratorio interno	$R_{gi}$	$R_g - I_a$	0-2	variabile	variabile	variabile
Larghezza dell'anello	$I_a$	$7 \text{ m} \leq I_a \leq 9 \text{ m}$	7-8	7-8	8-9	9-10
Larghezza anello interno sormontabile	$I_{is}$	$0 \leq I_{is} \leq 2 \text{ m}$	Isola centrale completamente sormontabile	1,5-2	1,5-2	0
Raggio d'entrata	$R_e$	$10 \text{ m} \leq R_e \leq D_e/2$	10	10-13	10-25	$10 + D_e/2$
Larghezza corsia entrante	$I_e$	$4 \text{ m} \leq I_e \leq 4,5 \text{ m}$ (1 corsia) $7 \text{ m} \leq I_e \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$I_e \leq 4,5$ (f.c.)	$I_e \leq 4,5$ (f.c.)	$4 \leq I_e \leq 4,5$ (f.c.) $7 \leq I_e \leq 9$ (2 c.)	$4 \leq I_e \leq 4,5$ (f.c.) $7 \leq I_e \leq 9$ (2 c.)
Raggio d'uscita	$R_u$	$15 \text{ m} \leq R_u \leq 30 \text{ m}$	15-30	15-30	15-30	15-30
Larghezza corsia uscita	$I_u$	$4,5 \text{ m} \leq I_u \leq 6 \text{ m}$ (1 corsia) $7,5 \text{ m} \leq I_u \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$I_u \leq 6$ (f.c.)	$I_u \leq 6$ (f.c.)	$4,5 \leq I_u \leq 6$ (f.c.) $7,5 \leq I_u \leq 9$ (2 c.)	$4,5 \leq I_u \leq 6$ (f.c.) $7,5 \leq I_u \leq 9$ (2 c.)
Raggio di raccordo	$R_r$	$2 \times D_e$	28-36	36-52	52-100	> 100

Secondo C  
TORINO,

torie

### Direzione dell'asse di un braccio afferente ad una rotatoria

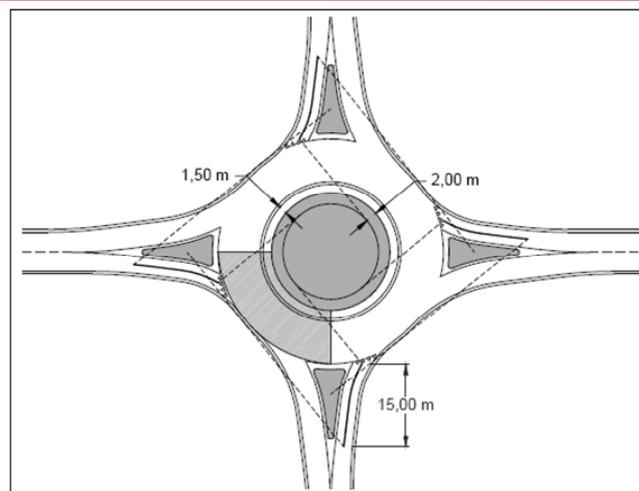
La **posizione dell'isola centrale** è da ritenersi ottimale se gli assi delle arterie afferenti al nodo passano per il suo centro (b): occorre fare in modo che tale condizione sia sempre rispettata, ammettendosi comunque anche una leggera eccentricità sulla sinistra (a). Sulle strade di tipo E ed F è ammissibile anche una leggera eccentricità sulla destra (c).



Direzione dell'asse di un braccio afferente ad una rotatoria:

a) ammissibile; b) ottimale; c) da escludere ed al limite ammissibile per strade di tipo E o F.

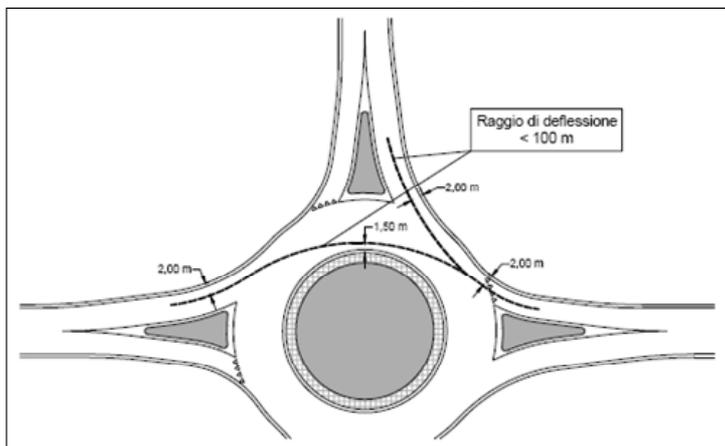
### Area di visibilità da garantire nelle rotatorie



Gli utenti che si avvicinano ad una rotatoria devono percepire i veicoli con precedenza all'interno della corona in tempo per poter modificare la propria velocità, per cedere il passaggio o eventualmente per fermarsi.

## Deflessione

Si 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.

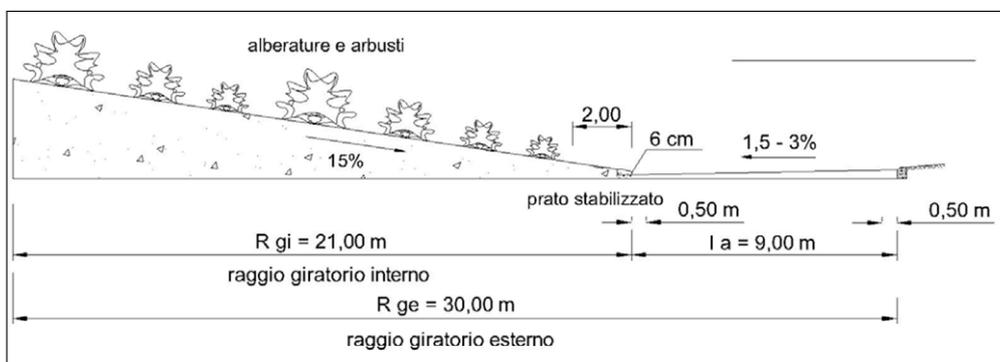


Il **raggio di deflessione** deve essere inferiore a 100 m: in tal modo le velocità inerenti alle traiettorie "più tese" non potranno essere superiori a 50 km/h.

## Geometria degli elementi

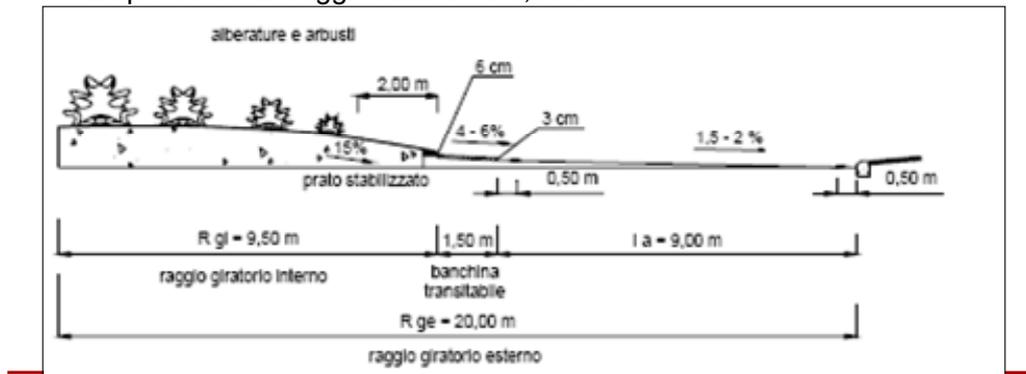
**Isola centrale:** La presenza di una collinetta sull'isola centrale è fortemente consigliata in quanto consente una maggiore percezione della rotatoria e garantisce velocità di ingresso meno elevate a causa della non completa visibilità su tutta l'area d'intersezione. La pendenza della collinetta non può essere superiore del 15%.

E' necessario mantenere una corona libera da ogni tipologia di ostacolo visivo (arbusti,...) di larghezza pari a 2 m misurata a partire dal bordo interno della corona sormontabile o dal bordo periferico dell'isola centrale (nel caso di rotatorie con isola centrale insormontabile).



Nei casi specifici occorre evidenziare che per rotatorie con:

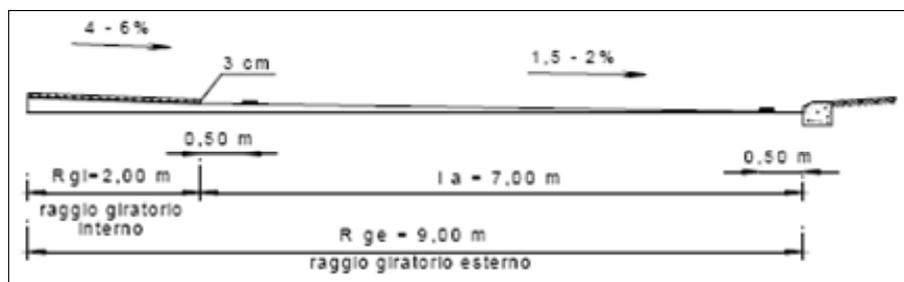
- **isola centrale parzialmente sormontabile**: l'anello interno o corona sormontabile, di larghezza variabile tra 1,5 e 2 m, deve essere rialzata dalla carreggiata anulare per consentire solo ai mezzi pesanti il suo sormonto (o agli altri veicoli solo in casi eccezionali) tramite un gradino di 3 cm e realizzata con materiali differenti rispetto alla carreggiata anulare. La pendenza della fascia sormontabile deve essere normalmente compresa tra il 4 e il 6% e, in ogni caso, non deve essere superiore del 10%. La parte insormontabile dell'isola centrale deve comunque avere un raggio minimo di 3,5 m.



*Esempio di isola centrale di rotatoria compatta*

LAGS  
LABORATORIO PER IL GOVERNO DELLA SICUREZZA STRADALE  
SECONDO CORSO SPECIALISTICO: LE ROTATORIE DI SECONDA GENERAZIONE

- **isola centrale sormontabile**: è preferibile, piuttosto che l'utilizzo della sola segnaletica orizzontale, realizzare l'isola centrale sormontabile con una pendenza compresa tra il 4 e il 6% e con materiali differenti rispetto alla carreggiata anulare.



*Esempio di isola centrale di minirotonda completamente sormontabile*

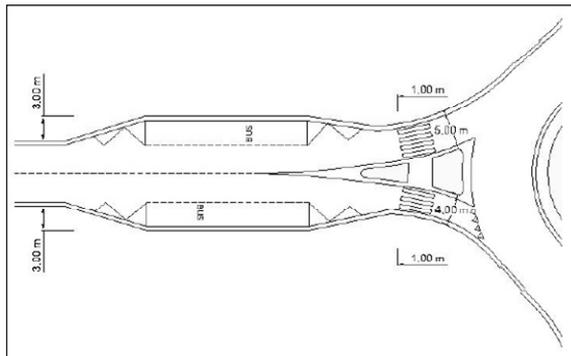
La **carreggiata anulare**, o anello, è costituita da una o più corsie di marcia comprensive delle banchine.

La sua larghezza ( $la$ ) deve essere mantenuta costante lungo tutto il suo sviluppo. In particolare le dimensioni dell'anello, comprensive delle banchine, variano in funzione delle dimensioni della rotatoria e del numero delle corsie di ingresso:

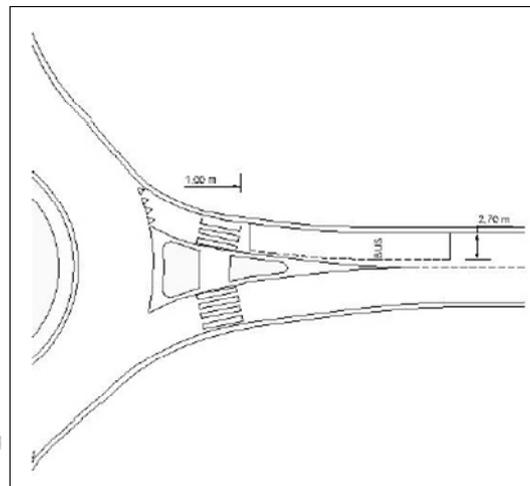
- *minirotorie ( $De < 26\text{ m}$ ):* 7÷8 m
- *rotatorie compatte ( $26\text{ m} \leq De < 50\text{ m}$ ) con ingressi a singola corsia:* 8 m
- *rotatorie compatte ( $26\text{ m} \leq De < 50\text{ m}$ ) con ingressi a doppia corsia:* 9 m
- *grandi rotatorie e rotatorie "eccezionali":* 9÷10 m

La larghezza dell'anello può tuttavia essere aumentata per garantire l'iscrizione dei mezzi pesanti internamente alla rotatoria allorché ne sia comprovata la necessità.

### Accorgimenti per il trasporto pubblico locale

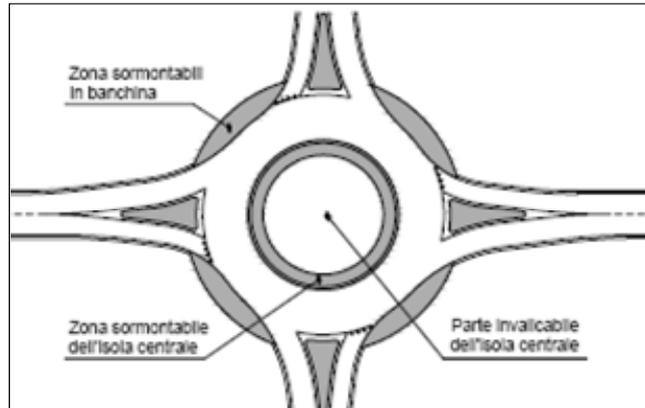


Apprestamenti per i mezzi pubblici con piazzola riservata.



Apprestamenti per i mezzi pubblici senza piazzola riservata.

### Accorgimenti per i veicoli eccezionali

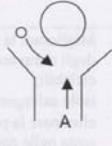


Esempio di sistemazione di una rotatoria per tenere conto dei movimenti dei **veicoli eccezionali**.

## LA NORMATIVA FRANCESE

### SULLE INTERSEZIONI STRADALI URBANE

(CERTU, "Carrefours urbains guide", 1999)

Tipo di incidente	Cause possibili	Soluzioni possibili
<p>Non rispetto della precedenza</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevate velocità in ingresso;</li> <li>eccessiva ampiezza del raggio in ingresso;</li> <li>traiettorie in ingresso dirette;</li> <li>numero di corsie in ingresso troppo elevato;</li> <li>eccessiva larghezza della corsia di ingresso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riduzione della larghezza in ingresso, compatibilmente con i volumi di traffico;</li> <li>cercare una soluzione che condizioni maggiormente il comportamento degli utenti in ingresso (isola spartitraffico, riduzione del raggio in ingresso, ridisegno del tracciato stradale in approccio all'intersezione;</li> <li>in presenza di un'isola centrale di forma ovale, ridisegno dell'isola in forma circolare.</li> </ul>
<p>Non rispetto della precedenza da parte di un'autovettura in ingresso rispetto ad un veicolo a due ruote che circola nell'anello</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevate velocità in ingresso;</li> <li>velocità eccessive;</li> <li>eccessiva larghezza della corsia di ingresso;</li> <li>ingresso lungo direttrice tangenziale o con raggio in ingresso eccessivamente elevato;</li> <li>rotatoria eccessivamente ampia rispetto al contesto urbano in cui è inserita o al tipo di strade che vi convergono;</li> <li>forma ovale troppo accentuata;</li> <li>isola spartitraffico di dimensioni troppo ridotte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le stesse soluzioni del caso precedente;</li> <li>prevedere una pista ciclabile (sulle grandi rotonde, con raggio esterno superiore ai 20 m) o una corsia ciclabile (l'efficacia di questi elementi resta tuttavia ancora da provare);</li> <li>riduzione delle dimensioni della rotatoria, compatibilmente con il contesto, la geometria delle strade in ingresso e i flussi di traffico.</li> </ul>

Intersezioni con circolazione rotatoria

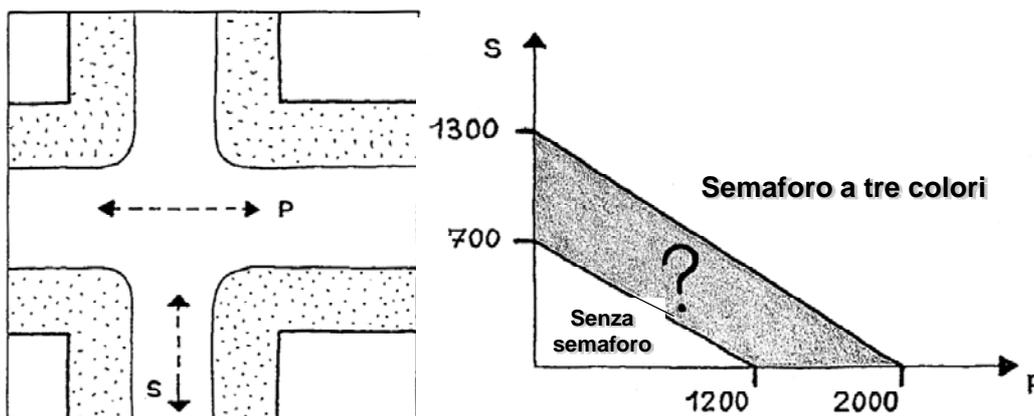
Tipo di incidente	Cause possibili	Soluzioni possibili
<p>Perdita di controllo in ingresso</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevate velocità in ingresso;</li> <li>scarsa percepibilità dell'intersezione in approccio (segnaletica, ecc.);</li> <li>eccessiva rigidità dei manufatti dell'isola centrale (fattore di aggravamento delle conseguenze);</li> <li>novità (incidenti che si verificano appena dopo l'apertura al traffico dell'intersezione);</li> <li>eccessive pendenze per i veicoli in ingresso;</li> <li>difficoltà di lettura del tracciato stradale in approccio alla rotatoria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interventi atti a ridurre le velocità veicolari in ingresso (restringimento della carreggiata, interventi per il miglioramento della percezione visiva dell'intersezione, segnaletica, ecc.);</li> <li>miglioramento della percepibilità dell'intersezione: sistemazione dell'isola centrale in modo che sia visibile da lontano, isole spartitraffico in ingresso, diverso andamento planimetrico delle strade in ingresso, rafforzamento della segnaletica sull'isola centrale;</li> <li>eliminazione degli elementi eccessivamente rigidi sull'isola centrale;</li> <li>segnaletica temporanea nei mesi successivi la messa in esercizio dell'infrastruttura;</li> <li>integrazione della rotatoria in un disegno sequenziale di approccio all'intersezione.</li> </ul>

Intersezioni con circolazione rotatoria

<p>Incidenti a pedoni in attraversamento</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevata larghezza della corsia d'ingresso e di uscita dall'anello;</li> <li>Assenza dell'isola salvagente;</li> <li>inadeguata posizione dell'attraversamento pedonale (troppo prossimo all'anello);</li> <li>eccessivo allungamento dei percorsi pedonali (attraversamenti illegali).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ridurre la larghezza delle corsie in ingresso ed uscita, compatibilmente con i volumi di traffico;</li> <li>prevedere un'isola salvagente;</li> <li>rivedere la posizione degli attraversamenti pedonali;</li> <li>rivedere la tipologia dell'intersezione (evitare la semaforizzazione della rotatoria).</li> </ul>
<p>Perdita di controllo di un veicolo a due ruote nell'anello</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocità eccessiva;</li> <li>pavimentazione scivolosa;</li> <li>isola centrale di forma non circolare.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manutenzione regolare della corsia nell'anello.</li> </ul>

Intersezioni con circolazione rotatoria

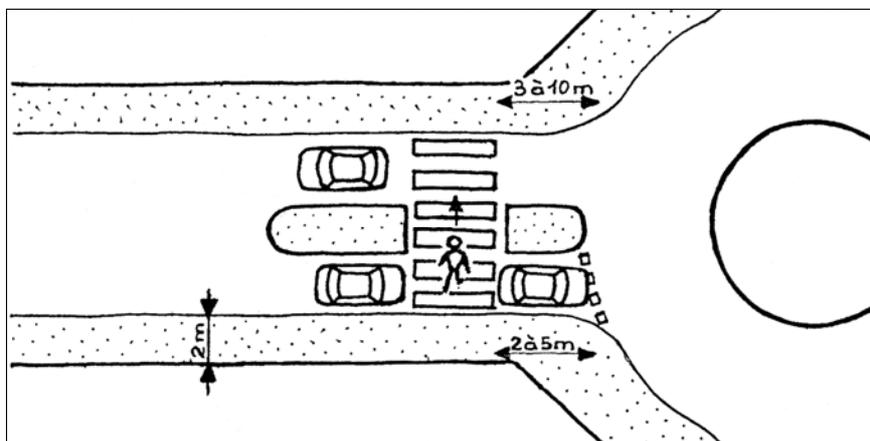
**Criteria di scelta di una intersezione semaforizzata**



S = Flusso di traffico lungo la strada secondaria in veicoli equivalenti/ora nei due sensi di marcia

P = Flusso di traffico lungo la strada principale in veicoli equivalenti/ora nei due sensi di marcia

**Utenti deboli e mezzi di Trasporto pubblico collettivo nella progettazione di intersezioni con circolazione rotatoria**



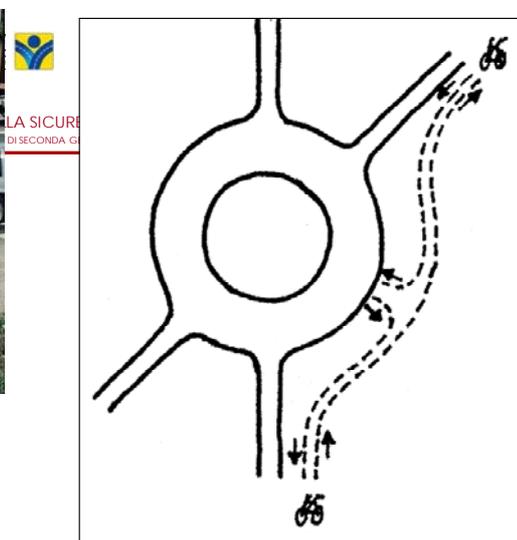
Percorso pedonale e isola separatrice non devono essere occupati da vegetazione o segnaletica che mascherino i pedoni

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

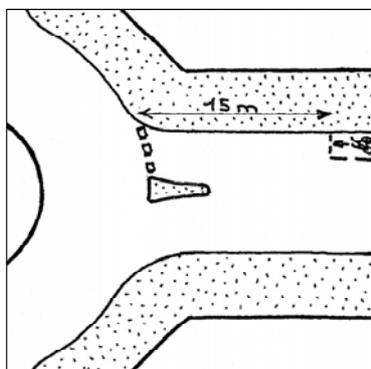
Criteria di pianificazione e programmazione delle rotatorie  
Prof. Ing. Giulio MATERNINI



Corsia ciclabile in una rotatoria

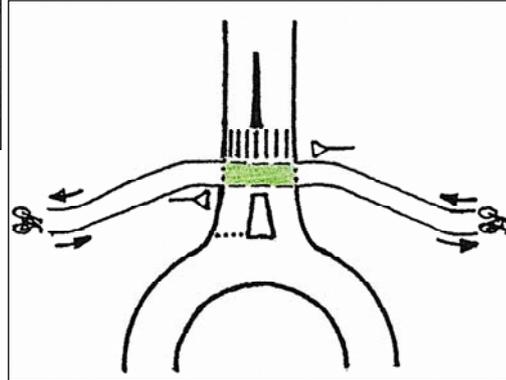


Raccordo tra pista ciclabile bidirezionale e rotatoria.



Interruzione della corsia ciclabile a 15 m dalla linea di "dare la precedenza"

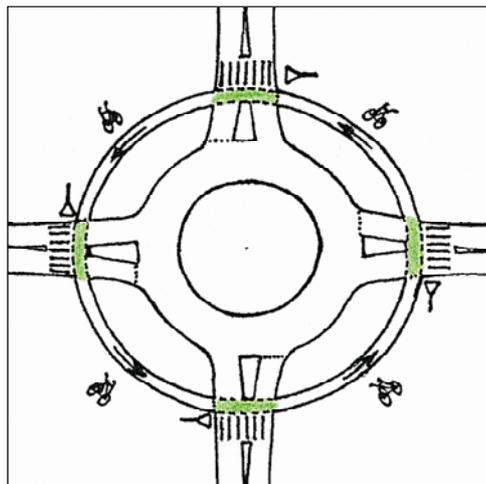
La **pista ciclabile** può essere raccordata all'anello a condizione che sia bidirezionale. L'accesso dall'anello sarà posizionato in corrispondenza dei settori circolari non interessati dalla confluenza delle braccia.



Attraversamento ciclabile affiancato a quello pedonale.

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

Criteria di pianificazione e programmazione delle rotatorie  
Prof. Ing. Giulio MATERNINI



La realizzazione di una pista ciclabile esterna alla corsia anulare viene prevista laddove la circolazione dei ciclisti è particolarmente pericolosa. Questa configurazione permette di eliminare alcune tipologie di incidente, ma riporta i conflitti in corrispondenza degli attraversamenti lungo le braccia della rotatoria. Per limitare il rischio di incidente, è preferibile che la pista ciclabile sia monodirezionale e di evitare alle intersezioni di concedere la priorità ai ciclisti.

Pista ciclabile esterna alla corsia anulare

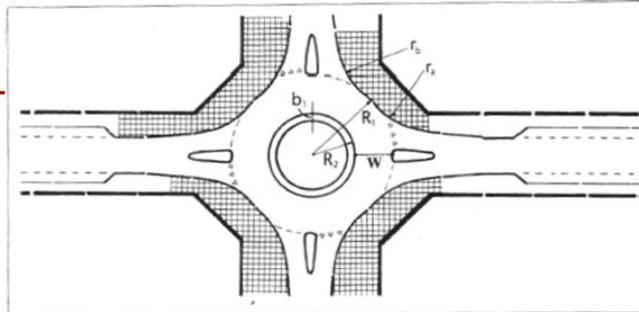
Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

Criteria di pianificazione e programmazione delle rotatorie  
Prof. Ing. Giulio MATERNINI

## LA NORMATIVA OLANDESE PER LA PROGETTAZIONE DELLE INTERSEZIONI STRADALI

(ASVV, "Recommendations for traffic provisions in built-up areas", CROW, 1998)

ROTATORIA TRAFFICO PROMISCO



### Campo di applicazione

- Flusso < 8.000 veicoli equivalenti/giorno nell'anello;
- in strade locali.

### Realizzazione

- Elementi verticali dovrebbero essere posti nell'isola centrale;
- assicurare la leggibilità dell'intersezione attraverso un'adeguata illuminazione;
- può essere realizzata senza isole spartitraffico.

### Dimensionamento

- $R_1 = 12,50 \div 20,00$  m;
- $R_2 = 6,50 \div 15,00$  m;
- $r_a = 10,00$  m;
- $r_b = 15,00$  m con isola centrale;
- $r_b = 12,00$  m senza isola centrale;
- $W = 5,00 \div 6,00$  m, dipende da  $R_1$  e  $R_2$ ;
- $b_1 = 1,50$  (1,00) m.

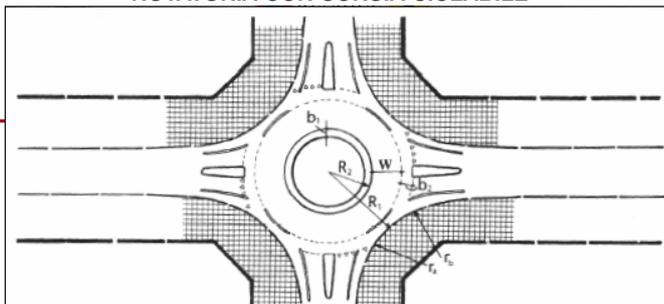
### Aspetti positivi

- Capacità relativamente elevata;
- buona percepibilità dell'intersezione;
- maggiore sicurezza rispetto alla soluzione ad incrocio ordinario;
- buona riduzione delle velocità veicolari;
- buona percepibilità dei ciclisti.

### Aspetti negativi

- Probabilità di incidente tra veicoli motorizzati e ciclisti;
- tendenza dei ciclisti a spostarsi verso il centro della carreggiata anulare per ridurre la lunghezza delle traiettorie;
- i mezzi pesanti e gli autobus possono incontrare difficoltà nell'effettuare le manovre di svolta quando  $R_1$  ed  $R_2$  sono ridotti.

ROTATORIA CON CORSIA CICLABILE



**Campo di applicazione**

- Da non realizzare in zone residenziali;
- lungo strade urbane interzonali o di quartiere;
- flusso < 8.000 veicoli equivalenti/giorno nell'anello.

**Realizzazione**

- Elementi verticali dovrebbero essere posti nell'isola centrale;
- assicurare la leggibilità attraverso un'adeguata illuminazione;
- possono non essere previste isole spartitraffico materializzate nei bracci con minor traffico;
- è preferibile la separazione tra la corsia ciclabile e la carreggiata;
- in corrispondenza degli ingressi

**Dimensionamento**

- $R_1 = 14,50 \div 22,00$  m;
- $R_2 = 6,50 \div 15,00$  m;
- $r_a = 10,00$  m;
- $r_a = 8,00$  m;
- $r_b = 15,00$  m con isola centrale;
- $r_b = 12,00$  m senza isola centrale;
- $W = 5,00 \div 6,00$  m, dipende da  $R_1$  e  $R_2$ ;
- $b_1 = 1,50$  (1,00) m;
- $b_2 = 2,00$  (1,50) m.

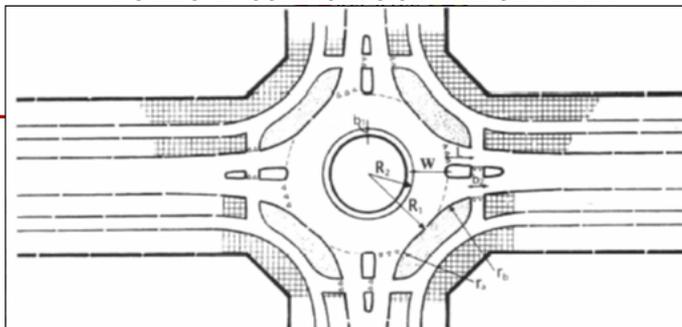
**Aspetti positivi**

- Capacità relativamente elevata;
- buona la perceibilità dell'intersezione;
- maggiore sicurezza rispetto alla soluzione ad incrocio ordinario;
- buona riduzione delle velocità veicolari;
- buona perceibilità dei ciclisti.

**Aspetti negativi**

- Probabilità di incidente tra veicoli motorizzati e ciclisti in assenza di elementi separatori tra le corsie;
- tendenza dei ciclisti a spostarsi verso il centro della carreggiata anulare per ridurre la lunghezza delle traiettorie;
- i mezzi pesanti e gli autobus possono incontrare difficoltà nell'effettuare le manovre di svolta quando  $R_1$  ed  $R_2$  sono ridotti.

ROTATORIA CON PISTA CICLABILE SEPARATA



**Campo di applicazione**

- Lungo strade urbane di quartiere;
- flusso > 5.000 veicoli equivalenti/giorno nell'anello;
- da non realizzare nelle zone residenziali.

**Realizzazione**

- Elementi verticali dovrebbero essere posti nell'isola centrale;
- assicurare la leggibilità attraverso un'adeguata illuminazione;
- possono non essere previste isole spartitraffico materializzate nei bracci con minor traffico;
- deviare il traffico ciclistico all'esterno della rotatoria;
- in corrispondenza degli attraversamenti ciclabili la segnaletica deve chiaramente indicare il regime delle precedenza (a favore dei veicoli).

**Dimensionamento**

- $R_1 = 12,50 \div 20,00$  m
- $R_2 = 6,50 \div 15,00$  m
- $r_a = 12,00$  m
- $r_a = 8,00$  m

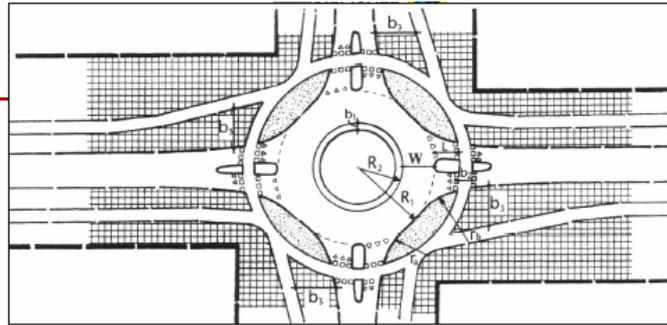
- $r_b = 15,00$  m con isola centrale;
- $r_b = 12,00$  m senza isola centrale;
- $W = 5,00 \div 6,00$  m, dipende da  $R_1$  e  $R_2$ ;
- $b_1 = 1,50$  (1,00) m
- $b_2 = 2,00$  (1,50) m
- $L = 5,00$  m

**Aspetti positivi**

- Capacità relativamente elevata;
- buona la perceibilità dell'intersezione;
- maggiore sicurezza rispetto alla soluzione ad incrocio ordinario;
- buona riduzione delle velocità veicolari;
- buon livello di sicurezza dei ciclisti.

**Aspetti negativi**

- I mezzi pesanti e gli autobus possono incontrare difficoltà nell'effettuare le manovre di svolta quando  $R_1$  ed  $R_2$  sono ridotti;
- attesa dei ciclisti in corrispondenza degli attraversamenti.



**Campo di applicazione**

- Lungo strade urbane di quartiere;
- flusso > 5.000 veicoli equivalenti/giorno nell'anello;
- da non realizzarsi nelle zone residenziali.

**Realizzazione**

- Elementi verticali dovrebbero essere posti nell'isola centrale;
- assicurare la leggibilità attraverso un'adeguata illuminazione;
- possono non essere previste isole spartitraffico materializzate nei bracci con minor traffico;
- deviare il traffico ciclistico all'esterno della rotatoria;
- in corrispondenza degli attraversamenti ciclabili la segnaletica deve chiaramente indicare il regime delle precedenza (a favore dei ciclisti).

**Dimensionamento**

- $R_1 = 12,50 \div 20,00$  m
- $R_2 = 6,50 \div 15,00$  m
- $r_a = 12,00$  m
- $r_a = 8,00$  m

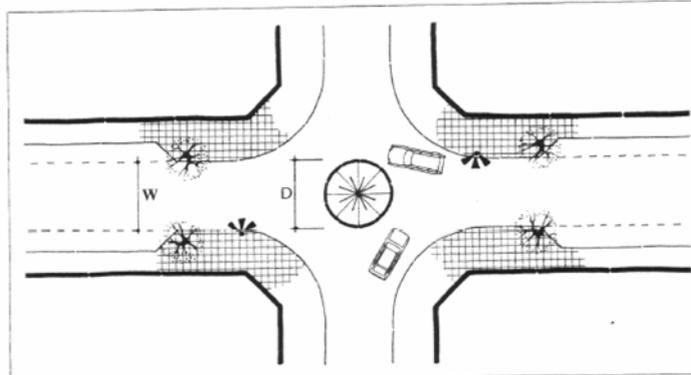
- $r_b = 15,00$  m con isola centrale;
- $r_b = 12,00$  m senza isola centrale;
- $W = 5,00 \div 6,00$  m, dipende da  $R_1$  e  $R_2$ ;
- $b_1 = 1,50$  (1,00) m
- $b_2 = 2,00$  m
- $b_3 =$  più ampio possibile
- $L = 5,00$  m

**Aspetti positivi**

- **Capacità relativamente elevata;**
- **buona la perceibilità dell'intersezione;**
- **maggiore sicurezza rispetto alla soluzione ad incrocio ordinario;**
- **buona riduzione delle velocità veicolari;**
- **i ciclisti hanno la precedenza.**

**Aspetti negativi**

- **I mezzi pesanti e gli autobus possono incontrare difficoltà nell'effettuare le manovre di svolta quando  $R_1$  ed  $R_2$  sono ridotti.**



**Campo di applicazione**

- Flusso < 400 600 veicoli equivalenti/ora nell'ora di punta;
- $V_{85} < 50$  km/h;
- lungo la rete delle strade secondarie;
- strade a doppio senso di marcia.

**Realizzazione**

- Dove lo spazio è limitato, l'isola centrale può essere sormontabile;
- dove lo spazio è disponibile, l'isola può essere sopraelevata.

**Dimensionamento**

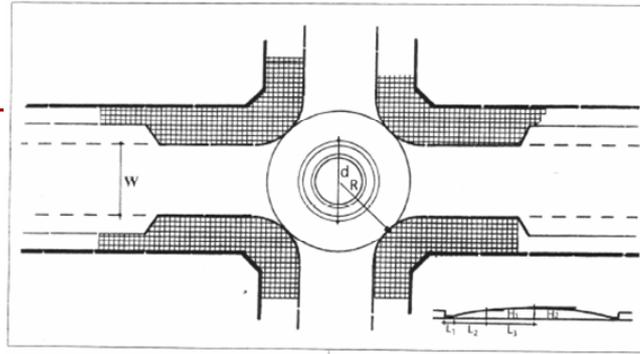
- D preferibilmente  $\geq W$ ;
- sopraelevazione di 0,10 0,12 m.

**Aspetti positivi**

- **Buona riduzione della velocità;**
- **migliora la leggibilità del profilo dell'intersezione.**

**Aspetti negativi**

- **I veicoli in svolta a sinistra possono attraversare l'area di intersezione diagonalmente.**



**Campo di applicazione**

- Flusso < 400 - 600 veicoli equivalenti/ora nell'ora di punta;
- $V_{85} < 50$  km/h;
- lungo la rete delle strade secondarie;
- strade a doppio senso di marcia.

**Realizzazione**

- Pavimentazione in di due colori;
- Profilo convesso della pavimentazione.

**Dimensionamento**

- $R = 5,00 - 10,00$  m
- $H_1 = 0,10$  m
- $H_2 = 0,12 - 0,14$  m
- $L_1 = 0,75$  m
- $L_2 = 1,50$  m
- $L_3$  variabile, dipende da W
- $d = W$

**Aspetti positivi**

- Buona riduzione della velocità;
- migliora la leggibilità del profilo dell'intersezione.

**Aspetti negativi**

- I veicoli in svolta a sinistra possono attraversare l'area di intersezione diagonalmente.

**LA NORMATIVA TEDESCA SULLE INTERSEZIONI**

**(EAE85/95, 1995)**

**Schemi di intersezioni stradali in ambito urbano**

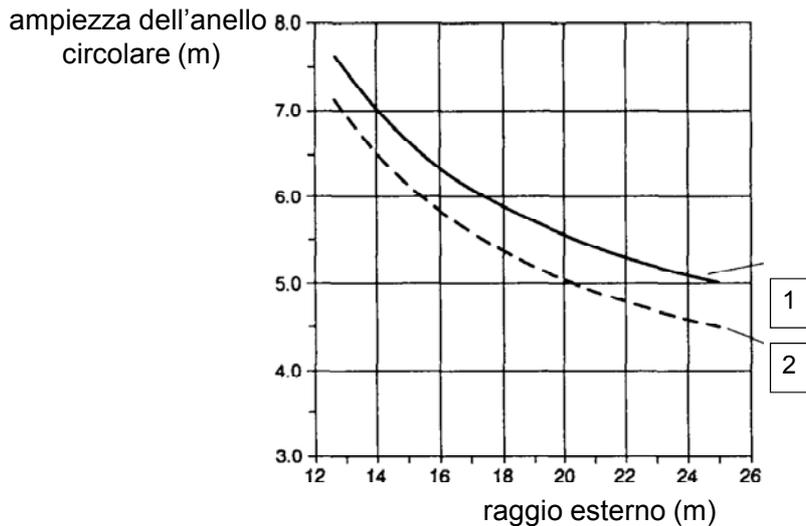
Nella progettazione delle intersezioni urbane si devono considerare con attenzione:

- flussi di tutte le componenti di traffico presenti sulle strade afferenti;
- dimensioni delle carreggiate e numero delle corsie di marcia;
- spazio edificato ai lati delle strade.

Tipo di intersezione	Immissioni	Incroci
Immissione o incrocio tra strade a due corsie		
Immissione o incrocio tra una strada a due carreggiate e una strada ad unica carreggiata e due corsie (di solito semaforizzata)		
Immissione o incrocio tra due strade a due carreggiate (di solito semaforizzata)		
Immissione o incrocio con almeno una strada a due carreggiate e ampi spartitraffico		
<b>Intersezione con circolazione rotatoria tra strade a due corsie o a due carreggiate</b>		
Incrocio di strade a due corsie disassate.		
Incrocio a livelli sfalsati di strade a due corsie o a due carreggiate		

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

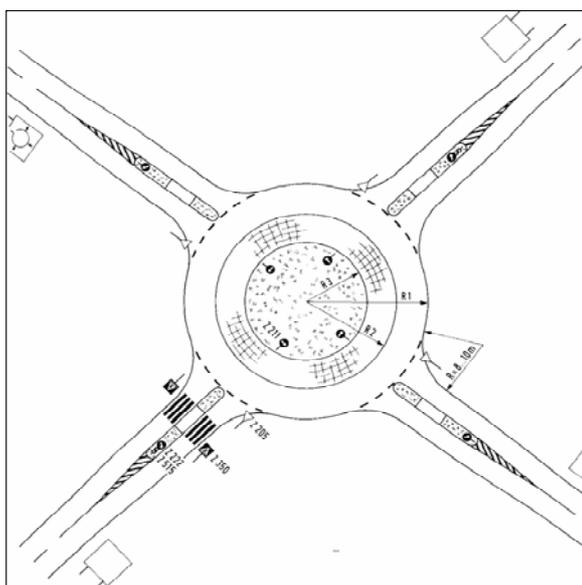
**Dimensioni delle rotatorie compatte (con  $D_e = 25 - 40$  m)**



**CURVA 1 - con ampliamento della carreggiata per consentire il traffico pesante**  
**CURVA 2 - senza ampliamento della carreggiata**

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

Criteria di pianificazione e programmazione delle rotatorie  
Prof. Ing. Giulio MATERNINI



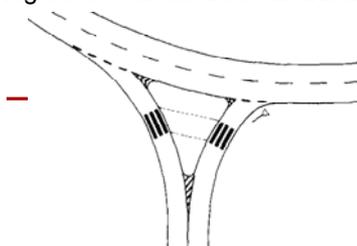
### Rotatoria compatta con corona sormontabile

L'ampliamento dell'anello, per consentire il transito dei mezzi pesanti, può rendere eccessivamente larghe le carreggiate anulari, fino ad eliminare l'effetto della deflessione.

In questi casi risulta opportuno suddividere la larghezza dell'anello in modo che la carreggiata abbia un'ampiezza compresa tra i 4 e i 5 m, con la restante parte sormontabile dai mezzi pesanti, pavimentata in modo diverso e delimitata da un cordolo alto 2-3 cm.

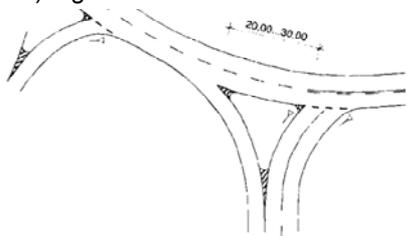
La corona sormontabile può avere una pendenza trasversale maggiore di quella dell'anello.

### a) Ingresso e uscita a corsia unica Rotatorie con $D_e > 40m$ e con anello a due corsie



Le grandi rotatorie hanno essenzialmente la funzione di permettere il transito di elevate quantità di traffico nelle ore di punta, mantenendo un elevato grado di sicurezza negli orari di minor traffico. L'anello è generalmente costituito da due corsie veicolari, le quali servono principalmente per la preselezione delle correnti veicolari, comportando un aumento piuttosto modesto della capacità.

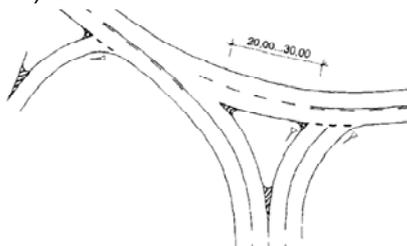
### b) Ingresso a due corsie



Le strade in ingresso possono avere un'unica corsia solo in presenza di flussi veicolari di modesta intensità (fino a circa 1000 veic/h nell'anello e 500 veic/h in ingresso (caso a))

Nel caso di flussi maggiori e impegno predominante della corsia esterna in svolta è necessario prevedere ingressi a due corsie (casi b e c)

### c) Uscita a due corsie



Le strade in uscita possono essere dotate di due corsie (caso c) se:

- predomina costantemente la corrente veicolare in uscita dalla rotatoria;
- può essere mantenuta una distanza minima compresa tra i 20 e i 30 m dalla precedente corsia di ingresso;
- gli attraversamenti pedonali e ciclabili possono essere realizzati a livelli sfalsati.

### Diametro esterno D delle rotatorie

Limiti d'impiego	Mini rotatoria	Rotatoria compatta
Valore minimo	13 m	26 m
Valore medio	-	30 m - 35 m
Valore massimo	22 m	40 m

### Rapporto tra il diametro esterno D e la larghezza dell'anello rotatorio BK

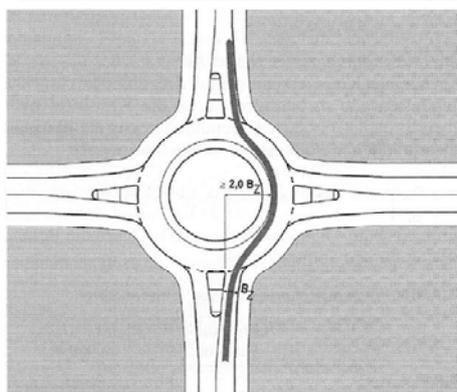
Elemento	Mini-rotatoria	Rotatoria compatta			
Diametro esterno D	13 m - 22 m	26 m	30 m	35 m	≥ 40 m
Larghezza dell'anello rotatorio B <sub>K</sub>	4,00 m - 6,00 m*)	9,00 m	8,00 m	7,00 m	6,50 m

### Larghezza della corsia di ingresso e di uscita

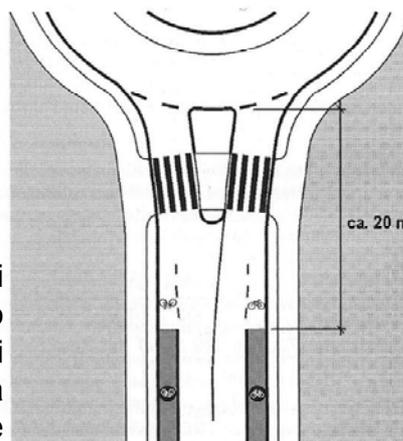
Larghezza corsia	Mini-rotatoria	Rotatoria compatta
Ingresso B <sub>Z</sub>	3,25 m - 3,75 m	
Uscita B <sub>A</sub>	3,50 m - 4,00 m	

### Raggi di curvatura

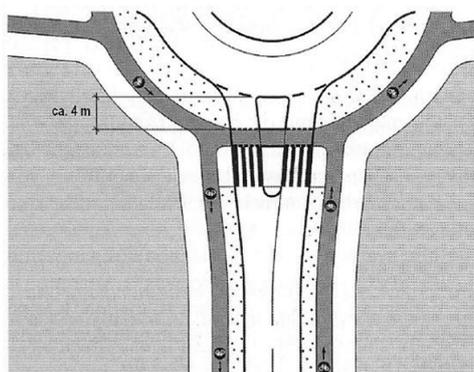
Raggio di curvatura	Mini-rotatoria	Rotatoria compatta
Ingresso R <sub>Z</sub>	8 m - 10 m	10 m - 14 m
Uscita R <sub>A</sub>	8 m - 10 m	12 m - 16 m



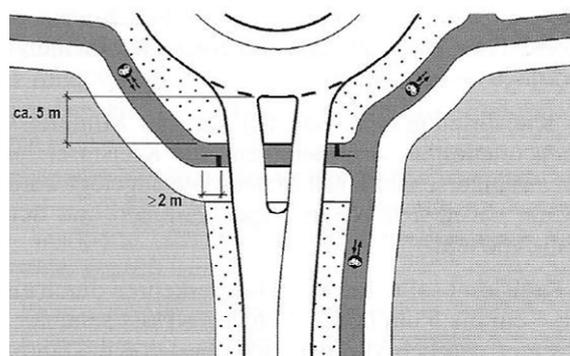
Deflessione della traiettoria di un veicolo in marcia in rettilo per effetto dell'isola centrale ed eventualmente della corona sormontabile



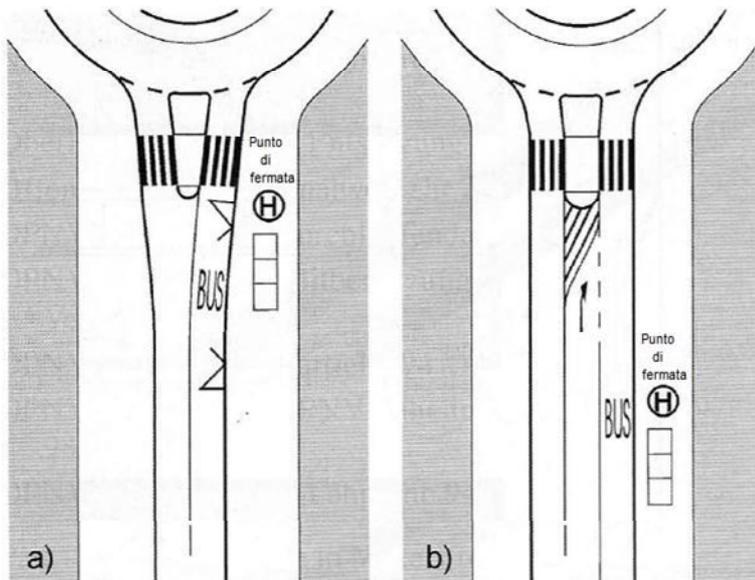
Esempio di tracciato per ciclisti lungo un braccio dell'intersezione all'interno di una zona edificata: corsia ciclabile



Esempio di tracciato per velocipedi lungo un braccio dell'intersezione all'interno di una zona edificata: pista ciclabile



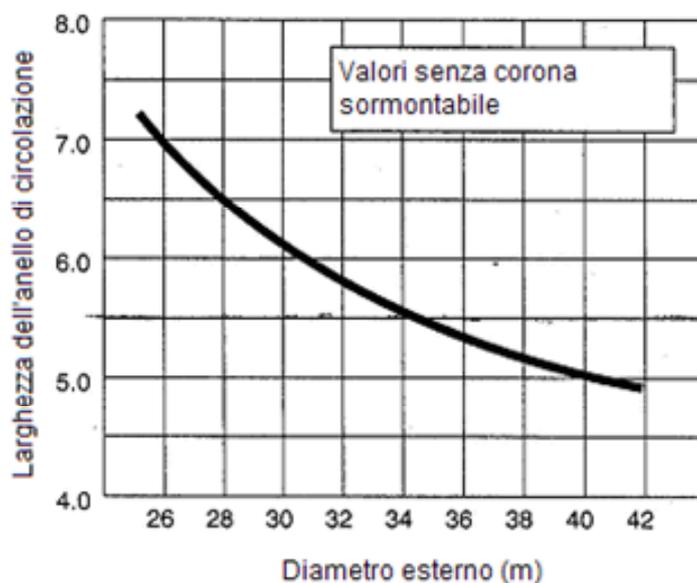
Esempio di tracciato per velocipedi a doppio senso (senza diritto precedenza) subito all'esterno di una zona edificata



Posizione e Realizzazione delle fermate all'ingresso di una rotonda

- a) Fermata a margine della carreggiata (o penisola di fermata)
- b) Fermata con confluenza della corsia per il traffico veicolare nella corsia preferenziale subito dopo la fermata

✓ **LA NORMATIVA SVIZZERA SULLE INTERSEZIONI**  
**CON CIRCOLAZIONE ROTATORIA**  
**(VSS SN 640 263, 1999)**



Valore minimo della larghezza dell'anello (anello interno) in funzione del diametro esterno

### Classificazione delle rotatorie

A seconda della loro configurazione e del loro diametro esterno, le rotatorie si distinguono in COMPATTE e in MINIROTORIE.

#### **Rotatorie compatte**

Da realizzarsi lungo strade aventi principalmente funzioni legate al deflusso veicolare. L'isola centrale non è sormontabile, il diametro esterno è compreso tra 26 e 40 m.

Esse contribuiscono in modo particolare:

- al miglioramento della sicurezza stradale, soprattutto nelle intersezioni considerate "punti neri";
- alla riduzione della velocità nella zona dell'intersezione;
- all'aumento della capacità e del livello di servizio;
- alla realizzazione di spazio stradale adatto allo spazio edificato e ai bisogni dei suoi abitanti.

La loro realizzazione è da sconsigliare:

- se la capacità della rotatoria dovesse essere superata;
- se la superficie a disposizione non permette una realizzazione conforme alle norme;
- se sono espressamente privilegiati determinati flussi di traffico;
- in caso di intersezioni tra tipologie stradali molto diversificate (gerarchia, volumi di traffico, ecc...).

## Minirotatorie

Da realizzarsi lungo strade locali e sono adatte come elementi di moderazione del traffico:

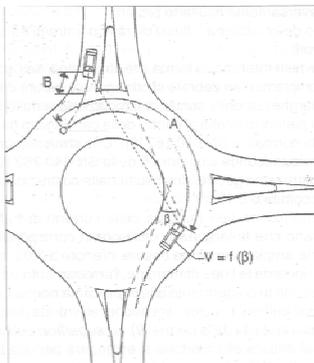
- riducono la velocità;
- migliorano la sicurezza;
- possono disincentivare il traffico di transito nei quartieri residenziali;
- configurano lo spazio stradale in modo adatto all'ambiente costruito e alle esigenze degli abitanti.

Eccezionalmente possono essere realizzate anche lungo strade destinate al transito, quando lo spazio a disposizione è insufficiente a permettere l'inserimento di una rotonda compatta e altre soluzioni non appaiono appropriate.

Le minirotatorie NON possono essere realizzate nei seguenti casi:

- quando la superficie a disposizione permette la realizzazione di una rotonda compatta;
- quando il volume di traffico giornaliero supera i 15.000 veicoli o quando la somma dei flussi in entrata e nell'anello supera i 1.200 veicoli/ora;
- quando il flusso di traffico pedonale è importante

### Distanze di visibilità



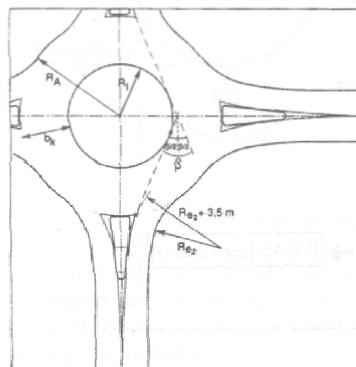
La **distanza di visibilità** per l'arresto deve essere garantita sia agli accessi dell'intersezione che nell'anello;

La **distanza di visibilità A** dipende dalla velocità del veicolo avente diritto di precedenza;

La **visibilità al di sopra dell'isola centrale** può indurre i conducenti a diminuire la loro attenzione verso sinistra e a non rispettare la precedenza. Per questo motivo è opportuno mascherare l'isola centrale con piante o altre attrezzature.

### Deflessione della traiettoria

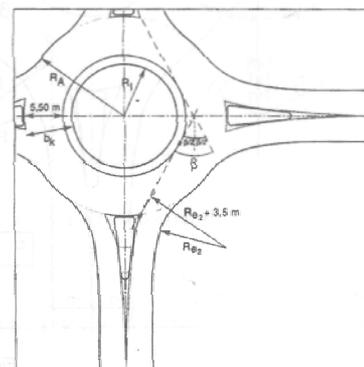
a) Angolo di deviazione  $\beta$  senza corona sormontabile



Per impedire che le rotonde vengano attraversate a velocità inadeguate, è necessario che i veicoli siano fortemente deviati dall'isola centrale.

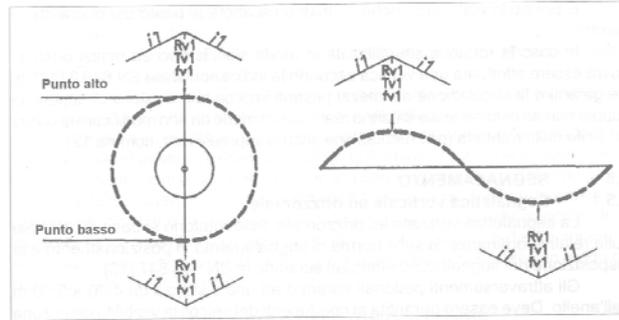
Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione  $\beta$  di almeno 45°.

b) Angolo di deviazione  $\beta$  con corona sormontabile



**Profili longitudinali e pendenze**

La rotatoria è costruita su di un piano, adattandosi al meglio ai profili longitudinali e trasversali dei bracci dell'intersezione. L'inclinazione massima del piano non può superare il 5%; può essere portata al 7% in situazioni eccezionali (strade esistenti con topografia complessa). In tal caso è importante modificare la traiettoria dei veicoli in modo sufficiente a limitare la velocità.



Il profilo longitudinale dal bordo esterno dell'anello può essere realizzato ponendo due punti di flesso agli estremi del diametro di maggiore pendenza. Scegliendo pendenze identiche dalle due parti e raggi di raccordo uguali e il più grandi possibili, si ottiene un profilo longitudinale molto vicino a quello di un piatto inclinato.



## MODELLISTICA E VALUTAZIONI DI IMPATTO

Marco Dellasette

Socio dello studio TTA Associati

## INDICE

1. Dinamiche del traffico e gestione della mobilità
2. Le intersezioni come strumenti di regolazione del traffico: tipologie e funzioni
3. Ambiti territoriali di riferimento
4. Gli strumenti di analisi, valutazione e simulazione
5. Applicazioni
  - a. reti e mobilità (Novara)
  - b. valutazioni di impatto (Novara ex ospedale psichiatrico)
  - c. intersezioni (Rimini)
  - d. rotatorie (Torino Maroncelli)

## Il governo della mobilità

Il **governo della mobilità** è un'attività assai complessa, che coinvolge diverse competenze, numerose professionalità e procedure articolate.

Le complesse problematiche non possono essere risolte con "ricette" semplici, ma soltanto attraverso l'adozione di **un insieme di strategie coordinate fra loro**, in cui ciascun intervento fornisce il suo piccolo contributo al raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Se i vari temi non vengono affrontati in modo congiunto, omogeneo e coordinato, non è possibile ottenere gli effetti desiderati.

## Le dinamiche del traffico

Il traffico è una componente della mobilità  
con caratteristiche **dinamiche**



L'approccio deve essere di tipo dinamico  
(**analisi spazio-temporale**)

## Le dinamiche del traffico

Il traffico si sviluppa sull'intera rete stradale  
adottando regole **comportamentali di equilibrio**



L'approccio deve essere di tipo distribuito  
(**analisi di rete**)

## Le dinamiche del traffico

I nodi sono gli elementi  
di **conflitto**  
e di **regolazione**  
della rete

## Le dinamiche del traffico

Pertanto  
non è sufficiente ottimizzare  
le dinamiche **di nodo**



risulta indispensabile ottimizzare  
le dinamiche **di rete**



Le intersezioni

Le intersezioni

si differenziano tra loro per

**tipologia**

**ambito**

**funzione**

## Le intersezioni

Pertanto le intersezioni

**NON POSSONO**

**ESSERE**

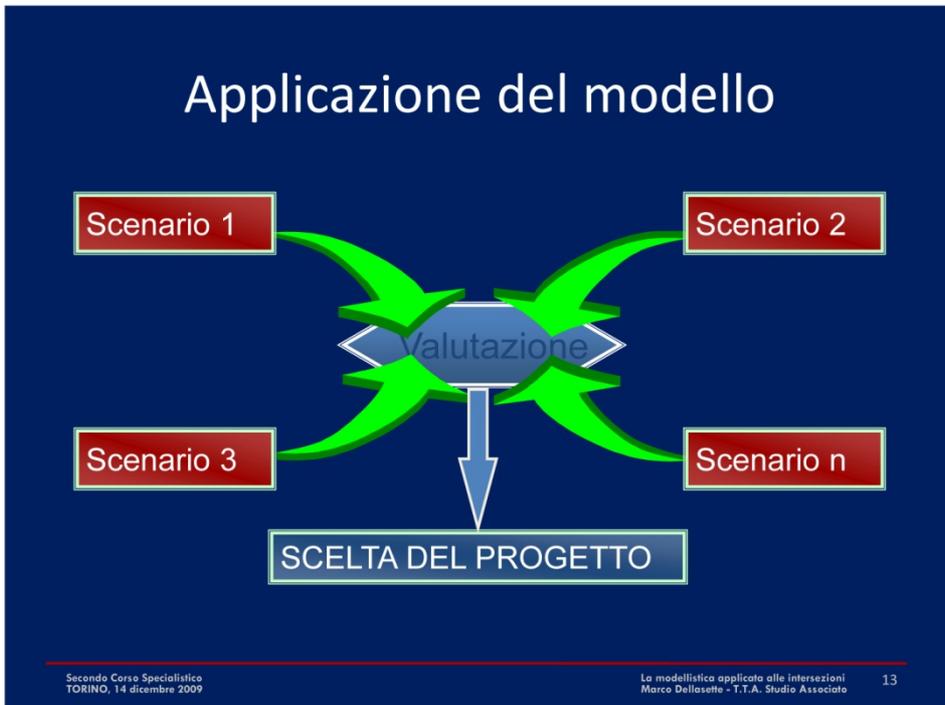
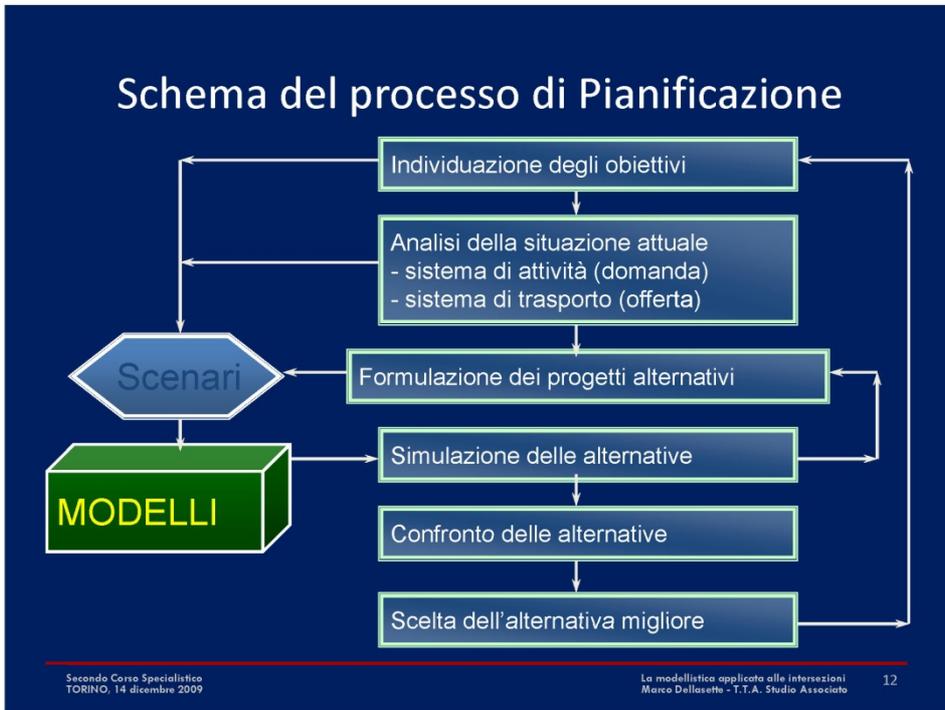
**TUTTE UGUALI**



## Gli strumenti di Simulazione

I simulatori di traffico sono strumenti di **supporto alle decisioni** durante i processi di **Pianificazione del Traffico**

Sono altresì **indispensabili** per analizzare nel dettaglio gli **effetti di rete** derivanti dalla riprogettazione delle intersezioni



## Tipologie di modelli di traffico

- macro-simulatori statici di nodo
- macro-simulatori statici di rete
- micro-simulatori statici di nodo
- micro-simulatori dinamici di rete

## I modelli di macro-simulazione

I **macro-simulatori** di traffico rappresentano i flussi medi in un contesto:

- di **flusso statico**
- di **flusso libero**
- in assenza di **congestioni**



## I modelli di macro-simulazione

I macro-simulatore si basano su metodologie di simulazione **semplici**,

utilizzando una serie di algoritmi **semplici**  
alimentati da parametri **semplici**.

Sono utili nella valutazione strategica di scenari di grande respiro, ma solitamente non forniscono indicazioni di carattere progettuale e non consentono valutazioni relative ad interventi locali e puntuali.

Dovrebbero pertanto essere utilizzati prevalentemente nelle **analisi di rete in ambito extraurbano e autostradale**.

## LA MACRO-SIMULAZIONE

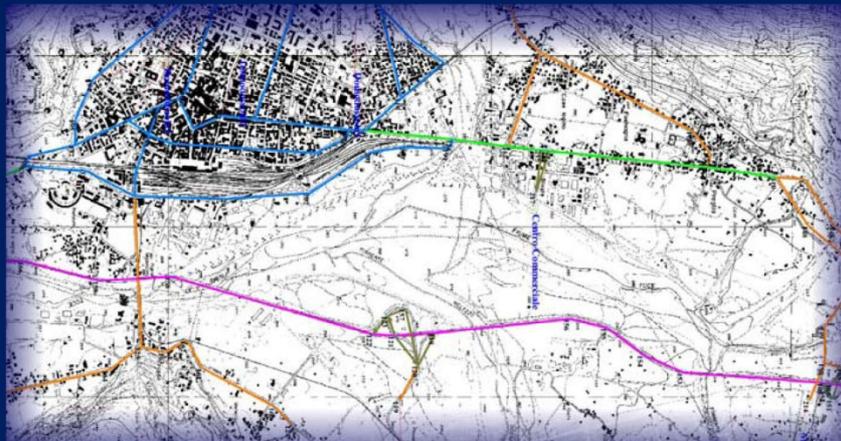
### Descrizione delle caratteristiche fondamentali

## Principali parametri di traffico

- **Flusso:** quantità di veicoli che transitano in una sezione stradale in un dato intervallo di tempo [veicoli/ora]
- **Densità:** quantità di veicoli presenti in un tratto di strada [veicoli/km]
- **Capacità:** massimo flusso che un tratto stradale può smaltire nell'unità di tempo [veicoli/ora]

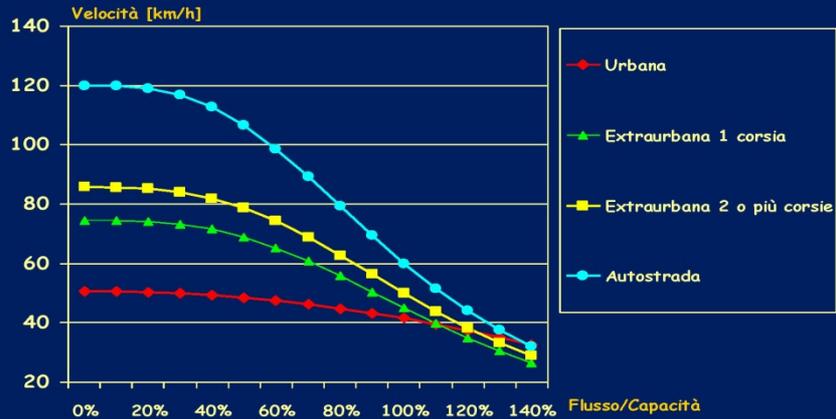
## Caratteristiche dei dati richiesti

### Grafo della rete



# Caratteristiche dei dati richiesti

## Curve di deflusso stradali



Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

20

# I risultati della simulazione

## Flussi medi orari sulle tratte



Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

21

## I risultati della simulazione

### Indici di criticità della rete

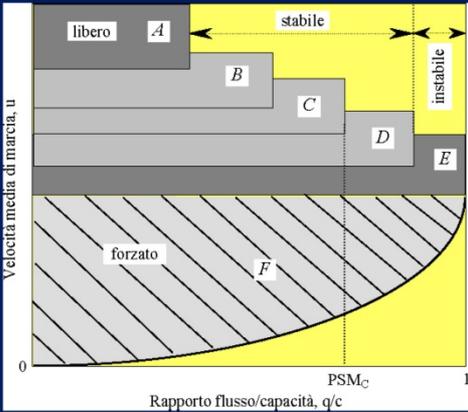


Secondo Corso Specialistico TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Delloste - T.T.A. Studio Associato 22

## I risultati della simulazione

### Livelli di servizio (LOS)



Secondo Corso Specialistico TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Delloste - T.T.A. Studio Associato 23

## Limiti degli strumenti di macro-simulazione

- Visione statica
- Valutazioni statistiche medie
- Mancanza di dettaglio
- Carenza di informazioni su code e criticità **ai nodi**

**PERTANTO NON SONO ADATTI  
ALL'ANALISI DELLE ROTATORIE**

## I modelli di micro-simulazione

I **micro-simulatori** di traffico rappresentano i flussi in un contesto:

- di **flusso dinamico**
- di **flusso condizionato**
- in presenza di **congestioni**



## I modelli di micro-simulazione

I micro-simulatori si basano su metodologie di simulazione **dinamica**, utilizzando una serie di algoritmi **comportamentali** alimentati da parametri **realistici**.

Sono indispensabili nella valutazione di scenari di traffico complessi e caratterizzati da criticità puntuali; solitamente forniscono indicazioni precise e dettagliate di carattere progettuale e consentono valutazioni molto utili per la valutazione degli interventi che possono risolvere le criticità presenti.

Dovrebbero pertanto essere utilizzati in tutti i casi di **analisi di reti affette da criticità di qualsiasi natura**.

## LA MICRO-SIMULAZIONE

Descrizione delle caratteristiche  
fondamentali

## Principi teorici dei micro-simulatori

- Car-following
- Lane-changing
- Gap-acceptance

il modello valuta due componenti del moto: accelerazione e decelerazione. Il primo rappresenta l'intenzione del veicolo a raggiungere una velocità desiderata, mentre il secondo rappresenta le limitazioni imposte dal precedente veicolo o da altre esternalità. Un veicolo che può muoversi liberamente è in grado di raggiungere la massima velocità desiderata in funzione delle caratteristiche del veicolo, del guidatore, della geometria della strada e delle eventuali manovre. Un veicolo che segue un altro ne è condizionato.

## Principi teorici dei micro-simulatori

- Car-following
- Lane-changing
- Gap-acceptance

rappresenta un processo di decisione che, analizzando la necessità della manovra, la desiderabilità e le condizioni locali di attuabilità, determina, istante per istante, la scelta più opportuna.

## Principi teorici dei micro-simulatori

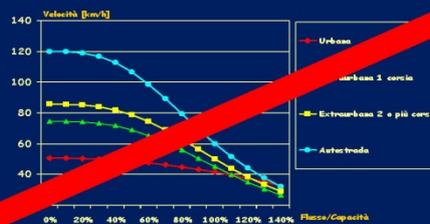
- Car-following
- Lane-changing
- Gap-acceptance

l'algoritmo si basa sulla probabilità statistica che il singolo conducente in avvicinamento all'intersezione accetti di inserirsi nel flusso di manovra (o in rotatoria) sulla base del tempo che ha a disposizione prima dell'arrivo del successivo veicolo in conflitto. Tale scelta dipende da una serie di fattori geometrici e dalle condizioni di traffico, e porta ad una variazione del distanziamento dei veicoli e, di conseguenza, ad una variazione della capacità dell'intersezione e della lunghezza delle code di attesa.

## Caratteristiche dei micro-simulatori

- Simulazione **completamente dinamica**
- Strumenti off-line e/o on-line
- Rappresentazione fedele della realtà in termini di domanda e di offerta

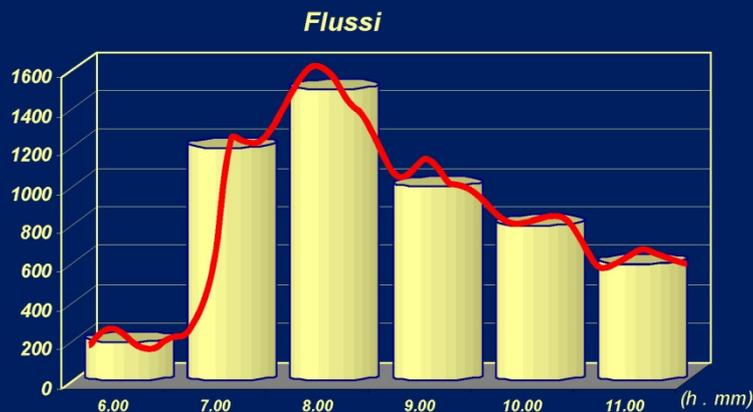
Non si fa più riferimento alle curve di deflusso



## La descrizione della domanda

- Tipologie diverse di conducenti
- Tipologie diverse di veicoli
- Parametri caratteristici del comportamento guidatore/veicolo (acc., dec., aggressività, T. reazione, ecc.)
- Differenti periodi temporali a domanda multipla
- Visione dinamica del fenomeno

## Distribuzione reale degli arrivi

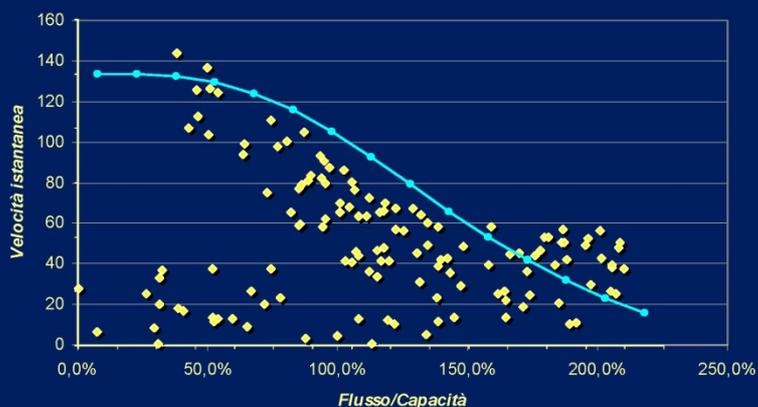


## Principali risultati della micro-simulazione

- Individuazione dei percorsi
- Volumi di traffico e manovre di svolta
- Lunghezza delle code
- Densità, velocità, tempi di attesa
- Livelli di servizio
- Emissioni
- **Qualsiasi scala temporale (minuto, ora, giorno, ...)**

## Risultati dinamici di deflusso (esempio di curva di deflusso dinamica)

*Velocità istantanea (rif. 1 minuto)*



## Altri risultati

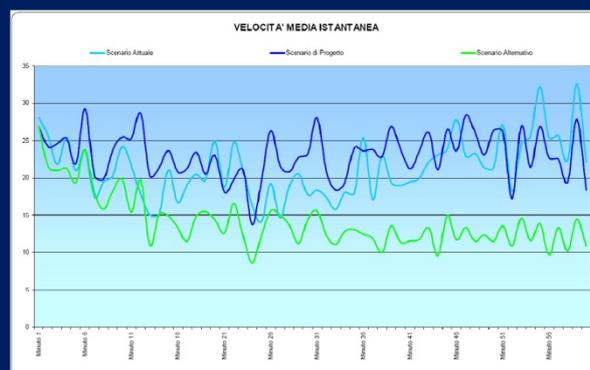
### Tempo medio di viaggio simulato



- Rappresenta, per ogni istante della simulazione, il tempo medio di viaggio di tutti i veicoli presenti sulla rete
- Al crescere dei tempi di viaggio si assiste ad un sempre maggiore congestionamento della rete

## Altri risultati

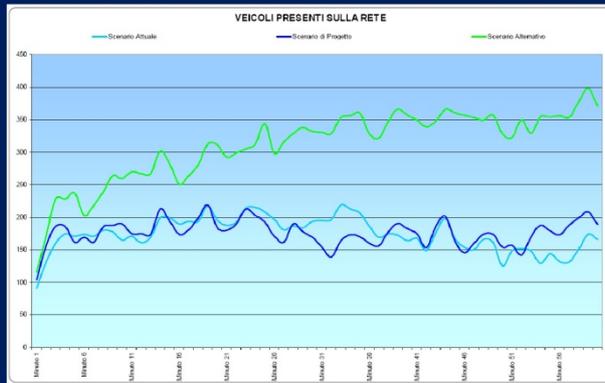
### Velocità media istantanea simulata



- Rappresenta, per ogni istante della simulazione, la media delle velocità di ciascun veicolo presente sulla rete
- Maggiore è la velocità media simulata e migliore risulta essere la fluidità della circolazione

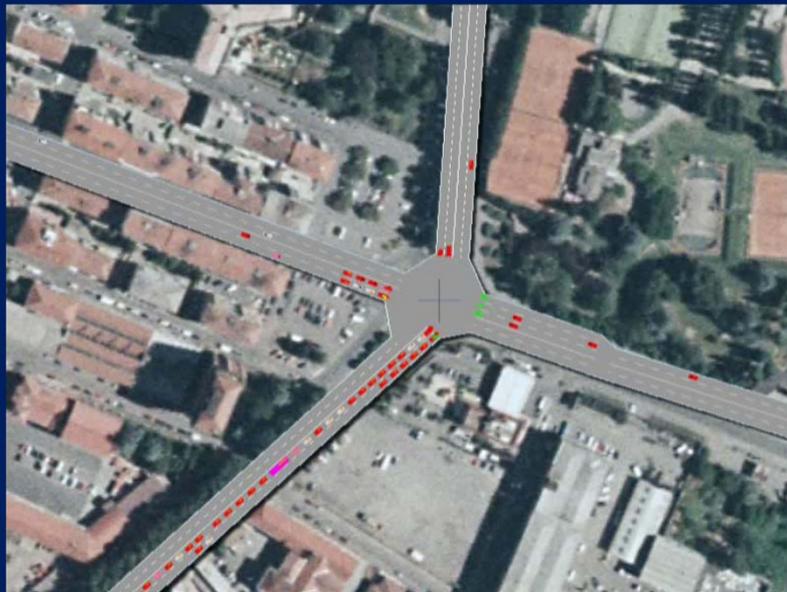
## Altri risultati

### Numero di veicoli simulati sulla rete



- Rappresenta il numero di veicoli contemporaneamente presenti sulla rete ogni istante della simulazione
- Minore è il numero dei veicoli presenti sulla rete in un dato istante e minore è il grado di congestione sulla rete

## La simulazione dinamica



## Caratteristiche del micro-simulatore in esame

- Fino a un milione di nodi
- Fino a quattro milioni di archi
- Fino a 32.000 zone O/D
- Strade fino a 32 corsie
- Numero illimitato di veicoli sulla rete
- Centinaia di migliaia di veicoli contemporaneamente simulati\*

\* Simulazione in tempo reale di circa 400.000 veicoli contemporaneamente

## Possibili applicazioni

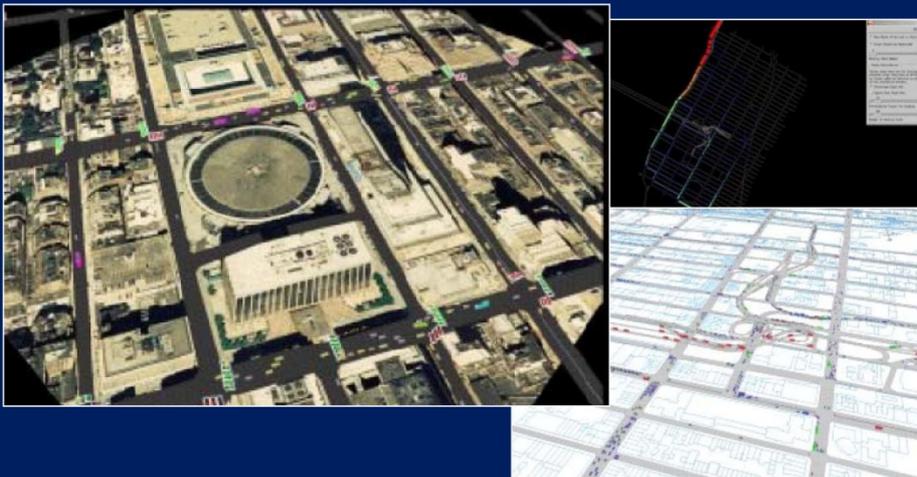
1. analisi e valutazione di progetti di viabilità;
2. analisi della criticità della rete e dei nodi;
3. analisi e risoluzione di intersezioni problematiche;
4. analisi e risoluzione di percorsi critici;
5. gestione dei cantieri stradali;
6. valutazione di impatto sulla viabilità dei veicoli pesanti di cantiere;
7. individuazione di viabilità alternative da segnalare in situazioni di emergenza;
8. Gestione di informazioni all'utenza;
9. analisi sull'incidentalità e sulla sicurezza;
10. analisi di compatibilità ambientale;
11. valutazioni di impatto sulla viabilità di nuovi insediamenti;
12. analisi e valutazione del trasporto pubblico locale;
13. analisi ed organizzazione della mobilità delle merci;
14. analisi della sicurezza della circolazione
15. progettazione stradale.

# La nuova frontiera della pianificazione

Simulazione dinamica su grandi reti

Alcuni esempi nel mondo

## Manhattan



# New York, Giants Stadium



Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellosette - T.T.A. Studio Associato

44

# Miami



Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellosette - T.T.A. Studio Associato

45

## Le difficoltà di attuazione

Le Amministrazioni Locali hanno competenze e funzioni assai articolate, prevalentemente orientate verso l'individuazione, l'analisi e la risoluzione di problematiche legate ad aspetti molto concreti e progettuali.

Esse hanno difficoltà a pianificare in quanto è un'attività che richiede competenze molto specifiche che necessitano di consulenze esterne difficilmente gestibili, che spesso generano strumenti scarsamente applicativi e di difficile attuazione. Inoltre, la mancanza di competenze dirette comporta l'impossibilità di aggiornamenti rapidi e tempestivi, necessari in un'ottica di pianificazione dinamica.

## L'amministrazione chiede

- meno teoria e più soluzioni concrete
- più progettualità spicciola
- risoluzione di problematiche reali e contingenti
- coinvolgimento della cittadinanza e ricerca del consenso
- politiche attuabili a piccoli passi
- individuazione degli interventi e ordinamento delle priorità in funzione delle risorse disponibili e della massima efficacia

**TUTTI OBIETTIVI RAGGIUNGIBILI  
CON GLI STRUMENTI ADATTI**

## In conclusione

La corretta applicazione di strumenti di analisi e valutazione preventiva degli interventi consente di:

- individuare le soluzioni più efficienti in termini di mobilità
- individuare le soluzioni più efficaci in termini di impatto e sicurezza
- evitare errori di progettazione
- evitare/limitare i disagi alla circolazione
- evitare sprechi di risorse economiche

**In altri termini si risparmia anche!**

## Esempi di applicazioni realizzate

**PIANO URBANO DEL TRAFFICO**  
*Aree centrali della Città di Novara*  
2005/2006

50 000 residenti  
135 km di rete codificata  
300 intersezioni  
30 semafori  
15 rotatorie  
30 000 veicoli simulati

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

51

**PIANO URBANO DEL TRAFFICO**  
*Città di Nichelino (TO)*  
2006/2007

50 000 residenti  
15 km di rete codificata  
50 intersezioni  
8 000 veicoli simulati  
21 km<sup>2</sup> estensione dell'area

VEICOLI PRESENTI SULLA RETE

— Attuale — Scenari 01 — Scenari 02 — Scenari 03 — Scenari 04 — Scenari 05 — Scenari 06

- Nuova taratura delle fasi semaforiche
- Nuova rotatoria
- Modifica dei sensi unici
- Zona a Traffico Limitato
- Nuovi tratti stradali

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

52

**Ex S.S. n. 24**  
**Verifiche di impatto sulla viabilità delle nuove aree commerciali e produttive nel Comune di Collegno (TO)**

2007/2008

20 km di rete codificata  
 15 000 veicoli simulati  
 35 000 m<sup>2</sup> superficie di vendita

Figura 16 - Velocità medie (km/h) grafico di confronto tra gli scenari  
 Figura 17 - Velocità medie (km/h) grafico di confronto tra gli scenari

Secondo Corso Specialistico  
 TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
 Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

53

**TANGENZIALE DI NOVARA**  
**Apertura del nuovo svincolo di via Pietro Generali**

2004

50 km di rete codificata  
 7 semafori  
 5 rotonde  
 7 500 veicoli simulati

Secondo Corso Specialistico  
 TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
 Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

54

**RIQUALIFICAZIONE AREA LANCIA**  
*Verifiche di impatto sulla viabilità di un nuovo insediamento residenziale-terziario-commerciale in Torino*

2009

18 km di rete codificata  
 7 000 veicoli simulati  
 95 000 m<sup>2</sup> area di progetto





Secondo Corso Specialistico  
 TORINO, 14 dicembre 2009

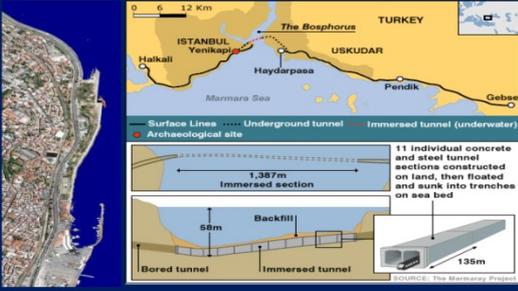
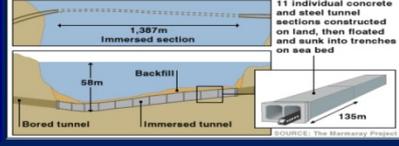
La modellistica applicata alle intersezioni  
 Marco Dellosette - T.T.A. Studio Associato

55

**NUOVO TUNNEL SOTTO IL BOSFORO (ISTAMBUL)**  
*Studio di traffico e dimensionamento del nuovo piazzale di pedaggio*

2008

13 mln utenti potenziali  
 15 km di rete codificata  
 10 000 veicoli simulati

0 6 12 Km

TURKEY

The Bosphorus

ISTAMBUL Yenikapi Halkali Haydarpassa Pendik Gebze

Marmara Sea

Surface Lines Underground tunnel Immersed tunnel (underwater)

Archaeological site

11 individual concrete and steel tunnel sections constructed on land, then floated and sunk into trenches on sea bed

1.387m Immersed section

58m Backfill

Bored tunnel Immersed tunnel

135m

SOURCE: The Marmaray Project



Secondo Corso Specialistico  
 TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
 Marco Dellosette - T.T.A. Studio Associato

56

**RIMINI - S.S.16**  
*Verifica di traffico per la riprogettazione delle intersezioni*

2006

- 500 000 utenti potenziali
- 10 km di rete codificata
- 5 intersezioni
- 15 000 veicoli simulati

Secondo Corso Specialistico  
 TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
 Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

57

**GRANDE RACCORDO ANULARE**  
*Verifica dei nuovi interventi progettuali sulla tratta Tuscolana - Appia e sugli svincoli*

Roma

2003/2004

- 5 mln utenti potenziali
- 20 km di rete codificata
- 25 000 veicoli simulati

Secondo Corso Specialistico  
 TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
 Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

58



**NUOVO CASELLO AUTOSTRADALE DI MONDOVÌ**  
Dimensionamento del numero di porte e dell'ampiezza del piazzale di accumulo

*Mondovì (CN)*

2002/2003

20 km di rete codificata  
13 porte simulate  
5 000 veicoli simulati



Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

59

**NUOVO INSEDIAMENTO COMMERCIALE IN SAVIGLIANO**  
Verifica funzionale della viabilità di accesso e dei parcheggi

*Savigliano (CN)*

2006

72 000 m<sup>2</sup> area di progetto  
10 km di rete codificata  
7 000 veicoli simulati  
1 500 parcheggi




Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

60



**NUOVO CASELLO AUTOSTRADALE DI VICOLUNGO**

*Dimensionamento del numero di porte e dell'ampiezza del piazzale di accumulo*



**Vicolungo (NO)**

2002

40 km di rete codificata  
9 porte simulate  
10 000 veicoli simulati



**TORINO "PALAZZO DEL LAVORO"**

*Verifiche di impatto sulla viabilità per la riqualificazione dell'edificio*

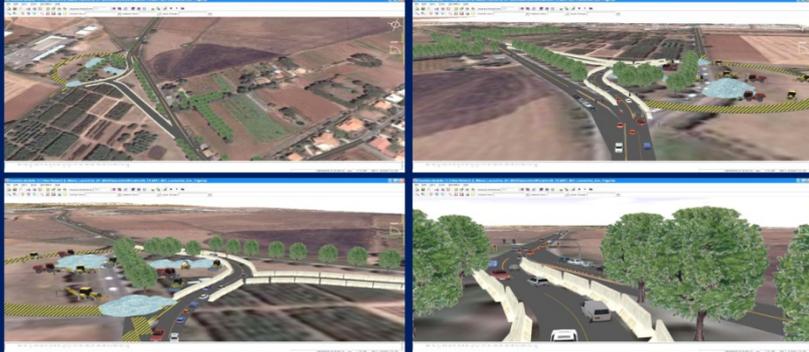
2009/2010

64 000 m<sup>2</sup> area di progetto  
1,5 mln utenti potenziali  
10 km di rete codificata  
10 intersezioni  
20 000 veicoli simulati



**RIQUALIFICAZIONE DELLA S.P.95 bis LAURENTINA**  
*Verifica della sicurezza della viabilità e del traffico nelle fasi di cantiere*

Roma  
 2007  
 20 km di rete codificata  
 10 000 veicoli simulati

Secondo Corso Specialistico  
 TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
 Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

63

**OUTLET DI SERRAVALLE**  
*Valutazione di impatto sulla viabilità*

Serravalle Scrivia (AL)  
 2001/2008  
 45 000 m<sup>2</sup> superficie di vendita  
 5 min di utenti potenziali  
 50 km di rete modellata  
 3 000 parcheggi  
 10 000 veicoli simulati




Secondo Corso Specialistico  
 TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
 Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

64

**NUOVO CENTRO ALLENAMENTO JUVENTUS E PARCO COMMERCIALE**  
**Vinovo e Nichelino (TO)**  
 2003/2009  
 470 000 m<sup>2</sup> area di progetto  
 50 km di rete modellata  
 50 nodi  
 5 600 parcheggi  
 18 000 veicoli simulati

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

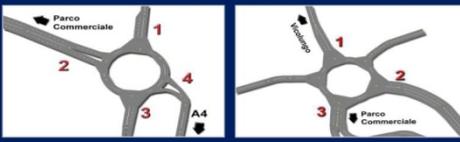
65

**NUOVO PARCO COMMERCIALE "MONDOVICINO"**  
**Valutazione di impatto sulla viabilità**  
**Mondovì (CN)**  
 2003/2006  
 390 000 m<sup>2</sup> area di progetto  
 2 min di utenti potenziali  
 20 km di rete codificata  
 4 500 parcheggi  
 8 000 veicoli simulati

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

66


**NUOVO OUTLET DI VICCOLUNGO**  
*Valutazione di impatto sulla viabilità*

**Viccolungo (NO)**  
2002/2003

- 80 000 m<sup>2</sup> area di progetto
- 32 000 m<sup>2</sup> superficie di vendita
- 5 mln di utenti potenziali
- 40 km di rete modellata
- 3 000 parcheggi
- 10 000 veicoli simulati




Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

**NUOVO SHOPPING CENTRE "TORINO SNOS"**  
*Valutazione di impatto sulla viabilità*

**Torino - Spina 3 - Area Savigliano**  
2005/2006

- 70 000 m<sup>2</sup> area di progetto
- 12 000 m<sup>2</sup> superficie di vendita
- 500 000 utenti potenziali
- 35 km di rete modellata
- 150 nodi
- 1 500 parcheggi
- 25 000 veicoli simulati







Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14 dicembre 2009

La modellistica applicata alle intersezioni  
Marco Dellasette - T.T.A. Studio Associato

## IN CONCLUSIONE

"Ad un problema difficile  
esiste sempre una soluzione semplice:  
ma non è quella giusta!"

*George Bernard Shaw*

Governare la Mobilità non  
significa gestire le emergenze,  
ma programmare il futuro in  
un'ottica di costante  
miglioramento.

*Marco Dellasette*

*Grazie*



## INDICAZIONI PARAMETRI CHE SUI COSTI DELLE ROTATORIE E ANALISI COSTI/BENEFICI

Dario Alberto

Libero professionista

## CONSIDERAZIONI PRELIMINARI SUI COSTI DELLE ROTATORIE

La stima dei costi di realizzazione di una intersezione a circolazione rotatoria risulta indispensabile già nelle prime fasi di programmazione dell'opera per una prima valutazione dell'opportunità dell'intervento, secondo una procedura di confronto fra costi e benefici attesi che preclude alla valutazione costi/benefici tipica delle fasi di progettazione più avanzata. Tuttavia i costi di realizzazione risultano anche fortemente variabili in funzione del tipo di intervento (trasformazione dell'esistente o nuova realizzazione) e dell'area in cui si deve operare (ambito urbano, extraurbano, ecc.).

### VARIABILITA' DEI COSTI IN FUNZIONE DI:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| - AMBITO DI INTERVENTO | URBANO<br>EXTRAURBANO<br>AUTOSTRADALE<br>...                               |
| - TIPOLOGIA DI OPERA   | INTERSEZIONE DI NUOVA REALIZZAZIONE<br>SISTEMAZIONE INTERSEZIONE ESISTENTE |

## CLASSIFICAZIONE DEI COSTI

I costi di realizzazione di una intersezione a circolazione rotatoria seguono la schematizzazione tipica delle opere pubbliche, dalle fasi iniziali dei primi studi fino all'entrata in servizio dell'infrastruttura, per continuare poi con le spese di gestione legate alla vita utile attesa dell'opera.

- STUDI PRELIMINARI, RILIEVI DI TRAFFICO, PROGETTAZIONE
- ESPROPRI (eventuali)
- SPESE DI ISTRUTTORIA (autorizzazioni eventuali)
- SPESE DI GARA
- COSTI PER RISOLUZIONE INTERFERENZE SOTTOSERVIZI
- COSTI DI REALIZZAZIONE (CONTRATTO D'APPALTO)
- SPESE DI COLLAUDO
- SPESE ORDINARIE DI GESTIONE (energia elettrica, acqua, ecc.)
- SPESE DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA (rifacimenti tappeti, segnaletica, ecc.)

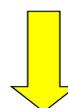
## VALUTAZIONE SOMMARIA DELLA SPESA

Stante la titolarità quasi sempre pubblica dei sedimi stradali su cui si interviene, occorre disporre di una prima valutazione sommaria della spesa già nella fase di programmazione dell'intersezione a circolazione rotatoria. Questa prima stima può essere effettuata mediante ricorso a costi parametrici, secondo una procedura messa a punto dalla stessa Autorità di Vigilanza sulle Opere Pubbliche (oggi Autorità di Vigilanza sui Contratti Pubblici).

NELLA FASE DI  
PROGRAMMAZIONE DELLE  
ATTIVITA' E DEI LAVORI PUBBLICI  
OCORRE PERVENIRE AD UNA  
STIMA SOMMARIA DELLA SPESA  
PER LA REALIZZAZIONE  
DELL'INTERVENTO



NECESSITA' DI INDICATORI  
SINTETICI



ADOZIONE DI COSTI PARAMETRICI IN FUNZIONE  
DEL CONTESTO TERRITORIALE E DELLE  
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE  
DELL'INTERSEZIONE A CIRCOLAZIONE  
ROTATORIA

## COSTI STANDARDIZZATI PER LE OPERE PUBBLICHE

La procedura di definizione dei costi parametrici è stata messa a punto mediante definizione di "costi standard", derivanti da uno studio metodologico-statistico sulle principali categorie di opere pubbliche realizzate nel corso di alcuni anni dagli enti locali e dall'amministrazione dello Stato.

STUDIO EFFETTUATO DALL'«AUTORITA' DI VIGILANZA SUI LAVORI PUBBLICI – OSSERVATORIO LAVORI PUBBLICI» DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE A SEGUITO DELL'ENTRATA IN VIGORE DELLA LEGGE MERLONI E RELATIVO REGOLAMENTO ATTUATIVO (D.P.R.554/1999)

PERIODO  
2000-2005



- STRADE, AUTOSTRADE, FERROVIE
- EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA
- EDILIZIA SANITARIA
- SCUOLE
- ACQUEDOTTI E FOGNATURE
- ...

## COSTI STANDARDIZZATI PER LE INFRASTRUTTURE STRADALI

**Sub A.** strada tipo: strada di sezione tipo A con due corsie per carreggiata con corsia di emergenza per carreggiata, larghezza m 47.70, in condizioni endogene ed esogene ordinarie (tutti i fattori di correzione  $f_i = 1$ )

### Costo di costruzione per metro lineare di carreggiata

AFO1 trincea/rilevato	£ 6016060	€ 3107,04
AFO2 galleria	£ 166950000/m	€ 86222,48
AFO3 viadotto	£ 71550000/m	€ 36952,50
extrasistema	£ 1000000/m	€ 516,46

Per questa categoria di strade, in caso di diversa larghezza della piattaforma, si ha dunque che il costo al mq di prima ipotesi è:

### Costo di costruzione per metro quadro di carreggiata

AFO1 trincea/rilevato	£ 126122	€ 65
AFO2 galleria	£ 3500000	€ 1808
AFO3 viadotto	£ 1500000	€ 775
extrasistema	£ 20964	€ 11

## COSTI STANDARDIZZATI PER LE INFRASTRUTTURE STRADALI

**Sub B.** strada tipo: strada di sezione tipo C1 con due corsie ed una carreggiata, larghezza m 10,5 di carreggiata + banchina, in condizioni endogene ed esogene ordinarie (tutti i fattori di correzione  $f_i = 1$ )

### Costo di costruzione per metro lineare di carreggiata

AFO1 trincea/rilevato	£ 1494550	euro 771,87
AFO2 galleria	£ 36750000	euro 18979,79
AFO3 viadotto	£ 15750000	euro 8134,20
extrasistema	£ 400000	euro 206,58

### Costo di costruzione per metro quadro di carreggiata

AFO1 trincea/rilevato	£ 142338	€ 152,02
AFO2 galleria	£ 3500000	€ 25684,30
AFO3 viadotto	£ 1500000	€ 775
extrasistema	£ 38095	€ 19,67

## COSTI STANDARDIZZATI PER LE INFRASTRUTTURE STRADALI

Sub C. strada tipo: strada di sezione tipo F1 con due corsie ed una carreggiata, larghezza m 9 in condizioni endogene ed esogene ordinarie (tutti i fattori di correzione  $f_i = 1$ )

### Costo di costruzione per metro lineare di carreggiata

AFO1 trincea/rilevato	£ 420380	€ 217,11
AFO2 galleria	Non previste per strade urbane di quartiere	
AFO3 viadotto		
<b>extrasistema</b>	£ 100000	€ 51,65

### Costo di costruzione per metro quadro di carreggiata

AFO1 trincea/rilevato	£ 46709	€ 24,12
AFO2 galleria	Non previste per strade urbane di quartiere	
AFO3 viadotto		
<b>extrasistema</b>	£ 11111	€ 5,74

## COSTI PARAMETRICI PER LA REALIZZAZIONE DI ROTATORIE

Le rotatorie non sono state individuate come categoria specifica nello studio dell'Autorità, per cui occorre verificare se i costi standard delle infrastrutture stradali possono applicarsi anche alle opere in oggetto e, in caso positivo, con quali accorgimenti.

VALORI STANDARD RICAVALI DA CASI REALI, CON SUDDIVISIONE PER TIPOLOGIA DI OPERA, RILEVABILI ANCHE IN LETTERATURA:

Ubicazione	Diametro del cerchio inscritto	
Mini-rotatorie	13 – 25 m	<b>150.000,00 €</b>
Compatte urbane	25 – 30 m	
Urbane singola corsia	30 – 40 m	
Urbane doppia corsia	45 – 55 m	
Extraurbane singola corsia	35 – 40 m	
Extraurbane doppia corsia	55 – 60 m	<b>450.000,00 €</b>

*Diametro cerchio inscritto = diametro isola centrale + 2 volte larghezza carreggiata circolatoria*

## COSTI PARAMETRICI PER LA REALIZZAZIONE DI ROTATORIE

Dall'analisi dei dati disponibili per alcuni casi tipo reali, si perviene ad un costo parametrico di costruzione pari a circa 150 - 160 euro/mq per le rotatorie di maggiori dimensioni, valore paragonabile a quello fornito come costo standard per la realizzazione di strade di tipo C1 in rilevato. Per le rotatorie di dimensioni più contenute l'incidenza aumenta, fino ad arrivare a valori di circa 200 euro/mq, in quanto non si riescono a conseguire le economie di scala tipiche degli interventi di maggiore entità ed estensione.

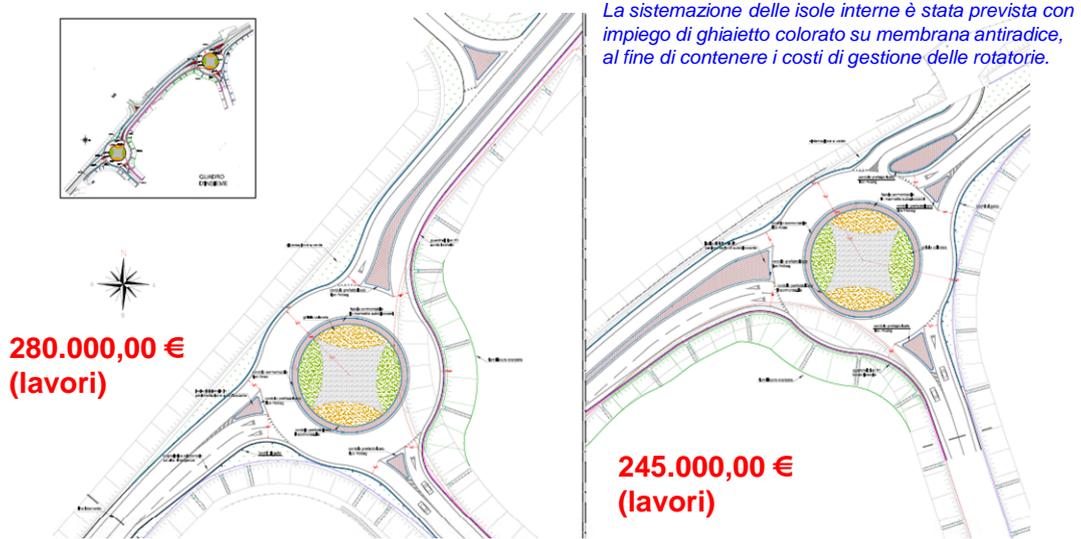
Per gli interventi di trasformazione dell'esistente i valori parametrici scendono di circa 1/3 per le rotatorie di maggiori dimensioni, con costi di circa 100 euro/mq, mentre per le mini-rotatorie in ambito urbano la riduzione di costo risulta minore, in quanto aumentano gli oneri per lo spostamento / adeguamento dei sottoservizi e per l'integrazione dell'intervento nel contesto cittadino (arredo urbano, verde, ecc.): per tali interventi si possono assumere come riferimento valori di circa 170 euro/mq.

Si segnala tuttavia come per semplici sistemazioni superficiali di aree di intersezione già pavimentate e con impiego di sola segnaletica orizzontale e verticale (realizzazione di mini-rotatorie di diametro massimo di 10 m con isola centrale limitata ad una piccola aiuola con un unico delineatore di ostacolo, ultimamente adottate da alcune amministrazioni cittadine di medie-piccole dimensioni, con risultati però dubbi o a volte contrastanti), il costo parametrico può scendere a valori di circa 50 euro/mq.

## CASI PRATICI: ROTATORIE REALIZZATE



CASI PRATICI: ROTATORIE REALIZZATE

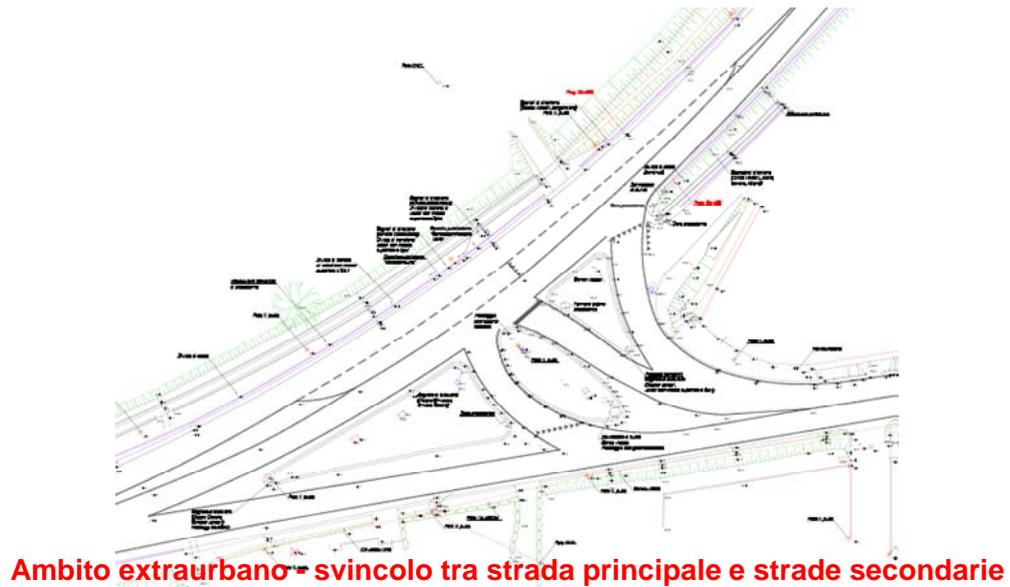


Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14/12/2009

INDICAZIONI PARAMETRICHE DEI COSTI ED ANALISI COSTI-BENEFICI  
Dario ALBERTO

12

CASI PRATICI: ROTATORIE REALIZZATE

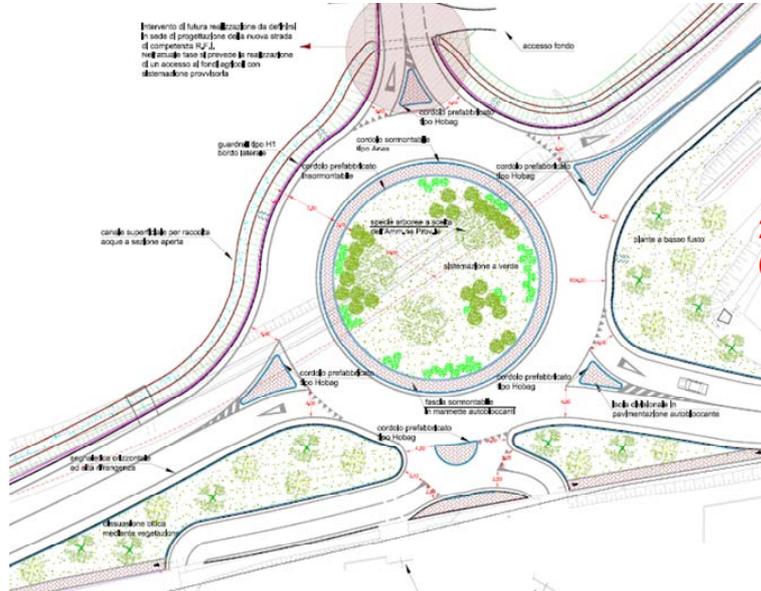


Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14/12/2009

INDICAZIONI PARAMETRICHE DEI COSTI ED ANALISI COSTI-BENEFICI  
Dario ALBERTO

13

CASI PRATICI: ROTATORIE REALIZZATE



260.000,00 € (lavori)

Secondo Corso Specialistico TORINO, 14/12/2009

INDICAZIONI PARAMETRICHE DEI COSTI ED ANALISI COSTI-BENEFICI Dario ALBERTO

14

CASI PRATICI: ROTATORIE REALIZZATE



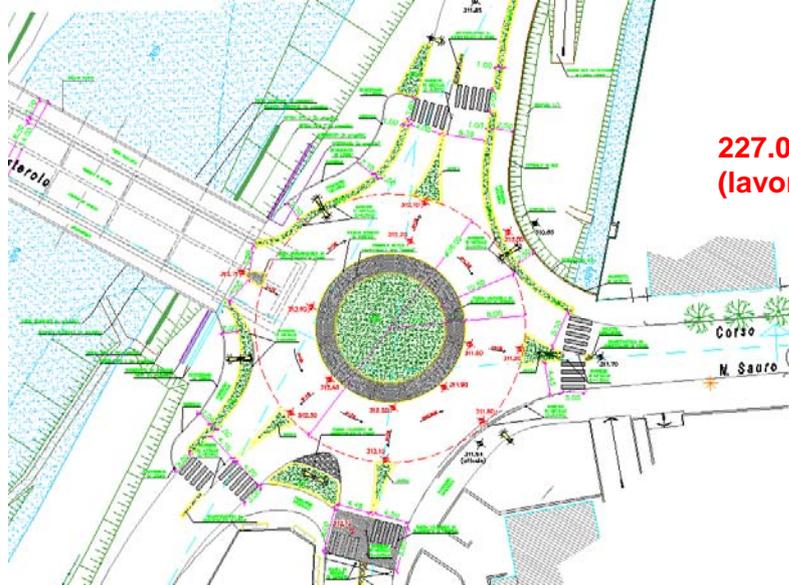
Ambito urbano - sistemazione di intersezione esistente semaforizzata

Secondo Corso Specialistico TORINO, 14/12/2009

INDICAZIONI PARAMETRICHE DEI COSTI ED ANALISI COSTI-BENEFICI Dario ALBERTO

15

CASI PRATICI: ROTATORIE REALIZZATE



227.000,00 €  
(lavori)

QUADRO ECONOMICO

CASI PRATICI: ROTATORIE REALIZZATE

PROGETTO ESECUTIVO

A) LAVORI

1) LAVORI A MISURA			0.00
2) LAVORI A CORPO			227 284.19
<b>FASE 1</b>	<b>106 528.11</b>	<b>46.87%</b>	
1.1 DEMOLIZIONI E RIMOZIONI			5 775.52 2.54%
1.2 MOVIMENTI TERRA PER AMPLIAMENTO STRADA LATO NE			12 365.46 5.44%
1.3 SISTEMAZIONI IMPIANTI E SOTTOSERVIZI			15 995.29 7.04%
1.4 PAVIMENTAZIONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO			20 149.30 8.87%
1.5 SISTEMAZIONI PROVVISORIE - SEGNALETICA			30 439.51 13.39%
1.6 SISTEMAZIONI PROVVISORIE - ILLUMINAZIONE PUBBLICA			17 958.39 7.90%
1.7 LAVORAZIONI IN ECONOMIA PER SISTEMAZIONI FINALI E FINITURE			3 844.64 1.69%
<b>FASE 2</b>	<b>120 756.08</b>	<b>53.13%</b>	
2.1 CONDOTTE PER SCARICO ACQUE METEORICHE			5 032.40 2.21%
2.2 IMPIANTO DI IRRIGAZIONE			4 728.68 2.08%
2.3 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE			7 833.43 3.45%
2.4 PAVIMENTAZIONE STRADALE			18 132.50 7.98%
2.5 MARCIAPIEDI			6 121.27 2.69%
2.6 AIUOLE			25 105.00 11.05%
2.7 ISOLE SPARTITRAFFICO ED ARREDO URBANO			36 180.35 15.92%
2.8 SEGNALETICA STRADALE			11 424.02 5.03%
2.9 SISTEMA DI SEGNALETICA DI SICUREZZA A LED LUMINOSI			6 198.43 2.73%
<b>A) IMPORTO COMPLESSIVO PER L'ESECUZIONE DELLE LAVORAZIONI</b> (comprensivo delle spese ordinarie per la sicurezza)			<b>227 284.19</b>
<b>SPESE COMPLESSIVE PER LA SICUREZZA</b>			<b>12 867.76</b>
Spese ordinarie per la sicurezza	12 867.76		
Spese speciali per la sicurezza	-		
Incidenza media della sicurezza (Is)	5.66%		
<b>IMPORTO LAVORI DA APPALTARE</b>			<b>227 284.19</b>
IMPORTO SOGGETTO A RIBASSO D'ASTA			214 416.43
IMPORTO NON SOGGETTO A RIBASSO D'ASTA			12 867.76
<b>A2) IMPORTO LAVORI DA APPALTARE (A+A1.2)</b>			<b>227 284.19</b>

## CASI PRATICI: ROTATORIE REALIZZATE

B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE		92 715,81
<b>1) RILIEVI, ACCERTAMENTI, INDAGINI</b>		
a	verifiche specialistiche	0,00
b	rilevi topografici	0,00
<b>2) ALLACCIAMENTI AI PUBBLICI SERVIZI</b>		
a	alla rete di energia elettrica	1 000,00
b	adeguamento linea elettrica	2 000,00
c	alla rete telefonica	0,00
d	alla rete idrica	2 000,00
e	alla rete fognaria	0,00
f	alla rete del gas	0,00
<b>3) SOMME A DISPOSIZIONE PER IMPREVISTI</b>		
a	imprevisti o lavori in economia	2 110,07
<b>4) FONDO PER ACCORDI BONARI (art. 12 D.P.R. 554/99)</b>		
a	quota percentuale pari al 3%	6 818,53
<b>5) ACQUISIZIONE AREE (da piano particolare)</b>		
a	espropriazione terreni	20 000,00
b	indennizzo conduttore e frutti pendenti	0,00
<b>6) SPESE PER ATTIVITA' DI CONSULENZA E DI SUPPORTO</b>		
a	responsabile del procedimento	4 350,00
<b>7) SPESE TECNICHE</b>		
	progettazione, direzione lavori e contabilità, piano di sicurezza e coordinamento, rilievi topografici per aggiornamento cartografico finale	23 700,00
i	inarcassa	474,00
l	IVA 20%	4 834,80
<b>8) SPESE PER COMMISSIONI GIUDICATRICI</b>		
		0,00
<b>9) SPESE PER PUBBLICITA'</b>		
		1 000,00
<b>10) SPESE PER ANALISI E COLLAUDI</b>		
		1 700,00
a	analisi di laboratorio ds e acciaio	500,00
b	collaudo statico	1 200,00
c	collaudo amministrativo	0,00
<b>11) IVA SUI LAVORI 10%</b>		
		22 728,42
<b>IMPORTO TOTALE DEL PROGETTO (A2+B)</b>		<b>320 000,00</b>

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14/12/2009

INDICAZIONI PARAMETRICHE DEI COSTI ED ANALISI COSTI-BENEFICI  
Dario ALBERTO

18

## LAVORAZIONI PREVISTE PER LA REALIZZAZIONE DI UNA ROTATORIA

Le opere principali da realizzare sono le seguenti:

- scotico del terreno
- scavi di sbancamento
- consolidamento del terreno
- opere in conglomerato cementizio armato per muri di sostegno, scatolari per attraversamento fossi e altre opere d'arte
- attraversamenti idraulici con tubazioni di idonee dimensioni
- rivestimento di muri di sostegno in pietra locale
- rilevati in materiale di adeguata granulometria
- ricoprimento del terreno con strato vegetale per l'inerbimento delle scarpate laterali
- escavazione delle fosse di scolo laterali
- massicciata stradale in misto granulare di cava di adeguata granulometria
- strato di base in conglomerato bituminoso di pezzatura compresa fra 0 e 30 mm.
- strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso di pezzatura 0-20 mm.
- strato di usura (tappeto) in conglomerato bituminoso di pezzatura 0-10 mm ;
- segnaletica orizzontale e verticale
- dispositivi di ritenuta laterali di classe N2 bordo laterale
- impianti di illuminazione nelle rotatorie
- opere a verde compreso inerbimento scarpate e piantumazione arbusti e siepi
- opere accessorie e complementari come canalette, griglie, chiusini, aiuole, cordonati

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 14/12/2009

INDICAZIONI PARAMETRICHE DEI COSTI ED ANALISI COSTI-BENEFICI  
Dario ALBERTO

18

## CRITICITA' NELLA DEFINIZIONE DEI COSTI PARAMETRICI

L'adozione dei costi standard deve essere effettuata sempre con estrema cautela, cercando di ponderare il più possibile le particolarità del contesto territoriale in cui si dovrà operare. A titolo di esempio si citano alcune fra le problematiche più ricorrenti che possono incidere in maniera significativa sul costo parametrico di costruzione:

- INTERFERENZE CON SOTTOSERVIZI (convenzioni/concessioni con terzi)
- ESPROPRI (accordi bonari)
- RINVENIMENTI DI NATURA GEOLOGICA
- RINVENIMENTI DI SOTTOSERVIZI NON NOTI A PRIORI
- COSTI PER TRANSITABILITA' DURANTE LE FASI DI CANTIERE
- NUOVE TECNOLOGIE (segnaletica a led luminosi, IP con lampade a led, ecc.)
- ALLACCIAMENTI A PUBBLICI SERVIZI
- MANTENIMENTO DIRITTI DI TERZI (accesso fondi, ecc.)
- CONTENZIOSO CON IMPRESE

## CRITICITA' NELLA DEFINIZIONE DEI COSTI PARAMETRICI

Le criticità maggiori riguardano le interferenze con i sottoservizi presenti, particolarmente importanti nel caso assai frequente di adeguamento/trasformazione di intersezione esistente. Reti in fibra ottica e linee telefoniche presentano vincoli alquanto rigidi, non potendosi facilmente provvedere a giunzioni e spostamenti.

Da non sottovalutare anche gli oneri dovuti alle opere provvisorie per il mantenimento del cantiere in adeguate condizioni di sicurezza, considerato che spesso gli interventi di trasformazione dell'esistente devono avvenire in presenza di traffico, con pericolose interferenze fra attività lavorative e flussi ciclo-pedonali e veicolari. In alcuni casi, su strade principali di prioritaria importanza, possono rendersi necessari particolari accorgimenti per contenere l'impatto del cantiere sul transito veicolare (ad esempio con predisposizione di viabilità provvisoria dedicata), che possono incidere in misura significativa sul costo complessivo dell'opera, arrivando a rappresentare una percentuale oscillante fra il 10 ed il 20% dell'intero importo dei lavori.

Da ultimo si segnala come oggi siano disponibili nuove risorse tecnologiche che consentono una riduzione dei costi di gestione delle rotatorie, permettendone inoltre una maggior sicurezza nelle ore di funzionamento notturno: ci si riferisce alla segnaletica luminosa a led, impiegata come delineatore di ostacolo sulle isole spartitraffico o sulla corona dell'isola centrale, nonché alle nuove lampade a led che vanno a sostituire le vecchie lampade tradizionali ai vapori di sodio o di mercurio, con efficienza luminosa superiore e soprattutto risparmio energetico che può arrivare anche al 50% rispetto alle lampade tradizionali.

## ANALISI COSTI - BENEFICI (ACB): ORIGINI E MOTIVAZIONI

- Ideata negli Stati Uniti negli anni '30 in un periodo di forte crescita della spesa pubblica
- Tecnica di valutazione per effettuare la scelta più conveniente per la collettività sulla base di costi e benefici delle diverse alternative (compresa quella di non progetto)
- Nel confronto si fa riferimento alla *vita economica utile* del progetto

A partire dagli anni '90 del secolo scorso la normativa italiana in materia di lavori pubblici (Legge Merloni) ha introdotto l'obbligo della valutazione del rapporto costi / benefici per ogni intervento effettuato con risorse pubbliche, con l'intento di ottimizzare le risorse disponibili e di individuare la soluzione migliore non soltanto in termini puramente economici o gestionali ma anche per le possibili ricadute positive nei confronti della collettività e dell'ambiente.

## ACB COME EVOLUZIONE DELL'ANALISI FINANZIARIA

- Analisi finanziaria:
  - approccio di carattere privatistico-imprenditoriale
  - obiettivo di massimizzazione del profitto
- Analisi economica / sociale:
  - approccio di carattere pubblico
  - obiettivo di massimizzazione del benessere sociale: costi di produzione e gestione a carico della collettività e benefici di cui la stessa può godere
  - sistema di prezzi utilizzato: sia di mercato (costi di costruzione e costi diretti) sia *prezzi-ombra* (per eventuali effetti indiretti)
  - benefici = disponibilità a pagare o riduzione dei costi complessivi

## FASI TEORICHE DELL'ACB

- Fasi teoriche:
  - Individuazione dei costi e dei benefici:
    - capire la natura dell'intervento ed i suoi effetti
    - elencare i soggetti coinvolti
    - prefigurare uno scenario futuro $\rightarrow \Sigma B - \Sigma C > 0 ?$
  - Quantificazione:
    - ai costi ed ai benefici è attribuita una misura fisica $\rightarrow \Sigma QB - \Sigma QC > 0 ?$
  - Valorizzazione:
    - attribuzione di un valore ai costi ed ai benefici, secondo una scala comune, ossia monetaria $\rightarrow \Sigma QB * m - \Sigma QC * m > 0 ?$

## FASI OPERATIVE DELL'ACB

- Fasi operative:
  - **Identificazione delle alternative** (non intervento; semaforizzazione dell'intersezione; trasformazione in rotatoria; intersezione a livelli sfalsati)
  - **Stima dei costi** (valutazione parametrica dei costi di realizzazione e stima dei costi di gestione)
  - **Stima dei benefici** (diretti, per gli utenti della strada, ed indiretti, per la popolazione residente nelle vicinanze, per la città, ecc.)
  - **Individuazione e stima degli indicatori**

## LA VALUTAZIONE DEI BENEFICI

- Benefici economici, rappresentano gli effetti positivi del progetto dal punto di vista della collettività:
  - benefici diretti: interessano i soggetti che utilizzano l'opera (automobilisti, mobilità ciclo-pedonale), ad esempio in termini di riduzione del tempo medio di attesa all'intersezione nel periodo temporale di riferimento
  - benefici indiretti: interessano soggetti che non utilizzano l'opera ma che, grazie ad essa, hanno ricadute positive (minore congestione sulla rete stradale, ecc.)
- Per la valorizzazione dei benefici economici diretti si fa riferimento, ad esempio, ad un valore standardizzato medio del tempo (*valori disponibili in letteratura*)
- Benefici non economici
  - ambiente (riduzione emissioni agenti inquinanti ed acustiche)
  - sicurezza (riduzione del tasso di incidentalità all'intersezione con riferimento ai valori pregressi)
- Anche i benefici non economici devono essere monetizzati, con una procedura un po' più complessa che richiede approfondimenti (ad esempio) sul risparmio sanitario atteso in conseguenza dell'intervento infrastrutturale (riduzione malattie della popolazione residente nelle vicinanze, riduzione del numero di morti e feriti, ecc.)

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE DELL'ANALISI COSTI / BENEFICI

L'applicazione delle tecniche ABC innanzi descritte consente normalmente una corretta calibrazione dell'intervento che si intende eseguire, esplicitando innanzi tutto la convenienza o meno dell'opera prevista rispetto allo stato di fatto e permettendo inoltre il confronto fra alternative disponibili.

Non è detto in assoluto che la realizzazione di una nuova intersezione a circolazione rotatoria o la trasformazione di una intersezione esistente di tipo diverso conducano sempre a risultati positivi, in quanto ogni intervento va letto con attenzione rispetto al contesto di riferimento ed alle conseguenze che provoca sul territorio in cui si inserisce (possibilità di traferimento geografico dei "punti neri" lungo le arterie stradali, formazione di fenomeni di congestione puntuale o per fasce temporali, ecc.).

In secondo luogo, anche nel caso in cui la realizzazione di una rotatoria risulti l'intervento migliore, l'analisi consente di indagare la soluzione preferibile fra il vasto spettro di interventi possibili (mini-rotatorie, rotatorie compatte, a singola corsia, a doppia corsia, ecc.).

Le difficoltà riscontrabili nella monetizzazione dei benefici non economici sono oggi più facilmente superabili con l'adozione di opportuni modelli di simulazione del traffico che considerino anche le interferenze dei flussi veicolari sull'ambiente circostante e sulla popolazione e con l'utilizzo di valori medi sui costi sanitari desumibili dall'ampia letteratura formatasi in questi ultimi anni.

# NORME, CRITERI E PARAMETRI PER LA PROGETTAZIONE

Salvatore Leonardi

Professore Università di Catania

## CLASSIFICAZIONE DELLE ROTATORIE IN BASE ALLA NORMATIVA ITALIANA D.M. 19/04/2006

Si considerano tre tipologie fondamentali di rotatorie in base al diametro della circonferenza esterna:

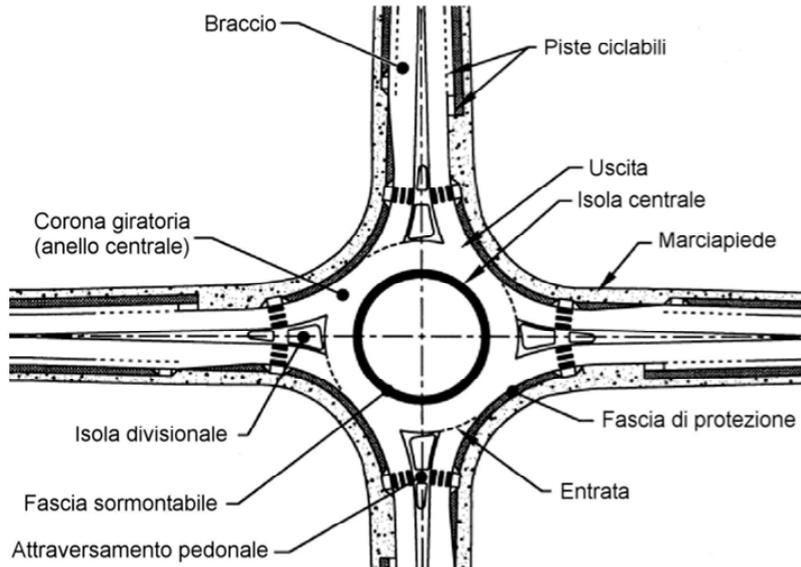
- **Mini rotatoria**  
(diametro esterno tra 14 e 25 m)
- **Rotatoria compatta**  
(diametro esterno tra 25 e 40 m)
- **Rotatoria convenzionale**  
(diametro esterno tra 40 e 50 m)

## CLASSIFICAZIONE DELLE ROTATORIE IN BASE ALLA NORMATIVA ITALIANA D.M. 19/04/2006

Per sistemazioni con "circolazione rotatoria", che non rientrano nelle tipologie esposte, il dimensionamento e la composizione geometrica debbono essere definiti con il principio dei tronchi di scambio tra due bracci contigui. In questi casi le immissioni devono essere organizzate con appositi dispositivi.

Un ulteriore elemento distintivo tra le tre tipologie fondamentali di attrezzatura rotatoria è rappresentato dalla sistemazione dell'isola circolare centrale, che può essere resa in parte transitabile per le manovre dei veicoli pesanti, nel caso di mini-rotatorie con diametro esterno compreso fra 25 e 18 m, mentre lo diventa completamente per quelle con diametro compreso fra 18 e 14 m; le rotatorie compatte sono invece caratterizzate da bordure non sormontabili dell'isola centrale.

## ELEMENTI GEOMETRICI CARATTERISTICI

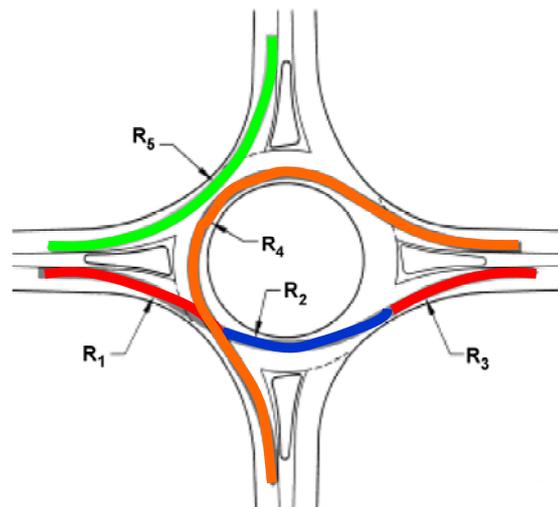


## COERENZA CINEMATICA DELLE TRAIETTORIE

Il controllo delle velocità indotto dagli elementi geometrici di una rotonda deve esplicitarsi attraverso il raggiungimento dei due seguenti obiettivi:

- l'uniformità delle velocità relative tra gli elementi geometrici consecutivi;
- l'omogeneità delle velocità relative tra flussi di traffico opposti.

Al fine di poter garantire il perseguimento degli obiettivi suddetti, occorre che il progettista ponga particolare attenzione alla verifica dei cosiddetti 5 raggi critici.



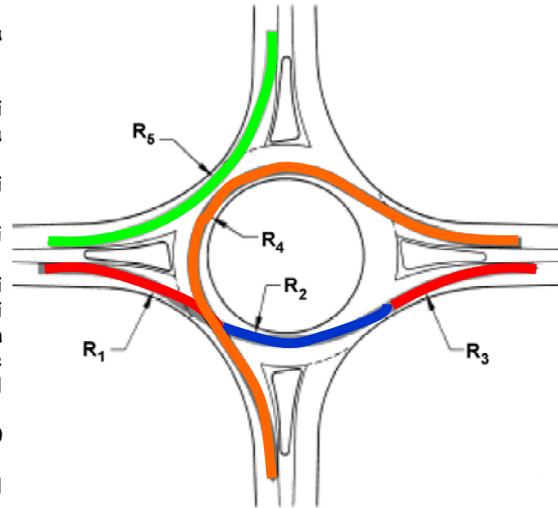
## COERENZA CINEMATICA DELLE TRAIETTORIE

Tra i raggi  $R_1$ ,  $R_2$  ed  $R_3$ , deve sussistere la seguente relazione:  $R_1 < R_2 < R_3$ .

Ciò comporterebbe velocità ridotte in ingresso e, conseguentemente, la riduzione della probabilità di incidenti causati dalla perdita di controllo da parte del veicolo isolato. Poiché diminuisce, inoltre, la differenza di velocità tra i flussi veicolari in ingresso e quelli circolanti sull'anello, dovrebbe abbassarsi anche la probabilità di incidenti tra veicoli entranti e veicoli circolanti.

Tuttavia, potrebbero verificarsi situazioni in cui non è possibile ottenere un valore di  $R_1$  minore di  $R_2$ , a causa, ad esempio, di vincoli topografici. In tali casi, pur accettando che  $R_1 > R_2$ , occorre limitare la conseguente differenza di velocità al massimo a 20 km/h (sarebbero preferibili, comunque, differenze di velocità inferiori a 10 km/h).

In una rotatoria a singola corsia, per ridurre il valore di  $R_1$  si può intervenire diminuendo il raggio del ciglio d'ingresso o inclinando più a sinistra il ramo di entrata.



## COERENZA CINEMATICA DELLE TRAIETTORIE

Il raggio di uscita  $R_3$  non deve mai essere minore di  $R_1$  o di  $R_2$ , in modo tale che si minimizzi il numero degli incidenti dovuti alla perdita di controllo del veicolo. Nelle rotatorie a singola corsia con forte presenza pedonale, i raggi di uscita ( $R_3$ ) possono essere ridotti al minimo (uguali o leggermente più grandi di  $R_2$ ) in modo da limitare le velocità dei veicoli che escono dalla corona giratoria.

Il raggio  $R_4$  deve essere scelto in modo da assicurare una differenza di velocità, tra un veicolo che s'immerge ed uno che circola, non superiore a 20 km/h. Generalmente,  $R_4$  può essere determinato aggiungendo 1,5 m al raggio dell'isola centrale. In virtù di tale assunto, la tabella a fianco mostra i valori approssimativi di  $R_4$  ed i corrispondenti valori massimi di  $R_1$ .

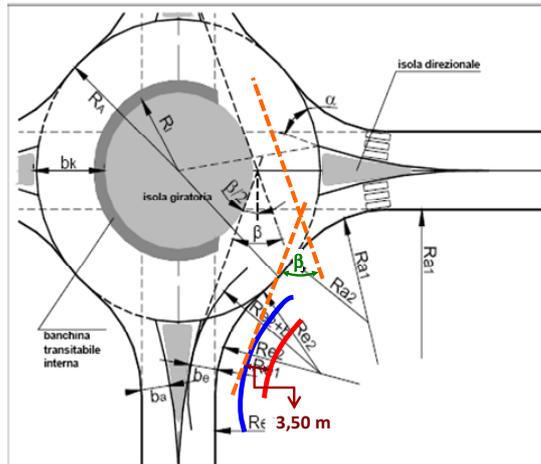
Il raggio  $R_5$  può essere valutato in modo simile al raggio  $R_1$ , ma con riferimento ad una velocità di progetto minore di quella della rotatoria e non eccedente più di 20 km/h quella associata al raggio  $R_4$ .

Diametro della corona giratoria	Valori approssimativi di $R_4$		Valori massimi di $R_1$	
	Raggio (m)	Velocità (Km/h)	Raggio (m)	Velocità (Km/h)
<b>Rotatoria a singola corsia</b>				
30	11	21	54	41
35	13	23	61	43
40	16	25	69	45
45	19	26	73	46
<b>Rotatoria a doppia corsia</b>				
45	15	24	65	44
50	17	25	69	45
55	20	27	78	47
60	23	28	83	48
65	25	29	88	49
70	28	30	93	50

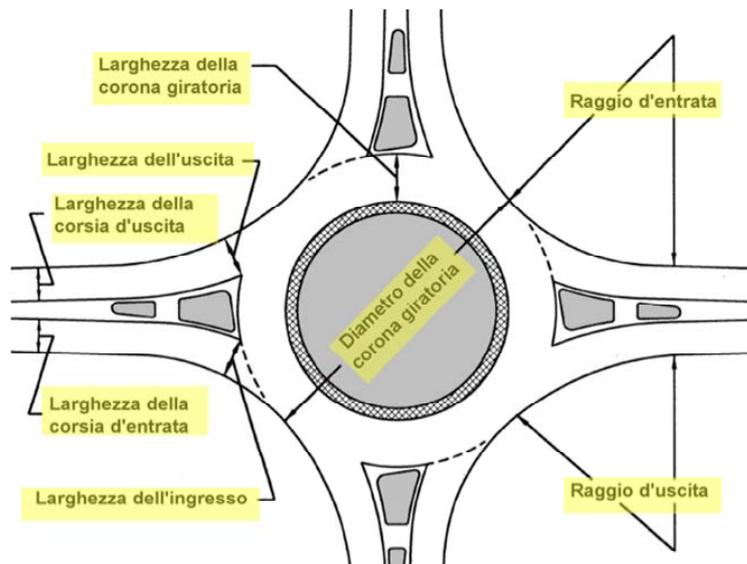
## COERENZA CINEMATICA DELLE TRAIETTORIE

Il criterio indicato dal D.M. 19/04/06 per definire la geometria delle rotatorie riguarda il controllo della deviazione delle traiettorie in attraversamento. Per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, infatti, 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  $\beta$ . Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione  $\beta$ , bisogna aggiungere al raggio di entrata  $R_{e2}$  un incremento  $b$  pari a 3,50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione  $\beta$  di almeno  $45^\circ$ .



## ELEMENTI PLANIMETRICI



## NUMERO E DISPOSIZIONE DEI BRACCI

Si consiglia una disposizione dei rami orientati verso il centro dell'isola centrale, e formanti tra loro angoli prossimi a 90°; qualora non fosse possibile ottenere questo valore angolare sarebbe opportuno, in ogni caso, non scendere al di sotto dei 30°. Nel caso di un angolo inferiore ai 30° tra due rami consecutivi, sarà opportuno deviare uno dei due riconducendolo ad un'angolazione maggiormente pertinente.

Il numero ideale di rami è pari quattro. Si possono adottare soluzioni poli-ramo, ma non si dovrebbero superare i 6 bracci in quanto si verrebbe a creare una certa confusione negli utenti, soprattutto nell'esecuzione delle manovre di uscita.

## NUMERO E DISPOSIZIONE DEI BRACCI

La disposizione dell'isola centrale è ottimale quando tutti gli assi dei rami sono disposti radialmente (velocità ridotte in entrata, attraversamento ed uscita).

Se tale allineamento non fosse possibile, i rami dovrebbero essere spostati leggermente a sinistra (curvatura maggiore in entrata, adeguata a limitare la velocità).

Allineamento con spostamento a sinistra



ACCETTABILE

Allineamento radiale



OTTIMALE

Allineamento con spostamento a destra



INACCETTABILE

Non è accettabile che l'allineamento sia spostato più a destra del punto centrale della rotatoria (inclinazione del ramo con angolo ridotto; curvatura in entrata, non più adeguata a controllare le velocità degli utenti con conseguente rischio di incidenti dovuti alla perdita di controllo del veicolo).

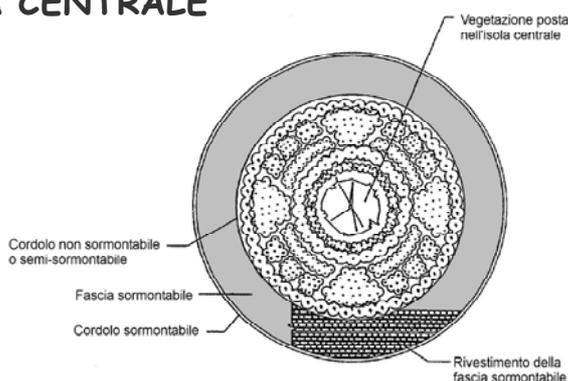
## CORONA GIRATORIA

La larghezza della corona giratoria in base alla Normativa italiana (D.M. 19/4/2006) deve essere sempre organizzata su **una sola corsia** di larghezza pari a:

- **6 metri** per rotatorie con *ingressi ad una corsia* e con diametro della corona giratoria maggiore o uguale a 40 metri;
- **7 metri** per rotatorie con *ingressi ad una corsia* e con diametro della corona giratoria compreso tra 25 e 40 metri;
- **7/8 metri** per rotatorie con *ingressi ad una corsia* e con diametro della corona giratoria compreso tra 14 e 25 metri;
- **9 metri** per rotatorie con *ingressi a due corsie* e con diametro della corona giratoria maggiore o uguale a 40 metri;
- **8,5/9,0 metri** per rotatorie con *ingressi a due corsie* e con diametro della corona giratoria minore di 40 metri.

## ISOLA CENTRALE

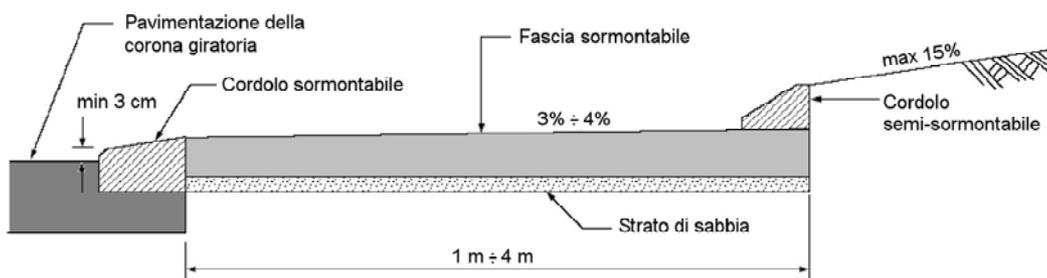
Le rotatorie con isole centrali rialzate, sono meglio percepite dal guidatore a differenza di quelle ribassate: basterà un'altezza di **0,6 m** (su rotatorie più ampie, tale altezza può essere più elevata). Questa altezza è misurata dal bordo più alto della corona giratoria fino alla parte superiore dell'isola centrale. Sulle rotatorie piccole (con un diametro dell'isola centrale inferiore a 20-25 m), a causa delle limitazioni dovute alla visibilità, non è possibile avere un'isola centrale rialzata; in questo caso, di solito, è possibile elevare la rotatoria a **0,2 m** di altezza e coprire l'isola centrale con erba o bassi cespugli).



La vegetazione interna all'isola centrale deve, in ogni caso, ricadere al di fuori dei triangoli di visibilità, e, per meglio garantire la corretta percezione dell'isola centrale, dovrebbe essere diversa dalla vegetazione esterna alla rotatoria.

## ISOLA CENTRALE

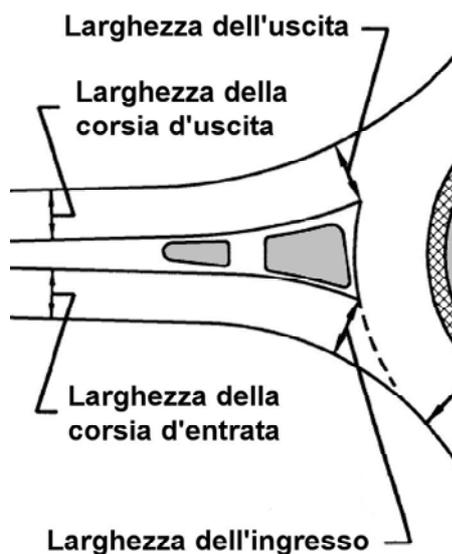
La **fascia sormontabile** fornisce un'area pavimentata aggiuntiva, consentendo l'installazione della rotatoria in posti sfavorevoli topograficamente (dove non sarebbe possibile espandere la corona giratoria oltre un certo limite). Inoltre, questa fascia garantisce il transito dei veicoli con rimorchio senza intralciare le manovre dei veicoli più piccoli. Ha dimensioni che vanno da 1 m a 4 m di larghezza e una pendenza trasversale tra il 3% e il 4%, per permettere il deflusso delle acque piovane e limitare gli eventuali spostamenti dei carichi posti sui rimorchi dei mezzi pesanti.



## INGRESSI

Come si evince dalla figura, la larghezza di un ingresso viene individuata dal segmento che, partendo dal vertice destro dell'isola divisionale (pseudo-triangolare) viene condotto ortogonalmente al bordo destro della corsia di entrata.

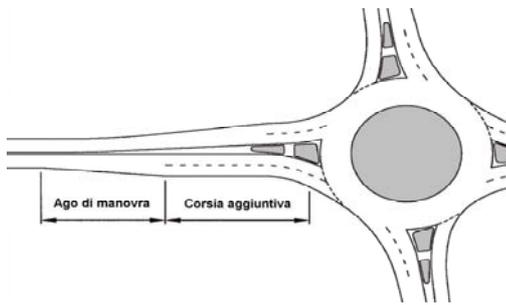
Per la larghezza di un'entrata a singola corsia la normativa italiana (D.M.19/04/06) impone un valore di **3,50 m**.



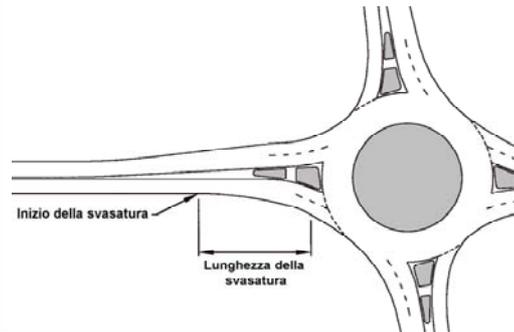
## INGRESSI

Se fosse necessario un allargamento dell'ingresso, per incrementare le prestazioni offerte dalla rotonda in termini di capacità, si può intervenire in due modi:

1) aggiungendo una corsia completa a monte. Si avrebbe una configurazione dell'entrata con due corsie parallele di pari ampiezza, per una larghezza totale (D.M. 19/04/06) di 6,0 m.



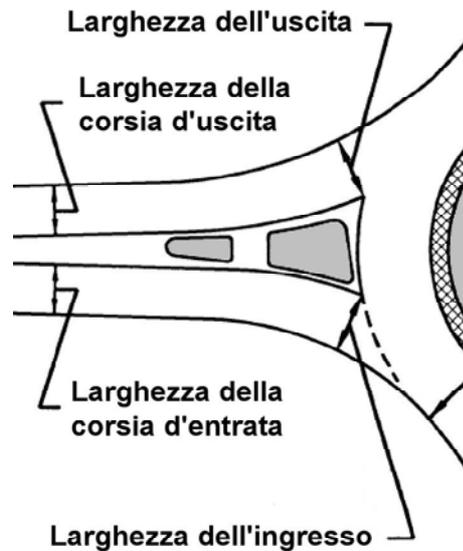
2) creando una svasatura che si sviluppa gradualmente. Si consigliano lunghezze minime di 25 m e di 40 m, rispettivamente per le rotonde urbane e per quelle extraurbane.



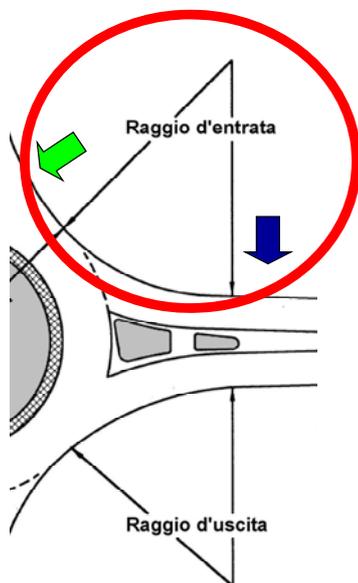
## USCITE

La figura illustra come la larghezza dell'uscita debba essere computata a partire dal vertice sinistro dell'isola pseudo-triangolare, conducendo un segmento perpendicolare al bordo destro della corsia di uscita.

L'ampiezza delle uscite, da realizzare sempre a una corsia (D.M.19/04/06), si deve porre pari a 4 m (per valori del diametro esterno inferiori a 25 m) o a 4,5 m (per corone di diametro superiore o uguale a 25 m).



## CURVE D'ENTRATA



La figura mostra come la curva d'entrata sia formata da una o più curve di ciglio, utili a raccordare i rami di ingresso con la corona giratoria.

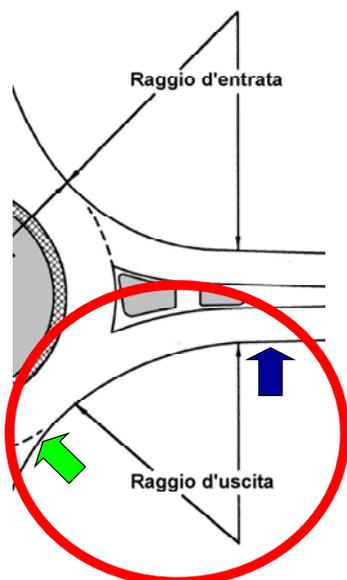
L'adozione di un raggio elevato produce effetti tra loro contrastanti: da un lato, infatti, migliorano le prestazioni operative, dall'altro, si generano velocità di entrata elevate con conseguente aumento della probabilità di collisione tra i veicoli entranti e quelli circolanti.

## CURVE D'ENTRATA

Si consiglia per le **rotatorie urbane**, di adottare raggi di immissione compresi **tra 10 m e 30 m**. Raggi più grandi possono essere impiegati a patto da garantire velocità moderate in ingresso. Per le strade urbane locali in cui non è ammessa la circolazione di mezzi pesanti, si possono utilizzare raggi minori di 10 m.

Per le **rotatorie** in ambito extraurbano, si consigliano raggi minimi d'entrata **tra 15 m e 20 m**. L'adozione di raggi maggiori è subordinata alla verifica della differenza di velocità tra i rami d'approccio e i tratti d'ingresso. Se tale differenza fosse maggiore di 20 km/h, si dovrebbero prevedere accorgimenti mirati alla riduzione della velocità dei veicoli sui rami già prima del tratto curvilineo di immissione. Un metodo per ottenere tale riduzione di velocità è costituito dall'impiego di una **serie di curve consecutive** a curvatura opposta sui bracci della rotatoria, prima del tratto curvilineo d'entrata.

## CURVE D'USCITA



A differenza delle curve d'entrata, progettate per rallentare i veicoli, le curve d'uscita devono favorire il rapido smaltimento del traffico veicolare che intende abbandonare la corona giratoria.

La curva di uscita dovrebbe avere un raggio maggiore sia della curva d'ingresso che della corona giratoria. Se tale raggio fosse minore di quello dell'anello, si andrebbe a sfavore di sicurezza.

Occorre, poi, che le velocità di uscita non siano eccessive (raggi troppo ampi), al fine di preservare il flusso pedonale che utilizza gli attraversamenti eventualmente presenti a valle della zona di uscita.

## CURVE D'USCITA

In ambito urbano, le curve d'uscita dovrebbero essere percorse con una velocità inferiore a 40 km/h (al fine di aumentare il livello di sicurezza pedonale). I raggi da adottare **non devono essere inferiori a 15 m**. In caso di grossi flussi pedonali e di bassi flussi di mezzi pesanti, si possono adottare raggi inferiori a 10 m.

In ambienti extraurbani (scarsa presenza del traffico pedonale), la curva di uscita può essere progettata con raggi più elevati (**25 m + 30 m**); in tal modo i veicoli possono abbandonare rapidamente la corona ed accelerare fino alla velocità di progetto.

## ISOLE DIVISIONALI

Le isole divisionali devono essere realizzate su tutti i rami delle rotatorie, escluse quelle con diametri molto piccoli perché si creerebbe un'ostruzione visiva verso l'isola centrale.

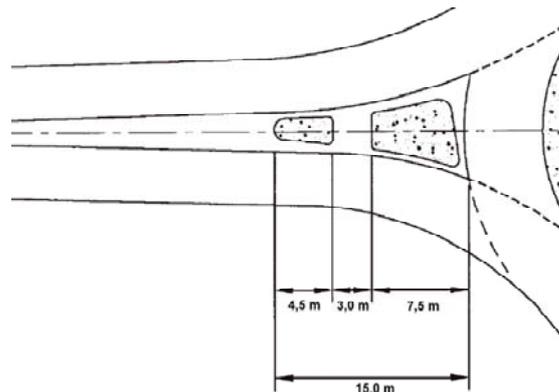
Gli scopi di queste isole sono:

- favorire l'individuazione della rotatoria;
- ridurre la velocità dei veicoli in ingresso;
- fornire lo spazio per una decelerazione graduale;
- separare l'entrata dall'uscita ed evitare manovre errate;
- controllare la deviazione in entrata e in uscita;
- costituire un rifugio per i pedoni;
- permettere l'installazione della segnaletica verticale.

## ISOLE DIVISIONALI

Un'isola divisionale ha una forma **pseudo-triangolare**; la lunghezza complessiva dovrebbe essere almeno **15 m**, per offrire adeguata protezione ai pedoni e da essere percepibile per gli utenti in ingresso. Essa, inoltre, dovrebbe estendersi oltre la fine della curva di uscita, per evitare ai veicoli che escono dall'anello conflitti con quelli in ingresso.

Dovrebbero essere **sgombre** da qualunque oggetto (elementi d'arredo o segnaletica superflua) che possa costituire un ostacolo alla visuale degli utenti.

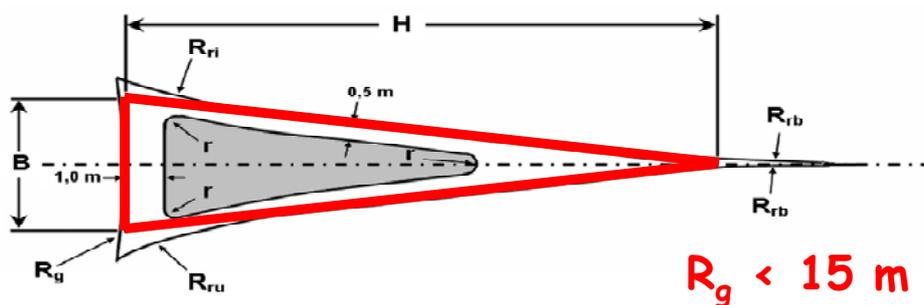


Le superfici delle isole dovrebbero preferibilmente essere di **colore chiaro** e creare un ottimo **contrasto** (di giorno come di notte) con la superficie stradale.

## ISOLE DIVISIONALI

I bordi delle isole materializzate dovrebbero essere resi ancor più visibili tramite l'inserzione di **elementi catarifrangenti**.

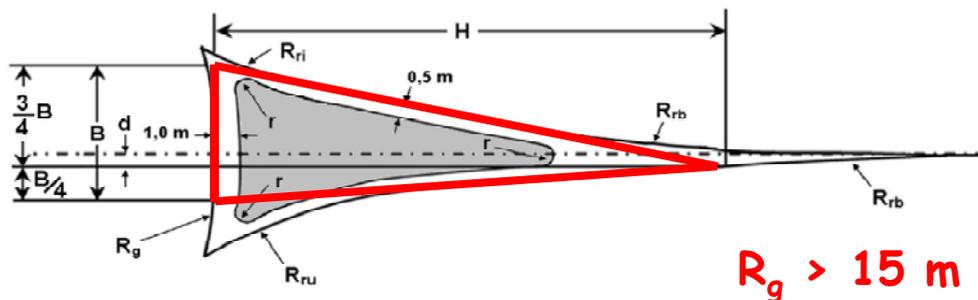
Per il tracciamento di un'isola divisionale si parte dal posizionamento del cosiddetto triangolo di costruzione, avente altezza (H) pari al raggio della corona giratoria ( $R_g$ ) e base (B) uguale a un quarto del raggio medesimo.



## ISOLE DIVISIONALI

I bordi delle isole materializzate dovrebbero essere resi ancor più visibili tramite l'inserzione di **elementi catarifrangenti**.

Per il tracciamento di un'isola divisionale si parte dal posizionamento del cosiddetto triangolo di costruzione, avente altezza (H) pari al raggio della corona giratoria ( $R_g$ ) e base (B) uguale a un quarto del raggio medesimo.



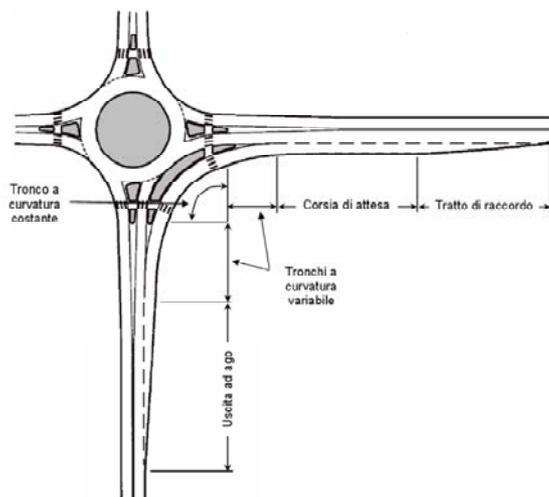
### ISOLE DIVISIONALI

	Simbolo	Espressione di calcolo	Valori (metri)			
			$R_g < 15$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Raggio della corona giratoria	$R_g$		$R_g < 15$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Altezza del triangolo di costruzione	H	$H = R_g$	12+15	15	20	25
Base del triangolo di costruzione	B	$B = R_g / 4$	3+3,75	3,75	5,00	6,25
Sfalsamento dell'asse del triangolo di costruzione	d	$d = (0,5 + R_g/50)/2$ oppure 0	0	0,40	0,45	0,50
Raggio di raccordo dell'isola materializzata	r	$r = R_g / 50$	0,25	0,30	0,40	0,50
Raggio di raccordo dell'isola con la corona giratoria (in prossimità dell'ingresso)	$R_{ri}$	$R_{ri} = R_i + L_i$ $R_i$ = raggio d'ingresso $L_i$ = larghezza dell'entrata				
Raggio di raccordo dell'isola con la corona giratoria (in prossimità dell'uscita)	$R_{ru}$	$R_{ru} = R_u + L_u$ $R_u$ = raggio d'uscita $L_u$ = larghezza dell'uscita				
Raggio di raccordo dell'isola con l'asse del braccio	$R_{rb}$	$R_{rb} = 4 R_g$				

### CORSIE DEDICATE PER LA SVOLTA A DESTRA

Le corsie dedicate per le svolte a destra rappresentano un accorgimento progettuale che **snatura** il meccanismo di funzionamento delle rotatorie. Esse dovrebbero essere adottate solo nei casi in cui, per effetto di notevoli flussi veicolari in svolta a destra, si creano, sulla rotatoria, gravi fenomeni di congestione in molte ore del giorno.

Le corsie dedicate per la svolta a destra dovrebbero essere **sempre evitate**, specialmente in aree urbane con forte traffico pedonale e ciclistico: tali corsie, infatti, possono aumentare i conflitti tra veicoli e ciclisti, e peggiorano la leggibilità dell'incrocio.



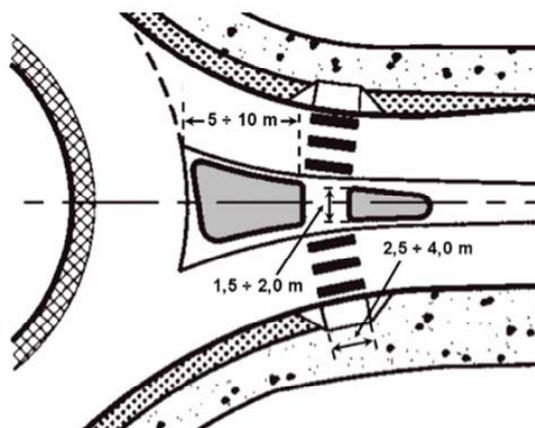
## ACCORGIMENTI PROGETTUALI A FAVORE DELLA MOBILITÀ PEDONALE

Nella pianificazione e nel progetto delle rotatorie, bisogna analizzare attentamente il **movimento** dei pedoni. Questi non possono attraversare la corona giratoria, ma devono attraversare una direzione del traffico alla volta utilizzando le isole divisionali; a tal fine è opportuno utilizzare degli ostacoli appropriati lungo i bordi (archetti, catene ecc.) in modo da dissuadere il pedone ad intraprendere percorsi non previsti e potenzialmente pericolosi.

In merito alla progettazione di interventi a favore della mobilità pedonale, osserviamo innanzitutto che, come prescritto dal Codice della Strada, la **larghezza** di un attraversamento non deve essere inferiore a **2,50 metri** nelle aree urbane e **4,00 metri** nelle aree extraurbane.

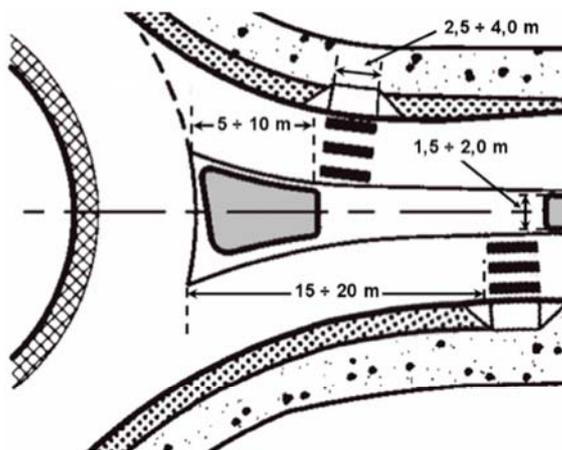
## ACCORGIMENTI PROGETTUALI A FAVORE DELLA MOBILITÀ PEDONALE

La migliore soluzione, consiste nell'arretrare l'attraversamento dello spazio occupato da 1 o 2 vetture (da **5 a 10 metri**) rispetto alla linea di fermata, in modo che i pedoni possono passare dietro alle vetture in attesa di inserirsi nella corona. Tramite l'analogo arretramento nel ramo di uscita (attraversamento in linea) il veicolo in uscita può fermarsi fuori dalla corona giratoria.



## ACCORGIMENTI PROGETTUALI A FAVORE DELLA MOBILITÀ PEDONALE

È consigliabile che le due serie di strisce pedonali (sui rami d'entrata e di uscita), siano sfalsate di alcuni metri tra loro. L'attraversamento del ramo di uscita dovrà essere distante dall'anello di 3 o 4 vetture, ovvero circa **15 o 20 metri**, al fine sia di far diminuire il rischio di collisione tra veicoli in uscita e pedoni, che di ridurre la probabilità di ritardo dei veicoli, e quindi la possibile formazione della coda all'interno della rotatoria.



## SOLUZIONI PROGETTUALI PER LA MOBILITÀ CICLISTICA

Provvedimenti specifici per la mobilità ciclistica non sono generalmente richiesti nelle rotatorie con una sola corsia dove le velocità operative sono **inferiori a 50 km/h**.

La necessità di accorgimenti progettuali ad hoc si manifesta, invece, nei seguenti casi:

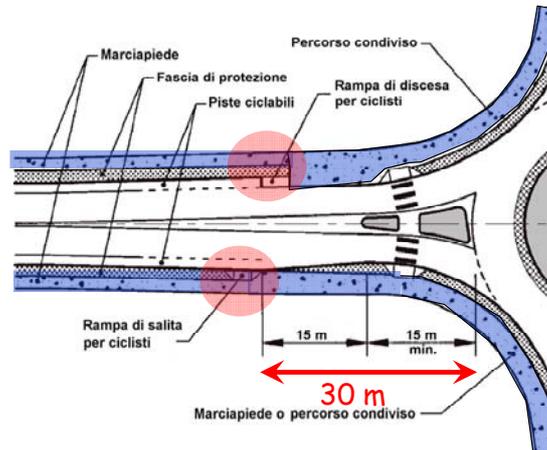
- quando le portate veicolari in ingresso superano le 10.000 unità al giorno;
- sulle rotatorie con più corsie;
- se le velocità operative sono maggiori di 50 km/h.

## SOLUZIONI PROGETTUALI PER LA MOBILITÀ CICLISTICA

Si devono realizzare apposite piste ciclabili che dai rami si collegano alle banchine della corona giratoria, in modo tale da separarsi dal traffico veicolare. Queste corsie devono **interrompersi 30 m a monte** della linea di entrata per consentire la separazione dai veicoli.

Occorre poi un **marciapiede** allargato e fisicamente separato dalla corona giratoria, condiviso da ciclisti e pedoni.

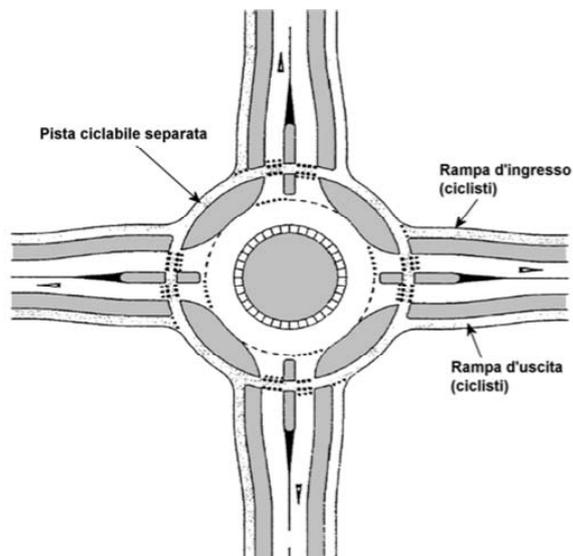
Si devono anche prevedere **rampe** o altri tipi di collegamento tra il marciapiede e le piste ciclabili realizzate sui bordi dei bracci.



## SOLUZIONI PROGETTUALI PER LA MOBILITÀ CICLISTICA

Un altro possibile intervento, consiste nella realizzazione di piste ciclabili separate dalla carreggiata stradale.

Nell'**esempio** in figura, le biciclette possono percorrere interamente l'anello ciclabile senza fermarsi, in quanto hanno diritto di precedenza. È consigliabile prevedere una distanza di almeno **5 m** tra l'anello della corsia ciclabile e il bordo esterno della corona giratoria.



## REGOLAMENTAZIONE DEI PARCHEGGI E DELLE FERMATE DEGLI AUTOBUS

Parcheggiare o fermarsi nella **corona giratoria** dovrebbe essere **vietato** perché crea intralcio alla circolazione con possibilità d'incidenti.

Anche il posteggio dei veicoli sulle **entrate e sulle uscite** dovrebbe essere vietato, in modo tale da non impedire alcune manovre e non limitare la visibilità ai pedoni.

Si consiglia, pertanto, di posizionare le corsie (o aree) di parcheggio, opportunamente delimitate a mezzo della segnaletica orizzontale, ad una distanza di almeno **6 m** dall'attraversamento pedonale di un'intersezione.

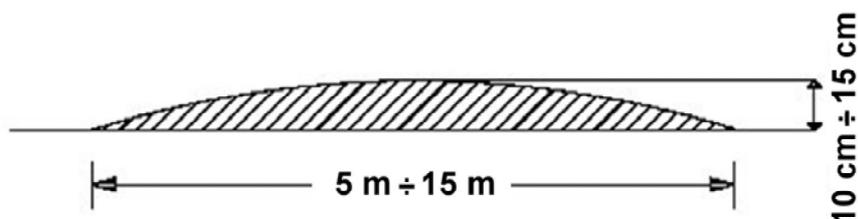
## REGOLAMENTAZIONE DEI PARCHEGGI E DELLE FERMATE DEGLI AUTOBUS

Anche le fermate dei bus devono essere situate lontano dalle entrate e dalle uscite e mai nella corona giratoria. In particolare si possono prevedere le due seguenti ubicazioni delle fermate:

- **fermate in entrata:** la fermata deve essere ubicata lontano dal bordo della corona, per permettere il sorpasso da parte di un veicolo quando il bus è fermo;
- **fermate in uscita:** le fermate devono essere posizionate a una distanza sufficiente dal bordo della corona, affinché non si vengano a creare code che possano occupare la corona giratoria. Inoltre, queste fermate devono essere situate oltre le strisce pedonali, per migliorare la visibilità e la percezione dei veicoli in uscita da parte dei pedoni.

## MINI ROTATORIE

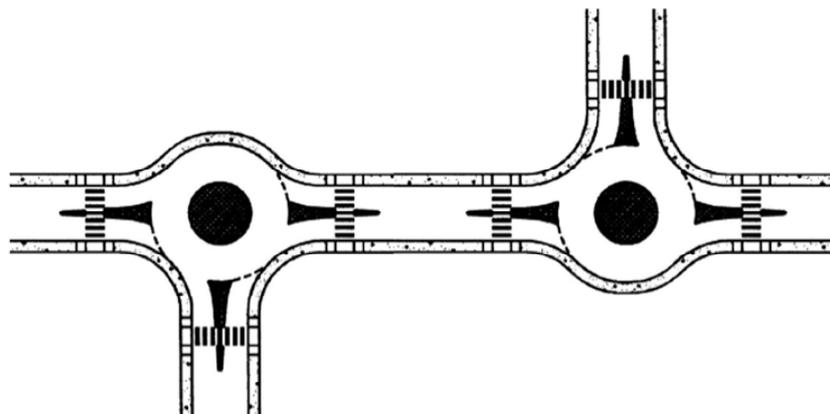
La sopraelevazione dell'isola centrale, al centro, è limitata a **15 cm**. In presenza di autobus circolanti sopra l'isola, questa non dovrà superare i **12 cm**.



È importante che ci sia un buon contrasto (colore, materiali) fra la carreggiata e l'isola centrale, sia di giorno che di notte. Per tale motivo, sono da preferire le isole bianche, se è possibile catarifrangenti, le isole pavimentate o di altro colore ben contrastato (chiaro).

## MINI ROTATORIE

Quando due bracci secondari sono distanti qualche decina di metri (per esempio due incroci a "T" ravvicinati), è possibile realizzare una doppia mini rotatoria. Questa soluzione progettuale viene anche definita "disposizione a baionetta".



## MINI ROTATORIE

In tale caso devono essere rispettate le seguenti condizioni:

- limitazione dell'utilizzo dell'itinerario per i trasporti collettivi e mezzi pesanti la cui presenza dovrà essere episodica;
- i bordi esterni delle rotatorie non devono sovrapporsi, né essere tangenti;
- le rotatorie devono essere centrate rispetto all'asse principale, altrimenti è necessario flettere la traiettoria di entrata per evitare che sia tangente;
- la distanza fra due rotatorie deve essere sufficiente per lo smaltimento dei veicoli in attesa nella sezione intermedia; questa si calcola in funzione del traffico: **5 m** (minimo) se si hanno solo autovetture, **12 m** in presenza di mezzi pesanti e/o ingombranti.

## PENDENZA TRASVERSALE DELLA CORONA

La pendenza trasversale della corona giratoria deve essere almeno del **2,00%** in discesa verso il bordo esterno. Questa tecnica di inclinare verso l'esterno è consigliata per quattro ragioni principali:

- migliora la visibilità dell'isola centrale;
- favorisce la riduzione di velocità sulla corona giratoria;
- minimizza le interruzioni delle pendenze trasversali nelle corsie di entrata e di uscita;
- permette il drenaggio delle acque piovane e il loro allontanamento dalla rotatoria.

### CORONA GIRATORIA PROVISTA DI FASCIA SORMONTABILE



## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI



## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI

Il D.M. 19/04/2006 afferma che "per sistemazioni con circolazione rotatoria, che non rientrano nelle tipologie su esposte, il dimensionamento e la composizione geometrica debbono essere definiti con il principio dei tronchi di scambio tra due bracci contigui. In questi casi le immissioni devono essere organizzate con appositi dispositivi".

Un'interpretazione ragionevole di quest'ultimo passaggio della Norma, porta a ritenere che debbano essere definite "sistemazioni con circolazione rotatoria" tutti quegli schemi di incrocio rientranti nelle due seguenti categorie:

- le **rotatorie circolari di grandi dimensioni**, cioè quelle con diametro maggiore di 50 m;
- tutte quelle configurazioni di incrocio a raso che, pur garantendo una circolazione rotatoria, presentano **forme non circolari** (ellittiche, allungate, a clessidra, ecc.).

## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI

Il D.M. 19/4/2006, al paragrafo 5, afferma che "per le manovre di immissione e di scambio, la lunghezza delle corsie specializzate deve essere determinata secondo procedure basate sulla distribuzione probabilistica dei distanziamenti temporali tra i veicoli in marcia, su ciascuna corsia".

I **tronchi di scambio** che definiscono la geometria complessiva delle "sistemazioni con circolazione rotatoria", pertanto, devono avere una lunghezza da determinare tramite l'applicazione di metodologie basate sull'approccio probabilistico ai problemi del deflusso veicolare.

## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI

Le zone di scambio, per funzionare correttamente, devono garantire a due correnti veicolari che marciano nella stessa direzione di incrociarsi reciprocamente nello spazio della carreggiata. Dall'analisi dello schema classico di zona di scambio a 3 corsie, riportato nel D.M. 19/4/2006, si evincono i quattro flussi di traffico entranti in gioco: due che non scambiano e che proseguono senza cambiare corsia ( $Q_{ns1}$ ,  $Q_{ns2}$ ), e due che sono costretti a deviare dalla propria corrente di origine e ad attraversarsi reciprocamente per inserirsi nel flusso di traffico parallelo ( $Q_{s1}$ ,  $Q_{s2}$ ).



## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI

Un concetto basilare introdotto per lo studio dei tronchi di scambio nel caso di rotatorie è quello della **portata veicolare virtuale ( $Q_v$ )**. Con riferimento al tronco di scambio a due corsie rappresentato nella figura, si deve notare che ciascuno dei flussi scambianti ( $Q_{s1}$  e  $Q_{s2}$ ), nella ricerca dell'intervallo spazio-temporale di immissione (**intervallo critico**) all'interno della rispettiva corrente parallela ( $Q_{ns2}$  e  $Q_{ns1}$ ) potrebbe subire i condizionamenti dei veicoli che, dualmente, intendono eseguire la manovra di scambio (ad es. il flusso  $Q_{s1}$  per potersi inserire nella corrente  $Q_{ns2}$ , potrebbe venire disturbato dal flusso  $Q_{s2}$  che si accinge, in maniera analoga, ad effettuare lo scambio).



## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI

Al fine di tener conto di tali condizionamenti, si è pensato di introdurre una **portata veicolare virtuale**, costituita dal flusso che non scambia più una quota parte del flusso che, muovendosi nella stessa direzione del flusso che non scambia, intende eseguire la manovra di scambio.

Si definiscono così le due seguenti portate virtuali ( $Q_{v1}$ ,  $Q_{v2}$ ):

$$Q_{v1} = Q_{ns1} + K \cdot Q_{s1}$$

$$Q_{v2} = Q_{ns2} + K \cdot Q_{s2}$$



## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI

Si propone che il fattore  $K$ , riportato nelle due espressioni precedenti, assuma il valore di  $0,5$ . Si osservi infatti che il flusso in immissione sulla corrente veicolare non scambiante avrà la massima probabilità di vedersi impedito l'accesso all'interno di tale corrente di traffico nella prima parte della zona di scambio, mentre la minima probabilità che tale impedimento si verifichi si manifesterà nell'ultima parte del tronco di scambio (quando, cioè, è presumibile che gran parte del flusso di scambio in opposizione abbia già completato la manovra). Si ritiene ragionevole, dunque, quantificare l'influenza reciproca dei flussi che scambiano come la metà del valore numerico della portata veicolare.

## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI

Per la caratterizzazione probabilistica della lunghezza di scambio, bisogna considerare che il presentarsi dell'intervallo critico ( $T$ ) è, in ogni caso, un evento aleatorio, fortemente condizionato dalla **velocità media di scambio ( $V_{ms}$ )**.

In funzione della velocità media di scambio, si può definire il **livello di qualità** che si intende garantire sul tronco di scambio. In particolare, sono stati definiti i quattro seguenti livelli di qualità, connessi alla fluidità delle manovre di scambio:

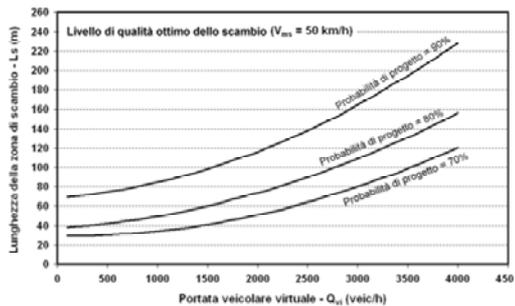
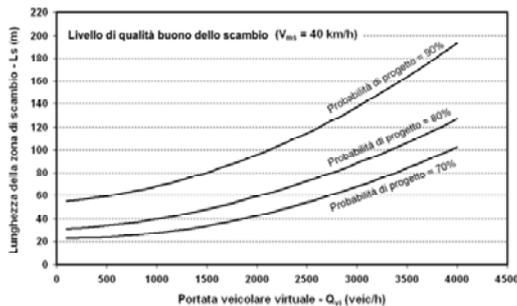
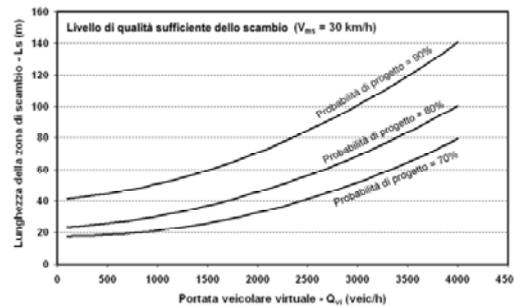
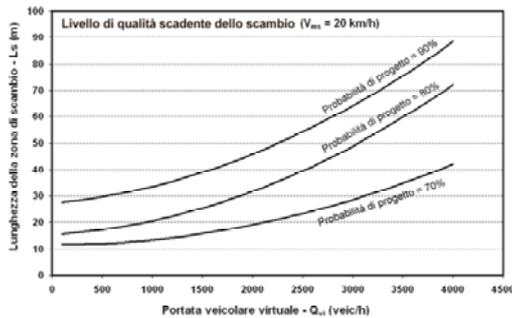
- > **livello di qualità scadente** dello scambio:  $V_{ms} = 20$  km/h;
- > **livello di qualità sufficiente** dello scambio:  $V_{ms} = 30$  km/h;
- > **livello di qualità buono** dello scambio:  $V_{ms} = 40$  km/h;
- > **livello di qualità ottimo** dello scambio:  $V_{ms} = 50$  km/h.

## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI

Un'altra scelta che spetta al progettista è quella della **probabilità di progetto** cioè la probabilità di trovare il varco libero all'interno del flusso veicolare che transita nella corsia entro cui ci si deve immettere. La scelta di tale probabilità determina la valutazione numerica della lunghezza del tronco di scambio. È consigliabile l'adozione di una probabilità abbastanza elevata, in genere il 90%. Non bisogna però escludere la possibilità, in presenza di situazioni specifiche (essenzialmente dettate da vincoli spaziali), di adottare dimensioni della lunghezza di scambio associate a probabilità inferiori (si consiglia, in ogni caso, di non scendere mai al disotto del 70%).

## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI

Esistono i seguenti abachi di progetto:

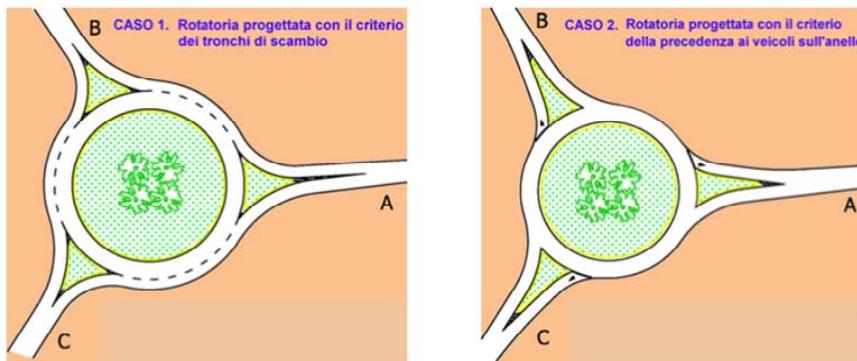


## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI

In definitiva, la procedura per il dimensionamento dei tronchi di scambio nelle rotatorie convenzionali può essere sintetizzata tramite i 4 step di seguito riportati:

- 1) individuazione dei tronchi di scambio presenti nella rotatoria e valutazione, per ciascuno di essi, delle portate di scambio e di non scambio, nonché delle portate virtuali;
- 2) scelta del livello di qualità da attribuire allo scambio (scadente, sufficiente, buono, ottimo) e della probabilità di progetto (90%, 80%, 70%);
- 3) determinazione, per ognuna delle zone di scambio, delle lunghezze di scambio ( $L_{s1}$ ,  $L_{s2}$ ) tramite gli abachi;
- 4) valutazione della lunghezza di scambio  $L_{scambio}$ , per ognuno dei tronchi di scambio della rotatoria con la relazione seguente:  $L_{scambio} = \max(L_{s1}, L_{s2})$ .

## PROGETTAZIONE DI ROTATORIE NON CONVENZIONALI



Maggiore ingombro per la rotatoria progettata con il criterio dei tronchi di scambio (superficie 1,5 volte maggiore).

Maggiore sicurezza per la rotatoria progettata con il criterio della precedenza ai veicoli sull'anello (punti di conflitto dimezzati, semplicità ed intuitività delle manovre).

Prestazioni operative migliori per la rotatoria progettata con il criterio della precedenza ai veicoli sull'anello.

## DISTANZE DI VISIBILITÀ

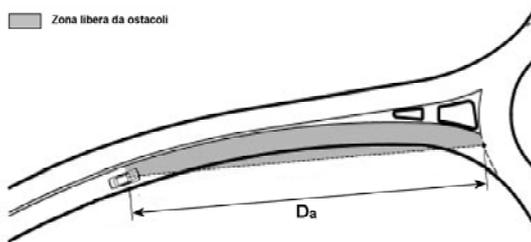
Le manovre di immissione e di attraversamento, tipiche di una rotatoria, per avvenire in sicurezza, richiedono, tra i requisiti fondamentali, l'esistenza di **spazi liberi da ostacoli** che possano invadere il campo visivo del conducente (posto generalmente ad un'altezza dal suolo pari a 1,00 m - 1,10 m).

La verifica dell'adeguatezza delle visuali offerte da una rotatoria può avvenire attraverso **6 criteri di visibilità**:

- 1) Criterio della visibilità per l'arresto sul ramo d'ingresso
- 2) Criterio della visibilità a sinistra (o visibilità del quarto di corona)
- 3) Criterio della visibilità per i veicoli in circolo
- 4) Criterio delle fasce di rispetto
- 5) Criterio della visibilità veicolo-pedone
- 6) Criterio della visibilità pedone-veicolo

## DISTANZE DI VISIBILITÀ

### Criterio della visibilità per l'arresto sul ramo d'ingresso



$$D_a = \frac{V \cdot \tau}{3,6} + \frac{V^2}{2 \cdot 12,96 \cdot g \cdot \left( f(v) \pm \frac{i}{100} \right)}$$

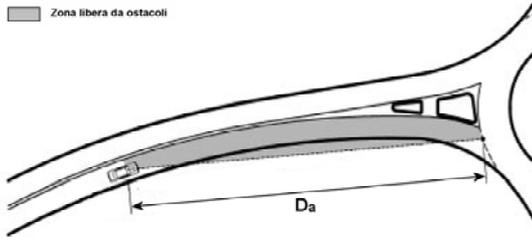
**V** = velocità degli utenti sul ramo d'ingresso; è pari alla velocità dell'85° percentile nel caso di rotatorie esistenti; si pone uguale alla velocità di progetto nel caso di rotatorie di nuova costruzione (km/h).

**i** = pendenza longitudinale del ramo d'ingresso, positiva in salita e negativa in discesa (%)

**g** = accelerazione di gravità (9,8066 m/sec<sup>2</sup>)

## DISTANZE DI VISIBILITÀ

### Critero della visibilità per l'arresto sul ramo d'ingresso



$$D_a = \frac{V \cdot \tau}{3,6} + \frac{V^2}{2 \cdot 12,96 \cdot g \cdot \left( f(v) \pm \frac{i}{100} \right)}$$

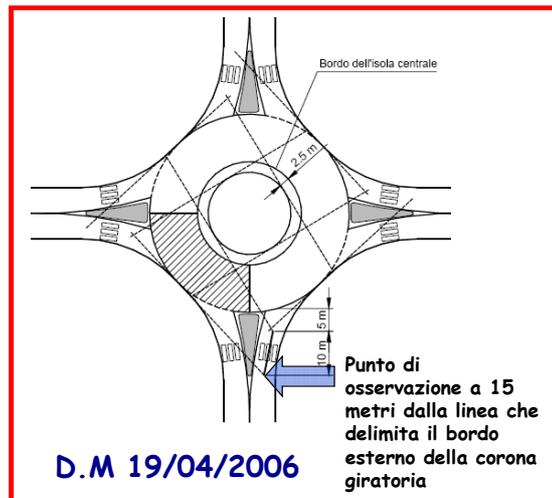
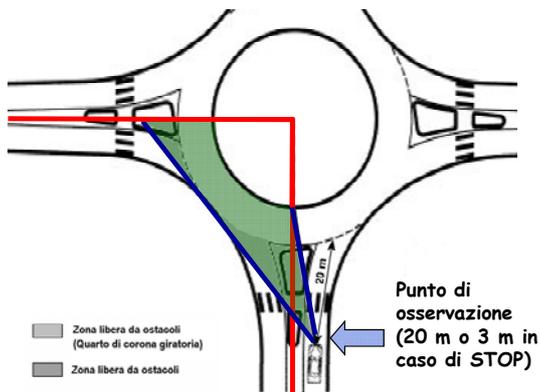
$\tau$  = tempo di reazione complessivo (percezione, riflessione, attuazione e reazione) pari a:

$$\tau = 2,8 - 0,01 \cdot V \quad (\text{sec})$$

$f(V)$  = coefficiente di aderenza longitudinale che si ricava per interpolazione, sapendo che vale 0,45 per  $V = 25$  km/h, 0,43 per  $V = 40$  km/h, 0,35 per  $V = 60$  km/h, 0,30 per  $V = 80$  km/h, 0,25 per  $V = 100$  km/h, 0,21 per  $V = 120$  km/h

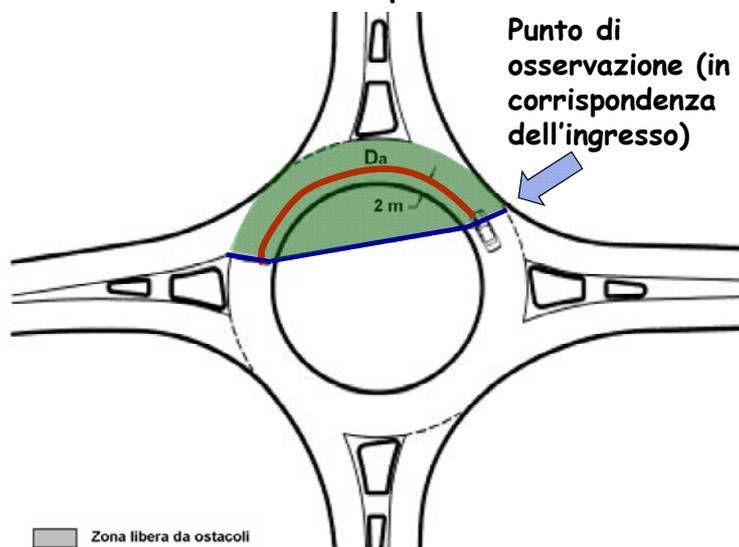
## DISTANZE DI VISIBILITÀ

### Critero della visibilità a sinistra (o del quarto di corona)



## DISTANZE DI VISIBILITÀ

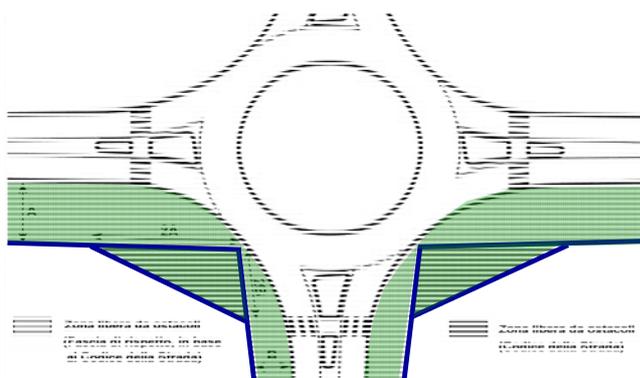
### Criterio della visibilità per i veicoli in circolo



## DISTANZE DI VISIBILITÀ

### Criterio delle fasce di rispetto

Il Codice della Strada, impone la presenza di zone libere da ostacoli da identificarsi nelle cosiddette **fasce di rispetto** e in un ulteriore triangolo di visibilità "avente due lati sugli allineamenti delimitanti le fasce di rispetto, la cui lunghezza misurata a partire dal punto d'intersezione degli allineamenti stessi sia pari al doppio delle distanze stabilite dal Regolamento, e il terzo lato costituito dal segmento congiungente i punti estremi".



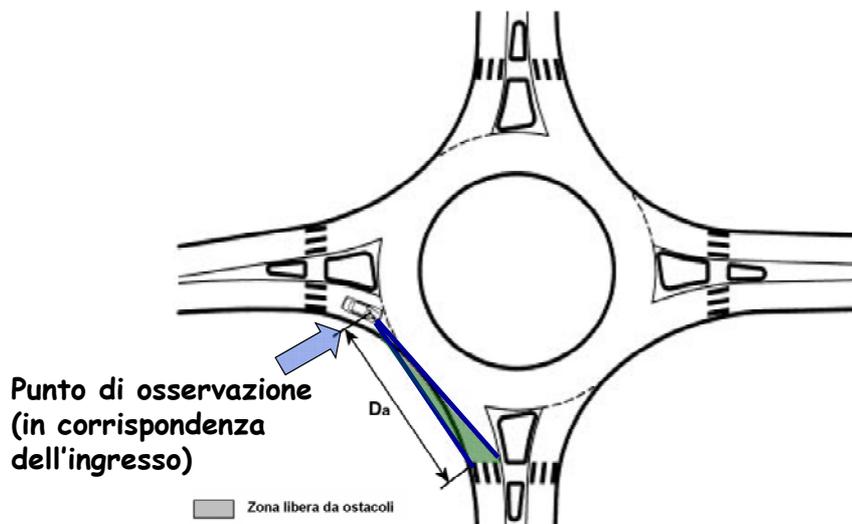
## DISTANZE DI VISIBILITÀ

### Criterio delle fasce di rispetto

Tipologia stradale	Fascia di rispetto (esterna ai centri abitati)		Fascia di rispetto (interna ai centri abitati)	
	Nuovi edifici oppure ricostruzioni	Zone edificabili (Progetto attuativo)	Senza strumento urbanistico	Con strumento urbanistico
C - Strada extraurbana secondaria	30 m	10 m	-	-
E - Strada urbana di quartiere	-	-	20 m	Strumento urbanistico
F - Strada locale	20 m	Strumento urbanistico	10 m	Strumento urbanistico
F - Strada vicinale	10 m	Strumento urbanistico	10 m	Strumento urbanistico

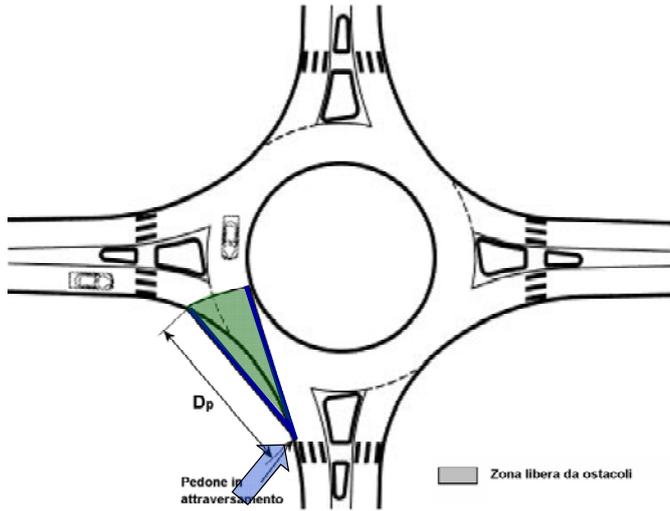
## DISTANZE DI VISIBILITÀ

### Criterio della visibilità veicolo-pedone



## DISTANZE DI VISIBILITÀ

### Critero della visibilità pedone-veicolo

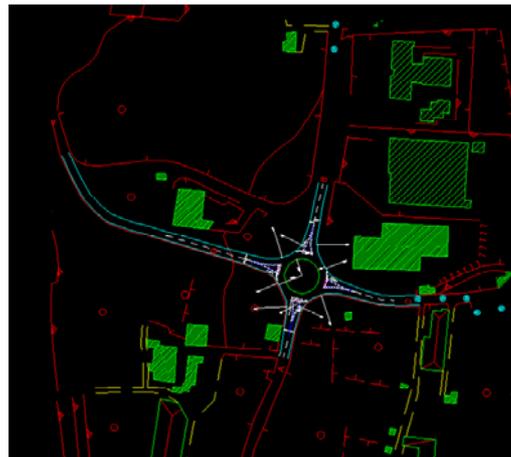


$$D_p = \frac{V}{V_p} \cdot L_p$$

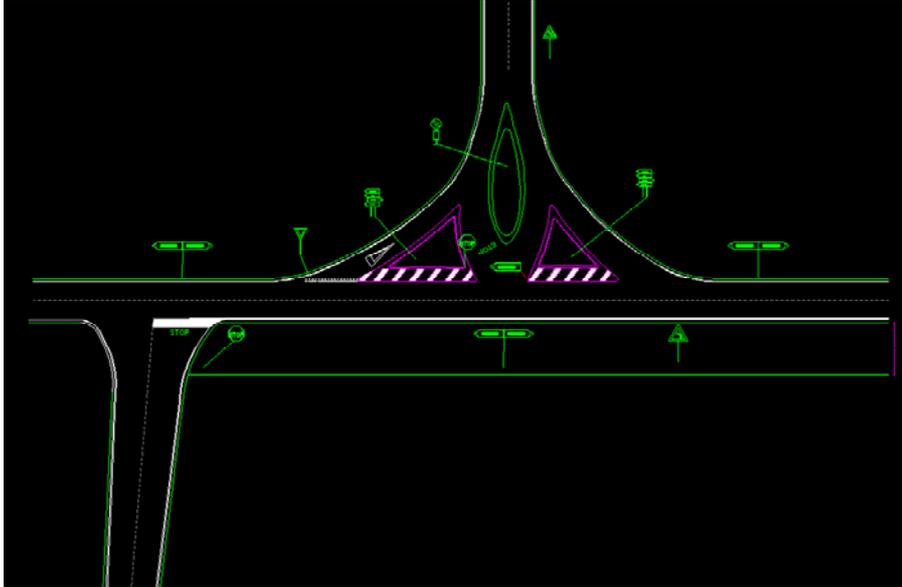
- $D_p$  = Distanza di visibilità pedone-veicolo (m);
- $V$  = Velocità dei veicoli in circolo o sul ramo immediatamente a sinistra dell'attraversamento (km/h);
- $V_p$  = Velocità dei pedoni (km/h). Valori consigliati: **3,5 + 4,0 km/h**;
- $L_p$  = Lunghezza in metri dell'attraversamento pedonale.

# CASI STUDIO

# CASO STUDIO 1



### CASO STUDIO 1



Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 1 Febbraio 2010

Criteri di progettazione delle rotatorie  
Salvatore Leonardi

63

### CASO STUDIO 1

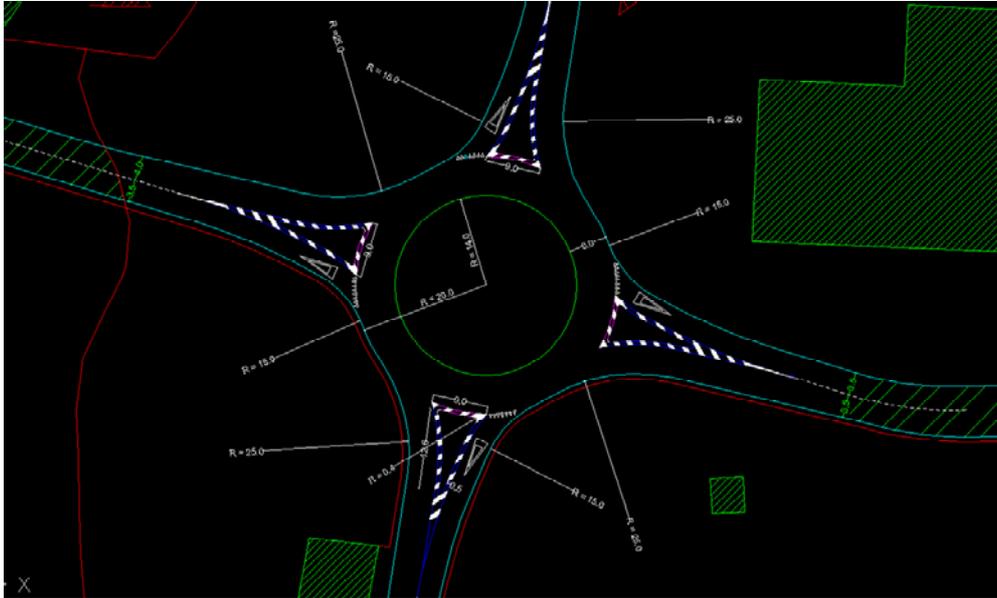


Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 1 Febbraio 2010

Criteri di progettazione delle rotatorie  
Salvatore Leonardi

64

### CASO STUDIO 1

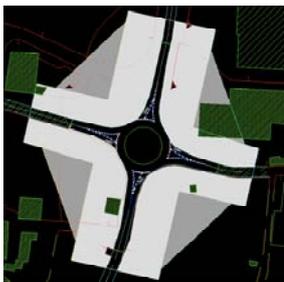
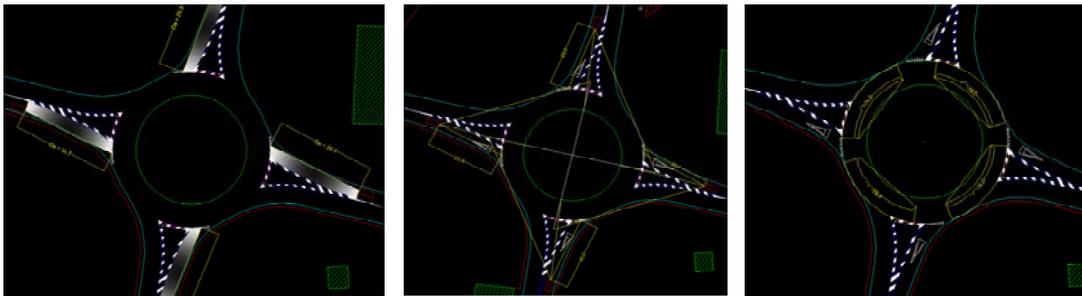


Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 1 Febbraio 2010

Criteri di progettazione delle rotatorie  
Salvatore Leonardi

65

### CASO STUDIO 1



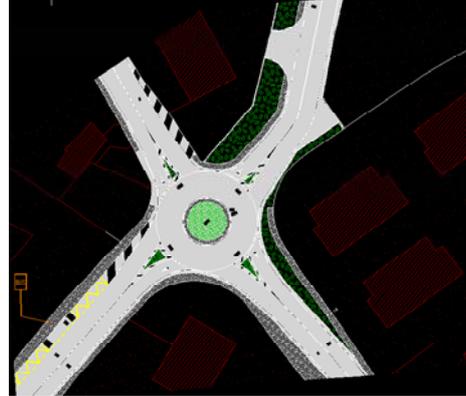
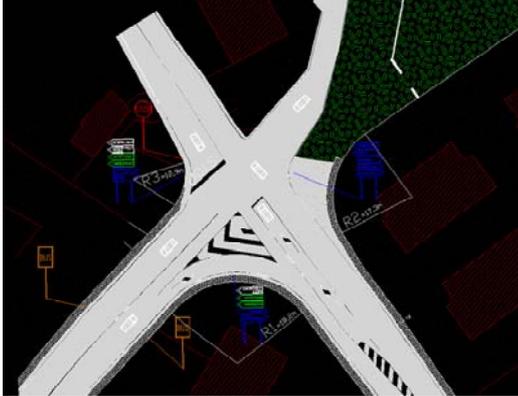
### Verifiche dei criteri di visibilità

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 1 Febbraio 2010

Criteri di progettazione delle rotatorie  
Salvatore Leonardi

66

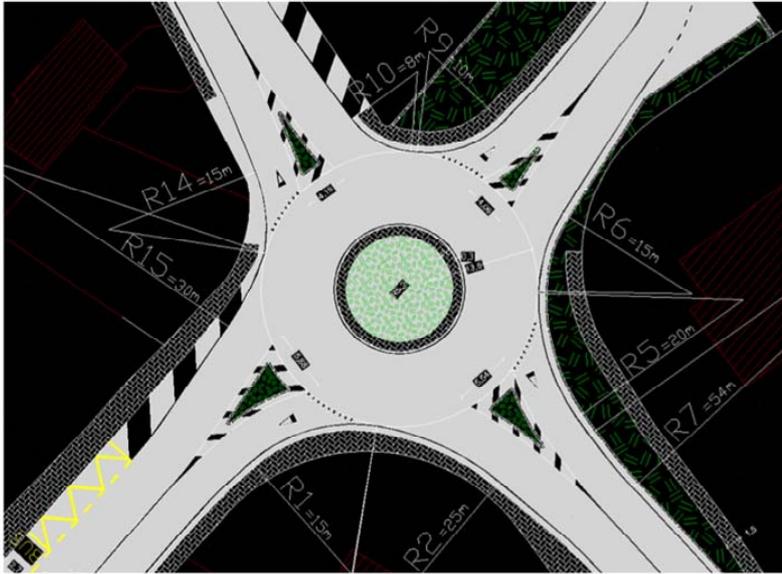
## CASO STUDIO 2



## CASO STUDIO 2



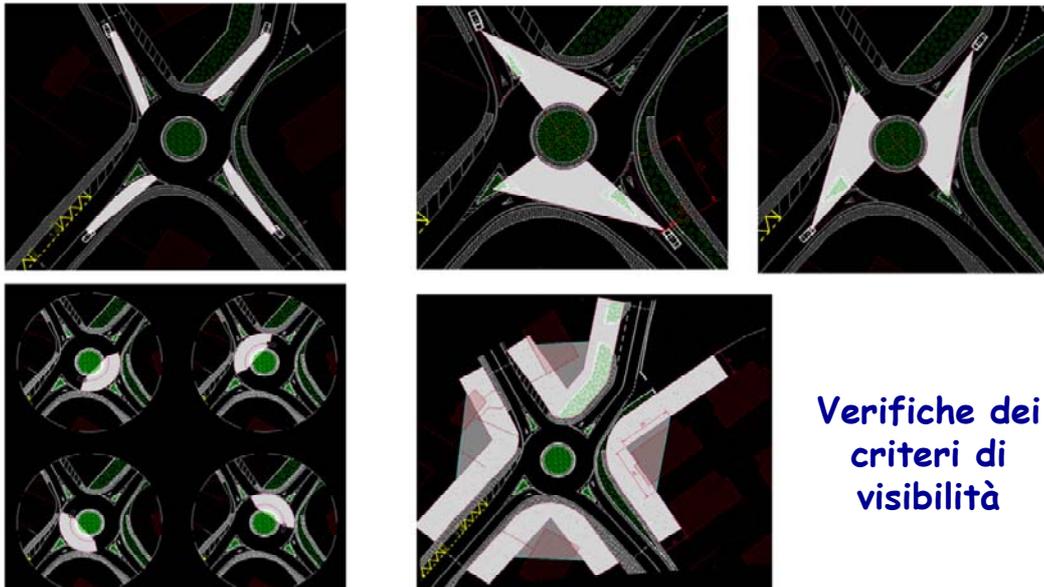
CASO STUDIO 2



Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 1 Febbraio 2010

Criteri di progettazione delle rotonde  
Salvatore Leonardi

CASO STUDIO 2



Verifiche dei  
criteri di  
visibilità

Secondo Corso Specialistico  
TORINO, 1 Febbraio 2010

Criteri di progettazione delle rotonde  
Salvatore Leonardi

## APPENDICE

# TRACCIA PER L'ELABORAZIONE DELLA SCHEDA DESCRITTIVA E VALUTATIVA DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA

Di seguito si riporta una **traccia indicativa per la raccolta di informazioni** utili per valutare le caratteristiche delle intersezioni a rotatoria per quanto riguarda: le *“premesse”* in termini di analisi del traffico e delle condizioni di sicurezza, i riferimenti derivanti dagli eventuali strumenti di pianificazione e programmazione, le caratteristiche tecniche di base, i costi di realizzazione/manutenzione, gli effetti sul traffico e sulla sicurezza stradale, la partecipazione e il gradimento dei cittadini.

Fermo restando che ogni indicazione di integrazione o semplificazione della traccia sarà benvenuta, precisiamo che si tratta di una rilevazione sperimentale e di prima verifica che potrà essere meglio definita, nei contenuti e nei metodi di rilevazione, sulla base dei risultati che saranno raggiunti. L'elenco delle informazioni da raccogliere è abbastanza ampio e non sempre sarà possibile completarlo in tutte le parti. La quota di informazioni disponibili e agevolmente accessibili costituisce tuttavia già un risultato significativo: ci dice quanto siamo distanti dalla possibilità di sviluppare un'azione di monitoraggio sistematico e completo e su quali aree di informazione dobbiamo impegnarci per raggiungere un livello di conoscenza soddisfacente. In sostanza questa prima rilevazione dovrebbe essere utilizzata per due finalità:

- capire quanto dobbiamo impegnarci (e come) per realizzare un monitoraggio soddisfacente delle intersezioni a rotatoria;
- analizzare i primi risultati che è possibile ricostruire sulla base dei dati raccolti per capire se gli interventi sono stati efficaci (e in che misura), tenendo anche conto dei costi sostenuti.

Entrambi i risultati della rilevazione costituiranno l'oggetto di un **seminario dedicato all'analisi costi/efficacia applicata a interventi finalizzati alla sicurezza stradale e all'utilizzazione di queste analisi come strumento per migliorare le fasi di programmazione e progettazione e quelle di allocazione delle risorse finanziarie**. La rilevazione e le analisi delle caratteristiche e degli effetti determinati dalle intersezioni a rotatoria consentirà di costruire dei casi di studio da porre a base delle riflessioni e delle proposte. Allo stato attuale si prevede il seguente calendario:

- I. raccolta dei dati;
- II. incontro di verifica nel pomeriggio di lunedì 1° febbraio presso la sede del COREP a Torino;

- III. completamento della raccolta dei dati e redazione dei rapporti di descrizione/valutazione;
- IV. seminario di valutazione e indirizzo, il giorno 22 febbraio (data da confermare).

Il seminario sarà promosso dal LAGS e dalla Consulta Nazionale sulla Sicurezza Stradale, con la partecipazione della Regione Piemonte e delle Amministrazioni che stanno realizzando la rilevazione sperimentale delle rotatorie e sarà organizzato in quattro sezioni:

- A. relazioni introduttive sul tema del rapporto costi/efficacia negli investimenti pubblici, con riferimento alle strategie di sicurezza stradale, alla informazione alle rappresentanze sociali ed economiche (e ai cittadini), alle verifiche mirate a migliorare progressivamente l'allocazione di risorse pubbliche;
- B. presentazione dei casi di studio (le rotatorie e i loro effetti sul traffico e sulla sicurezza stradale nelle province di Torino, Novara e Biella e nel comune di Asti, eventuali altri);
- C. tavola rotonda sulle decisioni di investimento in intersezioni a rotatorie e sulla valutazione dei risultati, con responsabili di reti stradali e rappresentanze sociali ed economiche;
- D. conclusioni e indirizzi per migliorare lo stato delle conoscenze e il processo di valutazione dell'efficacia degli investimenti.

Tornando alla rilevazione, si propone di raccogliere tre gruppi di informazioni

### 1) INFORMAZIONI DI CONTESTO

Ciascuna amministrazione dovrebbe illustrare il quadro generale entro il quale si collocano gli interventi di realizzazione di intersezione in rotatoria nel proprio territorio, raccogliendo le informazioni indicate di seguito.

- a) È stata effettuata una rilevazione del traffico:
  - (1) NO
  - (2) SI        anno .....
  - Descrizione .....
- b) L'amministrazione dispone/utilizza di un modello di simulazione e previsione del traffico:

- (1) NO
- (2) SI      tipo .....      anno .....
- Descrizione .....
- c) È stato redatto il PUT / PTVE:
  - (1) NO
  - (2) SI      anno .....
  - Descrizione .....
- d) È stata definita la classificazione funzionale della rete viaria:
  - (1) NO
  - (2) SI      anno .....
- e) È stato redatto il regolamento viario:
  - (1) NO
  - (2) SI      anno .....
- f) È stato definito un programma di interventi prioritari sulle intersezioni:
  - (1) NO
  - (2) SI      anno .....    con quali finalità .....
  - (3) Ne è stata data attuazione
    - i.    NO
    - ii.   SI

**2a) INTERSEZIONE A ROTATORIA SU STRADE DI NUOVA REALIZZAZIONE<sup>1</sup>**

- a) La rotatoria è prevista da uno strumento di pianificazione (PRG, PP, PUT, PUM, PTVE, etc.):
  - (1) NO
  - (2) SI      quale strumento ..... In che anno .....
- b) Il progetto era corredato da studi e previsioni specifiche di evoluzione del traffico:
  - (1) NO
  - (2) SI      anno ..... dello studio/simulazione
  - Descrizione dei risultati dello studio rispetto alla rotatoria in esame
- c) Il progetto e la realizzazione sono stati sviluppato con fasi di partecipazione della cittadinanza:
  - (1) NO
  - (2) SI .... come .....

---

<sup>1</sup> O tra una strada di nuova realizzazione e una strada esistente.

- d) Classificazione funzionale (ai sensi del CdS) delle strade afferenti all'intersezione:  
 (1) .....
- e) Anno di entrata in esercizio della intersezione  
 (1) .....
- f) Soggetto che ha progettato la rotatoria:  
 (1) Ufficio tecnico dell'amministrazione proprietaria  
 (2) Progettista esterno
- g) Dopo l'entrata in esercizio della rotatoria è stato realizzato il monitoraggio:  
 (1) dell'incidentalità stradale  
     i. NO  
     ii. SI , indicare come .....:  
 (2) dei flussi di traffico  
     i. NO  
     ii. SI indicare come .....  
 (3) della velocità dei veicoli (composizione percentuale e 85° percentile)  
     i. NO  
     ii. SI indicare come .....  
 (4) dei tempi di spostamento  
     i. NO  
     ii. SI indicare come .....

**AVVERTENZE**

*I dati su traffico, incidentalità, velocità riguardano non solo in modo puntuale la specifica intersezione ma anche le strade afferenti per un'estesa:*

- di almeno km 1 in caso di viabilità extraurbana;
- fino alla successiva intersezione e comunque per non più di km 1, in caso di viabilità urbana .

**2b) INTERSEZIONE A ROTATORIA SU STRADE ESISTENTI**

- a) Le rotatoria è prevista da uno strumento di pianificazione (PRG, PP, PUT, PUM, PTVE, etc.):  
 (1) NO, in questo caso, quali sono le conoscenze e le motivazioni che hanno determinato l'intervento .....  
 (2) SI, quale strumento ..... in che anno .....

- b) L'intervento (a causa delle condizioni e dei vincoli di contesto) è stato realizzato in deroga alla normativa vigente:
- (1) NO
  - (2) SI ... in che termini .....
- c) Il progetto e la realizzazione sono stati sviluppati con fasi di partecipazione della cittadinanza:
- (1) NO
  - (2) SI .... come .....
- d) Quale è stato il gradimento da parte della comunità locale:
- (1) Descrizione
  - (2) Modalità attraverso la quale si è esaminato il gradimento
- e) Il progetto è corredato da uno studio su:
- (1) incidentalità pregressa:
    - i. NO
    - ii. SI, descrizione dello studio e dei risultati
  - (2) Flussi di traffico preesistenti:
    - i. NO
    - ii. SI descrizione dello studio e dei risultati
  - (3) della velocità dei veicoli (composizione percentuale e 85° percentile)
  - (4) dei tempi di spostamento
    - i. NO
    - ii. SI, indicare come .....
- f) Il progetto è corredato da previsioni specifiche di evoluzione del traffico:
- (1) NO
  - (2) SI        anno ..... dello studio/simulazione
- g) Classificazione funzionale (ai sensi del CdS) delle strade afferenti all'intersezione:
- (1) .....
- h) Anno di entrata in esercizio della intersezione
- (1) .....
- i) Soggetto che ha progettato la rotatoria:
- (1) Ufficio tecnico dell'amministrazione proprietaria
  - (2) Progettista esterno

- j) Dopo l'entrata in esercizio della rotatoria è stato realizzato il monitoraggio:
- (1) dell'incidentalità stradale
    - i. NO
    - ii. SI, come ..... risultati .....
  - (2) dei flussi di traffico
    - i. NO
    - ii. SI Come ..... risultati .....
  - (3) della velocità dei veicoli (composizione percentuale e 85° percentile)
    - i. NO
    - ii. SI, indicare come .....
  - (4) dei tempi di spostamento
    - i. NO
    - ii. SI indicare come .....

**AVVERTENZE**

*I dati su traffico, incidentalità, velocità riguardano non solo in modo puntuale la specifica intersezione ma anche le strade afferenti per un'estesa:*

- *di almeno km 1 in caso di viabilità extraurbana;*
- *fino alla successiva intersezione e comunque per non più di km 1, in caso di viabilità urbana .*

**3) DOCUMENTAZIONE TECNICA**

Per ciascuna rotatoria esaminata, in aggiunta alle informazioni sopra indicate, dovrebbero essere raccolti i seguenti dati.

- a) Planimetria schematica
- b) Fotografia zenitale dell'area
- c) Costi di realizzazione
- d) Costi di manutenzione
- e) Valore economico dei benefici
- f) Dimensioni fondamentali
  - i. raggio del ciglio esterno della carreggiata della corona rotatoria
  - ii. raggio del ciglio dell'isola centrale
  - iii. larghezza corsie nella corona rotatoria
  - iv. larghezza dei bracci di ingresso
  - v. numero corsie dei bracci di ingresso

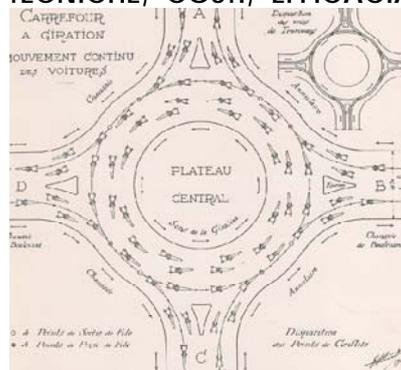
- vi. larghezza dei bracci di uscita
- vii. numero corsie dei bracci di uscita
- viii. illuminazione: sui bracci / nell'isola centrale
  - (a) attraversamenti pedonali: NO / SI ..... dove
- ix. piste ciclabili
  - (a) NO
  - (b) SI, ..... dove
- x. Segnaletica
  - (a) Descrizione o schema grafico
- xi. isola centrale:
  - (a) superficie: lastricata ..... a verde .....
  - (b) con siepi SI ... NO ...
  - (c) con alberatura SI ... NO ...
  - (d) con manufatti in pietra, cemento, acciaio

LAGS

LABORATORIO PER IL GOVERNO DELLA SICUREZZA STRADALE



**LE INTERSEZIONI A ROTATORIA:  
TECNICHE, COSTI, EFFICACIA**



M A G G I O 2 0 1 0