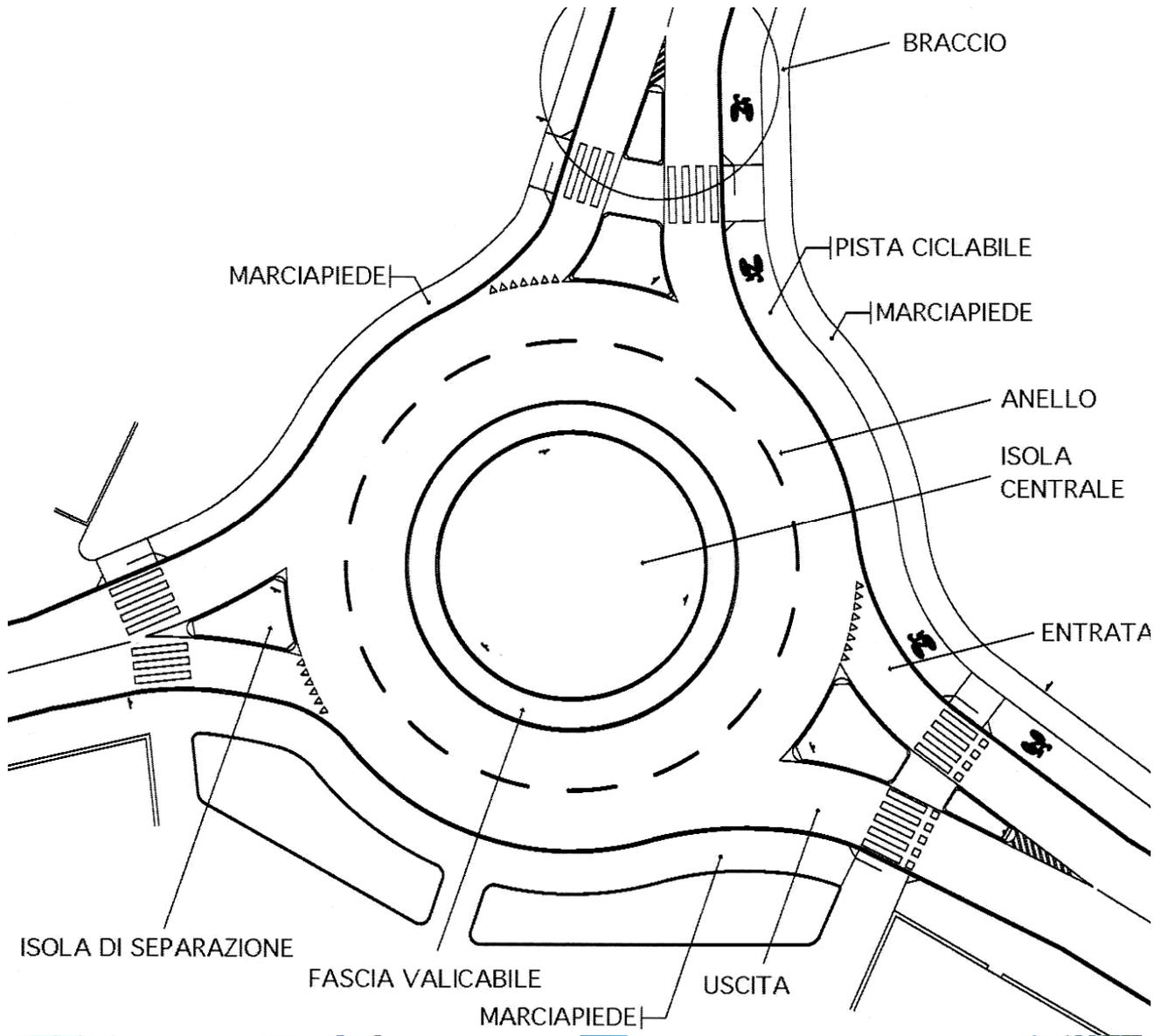


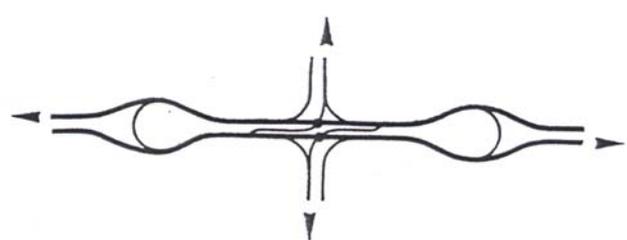
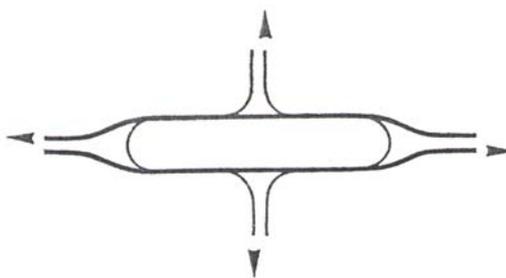
La geometria





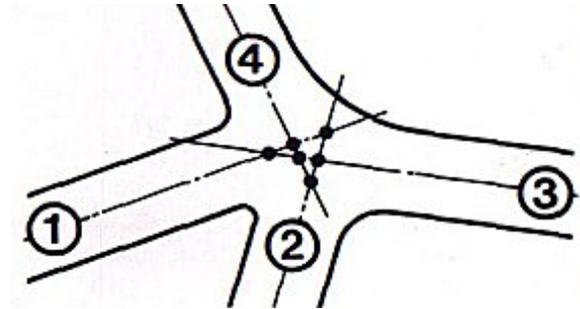
Poi:

1. le mini-rotatorie, legalizzate dal 1995 in Francia con l'isola centrale anche completamente sormontabile, e particolarmente diffuse in Norvegia e Gran Bretagna;
2. alcuni tipi di schemi canalizzati che presentano solitamente andamenti ovali, ellittici o allungati, ma non esattamente circolari, che privilegiano una arteria rispetto alle altre.

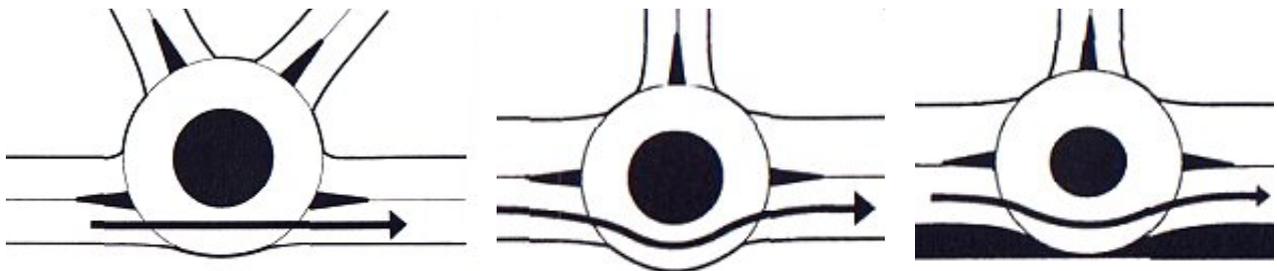


Progettazione geometrica:

1. **definire la posizione della rotatoria:** il centro geometrico dovrà trovarsi idealmente all'intersezione degli assi di tutti i rami che si immettono sull'incrocio;



2. **l'angolo di incidenza dei rami della rotatoria deve essere tale da evitare le entrate tangenziali e non deve essere molto stretto;** in area urbana, l'angolo tra 2 bracci dovrebbe essere non minore di 25°-30°;



allineamento da evitare

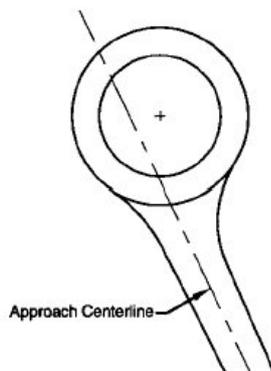
sedime supplementare da espropriare

traiettoria con deflessione senza esproprio supplementare

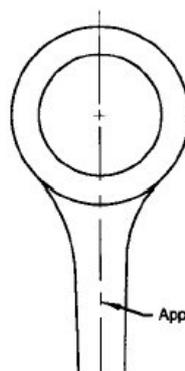
Alignment Offset Left

Radial Alignment

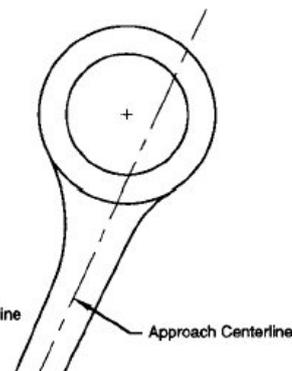
Alignment Offset Right



ACCEPTABLE



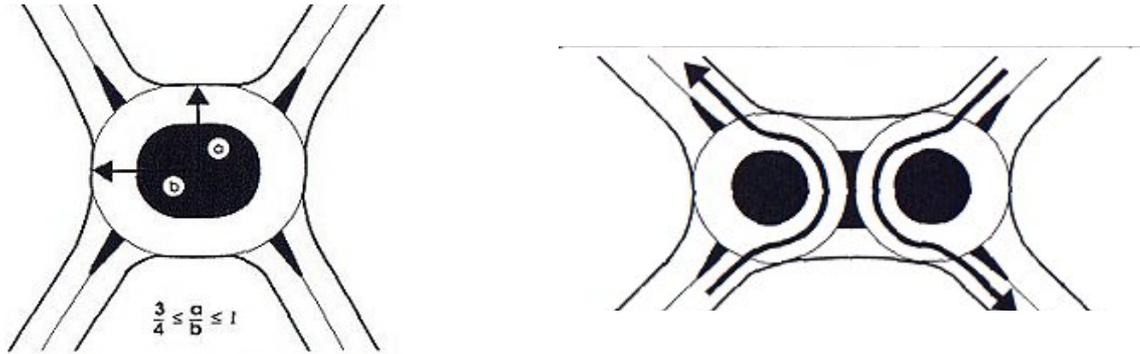
PREFERRED



UNACCEPTABLE

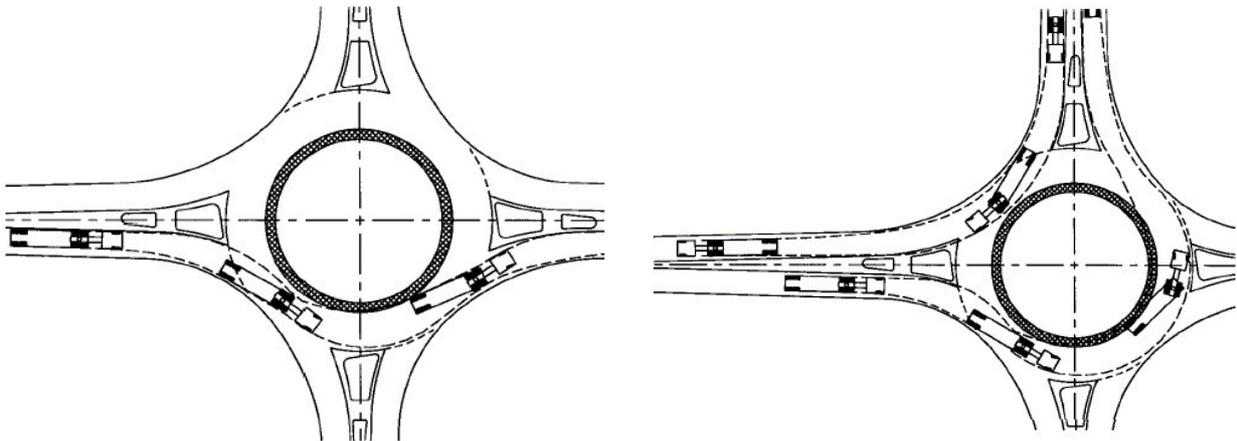
3. **definire il diametro esterno:** minimo 24 m per l'inversione di marcia dei più ingombranti veicoli pesanti; preferibile tra 25 e 28 m; tra 28 e 35 m è idoneo per rotatorie di cinque o sei rami. Un diametro esterno inferiore 24 m può aversi se una parte dell'isola centrale è carreggiabile dai mezzi pesanti;

4. **definire l'isola centrale**, la cui curvatura-forma deve essere condizionante;



5. **di conseguenza definire l'anello** (senza strisce di corsia);

6. **definire la larghezza dell'entrata e dell'uscita;**



7. **creare isole direzionali** con i tre lati curvi e sufficientemente lunghe (anche 50-60 m), larghe (anche 5 m; 1,5 m almeno per i pedoni);

8. **definire la pendenza trasversale:** a doppio spiovente o verso l'esterno (2,5 – 4 %)

Minirotorie a isola centrale completamente carreggiabile (velocità inferiori a 40 km/h)

- diametro esterno tra 14 e 20 m;
- l'isola centrale con materiale differente (pavé o lastricato in blocchetti di pietra) e leggermente bombato; diametro dell'ordine di 4 o 5 m;
- adottate nelle zone a bassissimo traffico di veicoli pesanti (impossibile l'inversione di marcia, possibile la svolta a sinistra sull'isola centrale);
- il livello di pericolosità delle mini-rotatorie decresce al crescere del raggio esterno;

La progettazione geometrica delle rotatorie in Italia

- DIREZIONE OBBLIGATORIA A DESTRA da porsi nell'isola di fronte all'entrata; sono proibite altre indicazioni sull'isola centrale;
- linea del DARE PRECEDENZA, con triangoli bianchi con la punta verso il conducente;
- obbligatoria la marcatura delle isole di canalizzazione.
- il segnale di direzione urbano o extraurbano con l'apice della freccia sempre a destra sul vertice di ogni isola di fronte all'uscita,
- il dispositivo a luce riflessa (o la colonnina luminosa a luce gialla) sulle testate delle isole di separazione in corrispondenza dell'entrata, accoppiato al segnale verticale di PASSAGGIO OBBLIGATORIO A DESTRA;
- lungo i bracci il segnale di DARE PRECEDENZA, il segnale di ROTATORIA e il segnale di preavviso di CIRCOLAZIONE ROTATORIA. I primi due in prossimità dell'anello; il terzo sulle strade extraurbane, ad una distanza di 150 m dall'intersezione (strade B) o di 100 m (strade C), sia su quelle urbane, ad una distanza di 30 m dall'intersezione;
- il segnale triangolare dipinto sulla pavimentazione associato al DARE PRECEDENZA.



Rotatoria a Valdagno, in provincia di Vicenza



Rotatoria a Pescantina, in provincia di Verona



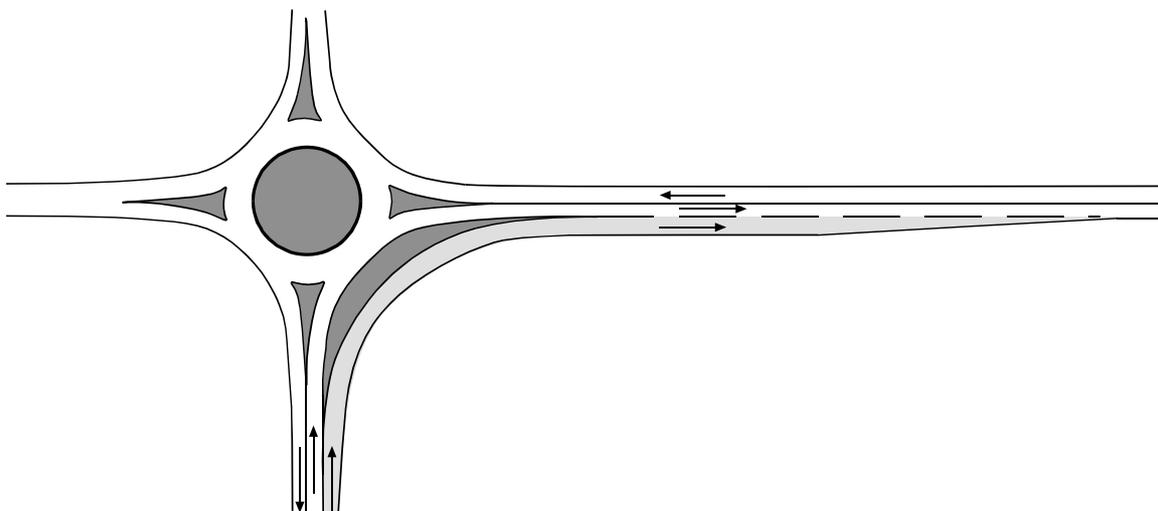
Rivalta (Torino)-
Planimetria di
progetto

Classificazione

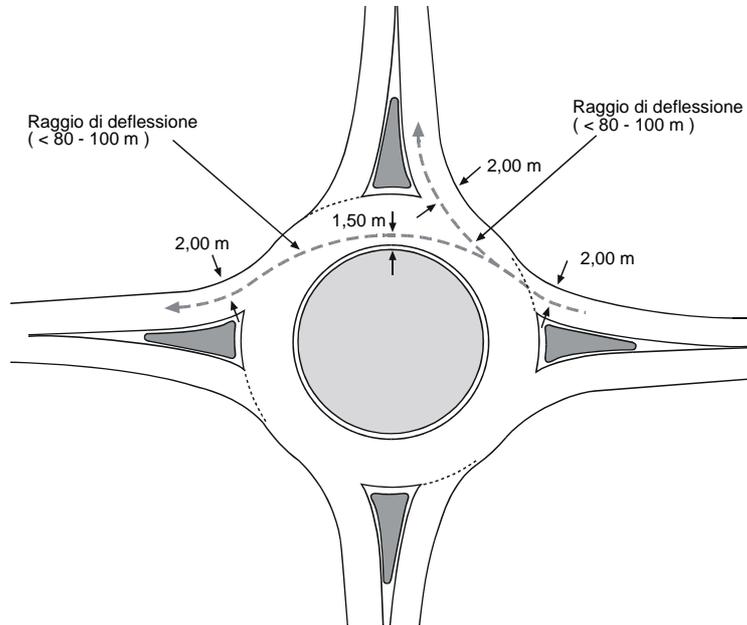
- **convenzionali**: anello di grande diametro e bracci con sezione trasversale costante;
- **compatte**: diametro più ridotto e bracci con allargamento; intersezioni fra strade extraurbane secondarie e fra queste e quelle locali urbane ed extraurbane;
- **minirotorie**: diametro dell'isola centrale molto piccolo, inferiore ai 4 m; diametro esterno dell'anello compreso fra 14 e 25 m; intersezioni fra strade locali.

Elementi geometrici

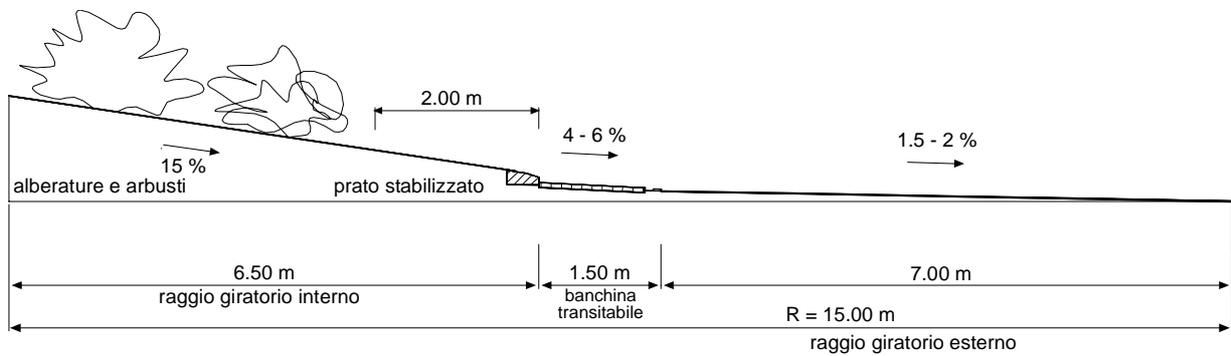
- **anello**: 7,00 m per rotorie con diametro esterno superiore a 25,00 m; 8,00 m per minirotorie con diametro esterno inferiore a 25,00 m; 10,00 nel caso eccezionale di 3 corsie virtuali;
- **entrata**: 4,00 m per una corsia e 6,50 m per due corsie; **uscita**: 4,50-5,00 m;
- per il progetto delle isole di canalizzazione diventa necessario utilizzare le *fasce veicolari di ingombro dinamico* di una serie di veicoli pesanti di riferimento;
- per quanto riguarda le curvature:
 - ✓ il raggio della traiettoria d'entrata deve essere inferiore al raggio della circonferenza esterna della rotonda, garantendo comunque un valore minimo non inferiore a 10-15 m;
 - ✓ il raggio della traiettoria di uscita deve essere superiore al raggio della circonferenza dell'isola giratoria interna, garantendo comunque un valore minimo non inferiore a 15-20 m.
- **corsia diretta di svolta a destra** almeno 300 veic/h nei periodi di punta.



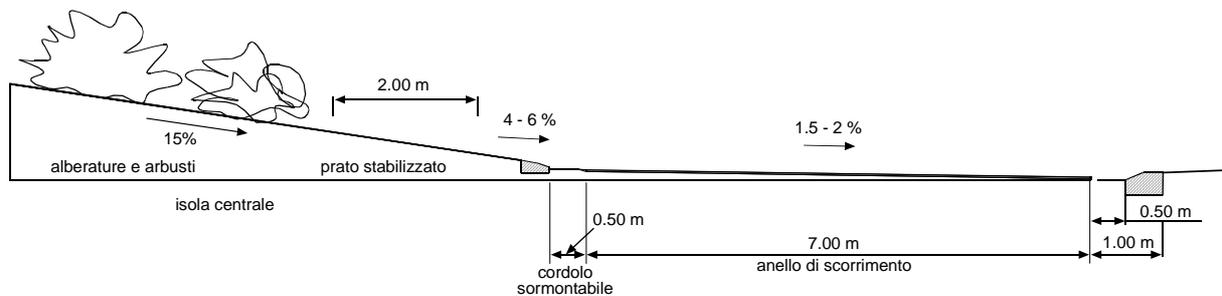
La regola principale: il controllo della deflessione delle traiettorie (*il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita*) in attraversamento del nodo, con velocità massime di 40-50 km/h per le manovre più dirette.



I principali elementi geometrici altimetrici



Rotatoria compatta



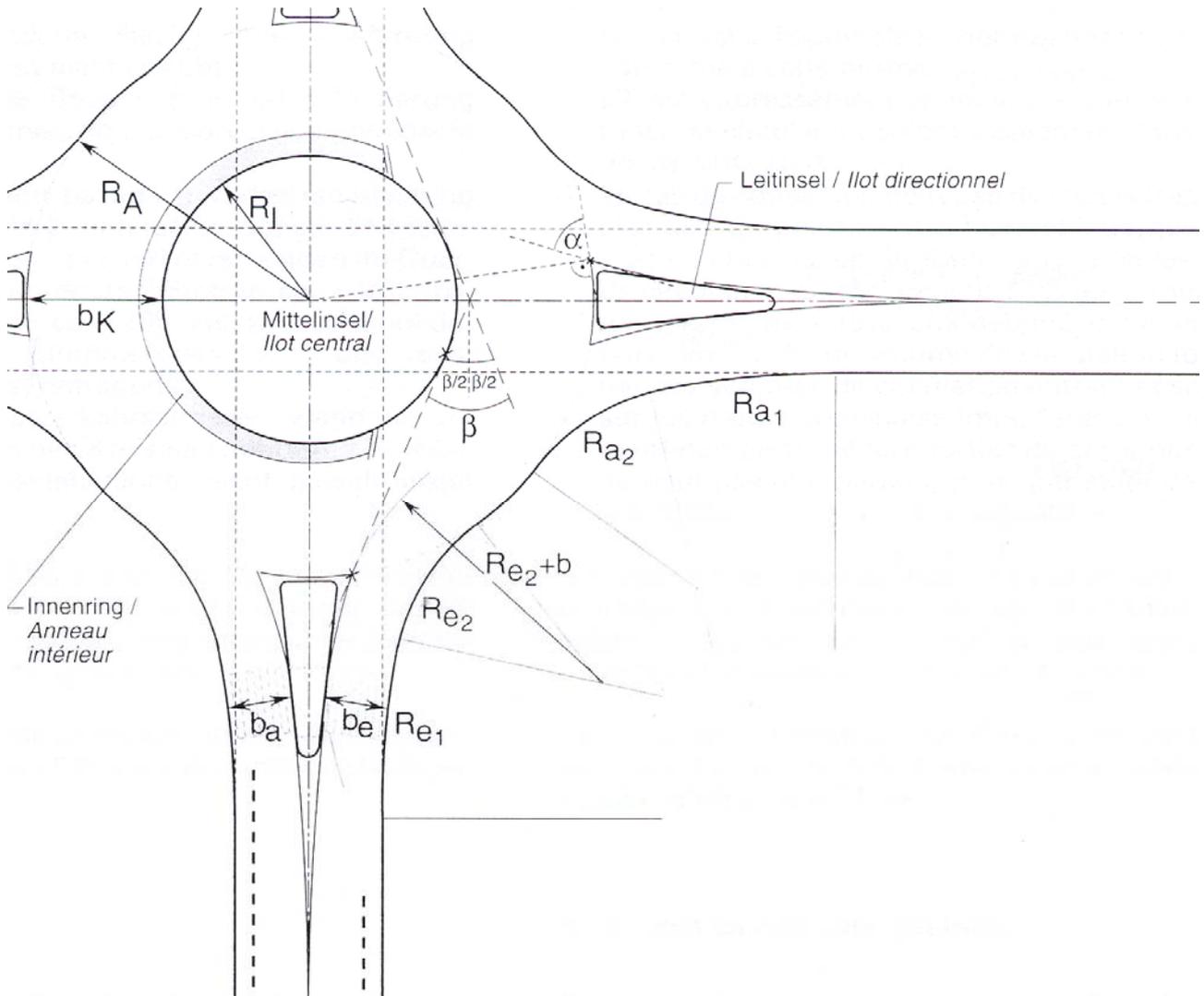
Mini-rotatoria

La progettazione geometrica delle rotatorie in Svizzera (norma SN 640 263)

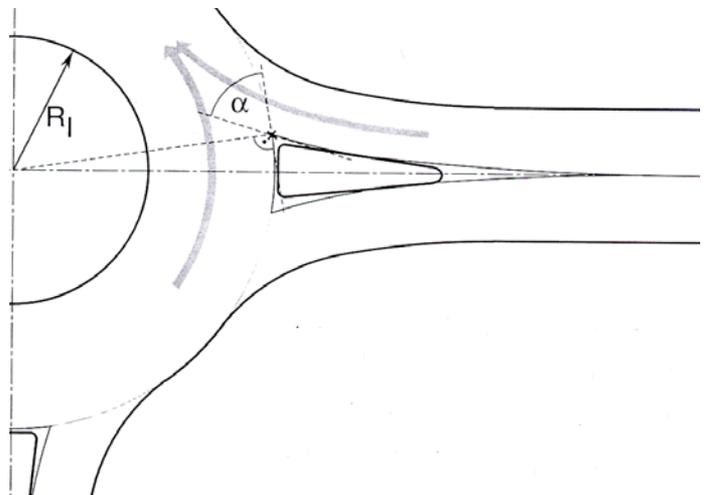
Tipologie:

- le mini-rotatorie con isola centrale sormontabile tracciata al suolo o sopraelevata;
 - le mini-rotatorie con isola centrale semisormontabile;
 - le rotatorie compatte con isola centrale non sormontabile oppure semisormontabile;
 - le grandi rotatorie con isola centrale non sormontabile (D: 32 - 40 m).
- rotatorie compatte (D: 26 –40 m) e mini-rotatorie (D: 14 – 26 m);

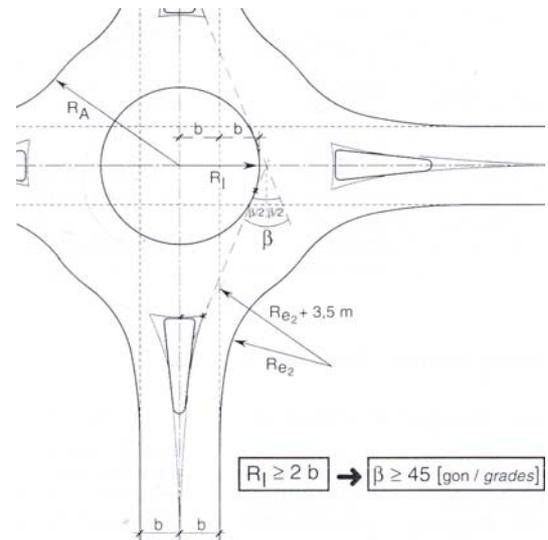
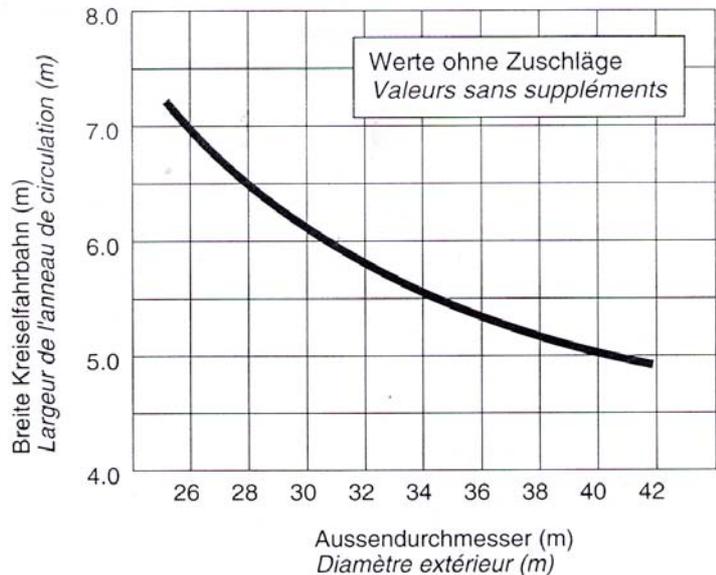
Parametri dimensionali:



1. la larghezza b_e dell'entrata nell'anello: 3 - 3,50 m a 7 m dall'anello; l'entrata a due corsie non deve eccedere 6 m;
2. il raggio di entrata R_e : R_{e2} di 10 m in area urbana e di 12 m in area extraurbana; R_{e1} circa uguale a 5 volte R_{e2} ;
3. l'angolo di entrata α di 80-90°; se è minore di 70° deve essere $\beta > 45^\circ$;
4. l'isola direzionale: la larghezza al bordo della rotatoria non inferiore a 3 m; la superficie si estenda per una lunghezza circa 1-2 volte superiore;



5. diametro esterno: 26-35 m per le strade urbane, 30-40 per le strade extraurbane, diametri maggiori nelle rotonde a più corsie. Se $D \leq 28$ m si controlli la viabilità dei veicoli pesanti; se $D > 35$ m, quella dei veicoli a due ruote. In genere le rotonde siano circolari (anche con rapporto larghezza-lunghezza 1-1,15);
6. la larghezza b_k dell'anello: oltre 5,5 m, rivestire la fascia valicabile eventuale con materiali irregolari per migliorare la percezione della rotonda ed evitare transito dei veicoli eccetto quelli pesanti (dislivello di 4 cm);
7. l'angolo di deviazione β . almeno pari a 45° ; $\beta \geq 45^\circ$ è adatto nelle rotonde a 4 bracci con $D > 32$ m. In rotonde a 4 bracci con piccoli diametri, l'esigenza relativa a β può essere soddisfatta se il raggio interno dell'isola centrale è almeno il doppio della larghezza della corsia di ingresso;
8. la larghezza b_a della corsia di uscita a 7 m dal bordo dell'anello: 3,5-4 m in assenza di vie ciclabili, e 4-4,5 m con vie ciclabili; evitate uscite a due corsie;
9. il raggio di uscita R_{a2} 12 m in area urbana, 14 in area extraurbana; R_{a1} sia 4 volte R_{a2} ;
10. gli attraversamenti pedonali a 4-5 metri dal bordo dell'anello;
11. le rotonde siano costruite su un piano che non superi la pendenza del 5% (max 7%; min 3%).



Le distanze di visibilità

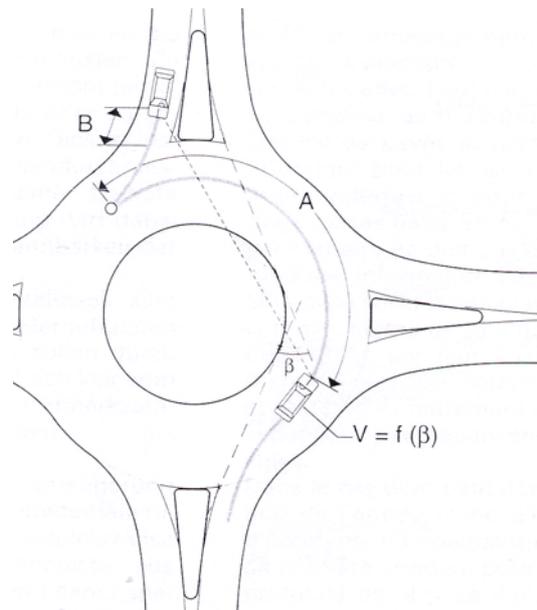
- la distanza di arresto deve essere garantita sulle corsie di accesso e sull'anello;
- la distanza di visibilità nella rotatoria A e la distanza di osservazione B dipendono dalla velocità della corrente di traffico principale:

$$\beta < 20^\circ \quad 40 \text{ km/h}; \quad 20 \leq \beta \leq 45^\circ \quad 35 \text{ km/h};$$

$$\beta > 45^\circ \quad 30 \text{ km/h};$$

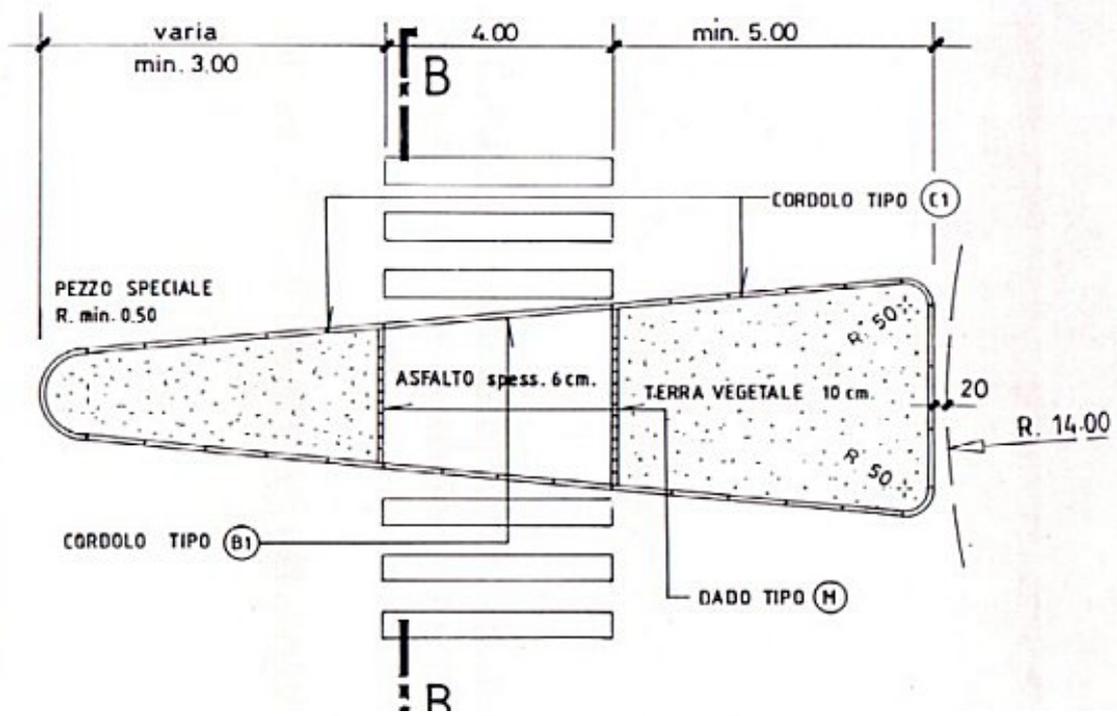
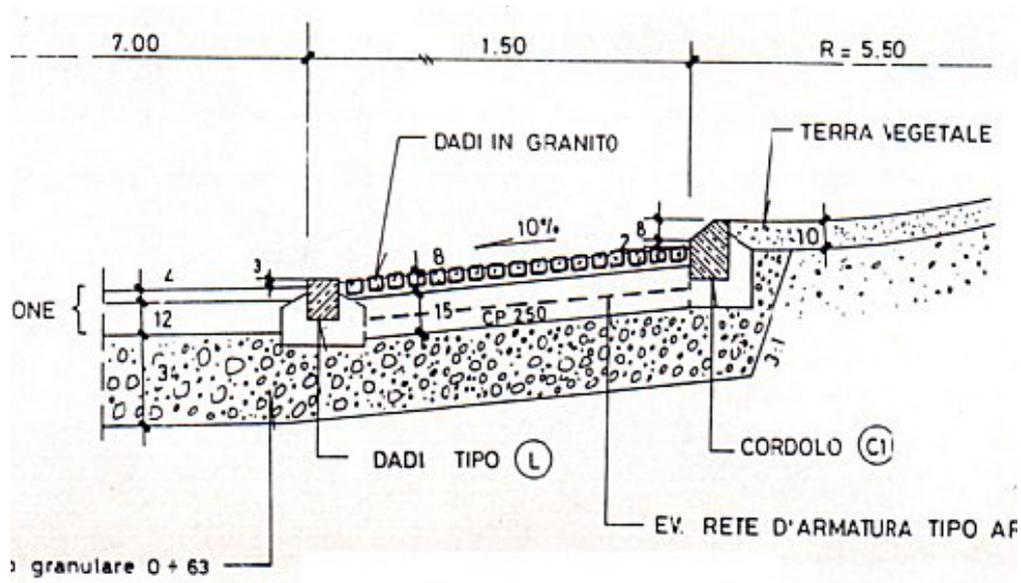
- la visibilità sopra l'isola centrale deve essere ridotta tramite piante e arredi;
- la percepibilità dell'isola centrale: sia sopraelevata con cumuli di terra e verde;

l'isola centrale non deve essere delimitata da bordi verticali, ma inclinati.



Illuminazione:

- luminanza media della corsia destra dell'anello > di almeno il 50% rispetto ai bracci;
- colore della luce sugli attraversamenti pedonali e ciclabili diverso da anello e bracci;
- *disposizione delle luci in funzione prima dell'illuminazione degli attraversamenti ciclabili e pedonali e poi della sistemazione dell'anello e delle isole di separazione, anzi vanno collocate all'esterno dell'anello per evitare problemi di sicurezza.*



Dipartimento Territorio del Cantone Ticino

La progettazione geometrica delle rotatorie in Francia

Le tipologie:

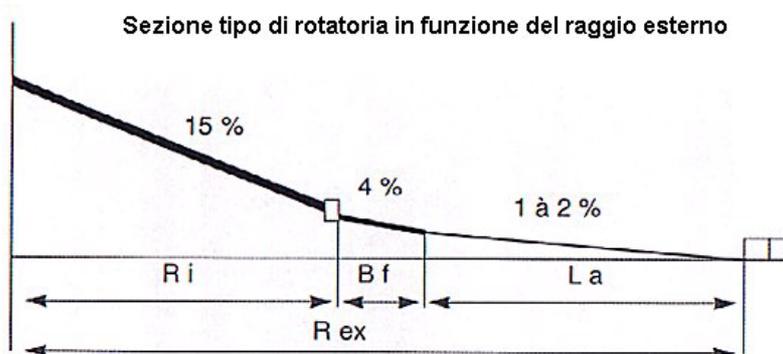
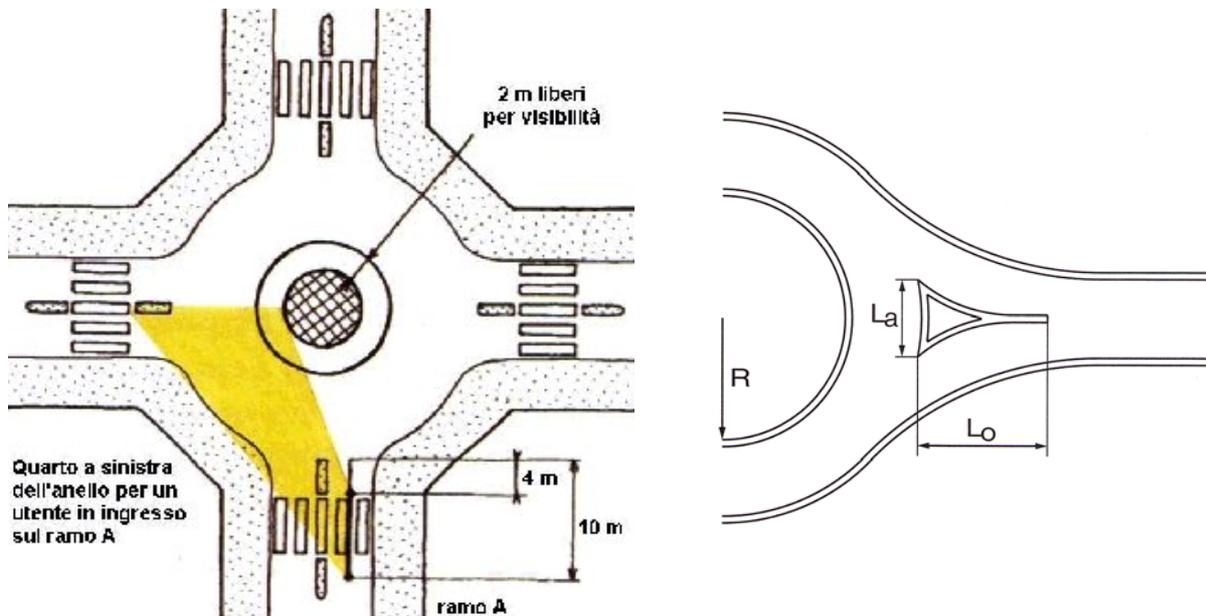
- le grandi rotatorie (in ambiti extraurbani);
- le rotatorie medie e piccole o compatte (in ambiti urbani e suburbani);
- le mini-rotatorie (in ambiti esclusivamente urbani).

Indicazioni geometriche:

1. raggio esterno minimo **15 m**, senza la necessità di fasce valicabili;
2. il raggio di curvatura della deflessione deve essere inferiore a **100 m**;
3. l'isola *deve* essere circolare e circondata da bordi bassi o da una fascia valicabile di 1,5-2 m. I *bordi consistenti sono da proibire* poiché costituiscono dei fattori aggravanti in caso di incidente;
4. la larghezza dell'anello *più larga almeno del 20 % della entrata più larga* e deve essere uniforme (min 7 m o 6 m + fascia; max 9 m, anche con entrate a due corsie);
6. entrate al massimo a due corsie (*flare* o strombatura dell'entrata), tre sono pericolose; a una corsia siano di **3-4 m a 5 m** dalla linea di DARE PRECEDENZA; a due corsie siano di **6-7 m** per una lunghezza minima di **25-30 m** con anello minimo di 8 m;
7. raggio di entrata tra **8 m e 15 m**, ma *inferiore al raggio esterno della rotatoria*; se inferiore a 12 m può essere semicarreggiabile;
8. uscite ad una sola corsia di **4 - 5 m**; a due corsie sono pericolose e si usano solo con traffico uscente superiore a 1.200 veic/h;
9. raggio di uscita *superiore al raggio interno della rotatoria*, con un minimo di **15 m**;
10. corsie dirette per la svolta a destra (*da evitare*): minimo raggio **40 m**; minima lunghezza della corsia di decelerazione 80 m, minima corsia di accelerazione 110 m con un raccordo di 70 m;
11. isole di separazione larga almeno **2 m** in corrispondenza dell'attraversamento (carrozzina); il **minimo è 80 cm** per una barriera; sulle vie importanti, dove la circolazione è a velocità elevata:

$$6 \text{ m} < La < 20\text{m}$$

$$10 \text{ m} < Lo < 60\text{m}$$



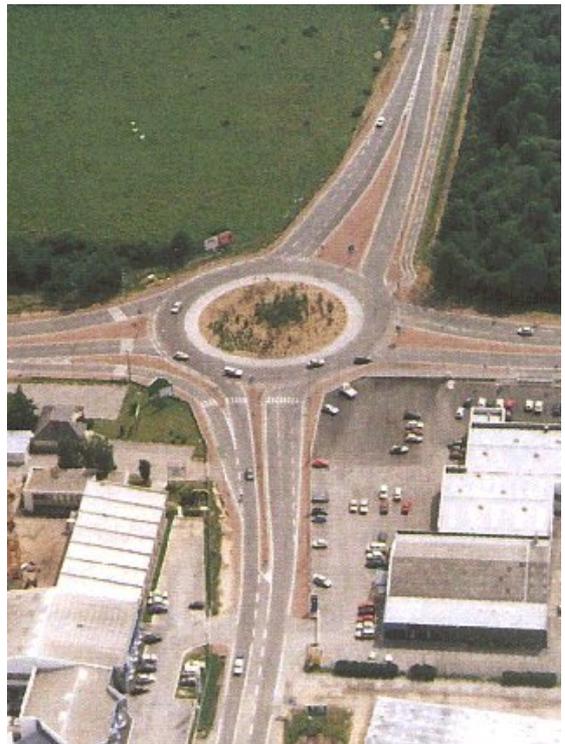
Illuminazione:

- *l'impianto centrale*: buona visibilità dell'incrocio da lontano e migliore visibilità della segnaletica direzionale; impone di accedere all'isola per manutenzione e determina rischi di abbagliamento e ombre portate se l'isola è piantumata;
- *l'impianto periferico*: più facile manutenzione ma minore percettibilità da lontano all'intersezione; i pali preferenza sul lato dell'entrata; 4 pali periferici per una mini-rotatoria;
- *illuminazione sospesa* per mini-rotatorie.

N.B. È importante la manutenzione della segnaletica; per questo, spesso viene realizzata con materiali lapidei di colori diversi inseriti nel selciato.

Le grandi rotatorie

- raggio dell'isola: **15-30 m**; con velocità di progetto > 50 km/h si può arrivare a 40 m;
- raggio esterno non superiore a **40-50 m**; anello da **8 m**;
- tra *1.200 e 2.400 veic/h* in entrata si adottano **due corsie di ingresso**, *oltre 2.400 veic/h* si utilizzano **tre corsie**, comunque sconsigliate;
- *sotto 1.200 veic/h* in uscita si adotta **una sola corsia di uscita**, *tra 1.200 e 2.400 veic/h* si adottano **due corsie di uscita**, mentre *oltre i 2.400 veic/h* si utilizzano **tre corsie** (di larghezza pari a **10 m**); il ricongiungimento a 1 sola corsia o 2 a partire da 3 corsie va fatto 50 m a valle dell'uscita;
- raggi di curvatura pari a **15-20 m** in ingresso e a **25-40 m** in uscita;
- la distanza tra ingresso ed uscita successivi tra **20 e 30 m** (tra i vertici delle aiuole sui bracci);
- la pendenza trasversale 2,5% verso esterno;
- la pendenza longitudinale del terreno $< 3\%$;
- nelle grandi rotatorie extraurbane che si vengono a trovare su una strada ad alta velocità (60-120 km/h) l'immissione sia preceduta da una serie di curve e controcurve di raggio decrescente;
- in caso di forti correnti di traffico che escono alla prima uscita successiva a destra, è possibile prevedere una corsia riservata a tale corrente.



Le rotatorie compatte

- raggio minimo **12 metri** (una parte della cabina dei mezzi articolati in manovra, deborderà sul marciapiede, e le ruote posteriori saliranno sulla fascia);
- per raggi inferiori ai 15 metri una verifica di ingombro dei veicoli pesanti;
- raggio minimo dell'isola centrale **3,5 m** (corrisponde al raggio di curvatura interna di un'automobile);
- pendenza fascia 4%; pendenza anello 2,5%.

Tabella A – Valori degli elementi geometrici

Parametri	Annotazioni	Parametri	Valori costanti (in m)			
Raggio della rotonda	Rg	$12m \leq Rg \leq 25m$	Rg = 12	Rg = 15	Rg = 20	Rg = 25
Larghezza dell'anello	La	$6m \leq La \leq 9m$	7	7	7	7
Fascia valicabile	Bf	$Bf=1,50$ se $Rg=15m$ $0 \leq Bf \leq 2m$ se $Rg > 15m$	1.5	1.5		
Raggio interno	Ri	$Ri = Rg - La - Bf$	3.5	6.5	13	18
Raggio di entrata	Re	$8m \leq Re \leq 15m \leq Rg$	10	12	12	12
Larghezza via in entrata	Le	$3 \leq Le \leq 4m$	3.5	3.5	3.5	3.5
Raggio di uscita	Rs	$15m \leq Rs$ $Rs > Ri$	15	20	20	20
Larghezza via in uscita	Ls	$4m \leq Ls \leq 5m$	4	4	4.5	4.5
Raggio di allacciamento	Rr	$Rr = 4 Rg$	48	60	80	100

Tabella B - Classificazione francese delle rotonde urbane: elementi geometrici

Tipo di rotonda	r (m)	R (m)	Larghezza a anello (m)	Larghezza aiuola spartitraffico (m)	Livello ottimale di traffico (uvp/h) (1)	Attraversamenti pedonali	Corsie
Suburbana	10-40	≥ 18	≥ 8	0-2 m	≤ 3000 (2)	≥ 4	1-3
Urbana	7-20	15 - 30	7 - 12	0-2 m	≤ 2500 (3)	$\geq 2,5$	1-3
Con isola semisormontabile	3.5-5 (+1,5 di fascia valicabile)	12 - 15	6 - 8	1.5 - 2	≤ 2000	$\geq 1,5$	1
Mini-rotonda	1.5-2.5 (sormontabile)	7,5 - 12	6 - 9	0.75-2 m	≤ 1500	0 - 2,5	1

(1) Unità di veicoli passeggeri/ora, (2) (3) maggiore in presenza di entrata a due corsie

Tabella C - Classificazione francese delle rotonde urbane: indicazioni di esercizio

Accorgimento	Rotonda suburbana	Rotonda urbana	Rotonda con isola semisormontabile	Mini-rotonda
per i pedoni	attraversamenti zebraati con isola salvagente	attraversamenti zebraati con isola salvagente	attraversamenti zebraati isola salvagente	attraversamenti zebraati
per i mezzi	possibilità di mantenimento della pista ciclabile	mantenimento della pista ciclabile	nessuno	nessuno
per il trasporto pubblico	nessuno	evitare i raggi minori lungo le linee di trasporto pubblico	da evitare lungo le linee di trasporto pubblico	non raccomandate lungo le linee di trasporto pubblico
relativo all'illuminazione	perimetrale	Perimetrale o centrato	perimetrale	perimetrale

Le mini-rotatorie

Definizione

“*intersezione a senso rotatorio con priorità all’anello, nel quale lo spazio a disposizione permette la manovra dei mezzi pesanti solamente valicando il centro dell’incrocio. Così, l’isola centrale di una mini-rotatoria che è interamente valicabile, deve tuttavia essere aggirata da destra dai veicoli poco ingombranti*” (La Raccolta del Ministero dei Trasporti francese, “Le mini-rotatorie, raccomandazioni tecniche e normativa di riferimento”).

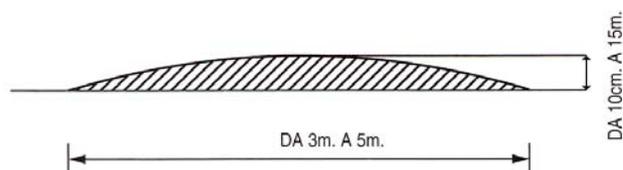
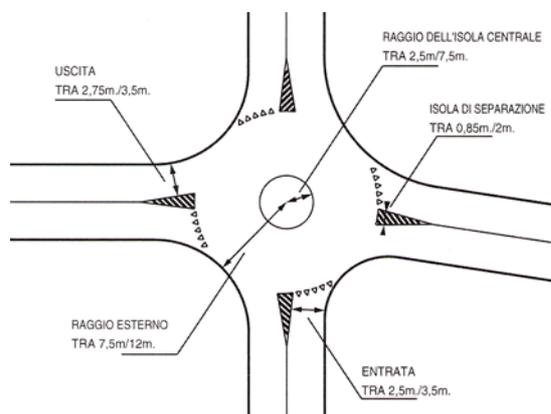
Gli ambiti di intervento:

- da privilegiare (*intersezioni secondarie di una zona a 50 km/h o di una “Zona 30”; intersezioni a 3 o a 4 bracci disposti in modo regolare attorno all’anello*);
- da evitare (*ingressi nella città, intersezioni importanti che permettono la transizione fra due categorie di strade ben distinte; strade con più di due corsie; traffico totale entrante superiore a **1.800 veicoli/ora**; angolo fra due bracci successivi inferiore a **70°**; forte traffico di mezzi pesanti o di trasporti collettivi*).



Indicazioni:

- buon contrasto (colore, materiali) fra anello e isola centrale, sia di giorno che di notte: preferire le isole bianche, se è possibile catarifrangenti o di altro colore chiaro ben contrastato;
- contornare l’isola centrale con una linea discontinua, con “occhi di gatto” sui bordi;



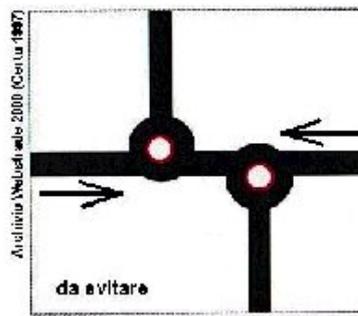
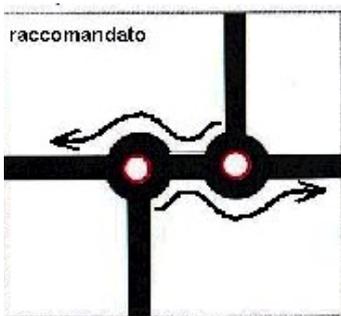
Caratteristiche geometriche principali delle mini-rotatorie

- quando l’isola è dipinta, è necessaria una manutenzione regolare del colore (per esempio per eliminare le tracce di pneumatici).

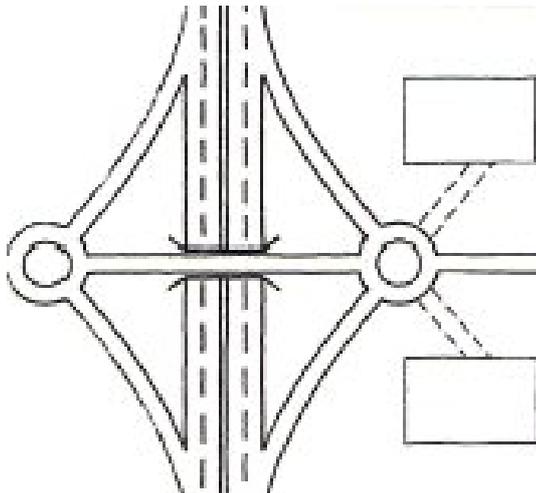
Altre tipologie di rotatorie previste dalla normativa francese

Doppia rotatoria:

- le intersezioni a baionetta: (rispetto ad un raccordo con una grande rotatoria, si consuma meno spazio, è più sicura);
- le rotatorie devono essere centrate rispetto all'asse principale,
- la distanza fra due rotatorie almeno di **5 m** se si hanno solo veicoli leggeri, **12 m** in presenza occasionale di trasporti collettivi o di mezzi pesanti;
- meglio se la prima intersezione è a destra del percorso principale;



“Svincoli ad occhialini” ottenuti mediante un solo ponte: con sovrappasso o sottopasso; permette inversioni a U e accessi diretti a strade locali o grandi complessi lungo le autostrade urbane, permette l'innesto diretto sulla rotatoria di 6 bracci (2-3 diramazioni dirette).

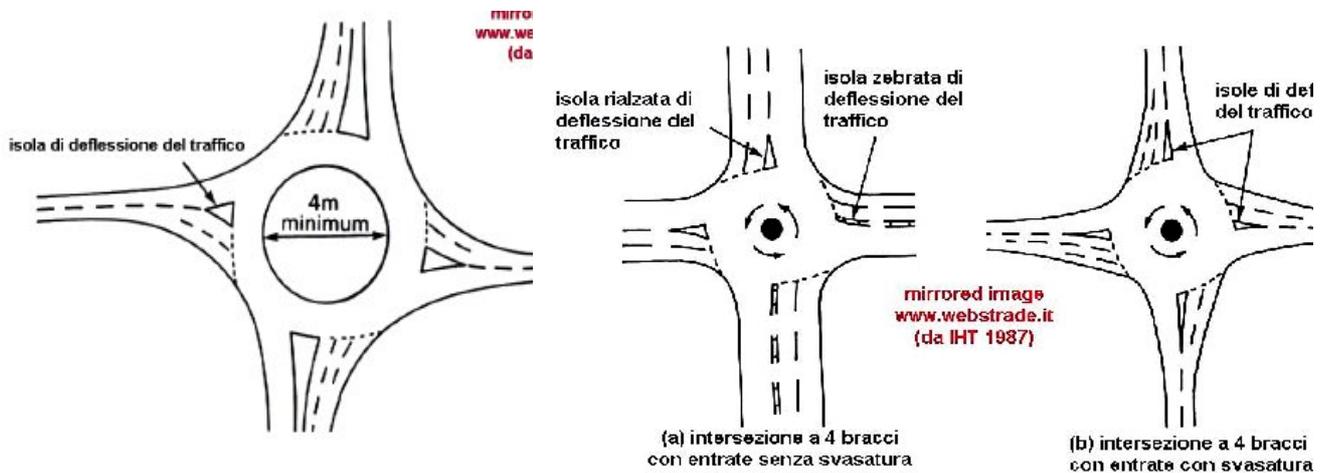


Rotatorie provviste di semaforo: proteggere i passaggi pedonali su entrate/uscite con 2 o più corsie con forte traffico con un semaforo a chiamata a risposta rapida, ad almeno 15 m dall'intersezione; aumentare la capacità per rotonde di grandi dimensioni; garantire priorità al passaggio del tram.

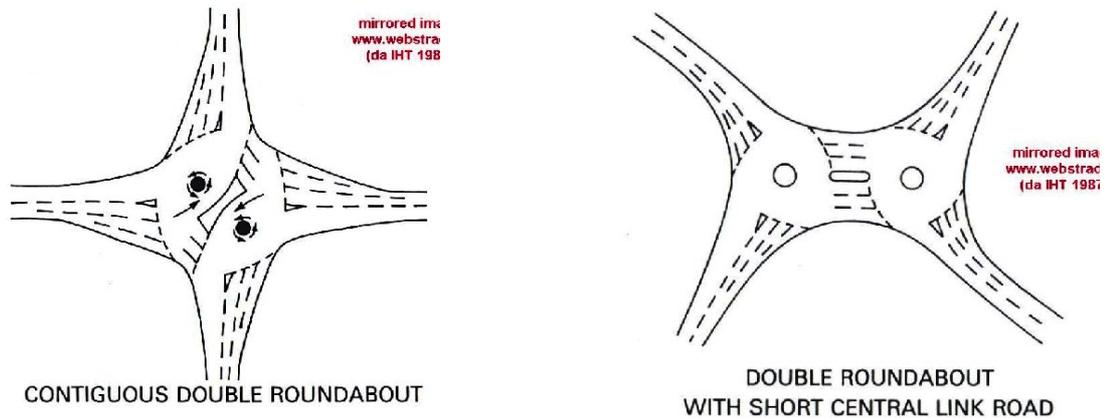
La progettazione geometrica delle rotatorie in Gran Bretagna

Tipologie:

- le rotatorie normali,
- le **mini-rotatorie**, con isola centrale a raso o leggermente rialzata e con diametro minore di 4 m; frecce di rotazione;



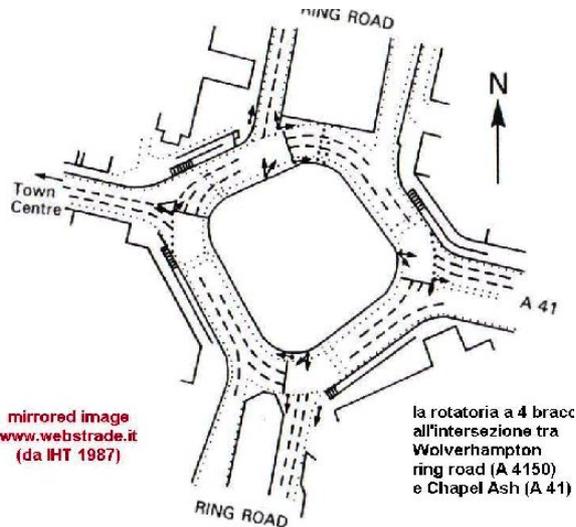
- le **doppie rotatorie** (mini-rotatorie o rotatorie normali);



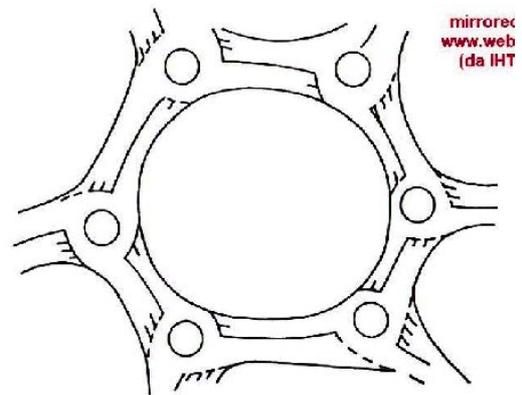
- le **rotatorie semaforizzate**, semafori per tutto il giorno o solo per parte della giornata;
- le **rotatorie a livelli sfalsati**;



- **le rotatorie tradizionali:** piccoli sistemi a senso unico con attività e utilizzi nell'isola centrale, il cui accesso protetto è garantito a pedoni, ciclisti e anche ai veicoli;
- **l'anello di raccordo:** ampio sistema di circolazione rotatoria a 2 sensi, in cui ogni entrata è dotata di rotatorie a 3 bracci, in genere mini-rotatorie o rotatorie semaforizzate.

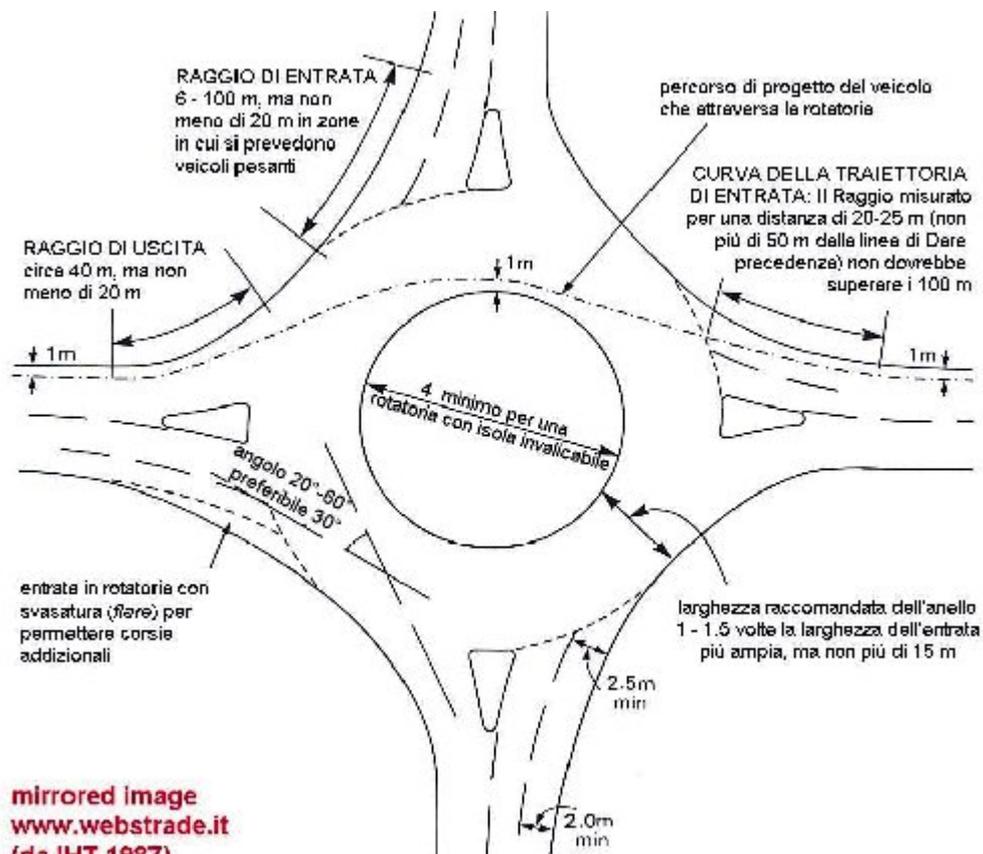


mirrored image
www.webstrade.it
(da IHT 1987)



mirrored
www.web
(da IHT)

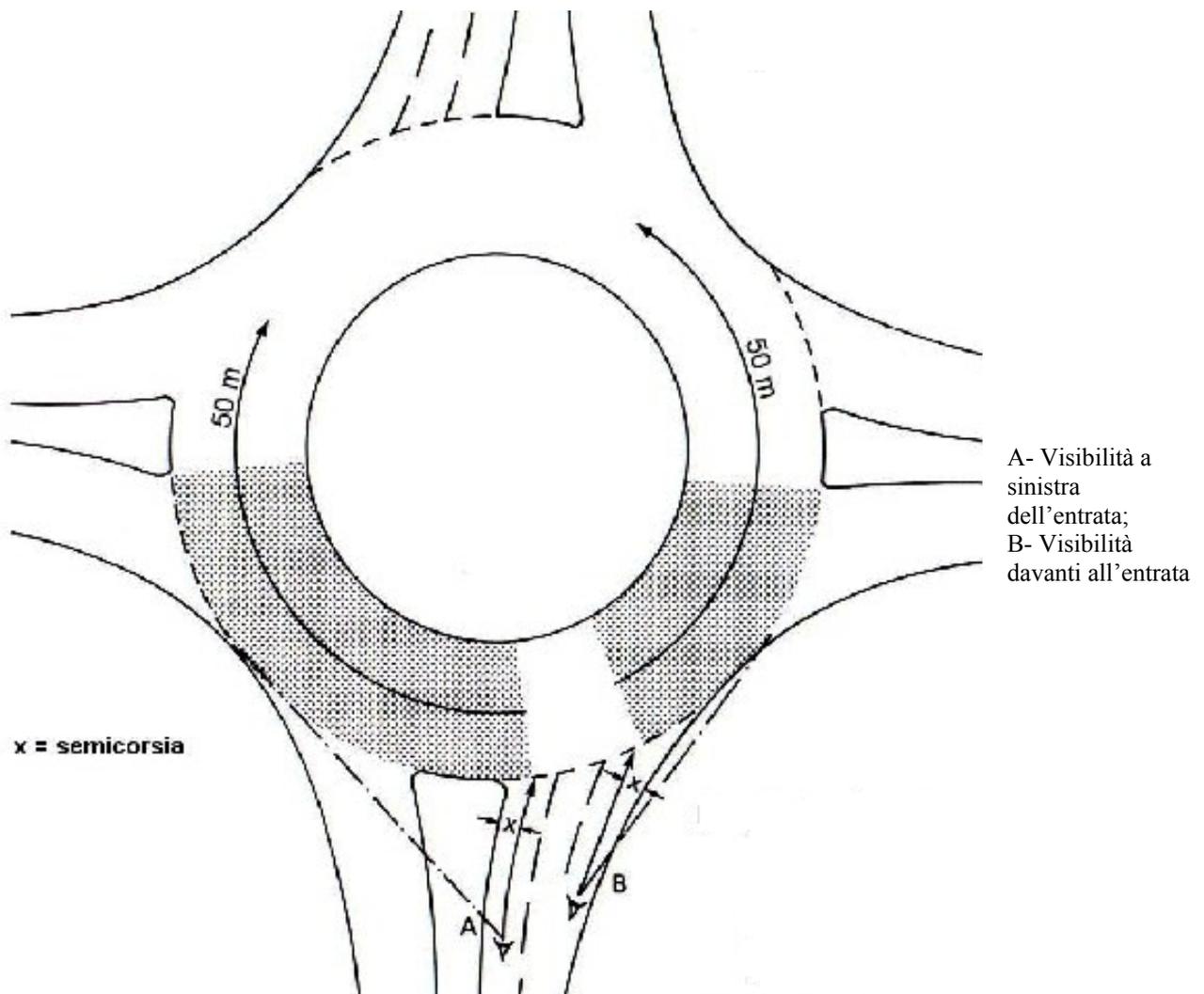
I principali elementi geometrici planimetrici

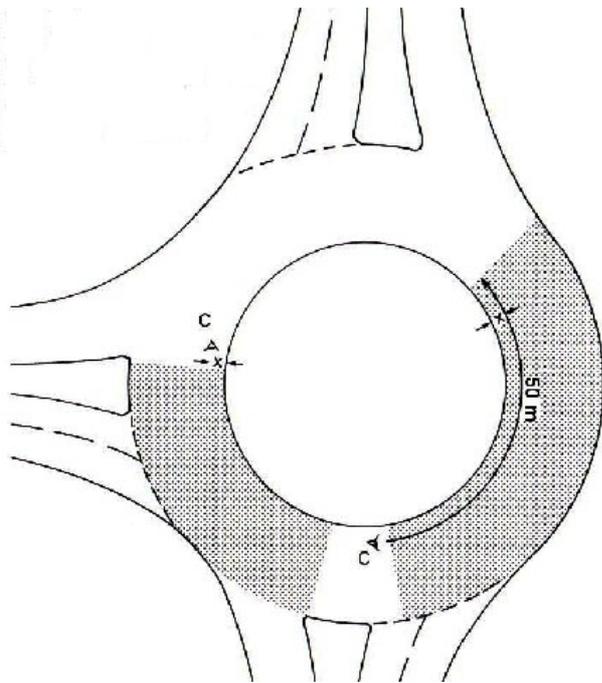


mirrored image
www.webstrade.it
(da IHT 1987)

Le condizioni di visibilità

- visibilità a sinistra dell'entrata (a destra in Inghilterra): da 15 m dalla linea di DARE PRECEDENZA l'anello deve essere visibile fino alla precedente entrata oppure (su grandi rotatorie) per 50 metri sull'anello;
- visibilità davanti all'entrata: da 15 m dalla linea di DARE PRECEDENZA l'anello deve essere visibile fino alla precedente uscita oppure (su grandi rotatorie) per 50 metri;
- visibilità sull'anello: da 2 metri dall'isola centrale l'anello deve essere visibile fino alla prossima uscita oppure (su grandi rotatorie) per 50 metri;

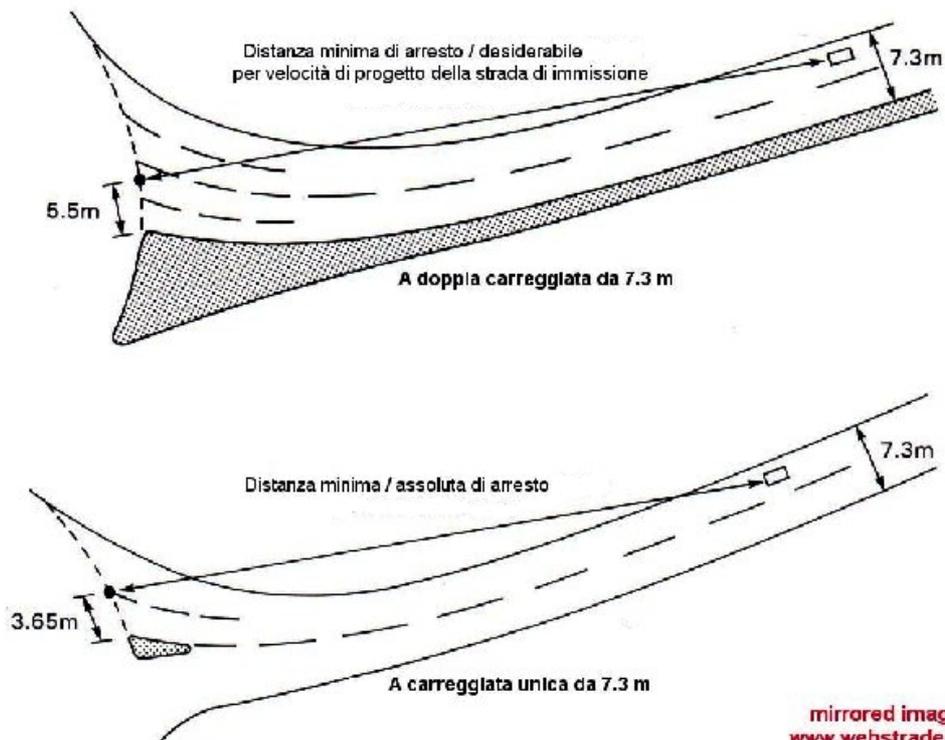




C- Visibilità sull'anello

Inoltre la normativa fornisce anche i valori delle distanze di arresto minima e desiderabile in funzione delle velocità di progetto delle strade di immissione:

Distanza di arresto	Velocità di progetto					
	120	100	85	70	60	50
Desiderabile	295	215	160	120	90	70
Minima	215	160	120	90	70	50



mirrored image
www.webstrade.it

La progettazione geometrica delle rotatorie negli Stati Uniti

Indicazioni A.A.S.H.O. anni '50-'60:

- valide per le grandi rotatorie che non trovano spazio nei contesti urbanizzati europei;
- domande orarie complessive non superiori ai 3000-3500 veic./h;
- velocità di base della rotatoria (V_{br}) di 25-40 km/h in ambito urbano e 50-65 km/h in ambito extraurbano;

V_v max sulle vie confluenti (Km/h)	50	65	80	95
V_{br} sulla rotatoria (Km/h)	40	50	55	65

- si sconsigliano le rotatorie quando V_v supera i 95 km/h;
- larghezza minima per l'anello di 7,50 m, somma di due corsie da 3,75 m, sufficienti a contenere un veicolo in curva;
- la distanza minima fra due vie confluenti successive, cioè la lunghezza minima di scambio:

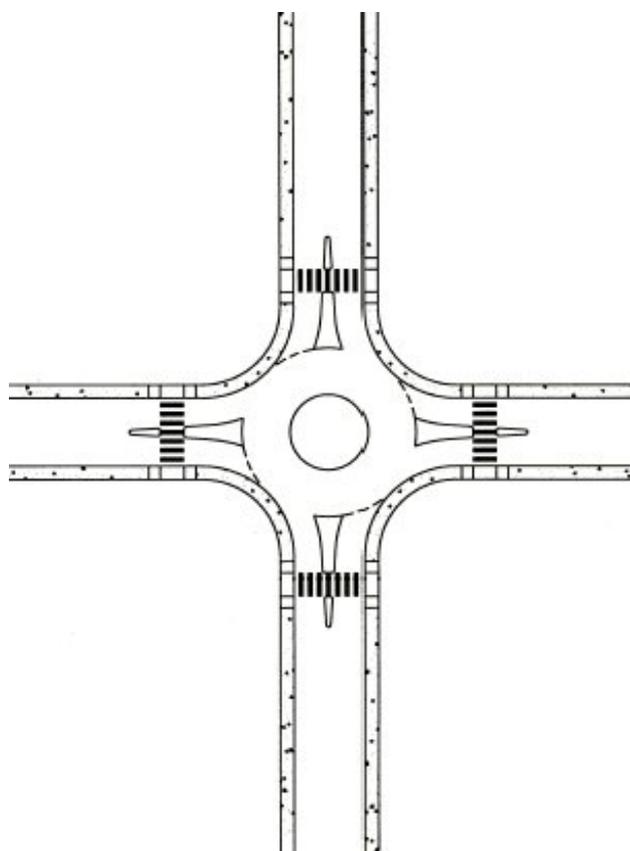
V_{br} sulla rotatoria (Km/h)	40	50	55	65
Distanza minima (m)	46	57	65	75

- incremento studi negli ultimi decenni
- studi tradotti in diverse guide di progettazione adottate da ciascuno Stato dell'Unione, diverse anche solo per la classificazione delle rotatorie;
- la guida della California del 1995 individua i seguenti tipi di rotatorie: le rotatorie normali, le mini-rotatorie, le rotatorie doppie, le giunzioni ad anello, le rotatorie di svincolo, le rotatorie semaforizzate:

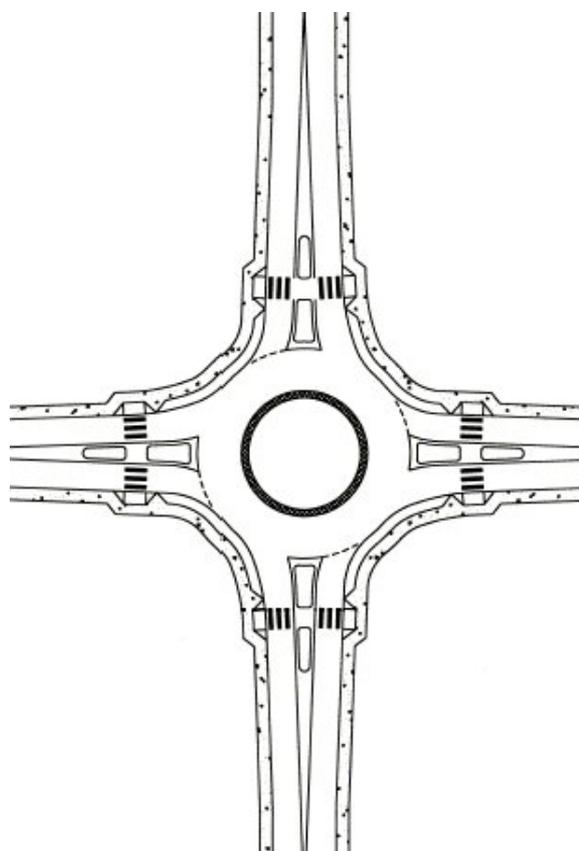
“Roundabout: an informational guide”, *Federal Highway Administration*.

Le tipologie:

	mini-rotatorie	urbane compatte	urbane con una sola corsia	urbane con due corsie	extraurbane con una sola corsia	extraurbane con due corsie
Massima velocità di ingresso raccomandata	25 km/h	25 km/h	35 km/h	40 km/h	40 km/h	50 km/h
Massimo numero di corsie di ingresso per ramo	1	1	1	2	1	2
Diametro tipico del cerchio inscritto	13-25 m	25-30 m	30-40 m	45-55 m	30-40 m	55-60 m
Isole divisionali	Sopraelevata se possibile, con il taglio per l'attraversamento	Sopraelevata ed estesa con il taglio per l'attraversamento	Sopraelevata ed estesa con il taglio per l'attraversamento			
Volume di traffico tipico sui quattro rami afferenti (veic/g)	10000	15000	20000	È richiesta una specifica analisi dei flussi	20000	È richiesta una specifica analisi dei flussi

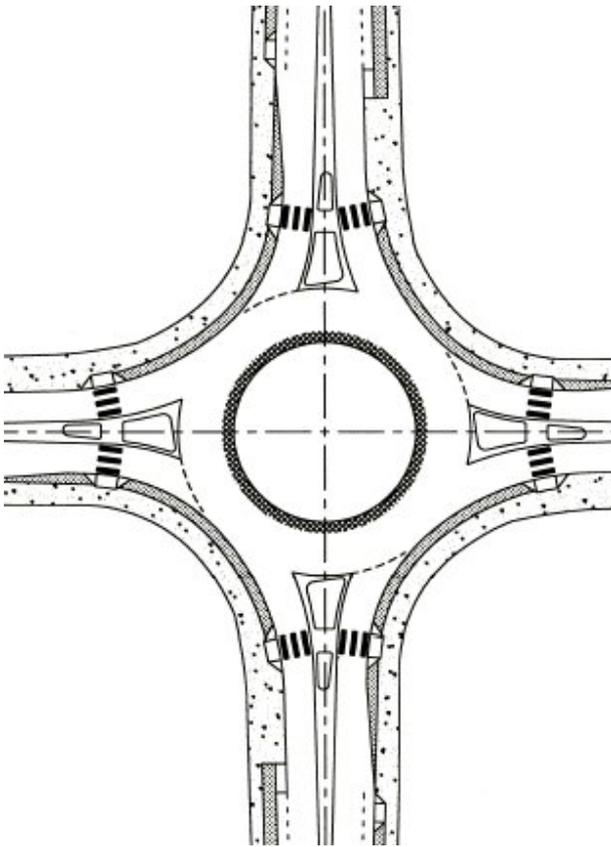


Minirotatoria



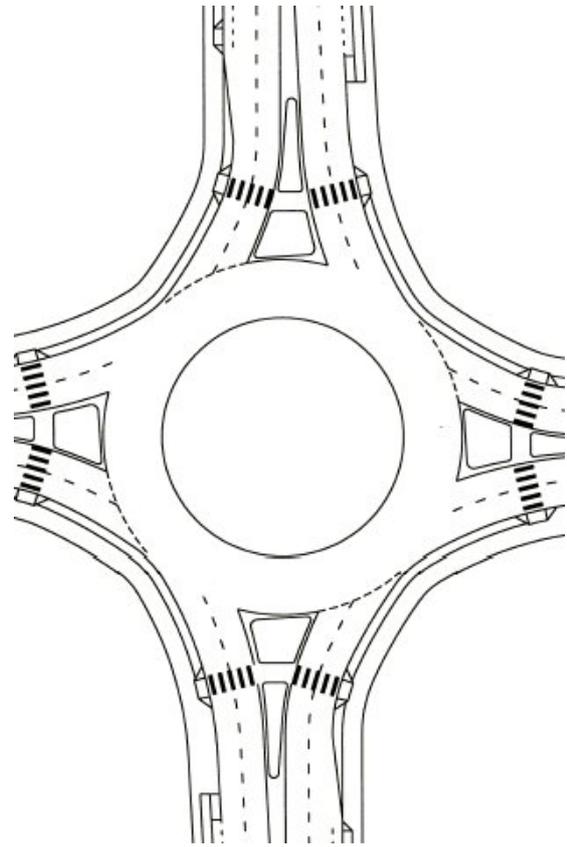
Rotatoria urbana compatta

Criteria progettuali da Germania e altri paesi nordeuropei, in particolare Gran Bretagna.

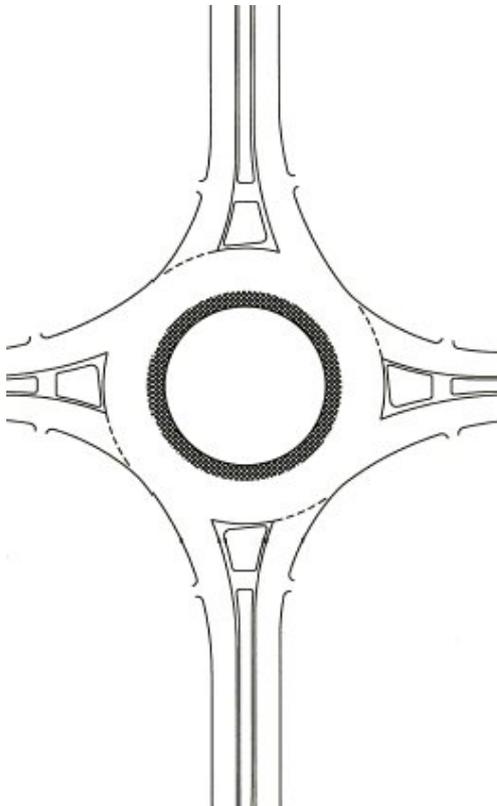


Rotatoria urbana ad una corsia

Criteri progettuali da Australia, Francia e Regno Unito.

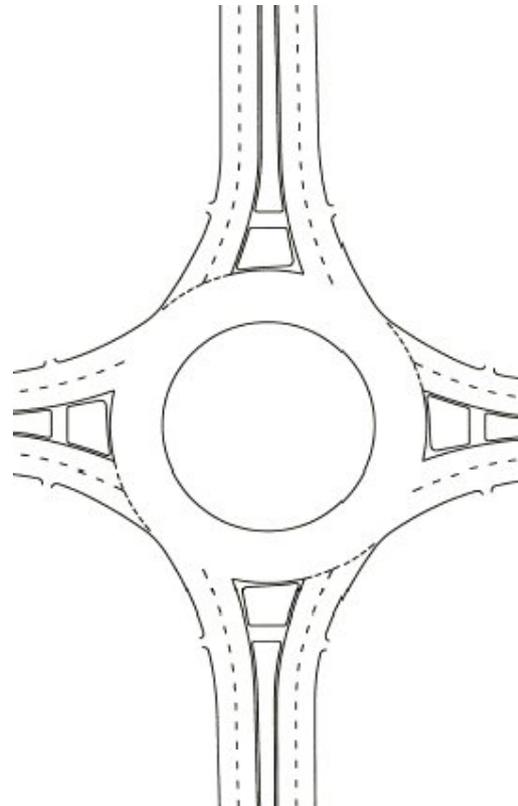


Rotatoria urbana a doppia corsia



Rotatoria extraurbana ad una corsia

Criteri progettuali da Regno Unito, Australia e Francia.



Rotatoria extraurbana a due corsie

Notazioni:

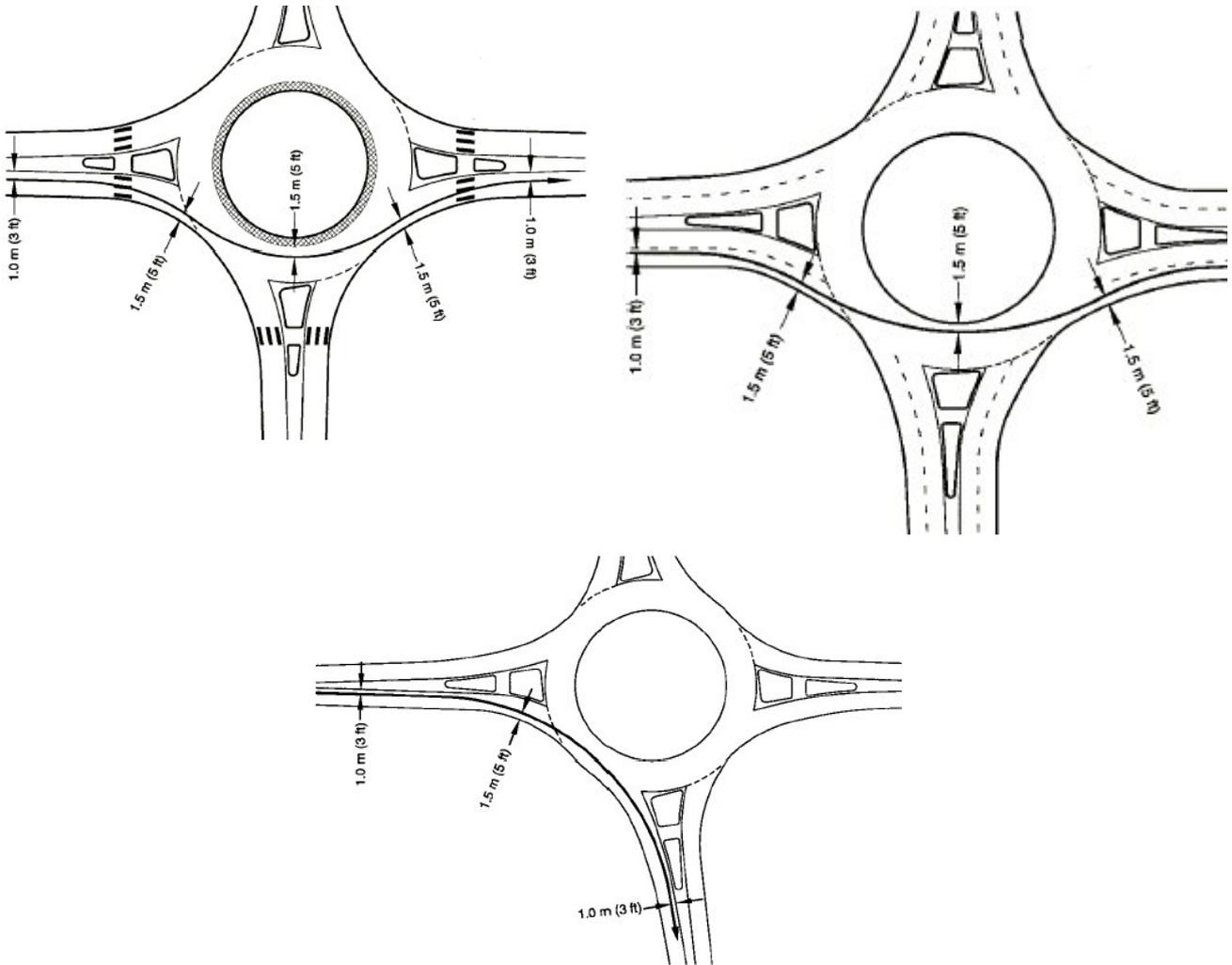
- le rotatorie a doppia corsia meno sicure di quelle ad una sola corsia, in particolare per ciclisti e pedoni:
 - aumenta il numero di punti di conflitto;
 - non possono realizzare gli stessi livelli di riduzione di velocità;
 - maggiori distanze di attraversamento per i pedoni;
- prestare attenzione alle esigenze dei pedoni, dei ciclisti, degli anziani e dei ciechi: attraverso la progettazione degli elementi geometrici delle rotatorie:
 - disporre gli attraversamenti perpendicolarmente ai bracci;
 - delineare chiaramente i percorsi ciclabili e pedonali con marciapiedi e arredo urbano in modo da dirigere gli utenti.
- la progettazione degli elementi geometrici di una rotatoria coinvolge la scelta fra la sicurezza e la capacità, in funzione del luogo:
 - *la capacità delle rotatorie è negativamente condizionata da larghezze e raggi di ingresso ridotti e anelli ridotti, che però favoriscono la sicurezza, soprattutto degli utenti deboli;*
 - *molti di questi parametri sono condizionati dalle richieste di manovre dei veicoli commerciali alle intersezioni.*

La velocità ottimale massima della percorrenza

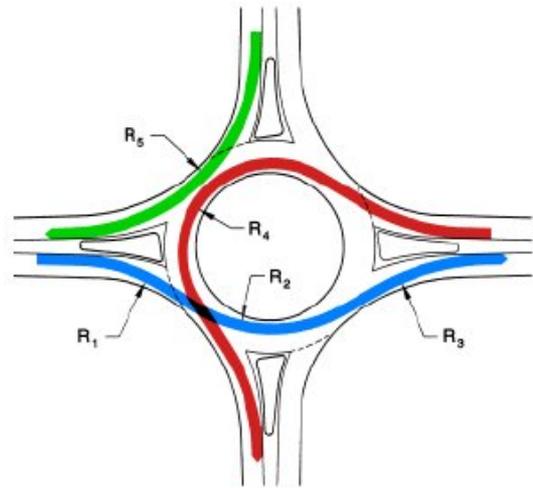
Mini rotatoria	25 km/h
Rotatoria urbana compatta	25 km/h
Rotatoria urbana ad una sola corsia	35 km/h
Rotatoria urbana a doppia corsia	40 km/h
Rotatoria extraurbana con singola corsia	40 km/h
Rotatoria extraurbana con doppia corsia.	50 km/h

- *aumentare la curvatura orizzontale dei percorsi decresce la velocità relativa fra i veicoli in ingresso e quelli in circolazione nell'anello*; nelle rotatorie con più corsie si può indurre i veicoli a tagliare le corsie accrescendo la possibilità di scontri laterali;

- per determinare la velocità di una rotatoria ed evidenziare se la geometria impone una sufficiente curvatura delle traiettorie, si tracci *il più veloce percorso consentito dalla geometria per un singolo veicolo*, in assenza di altri veicoli e ignorando tutta la segnaletica orizzontale: $V = \sqrt{127R(tg\alpha + f)}$;



➤ realizzare velocità costanti per tutte le manovre per ottimizzare la capacità minimizzando il varco critico e per ridurre le velocità relative di progetto per elementi geometrici e consecutivi diminuiscono, e quindi le velocità relative tra correnti di traffico che si intersecano vengono minimizzate.



➤ controllare i 5 raggi dei percorsi critici in corrispondenza di ogni approccio: R_1 (il minimo raggio sul più veloce percorso di attraversamento prima della linea di DARE PRECEDENZA), R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , raggi in genere non coincidenti con i cordoli stradali:

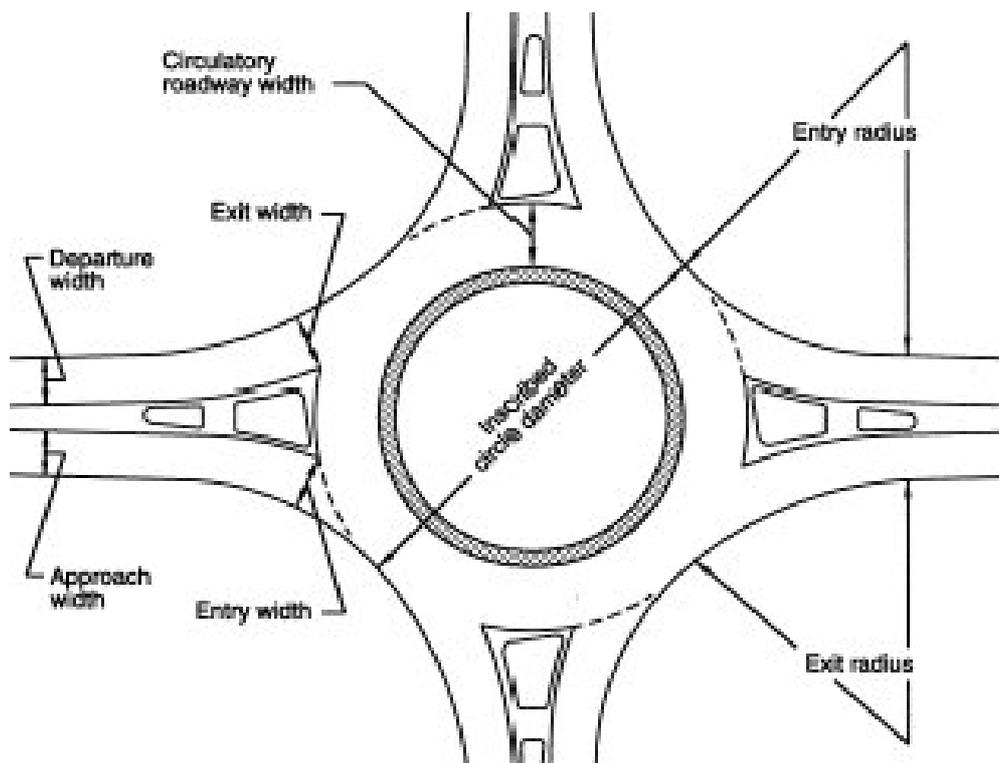
- sia $R_1 < R_2$; per certe situazioni topografiche o di disposizione delle strade R_1 può essere $> R_2$, ma la differenza di velocità deve essere minore di 20 km/h o meglio di 10 km/h;
- sia $R_3 > R_1$ o R_2 per accordandosi con la geometria dell'uscita; R_3 non sia $\gg R_2$ per assicurare basse velocità agli attraversamenti pedonali;
- R_4 produca una differenza di velocità fra flusso in ingresso e in circolazione superiore a 20 km/h. La manovra di svolta a sinistra è la + critica perché ha la minore velocità di circolazione;
- R_5 dovrebbe avere una velocità di progetto pari o inferiore alla massima velocità di progetto della rotatoria e non maggiore di 20 km/h rispetto alla velocità di progetto di R_4 .

La dimensione ottimale

- conoscere le specifiche di svolta del veicolo di progetto;
- conoscere i criteri di progetto dati dagli utenti non motorizzati: ciclisti, pedoni, utenti su sedie a rotelle, passeggini o skate; essi hanno diverse età e capacità che incidono sulla progettazione stradale:

Utente	Dimensione	Elemento della rotatoria condizionato
Ciclisti - Lunghezza - Minima larghezza - Spazio libero laterale da ogni lato	1.8 m 1.5 m 0.6 m 1.0 m dalle ostruzioni	- La larghezza delle isole agli attraversamenti - La larghezza della corsia ciclabile - Larghezza dei percorsi misti ciclisti-pedoni.
Pedoni - Larghezza	0.5 m	- Larghezza marciapiedi e attraversamenti
Sedie a rotelle - Larghezza minima - Larghezza operativa	0.75 m 0.90 m	- Larghezza marciapiedi e attraversamenti - Larghezza marciapiedi e attraversamenti
Persone che spingono dei passeggini - Lunghezza	1.70 m	- La larghezza isole agli attraversamenti
Skater - Tipica larghezza operativa	1.8 m	- - Larghezza dei marciapiedi

I principali elementi geometrici planimetrici (coerenti fra loro)

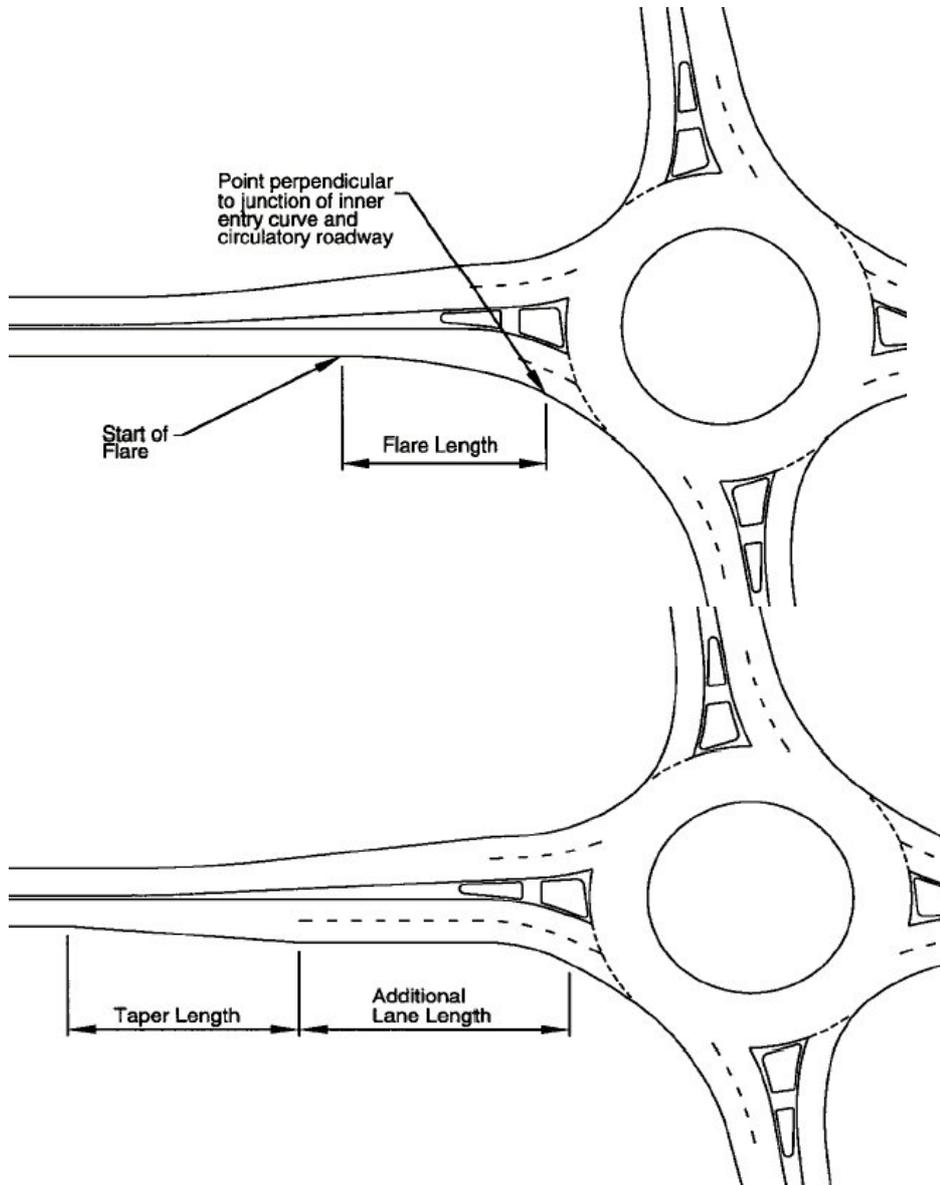


1. il diametro del cerchio inscritto: oltre 60 m si producono alte velocità di circolazione;

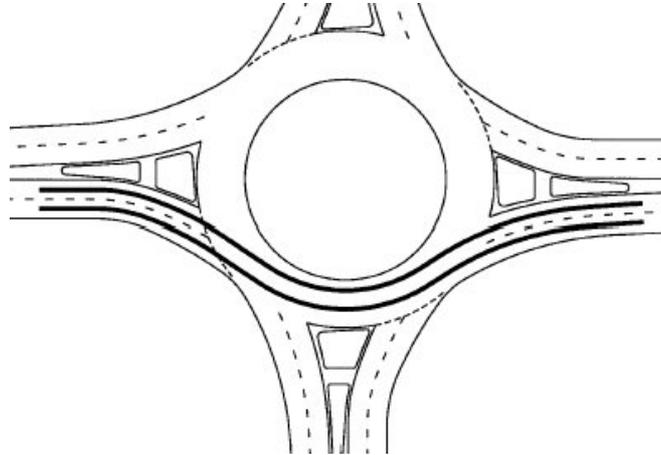
Tipologia (rotonda a 4 bracci)	Veicolo di progetto	Diametri suggeriti.
Mini rotonda	Autocarro	13-25 m
Rotonda urbana compatta	Autocarro o bus.	25-30 m
Rotonda urbana ad una sola corsia	WB-15 (WB-50)	30-40 m
Rotonda urbana a doppia corsia	WB-15 (WB-50)	45-55 m
Rotonda extraurbana con singola corsia	WB-20 (WB-67)	35-40 m
Rotonda extraurbana con doppia corsia.	WB-20 (WB-67)	55-60 m

2. isola centrale: sopraelevata e circolare, perché un'isola a raggio costante aiuta a mantenere velocità costanti attorno ad essa, mantenendo costante il varco;
3. fascia valicabile: pavimentata con materiali di colori diversi dall'anello e/o con pavimentazioni in conci e progettata in modo da essere valicata dagli autocarri, e scoraggiare i veicoli passeggeri da usarle larghe da **1 a 4 m**, in pendenza dall'isola centrale del **3-4 %**, e con il limite esterno sollevato di almeno **30 mm** dalla superficie dell'anello; implica minori prestazioni rispetto alle isole non valicabili, perché viene usata anche dai veicoli a 4 ruote, può sorprendere motociclisti distratti e causare spostamenti di carico sugli autocarri;

4. la larghezza di ingresso: per rotonde ad una sola corsia le entrate variano fra **4,3 e 4,9 m.**, incrementabile per aumentare la capacità con corsie aggiuntive o allargamenti da estendere per **25 m in area urbana** e 40 m in area extraurbana;

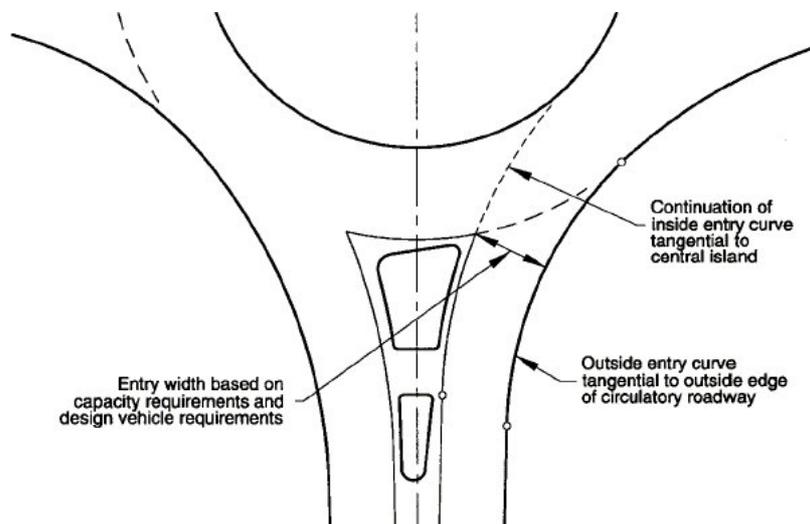


5. anello: più *ampio del 20% rispetto all'entrata più ampia* e con larghezza costante; dovrebbe esserci un minimo di 0.6 m tra il limite dei pneumatici del veicolo e il cordolo:

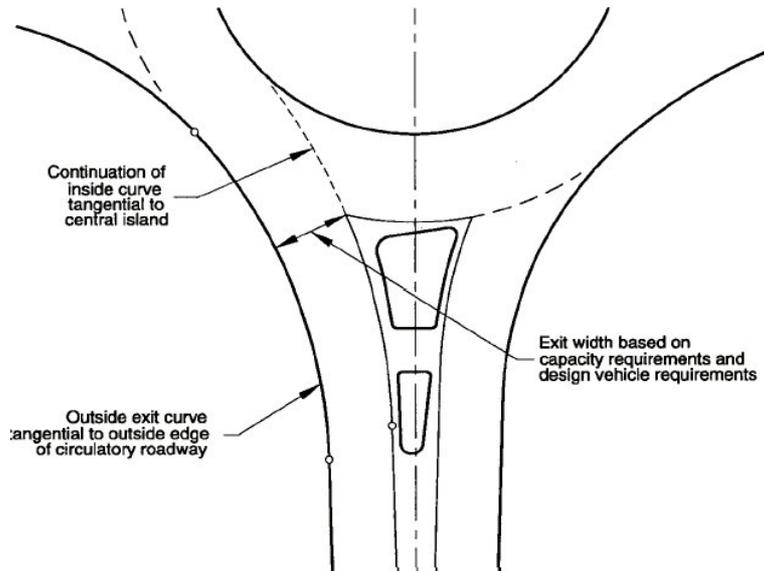


Rotatorie a due corsie con traffico di articolati relativamente infrequente (meno del 5%)		
Diametro del cerchio inscritto	Minima larghezza dell'anello	Diametro dell'isola centrale
45 m	9.8 m	25.4 m
50m	9.3 m	31.4 m
55 m	9.1 m	36.8 m
60 m	9.1 m	41.8 m
65 m	8.7 m	47.6 m
70 m	8.7 m	52.6 m

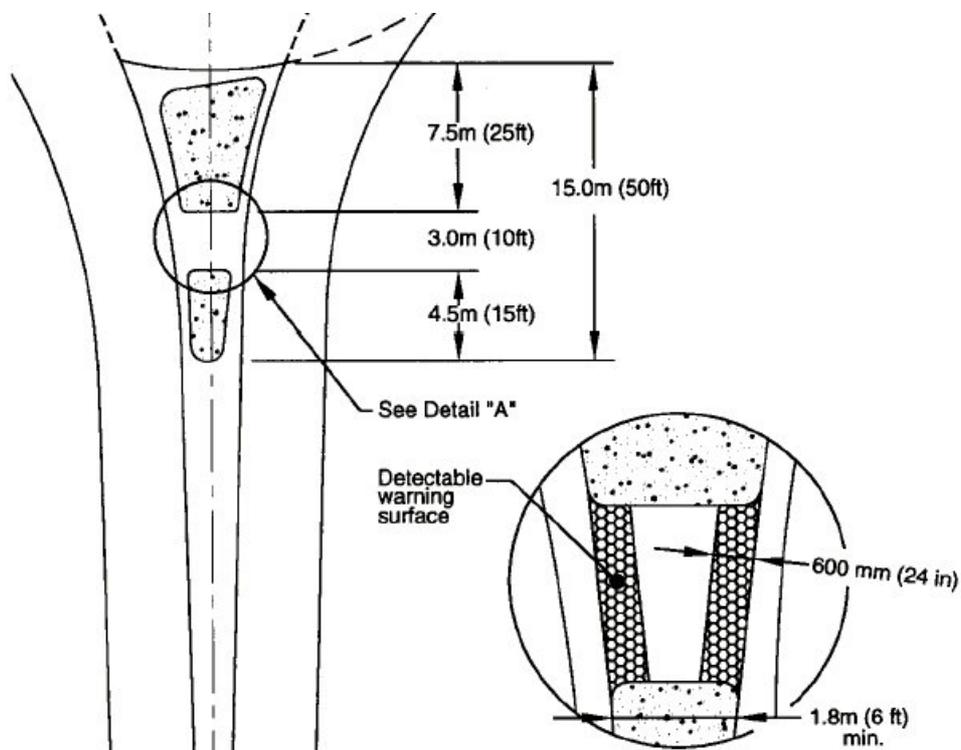
6. curva di ingresso: **10-30 m** in una rotatoria urbana ad una sola corsia; nelle rotatorie a doppia corsia, raggi troppo stretti possono produrre una sottoutilizzazione di una o più corsie, riducendo significativamente la capacità di un approccio e le prestazioni della rotatoria, e aumentando la possibilità di scontri laterali.

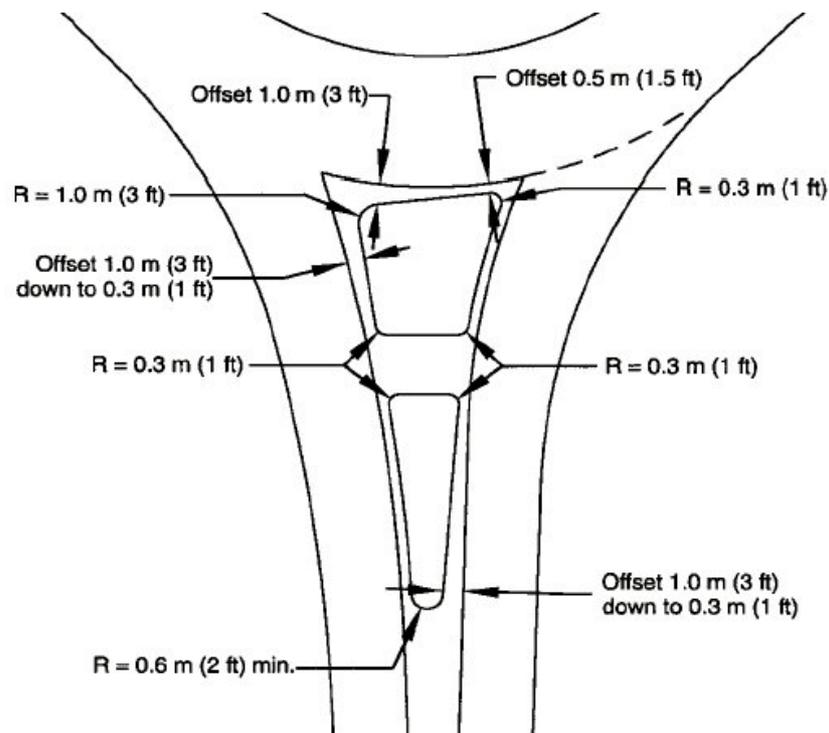


6. curve di uscita: almeno **15 m** nelle rotatorie urbane ad una sola corsia; **10 –12 m** in aree con un certo volume pedonale e in assenza di autoarticolati; in area extraurbana, dove ci sono pochi pedoni, le curve di uscita possono avere raggi maggiori.

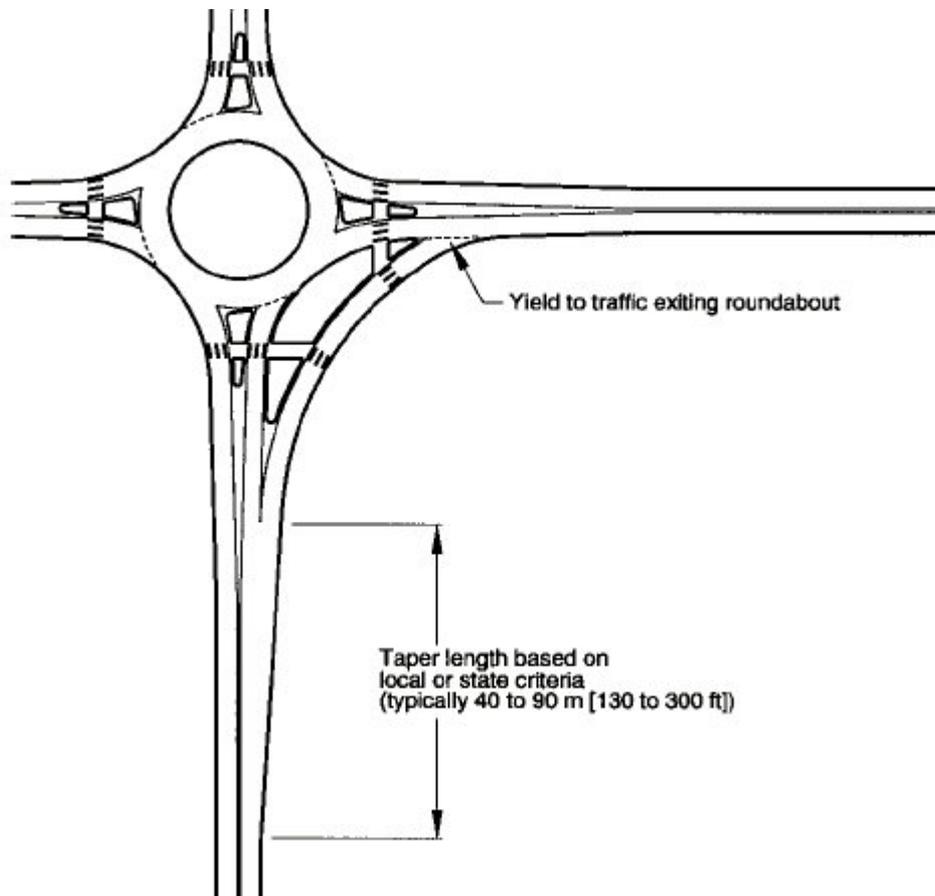
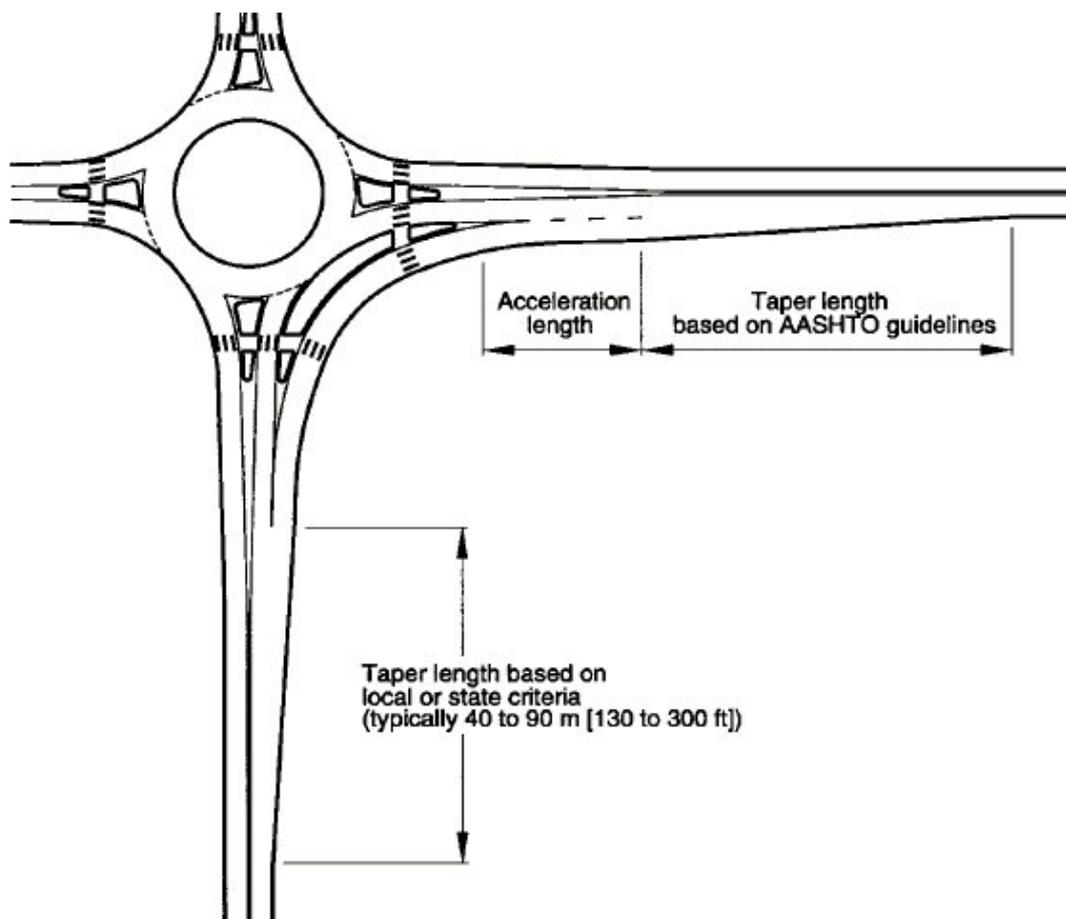


7. isole di separazione: lunghe almeno **15 m**; la larghezza fa crescere il tempo a disposizione dei veicoli in ingresso per distinguere tra veicoli in uscita e in circolazione;



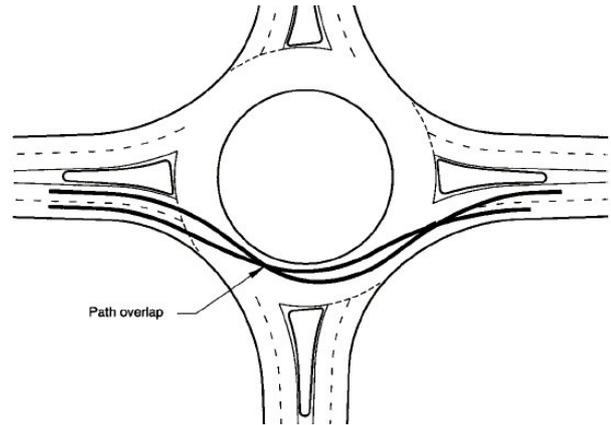


8. corsie per la svolta a destra evitate soprattutto nelle aree urbane con forti attività pedonali e ciclabili; dove il traffico pedonale e ciclabile è ridotto, tali corsie possono essere usate per migliorare la capacità dove è alto il volume di traffico in svolta a destra; oppure si usano in situazioni in cui la geometria delle svolte a destra è troppo stretta per consentire agli autocarri di svoltare dentro la rotatoria. La prima opzione è più funzionale, comunque la seconda è meno costosa, ed è preferibile in area urbana dove prevale il traffico pedonale e ciclabile. Il raggio delle corsie di svolta a destra non dovrebbero essere superiore ai raggi dei più veloci percorsi di entrata previsti ad una rotatoria; ciò permette che i veicoli sulla corsia abbiano velocità simili a quelle dei veicoli sull'anello, permettendo sicure convergenze fra le due strade. Raggi minori invece consentono più sicurezza per i pedoni che vogliono attraversare tale corsia.

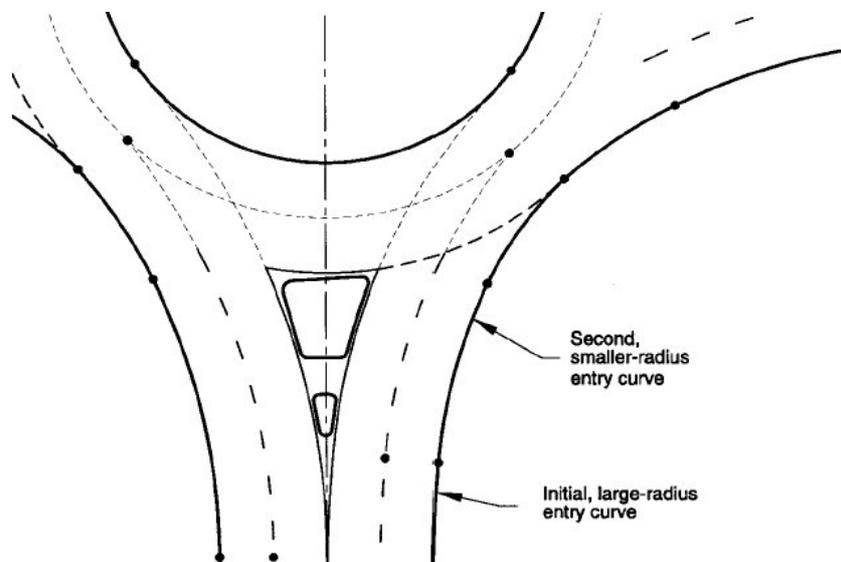


Le rotatorie a due corsie

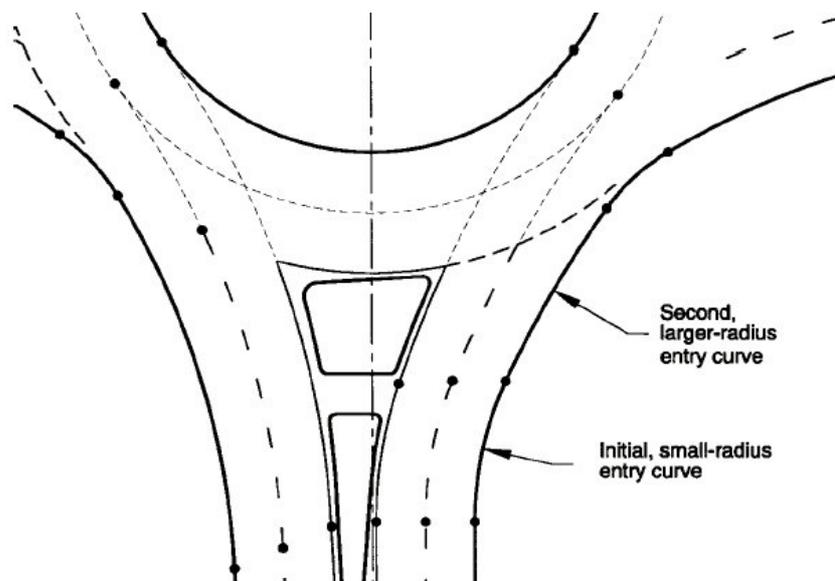
- valutare il percorso naturale delle vetture affiancate assumendo che non ci sia traffico in tutte le corsie di approccio e attraverso la rotatoria;
- se una seconda curva ha un raggio significativamente più piccolo della prima, il conducente viaggerà troppo veloce per descrivere la curva e potrebbe perdere il controllo del veicolo e quindi il percorso deve essere corretto:



- mantenere dei piccoli raggi di uscita riduce le velocità di circolazione, ma può portare alla sovrapposizione dei percorsi all'uscita;
- Evitare le sovrapposizioni mantenendo una velocità relativamente bassa:
 - partire con una curva più ampia e poi proseguire con un'altra tangente all'isola centrale di raggio inferiore, fra 30 e 60 m in area urbana e fra 40 e 80 m in area extraurbana; dovrebbe estendersi per almeno 30 m per indicare chiaramente la curvatura ai conducenti.



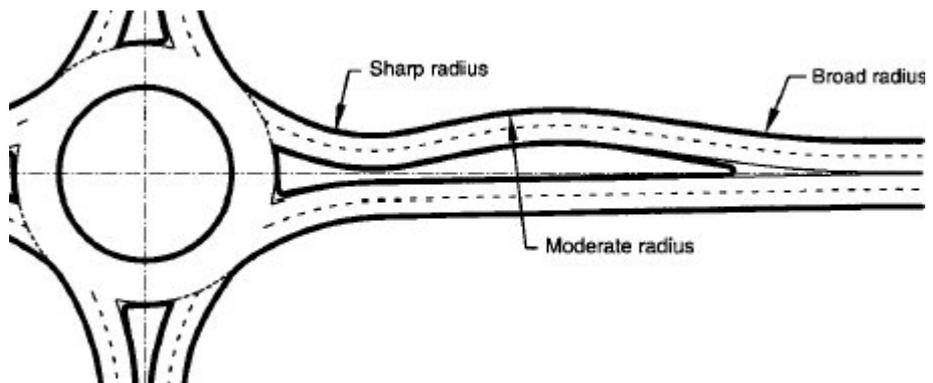
- usare curve di raggio piccolo fra 10 e 15 m a monte della linea di DARE PRECEDENZA.



Le rotatorie extraurbane

Le velocità di approccio sono più alte di quelle sulle strade urbane e i conducenti, in assenza di ulteriori segnalazioni, non si aspettano di incontrare delle interruzioni di velocità, producendo comportamenti sbagliati; occorre imporre il rallentamento prima della rotatoria:

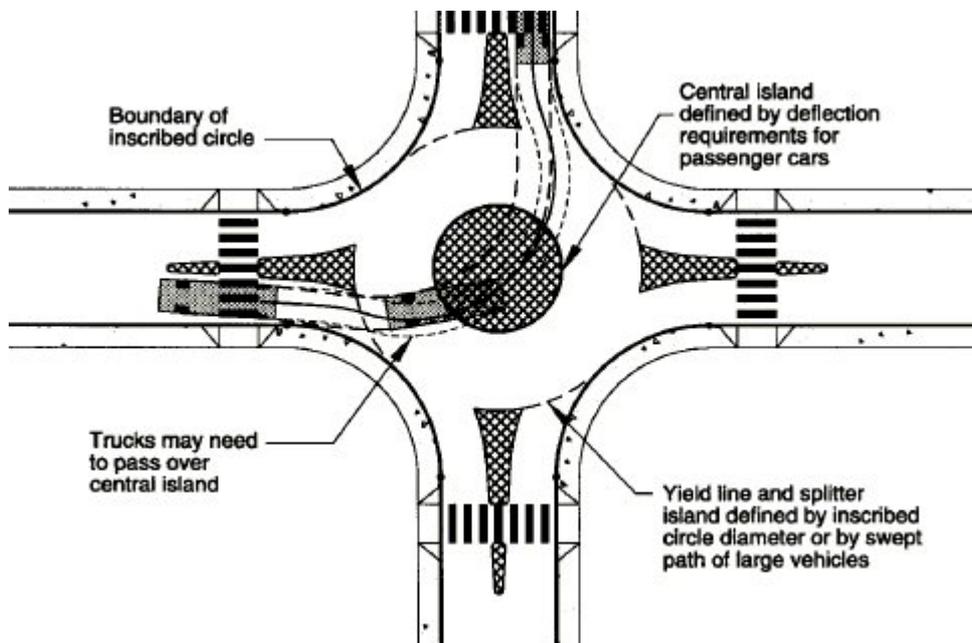
- bracci dell'intersezione allineati per massimizzare la visibilità dell'isola centrale;
- segnaletica orizzontale e verticale;
- strette banchine con cordoli all'esterno simulando l'ingresso in area più urbanizzata;
- riduzione della sezione trasversale tramite lunghe isole di separazione, almeno 60 m;
- posizionare l'arredo sulle isole di separazione e sui margini stradali per creare un effetto-tunnel;
- con opposte curve successive prima dell'approccio, limitando il cambiamento a 20 km/h fra le



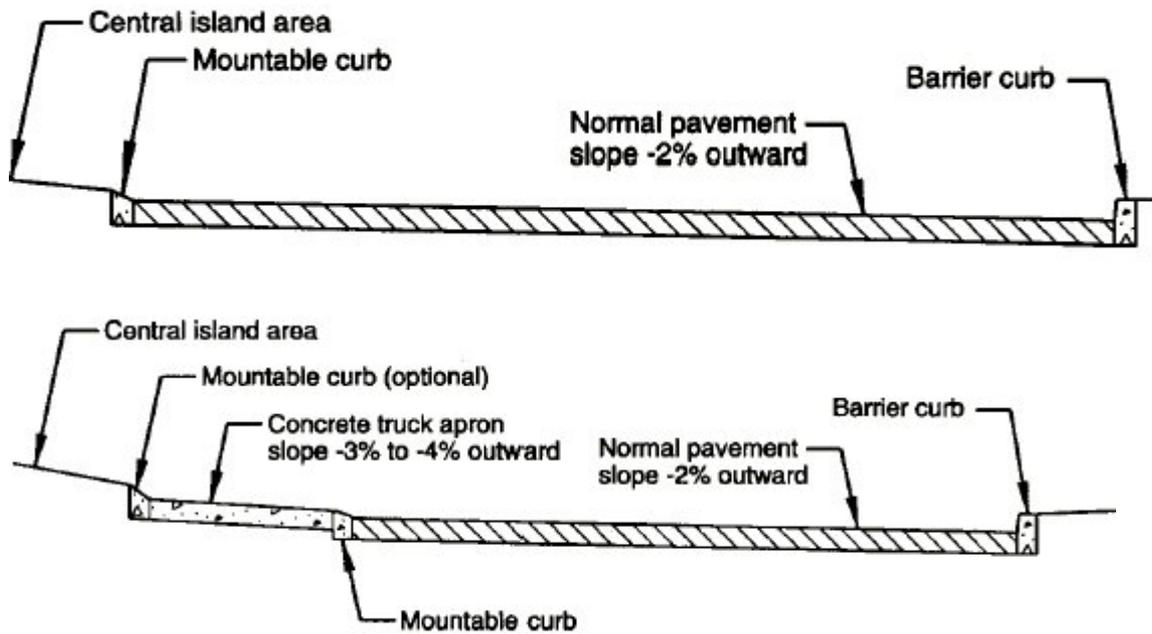
velocità di progetto di successivi elementi geometrici, progressivamente più piccoli in raggio. Spostando la strada di approccio lateralmente di 7 m si conferisce sufficiente curvatura agli approcci, mantenendo al minimo la lunghezza delle curve. Se lo spostamento laterale è ridotto, i conducenti sono più facilmente indotti a tagliare nella corsia adiacente.

Le mini-rotatorie

- l'isola centrale ha un diametro minimo di 4 m e in genere è completamente sormontabile da veicoli commerciali larghi e bus; costituita da conglomerato bituminoso, calcestruzzo o altri materiali, essa dovrebbe sollevarsi per 25-30 mm per ogni metro di diametro, con un massimo di altezza di 125 mm;
- il limite esterno della traiettoria dei veicoli passeggeri e dei larghi veicoli commerciali viene usato per definire la posizione delle linee di DARE PRECEDENZA e il limite delle isole di separazione verso l'anello; tuttavia, data la ridotta dimensione di tali mini-rotatorie, il limite esterno dei larghi veicoli commerciali potrebbe non coincidere con il cerchio inscritto della rotatoria, che è definito dai cordoli esterni. Se gli autocarri in svolta passano direttamente sull'isola centrale la linea di DARE PRECEDENZA e le isole di separazione dovrebbe coincidere con il cerchio inscritto.



I principali elementi geometrici altimetrici



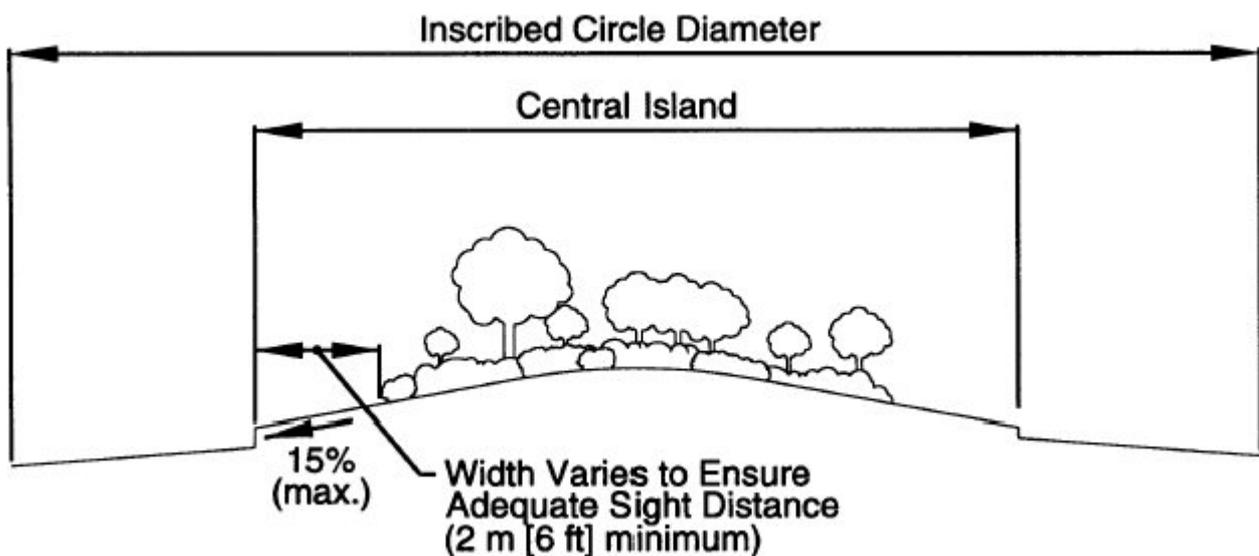
- la pendenza dell'isola centrale non dovrebbe superare il valore di 6:1;
- l'anello deve essere costruito su un piano di pendenza costante, al limite 4%;
- con approcci con pendenze superiori al 4% è difficile per i veicoli in ingresso rallentare o fermarsi all'entrata, si possono compromettere le linee di visibilità dei conducenti e il profilo verticale va modificato;
- pozzetti al limite esterno della rotatoria oppure anche attorno all'isola centrale nel caso di rotatorie progettate con una pendenza costante. Come per le altre intersezioni, bisogna prestare attenzione al fatto che i punti bassi e i pozzetti non vanno collocati negli attraversamenti pedonali. Se l'isola è sufficientemente grande bisogna considerare anche l'ipotesi di porre dei pozzetti nell'isola stessa.

L'arredo:

- rendere l'isola centrale un consistente punto focale per ridurre le velocità dei veicoli; sugli approcci rende l'intersezione un punto focale creando un effetto tunnel; riducono ad hoc la visibilità;
- le isole di separazione non contengano piante o pali di illuminazione;
- migliorare l'estetica dell'area completando il paesaggio stradale;
- minimizzare l'introduzione di elementi pericolosi all'intersezione: alberi, pali, muri, statue, rocce, guard-rail, evitando gli arredi larghi e fissi (alberi e rocce) nelle aree

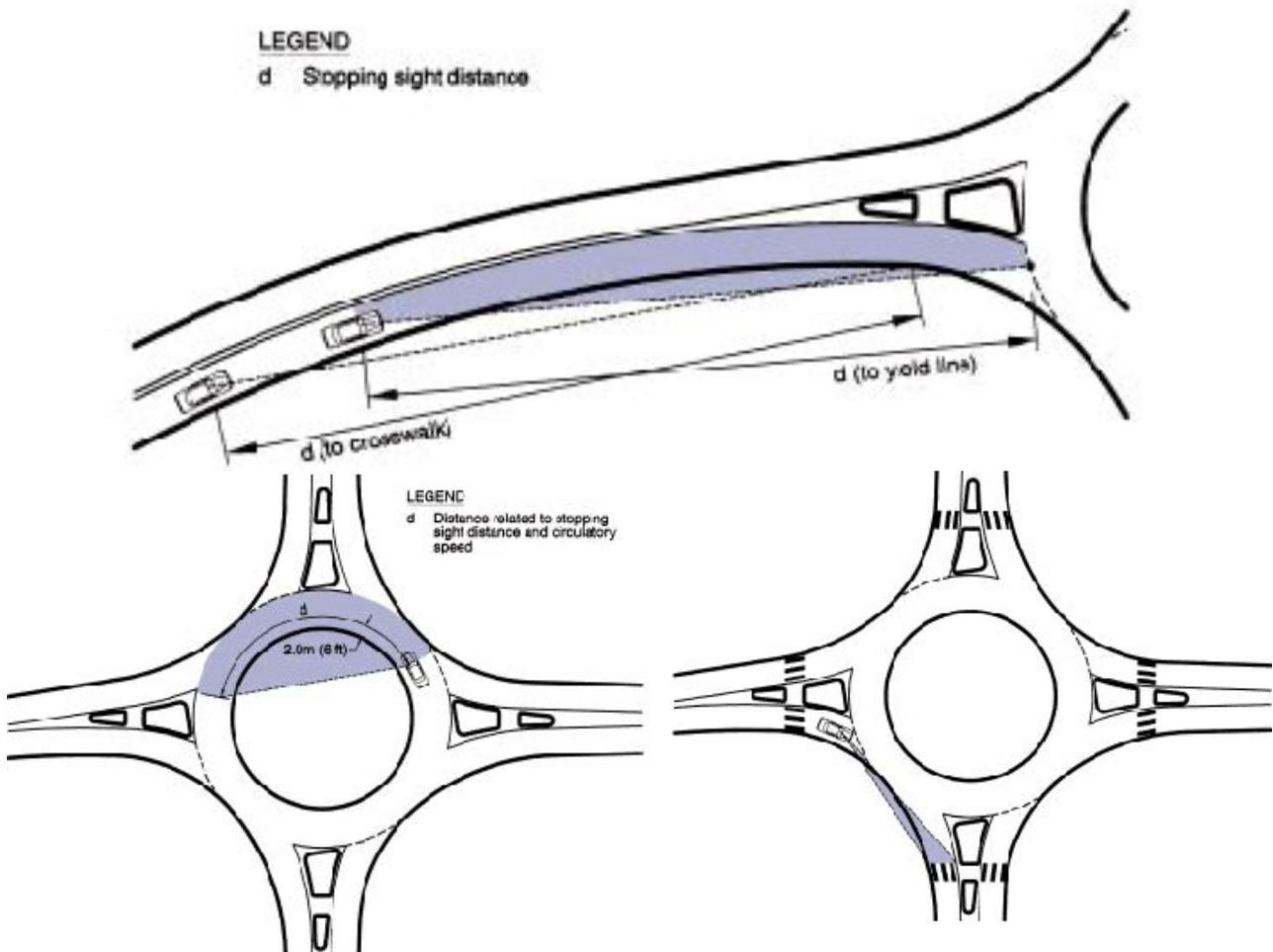
suscettibili di uscite di strada; se si desidera porvi fontane o monumenti questi vanno collocati in modo che siano visibili dal perimetro esterno della rotatoria e che sia minima la possibilità di impatto con i veicoli;

- evitare di mascherare la forma della rotatoria e dei cartelli;
- selezionare le piante in modo da mantenere le distanze di visibilità, includendo anche la necessità di effettuare la manutenzione (pubblica o privata) per mantenere tali distanze durante la vita utile del progetto; va considerata la tolleranza delle piante al sale in caso di rimozione della neve, e se occorre spesso innaffiarle; va tenuto presente che può aumentare la probabilità di pavimentazione bagnata e potenzialmente sdruciolevole;
- indica che i conducenti non possono passare dritti attraverso le intersezioni;
- scoraggiare il traffico pedonale attraverso l'isola centrale: i materiali usati per le fasce valicabili devono essere coerenti con quelli usati per gli altri elementi di arredo, ma dovrebbero essere diversi da quelli usati per i marciapiedi per evitare che i pedoni siano tentati dall'andarci; vanno evitati anche gli arredi che attraggano i pedoni sull'isola centrale (panchine, statue); l'arredo sull'angolo aiuta a canalizzare i pedoni verso gli attraversamenti e scoraggia i pedoni dall'attraversare l'isola centrale



Le condizioni di visibilità

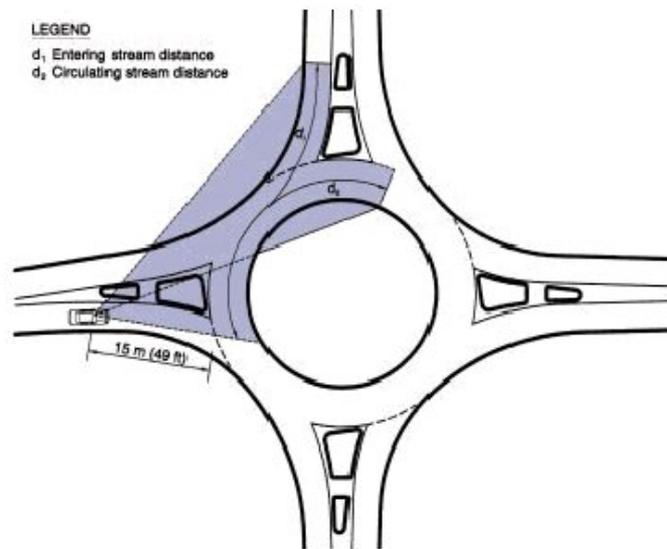
- La distanza di visibilità di arresto $d = 0.278tV + 0.039\frac{V^2}{a}$ dove d è la distanza di arresto in m, t è il tempo di reazione assunto pari a 2.5 s, V è la velocità iniziale espressa in km/h e a è la decelerazione assunta pari a 3,4 m/s². Si assume un'altezza dell'occhio del conducente pari a 1080 mm e un'altezza di oggetto pari a 60 cm;



La verifica della distanza di arresto all'entrata, sull'anello e all'uscita.

- La distanza di visibilità all'intersezione per evitare conflitto fra la corrente in ingresso (la cui velocità è circa la media della velocità del percorso di ingresso (di raggio R₁) e la velocità del percorso di circolazione (di raggio R₂)) e il flusso in circolazione, che ha la velocità dei veicoli in svolta a sinistra (raggio R₄). Si assume un'altezza dell'occhio del conducente pari a 1080 mm e un'altezza dell'ostacolo pari a 1080 mm. La distanza di visibilità all'intersezione *sul ramo di approccio* dovrebbe essere limitata a 15 m per indurre i conducenti a rallentare prima di entrare nella rotonda e concentrarsi sugli attraversamenti pedonali. La distanza di visibilità

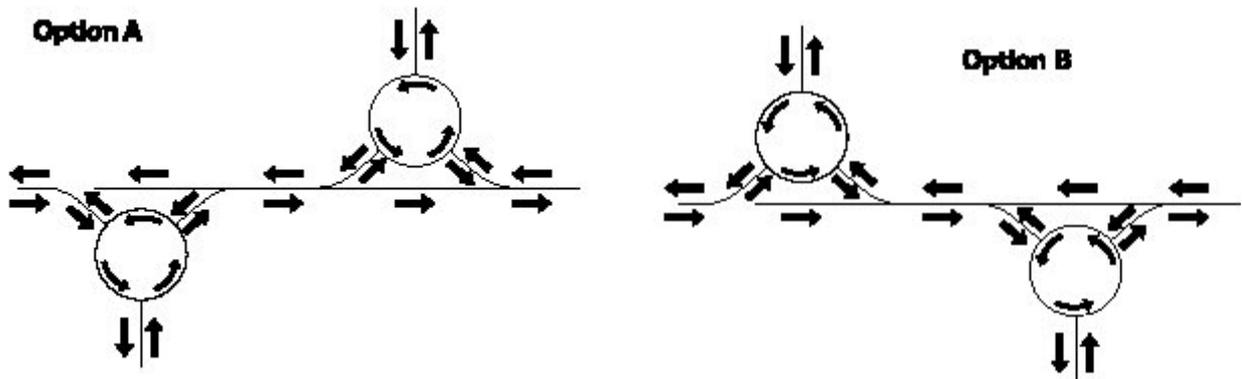
all'intersezione *sull'anello* è data da $b = 0.278V_m t_c$ dove b è la distanza di visibilità cercata in m, V_m è la velocità di progetto nell'anello espressa in km/h e t_c è il varco critico per entrare nella strada principale, assunto pari a 6.5 sec.



- l'illuminazione evidenzia la presenza di pedoni e ciclisti, le isole in rilievo e i cordoli, mediante energia elettrica o catarifrangenti; in generale deve esserci una zona di transizione a graduale illuminazione di circa 80 m oltre l'area di cambiamento della traiettoria a ciascuna uscita, in modo da adeguare la vista fra un'area illuminata e una buia in 1-2 secondi:
 - l'illuminazione della rotatoria uguale alla somma dei livelli di illuminazione delle strade che si intersecano, dando luogo a livelli di illuminamento fra 9 lux nelle intersezioni fra strade locali in aree residenziali e 36 lux nelle aree commerciali, ovviamente tenendo conto delle zone illuminate circostanti;
 - è meglio illuminare la rotatoria dall'esterno verso il centro, per migliorare la visibilità dell'isola e la visibilità dei veicoli in circolo da parte di quelli in ingresso. Può essere efficace anche un'illuminazione da terra degli oggetti interni all'isola centrale con fari posti nell'isola stessa;
 - per l'alta percentuale di incidenti che coinvolgono un singolo veicolo in confronto con le altre intersezioni (a causa di curve dai differenti raggi e percorse ad alte velocità) è bene avere delle aree libere da ostacoli sui lati della strada, quindi i pali di illuminazione non dovrebbero essere posti sulle piccole isole di separazione, sulla destra a valle delle uscite, o sulle isole centrali quando il loro diametro è inferiore a 20m.

Doppie rotatorie

- valutare la lunghezza della coda che ha il 95% di probabilità di verificarsi per ciascun braccio e verificare che ci sia spazio sufficiente tra le due rotatorie;
- quando le rotatorie sono disposte in corrispondenza di intersezioni a T, c'è l'opportunità di evitarne una tramite delle corsie sulla strada principale



Intersezioni a livelli sfalsati tra strade extraurbane e strade urbane.



Avon,CO

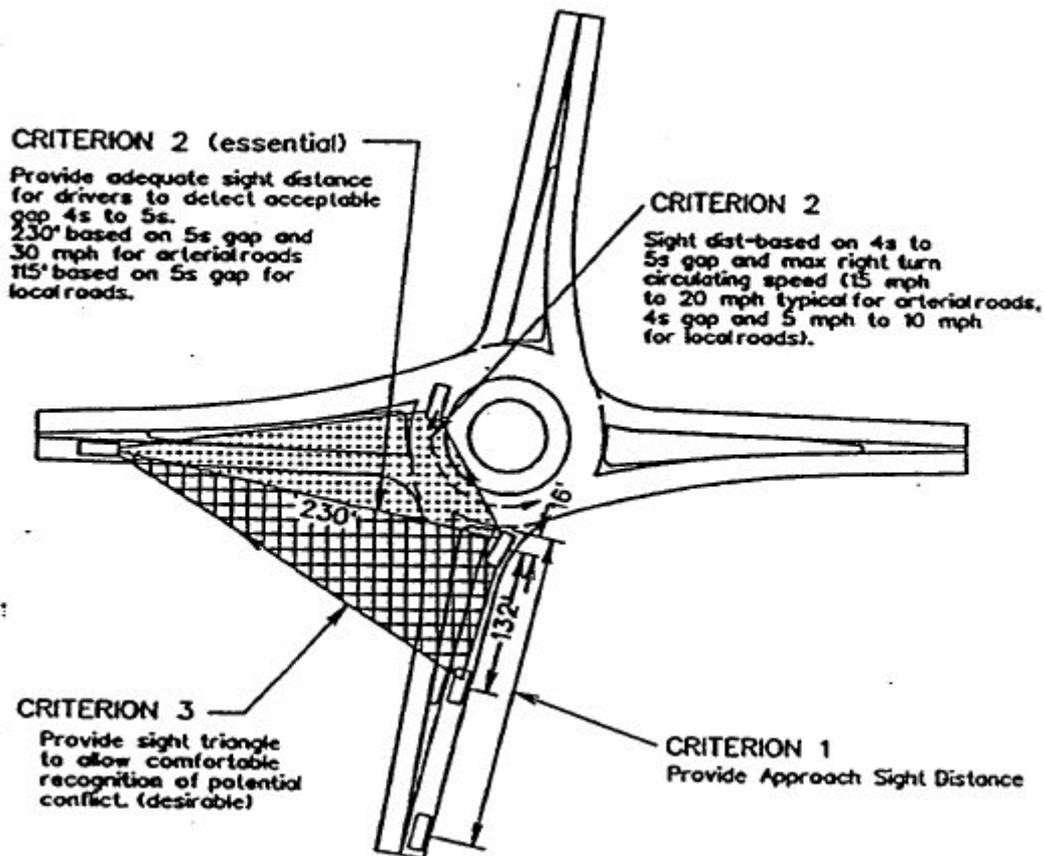
La progettazione geometrica delle rotatorie in Australia

- isola centrale diametri di almeno 5 m e superiori a 10 m per aree in cui le rotatorie non sono molto note, ai fini della percettibilità;
- anello piccolo a sufficienza per adeguate deviazioni, ma grande per le manovre del veicolo di progetto:

Raggio di deviazione (m)	Un veicolo articolato (m)	Un veicolo articolato + un veicolo passeggeri (m)	Un veicolo articolato + 2 veicoli passeggeri (m)
5	7.6		
8	7.1		
10	6.7		
12	6.5	10.3	
14	6.2	10.1	
16	6.0	9.9	
18	5.9	9.7	
20	5.7	9.6	13.5
22	5.6	9.5	13.4
24	5.5	9.4	13.3
26	5.4	9.3	13.2
28	5.4	9.2	13.0
30	5.3	9.1	12.9
50	5.0	8.8	12.6
100	4.6	8.4	12.2

- entrate fra 3,4 e 4 m, eccetto le situazioni con entrate ad una sola corsia limitate da cordoli dove una larghezza di 5 m fra i cordoli è necessaria per consentire il sorpasso di un veicolo di disabili.
- isole di separazione: lunghe 60 m e larghe 2,4 m per ospitare un pedone ed essere sufficientemente visibili dal traffico in ingresso; area minima variabile fra 8 e 10 m² nelle strade principali.
- un conducente alla linea di DARE PRECEDENZA deve avere una linea di visione del veicolo in arrivo su un'entrata immediatamente a sinistra, per almeno una distanza corrispondente al varco critico (su un intervallo di 5 secondi, basato su una velocità di entrata di 50 km/h e una distanza di 70 m);
- il medesimo criterio deve valere anche verso i veicoli che si trovano sull'anello e che sono entrati da altri approcci: la loro velocità è considerevolmente inferiore a 50 km/h e la corrispondente distanza di visibilità verso di loro, attraverso l'isola centrale, deve essere basata su un intervallo di 4-5 secondi, essa rappresenta una distanza inferiore a 70 m a causa della bassa velocità di circolazione di questi veicoli;

- i conducenti che approssimano la rotatoria devono poter vedere gli altri veicoli entranti prima di raggiungere la linea di DARE PRECEDENZA.



Tipo di strada	Requisiti
Intersezione fra strada locale e strada locale minore (una delle strade abbia larghezza inferiore a 7.5 m)	Una lampada a vapori di sodio ad alta pressione (250 W)
Intersezione fra strada locale e strada locale maggiore	Una lampada a vapori di sodio ad alta pressione (250 W) sui due bracci maggiori
Strade con alto volume di traffico o con problemi operativi	Una lampada a vapori di sodio ad alta pressione (250 W) su ogni braccio