

ROTATORIE STRADALI COME DISPOSITIVI DI TRAFFIC CALMING

Sascia Canale ⁽¹⁾, Salvatore Leonardi ⁽²⁾, Giuseppina Pappalardo ⁽³⁾

⁽¹⁾ Professore ordinario e docente di Teoria delle Infrastrutture Viarie - Università degli Studi di Catania

⁽²⁾ Ricercatore Universitario e docente di Infrastrutture Viarie Urbane e Metropolitane - Università degli Studi di Catania

⁽³⁾ Dottoranda di ricerca in Ingegneria delle Infrastrutture Viarie - Università degli Studi di Catania

Numerose indagini sperimentali, condotte sia a livello nazionale che internazionale, hanno dimostrato che uno dei vantaggi connessi alla realizzazione delle rotatorie è il generale miglioramento delle condizioni di sicurezza, rispetto alle altre tipologie di intersezione.

Tale aumento del livello di sicurezza è giustificabile con le seguenti osservazioni:

- Le rotatorie presentano un numero inferiore di punti di conflitto rispetto alle intersezioni convenzionali. Infatti vengono praticamente eliminati gli incidenti che, sulle intersezioni tradizionali, avvengono a causa della mancata precedenza o a seguito dell'effettuazione delle manovre di svolta a sinistra.
- La riduzione della velocità nelle rotatorie mette a disposizione dei conducenti tempi di reazione più lunghi che permettono di fronteggiare meglio quelle situazioni complesse, a livello di condizionamenti veicolari, che si possono manifestare in corrispondenza dei punti di conflitto.
- Poiché la maggior parte dei conducenti viaggia, nelle rotatorie, con velocità simili, la gravità degli incidenti è notevolmente ridotta rispetto alle altre tipologie di intersezione, le quali sono frequentemente caratterizzate da squilibri cinematici da parte dei flussi veicolari che le interessano.
- I pedoni, nelle rotatorie, devono attraversare solo una corrente di traffico alla volta ad ogni ingresso. Ciò vuol dire che i punti di conflitto tra veicoli e pedoni non sono generalmente influenzati dalle condizioni di circolazione sulla rotatoria, in quanto i veicoli provengono da percorsi ben definiti (quindi i pedoni hanno un numero ridotto di "punti" da controllare, prima di effettuare l'attraversamento).

Studi sull'incidentalità basati sull'analisi before-after, confermano palesemente le considerazioni appena svolte. In particolare:

- negli Stati Uniti si è visto che, dopo la costruzione di una rotatoria, si ha una riduzione di circa il 37 % per tutti i tipi d'incidenti e del 51 % per quelli con feriti;

- in Australia, l'adeguamento a rotatoria di una serie di intersezioni convenzionali ha evidenziato una riduzione dei sinistri con feriti variabile tra il 45% e l'87%; la diminuzione complessiva degli incidenti (con feriti e con soli danni materiali) si attesta invece tra il 41% ed il 61%;
- in Germania, la realizzazione di intersezioni a circolazione rotatoria in sostituzione di incroci a tre e a quattro rami ha portato ad una riduzione media del tasso di incidentalità pari al 36%;
- in Francia, uno studio condotto su 202 rotatorie urbane ha consentito di stimare entro un range compreso tra il 57% ed il 78%, la riduzione media annuale degli incidenti con feriti;
- in Gran Bretagna, un'indagine condotta su alcune rotatorie sia urbane che extraurbane ha permesso di valutare la diminuzione del numero di incidenti con feriti; tale riduzione è compresa entro un intervallo variabile tra il 25% ed il 39%;
- in Italia, uno studio recentemente presentato in occasione del Convegno dal titolo "La sicurezza ad un incrocio: quali soluzioni per le intersezioni stradali?" (Bologna 29/05/2003), ha evidenziato come, nel Comune di Reggio Emilia, a seguito della realizzazione, a partire dalla fine del 1998, di 35 rotatorie compatte in sostituzione di altrettante intersezioni esistenti tradizionali, si è verificata, tra il 1999 ed il 2002, una riduzione degli incidenti con feriti del 29.1% ed una corrispondente diminuzione dei feriti del 31.9%.

Si tenga presente che la diminuzione dei tassi di incidentalità evidenziata dagli studi appena citati è relativa a quelle rotatorie realizzate al posto di intersezioni convenzionali che originavano notevoli condizioni di rischio per gli utenti.

Queste statistiche, quindi, non devono essere ritenute un riferimento assoluto sulla sicurezza offerta dalle rotatorie rispetto agli altri tipi di intersezione. Da questi studi, tuttavia, si evince come, dopo la realizzazione delle rotatorie, gli incidenti con feriti si riducano in misura maggiore di quelli che implicano soli danni materiali. Ciò è dovuto al fatto che la configurazione geometrica e funzionale delle rotatorie annulla la frequenza degli incidenti causati dalle svolte a sinistra o dalle collisioni frontali e, inoltre, la gravità degli altri incidenti è mitigata dalle ridotte velocità derivanti dalla circolazione rotatoria.

In tale contesto si inquadra il contributo che si vuole portare con il presente articolo; in particolare si vuole evidenziare come la presenza di una serie ravvicinata di intersezioni a circolazione rotatoria garantisca sensibili riduzioni di velocità nell'attraversamento delle intersezioni stradali medesime, a tutto vantaggio delle prestazioni in termini di sicurezza.

Il nostro compito, pertanto, sarà quello di esporre i risultati di un'indagine sperimentale condotta presso la circonvallazione di un comune del catanese, avente come peculiarità la presenza di quattro rotatorie consecutive e di tre intersezioni a raso a quattro braccia, due delle quali intervallate da un altro incrocio a circolazione giratoria.

Il confronto tra le condizioni cinematiche indotte dalla sequenza delle rotatorie e le prestazioni in termini di velocità offerte dalle intersezioni a raso "tradizionali", permetterà di mettere in risalto l'effetto di traffic calming garantito dalle rotatorie presenti nel contesto periurbano oggetto dell'analisi.

UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELLE INTERSEZIONI ANALIZZATE

L'infrastruttura prescelta per l'indagine è la circonvallazione di Aci Sant'Antonio, comune della provincia di Catania, a 302 m d'altitudine, sul fianco meridionale dell'Etna con circa 15 mila abitanti.

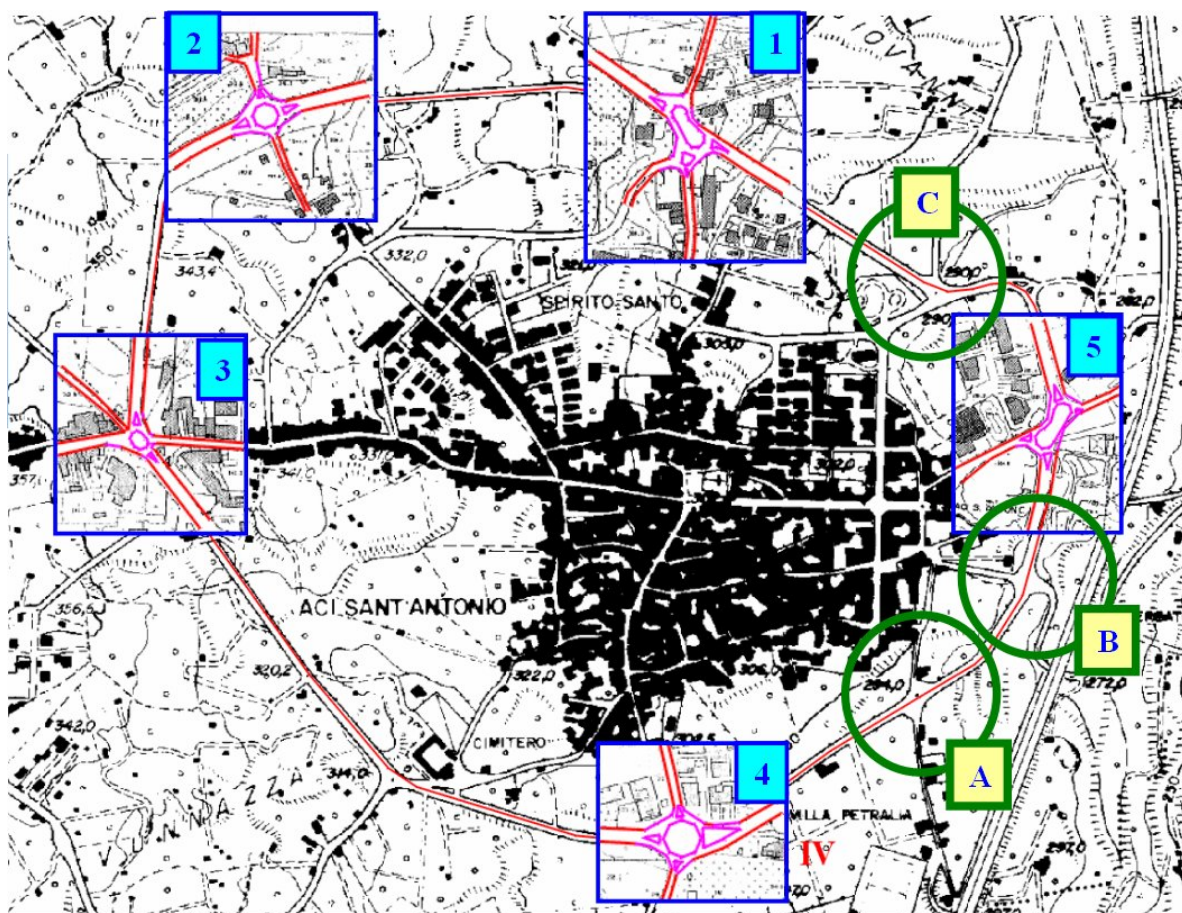


Figura 1. Le intersezioni presenti lungo la circonvallazione del Comune di Aci S. Antonio

La circonvallazione (Via Aldo Moro e via Giacomo Matteotti) si snoda sul territorio avendo una duplice funzione: la prima è quella di delimitare l'intero paese permettendo uno

smaltimento del flusso di traffico verso l'esterno del centro cittadino, la seconda è quella di garantire i vari collegamenti con le frazioni ed i comuni limitrofi.

Allo stato attuale, nella circonvallazione sono presenti nove intersezioni a raso, di cui cinque sono rotatorie mentre le altre quattro, regolate mediante il segnale di stop, sono intersezioni a 4 rami (figura 1).

Per quanto riguarda le caratteristiche geometriche, con riferimento alle Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade (G.U. N° 3 – 4 Gennaio 2002), la tipologia della sezione stradale della circonvallazione è assimilabile alla categoria C (Extraurbane Secondarie). In particolare, i parametri geometrici di riferimento sono i seguenti:

- velocità di progetto compresa tra 60 km/h e 100 km/h;
- carreggiata unica formata da due corsie di 3.50 m, una per ogni senso di marcia;
- larghezza delle banchine pari a 1.50 m.

Differente è la tipologia delle strade che si innestano sulla circonvallazione, mediante le intersezioni; esse, infatti, sono assimilabili in parte alla categoria E (Urbane di quartiere) ed in parte alla categoria F (Locali extraurbane).

Osserviamo che l'indagine svolta ha riguardato tutte le rotatorie presenti lungo lo sviluppo della circonvallazione (classificate con i numeri progressivi da 1 a 5) e tre intersezioni a raso (indicate con le lettere A, B e C). Si è deciso di non inglobare nell'analisi, una sola intersezione a raso; si tratta del nodo quasi esclusivamente a servizio della zona del Cimitero, caratterizzato da flussi veicolari estremamente ridotti lungo i rami secondari e da una organizzazione geometrica particolarmente semplificata.

Le peculiarità delle intersezioni analizzate sono di seguito elencate:

- Rotatoria 1. La principale caratteristica di questa rotatoria è la forma dell'isola centrale. Essa, infatti, si estende al centro dell'intersezione con una forma geometrica non regolare, sulla quale è però possibile individuare due circonferenze di raggio pari, rispettivamente, a 7.50 m e a 9.00 m. La corona giratoria è a singola corsia con una larghezza pari a 4.50 m, mentre sono variabili, in base al tipo di strada, le larghezze delle corsie d'ingresso e d'uscita.
- Rotatoria 2. In questa rotatoria della circonvallazione, si collegano due strade importanti del Comune che sono la via Nocilla in direzione sud e la via San Giuseppe in direzione nord. La prima permette un collegamento diretto tra la circonvallazione ed il centro storico di Aci Sant'Antonio, invece la seconda determina la comunicazione tra il Comune ed alcune frazioni. La rotatoria ha un'isola centrale circolare di raggio pari a 12.00 m ed una corona giratoria a singola corsia di larghezza pari a 5.00 m.

- Rotatoria 3. La rotatoria in questione ha un'isola centrale di forma pseudo-ellittica realizzata mediante due archi circolari, di raggio pari a 7.00 m, raccordati da due brevi tratti rettilinei. Essa raccorda cinque rami in cui sono presenti molte attività commerciali ed abitazioni private; ciò comporta notevoli condizionamenti veicolari in prossimità dei rami di entrata e di uscita.
- Rotatoria 4. Si tratta della prima rotatoria realizzata sulla circonvallazione del comune di Aci Sant'Antonio. In essa sono presenti quattro rami, due appartenenti alla circonvallazione (via Aldo Moro) e due alla via Marchese di Casalotto la quale, consentendo il collegamento, in direzione nord, con il centro storico del comune, e, in direzione sud, con la città di Catania, risulta caratterizzata da un forte traffico veicolare. Riguardo alle caratteristiche geometriche occorre osservare come siano presenti un'isola centrale di raggio pari a 18.00 m, ed una carreggiata della corona giratoria a singola corsia e di larghezza pari a 3.75 m.
- Rotatoria 5. La rotatoria in esame ha una forma irregolare dell'isola centrale, molto simile a quella della Rotatoria 1. Anche in questo caso si possono distinguere due circonferenze di raggio pari, rispettivamente, a 9.50 m e a 10.50 m, raccordate da elementi geometrici caratterizzati da inversioni della curvatura. In tale rotatoria confluiscono quattro rami, di cui due appartengono alla via Aldo Moro, mentre gli altri due alla via Nuova. Anche in questa intersezione, come in tutte le altre, la carreggiata della corona giratoria è a singola corsia e sono presenti, in tutti i rami, le isole di separazione rialzate per i flussi in entrata ed in uscita.
- Intersezioni a 4 rami. Le tre intersezioni a raso prese in esame sono state indicate con le lettere A, B e C in base all'ordine dettato dalla percorrenza in senso antiorario della circonvallazione. La figura 1 mostra la loro posizione rispetto alle rotatorie presenti. È possibile notare che due intersezioni (A e B) sono consecutive lungo la circonvallazione (Via Aldo Moro). L'intersezione C, invece, ricade tra due rotatorie, in particolare tra la rotatoria 1 e la 5. Allo stato attuale, tutte e tre le intersezioni sono regolate dai segnali di stop posti sui bracci secondari, e presentano delle isole di separazione rialzate per i flussi veicolari in entrata ed in uscita dalle strade secondarie. Occorre però evidenziare che, a causa degli spazi ridotti, le isole di traffico sono sempre poco estese e, soltanto in uno dei rami secondari dell'intersezione B sono state realizzate sia le isole pseudo-triangulari che l'isola "a goccia"; in tutti gli altri casi si riscontrano isole rialzate ricavate in base a criteri fortemente condizionati dalla ristrettezza delle aree disponibili. Si osservi poi che sono del tutto assenti sia le corsie di attesa per l'immissione che quelle

di decelerazione. Per quanto riguarda la segnaletica, infine, bisogna notare come, in tutti i nodi, si rilevano numerose lacune; in particolare, la presenza di un'insufficiente segnaletica orizzontale rende rischiosa la circolazione di quei veicoli che intendono effettuare le manovre di svolta a sinistra dalle strade principali verso le secondarie.

I PROFILI DELLE VELOCITÀ OTTENUTI DALL'INDAGINE SPERIMENTALE

La realizzazione dei profili cinematici è stata effettuata a partire dal rilievo delle velocità di transito dei veicoli in ingresso ed in uscita dalle rotatorie.

Al fine di caratterizzare compiutamente la variazione delle caratteristiche cinematiche dei veicoli in approccio alle rotatorie, sono state scelte delle sezioni di rilievo, in entrambi i sensi di marcia della circonvallazione, posizionate, a partire dal centro di ognuna delle cinque rotatorie analizzate, ad intervalli reciproci di 20 m fino ad una distanza progressiva di 100 m. Inoltre, si è voluto prendere in esame anche il contributo della corona giratoria alla riduzione della velocità; a tale scopo si sono scelte altre due sezioni di rilievo poste approssimativamente in corrispondenza del punto di mezzo della distanza compresa tra le due cuspidi appartenenti alle isole di separazione esterne delle corsie di ingresso/uscita di due rami affluenti consecutivi.

A titolo d'esempio, nella figura 2 sono rappresentate le sezioni di rilievo fissate per la rotatoria n°4 (Rilev. E. = posizione del rilevamento in entrata; Rilev. U. = posizione del rilevamento in uscita; Rilev. Interno = rilevamento interno nella corona giratoria).

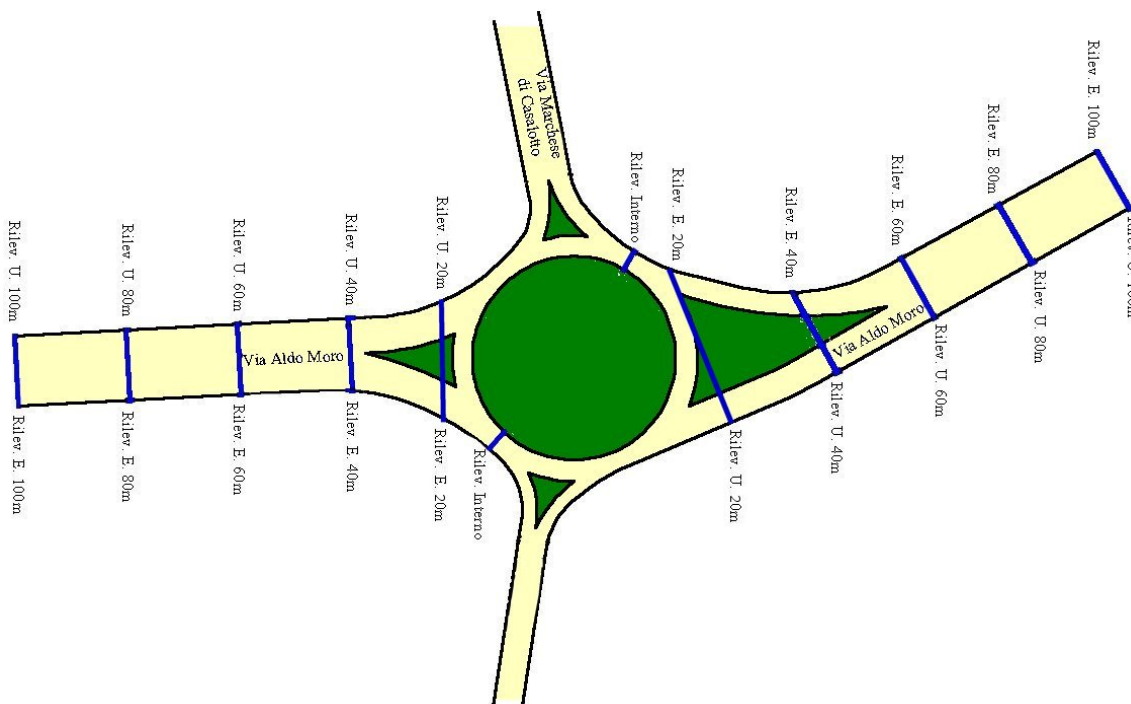


Figura 2. Sezioni prescelte per il rilievo delle velocità (Rotatoria 4)

Anche nel caso delle intersezioni a raso di tipo convenzionale sono state adottate modalità di rilevamento analoghe a quelle impiegate per le rotatorie: si sono scelte sezioni di rilievo, in entrambi i sensi di marcia della strada principale, posizionate, a partire dal centro dell'incrocio, ad intervalli consecutivi di 20 m, fino ad una distanza complessiva di 100 m; altre due sezioni sono state posizionate a partire dal centro dell'incrocio ed in direzione ortogonale ai due tratti di circonvallazione presenti in ambedue i sensi di percorrenza.

Per il rilievo delle velocità, è stato utilizzato l'AUTOVELOX 104/C2, realizzato dalla casa produttrice "Sodi Scientifica", basato sull'emissione e sulla ricezione di una coppia di raggi laser che attraversano perpendicolarmente la strada.

Al fine di valutare il reale effetto delle rotatorie come elementi di traffic calming, sono state selezionate tre fasce orarie, per le operazioni di rilevamento, rappresentative di tre ore "di morbida", ovvero periodi temporali in cui i condizionamenti per gli utenti sono dovuti prevalentemente alla geometria del percorso piuttosto che alle interazioni con gli altri veicoli. Gli intervalli orari prescelti sono stati pertanto i seguenti: 10.00-11.00, 15.00-16.00, 16.00-17.00; in tali fasce orarie si è riscontrato un flusso orario minimo di 80 veic/h ed uno massimo pari a 280 veic/h.

Per ognuna delle intersezioni oggetto di studio, sono state pertanto organizzate tre serie di 22 rilievi (11 sezioni per ogni senso di marcia). Ogni rilievo è stato eseguito per un intervallo temporale di 15 minuti, adottando il criterio, ormai consolidato, di considerare il "quarto d'ora" come periodo di tempo rappresentativo dell'ora di riferimento. Considerando il numero complessivo di intersezioni (pari a 8), il numero di sezioni per ogni nodo (uguale a 22) ed il numero di fasce orarie d'indagine (pari a 3), si sono resi indispensabili 528 intervalli di 15 minuti di rilievo, pari a 132 ore di acquisizione di dati tramite l'apparecchiatura Autovelox.

Avendo a disposizione una sola strumentazione per le operazioni di rilievo e potendo, pertanto, acquisire, durante un'ora, i dati relativi soltanto a quattro sezioni, si è reso necessario "diluire" l'intervallo temporale d'indagine nell'arco di quattro mesi (tra fine gennaio e fine maggio 2003), al fine di completare correttamente il database inerente ai valori di velocità relativi a tutte le sezioni prescelte.

Al termine delle operazioni di rilievo, gli scriventi hanno avuto a disposizione i valori delle velocità di 15222 veicoli (10878 relativi alle rotatorie prese in esame e 4344 riguardanti le tre intersezioni a raso).

La fase immediatamente successiva alla campagna di rilievo è consistita nello svolgimento delle seguenti valutazioni:

- calcolo della velocità media (V_m) su ognuna delle sezioni di rilievo;
- deduzione, per le stesse sezioni, della velocità dell'85° percentile (V_{85}), ovvero quel valore della velocità che non viene superato dall'85% degli utenti.

Nelle figure 3, 4, 5, e 6, sono rappresentati gli andamenti delle velocità (medie e dell'85° percentile) per una rotatoria (indicata con il numero 2) e per un'intersezione (identificata dalla lettera B) e con riferimento alle due principali direttrici di marcia. Si tratta ovviamente, di alcuni esempi estrapolati dalla vasta mole di risultati ottenuti che, per ovvi motivi, non possono essere integralmente riportati.

Tenendo conto, comunque, di tutti i dati acquisiti, è possibile svolgere le seguenti osservazioni:

- Nelle rotatorie, la differenza tra la velocità media in ingresso e quella in uscita è contenuta entro un range compreso tra i 5 e gli 8 km/h. La riduzione di velocità indotta dall'attraversamento della corona giratoria è, invece, maggiormente significativa in quanto compresa tra i 20 e i 30 km/h (così come si apprezza dall'analisi dei dati relativi al centro della rotatoria). Per le velocità dell'85° percentile si riscontra un andamento analogo a quello delle velocità medie; i valori di V_{85} sono però generalmente più grandi di quelli di V_m e le maggiori differenze si riscontrano in corrispondenza dei punti estremi nei quali tale variabilità si attesta tra i 5 e i 10 km/h.
- Nelle intersezioni a raso, la variazione della velocità media, in entrambi i sensi di marcia, non è così marcata come nel caso delle rotatorie. Infatti, tra i punti di rilevamento più lontani a quelli interni alle intersezioni si registra una variazione che rientra entro 10-20 km/h. Considerazioni del tutto simili si possono ripetere per ciò che concerne l'andamento della velocità dell'85° percentile, per la quale però, a differenza delle rotatorie, gli scostamenti rispetto alla velocità media sono alquanto ridotti (da un minimo di 1 km/h ad un massimo di 8 km/h).
- Dal confronto tra i valori delle velocità ottenuti in corrispondenza della zona centrale delle intersezioni, sia a raso che a circolazione rotatoria, emerge almeno un altro importante risultato: la velocità al centro della rotatoria è significativamente più bassa di quella riscontrabile nelle postazioni analoghe prescelte per le intersezioni "tradizionali". In particolare V_m varia tra 20 e 32 km/h per le rotatorie, e tra 38 e 44 km/h per le intersezioni a raso; mentre V_{85} è compresa tra 43 km/h e 49 km/h per i nodi a circolazione tradizionale e tra 24 km/h e 39 km/h per quelli a circolazione giratoria.

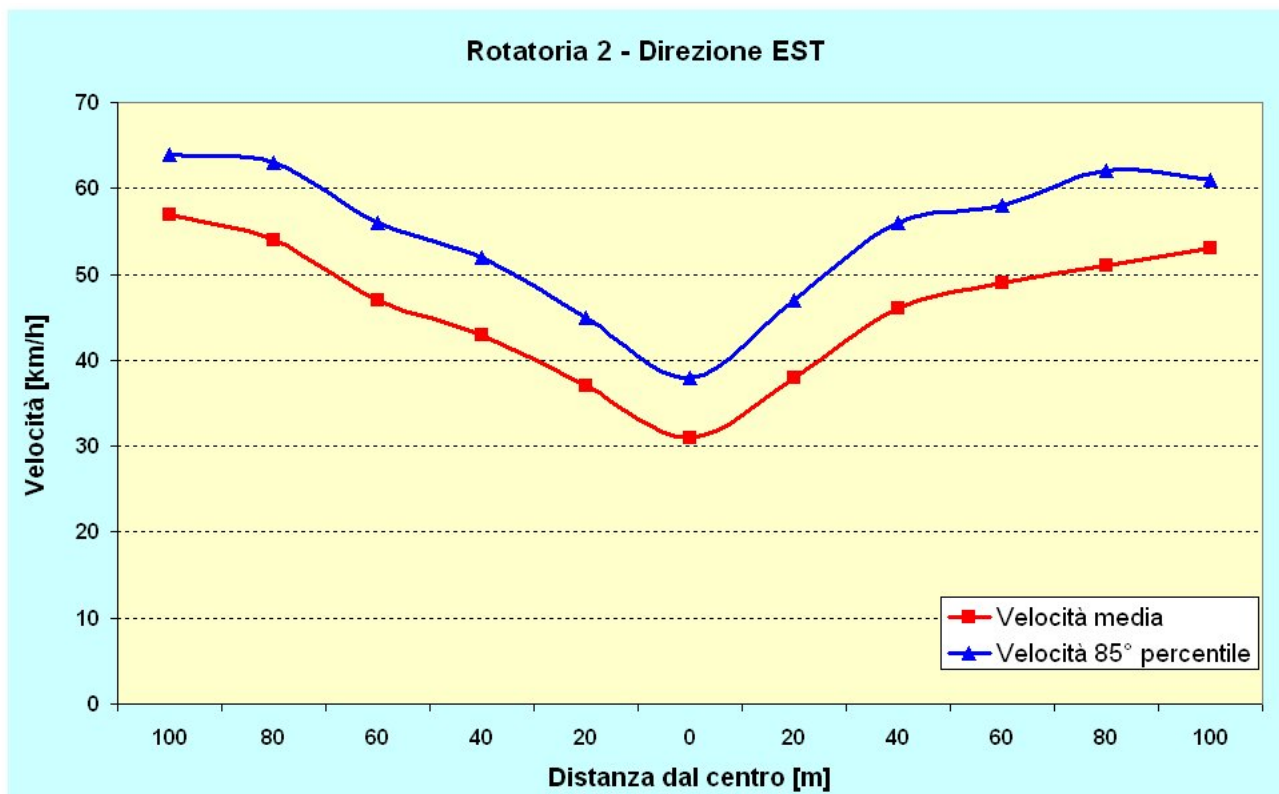


Figura 3. Andamento delle velocità di riferimento per la Rotatoria 2 (direzione Est)

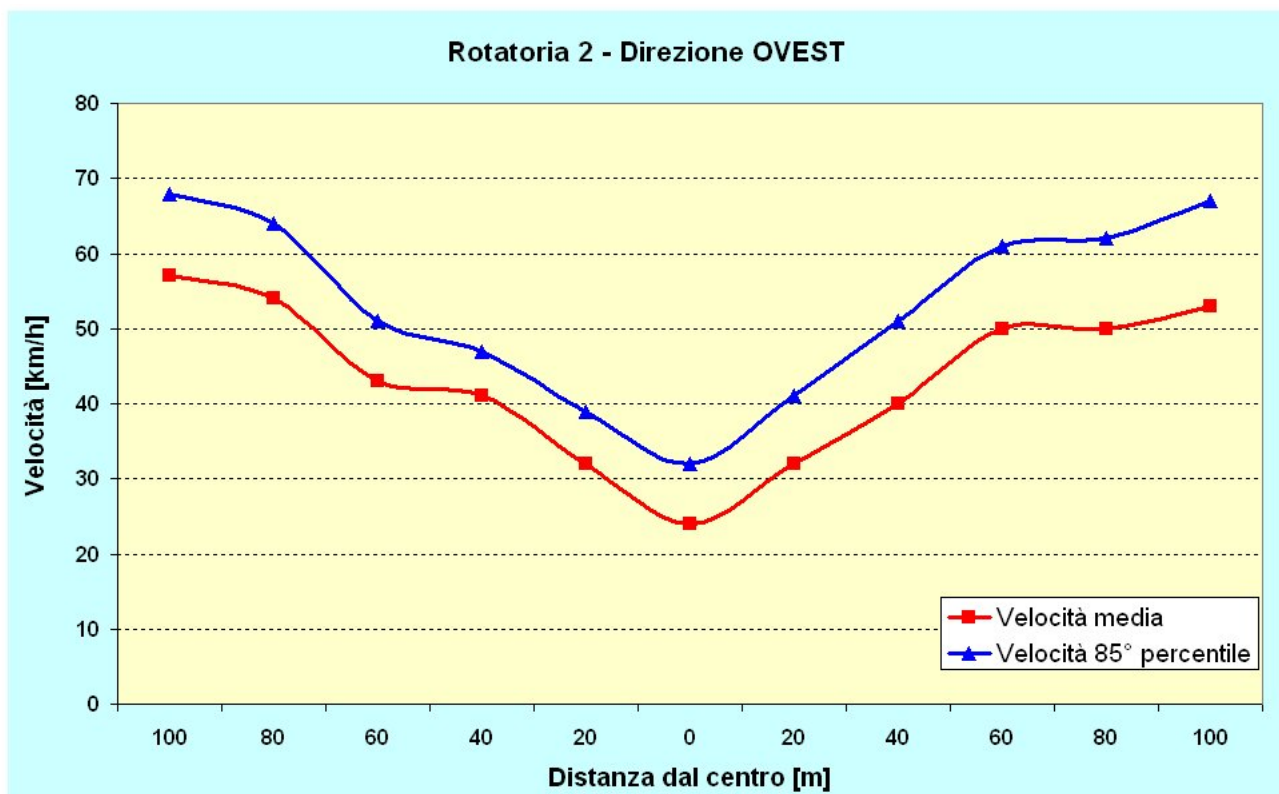


Figura 4. Andamento delle velocità di riferimento per la Rotatoria 2 (direzione Ovest)

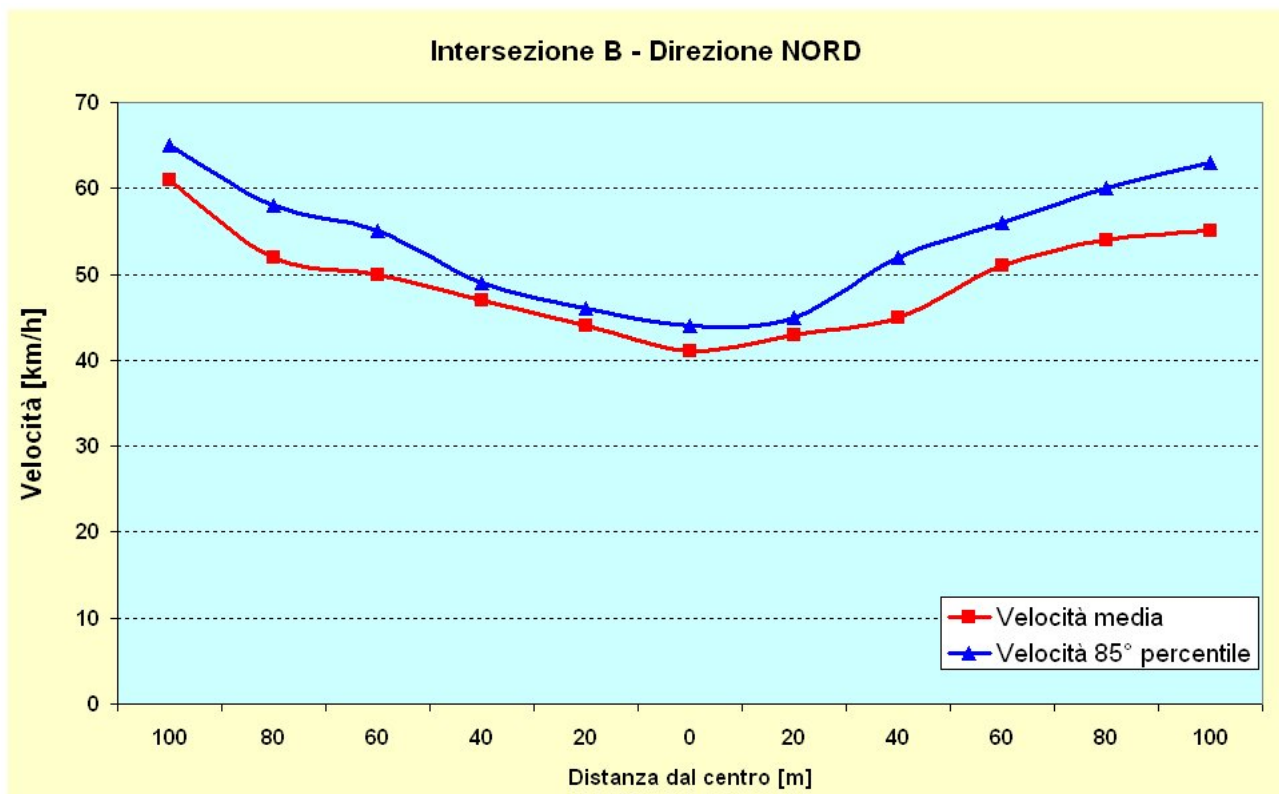


Figura 5. Andamento delle velocità di riferimento per l'Intersezione B (direzione Nord)

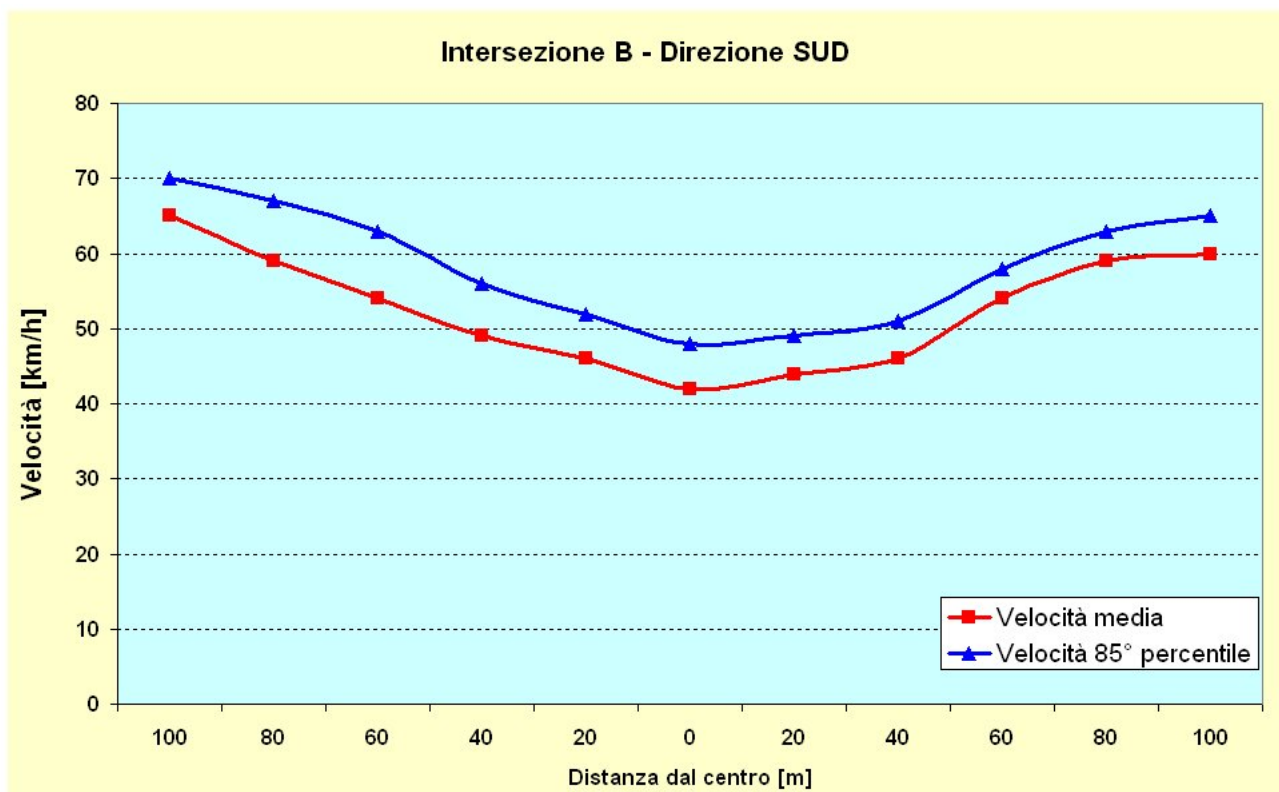


Figura 6. Andamento delle velocità di riferimento per l'Intersezione B (direzione Sud)

In sintesi, si può affermare che la variazione media della velocità tra le sezioni estreme dei rami d'ingresso e di uscita di una rotatoria - considerate convenzionalmente ad una distanza di 100 m dal centro dell'incrocio - è variabile mediamente tra il 2% e il 7%; analogamente, la percentuale media di variabilità delle velocità in immissione ed in uscita da un'intersezione a raso tradizionale si attesta tra il 3% ed il 9%.

Riguardo invece la riduzione di velocità che si manifesta al passaggio dall'ingresso delle rotatorie alla marcia sulla corona giratoria, si registrano percentuali medie comprese tra il 40% ed il 55%; nel caso delle intersezioni a raso, l'analogo confronto tra le velocità si traduce in una diminuzione media percentuale compresa tra il 30% ed il 35%.

Se consideriamo poi, l'incremento di velocità dovuto al passaggio dalla corona giratoria all'estremità del braccio di uscita (distante anch'essa 100 metri dal centro), si ha una variabilità mediamente compresa tra il 35% ed il 55%; nel caso delle intersezioni a raso a quattro bracci, la variazione di velocità tra la fase di attraversamento del centro e il raggiungimento della sezione del ramo di uscita posta a 100 metri dal centro del nodo, si esplica in un incremento percentuale compreso mediamente tra il 25% ed il 30%.

I dati dedotti dalla campagna d'indagine ed i commenti appena svolti forniscono un panorama già abbastanza chiaro sulla funzione della rotatoria come elemento di moderazione delle velocità; tuttavia, sempre nel contesto della medesima campagna di rilievo, si sono volute analizzare le variazioni di velocità indotte dal passaggio da un'intersezione all'altra.

In particolare, ci si è soffermati sull'andamento delle velocità relativo alla sequenza costituita dalla rotatoria 5, dall'intersezione C e dalla rotatoria 1. Si tratta, evidentemente, di un percorso eterogeneo dal punto di vista della tipologia dei nodi attraversati. In questo caso, alle sezioni di rilievo già viste, se ne sono aggiunte altre in corrispondenza dei punti di mezzo dei tronchi stradali congiungenti le due rotatorie con l'intersezione a raso posta in posizione intermedia rispetto alle rotatorie medesime. Per valutare poi le velocità in avvicinamento alle rotatorie 1 e 5, si sono disposte altre due sezioni di rilievo nei punti di mezzo dei rami congiungenti, rispettivamente, il centro della rotatoria 1 con il centro della rotatoria 2, ed il centro della rotatoria 5 con quello dell'intersezione B.

Le operazioni di rilevamento sulle nuove sezioni sono state svolte congiuntamente a quelle eseguite per la caratterizzazione delle velocità sulle singole intersezioni.

Nelle figure 7 ed 8 sono stati diagrammati gli andamenti delle velocità lungo i due itinerari prescelti.

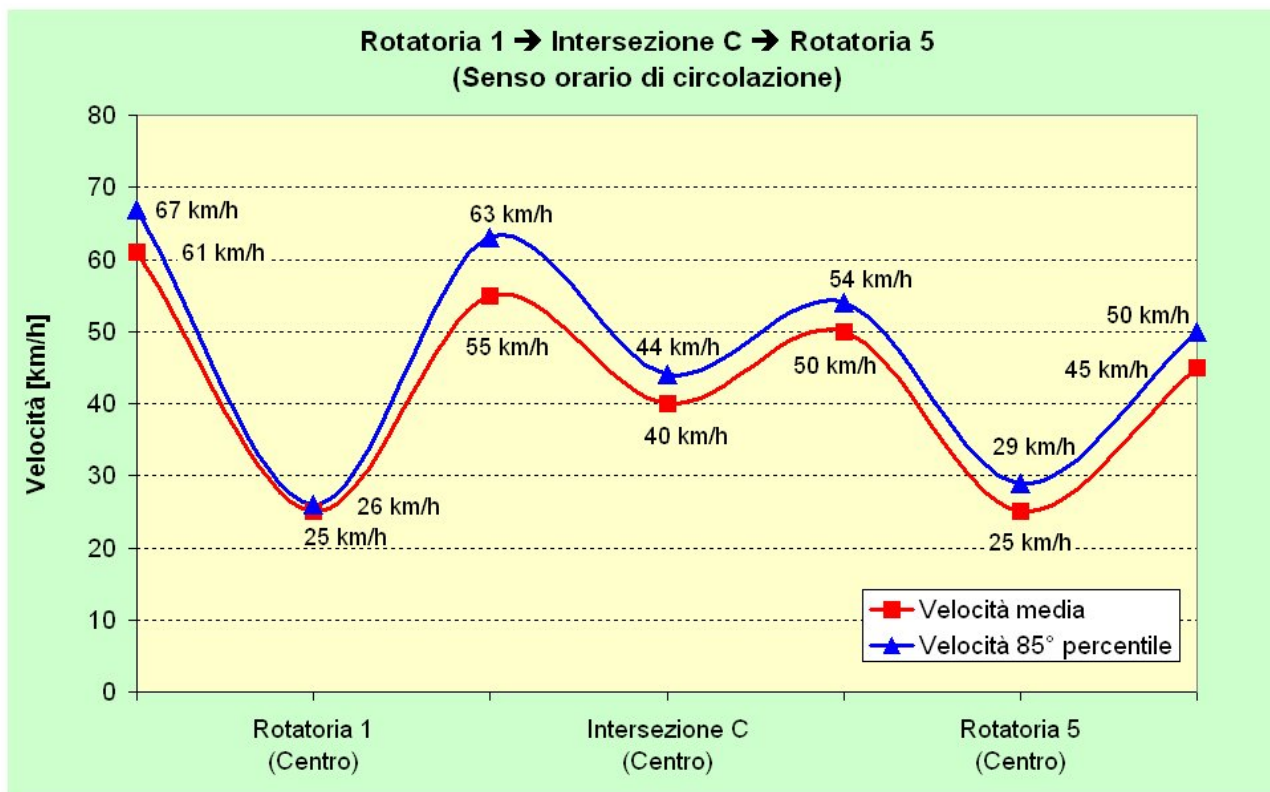


Figura 7. Andamento delle velocità di riferimento lungo l'itinerario prescelto (circolazione oraria)

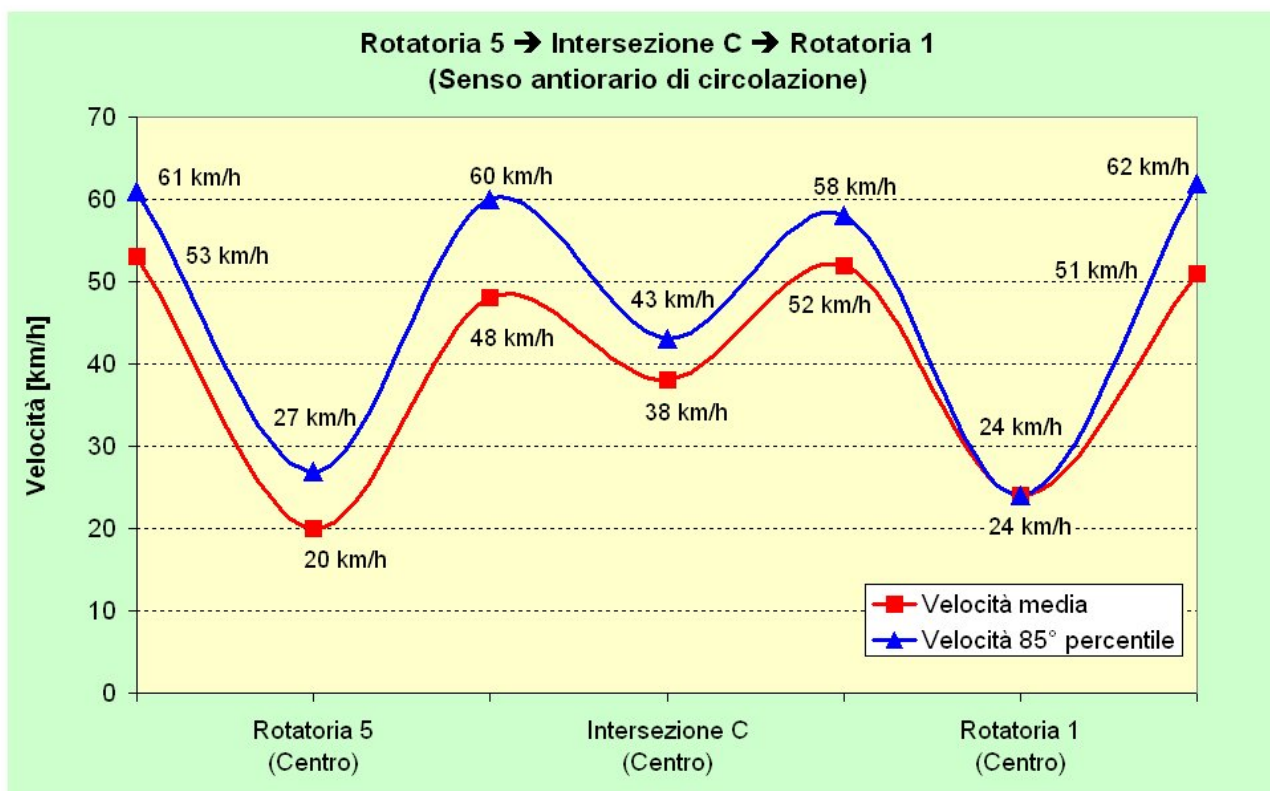


Figura 8. Andamento delle velocità di riferimento lungo l'itinerario prescelto (circolazione antioraria)

Dall'analisi dei due grafici precedenti si può osservare che:

- la riduzione di velocità nelle fasi di avvicinamento alle rotatorie risulta alquanto significativa: è compresa tra 33 km/h e 36 km/h con riferimento alla velocità media, ed è variabile tra 34 e 41 km/h se, invece, si considera la velocità dell'85° percentile;
- l'incremento di velocità man mano che ci si allontana da una rotatoria, valutato in corrispondenza delle sezioni estreme del rilievo, assume i seguenti valori: è interno all'intervallo avente per estremi 20 km/h e 27 km/h (con riferimento a V_m), varia tra 21 km/h e 38 km/h (nel caso di V_{85});
- la diminuzione di velocità indotta dalla presenza dell'intersezione a raso risulta meno significativa di quella che si manifesta per effetto della presenza delle rotatorie: con riferimento alla riduzione della velocità media a partire dal valore massimo assunto in corrispondenza delle sezioni intermedie comprese tra le rotatorie e le intersezioni a raso, si ha un range di variabilità compreso tra 10 km/h e 15 km/h; analogamente, per la velocità dell'85° percentile, si ha una riduzione compresa tra 17 km/h e 19 km/h;
- anche l'incremento di velocità nel passaggio dal centro dell'intersezione a raso al punto di mezzo della congiungente l'intersezione medesima con una delle due rotatorie, risulta alquanto contenuto: varia tra 10 km/h e 14 km/h nel caso della velocità media, è compreso tra 10 km/h e 15 km/h se ci si riferisce alla velocità dell'85° percentile.

Al fine di ribadire l'efficacia delle rotatorie come dispositivi di traffic calming, possiamo ulteriormente sintetizzare i risultati dedotti dall'indagine sperimentale; in particolare, si è riscontrata una riduzione media della velocità del 55-60% nelle fasi di avvicinamento alle rotatorie, ed una riduzione molto più contenuta, pari circa al 20-30%, nelle situazioni in cui gli utenti si approssimano al centro dell'intersezione a raso "tradizionale"; analogamente, gli incrementi di velocità che si manifestano mediamente nelle fasi di allontanamento delle rotatorie sono dell'ordine del 45-60%, a fronte di un incremento medio di velocità pari a circa il 20-25% nel passaggio dall'intersezione a raso ai tronchi adiacenti.

CONCLUSIONI

La moderazione della velocità (traffic calming) si attua attraverso una serie di interventi che possono essere classificati in:

- puntuali;
- lungo l'asse;
- coordinati.

L'intervento puntuale corrisponde ad un particolare trattamento della sede stradale, realizzato in un ambito ridotto, con la funzione principale di obbligare gli automobilisti ad

un corretto comportamento. Questo tipo di intervento deve essere adeguatamente segnalato, per poter essere percepito anticipatamente dall'automobilista come elemento anomalo della circolazione, consentendogli di adeguare la propria condotta di guida.

L'intervento lungo l'asse consta generalmente nella trasformazione di un tratto esteso della strada, attraverso la rottura della prospettiva lineare, ottenuta con l'inserimento di ostacoli alla visuale e l'inserimento di interventi puntuali.

Gli interventi coordinati rappresentano quegli interventi che si riferiscono a situazioni complesse e, attraverso l'applicazione degli interventi puntuali e/o lungo l'asse, realizzano veri e propri percorsi protetti.

Le rotatorie, inserite in un percorso urbano o periurbano, sono a pieno titolo interventi di traffic calming, puntuali o lungo l'asse in funzione delle modalità realizzative (rotatorie isolate o installate in sequenza come nel caso analizzato nel presente articolo).

Si ritiene che lo studio proposto abbia messo bene in evidenza il contributo delle intersezioni a circolazione rotatoria alla riduzione delle velocità. In particolare, il confronto con le prestazioni cinematiche offerte dalle intersezioni convenzionali ha ulteriormente confermato la vocazione delle rotatorie come dispositivi di moderazione del traffico.