

UNA INDAGINE DI INCIDENTALITÀ SU INCROCI A ROTATORIA IN AMBITO URBANO

prof. ing. Raffaele Mauro

D.I.M.S. Università degli Studi di Trento - raffaele.mauro@ing.unitn.it

ing. Michele Corradini

D.I.M.S. Università degli Studi di Trento - michele.corradini@ing.unitn.it

ABSTRACT

Da qualche tempo si registra sempre più frequentemente anche in ambito urbano la tendenza alla adozione di schemi circolari nella riqualificazione degli incroci a raso, liberi o semaforizzati.

Le indagini di sicurezza e le scelte progettuali per le reti stradali urbane non possono quindi prescindere dall'analisi e dalla valutazione del fenomeno di incidentalità in rotatoria.

Nel lavoro si riferisce su alcune elaborazioni statistico-descrittive di informazioni risultanti dall'esame di incidenti in rotatoria verificatisi in Trento negli anni 1997-2005.

Vengono dapprima presentati i dati disponibili per ciascun incidente considerato e sintetizzate le caratteristiche salienti, geometriche e di impianto, delle rotatorie considerate.

Si riferisce, poi, sul trattamento effettuato sui dati raccolti, che ha consentito di caratterizzare alcuni rilevanti aspetti connessi alla sinistrosità in rotatoria e di ottenere, altresì, elementi per eventuali ulteriori analisi - da condurre con strumenti di statistica inferenziale - per la ricerca di connessioni tra la geometria degli incroci, le condizioni operative degli stessi e la incidentalità attesa.

KEYWORDS

rotatorie - incidentalità - sicurezza

INTRODUZIONE

In questa nota si riferisce su alcune elaborazioni statistico-descrittive di informazioni risultanti dallo spoglio dei dati di incidentalità relativi a rotatorie in esercizio in Trento conservati presso il Corpo di Polizia Municipale della città.

Le analisi riguardano gli incidenti verificatisi nel periodo compreso tra l'1 gennaio 1997 ed il 30 giugno 2005.

Più nel dettaglio, vengono dapprima presentati i dati disponibili per ogni incidente (data, ora, rotatoria, presenza di feriti, veicoli coinvolti, tipo di incidente, ecc.) e gli schemi circolari esaminati (facilmente individuabili per il tramite di nomi di riferimento). In particolare, per quanto attiene alla suddivisione degli incidenti per tipo, è stata adottata una articolata classifica mutuata da una precedente ricerca francese [1].

Si presenta poi il trattamento effettuato sui dati raccolti che ha consentito di caratterizzare alcuni rilevanti aspetti della incidentalità sugli schemi circolari analizzati e di ottenere altresì informazioni per eventuali ulteriori analisi da condurre con strumenti della statistica inferenziale per la ricerca di connessioni tra la geometria degli incroci, le condizioni operative degli stessi e la incidentalità attesa.

1. CLASSIFICAZIONI ED ANALISI PRELIMINARI

Come anticipato nella introduzione, le analisi qui riportate sui fenomeni incidentali registrati in corrispondenza degli incroci a rotatoria in esercizio in Trento riguardano il periodo compreso tra l'1 gennaio 1997 ed il 30 giugno 2005 su 23 rotatorie denominate in base alla loro ubicazione come nell'elenco di Tabella 1, che contiene anche le principali caratteristiche geometriche ed il periodo di analisi per i medesimi schemi.

Nella Tabella 1 ANN è la larghezza dell'anello; R_i il raggio dell'isola centrale; D_{ext} il diametro esterno; gli schemi contrassegnati con ^(*) sono di forma ellissoidale e vengono dati i valori dei semiassi per R_i e D_{ext} .

Lo spoglio dei dati è stato effettuato presso il Corpo di Polizia Municipale di Trento. Nel periodo considerato (01/01/1997-30/06/2005) sono stati rilevati complessivamente 741 incidenti.

È stato quindi ottenuto un database che risulta costituito dai seguenti campi (cfr. lo stralcio di Tabella 2):

- n° protocollo: è il numero di protocollo degli incidenti rilevato dai verbali redatti dalle forze di polizia;
- rotatoria: indica il nome identificativo della rotatoria in corrispondenza della quale si è verificato l'incidente;
- data: è la data in cui si è verificato l'incidente;
- ora: indica l'ora in cui si è verificato l'incidente;
- tipo di incidente: individua il tipo di incidente secondo la classifica adottata;
- n° veicoli coinvolti: viene indicato il numero di veicoli coinvolti nell'incidente;
- tipo di veicoli coinvolti: vengono specificati i tipi dei mezzi coinvolti nell'incidente;
- feriti: viene indicata la presenza o meno di feriti a seguito dell'incidente;
- note: vengono riportate alcune altre informazioni, quali le caratteristiche del traffico

(distinte in traffico intenso, normale o scarso, così come valutato dalle forze dell'ordine nel momento in cui è stato rilevato il sinistro) e le caratteristiche del manto stradale (manto stradale asciutto, umido o bagnato).

Tabella 1 – Rotatorie considerate nelle analisi.
Caratteristiche geometriche e periodi di analisi

Rotatoria	n° bracci	ANN (m)	R _i (m)	D _{ext} (m)	Data iniziale periodo di analisi	Data finale periodo di analisi
AL DESERT	4	9,00	15,50	49,00	26/04/2003	30/06/2005
BERLINO	6	7,28	75,00	161,56	01/01/1997	30/06/2005
BREN CENTER (*)	5	8,50	31,87-14,85	80,75-46,70	22/09/1998	30/06/2005
COGNOLA	4	7,53	2,04	19,14	01/01/1997	30/06/2005
DEGASPERI	4	6,90	11,87	37,54	01/01/1999	30/06/2005
LARGO DONATORI DEL SANGUE (*)	4	9,00	12,98-5,05	43,96-28,10	01/01/1997	30/06/2005
LARGO MEDAGLIE D'ORO	4	9,98	10,21	40,38	01/01/1997	30/06/2005
LARGO MONTEGRAPPA	3	11,85	4,07	31,84	01/01/1997	30/06/2005
LARGO PRATI	5	8,86	8,97	35,66	01/01/1997	30/06/2005
LOCALITA' STELLA DI MAN (*)	4	7,27	17,85-16,05	50,24-46,64	01/01/1997	30/06/2005
MACCANI	5	5,24	51,75	113,98	01/01/1997	30/06/2005
MONTE BALDO	3	6,24	2,00	16,48	07/06/2001	30/06/2005
PIEDICASTELLO	4	6,06	19,74	51,60	01/01/1997	30/06/2005
PONTE RAVINA	4	6,55	12,49	38,08	01/01/1997	30/06/2005
PONTE SAN LORENZO	4	9,66	6,20	31,72	01/01/1997	30/06/2005
RONCAFORT (*)	5	11,07	7,41-4,87	36,96-31,88	17/05/2001	30/06/2005
SOPRASASSO	4	6,52	12,06	37,16	13/02/1998	30/06/2005
TRIDENTE	4	7,28	22,32	57,20	22/07/2001	30/06/2005
VIA ALLA CASCATA	4	5,47	10,02	30,98	01/03/2002	30/06/2005
VIA DALLAFIOR	4	5,89	10,01	31,80	06/12/1998	30/06/2005
VIA FERSINA	3	7,15	8,13	30,56	07/11/2001	30/06/2005
VIA GALASSA	3	7,00	12,10	38,20	01/01/1999	30/06/2005
VIA VITTORIO VENETO	4	7,19	4,07	22,52	06/09/2004	30/06/2005

Tabella 2 – Stralcio del database dei dati raccolti

n° prot.	Rotatoria	Data	Giorno	Ora	Tipo di incidente	n° veicoli coinvolti	Tipo di veicoli coinvolti	Presenza di feriti	Note
0015/97	LARGO PRATI	07/01/1997	martedì	18:15	L	2	1 velocipede 1 autovettura	SI	Traffico intenso. Fondo stradale umido.
0053/97	LARGO PRATI	18/01/1997	sabato	19:20	L	2	2 autovetture	NO	Traffico scarso. Fondo stradale asciutto.
0066/97	MACCANI	23/01/1997	giovedì	10:40	T	2	2 autovetture	NO	Fianco a fianco in rotatoria. Traffico normale. Fondo stradale umido.
0071/97	BERLINO	24/01/1997	venerdì	16:55	I	2	2 autovetture	NO	Traffico normale. Fondo stradale asciutto.
0085/97	PONTE SAN LORENZO	29/01/1997	mercoledì	18:35	E	2	2 autovetture	NO	Traffico intenso. Fondo stradale asciutto.

Per la definizione del tipo di incidente in rotatoria è stata presa come riferimento una classifica francese elaborata da Guichet [1] ed adottata anche in [2].

I possibili tipi di incidente in rotatoria ivi contemplati sono rappresentati nella Figura 1 di immediata comprensione.

Rispetto a tale classifica, quella adottata nelle analisi effettuate, presenta alcune modifiche: per comodità di catalogazione sono stati sostituiti i numeri con le lettere e sono state inseriti 3 nuovi tipi di incidente interessanti per la frequenza con cui avvengono (S: collisione tra veicoli affiancati in ingresso; T: affiancamento in uscita dalla rotatoria; U: affiancamento nell'anello della rotatoria).

In definitiva, sono state quindi prese in considerazione 19 diverse modalità di sinistro, rappresentate in Figura 2.

È stata considerata poi anche una classe (collisioni varie) cui sono stati assegnati tutti gli incidenti che non è stato possibile attribuire in maniera univoca ad una delle precedenti modalità.

Figura 1 – Tipi di incidenti in rotatoria secondo la classifica francese di Guichet [1]

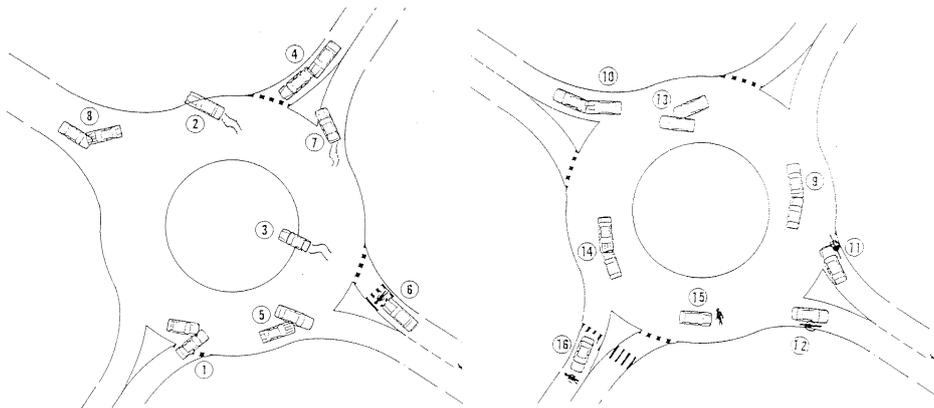
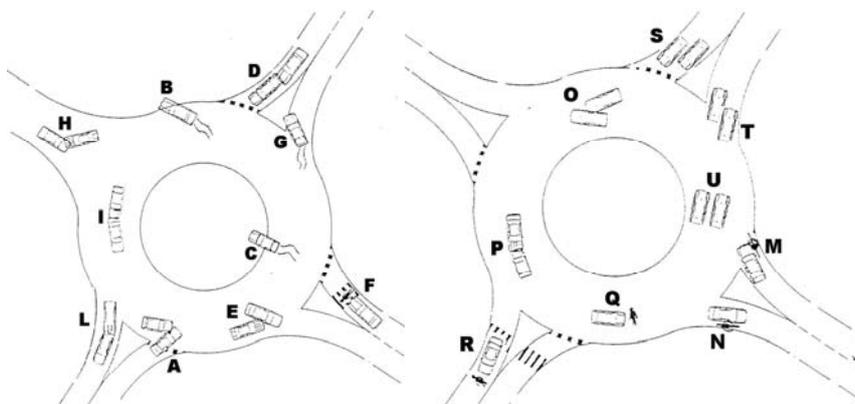


Figura 2 – Tipi di incidenti in rotatoria considerati nelle analisi



2. ANALISI DEI DATI DI INCIDENTALITÀ

Si descrivono di seguito le analisi effettuate sui dati raccolti ed i principali risultati ottenuti.

In Figura 3 sono riportati gli andamenti del numero (annuo) complessivo degli incidenti stradali verbalizzati nel Comune di Trento e del numero (annuo) di incidenti verificatisi in corrispondenza delle rotatorie nel periodo 1997-2004. Dal grafico si nota come, a fronte dell'andamento nel tempo del numero complessivo degli incidenti, quello relativo agli incidenti avvenuti in rotatoria si presenta, a partire dal 1998, come sostanzialmente contenuto entro una fascia limitata di valori.

Figura 3 – Numero di incidenti totale e numero di incidenti in rotatoria nel Comune di Trento nel periodo 1997-2004

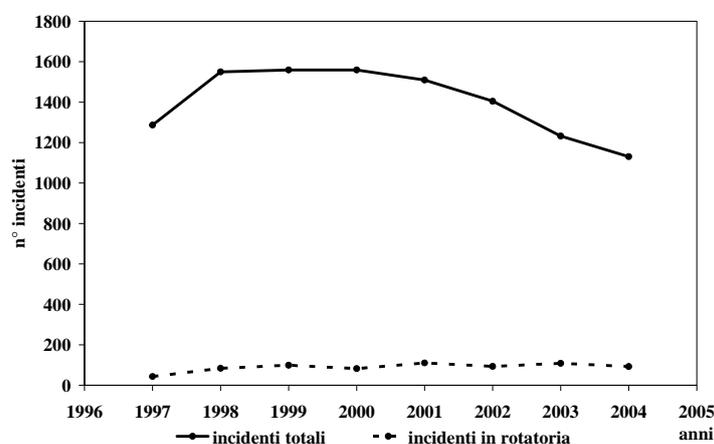


Figura 4 – Disaggregazione degli incidenti in rotatoria in incidenti con solo danni ed in incidenti anche con feriti (su scala annuale)

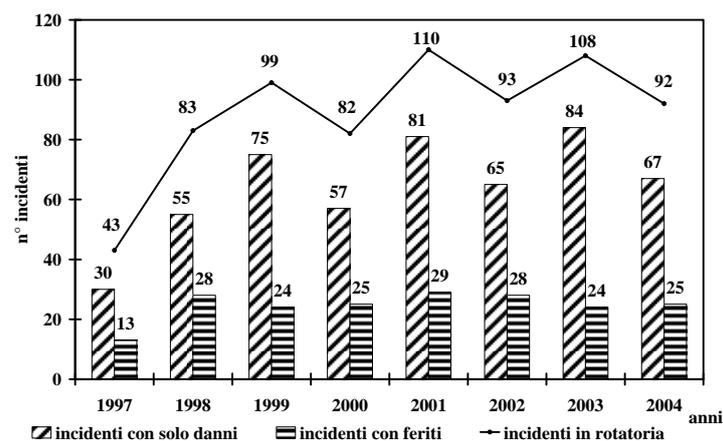
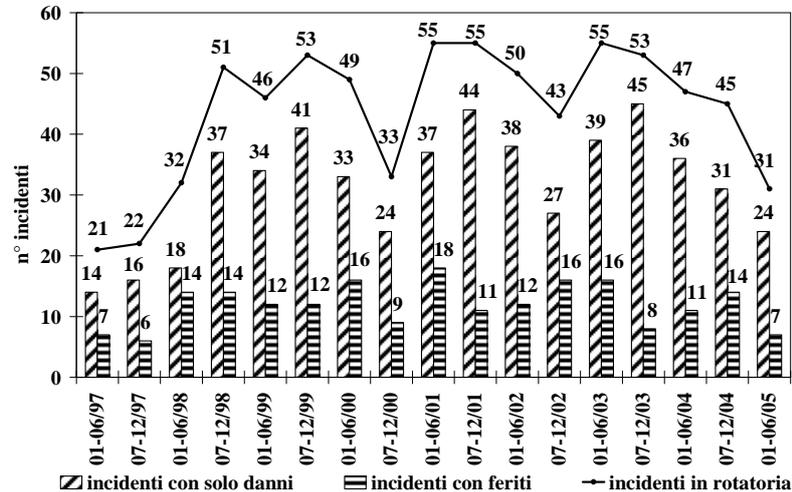


Figura 5 – Disaggregazione degli incidenti in rotatoria in incidenti con solo danni ed in incidenti anche con feriti (su scala semestrale)



In Figura 4 è riportata, a fronte del numero totale di incidenti registrati in rotatoria, la disaggregazione in incidenti con solo danni ai veicoli ed in incidenti anche con feriti.

La circostanza che il numero di incidenti con feriti sia oscillato poco nel periodo 1998-2004, dal momento che negli anni il numero di rotatorie in esercizio è aumentato e, quindi, sono aumentati anche i traffici che hanno interessato queste intersezioni, rende plausibile l'affermazione che il rischio globale associato alla circolazione su questi schemi non è aumentato, ma diminuito.

Più marcata, rispetto a quanto registrato per gli incidenti con feriti, appare invece la variazione nel tempo del numero di incidenti con solo danni.

Si può individuare comunque una certa periodicità ad anni alterni a partire dal 1998, in base alla quale negli anni 1998, 2000, 2002 e 2004 gli incidenti con soli danni risultano in media pari a 61,25, mentre negli anni 1999, 2001 e 2003 risultano in media 80,33. Una ipotesi con la quale dare conto di questo andamento ciclico, al progredire del numero di rotatorie in esercizio e dei traffici relativi, può essere individuata nell'alternarsi di periodi in cui si registra un calo di incidenti connesso ad una progressiva abitudine dell'utenza alla percorrenza delle rotatorie e di periodi in cui vi è una crescita del numero di incidenti connessa alla progressiva entrata in esercizio di nuovi schemi e, quindi, alla circolazione di traffici complessivi maggiori rispetto a quelli relativi ai periodi precedenti.

I dati su scala annuale sono stati poi disaggregati su scala semestrale (cfr. Figura 5). Per gli andamenti ivi consegnati degli incidenti con solo danni e degli incidenti con feriti valgono le stesse considerazioni appena sopra riportate per i dati aggregati su base annuale (cfr. Figura 4).

Per confrontare i dati di incidentalità relativi alle diverse rotatorie sono stati considerati gli incidenti/anno (TIA) e gli incidenti/anno/TGM (TIAT), dove, come al solito, con TGM si indica il traffico giornaliero medio relativo allo schema in studio.

Tabella 3 – TIA e TIAT

Rotatoria	Numero incidenti	Data iniziale periodo di analisi	Data finale periodo di analisi	Giorni	TIA [incidenti/anno]	TGM [veic/giorno]	TIAT [incidenti/anno/TGM]* 10000
AL DESERT	5	26/04/2003	30/06/2005	796	2,29	25106	0,91
BERLINO	110	01/01/1997	30/06/2005	3102	12,94	35000	3,70
BREN CENTER	252	22/09/1998	30/06/2005	2473	37,19	39000	9,54
COGNOLA	5	01/01/1997	30/06/2005	3102	0,59	12500	0,47
DEGASPERI	2	01/01/1999	30/06/2005	2372	0,31	17500	0,18
LARGO DONATORI DEL SANGUE	16	01/01/1997	30/06/2005	3102	1,88	12500	1,51
LARGO MEDAGLIE D'ORO	5	01/01/1997	30/06/2005	3102	0,59	12500	0,47
LARGO MONTEGRAPPA	4	01/01/1997	30/06/2005	3102	0,47	-	-
LARGO PRATI	31	01/01/1997	30/06/2005	3102	3,65	17500	2,08
LOCALITA' STELLA DI MAN	19	01/01/1997	30/06/2005	3102	2,24	20000	1,12
MACCANI	113	01/01/1997	30/06/2005	3102	13,30	35000	3,80
MONTE BALDO	12	07/06/2001	30/06/2005	1484	2,95	19580	1,51
PIEDICASTELLO	9	01/01/1997	30/06/2005	3102	1,06	22361	0,47
PONTE RAVINA	9	01/01/1997	30/06/2005	3102	1,06	17500	0,61
PONTE SAN LORENZO	53	01/01/1997	30/06/2005	3102	6,24	34539	1,81
RONCAFORT	2	17/05/2001	30/06/2005	1505	0,49	5000	0,97
SOPRASASSO	6	13/02/1998	30/06/2005	2694	0,81	12500	0,65
TRIDENTE	77	22/07/2001	30/06/2005	1439	19,53	37500	5,21
VIA ALLA CASCATA	1	01/03/2002	30/06/2005	1217	0,30	5000	0,60
VIA DALLAFIOR	2	06/12/1998	30/06/2005	2398	0,30	15583	0,20
VIA FERSINA	1	07/11/2001	30/06/2005	1331	0,27	5000	0,55
VIA GALASSA	4	01/01/1999	30/06/2005	2372	0,62	11000	0,56
VIA VITTORIO VENETO	3	06/09/2004	30/06/2005	297	3,69	12500	2,95

Tutti i valori di TGM, sia quelli derivati da dati di traffico misurati sia quelli stimati, vanno riguardati come valori medi da utilizzarsi per tutto il periodo di analisi.

La determinazione del TIA (numero di incidenti/anno) per le diverse rotatorie è stata effettuata dividendo il numero complessivo di incidenti registrato su ciascuno schema per il numero di giorni dell'intervallo temporale intercorrente tra la data iniziale (determinata come prima specificato) e la data finale del periodo di analisi (30/06/2005) ed esprimendo poi il risultato in equivalente annuo.

Il TIAT (numero di incidenti annuo in funzione del TGM) è stato calcolato dividendo il TIA per il TGM e moltiplicando poi il risultato per 10.000 per ottenere valori numerici più agevolmente interpretabili.

I valori dei parametri così calcolati sono riportati in Tabella 3 ed in Figura 6 (TIA) e Figura 7 (TIAT).

Il valore del TIAT non è stato valutato per la rotatoria LARGO MONTEGRAPPA, perché di fatto essa è da considerarsi, in termini di flussi di traffico, una rotatoria

“anomala” (in quanto utilizzata quasi esclusivamente per la effettuazione di manovre di inversione di marcia).

In definitiva, confrontando i dati di incidentalità sulle diverse rotonde in termini di TIA e TIAT, si può notare (cfr. Figura 6 e Figura 7), tra l'altro, che la maggiore incidentalità si registra sulle rotonde di più ampio ingombro planimetrico: BREN CENTER, di forma ellissoidale ($D_{ext} = 80,75-46,70$ m); BERLINO ($D_{ext} = 161,56$ m); MACCANI ($D_{ext} = 113,98$ m); TRIDENTE ($D_{ext} = 59,20$ m).

Figura 6 – Valori del TIA

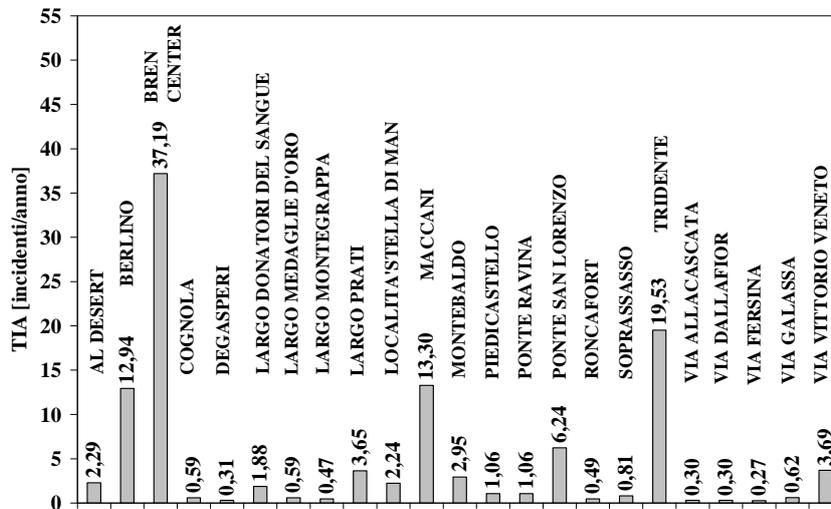


Figura 7 – Valori del TIAT

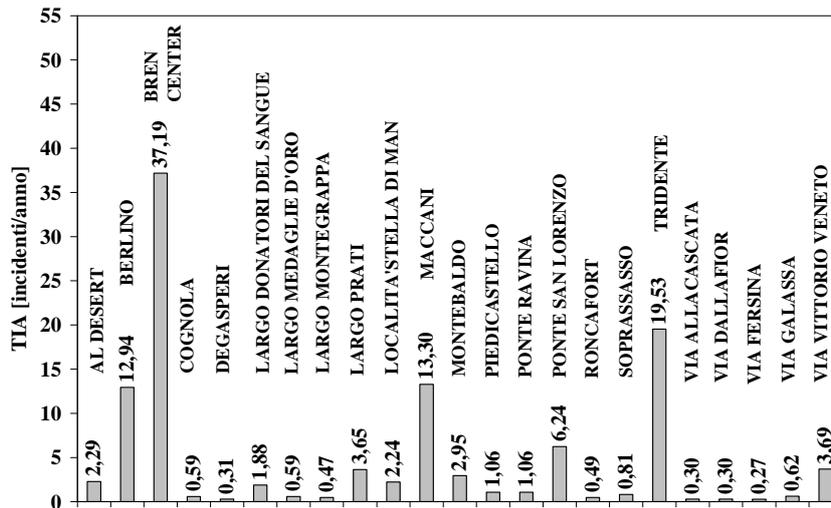
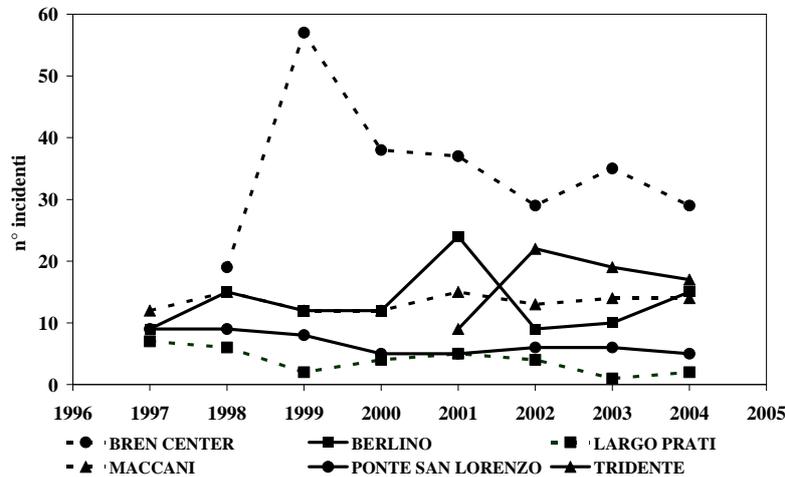


Figura 8 – Evoluzione temporale del TIAT



In Figura 8 è riportata l'evoluzione temporale del TIAT per le rotatorie che presentano valori più elevati di questo parametro.

Dal grafico si nota che, nel periodo considerato, la fascia di variazione del numero annuo di incidenti in funzione del TGM per le rotatorie BERLINO, LARGO PRATI, MACCANI, PONTE SAN LORENZO e TRIDENTE risulta piuttosto limitata; in altri termini, si può concludere che la variabilità della pericolosità connessa a ciascuno di questi schemi può ritenersi sostanzialmente contenuta nel tempo. Per la rotatoria BERLINO si è registrato un picco in corrispondenza del 2001, ma, con le informazioni disponibili, non è possibile indagare ulteriormente su questo fenomeno.

Per la rotatoria BREN CENTER si nota, invece, che, nonostante si sia registrata, a partire da valori piuttosto elevati dei primi anni dopo la sua entrata in esercizio, una progressiva diminuzione del TIAT, questo parametro si è attestato su valori sostanzialmente più stabili nel tempo, ma su un livello costantemente più elevato di quello relativo alle altre rotatorie esaminate, a testimonianza di una maggiore pericolosità intrinseca dello schema.

Nel seguito si riportano i risultati di ulteriori analisi effettuate sui dati raccolti per evidenziare altri aspetti connessi ai fenomeni incidentali registrati, quali i tipi di incidente, i giorni della settimana e le fasce orarie in cui si sono registrati i sinistri, i tipi di veicoli coinvolti, le caratteristiche del traffico e del fondo stradale.

In Figura 9 ed in Figura 10 sono riportati rispettivamente il numero di incidenti in funzione del giorno della settimana e quello in funzione della fascia oraria all'interno della giornata.

Come risulta chiaramente dalla Figura 9 non si evidenziano netti picchi di incidenti concentrati in un particolare giorno della settimana.

Il giorno caratterizzato dalla maggiore incidentalità risulta il martedì, seguito dal venerdì, mentre i valori di incidentalità minori si registrano il lunedì e, in misura ancor più marcata, il sabato e, soprattutto, la domenica. Come prevedibile, quindi, la distribuzione degli incidenti durante la settimana risulta strettamente connessa ai volumi

di traffico circolanti, che si riducono sensibilmente nel fine settimana e parzialmente il lunedì per la chiusura di molte attività commerciali.

In Figura 10 è riportato il numero di incidenti in funzione delle ore del giorno; si può notare quanto segue:

- il numero di incidenti cresce nettamente a partire dalle 8.00 del mattino per calare solo dopo le 13.00;
- nella fascia oraria a cavallo delle 13.00 si registra una sensibile riduzione del numero di incidenti;
- a partire dalle 14.00 il numero di incidenti cresce nuovamente sino a valori simili a quelli registrati nel corso della mattinata e presenta un picco nella fascia compresa tra le 17.00 e le 19.00.

Figura 9 – Numero di incidenti in funzione del giorno della settimana

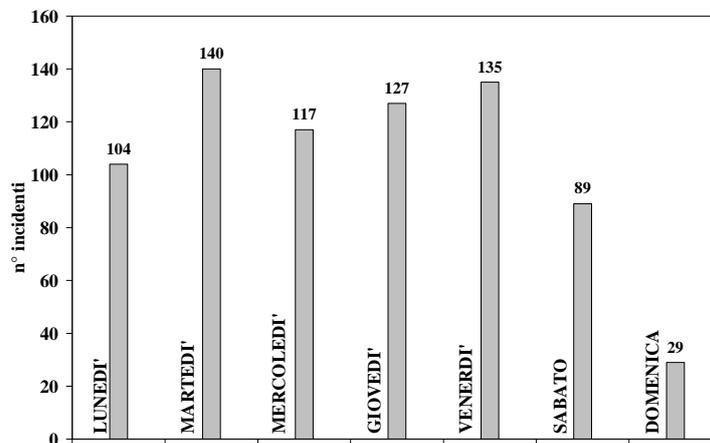
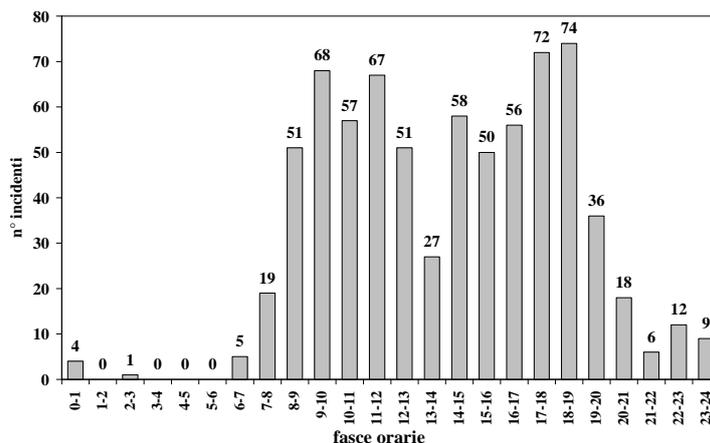


Figura 10 – Numero di incidenti in funzione della fascia oraria



La distribuzione del numero di incidenti lungo l'arco della giornata risulta strettamente connessa allo svolgimento delle attività lavorative e, quindi, ai volumi di traffico sensibilmente maggiori che si registrano in città intorno alle 8.00 ed alle 19.00 (fenomeno della punta mattutina e serale).

In Tabella 4 sono indicati il valore assoluto ed il valore percentuale del numero di incidenti suddivisi in funzione dei diversi tipi secondo la classifica della Figura 2.

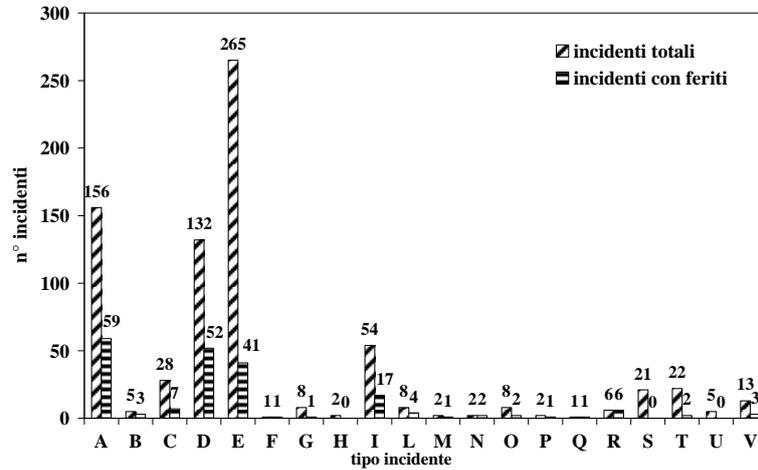
Più in dettaglio, in Figura 11 sono rappresentati, per ciascun tipo, i valori assoluti del numero di incidenti, unitamente al numero di incidenti che hanno comportato la presenza di feriti.

Dalla Tabella 4 e dalla Figura 11 si nota chiaramente come i tipi di incidenti più frequenti verificatisi sulle rotonde considerate nelle presenti analisi siano, in ordine decrescente di frequenza, le collisioni all'uscita per taglio di traiettoria (tipo E), la mancata precedenza in ingresso (tipo A) ed i tamponamenti in ingresso (tipo D), nonché, anche se con frequenza decisamente minore, i tamponamenti sull'anello (tipo D); tutti gli altri tipi di incidente risultano essersi verificati con frequenze decisamente inferiori alle precedenti: tra di essi quelli con percentuali di accadimento leggermente superiori agli altri risultano essere le collisioni tra veicoli affiancati in ingresso ed in uscita (tipi S e T) e la perdita di controllo in ingresso (tipo C).

A fini comparativi, in Tabella 5 sono riportati, per ogni tipo di incidente, accanto alle percentuali determinate per Trento nel corso delle indagini effettuate, quelle relative ad indagini effettuate in Francia, Australia e Regno Unito su schemi circolari situati in ambito urbano e sub-urbano: da essa può evincersi la sostanziale disomogeneità dei dati in confronto, ad indicazione di come, tra l'altro, sul fenomeno di incidentalità abbiano influenza determinante numerosi fattori, quali, ad esempio, le attitudini comportamentali dell'utenza, la geometria degli schemi, le condizioni di impianto, ecc.

Tabella 4 – Valore assoluto e percentuale del numero di incidenti in base al tipo

Tipo	N° incidenti	Percentuale
A	156	21,0%
B	5	0,7%
C	28	3,8%
D	132	17,7%
E	265	35,7%
F	1	0,1%
G	8	1,1%
H	2	0,3%
I	54	7,3%
L	8	1,1%
M	2	0,3%
N	2	0,3%
O	8	1,1%
P	2	0,3%
Q	1	0,1%
R	6	0,8%
S	21	2,8%
T	22	3,0%
U	5	0,7%
V	13	1,8%
Totale	741	100,0%

Figura 11 - Numero di incidenti totale e di incidenti con feriti in base al tipo

Tabella 5 – Tipi di incidente in rotonda (secondo la classifica di Guichet – cfr. Figura 1) e percentuali di accadimento

Tipi di incidente (secondo la classifica di Guichet)	Francia [2]	Australia [2]	Regno Unito [2]	Trento
1) Rifiuto della concessione della precedenza da parte dei veicoli in ingresso (urto tra veicoli in entrata e veicoli in circolo)	36,6 %	51,0 %	71,1 %	21,0 %
2) Fuoriuscita del veicolo isolato	16,3 %	10,4 %	8,2 %	0,7 %
3) Perdita di controllo in entrata del veicolo isolato	11,4 %	5,2 %	-	3,8 %
4) Tamponamento in entrata	7,4 %	16,9 %	7,0 %	17,7 %
5) Collisione tra veicolo circolante e veicolo in uscita	5,9 %	6,5 %	-	35,7 %
6) Collisione con il pedone in attraversamento in ingresso	5,9 %	-	3,5 %	0,1 %
7) Perdita di controllo in uscita da parte del veicolo isolato	2,5 %	2,6 %	-	1,1 %
8) Collisione tra veicolo in uscita e veicolo in ingresso	2,5 %	-	-	0,3 %
9) Tamponamento nella corona giratoria	0,5 %	1,2 %	-	7,3 %
10) Tamponamento in uscita	1,0 %	0,2 %	-	1,1 %
11) Collisione tra veicolo e ciclista (in entrata)	1,0 %	-	-	0,3 %
12) Collisione tra veicolo e ciclista (in uscita)	1,0 %	-	-	0,3 %
13) Collisione durante la manovra di scambio nella corona giratoria	2,5 %	2,0 %	-	1,1 %
14) Errata direzione sulla corona giratoria	1,0 %	-	-	0,3 %
15) Collisione con pedone nella corona giratoria	3,5 %	-	-	0,1 %
16) Urto con pedone in attraversamento sul tratto in uscita	1,0 %	-	-	0,8 %
Altri tipi di collisione	-	4,0 %	10,2 %	8,3 %

In Figura 12 è rappresentata l'evoluzione temporale del numero annuo di incidenti per i tipi più frequenti. Si può notare che gli andamenti delle spezzate relative a tutti i tipi, eccetto E ed I, presentano oscillazioni intorno ad un valor medio, a testimonianza di una sostanziale uniformità del verificarsi, nel tempo, di ciascun tipo di incidente.

Per quanto riguarda la spezzata relativa al tipo E (collisioni all'uscita per taglio di traiettoria) si evidenzia un andamento difforme da quelli appena richiamati, con un marcato trend crescente dal 1997 al 2003, seguito da un brusco calo nel 2004; i dati relativi al primo semestre del 2005 (15 incidenti) proiettati sull'intero anno conducono a valori confrontabili con quelli dell'anno precedente, a testimonianza della ridotta frequenza del verificarsi di questo tipo di incidente rispetto all'anno 2003. Questo tipo di incidente è tipico soprattutto delle rotonde a due corsie all'anello o con anello ad unica corsia di larghezza tale da consentire l'affiancamento di due veicoli. Tale andamento può spiegarsi con una progressiva abitudine da parte dell'utenza alla circolazione in rotonde con una tale configurazione geometrica della corona giratoria.

Per quanto attiene, infine, al tipo I, la sua variazione nel tempo può essere riguardata come composta da due andamenti, uno sostanzialmente stazionario dal 1997 al 2000, l'altro linearmente crescente dal 2000 al 2004. E' da notare comunque che la oscillazione del numero di incidenti relativi a questo tipo è comunque compresa, in tutto il dominio temporale di definizione tra un minimo di 4 (in corrispondenza dell'anno 2000) ed un massimo di 10 (in corrispondenza dell'anno 2004).

Figura 12 - Evoluzione temporale del numero annuo di incidenti per i tipi più frequenti

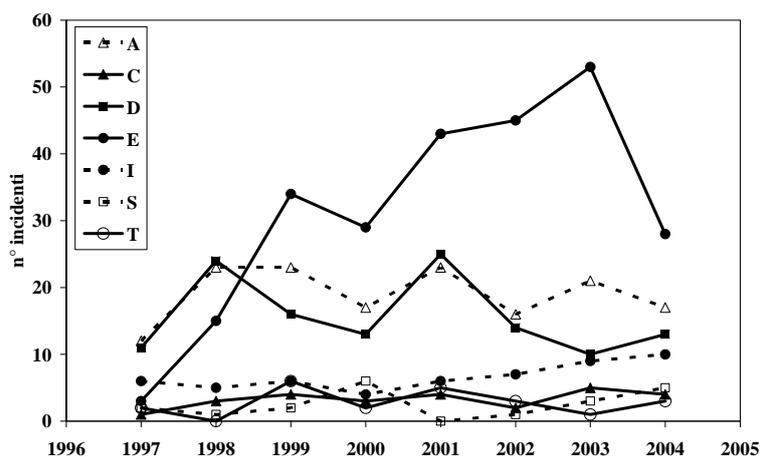


Tabella 6 - Classifica dei veicoli coinvolti negli incidenti

a	autovettura
b	autocarro
c	ciclomotore
d	autoveicolo a trasporto specifico (autoambulanza, gru, trattore ...)
e	autoarticolato
f	velocipede
g	corriera / autobus
h	camper
i	pedone
l	motocicletta

In Tabella 6 è riportata la classifica dei veicoli coinvolti negli incidenti adottata nelle analisi per una più agevole rappresentazione grafica.

In Figura 13 ed in Figura 14 è rappresentato il numero di incidenti (registrati per tutte le rotonde nel periodo 1 gennaio 1997 – 30 giugno 2005) suddiviso in base ai tipi di veicoli coinvolti (ad es. la notazione “ac” va letta come incidente tra 1 autovettura ed 1 ciclomotore, quella “aaa” come incidente interessante 3 autovetture, e così di seguito). La Figura 13 è relativa alle combinazioni di veicoli che con maggiore frequenza sono risultate coinvolte negli incidenti registrati. La Figura 14 è relativa agli incidenti che hanno visto coinvolte le altre combinazioni di veicoli (indicate con “varie” in Figura 13).

Figura 13 - Numero di incidenti in funzione del tipo dei veicoli coinvolti

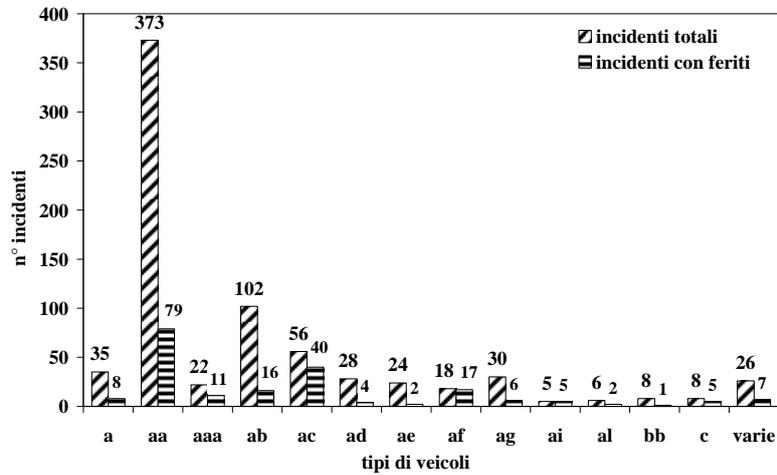
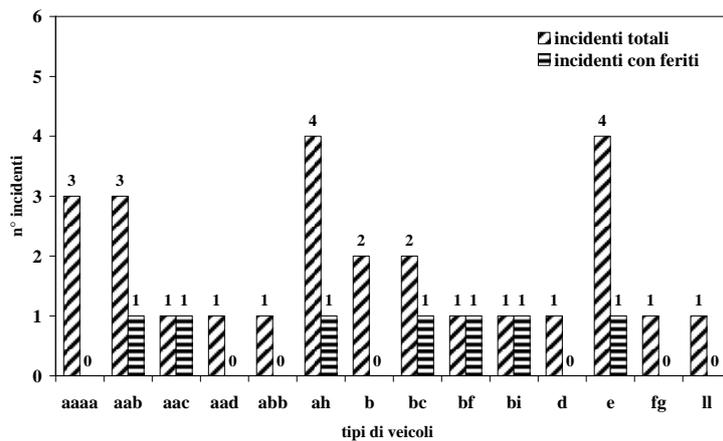


Figura 14 - Numero di incidenti in funzione del tipo dei veicoli coinvolti relativo alle combinazioni indicate come “varie” in Figura 13



Dalla Figura 13 si nota la netta prevalenza degli incidenti tra due autovetture (373 su 741, pari al 50,3% del totale). Nel 13,8% dei casi si sono verificati incidenti tra un autocarro ed una autovettura (102 incidenti). Gli incidenti tra tipi di veicoli diversi dai precedenti si sono verificati in percentuali assai più limitate: tra essi sono risultati prevalenti gli incidenti tra una autovettura ed un ciclomotore (7,6%) e quelli in cui è stata coinvolta una sola autovettura (4,7%).

In Figura 15 è riportata la suddivisione del numero di incidenti verificatisi nelle rotonde considerate in relazione alle condizioni di traffico presenti al momento del sinistro, come rilevate dalle forze dell'ordine (intenso, normale, scarso): si nota che la maggior parte degli incidenti è avvenuta con traffico definito "normale".

Figura 15 – Numero di incidenti in funzione delle condizioni di traffico

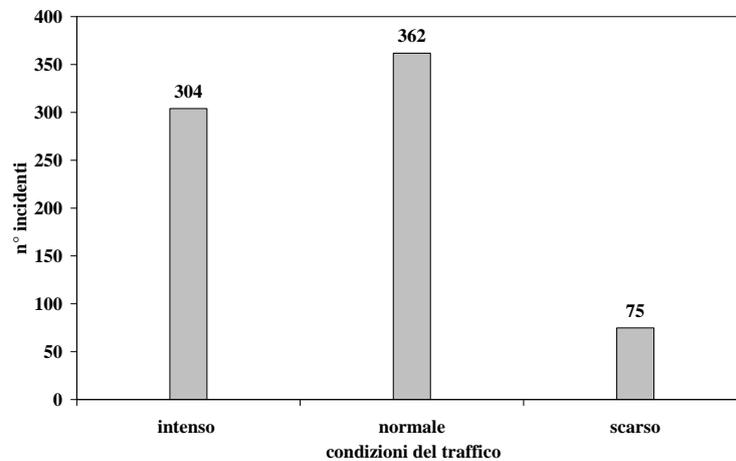


Figura 16 – Numero di incidenti in funzione delle caratteristiche del fondo stradale

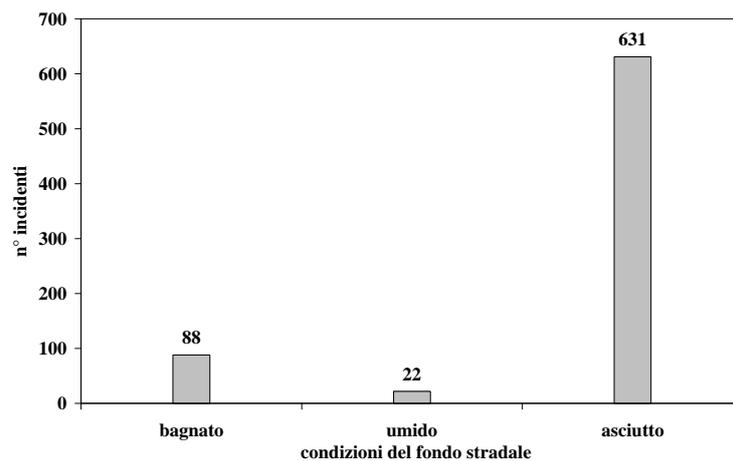
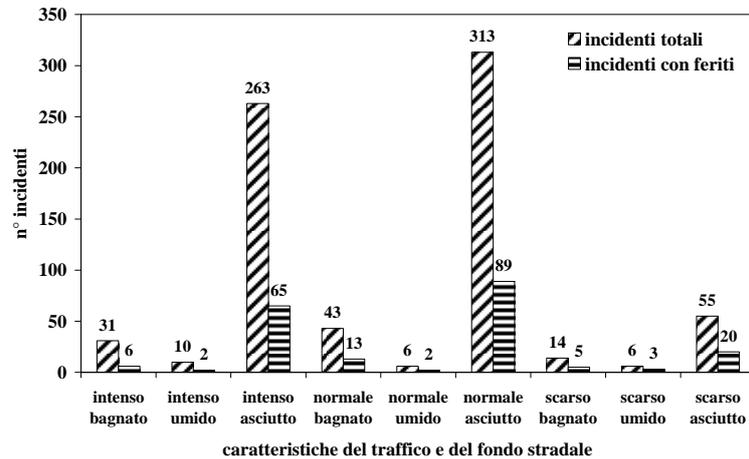


Figura 17 - Numero di incidenti (totali e con feriti) in funzione delle caratteristiche del traffico e del fondo stradale



In Figura 16 è riportata la suddivisione del numero di incidenti in relazione alle condizioni del fondo stradale al momento del sinistro, così come rilevate dalle forze dell'ordine (bagnato, umido, asciutto): si nota che maggior numero di incidenti in rotatoria è avvenuto con fondo stradale definito "asciutto".

In Figura 17 viene riportato il numero di incidenti in funzione sia delle caratteristiche del fondo stradale sia del traffico: si nota che il maggior numero di incidenti è avvenuto in condizioni di traffico normale e con fondo stradale asciutto.

Va precisato tuttavia che per conferire significato al confronto tra le numerosità di sinistri verificatisi in diverse condizioni di traffico e di fondo stradale è necessario evidentemente connetterle al numero di ore (ad es. su base annuale) in cui tali condizioni si sono verificate: ad es. il numero (annuo) di incidenti su fondo stradale bagnato deve essere connesso al numero (annuo) di ore caratterizzate da tali condizioni. Analoghe considerazioni valgono per il numero di incidenti avvenuto in presenza di determinate condizioni di traffico.

Solo con questi criteri è possibile ottenere informazioni circa i maggiori o minori tassi di incidentalità connessi a determinate condizioni di fondo stradale e di traffico, ma tutte queste informazioni non sono risultate disponibili agli autori di questo lavoro.

CONCLUSIONI

Nella presente nota si sono sintetizzati i principali risultati ottenuti da elaborazioni di tipo statistico-descrittivo effettuate su dati di incidentalità, relativi al periodo compreso tra l'01.01.1997 ed il 30.06.2005, in corrispondenza di 23 rotatorie nel Comune di Trento.

Il trattamento effettuato sui dati raccolti ha consentito di caratterizzare alcuni rilevanti aspetti connessi alla sinistrosità in rotatoria con riferimento a vari fattori, quali i volumi di traffico interessanti le intersezioni, i tipi di incidente, i giorni della settimana e le fasce orarie all'interno della giornata, i tipi di veicoli coinvolti, le caratteristiche del traffico e del fondo stradale.

Ciascun trattamento effettuato sui dati raccolti descritti al punto precedente è stato ivi puntualmente commentato. Dai predetti commenti si traggono facilmente le relative conclusioni.

In particolare, dal confronto con i risultati di analoghe indagini condotte in altri Paesi (Francia, Australia e Regno Unito) su schemi circolari situati in un ambito territoriale simile o assimilabile (urbano e sub-urbano), è emersa la sostanziale disomogeneità delle frequenze di accadimento dei diversi tipi di incidente, ad indicazione di come, tra l'altro, sul fenomeno di incidentalità abbiano influenza determinante numerosi fattori, quali, ad esempio, le attitudini comportamentali dell'utenza, la geometria degli schemi, le condizioni di impianto, ecc.

Le analisi condotte hanno consentito, comunque, una prima caratterizzazione del fenomeno della incidentalità in rotatoria nel contesto urbano della città di Trento e costituiscono il prerequisito essenziale per eventuali ulteriori analisi - da condurre con strumenti di statistica inferenziale - per la ricerca di connessioni tra la geometria degli incroci, le condizioni operative degli stessi e la incidentalità attesa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Guichet B. (1993), Typologie des accidents dans les giratoires urbains, Séminaire "Giratoires 92", pp. 145-151, SETRA - CETUR, Bagneux (F)
- [2] U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration (2000), Roundabouts: an informational guide, Report n°FHWA-RD-00-067, Washington D.C. (U.S.)