

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI *FEDERICO II***



**DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI SISTEMI  
IDRAULICI, DI TRASPORTO E TERRITORIALI**

**XXII CICLO**

**TESI DI DOTTORATO**

**Analisi sperimentale del comportamento del guidatore nel passaggio  
da ambiente stradale extraurbano ad urbano e valutazione degli  
interventi di moderazione delle velocità operative**

Coordinatore Scientifico

Prof. Ing. Bruno Montella

Coordinatore di Indirizzo

Prof. Ing. Renato Lamberti

Tutor

Dott. Ing. Gianluca Dell'Acqua

Dottoranda

Ing. Antonella Lista

*A Chicco, naturalmente.*

*"Tutti sanno che una cosa è impossibile da realizzare,  
finché arriva uno sprovveduto che non lo sa e la inventa."*

*Albert Einstein.*

## INDICE

PREMESSA

OBIETTIVI

<b>1</b>	<b>COMPORTEMENTO DEL GUIDATORE.....</b>	<b>5</b>
1.1	IL COMPITO DI GUIDA.....	5
1.2	IL SISTEMA “UTENTE – VEICOLO - AMBIENTE STRADALE” .....	10
1.3	IL COMPORTEMENTO DEL GUIDATORE NEL PASSAGGIO DA AMBIENTE STRADALE EXTRAURBANO AD URBANO .....	14
1.4	LA ZONA DI TRANSIZIONE DA AMBITO EXTRAURBANO AD URBANO .....	16
<b>2</b>	<b>INTERVENTI DI MODERAZIONE DELLE VELOCITÀ.....</b>	<b>17</b>
2.1	CENNI NORMATIVI NAZIONALI.....	18
2.1.1	<i>Norme CNR.....</i>	<i>18</i>
2.1.2	<i>Linee Guida per la Redazione dei Piani della Sicurezza Stradale Urbana</i> <i>19</i>	
2.1.3	<i>Il Nuovo Codice della Strada.....</i>	<i>24</i>
2.2	CENNI NORMATIVI INTERNAZIONALI .....	26
2.2.1	<i>Normativa danese .....</i>	<i>27</i>
2.2.2	<i>Normativa svizzera .....</i>	<i>30</i>
2.2.3	<i>Normativa irlandese .....</i>	<i>33</i>
2.3	EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI MODERAZIONE DELLE VELOCITÀ.....	47
2.3.1	<i>Irlanda .....</i>	<i>47</i>
2.3.2	<i>Regno Unito.....</i>	<i>61</i>
<b>3</b>	<b>ANALISI DELL’INCIDENTALITÀ.....</b>	<b>64</b>
3.1	INTRODUZIONE .....	64
3.2	METODOLOGIA DELL’INDAGINE .....	66
3.3	LE STRADE OGGETTO DI ANALISI .....	71
3.3.1	<i>Andamento dell’incidentalità in Italia periodo 2000-04.....</i>	<i>71</i>
3.3.2	<i>Incidentalità nei tratti urbani delle strade provinciali e statali in Italia</i> <i>111</i>	
3.4	ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI.....	128
<b>4</b>	<b>CAMPO SPERIMENTALE .....</b>	<b>130</b>

4.1	SITI DI STUDIO .....	130
4.2	ANALISI DELLE MISURE DI VELOCITÀ .....	132
4.2.1	<i>Sito n°1</i> .....	133
4.2.2	<i>Sito n°2</i> .....	142
4.2.3	<i>Sito n°3</i> .....	146
4.2.4	<i>Sito n°4</i> .....	150
4.2.5	<i>Sito n°5</i> .....	154
<b>5</b>	<b>SITI DI INTERVENTO .....</b>	<b>158</b>
5.1	SITO A.....	159
5.1.1	<i>Descrizione dell'intervento</i> .....	160
5.1.2	<i>I rilievi sperimentali</i> .....	163
5.1.3	<i>Analisi delle misure di velocità</i> .....	164
5.2	SITO B .....	168
5.2.1	<i>Implementazione del sito e degli scenari progettuali</i> .....	169
5.2.2	<i>Descrizione degli interventi</i> .....	170
5.2.3	<i>Sperimentazione</i> .....	174
5.2.4	<i>Analisi delle misure di velocità</i> .....	175
<b>6</b>	<b>VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI TRAFFIC CALMING .....</b>	<b>180</b>
6.1	TEST DI STUDENT .....	181
6.1.1	<i>Applicazione del Test di Student</i> .....	184
6.2	TEST DI FISHER.....	188
6.2.1	<i>Applicazione del Test di Fisher</i> .....	189
6.3	TEST DI KOLMOGOROV-SMIRNOV .....	191
6.3.1	<i>Applicazione del Test di Kolmogorov-Smirnov</i> .....	193
6.4	ANALISI DEI RISULTATI.....	198
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>199</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>202</b>

## **PREMESSA**

Il sistema di trasporto stradale è composto dall'ambiente, dall'utente e dal veicolo. In questo sistema il guidatore è continuamente sollecitato dall'ambiente a prendere decisioni e porre in essere azioni che rappresentano la sua specifica attività. Una qualsiasi interferenza in questa interazione può essere causa di incidenti. Il comportamento di guida, argomento assai complesso da studiare, semplicisticamente può essere definito come una forma di adattamento locale alle condizioni ambientali. Oggetto del presente lavoro è la valutazione del comportamento del guidatore in un ambiente particolare: i tronchi stradali di attraversamento. Molti centri abitati italiani, infatti, si sviluppano lungo strade extraurbane percorse da utenti psicologicamente atteggiati in maniera contrastante con il contesto in cui si trovano a operare. Di qui la necessità di studiare tali comportamenti al fine di evidenziare ai conducenti il passaggio dagli ambiti puramente extraurbani a quelli urbani e sottolineare l'obbligo di una modifica dello stesso.

Gli strumenti utilizzati per lo studio del comportamento del conducente sono l'analisi dell'incidentalità e il rilievo delle velocità attuate.

I protocolli d'analisi sperimentale implementati sono tesi ad appurare come talune misure di traffic calming, quali le porte d'accesso inserite come graduale transizione tra l'area extraurbana e il tessuto urbano, operino sulla percezione e comprensione dell'ambiente stradale, sia evocando un più elevato senso di stress psico – fisico, sia rimarcando l'accesso ad un'area in cui coesistono plurime e non omogenee forme d'uso della strada stradale, ed in cui non può essere trascurata la presenza di utenti latori di attese ed esigenze che palesano la necessità di un ambiente stradale pensato per l'uomo e non più in ragione di una presunta egemonia dell'autovettura.

## **OBIETTIVI**

Premessa e spunto della ricerca sono la coscienza e la constatazione che il fenomeno dell' incidentalità stradale è una piaga i cui nocivi esiti hanno un non trascurabile effetto sul tessuto economico e sociale di ogni Paese. Eppure tale fenomeno, nonostante l' enorme sperpero di vite umane e risorse di cui è causa, è ancora troppo spesso trascurato. Non è errato sostenere che sono quantomeno carenti le misure tese a promuovere ed a far osservare una condotta guida più cauta e consapevole. L' assenza di una politica severa e scrupolosa, tesa a contenere la portata di tale dramma, è come notano alcuni, l' esito di un errore culturale che induce a reputare l' incidente un evento casuale; la stessa asettica parola “incidente” evoca un senso di “imprevedibilità ed inevitabilità”.

In tale ambito il lavoro di ricerca svolto si pone, proponendo ed operando uno studio puntuale, teso ad elaborare ed a valutare l' efficacia di misure volte a modificare il comportamento del conducente al fine di contenere il fenomeno dell' incidentalità stradale, esaminando un segmento della rete viaria nazionale tanto peculiare quanto cruciale, ovvero i tratti delle arterie stradali che attraversano nuclei urbani.

I tratti interni delle strade extraurbane sono una particolare categoria di strade urbane che presenta specifici fattori di rischio e che non sono stati sinora oggetto di specifici studi. Queste strade sono caratterizzate da forti disomogeneità nei riguardi del tipo di movimento servito, dell' entità dello spostamento e delle componenti di traffico. Si verificano difatti interferenze tra: movimenti di penetrazione ed accesso (propri delle reti locali e secondarie) e movimenti di transito e distribuzione (propri delle reti primarie e principali), tra movimenti di breve e lunga percorrenza e tra veicoli pesanti ed utenze deboli. Nei tratti extraurbani i guidatori mantengono elevate velocità operative e spesso non modificano, o modificano solo in piccola misura, la condotta di guida passando all' ambito urbano. Spesso il passaggio dalla viabilità extraurbana a quella urbana è individuato unicamente dal segnale relativo al limite di velocità e tale condizione è del tutto insufficiente per indurre comportamenti di guida appropriati.

# 1 Comportamento del guidatore

## 1.1 Il compito di guida

La guida di un veicolo è un'attività molto complessa in cui l'uomo è l'elemento centrale, inteso come un insieme di sensi, di abitudini, di caratteristiche connesse all'età, di percezioni e di conoscenze.

Il guidatore interagisce con il veicolo usando sia comandi primari per la guida (volante, cambio, pedali) sia comandi secondari per accendere luci, inserire indicatori di direzione, accendere la radio, ecc. Durante la sua attività acquisisce sia informazioni relative allo stato del veicolo, attraverso il controllo della strumentazione interna, sia informazioni che provengono dall'ambiente esterno. Il guidatore e la sua macchina, quindi, possono essere considerati come un sistema dinamico immerso, a sua volta, in un ambiente dinamico che cambia in relazione alle condizioni al contorno (traffico, meteo, condizioni di illuminamento, ecc.).



Figura 1 Il contesto automobilistico

Fonte: Atti del Convegno Nazionale sulla Sicurezza stradale – *Psicologia del Conducente ed incidentalità sulla strada: Analisi dei fattori di rischio*

In letteratura è possibile reperire numerosi modelli per la descrizione del compito di guida, di seguito sono riportati sinteticamente i tratti salienti del metodo proposto da Michon nel 1985.

Tale modello è detto di controllo gerarchico e descrive la guida di un veicolo come un'attività in cui si presentano al guidatore compiti con livelli di complessità differenti e che coinvolgono abilità e conoscenze diverse tra loro.



Figura 2 Comportamento di guida descritto sulla base del modello di controllo gerarchico proposto da Michon

Fonte: Atti del Convegno Nazionale sulla Sicurezza stradale – Psicologia del Conducente ed incidentalità sulla strada: Analisi dei fattori di rischio

In generale la mente umana opera con due diverse modalità: quella consapevole e quella automatica. Nel livello consapevole si esercitano scelte e analisi critiche, ovvero connotate da un'analisi puntuale del risultato delle azioni e da un costante adattamento a contesti predefiniti. Il comportamento automatico, d'altra parte, permette di svolgere operazioni in modo molto rapido lasciando la mente libera di svolgere altre attività.

In generale la guida consta di entrambe queste modalità di comportamento. Queste, ancora si articolano in tre distinti livelli:

1. comportamento basato su *abilità (skill-based)*

Le azioni *skill-based* si riferiscono a compiti svolti in modo automatico poiché sono il frutto di pattern pre-acquisiti di comportamento. Durante la guida questo comportamento si attua con un tempo di latenza molto basso del tipo “azione – reazione”: al semaforo rosso, si preme il pedale del freno.

2. comportamento basato su *regole (rule-based)*

Si tratta di azioni basate sul seguire una regola derivata o da una precedente esperienza o da una istruzione specifica. I processi *rule-based* entrano in azione quando fallisce il comportamento *skill-based* e la persona ha bisogno di fare riferimento ad un set di istruzioni esplicite o regole che ha a disposizione. Il guidatore esamina ed interpreta la corrente situazione e sceglie la regola che meglio risolve il problema.

### 3. comportamento basato *su conoscenze (knowledge-based)*

Si tratta di azioni basate sui processi di ragionamento, inferenza, giudizio e valutazione. Se il processo *rule-based* non risolve il problema si deve fare riferimento al sistema *knowledge-based* (in generale si tende a preferire le soluzioni *rule-based* poiché richiedono minor sforzo cognitivo). Ciò avviene quando si affrontano situazioni nuove o poco conosciute o quando le regole di cui si dispone non sono sufficienti

Passando dal comportamento *skill-based* al comportamento *knowledge-based* si passa da un impegno principalmente fisico–motorio ad un impegno che coinvolge sempre più le capacità mentali superiori.

Nel contesto automobilistico si è potuta notare una vera e propria evoluzione che segue questo trend: le vetture richiedono un impegno fisico–motorio sempre minore (es. sono stati sviluppati sedili più comodi, comandi più agevoli da azionare come il servosterzo), ma l’impegno mentale coinvolto sembra essere sempre più ampio.

Alla luce di quanto affermato risulta chiaro che il *carico di lavoro mentale* a cui viene sottoposto il guidatore è influenzato da una molteplicità di fattori estremamente diversificati e mutevoli nel tempo. Del carico di lavoro o *cognitive workload* sono state date una grande varietà di definizioni, ciononostante non esiste ancora un accordo univoco. In generale, si può affermare che è l'espressione dello sforzo mentale richiesto da un compito ad un individuo per raggiungere un livello di performance accettabile. Nel caso di un guidatore, il “livello di performance accettabile” è quello di “controllare in modo sicuro ed efficace il veicolo all'interno di un ambiente circostante mutevole”. Il compito di guida quindi, non è solamente influenzato dalle capacità del singolo ma anche dalle molteplici stimolazioni esterne. Le risorse mentali coinvolte, così come quelle fisiche, sono limitate ed è per questo

che diventa fondamentale studiare come vengono impiegate e come è possibile selezionarne il loro utilizzo sviluppando interfacce uomo – veicolo - ambiente adeguate.

Schematicamente è possibile dividere il carico mentale coinvolto nel compito di guida in: primario e secondario.

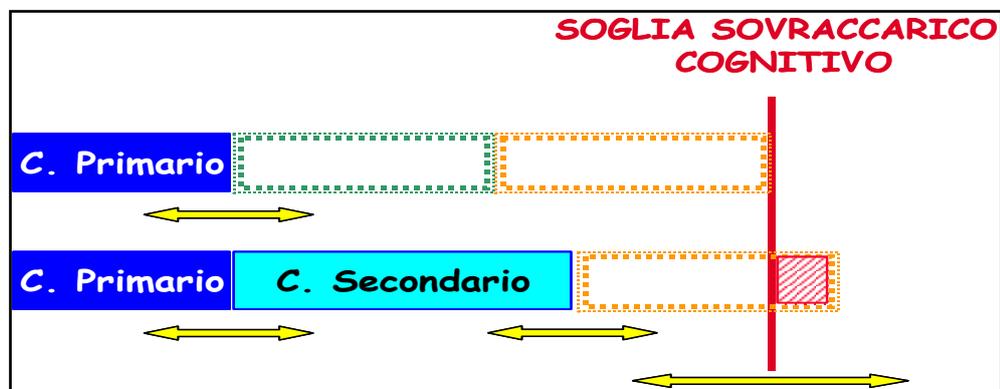


Figura 3 Carico mentale nel contesto di guida (fonte: Atti del Convegno Nazionale sulla Sicurezza stradale)

Il compito primario di guida implica un certo impegno che può variare a seconda delle condizioni al contorno ( traffico, illuminamento, ecc.); il secondario è quello relativo alle azioni non attinenti alla conduzione del veicolo (pianificazione del viaggio, eventuali manovre di emergenza, utilizzo di dispositivi di bordo, interazione con i passeggeri). Poiché le risorse mentali disponibili sono limitate, oltre un certo valore di detti carichi si raggiunge la soglia di sovraccarico cognitivo. La soglia di sovraccarico cognitivo è il limite oltre il quale l'utente non è più in grado di svolgere le attività che stava facendo in modo adeguato per mancanza di risorse mentali disponibili. Tale valore critico varia in relazione alle caratteristiche del guidatore e al suo stato psico-emotivo.

Per comprendere meglio i concetti espressi si riporta l'esempio del carico cognitivo di un guidatore in un contesto stradale "tranquillo", in cui il carico indotto dal primario è molto lontano dalla soglia di sovraccarico ma può sopraggiungere un altro rischio: il raggiungimento soglia di underload cognitivo.



#### Carico cognitivo durante la guida

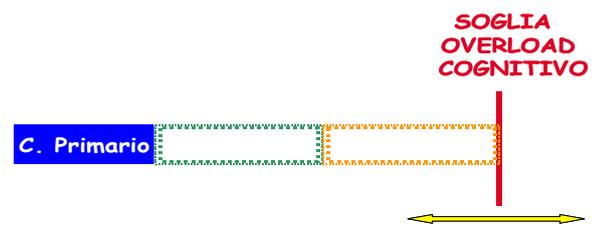


Figura 4 Carico cognitivo durante la guida (fonte: Atti del Convegno Nazionale sulla Sicurezza stradale)

Stimoli monotoni costanti (es. guidare per molte ore su un'autostrada dritta) possono causare un calo drastico della concentrazione del guidatore, quest'ultimo, ad esempio, infatti, non essendo sottoposto a stimoli minimi necessari per mantenere attiva la soglia di vigilanza può essere soggetto al classico "colpo di sonno". Quando il guidatore si trova a viaggiare in condizioni critiche, per esempio con alta densità di traffico o nella nebbia, il carico mentale richiesto dal compito primario inevitabilmente aumenta. Se la guida è accompagnata allo svolgimento di compiti secondari (ad esempio guida durante una telefonata) al carico cognitivo indotto dall'attività primaria, si aggiunge un ulteriore carico prodotto dall'azione secondaria. Se però le operazioni in cui viene coinvolto il guidatore, lo portano ad avvicinarsi in modo critico alla soglia di sovraccarico, potrebbero non esserci più risorse disponibili per operare in modo adeguato in una situazione inaspettata, di emergenza.

Riuscire a stimare il carico mentale diventa, quindi, importante per:

- definire i compiti e le funzioni che devono essere fornite di volta in volta all'utente in base al carico di lavoro stimato in quella particolare circostanza;
- comparare strumentazioni analoghe dal punto di vista del carico di lavoro che impongono al guidatore e selezionare in seguito l'apparato più adeguato;

contribuire alla creazione di un modello guidatore che sia in grado di simulare, in modo attendibile, diverse situazioni di guida.

## 1.2 Il sistema “utente – veicolo - ambiente stradale”

Il rapporto tra uomo ed ambiente, durante l'attività di guida dei veicoli, consiste sostanzialmente di due fasi: la prima riguarda il trasferimento delle informazioni dall'ambiente all'uomo, la seconda lo svolgimento dell'attività psicomotoria dell'individuo. Il processo che, partendo dall'acquisizione delle informazioni, giunge all'attività motoria è costituito, a sua volta, da una molteplicità di sottoprocessi, che interessano diverse attività funzionali umane.

In relazione alla guida dei veicoli, è proprio la prima fase, cioè la percezione delle informazioni provenienti dall'esterno, che condiziona in gran parte la diversità dei comportamenti di guida, sperimentabili nell'utenza stradale.

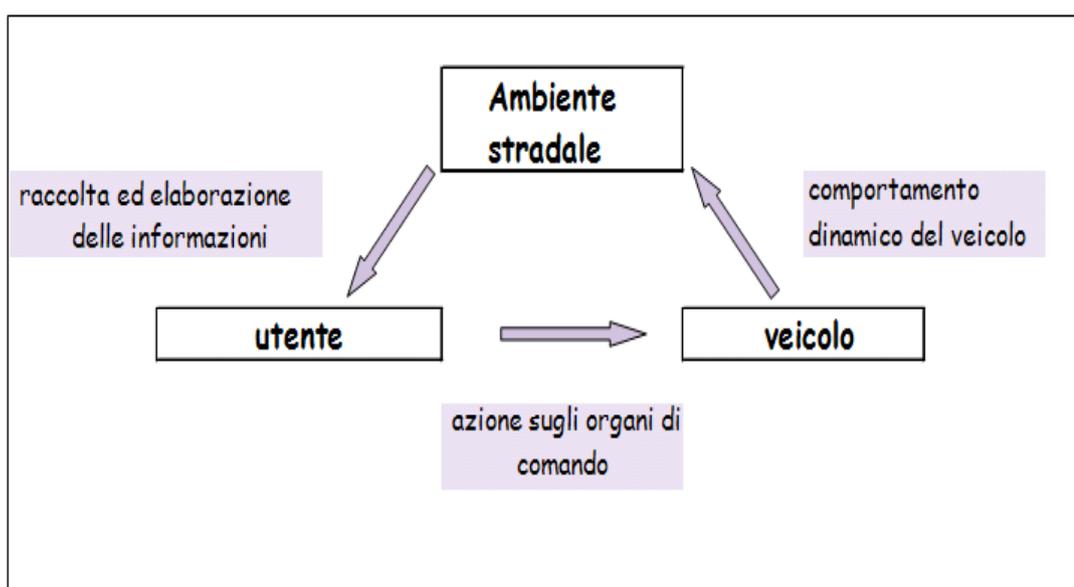


Figura 5 Il sistema stradale

Una migliore conoscenza di questo aspetto, perciò, costituisce un fondamentale obiettivo per gli studi relativi al comportamento umano ai fini della sicurezza stradale. È noto che, durante la guida, tutti gli apparati sensoriali rimangono coinvolti nei processi percettivi. La possibilità di intervenire in questa fase di acquisizione di informazioni dall'ambiente esterno potrebbe consentire di alterare selettivamente i comportamenti dell'utente, ed in particolare di evitare o disincentivare quei comportamenti che sono causa di incidenti.

In senso quantitativo, le informazioni che il guidatore acquisisce provengono prevalentemente dalla vista e dall'udito. L'attività di ricerca, pertanto, ha individuato la necessità di indagare più attentamente le relazioni esistenti tra sensazioni del conducente e comportamento di guida dello stesso. All'utente, istante per istante, non

pervengono informazioni tradotte in termini numerici, ma, più semplicemente, comparazioni di tipo qualitativo, ad esempio tra velocità e traiettoria del proprio veicolo, e posizione (ed eventuale stato di moto) degli altri elementi fisici presenti (fissi o in movimento). Peraltro, è noto che talune informazioni, valutabili oggettivamente come essenziali, possano andare perdute nei diversi livelli selettivi di cui si compone il processo di analisi individuale. La valutazione dell'importanza dei dati, infatti, rimane un fatto prettamente soggettivo, realizzato a livello inconscio.

Un ulteriore aspetto da valutare con estrema cura è l'effetto che la velocità ha sulla percezione dell'ambiente circostante. Ovvero, è necessario osservare come un aumento della velocità causi una netta contrazione del campo visivo, ovvero una meno puntuale comprensione dell'ambiente attraversato.

I conducenti siedono in un nucleo, in un “bozzolo” d'acciaio che li separa dall'esterno attenuando eventuali stimoli sonori e tramutando il contesto in una rapida e confusa successione di spazi. Non è arduo presumere pertanto che tale labile relazione con l'ambiente, mutando con il variare della velocità, non consente una tempestiva percezione di eventuali pericoli.



Figura 6 Campo visivo a 30 km/h

(fonte: Annunziata F.& altri *Progettazione Stradale – Manuale pratico di progettazione*)

Ad esempio possiamo notare che l'attenzione visiva si appunta su elementi distanti 400 metri se l'auto procede a 80 Km/h, e distanti 200 m se la velocità è di 40 Km/h; ancora presumendo di aumentare la velocità da 40 ad 80 Km/h possiamo notare che il cono di concentrazione visiva si contrae riducendosi da 38° a 29°, e che per una medesima escursione di velocità il campo della visione periferica è ampio 100° se la velocità si attesta sui 40 Km/h, ma si riduce ad appena 58° se la velocità aumenta a 80 Km/h.

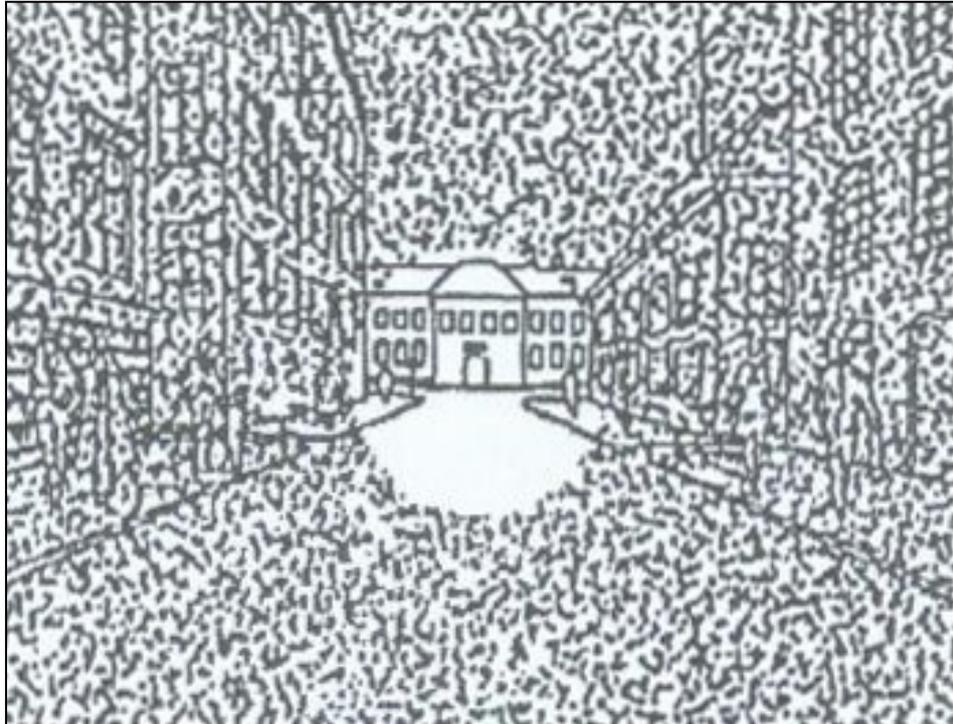


Figura 7 Campo visivo a 50 km/h

(fonte: Annunziata F. & altri *Progettazione Stradale – Manuale pratico di progettazione*)

Quanto osservato sinora consente pertanto di affermare che una velocità elevata causando una netta e marcata contrazione del campo visivo, preclude una puntuale lettura di quanto avviene ai margini della sede stradale. Essa pertanto non può non essere reputata la causa prima del numero elevato di traumi e decessi rilevati sulle strade, sia in quanto causa una minore attitudine a percepire ostacoli, sia poiché è noto che l'entità delle lesioni e dei traumi, in particolare in caso di investimento di un pedone, aumentano quanto più elevata è la velocità del veicolo investitore. Ad esempio se a 30 Km/h le probabilità di sopravvivere, per un pedone coinvolto in un incidente, sono elevate e stimate nell'ordine del 90 %, calano e sono esigue con l'aumento della velocità sino ad essere scarse per velocità pari a 50 Km/h e nulle nel caso di urto con un veicolo che proceda a 70 Km/h.

Alcuni studi comparano l'effetto che l'urto con un veicolo ha sul corpo umano con l'esito di una caduta verticale; questi consentono di osservare che la collisione con un'autovettura che procede a 30 Km/h equivale ad una caduta da 3,6 m, l'urto con un veicolo che muove a 40 Km/h produce i medesimi traumi di una caduta da 6,4 m e che se la velocità del veicolo "investitore" aumenta sino ai 60 Km/h, valore comune peraltro in un'area urbana, i traumi riportati da un pedone coinvolto in un eventuale incidente sono comparabili con le conseguenze di una caduta libera da 14,4 m.

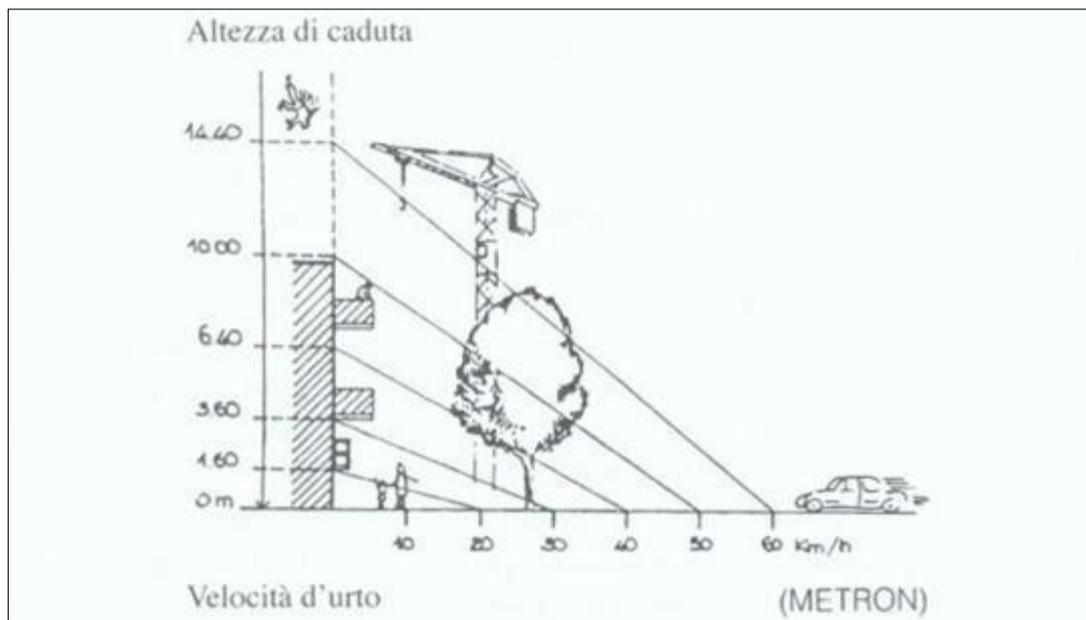


Figura 8 Effetti di un urto auto – pedone comparati ad una caduta da diverse quote (fonte: Annunziata F.& altri Progettazione Stradale – Manuale pratico di progettazione)

È doveroso osservare, ancora, che un aumento della velocità di 1 Km/h causa un aumento del 3% della probabilità di riportare traumi o lesioni, e del 4,5 % del verificarsi di decessi. A rendere più gravoso tale fenomeno è peraltro la scarsa attitudine a percepire il pericolo connesso con l'aumento della velocità: molti non comprendono che l'energia cinetica prodotta da un urto tra veicoli, al raddoppiare della velocità aumenta in ragione della doppia potenza. Ad esempio una collisione a 150 Km/h è più violenta di una che avviene a 130 Km/h nella misura del 33%.

Molti progetti di ricerca pertanto, si pongono come obiettivo lo studio e l'analisi relativi ad un uso oculato ed appropriato di tutti quegli elementi (arredo stradale, segnaletica orizzontale e verticale etc.) che possono influenzare il comportamento umano, avendo preliminarmente acquisito una miglior conoscenza della loro rilevanza qualitativa e quantitativa ai fini della condotta di guida degli utenti stradali.

### **1.3 Il comportamento del guidatore nel passaggio da ambiente stradale extraurbano ad urbano**

Oggetto della ricerca in esame è il comportamento del guidatore in un particolare ambiente: i tratti di strade extraurbane, ovvero aventi funzione prevalente di collegamento nazionale, regionale o provinciale, interni ai centri abitati .

Tali tronchi, detti di attraversamento, presentano specifici fattori di rischio perché caratterizzati da forti disomogeneità relative al tipo di movimento servito, all'entità dello spostamento ed alle componenti di traffico.

Si verificano difatti interferenze tra:

- a) movimenti di penetrazione ed accesso, propri delle reti locali e secondarie e movimenti di transito e distribuzione, propri delle reti primarie e principali;
- b) movimenti di breve e lunga percorrenza;
- c) veicoli pesanti ed utenze deboli.

Il principale fattore di rischio in tale ambito sono le elevate velocità operative, incongruenti con il tipo di utenza e con le caratteristiche della geometria d'asse, della segnaletica orizzontale e verticale e della sovrastruttura stradale: al fine di contenere il fenomeno dell' incidentalità stradale è pertanto necessario lo studio di una efficace transizione tale da esortare il conducente ad osservare una condotta di guida più consona al contesto attraversato .

In ragione del fatto che uno dei principali fattori che contribuiscono alla gravità degli incidenti è costituito dalle elevate velocità operative dei veicoli in rapporto alle condizioni dell'ambiente antropizzato, le contromisure più indicate prevedono il controllo della velocità del traffico motorizzato mediante la realizzazione di "porte di accesso", il cui scopo principale è quello di avvertire il conducente delle mutate condizioni del contesto attraversato. Le porte di accesso utilizzano generalmente la combinazione di più dispositivi di moderazione, ciascuno dei quali induce uno specifico effetto sul movimento del veicolo (e/o sulle sue manovre) e permette di raggiungere uno specifico obiettivo.

Gli studi fino ad ora effettuati sulle "porte di accesso" e sui dispositivi per la moderazione del traffico in generale riguardano prevalentemente la riduzione di velocità.

Una più corretta valutazione dovrebbe invece considerare contestualmente la riduzione di velocità, la richiesta di concentrazione psicologica del guidatore ed alcuni fattori relativi all'effettiva visione di scenario.

Pertanto, gli effetti sulla sicurezza delle porte di accesso possono essere più realisticamente valutati a partire dal carico di informazioni (per unità di tempo) che il guidatore deve recepire, interpretare e gestire tempestivamente con comportamenti conseguenti.

Lo studio del comportamento in presenza di porte di accesso richiede, quindi, attrezzature di non comune impiego e deve scongiurare accuratamente effetti negativi sulla sicurezza e significative turbative dei comportamenti ordinari durante la fase di rilevamento su strada. Allo scopo certamente si prestano egregiamente i misuratori laser, i "veicoli strumentati", per la misurazione continua dei parametri cinematici (velocità e posizione) propri e degli altri veicoli con cui essi interferiscono nel flusso, ed i simulatori di guida, che permettono di studiare l'effetto di qualsiasi scenario stradale senza esporre a rischi i conducenti ed i pedoni.

#### **1.4 La zona di transizione da ambito extraurbano ad urbano**

La zona di transizione dall'ambito extraurbano a quello urbano è quella porzione di strada atta a creare nell'utente la percezione del cambiamento di ambiente e indurre il comportamento più appropriato da tenere. L'individuazione di detta zona è una fase particolarmente delicata e complessa, oltre che per le problematiche tecniche soprattutto perché non è stata del tutto formalizzata negli impianti normativi nazionali ed internazionali.

La zona di transizione è caratterizzata dal passaggio da elevate a basse velocità e presenta quindi dei seri problemi in termini di sicurezza, per questo motivo è candidata ad ospitare degli interventi di moderazione del traffico che creino nell'utente la percezione della giusta velocità. Tali interventi comunemente definiti "sistemi di traffic calming" devono essere disposti con progressività e culminare nella sezione d'ingresso all'area urbana. La zona di transizione presenta delle caratteristiche molto simili all'ambiente rurale nella sua parte iniziale, quali ad esempio la prevalenza degli elementi orizzontali e via via connotati sempre più simili all'ambiente urbano in prossimità dell'abitato; ovvero elementi verticali dello stesso ordine di grandezza della larghezza della strada.

Dall'analisi della letteratura di settore, tra le altre cose, è emerso che affinché l'utente della strada all'interno della zona di transizione percepisca il cambiamento dell'ambiente, è necessario che:

- l'utente della strada diretto verso la zona urbana sia in grado di vedere gli edifici;
- l'infrastrutturazione della zona di transizione soddisfi le attese dell'utente;
- le soluzioni infrastrutturali per tale zona siano omogenee;
- l'attrezzatura della zona di transizione sia tale da condizionare il comportamento (la velocità) del conducente;
- la differenza di velocità massima tra la zona urbana ed extraurbana non superi i 30 km/h.

## **2 Interventi di moderazione delle velocità**

La moderazione delle velocità si realizza mediante l'implementazione di misure che comportano deflessioni verticali e/o orizzontali sostenute da opportuna segnaletica. L'insieme di più sistemi di questo tipo viene generalmente indicata col termine di "traffic calming". Nel 1997 un sottocomitato dell'Istituto di Ingegneria dei Trasporti di Washington ha fornito la seguente definizione, internazionalmente accettata, del Traffic Calming : *combinazione di misure fisiche tali da ridurre gli effetti negativi dell'uso dei motoveicoli, modificare il comportamento del conducente e migliorare le condizioni degli utenti della strada non motorizzati.*

Le misure a cui tale definizione fa riferimento, possono essere utilizzate singolarmente o combinate in modo da sfruttare un particolare effetto sinergico; possono realmente influenzare l'entità dei flussi veicolari e delle loro velocità, riducendo il conflitto tra le diverse tipologie di utenti presenti e garantendo un uso più equo dello spazio pubblico. Nell'utilizzare tali elementi occorre ben ponderare gli effetti che gli stessi possono aver e sulla viabilità di residenti, sulla circolazione di dei veicoli di soccorso e sul paesaggio in termini di impatto visivo.

## 2.1 Cenni normativi nazionali

Nel campo normativo nazionale, il Traffic Calming non è ancora stato formalizzato, ciononostante esistono dei riferimenti riconducibili ad alcune misure di moderazione del traffico, in particolare tra gli elementi di mitigazione della velocità.

### 2.1.1 Norme CNR

Nella normativa italiana i sistemi di mitigazione delle velocità si inquadrano come “elementi di arredo funzionale”, il CNR definisce tali strumenti come “l’insieme di quegli elementi (impianti, attrezzature, ecc.) che sono indispensabili o che, comunque, forniscono un determinante contributo nella corretta utilizzazione delle strade, in termini di sicurezza e fluidità del traffico veicolare e pedonale” (CNR B.U. n° 150, 1992). Nel Piano di ricerche del CNR “Moderazione del traffico nell’ambito delle tecniche di gestione della velocità” le misure di moderazione del traffico sono divise in quattro categorie principali:

- porte d’accesso;
- restringimenti della carreggiata;
- trattamenti superficiali;
- altri interventi: rotatorie, strade condivise, progetti integrati di moderazione del traffico con zone 30.

Le *porte di accesso* consistono in cambiamenti fisici e visivi delle strade in avvicinamento ad un centro abitato o in corrispondenza del passaggio tra zone con differenti limiti di velocità, ad esempio all’ingresso di una zona 30. Si realizzano mediante la combinazione di più dispositivi di moderazione del traffico. Generalmente si utilizzano isole spartitraffico, restringimenti della carreggiata con allargamento dai margini laterali, trattamenti superficiali della pavimentazione, bande rumorose, segnaletica verticale e orizzontale, dossi, attraversamenti pedonali rialzati, piantumazione, illuminazione ed altri arredi urbani. L’effetto di tale provvedimento è molto variabile in quanto dipende dal contesto in cui è realizzato e dalla tipologia di intervento.

*I restringimenti della carreggiata* si possono ottenere mediante: isole centrali sormontabili o non, restringimenti dai lati, deviazioni orizzontali dell’asse stradale (chicanes).

*I trattamenti superficiali* prevedono l’installazione di elementi quali dossi, dossi termoplastici, aree rialzate, bande rumorose, nonché differenti campiture o tessiture

della superficie della pavimentazione mediante la realizzazione di zone con pavimentazione differenziata, (masselli in calcestruzzo o pavimentazione colorata).

### 2.1.2 Linee Guida per la Redazione dei Piani della Sicurezza Stradale Urbana

Altro riferimento normativo si trova nelle Linee Guida per la Redazione dei Piani della Sicurezza Stradale Urbana, nelle quali sono considerati elementi di moderazione del traffico i limitatori di velocità, la segnaletica e l'arredo stradale. Al fine di modificare il comportamento del guidatore è possibile utilizzare segnaletica orizzontale e/o verticale nonché elementi di arredo stradale.

Nello specifico i limitatori di velocità sono tutti quei dispositivi che agiscono fisicamente sulle velocità attuate dagli automobilisti, da posizionarsi in maniera tale che non si inseriscano con "effetto sorpresa" nell'ambiente stradale, garantendo ampie distanze per la percezione e la reazione pur creando una sufficiente riduzione della velocità.

I principali dispositivi di questo tipo sono classificati secondo due diversi criteri:

- in base alla massima velocità consentita dal C.d.S.;
- in base alla classe funzionale in cui i singoli elementi di moderazione del traffico possono essere applicati.

	Classe funzionale <sup>(1)</sup>		
	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
	Massima velocità consentita dal codice della strada [km/h]		
Tipologie principali	< 70	< 50	< 30 <sup>(2)</sup>
1. Segnali di preavviso, bande sonore, trattamenti superficiali	X	X	X
2. Porte di accesso		X	X
3. Aree stradali rialzate, attraversamenti pedonali rialzati, <i>speed tables</i>		X	X

4. Dossi		X	X
5. <i>Speed-cushions</i>		X	X
6. Deviazioni trasversali		X	X
7. Restringimenti della carreggiata con isola centrale o salvagenti pedonali		X	X
8. Restringimenti laterali della carreggiata, strozzature, prolungamenti dei marciapiedi		X	X
9. Rotatorie	X	X	X
10. Mini-rotatorie		X	X

Figura 9 Classificazione dei limitatori di velocità in funzione della velocità e della categoria della strada

Fonte:Linee Guida per la Redazione dei Piani della Sicurezza Stradale Urbana

Tipologie	TGM	
	>3000	≤3000
Tipologie principali		
1. Segnali di preavviso, bande sonore, trattamenti superficiali	X	x
2. Porte di accesso	X	x
3. Aree stradali rialzate, attraversamenti pedonali rialzati, <i>speed tables</i>	X	x
4. Dossi	X	x
5. <i>Speed-cushions</i>	x <sup>(3)</sup>	x <sup>(3)</sup>
6. Deviazioni trasversali	X	x
7. Restringimenti della carreggiata con isola centrale, salvagenti pedonali	X	x
8. Restringimenti laterali della carreggiata, strozzature, prolungamenti dei marciapiedi	X	x
9. Rotatorie	x <sup>(4)</sup>	x <sup>(4)</sup>

10. Mini-rotatorie	x <sup>(4)</sup>	x <sup>(4)</sup>
Tipologie derivate		
11. Deviazioni trasversali con pavimentazione rialzata	X	x
12. Restringimenti laterali della carreggiata ad una sola corsia		x
13. Restringimenti laterali della carreggiata ad una sola corsia con pavimentazione rialzata		x
14. Restringimenti laterali della carreggiata ad una sola corsia con dossi		x
15. Restringimenti laterali della carreggiata ad una sola corsia con deviazione trasversale		x
16. Restringimenti laterali della carreggiata ad una sola corsia con deviazione trasversale e pavimentazione rialzata		x
17. Restringimenti laterali della carreggiata ad una sola corsia con deviazione trasversale e dossi		x

Figura 10 Applicabilità dei vari tipi di limitatori di velocità in funzione del volume

Fonte: Linee Guida per la Redazione dei Piani della Sicurezza Stradale Urbana.

Nelle Linee Guida per la Redazione dei Piani della Sicurezza Stradale Urbana sono, inoltre, riportate le tabelle relative alle principali norme vigenti in materia di protezione delle utenze deboli.

INFRASTRUTTURE STRADALI	D.P.R. 384/1978	D.M. LLPP 236/1989	D.L. 285 /1992	D.P.R. 495/1992	M.LLPP. 24/6/1995	D.P.R. 503/1996	Lombardia L.R. 6/1989
	Art.	Art.	Art.	Art.	CNR n.150	Art.	Art.
<b>Percorsi pedonali</b>							
Andamento	3	4.2.1			alleg. 2.1		
Larghezza	3	4.2.18.2.1	157			3	2.1.1
pendenza longitudinale	3	8.2.1					
pendenza trasversale		8.2.1					2.1.1
Dislivello	3	4.2.18.2.1				5	2.1.1
Pavimentazione	3	4.2.18.2.1			CNR 4.3		2.1.4
Cigli	3	4.2.18.2.1					
Ostacoli		4.2.18.2.1	23-29-	81			

INFRASTRUTTURE STRADALI	D.P.R. 384/1978	D.M. LL.PP 236/1989	D.L. 285/1992	D.P.R. 495/1992	M.LL.PP. 24/6/1995	D.P.R. 503/1996	Lombardia L.R. 6/1989
	Art.	Art.	Art.	Art.	CNR n.150	Art.	Art.
			158				
passi carrai					CNR 4.3.2.1		
Intersezioni		4.2.1			CNR 4		
Cantieri stradali				34			
Rampe di collegamento							
pendenza longitudinale	3	4.2.18.2.1			CNR 4.3		2.1.2
Cordolo					CNR 4.3		2.1.2
Pavimentazione					CNR 4.3		2.1.4
sosta veicoli			158 Rg 145		CNR 4.3.2.3		

Attraversamenti stradali							
Accessibilità			40				
Generalità				65	CNR 4		
Realizzazione				145	CNR 4		
Larghezza	3					6	2.1.3
Dislivello	3						2.1.3
Posizione				145			
Visibilità				145			
Illuminazione					CNR 4.3.2.1	6	
Protezione				145	alleg. 2.1		
isole salvagente			Rg 150	176	CNR 4.3.2.1 4.4	6	2.1.3
Semafori			41	162	CNR 4.3.2.2		2.1.3
Segnalazioni per non vedenti			40, 41			6	2.1.4

INFRASTRUTTURE STRADALI	D.P.R. 384/1978	D.M. LLPP 236/1989	D.L. 285/1992	D.P.R. 495/1992	M.LL.PP. 24/6/1995	D.P.R. 503/1996	Lombardia L.R. 6/1989
	Art.	Art.	Art.	Art.	CNR n.150	Art.	Art.
Pavimentazione	3					6	2.1.4

Figura 11 Interventi per la protezione delle utenze deboli - riferimenti normativi

INFRASTRUTTURE STRADALI	D.P.R. 384/1978	D.M. LLPP 236/1989	D.L. 285/1992	D.P.R. 495/1992	M.LL.PP. 4/6/1995	D.P.R. 503/1996	Lombardia L.R. 6/1989
	Art.	Art.	Art.	Art.	CNRn. 150	Art.	Art.
Accesso edifici							
Quota	7						
Porte	7	4.1.1					
Soglia	7						
zone antistanti e retrostanti	7					16	
Segnaletica		4.3				17	
Attrezzature pubbliche	25						7
Rallentatori di velocità				179			
Dissuasori di sosta				180			
Trasporti pubblici urbani	19-20					24-25	3.1-3.2-3.3

Figura 12 Interventi per la protezione delle utenze deboli - riferimenti normativi

Ulteriori riferimenti normativi sono rappresentati per le piste ciclabili da:

- Legge 28 giugno 1991 n. 208. interventi per la realizzazione di itinerari ciclabili e pedonali nelle aree urbane;
- Circolare 31 marzo 1993 n. 432 Presidenza del Consiglio dei Ministri esplicativa del decreto interministeriale in data 6 luglio 1992, n. 467, regolamento concernente l'ammissione al contributo statale e la determinazione del relativo intervento degli interventi per la realizzazione di itinerari ciclabili e pedonali nelle aree urbane

### 2.1.3 Il Nuovo Codice della Strada

Secondo il Nuovo Codice della Strada (art. 42 C.d.S. - art.180 Reg.) i dispositivi di moderazione del traffico e delle velocità si possono utilizzare “su tutte le strade, per tutta la larghezza della carreggiata, ovvero per una o più corsie nel senso di marcia interessato”. Tali sistemi sono costituiti da “bande trasversali ad effetto ottico, acustico o vibratorio, ottenibili con opportuni mezzi di segnalamento orizzontale o trattamento della superficie della pavimentazione”. Tra i sistemi che inducono deflessioni verticali i più utilizzati sono i dossi artificiali, i quali possono essere realizzati previa evidenziazione mediante zebbrature gialle e nere. Possono essere posti in opere solo su strade residenziali, nei parchi pubblici e privati, nei residence, ecc.; possono essere installati in serie e devono essere presegnalati. Ne è vietato l’impiego sulle strade che costituiscono itinerari preferenziali dei veicoli normalmente impiegati per servizi di soccorso o pronto intervento”. I dossi hanno delle dimensioni che sono funzione della velocità massima consentita sulla strada interessata (50, 40, 30 km/h), altezza massima 3, 5 , 7cm e larghezza massima 60, 90, 120 cm.

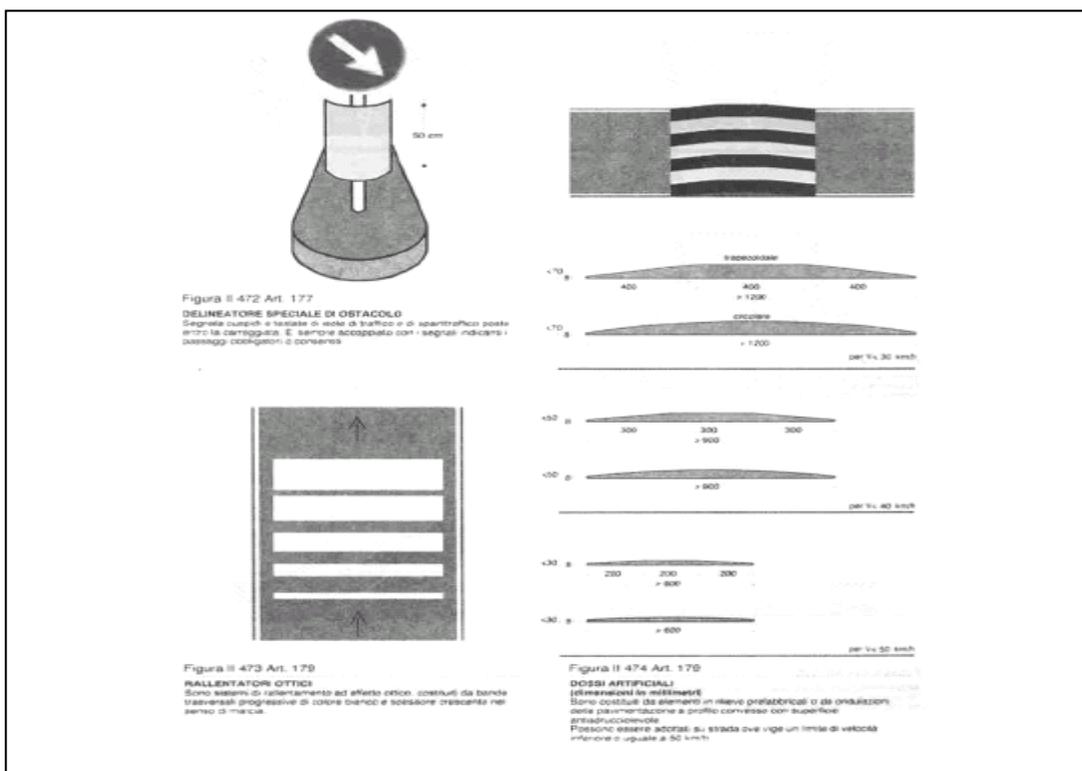


Figura 13 Delineatori, rallentatori e dossi FONTE: Reg. 495/1992 art. 179 (art. 42 Cod.Str.)

Il C.d.S. prevede, in ambito urbano, la possibilità di creare aree nelle quale il traffico sia sottoposto a limiti di velocità e/o di accessibilità all'area stessa, utilizzando i seguenti strumenti:

- creazione di “Zone a Traffico Limitato (ZTL)”, Art. 135 fig. II 322;
- creazione di "Zone 30", Art.135 fig. II 323;
- creazione di "Strade o Aree Residenziali" Art. 135 fig. II 318.



Figura 14 Segnali stradali

## **2.2 Cenni normativi internazionali**

Il concetto base del Traffic Calming: rendere sicura la strada e proteggere le utenze deboli, si ritrova già nelle città romane. Nelle quali venivano, infatti, disposte nelle strade grosse pietre su cui camminare per attraversare con maggiore sicurezza poiché, in loro corrispondenza, i carri trainati erano costretti a diminuire la velocità per essere manovrati attraverso gli stretti varchi lasciati liberi tra una pietra e l'altra.

In tempi più recenti in Europa la necessità di proteggere i pedoni s'iniziò ad avvertire tra il 1960 ed il 1970 e, precisamente, in Olanda, nel Regno Unito, in Germania ed in Svezia.

Contemporaneamente anche in Giappone furono realizzati esperimenti simili ai woonerf olandesi: le community streets di Osaka.

Nei primi anni '80 anche la Norvegia e la Danimarca ebbero necessità di adottare rimedi contro le velocità sostenute operate dal traffico di attraversamento all'interno di molte piccole città.

In Gran Bretagna, è stato possibile introdurre nelle strade misure verticali di moderazione del traffico (rialzo di attraversamenti pedonali ed intersezioni nonché 20 mph zones) grazie ai cambiamenti nelle leggi e nelle regole della progettazione stradale avvenuti tra il 1986 ed il 1990.

Alla fine degli anni novanta anche negli Stati Uniti e in Canada sono state emanate normative inerenti all'applicazione dei sistemi di moderazione del traffico per incrementare i livelli di sicurezza delle strade.

Di seguito si riportano i tratti salienti di alcune delle normative testé citate e precisamente di quelle che fanno riferimento a interventi relativi al tronco di attraversamento dall'ambito extraurbano a quello urbano.

### 2.2.1 Normativa danese

Nel corpo normativo danese la scelta ed il dimensionamento degli elementi di moderazione del traffico sono condizionati dalla classe della strada. Ciascun elemento deve essere progettato in modo da determinare un netto contrasto visivo rispetto all'ambiente di inserimento ma posizionato in modo tale da non creare "l'effetto sorpresa", la distanza che separa elementi successivi deve essere tale da permettere la percezione e la reazione degli utenti, in modo che gli automobilisti possano regolare per tempo la propria velocità o, se è necessario, fermarsi.

I principali elementi di moderazione del traffico previsti possono essere raggruppati in 14 tipologie, come mostrato nella figura che segue.

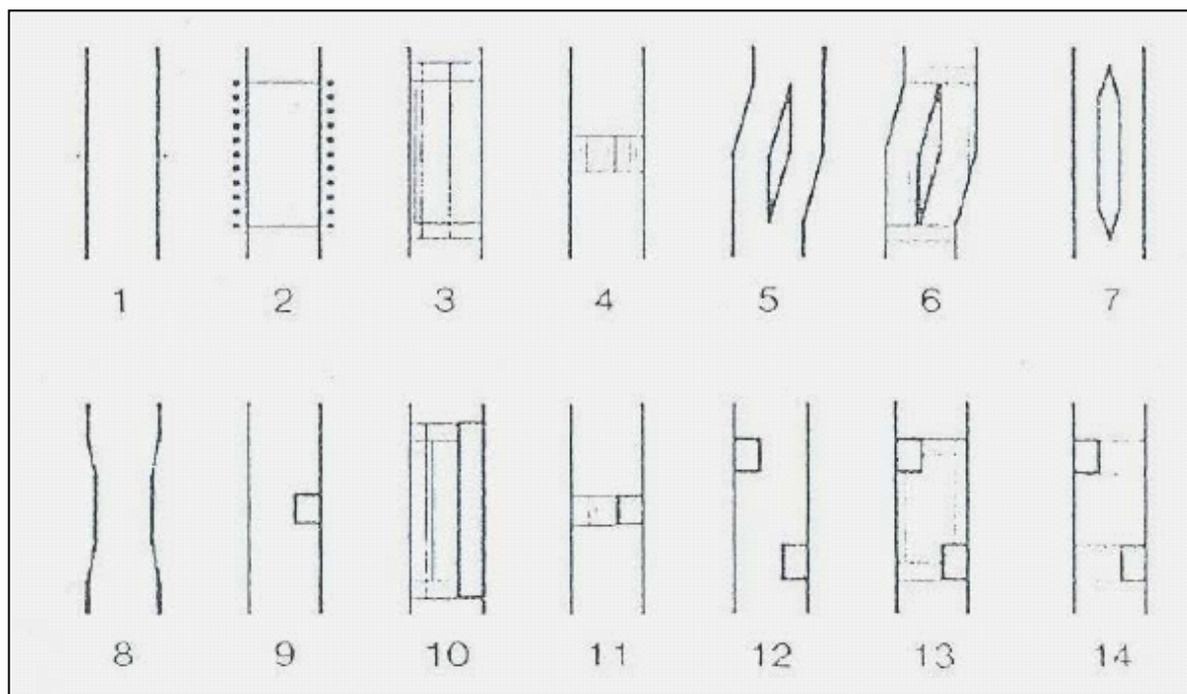


Figura 15 Principali elementi di moderazione del traffico in ambiente urbano (Fonte: Busi R., Zavanella L., Le normative europee per la moderazione del traffico)

1. Preseganaltori (acustici ed ottici);
2. Porte;
3. Pavimentazioni rialzate (attraversamenti pedonali, intersezioni, etc.);
4. Dossi;
5. Dissassamenti orizzontali della carreggiata con isola centrale non sormontabile (chicane);
6. Dissassamenti orizzontali della carreggiata con pavimentazione stradale rialzata e isola centrale non sormontabile (chicane);

7. Restringimenti della carreggiata con isola centrale;
8. Restringimenti laterali della carreggiata ad una corsia di marcia;
9. Restringimenti laterali della carreggiata ad una corsia di marcia con pavimentazione stradale rialzata;
10. Restringimenti laterali della carreggiata ad una corsia di marcia;
11. Restringimenti laterali della carreggiata ad una corsia di marcia con dosso;
12. Chicane con restringimento ad una corsia di marcia;
13. Chicane con restringimento ad una corsia di marcia con pavimentazione stradale rialzata;
14. Chicane con restringimento ad una corsia di marcia con dossi.

Ogni dispositivo può essere applicato singolarmente o in combinazione con altri elementi, prendendo in considerazione: la pavimentazione stradale, il verde, l'illuminazione ed il contesto architettonico.

		Velocità idonea				
		Molto ridotta 10-20 km/h	Ridotta		Media	
			30 km/h	40 km/h	50 km/h	60 km/h
Elementi da n.1 a n.4		2,00x2,50 m	2,00x2,75 m	2,00x2,75 m	2,00x3,00 m 1)	2,00x2,35 m 1)
Elementi da n.5 a n.8 Chicane e restringimenti		2,50 m	2,75 m 1)	3,00 m 1)	3,25 m 2)	3,50 m 2)
Elementi da n.9 a n.11 - Restringimenti a una corsia		2,50 m	2,75 m 1)	2,75 m 1)		
Elementi da n.12 a n.14 - Chicane e restringimenti a una corsia		2,50 m	2,75 m 1)	3,00 m 1)		
Restringimenti di strade a due corsie in tratte comprese tra due elementi di moderazione		4,70 m 3)	5,00 m 3)	5,00 m 3)		
Restringimenti di strade a due corsie in tratte comprese tra due piazzole		3,95 m 4)	4,25 m 4)	4,25 m 4)		

1) Se è elevato il traffico ciclistico, la larghezza delle corsie dovrebbe essere incrementata di 1m  
2) Le corsie veicolari non dovrebbero essere utilizzate dai ciclisti  
3) Non è consentito il transito contemporaneo di mezzi pesanti e autovetture  
4) È ammesso il transito contemporaneo di due autovetture

Figura 16 Dimensioni minime della carreggiata

(Fonte: Busi R., Zavanella L., Le normative europee per la moderazione del traffico)

Tipologie principali			Classe funzionale della strada		Velocità ideale [km/h]			Traffico giornaliero	
			Strada di scorrimenti	Strada locale	>60	50	<40	>3.000	<3.000
1		Pre - segnalatori	x	x	x	x	x	x	x
2		Porte	x	x	x	x	x	x	x
3		Pavimentazione stradale rialzata	x	x		x	x	x	x
4		Dossi	x	x		x	x	x	x
5		Disassamento orizzontale della carreggiata con isola centrale non sormontabile (chicane)	x	x	x	x	x	x	x
6		Disassamento orizzontale della carreggiata con pavimentazione stradale rialzata e isola centrale non sormontabile (chicane)	x	x		x	x	x	x
7		Restringimento della carreggiata con isola Centrale	x	x		x	x	x	x
8		Restringimento laterale della carreggiata	x	x		x	x	x	x
9		Restringimento laterale della carreggiata ad una corsia di marcia	(x)	x			x		x
10		Restringimento laterale della carreggiata ad una corsia di marcia con pavimentazione stradale rialzata	(x)	x			x		x
11		Restringimento laterale della carreggiata ad una corsia di marcia con dossi	(x)	x			x		x
12		Chicane con restringimento ad una corsia di marcia	(x)	x			x		x
13		Chicane con restringimento ad una corsia di marcia con pavimentazione stradale rialzata	(x)	x			x		x
14		Chicane con restringimento ad una corsia di marcia con dossi	(x)	x			x		x

(x) Solo in circostanze particolari

Figura 17 Applicazione dei singoli elementi di moderazione del traffico

(Fonte: Busi R., Zavanella L., Le normative europee per la moderazione del traffico)

## 2.2.2 Normativa svizzera

La Normativa svizzera VSS SN 640 280-285 si applica alle strade urbane interzonali, urbane locali e residenziali; contiene le direttive e le indicazioni riguardanti i progetti di riqualificazione stradale che perseguono l'obiettivo della moderazione del traffico attraverso l'applicazione dei elementi infrastrutturali.

	Strade interzonali	Strade locali	Strade residenziali
Funzione della strada assegnata dal pianificatore	Transito veicoli a motore, biciclette, pedoni	Sosta di lunga durata, manovre	Pedoni, biciclette, ciclomotori
Massimo flusso di traffico ammesso [veicoli/ora]	500	250	100
Veicoli determinanti per il dimensionamento della piattaforma	Mezzi pesanti (1)	Mezzi pesanti	Furgoni consegna merci (2)
Casi di incroci determinanti per il dimensionamento della piattaforma	Mezzo pesante / autovettura (3)	Autovettura / autovettura (4)	Autovettura / bicicletta-ciclomotore (5)
Velocità di progetto [km/h]	40	< 40	
Distanza d'arresto [m]	> 40	> 20	> 10
(1) Studiare caso per caso; (2) Studiare caso per caso; (3) Ad eccezione di certi luoghi; (4) In certe posizioni; (5) Su tutta la lunghezza.			

Figura 18 Interventi di moderazione del traffico in funzione delle caratteristiche delle strade oggetto di intervento (Fonte: Busi R., Zavanella L., Le normative europee per la moderazione del traffico)

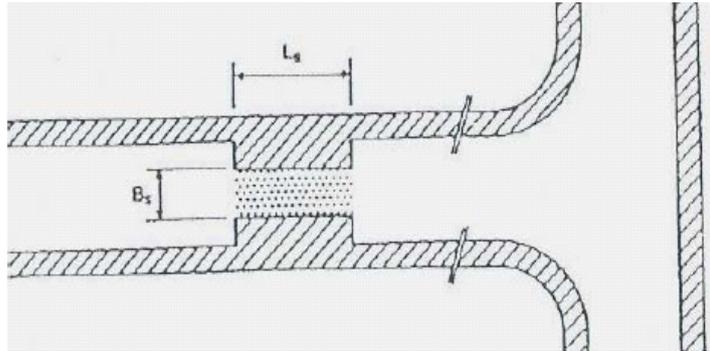
Al fine di perseguire gli obiettivi le disposizioni costruttive possono essere divise in due gruppi:

RIDUZIONE	
DEL FLUSSO DI TRAFFICO	DELLA VELOCITA'
<b>Ostacoli trasversali:</b> rottura della linearità del tracciato tenendo conto dell'eventuale transito dei veicoli di servizio a due ruote.	<b>Restringimento della carreggiata:</b> ridisegno dello spazio stradale mediante isole centrali, ostacoli situati al centro della carreggiata o il restringimento della carreggiata. Traffico pedonale favorito
<b>Ostacoli alle intersezioni:</b> soppressione di uno o più collegamenti	<b>Traslazione orizzontale dell'asse stradale:</b> suddivisione dello spazio stradale (diverse possibilità di strutturazione) Sopraelevazione della pavimentazione stradale: interruzione dell'aspetto usuale dello spazio stradale miglioramento degli attraversamenti pedonali

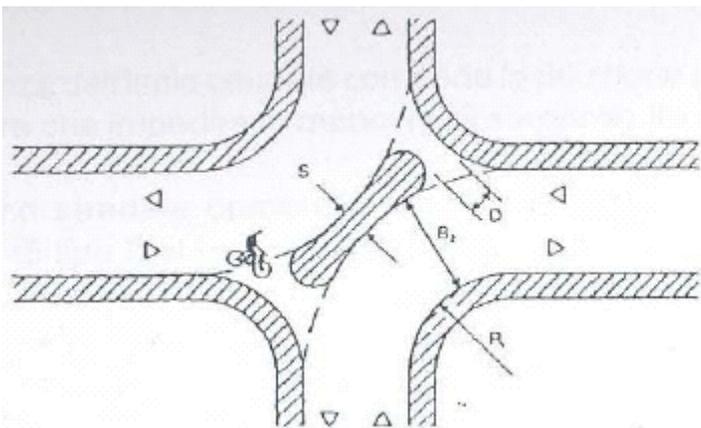
Figura 19 Disposizioni costruttive per la moderazione del traffico

## Interventi per la riduzione del traffico

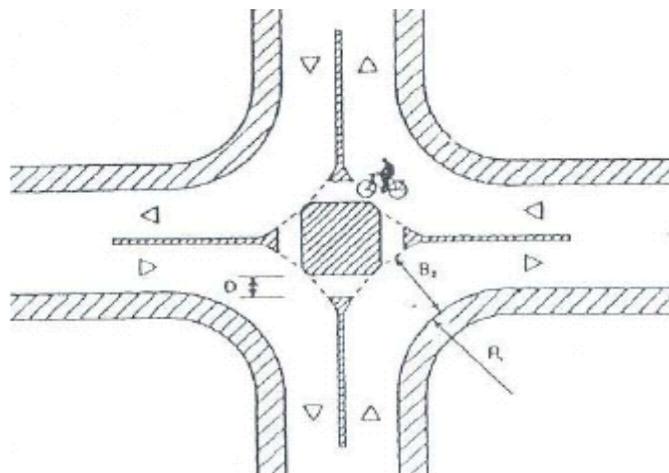
**Ostacolo trasversale:**  
 elemento strutturale che impedisce agli utenti motorizzati di utilizzare i collegamenti stradali ordinari.



**Ostacolo diagonale**



**Ostacolo centrale**



L'ostacolo all'intersezione è l'insieme degli elementi infrastrutturali finalizzati all'interruzione parziale o totale dei flussi di traffico in una o più direzioni.

Figura 20 Schemi di interventi per la riduzione del traffico

(Fonte: Busi R., Zavanella L., Le normative europee per la moderazione del traffico)

<b>Interventi per la riduzione della velocità</b>	
<p><b>Disassamento orizzontale della carreggiata:</b> traslazione planimetrica dell'asse stradale e la conseguente rottura della linearità del tracciato.</p>	
<p><b>Sopraelevazione della pavimentazione stradale:</b> realizzazione di una piattaforma rialzata rispetto alla quota della carreggiata, avente una lunghezza di almeno 5m, con la funzione di ridurre localmente la velocità dei veicoli.</p>	
<p><b>Successione di zone a pavimentazione rialzata</b></p>	

Figura 21 Interventi per la riduzione della velocità

(Fonte: Busi R., Zavanella L., *Le normative europee per la moderazione del traffico*)

Le misure indicate in precedenza, applicabili per la realizzazione di porte d'accesso, per la messa in sicurezza di attraversamenti pedonali ed intersezioni nonché per i tronchi intermedi tra intersezioni successive, devono essere realizzate in maniera tale da rendere superfluo ogni tipo di segnaletica aggiuntiva.

### 2.2.3 Normativa irlandese

Le *Guidelines on traffic calming for towns and villages on national routes* redatte dall'NRA (National Road Authority) hanno per oggetto interventi di traffic calming su strade nazionali che attraversano o interessano villaggi e piccoli centri abitati, sono il frutto di valutazioni effettuate su numerosi interventi realizzati in Irlanda degli anni 90.

Lo scopo di tali linee guida è quello di fornire delle indicazioni in merito all'individuazione e all'opportuno trattamento della *zona di transizione*, ovvero del tronco di strada in ingresso all'abitato nel quale deve avvenire il passaggio dalle elevate velocità dell'ambito extraurbano alle basse velocità di quello urbano.

Le difficoltà progettuali consistono essenzialmente nell'individuazione del tronco di transizione e sono dovute alla natura "ibrida" della zona, la quale presenta delle caratteristiche molto simili all'ambiente circostante: alla zona rurale per la parte iniziale (considerando il verso di percorrenza in ingresso all'abitato) e alla zona urbana per la parte terminale. La differenza di aspetto tra le zone rurali ed urbane, è in gran parte spiegabile in termini di "optical width": in ambiente rurale la larghezza degli elementi è in genere molte volte superiore all'altezza degli elementi verticali, da cui è influenzato il campo visivo mentre si verifica l'opposto in ambito urbano.

Tale concetto è fondamentale perché la percezione da parte dell'utente dell'appropriata velocità da attuare è influenzata dalla relazione tra la larghezza della strada e l'altezza degli elementi verticali. E' stato dimostrato, infatti, che la velocità è bassa nei tratti dove gli elementi verticali sono grandi quanto la larghezza della strada, per cui il concetto di "optical width" può essere utilizzato progressivamente attraverso la lunghezza della zona di transizione per conseguire il "dominio" degli elementi verticali su quelli orizzontali.

Riassumendo la zona di transizione generalmente si trova in ingresso a villaggi e città, deve creare nell'utente la giusta percezione dell'ambiente circostante e modificarne il comportamento in termini di velocità. Tale scopo viene raggiunto mediante l'introduzione progressiva di elementi verticali fino ad ottenere in corrispondenza dell'ingresso all'abitato (gateway) che l'altezza degli elementi verticali sia pari alla larghezza della strada. Di fatto la zona di transizione termina nel gateway, il quale deve essere visibile da una distanza pari alla distanza di arresto,

calcolata in relazione alla  $v_{85}$ , ciò detto è facile intuire che la zona di transizione varia da caso a caso e in particolare è funzione:

- della tipologia di strada;
- dall'ambiente circostante;
- della velocità attuata  $v_{85}$ .

Secondo l'esperienza irlandese, nelle condizioni ideali la lunghezza della zona di transizione è di 400 m, al suo inizio deve essere posto il segnale di pericolo, dopo 210 metri deve essere imposto il divieto di sorpasso e nella parte terminale è posizionato il gateway unitamente al limite di velocità che vige nel centro abitato.

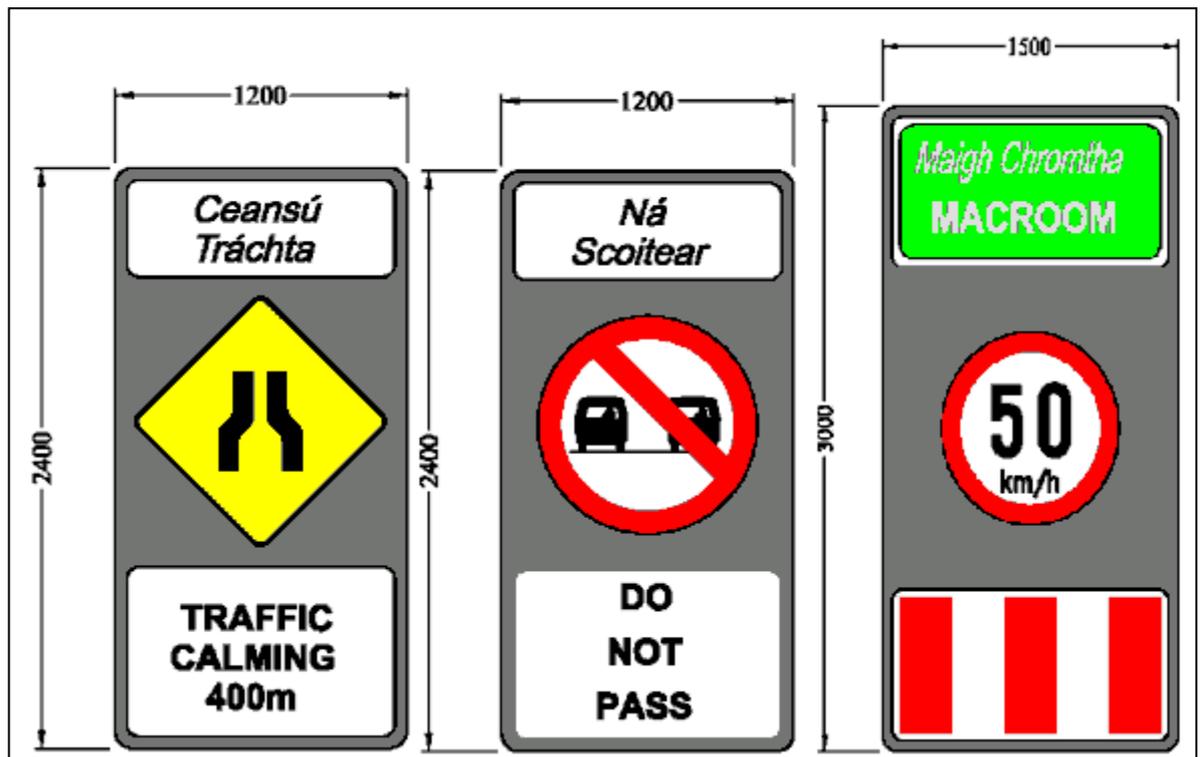


Figura 22 Segnaletica nella zona di transizione

(Fonte: Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, NRA)

Ciascuna zona di transizione deve essere trattata in funzione delle caratteristiche della strada e dell'ambiente circostante e di conseguenza anche il gateway ovvero la sua parte terminale.

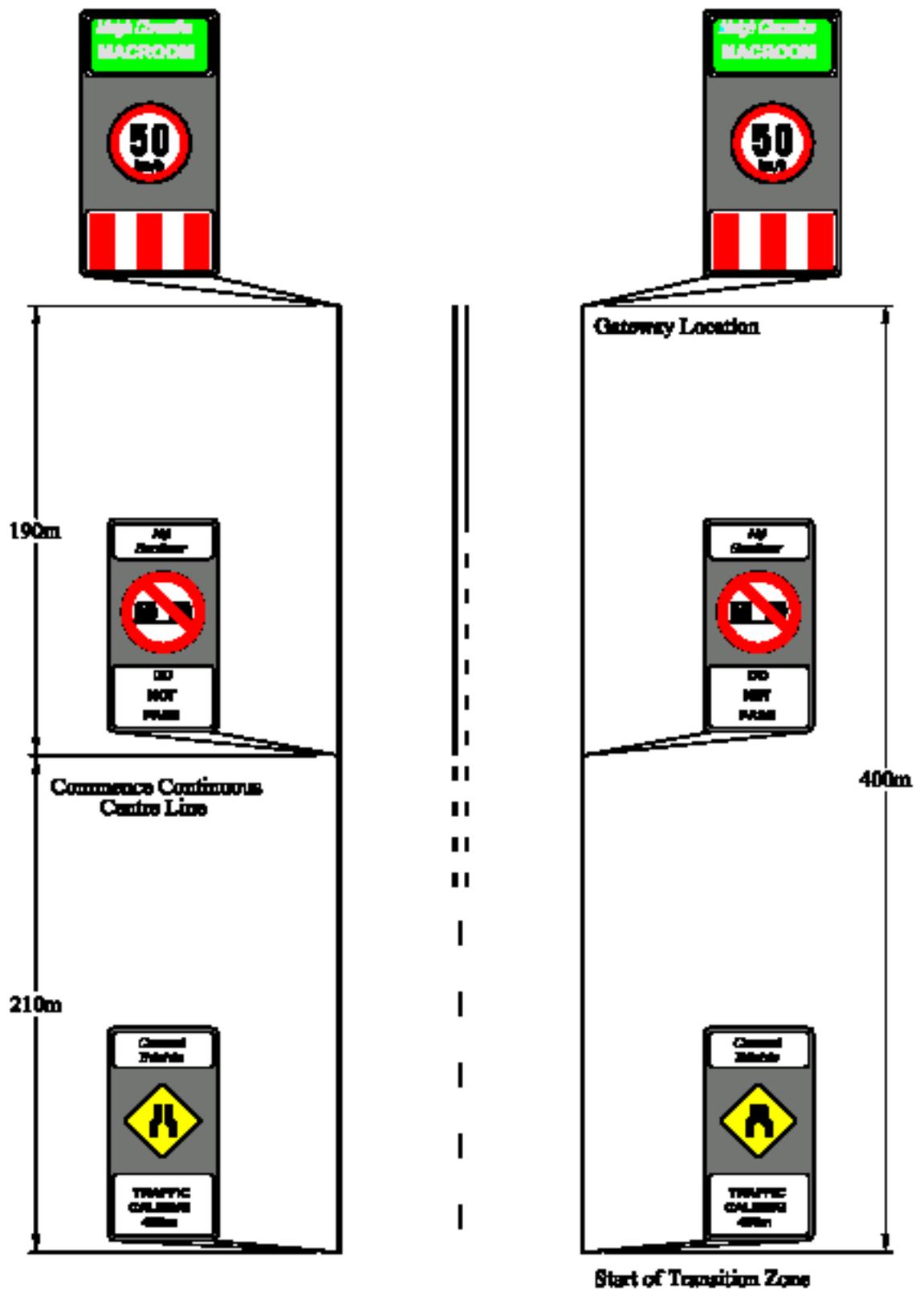


Figura 23 La zona di transizione in condizioni ideali

(Fonte: Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, NRA)

### BUILT-UP SEMI RURAL SETTING

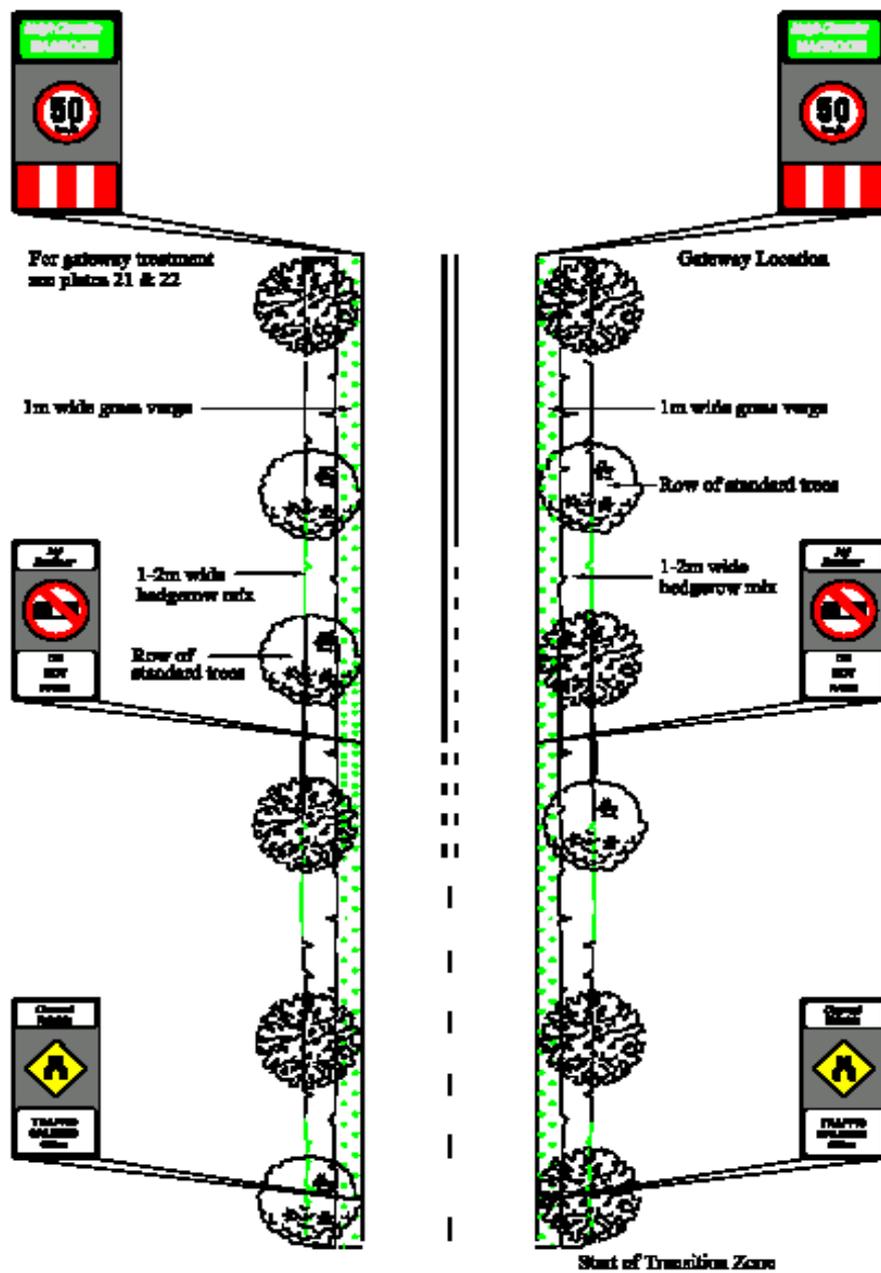
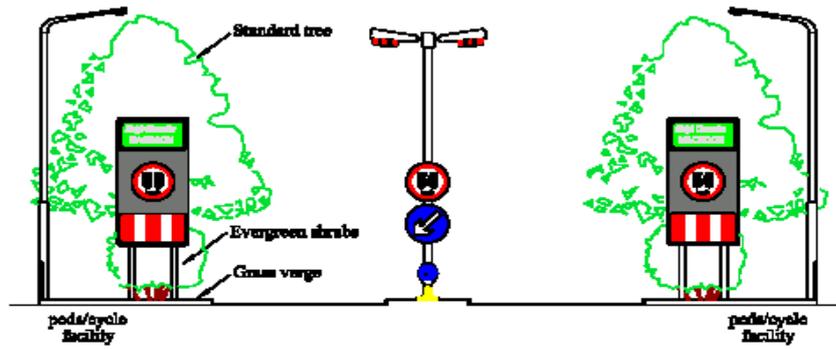
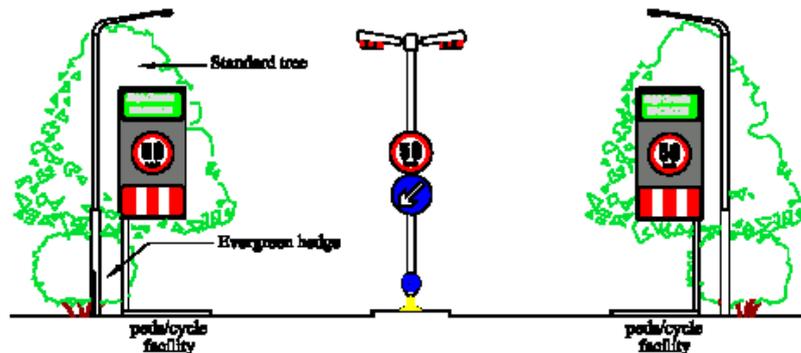


Figura 24 Configurazione della zona di transizione in ambito semi rurale

(Fonte: Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, NRA)



**OPEN RURAL SETTING**

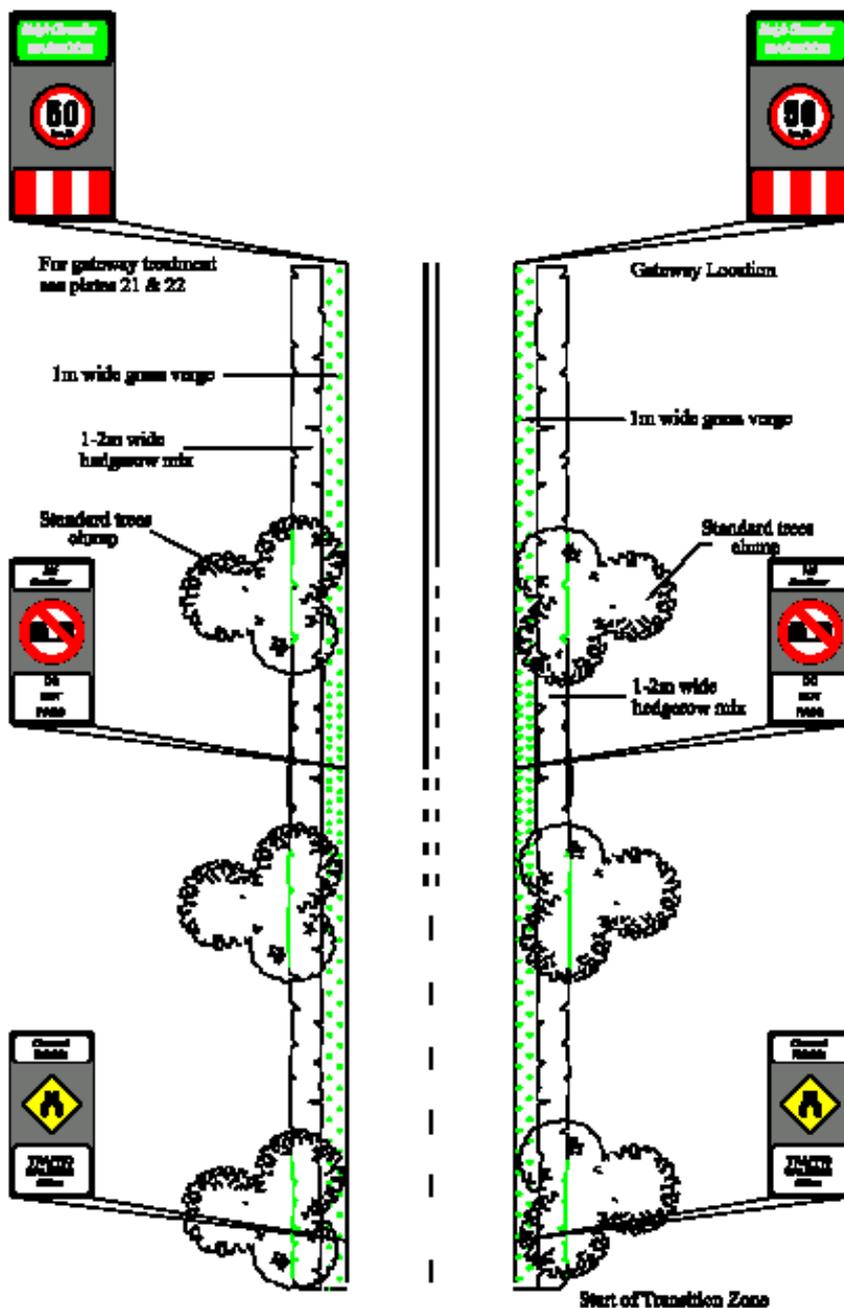
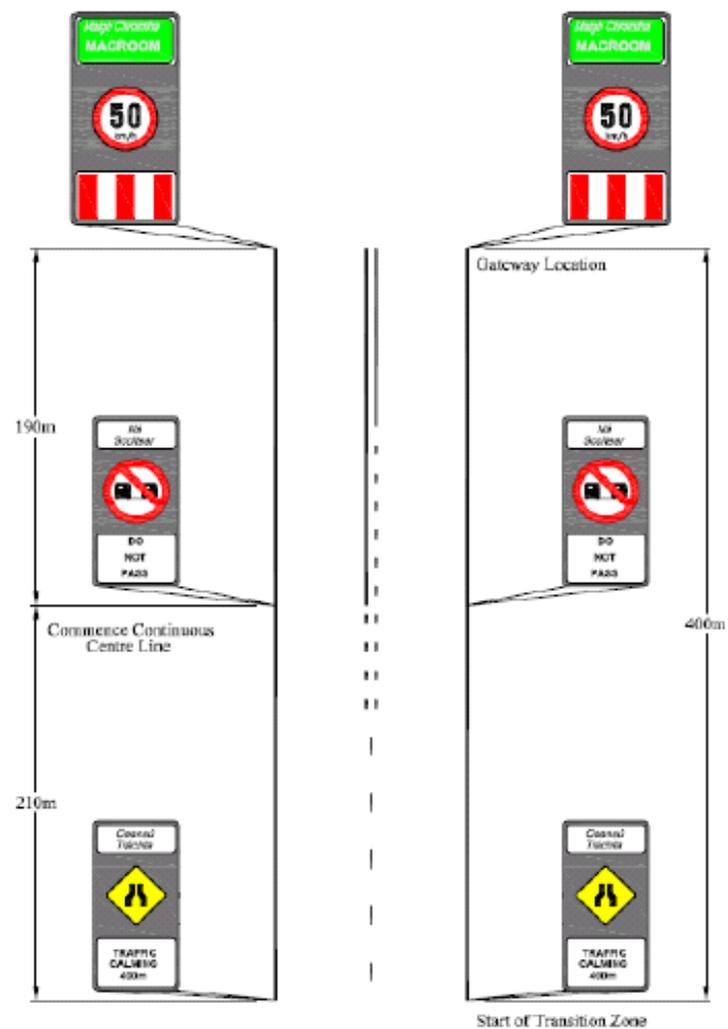
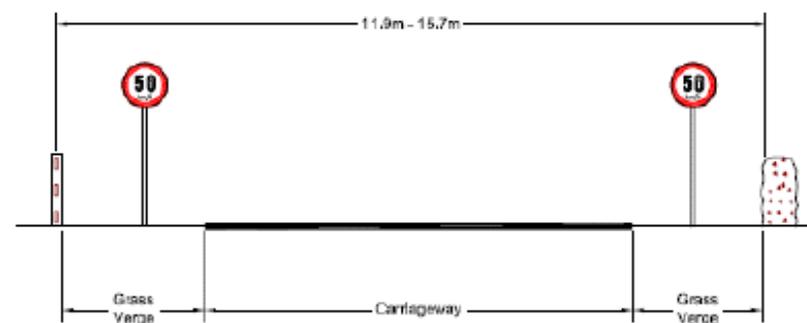


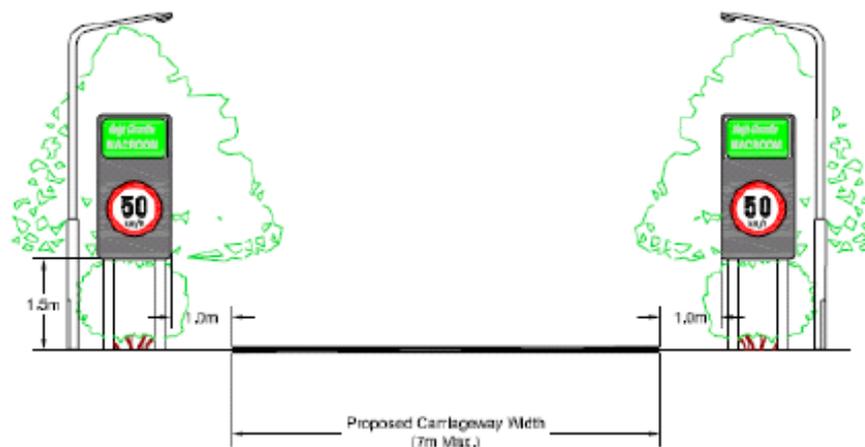
Figura 25 Configurazione della zona di transizione in ambito rurale (Fonte: *Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, NRA*)



POSITION OF TRANSITION ZONE SIGNS

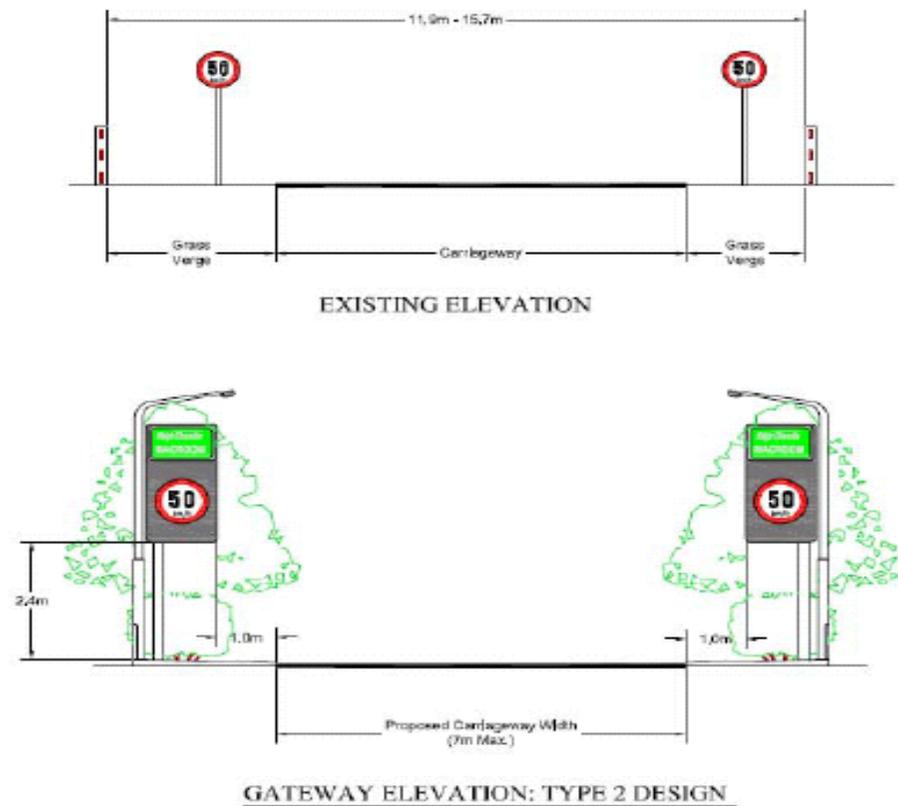
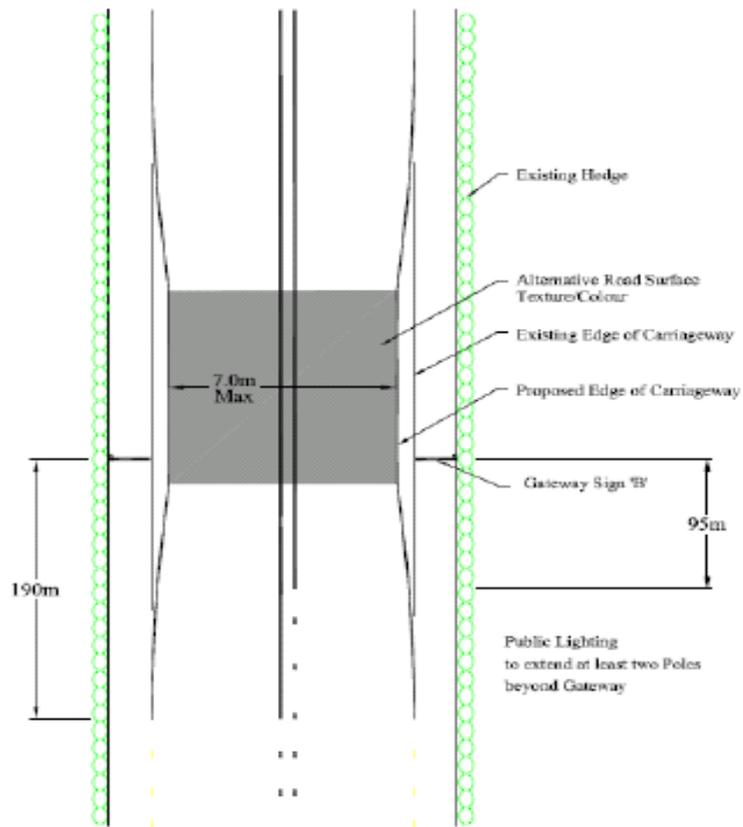


EXISTING ELEVATION



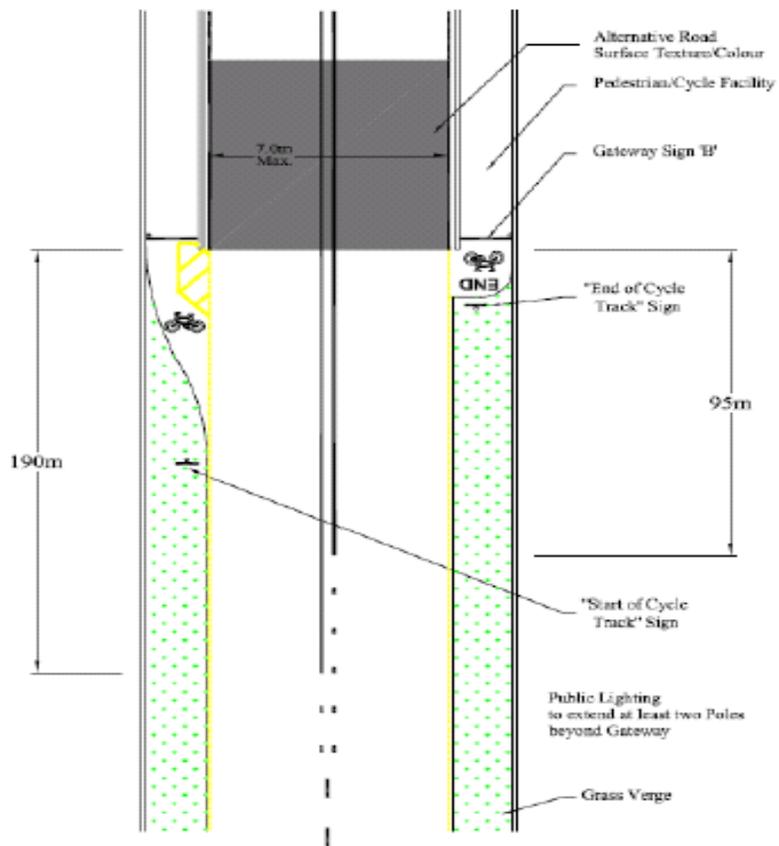
GATEWAY ELEVATION: TYPE 1 DESIGN

Figura 26 Esempio 1 di Zona di transizione (Fonte: Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, NRA)

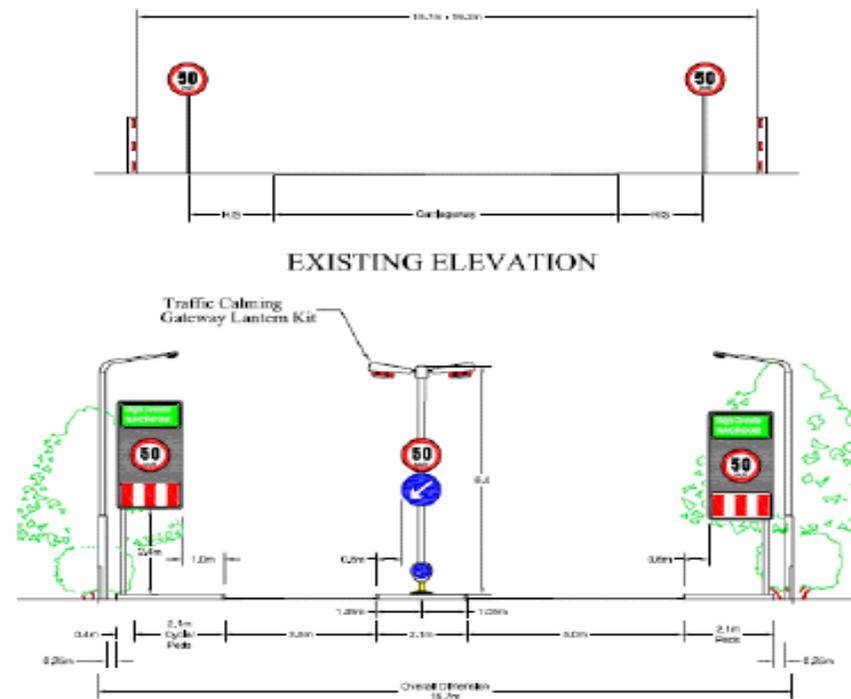


PLAN OF ROAD IN VICINITY OF GATEWAY : TYPE 1 DESIGN

Figura 27 Esempio 2 di Zona di transizione (Fonte:Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, NRA)

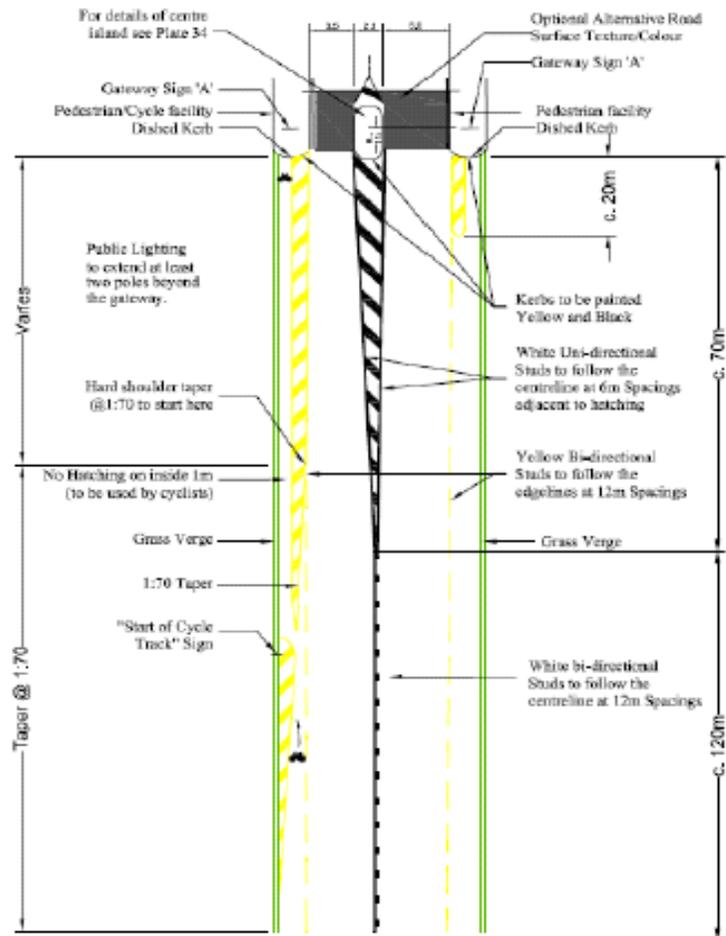


PLAN OF ROAD IN VICINITY OF GATEWAY : TYPE 2 DESIGN



GATEWAY ELEVATION : TYPE 3 DESIGN

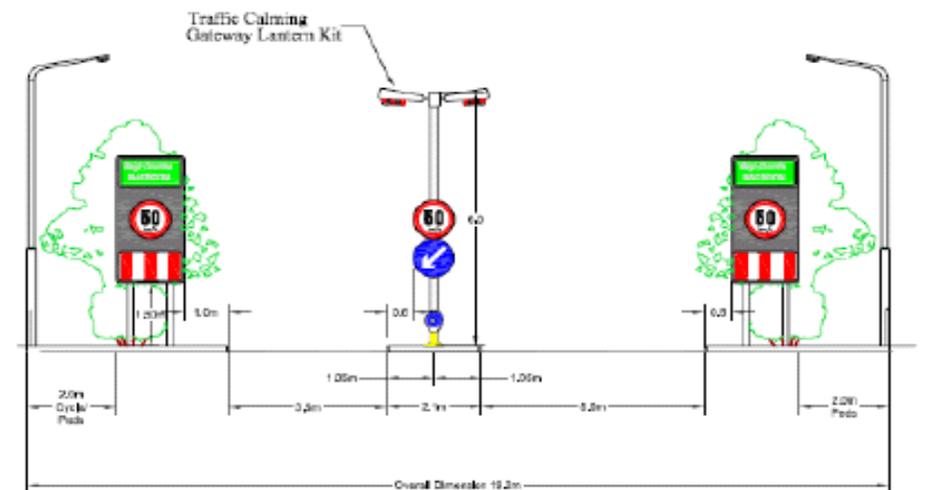
Figura 28 Esempio 3 di Zona di transizione (Fonte: Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, NRA)



PLAN OF ROAD IN VICINITY OF GATEWAY : TYPE 3 DESIGN

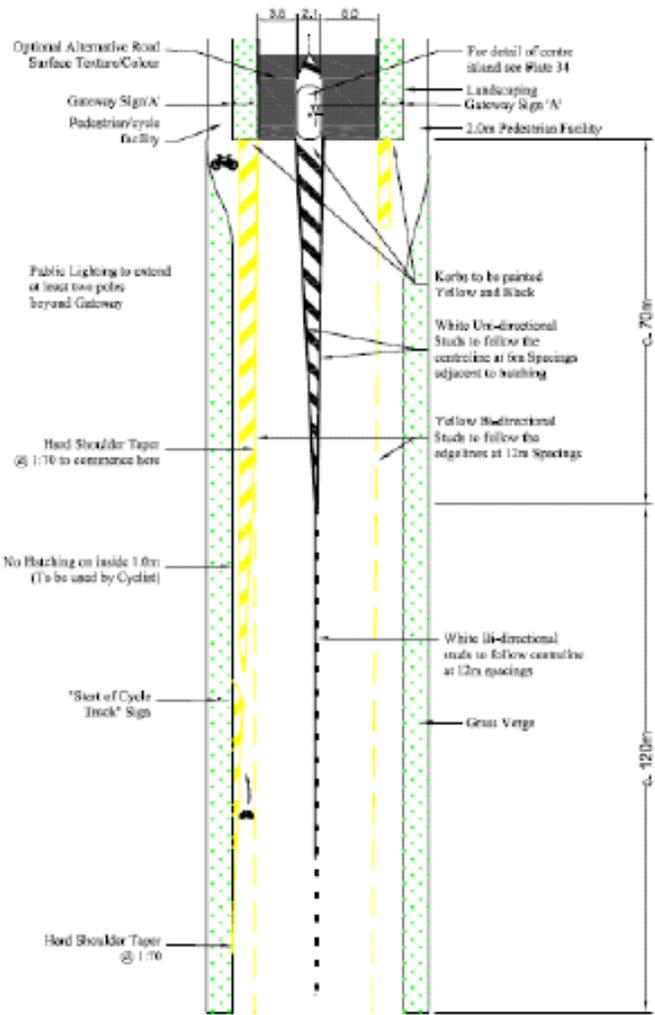


EXISTING ELEVATION



GATEWAY ELEVATION : TYPE 4 DESIGN

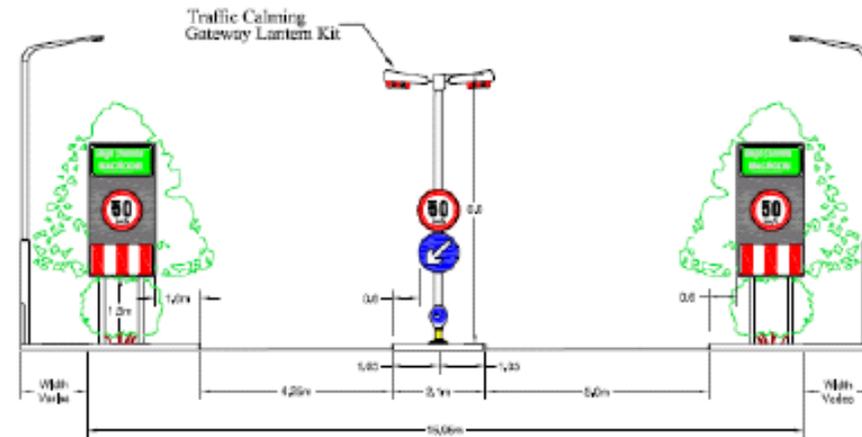
Figura 29 Esempio 4 di Zona di transizione (Fonte: Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, NRA)



**PLAN OF ROAD IN VICINITY OF GATEWAY : TYPE 4 DESIGN**

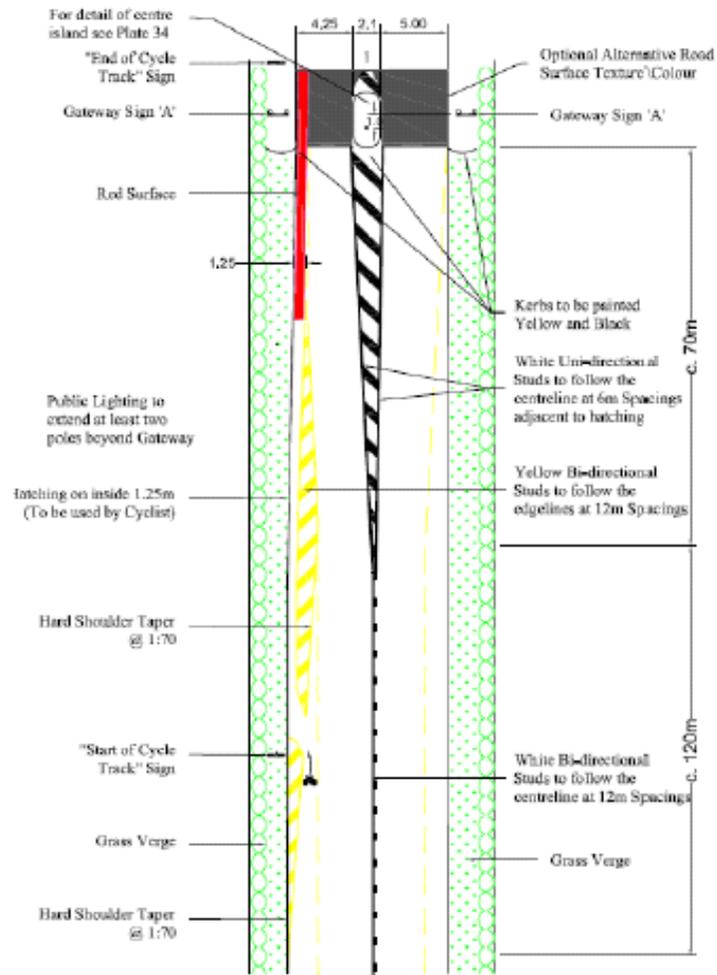


**EXISTING ELEVATION**

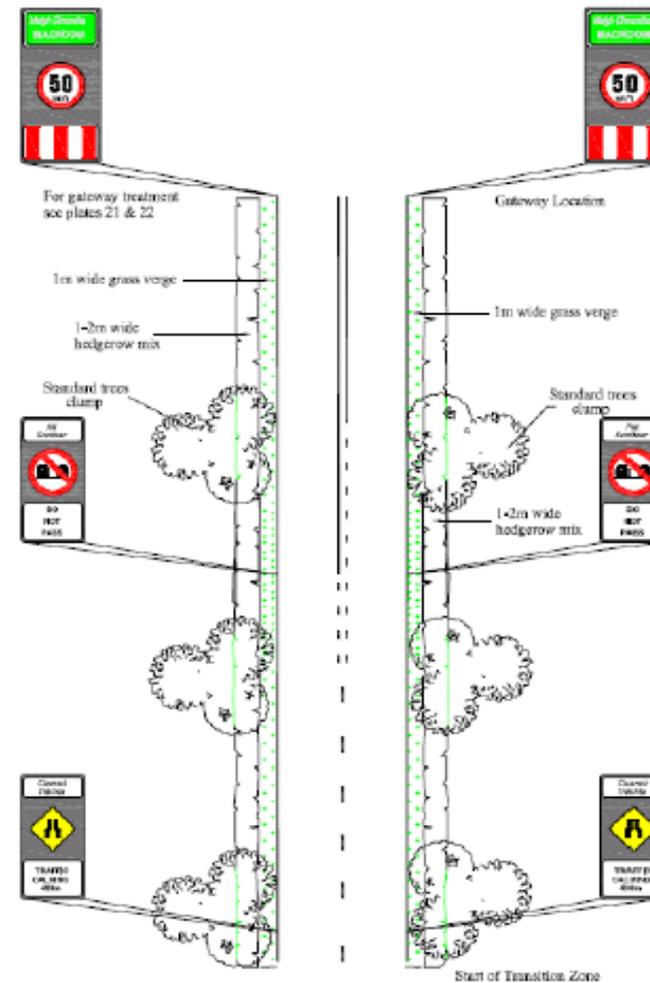


**GATEWAY ELEVATION : TYPE 5 DESIGN**

Figura 30 Esempio 5 di Zona di transizione (Fonte: Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, NRA)

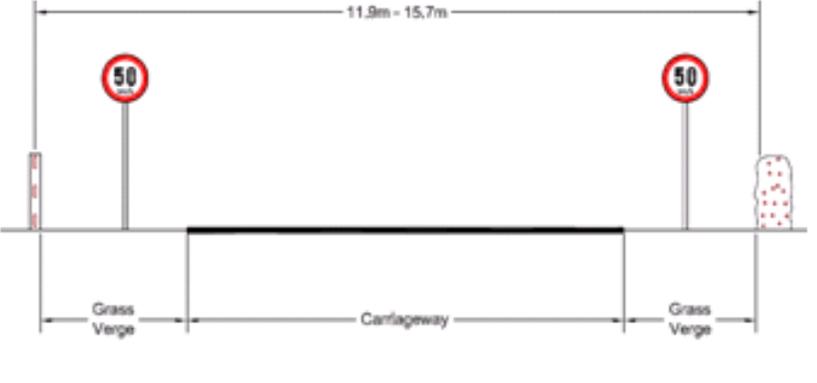
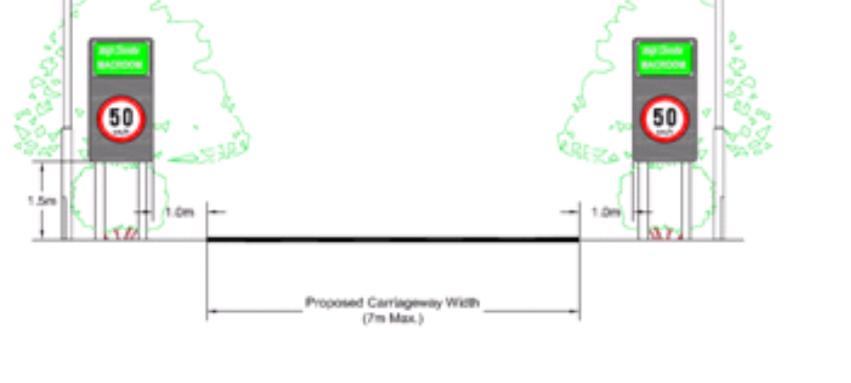
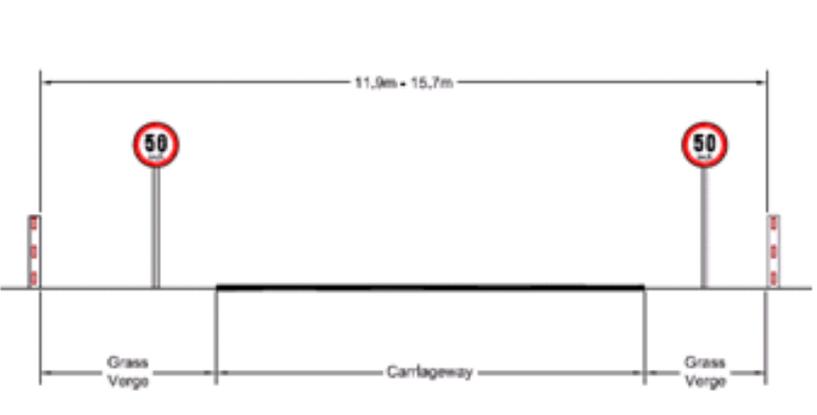
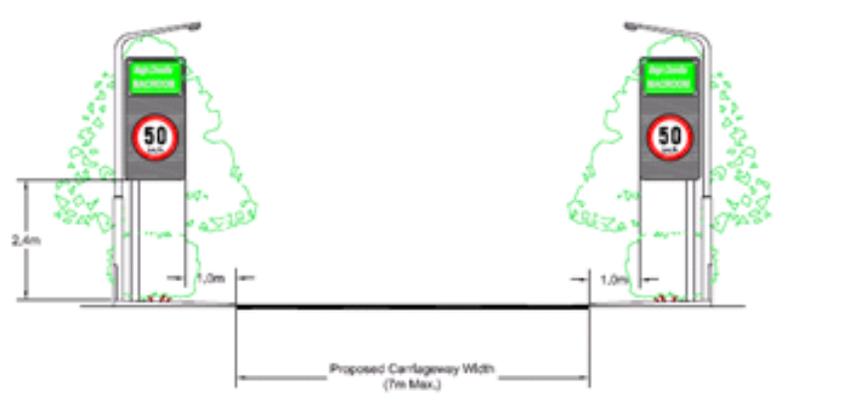


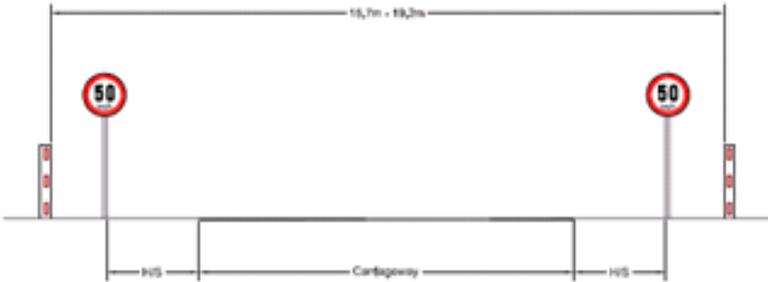
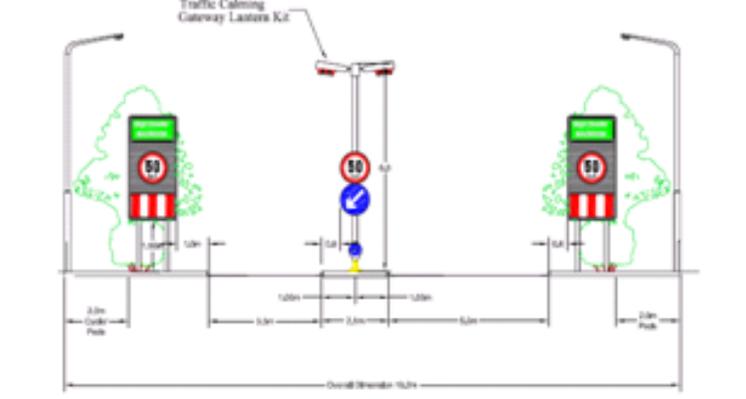
**LANE OF ROAD IN VICINITY OF GATEWAY : TYPE 5 DESIGN**



**TRANSITION ZONE LANDSCAPE TREATMENT**

Figura 31 Esempio 6 di Zona di transizione (Fonte: Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, NRA)

Tipo di strada		
<b>Tipo 1:</b> <b>11,9 &lt; L &lt; 15,7</b>		
	<p>Sezione esistente (before)          Strada con ingombro 11,9 &lt; L &lt; 15,7.m priva di marciapiedi</p>	<p>Sezione After</p>
<b>Tipo 2:</b> <b>11,9 &lt; L &lt; 15,7</b>		
	<p>Sezione esistente (before)          Strada con ingombro 11,9 &lt; L &lt; 15,7.m con marciapiedi          Roads without hard shoulders</p>	<p>Sezione After          Si nota che il segnale di limite di velocità è stato posto più in alto</p>

<p><b>Tipo 3:</b> 15,7 &lt; L &lt; 19,2</p>		
	<p>Sezione esistente (before) Strada con imgombrò 15,7 &lt; L &lt; 19,2 m provvista di illuminazione Roads with hard shoulders</p>	<p>Sezione After</p>
<p><b>Tipo 4:</b> 19,2 &lt; L &lt; 21</p>		
	<p>Sezione esistente (before) imgombrò 19,2 &lt; L &lt; 21 m</p>	<p>Sezione After</p>

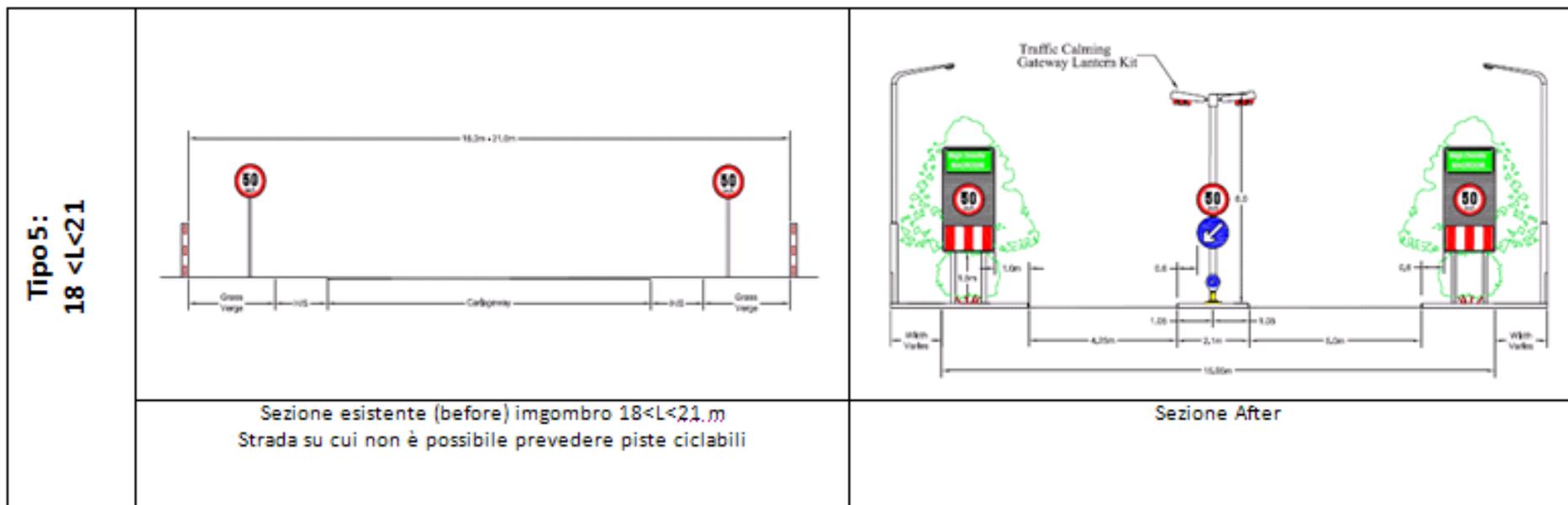


Figura 32 Soluzioni progettuali della parte terminale della zona di transizione in funzione delle caratteristiche della strada

(Fonte: Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, NRA)

## 2.3 Efficacia degli interventi di moderazione delle velocità

L'utilizzo di sistemi di moderazione della velocità nei tronchi di attraversamento al fine di migliorare la sicurezza stradale è ormai una realtà consolidata in molti Paesi europei quali l'Irlanda e il Regno Unito, negli ultimi anni tali applicazioni stanno diffondendosi anche negli Stati Uniti. Di seguito si riportano i risultati ritenuti salienti di alcune di queste esperienze.

### 2.3.1 Irlanda

In Irlanda nei primi anni ottanta, a seguito degli interventi realizzati sulla rete stradale nazionale, si registrò un aumento degli spostamenti e un aumento nella celerità degli stessi, a cui tuttavia si associò un aumento dell'incidentalità, soprattutto nella zona di transizione da elevata a bassa velocità in ingresso a città e villaggi. I tassi di incidentalità registrati su tali tratti di strada risultarono superiori a quelli dell'area extraurbana e le analisi fatte stabilirono che la maggior parte dei fattori di rischio era da imputare alle elevate velocità attuate dagli utenti. Fu riscontrato, infatti, che i conducenti che percorrevano le strade nazionali con velocità appropriate continuavano a mantenere elevate velocità anche all'ingresso in aree urbane, senza considerare il cambiamento delle caratteristiche del contesto (presenza di negozi, case, scuole quindi commistione di utenze e di fatto elevati rischi per la sicurezza).

Nell'ambito del programma "The Road to Safety" del 1993 fu organizzato il monitoraggio per 4 anni, prima e dopo gli interventi di traffic calming, di alcune strade nazionali che attraversavano città o villaggi. I dati di incidentalità raccolti, distinti in funzione della gravità, sono sintetizzati nella tabella che segue.

<b>Collisions between 1994 and 1997 inside and outside urban areas</b>			
<b>SEVERITY</b>	<b>URBAN NATIONAL ROADS</b>	<b>RURAL NATIONAL ROADS</b>	<b>ALL NATIONAL ROADS</b>
Fatal	161	531	692
Serious Injury	851	1573	2424
Minor Injury	3475	3365	6840
<b>Total</b>	<b>4487</b>	<b>5469</b>	<b>9956</b>

Tabella 1 Incidenti classificati per gravità registrati sulle strade Nazionali Irlandesi tra il 1994 e il 1997

Dalla tabella si evince che nell'arco temporale considerato:

- circa il 45 % degli incidenti si è verificato in ambito urbano;
- gli incidenti mortali sono circa il 7% del totale, di questi oltre l'1,5% è avvenuto in ambito urbano.

L'obiettivo del progetto "The Road to Safety" era la riduzione del 20% del numero di incidenti mediante l'utilizzo di sistemi di traffic calming in corrispondenza di tratti della rete viaria nazionale intersecanti centri urbani, al fine di valutare quale effetto avessero tali sistemi sul miglioramento della sicurezza. A tal fine furono realizzate 21 installazioni tra il 1993 e il 1996, raggruppate in due tipologie:

- group 1 (sistema di traffic calming installato su ciascun approccio alla città o villaggio);
- group 2 (sistema di traffic calming installato in un solo approccio).

**Accident Nos. 'Before' and 'After' - Group 1**

Route	Town/Village	County	Fatal before	Serious before	Minor before	No of years before	Fatal after	Serious after	Minor after	No of years after
8	Watergrasshill	Cork	0	2	2	6	0	0	2	5
6	Kilreekill	Galway	0	0	3	6	0	1	1	5
7	Borris-in-Ossory	Laois	3	1	2	7	0	1	0	3
4	Annaduff	Leitrim	0	0	0	7	0	0	0	4
7	Daly's Cross	Limerick	2	1	3	7	0	0	2	3
8	Kilbeheny	Limerick	0	1	5	5	0	0	2	6
2	Collon	Louth	2	5	4	8	0	2	1	3
3	Carnaross	Meath	0	1	3	6	1	0	1	5
3	Dunshaughlin	Meath	3	5	3	7	0	2	7	4
6	Horseleap	Offaly	0	1	1	6	0	0	2	5
8	Littleton	Tipperary (NR)	0	0	11	6	0	0	0	4
4	Ballinalack	Westmeath	0	0	2	6	0	0	0	5
11	Oilgate	Wexford	0	0	0	6	0	1	1	4
11	Kilmacanogue	Wicklow	1	2	10	8	0	0	1	3

Tabella 2 Numero di incidenti "prima" e "dopo" - group 1

**Accident Nos. 'Before' and 'After' - Group 2**

Route	Town/Village	County	Fatal before	Serious before	Minor before	No of years before	Fatal after	Serious after	Minor after	No of years after
8	Rathcormac - S app	Cork	0	4	4	8	0	0	1	3
15	Ballyshannon N app	Donegal	0	0	0	8	0	0	0	3
2	Ashbourne N app	Meath	0	0	1	8	0	1	0	3
2	Castleblaney S app	Monaghan	0	1	0	8	0	0	0	3
6	Kilbeggan - W app	Westmeath	0	0	1	6	0	0	1	4
6	Moate - E app	Westmeath	0	4	2	6	0	0	0	5
6	Tyrrellspass - W app	Westmeath	0	0	1	6	0	0	4	5

Tabella 3 Numero di incidenti "prima" e "dopo" - group 2

In ciascuna tipologia di sito sono stati monitorati gli incidenti prima e dopo la realizzazione degli interventi.

**Annual Average Accident Nos. 'Before' and 'After' - Group 1**

	Fatal Accs Before	Serious Injury Accs Before	Minor Injury Accs Before	Avg no of years before	Fatal Accs After	Serious Injury Accs After	Minor Injury Accs After	Avg no years after
<b>Totals</b>	11	19	49	6.5	1	7	20	4.2
<b>Annual Average Accident Nos</b>	1.7	2.9	7.5		0.2	1.7	4.7	

Tabella 4 Numero medio di incidenti "prima" e "dopo" – Group 1

Le statistiche mostrano che nel caso di sistemi di traffic calming su ciascun ingresso all'abitato si è registrata la riduzione annuale media di:

- 1,5 incidenti mortali
- 1,2 incidenti gravi
- 2,8 incidenti minori

**Annual Average Accident Nos. 'Before' and 'After' - Group 2**

	Fatal Accs Before	Serious Injury Accs Before	Minor Injury Accs Before	Avg no of years before	Fatal Accs After	Serious Injury Accs After	Minor Injury Accs After	Avg no years after
<b>Totals</b>	0	9	9	7.1	0	1	6	3.7
<b>Annual Average Accident Nos</b>	0.0	1.3	1.3		0.0	0.3	1.6	

Tabella 5 Numero medio di incidenti "prima" e "dopo" – Group 2

Le statistiche mostrano che i sistemi di traffic calming su un solo ingresso hanno fatto registrare la riduzione annuale media di:

- 1,0 incidenti gravi
- - 0,3 incidenti minori

Nella tabella successiva sono riportati le percentuali di incidenti in ciascuna categoria, si può osservare che in entrambi i gruppi si è registrata una riduzione degli incidenti a seguito dell'installazione degli interventi di traffic calming.

**Percentage Fatal, Serious Injury and Minor Injury Accidents – Groups 1 & 2**

	Group 1		Group 2	
	Before	After	Before	After
<b>Fatal %</b>	14	4	0	0
<b>Serious Injury %</b>	24	25	50	14
<b>Minor Injury %</b>	62	71	50	86

Tabella 6 Percentuale di incidenti - Group 1 & 2

Per verificare l'efficacia degli interventi di traffic calming nel ridurre l'incidentalità, sono stati confrontati i dati dei diversi siti implementando un test di Student a due code sulle differenza in media tra il periodo “before” e “after”.

**Fatal (F) and Serious Injury (SI) Accidents for Group 1 Schemes**

	F before	SI before	F and SI Before	No of years before	F after	SI after	F and SI After	No of years after	F+SI per year before	F+SI per year after	Difference in means
Watergrasshill	0	2	2	6	0	0	0	5	0.3	0.0	0.3
Kilreekill	0	0	0	6	0	1	1	5	0.0	0.2	-0.2
Borris-in-Ossory	3	1	4	7	0	1	1	3	0.6	0.3	0.2
Annaduff	0	0	0	7	0	0	0	4	0.0	0.0	0.0
Daly's Cross	2	1	3	7	0	0	0	3	0.4	0.0	0.4
Kilbeheny	0	1	1	5	0	0	0	6	0.2	0.0	0.2
Collon	2	5	7	8	0	2	2	3	0.9	0.7	0.2
Carnaross	0	1	1	6	1	0	1	5	0.2	0.2	0.0
Dunshaughlin	3	5	8	7	0	2	2	4	1.1	0.5	0.6
Horseleap	0	1	1	6	0	0	0	5	0.2	0.0	0.2
Littleton	0	0	0	6	0	0	0	4	0.0	0.0	0.0
Ballinalack	0	0	0	6	0	0	0	5	0.0	0.0	0.0
Oilgate	0	0	0	6	0	1	1	4	0.0	0.3	-0.3
Kilmacanogue	1	2	3	8	0	0	0	3	0.4	0.0	0.4
			30	Avg 6.5			8	Avg 4.2			

Degrees of freedom: 13.00  
t-value: 2.27  
significance (2-tailed): 0.04

Tabella 7 Risultati del t-test applicato ai dati di incidentalità del gruppo 1

### Fatal (F) and Serious Injury (SI) Accidents for Group 2 Schemes

	F before	SI before	F and SI Before	No of years before	F after	SI after	F and SI After	No of years after	F+SI per year before	F+SI per year after	Difference in means
Rathcormac - S app	0	4	4	8	0	0	0	3	0.50	0.00	0.50
Ballyshannon N app	0	0	0	8	0	0	0	3	0.00	0.00	0.00
Ashbourne N app	0	0	0	8	0	1	1	3	0.00	0.33	-0.33
Castleblaney S app	0	1	1	8	0	0	0	3	0.13	0.00	0.13
Kilbeggan - W app	0	0	0	6	0	0	0	4	0.00	0.00	0.00
Moate - E app	0	4	4	6	0	0	0	5	0.67	0.00	0.67
Tyrrellspass - W app	0	0	0	6	0	0	0	5	0.00	0.00	0.00
			9	Avg 7.1			1	Avg 3.7			

Degrees of freedom: 6.00

t-value: 1.08

significance (2-tailed): 0.32

Tabella 8 Risultati del t-test applicato ai dati di incidentalità del gruppo 2

I risultati mostrano, che al livello di confidenza del 95%, la riduzione del numero di incidenti gravi e mortali nel gruppo 1 è significativa. Allo stesso livello di significatività non è possibile stabilirlo per il gruppo 2 a causa della ridotta dimensione del campione. Oltre al numero di incidenti è stata indagata anche la tipologia di incidenti:

- si è registrato un netto calo di investimenti di pedoni. In particolare è calato il numero di eventi con esito letale;
- gli incidenti a veicolo isolato sono diminuiti leggermente in numero, ma si è ridotta notevolmente la loro gravità;
- gli incidenti frontali sono diminuiti sia in numero che gravità;
- i tamponamenti sono diminuiti sia in numero che gravità.

A differenza di quanto avvenuto per i dati di incidentalità è stato possibile effettuare i rilievi di velocità solo su due siti (N2 Collon, Co. Louth e N8 Watergrasshill, Co. Cork) dei 21 siti i risultati sono discussi di seguito.

Le misure effettuate a Collon hanno mostrato che la riduzione dell'85 percentile della velocità in prossimità del limite di velocità è stata di circa 10 mph, riduzioni simili si sono avute in prossimità dell'incrocio all'interno del paese. Le riduzioni osservate sono state superiori alle attese, tanto da far ritenere particolarmente efficaci gli interventi.

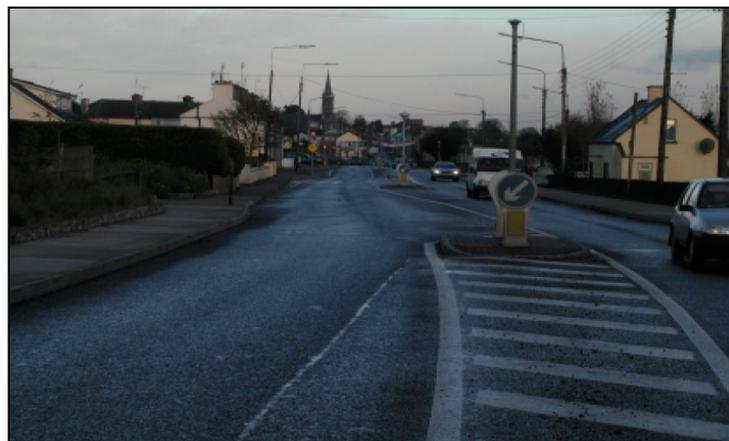
**N2 Collon, Co. Louth – Speed Measurements**

Location	1988 (Before) mph	1995 (Just after installation) mph	1996 (1 year after installation) mph
North approach to 30mph speed limit	52.19	42.72	43.51
Crossroads in village (northbound)	45.04	36.73	34.73
Crossroads in village (southbound)	45.17	36.25	35.92
South approach to 30mph speed limit	60.77	51.15	48.60

Tabella 9 Valori di velocità ( $V_{85}$ ) sulla strada N2 sita in Collon



Before



After

Figura 33 N20 Charleville (South), Before/after

L'elaborazione dei dati relativi a Watergrasshill ha mostrato che la riduzione della velocità media in ingresso all'abitato da nord è stata tra 1 e 5mph. Le velocità sul versante meridionale invece sono aumentate, ciò è da imputare probabilmente all'azione combinata di un intervento sulla pavimentazione risalente al 1994 e agli scarsi interventi di traffic calming nella parte terminale del villaggio.

### **N8 Watergrasshill, Co. Cork – Speed Measurements**

<b>Location</b>	<b>1992 (Before) mph</b>	<b>1999 (After) mph</b>
North approach to 30mph speed limit	43.03	42.11
5 <sup>th</sup> traffic island – most southerly (northbound)	38.73	33.77
5 <sup>th</sup> traffic island – most southerly (southbound)	39.74	34.60
Outside Fir Tree Bar (northbound)	36.37	32.57
Outside Fir Tree Bar (southbound)	35.16	32.57
Outside Volvo Garage (northbound)	41.99	44.93
Outside Volvo Garage (southbound)	41.53	41.89
South approach to 30mph speed limit	40.01	44.77

Speeds are average speeds.

Figura 34 Valori di velocità relativi al sito di Watergrasshill

Nel riportare le conclusioni di tale studio si ritiene opportuno precisare che ai fini delle elaborazioni sono state considerate tre sezioni separate della strada:

- la prima parte della zona di transizione, dal segnale di Traffic Calming al segnale che impone il divieto di sorpasso;
- la seconda parte della zona di transizione, dal segnale di divieto di sorpasso al gateway;
- all'interno del centro abitato.

All'inizio della zona di transizione sono state generalmente misurate velocità ( $V_{85}$ ) tra 90 e 100km/h, in corrispondenza del segnale di divieto di sorpasso si sono registrate riduzioni

dell'85° percentile di 6-8km/h. Tali riduzioni di velocità sono risultate statisticamente significative. L'entità di tale riduzione è comunque funzione della lunghezza della zona di transizione e dell'85° percentile della velocità registrato in corrispondenza del segnale di traffic calming.

La maggiore riduzione della velocità, 10-14km/h rispetto alla sezione in corrispondenza del divieto di sorpasso, è stata ottenuta in corrispondenza del gateway (*la seconda parte della zona di transizione*). Generalmente questo effetto è da imputarsi alla presenza di un'isola spartitraffico.

La sezione più importante del sistema di traffico in termini di protezione degli utenti vulnerabili della strada, si trova *all'interno del centro abitato*. E' stato riscontrato che nonostante si verifichi in corrispondenza di tale sezione una ulteriore riduzione della  $v_{85}$  dell'ordine di 6-8km/h gli automobilisti generalmente continuano a viaggiare all'interno dell'abitato a velocità superiori a quelle imposte dal limite. Ciò suggerisce che le attuali restrizioni imposte agli automobilisti dai dispositivi di moderazione del traffico non sono sufficientemente efficaci.

Nel corso dello studio, inoltre, sono state misurate anche le riduzioni di velocità registrate su quattro approcci a villaggi sprovvisti di interventi di traffic calming, su tronchi di lunghezze simili a quelle delle zone di transizione. E' stata accertata una riduzione dell'ordine di 2-3km/h della  $V_{85}$ , statisticamente non significativa. Ciò suggerisce che il segnale posto all'inizio della zona di transizione è efficace nel ridurre la velocità attuata dagli utenti.

L'efficacia degli interventi di traffic calming realizzati è stata valutata anche in termini di incidentalità. Il tasso medio di incidenti all'interno del centro abitato prima dell'installazione era pari a 8 incidenti/anno, a seguito degli interventi tale tasso è sceso a 3,5 incidenti/anno, nello specifico il tasso di incidenti che vedevano coinvolti pedoni è passato da 0,26 incidenti/anno a 0,13. Le cifre indicano che le misure hanno consentito di raggiungere il principale obiettivo: migliorare il livello di sicurezza per gli utenti vulnerabili della strada in area urbana.

Un confronto tra i risultati ottenuti e quelli di altri Paesi europei, dove i sistemi di traffic calming vengono implementati da quasi 40 anni, ha consentito di appurare l'efficacia dell'intervento.

In Danimarca, infatti, su strade molto simili a quelle trattate nello studio in esame sono state raggiunte riduzioni della velocità media tra 8 e 10km/h.

In Inghilterra uno studio su 24 schemi di traffic calming (commissionato nel 1991) ha mostrato che in 8 di questi le riduzioni di velocità sono state simili a quelle realizzate su rotte interurbane in Irlanda. I risultati hanno indicato che i sistemi che incorporano gateway e dispositivi di traffico all'interno del centro abitato portano ad una riduzione del 85° percentile delle velocità di 14 km /h in corrispondenza del gateway, analogamente a quanto osservato in Irlanda sulle rotte urbane.

La riduzione del tasso di incidentalità del 14% registrata in Inghilterra non è stata statisticamente significativa; questa è infatti molto inferiore ai valori rilevati in Irlanda in aree urbane provviste di sistemi di moderazione del traffico. Tale divario è da imputarsi probabilmente al fatto che solo tre dei 24 schemi applicati nel Regno Unito presentavano isole spartitraffico rialzate (raised traffic islands) in ambito urbano

Altro studio ritenuto significativo è quello condotto sulle alcune strade nazionali irlandesi oggetto, tra il 1997 e il 2002, di interventi tesi ad implementare le misure di traffic calming. Anche in questo caso l'efficacia degli interventi è stata valutata analizzando i dati di incidentalità prima e dopo l'intervento, per un periodo di 4 anni. Lo scopo del progetto era ridurre in numero e gravità gli incidenti in ingresso agli abitati e all'interno degli stessi, riducendo la velocità.

Gli schemi completati sono 94 ma di questi sono disponibili i dati solo di 91, sono. riportati di seguito suddivisi per localizzazione e anno di realizzazione.

<b>Schemes implemented per year by county</b>							
<b>Local Authority</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>Total</b>
Cavan						1	1
Clare		2					2
Cork	2		3		2	4	11
Donegal	2				2	3	7
Galway		1	3	1			5
Kerry		2					2
Kildare		1					1
Kilkenny	1	1	2		4		8
Laois				2		2	4
Leitrim		1		1			2
Longford					1	1	2
Louth	4				1		5
Mayo	1	1	1		1		4
Meath	1		2		1	1	5
Monaghan		1		1	2		4
Offaly			1		2		3
Roscommon					2		2
Sligo			1	3	1	1	6
South Tipperary		2	1		2		5
Waterford		1					1
Westmeath		1	1	1			3
Wexford	1		2		2	2	7
Wicklow			1				1
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>91</b>

Tabella 10 Schemi di Traffic Calming raggruppati per Paese e anno di realizzazione

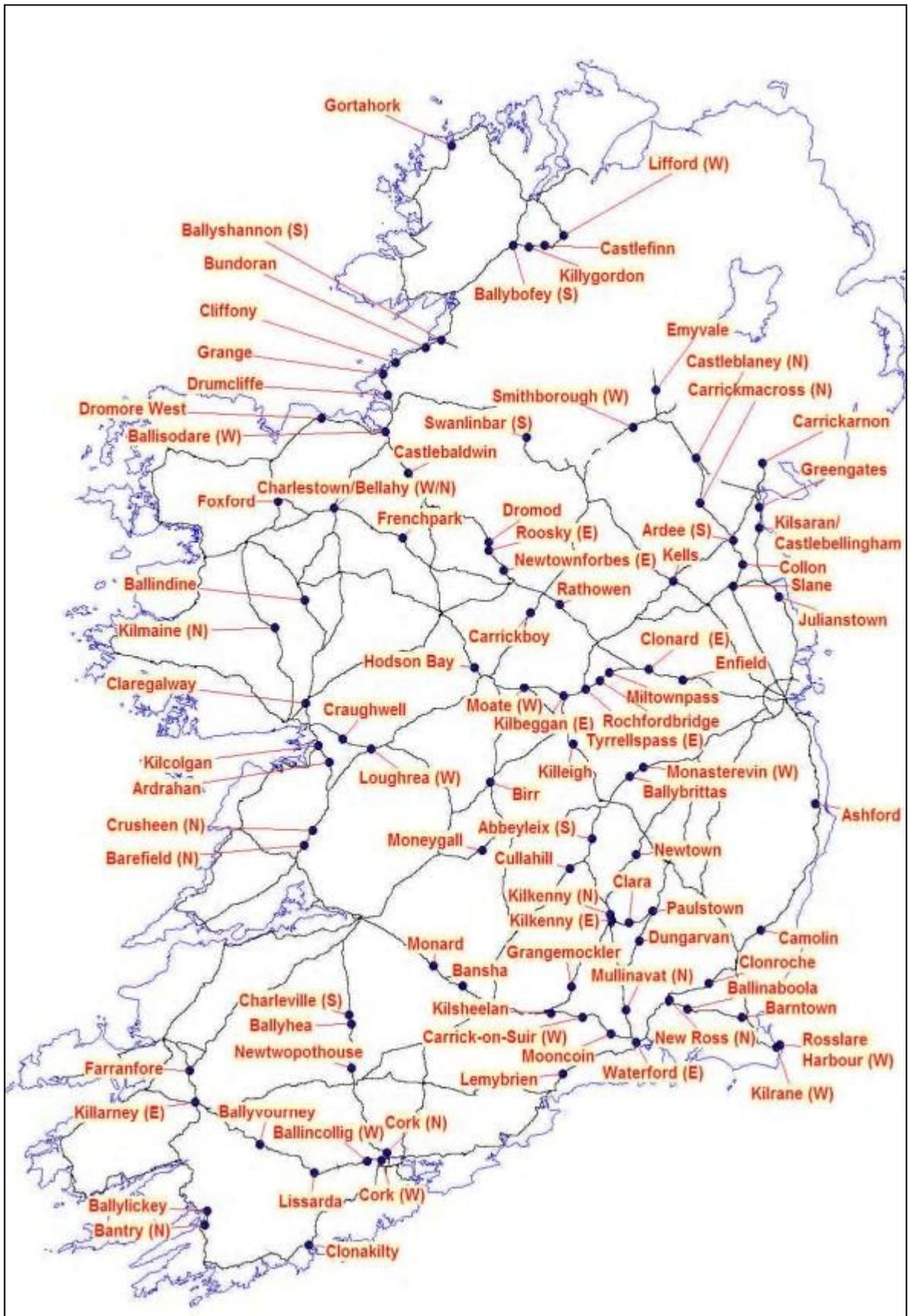


Figura 35 Localizzazione degli interventi

I dati di incidentalità sono stati rilevati in ciascuna delle 91 località per 4 anni prima e per 4 anni dopo la realizzazione, la fase "after" è stata considerata a partire dall'anno successivo alla realizzazione dell'intervento.

La fonte dei dati elaborati è l'NRA Collision Database. Il campione è formato solo dagli incidenti avvenuti sul territorio nazionale e localizzati entro la zona di influenza del sistema di traffic calming. Tale zona si estende per 200 m a partire dal gateway al fine di tener conto degli effetti della zona di transizione.

Collisions before and after scheme implementation for each year's programme									
Year	No of Schemes	4 Years Before				4 Years After			
		Fatal	Serious	Minor	Total	Fatal	Serious	Minor	Total
1997	12	10	16	52	78	3	15	51	69
1998	14	5	8	31	44	2	6	30	38
1999	18	5	23	54	82	1	8	36	45
2000	9	2	4	27	33	3	6	19	28
2001	23	10	13	95	118	3	12	59	74
2002	15	4	8	41	53	3	5	40	48
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>300</b>	<b>408</b>	<b>15</b>	<b>52</b>	<b>235</b>	<b>302</b>

Tabella 11 Incidenti "prima" e "dopo"

Nei 4 anni considerati si è avuta una riduzione degli incidenti da 408 a 302.

In Irlanda nel periodo oggetto di studio si sono avute delle riduzioni del numero di incidenti sia su strade oggetto di intervento che non, legate a fattori quali: campagne per la sicurezza, variazione dei flussi di traffico, distribuzione della popolazione e altro. Gli autori dello studio hanno tenuto conto di ciò confrontando i dati ottenuti con quelli di siti simili presenti sulla rete stradale nazionale.

Nel gruppo di controllo a livello nazionale si è registrata una riduzione dell'incidentalità di circa il 15% tra il "prima" e il "dopo". Tuttavia, la riduzione varia sensibilmente tra i diversi tipi di incidenti: gli incidenti mortali hanno avuto una riduzione percentuale simile alla tendenza generale, quelli gravi di oltre il 40% e quelli minori di circa il 10%.

Collision reductions for each year's programme									
Year	No of Schemes	4 Year Reduction				4 Year Reduction, Adjusted			
		Fatal	Serious	Minor	Total	Fatal	Serious	Minor	Total
1997	12	7	1	1	9	5.5	-6.4	0.6	-0.3

1998	14	3	2	1	6	1.8	-2.0	-1.2	-1.5
1999	18	4	15	18	37	3.0	5.0	14.0	22.0
2000	9	-1	-2	8	5	-1.4	-3.6	5.9	0.8
2001	23	7	1	36	44	6.5	-3.7	24.6	27.4
2002	15	1	3	1	5	1.1	0.7	-7.1	-5.2
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>65</b>	<b>106</b>	<b>16.4</b>	<b>-10.0</b>	<b>36.8</b>	<b>43.3</b>

Tabella 12 Riduzione degli incidenti "prima" e "dopo" confrontata con la tendenza nazionale

Facendo riferimento ai dati confrontati con la tendenza nazionale la riduzione è di 43,3 ovvero 10,8 incidenti per anno.

Annual collision reductions for each year's programme									
Year	No of Schemes	Annual Drop in Collisions, Adjusted				Percentage Drop in Collisions			
		Fatal	Serious	Minor	Total	Fatal	Serious	Minor	Total
1997	12	1.4	-1.6	0.1	-0.1	65%	-74%	1%	-0%
1998	14	0.5	-0.5	-0.3	-0.4	47%	-51%	-4%	-4%
1999	18	0.7	1.3	3.5	5.5	75%	39%	28%	33%
2000	9	-0.4	-0.9	1.5	0.2	-88%	-55%	24%	3%
2001	23	1.6	-0.9	6.2	6.9	68%	-44%	29%	27%
2002	15	0.3	0.2	-1.8	-1.3	27%	13%	-21%	-12%
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>4.1</b>	<b>-2.5</b>	<b>9.2</b>	<b>10.8</b>	<b>52%</b>	<b>-24%</b>	<b>14%</b>	<b>13%</b>

Tabella 13 Riduzione annuale degli incidenti per ciascun anno del programma

Severities as a percentage of all collisions for each year's programme							
Year	No of Schemes	Percentage of all Collisions, 4 years before			Percentage of all Collisions, 4 years after		
		Fatal	Serious	Minor	Fatal	Serious	Minor
1997	12	13%	20%	67%	4%	22%	74%
1998	14	11%	18%	71%	5%	16%	79%
1999	18	6%	28%	66%	2%	18%	80%
2000	9	6%	12%	82%	11%	21%	68%
2001	23	8%	11%	81%	4%	16%	80%
2002	15	8%	15%	77%	6%	11%	83%
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>9%</b>	<b>18%</b>	<b>73%</b>	<b>5%</b>	<b>17%</b>	<b>78%</b>

Tabella 14 Valori percentuali in funzione della gravità

Si può notare che, in generale, per ogni anno del programma, ad eccezione per l'anno 2000, la percentuale di incidenti fatali si è quasi dimezzata, la percentuale di incidenti gravi è rimasta più o meno la stessa, mentre quella di incidenti minori è leggermente aumentata.

Nei quattro anni della fase before gli incidenti fatali rilevati nei centri abitati oggetto di analisi erano il 9% del totale, mentre quelli gravi e minori si attestavano rispettivamente al 18% ed al 73%. Nei quattro anni della fase after, a seguito della realizzazione degli interventi di moderazione del traffico, gli incidenti mortali sono diminuiti del 5%, quelli gravi al 17% mentre quelli lievi sono saliti al 78%.

Concludendo l'implementazione dei sistemi di traffic calming ha avuto l'effetto di ridurre il numero di incidenti nelle zone geografiche di influenza. Il suo effetto è stato più importante nel ridurre la gravità degli incidenti piuttosto che il numero. La percentuale di incidenti con esito fatale è calata dal 9% a 5% in 4 anni mentre la percentuale di incidenti minori è aumentata di un analogo valore.

### 2.3.2 Regno Unito

Su commissione del dipartimento dell'Ambiente, dei Trasporti e delle Regioni il TRL (Transport Research Laboratory) ha effettuato lo studio relativo alla efficacia delle misure di traffic calming implementate in 56 villaggi del Regno Unito. Gli schemi analizzati comprendono sia quelli oggetto del progetto VISP (Village Speed Control Working Group) che quelli del progetto Traffic Calming in Villages on Major Roads. In particolare dei 56 villaggi 24 fanno parte del VISP, 9 del Traffic Calming in Villages on Major Roads e i restanti 23 sono stati forniti dalle autorità locali e presentano caratteristiche molto simili ai precedenti. I villaggi sono stati classificati come segue:

- A. nessuna misura all'interno del villaggio, ma solo la realizzazione del gateway in ingresso e interventi sulla pavimentazione e la carreggiata;
- B. misure all'interno di villaggio, che prevedono principalmente la segnaletica, la pavimentazione stradale e le isole di traffico per simulare le funzioni del gateway;
- C. significativi interventi di tipo fisico nel villaggio, con deflessioni orizzontali e / o verticali, generalmente abbinate al gateway.

La maggior parte dei sistemi sono stati installati nel corso del periodo 1992-97 e sono per lo più soggetti a limite di velocità a di 30 mph o 40 mph. I dati di incidentalità raccolti si riferiscono in media a 7 anni per la fase before (1986-1993) e 5 per quella after (1994-1998). Sono stati raggruppati in incidenti lievi, mortali e gravi (Ksi).

ACCIDENT FREQUENCY PER YEAR SUMMARY TABLE					
VILLAGES GROUP		SLIGHT	KSI	ALL	YEARS
VISP	Before	29.3	13.2	42.5	5.9
	After	28.3	7.9	36.2	6.1
Major road	Before	19.7	6.8	26.5	9.3
	After	19.2	2.7	22.0	3.3
Additional	Before	37.7	14.7	52.4	7.8
	After	32.7	6.3	39.0	5.2

Tabella 15 Frequenza degli incidenti

## PERCENTAGE CHANGES IN INJURY ACCIDENTS

VILLAGES GROUP	CHANGE IN INJURY ACCIDENT FREQUENCY		
	Slight	KSI	All severities
VISP	-3%	-40%	-15%
Major road	-2%	-60%	-17%
Additional	-13%	-57%	-25%

Tabella 16 Variazione percentuale degli incidenti

Analizzando i dati si evince che nel complesso il numero di incidenti mortali si è ridotto di circa il 50% e il numero totale degli incidenti di circa il 20%. Le tendenze nazionali per un analogo periodo di tempo, escluse le autostrade mostrano una riduzione del 7% di tutti gli incidenti e del 27% di quelli mortali.

La riduzione del numero di incidenti è stata maggiore nei siti dove si sono registrate riduzioni della  $v_{85}$  di 7 mph o più. La riduzione minore degli incidenti si è registrata in corrispondenza di diminuzioni della  $v_{85}$  dell'ordine di 2 mph o meno.

% CHANGES IN INJURY ACCIDENT FREQUENCY BY 85TH PERCENTILE SPEED REDUCTION	
SPEED REDUCTION	CHANGE IN ACCIDENT ALL SEVERITIES
0 - 2 mph	-10%
3 - 4 mph	-14%
5 - 6 mph	-32%
7 mph or over	-47%

Tabella 17 Variazione dell' incidentalità in funzione della riduzione della  $v_{85}$

Analizzando i dati della tabella si evince che gli incidenti che coinvolgono gli utenti vulnerabili della strada, di età minore ai 16 anni, si sono ridotti a seguito dell' installazione dei sistemi di traffic calming, la mortalità dei bambini si è ridotta di oltre 3/4 e il numero totale di incidenti a bambini su due ruote è stato dimezzato. Ulteriori analisi dei risultati sono state effettuate per valutare il calo stimabile, o che si ritiene ragionevole stimare, del

numero di incidenti, ed in particolare di eventi con esito letale, in un villaggio in cui sia nota la riduzione di velocità.

PERCENTAGE CHANGES IN INJURY ACCIDENT FREQUENCY BY ACCIDENT TYPE			
ACCIDENT TYPE	CHANGE IN INJURY ACCIDENT FREQUENCY		
	Slight	KSI	All severities
All vehicles only	-15%	-52%	-25%
Involving a pedestrian	-15%	-49%	-30%
Involving a child pedestrian	-3%	-77%	-40%
Involving a cyclist	-35%	-52%	-39%
Involving a child cyclist	-52%	-49%	-51%
All vulnerable road users	-26%	-50%	-35%

Tabella 18 Variazione percentuale del numero di incidenti in funzione della tipologia

Ulteriori studi sono stati condotti tenendo presente anche altri fattori che possono contribuire alla riduzione della velocità ottenendo i seguenti risultati:

- una riduzione della velocità media di 1 mph potrebbe portare ad una diminuzione del 4,3% del numero totale di incidenti e del 10% di quelli mortali;
- schemi di traffic calming realizzati con misure di tipo fisico potrebbero ridurre la velocità media di quasi 8 mph e ridurre del 30% la percentuale di conducenti che superano il limite di velocità;
- le misure più efficaci in termini di riduzione di velocità ed incidentalità sono quelle di tipo strutturale;
- per tutti i tipi di misure di traffic calming la revisione al ribasso nella distribuzione della velocità si traduce in una riduzione della velocità media.

In definitiva l'introduzione di misure di traffic calming su strade che attraversano villaggi può indurre una riduzione di velocità che comporta una soddisfacente riduzione degli incidenti, soprattutto quelli mortali. Inoltre aver trovato il legame tra la riduzione di velocità e la corrispondente riduzione di incidentalità consente di realizzare nuovi progetti in funzione dei risultati attesi.

### **3 Analisi dell'incidentalità**

#### **3.1 Introduzione**

L'incidentalità stradale è un fenomeno assai complesso, caratterizzato da aspetti che vanno da quelli più propriamente demo-sociali a quelli culturali ed economici. La richiesta di sicurezza è strettamente connessa all'esigenza di mobilità che, in Italia, come in tutti i Paesi economicamente avanzati, è aumentata con un tasso superiore all'incremento del prodotto interno lordo. Negli ultimi anni la domanda aggiuntiva di trasporto si è rivolta in larga parte alla strada, portando di fatto ad un aumento delle automobili circolanti, dei veicoli addetti al trasporto di merci su strada e della loro percorrenza chilometrica media. L'Italia, come gli altri Paesi dell'Unione europea, si è posta l'obiettivo di ridurre del 40 per cento entro il 2010 il numero di morti e di feriti causati da incidenti stradali; a tal fine è necessario disporre di informazioni attendibili che permettano di monitorare l'effettivo livello della sicurezza stradale. Il costo sociale ed umano degli incidenti stradali è elevatissimo, tale problematica va, quindi, analizzata nella sua totalità cogliendo le molteplici peculiarità che la contraddistinguono. A livello europeo gli incidenti stradali determinano un costo sociale stimato dalla Commissione europea in un valore pari al 2 per cento del Pil dell'Unione europea. La valutazione della Commissione non tiene conto dei danni morali, ma si limita a prendere in considerazione i costi diretti e indiretti degli incidenti stradali (danno economico alle famiglie, alle imprese e alle amministrazioni pubbliche).

In tutti i Paesi dell'Unione europea le informazioni relative agli incidenti stradali vengono desunte dai verbali compilati dalle autorità di polizia, che costituiscono un'insostituibile risorsa informativa sulla dinamica dell'incidente, sulle tipologie dei veicoli coinvolti e sulla localizzazione. L'Unione europea e gli altri organismi internazionali hanno posto la massima attenzione al problema della sicurezza stradale con un insieme di iniziative anche nel settore dell'informazione statistica; tra queste, le principali riguardano la costruzione di banche dati sugli incidenti stradali che, utilizzando definizioni, nomenclature, classificazioni e metodologie standardizzate, permettono di effettuare comparazioni tra i livelli di incidentalità nei diversi Paesi e porli in relazione alle caratteristiche della circolazione, alle dotazioni di infrastrutture stradali ed alle normative vigenti. Questi confronti consentono di approfondire la conoscenza del fenomeno e di verificare l'efficacia dell'adozione di nuove normative e gli effetti di nuove politiche dei trasporti nei diversi Paesi.

Di seguito si riportano le iniziative internazionali di maggiore rilievo:

- banca dati (Care), accessibile online da tutti i Paesi membri, contenente le informazioni elementari (microdati) relative ad ogni sinistro rilevato in un Paese dell'Unione;
- banca dati Irtad (in ambito Ocse) contenente i dati aggregati relativi ai sinistri stradali, alla popolazione, alla circolazione, ai veicoli e alla rete stradale dei Paesi membri;
- la Commissione economica delle Nazioni unite per l'Europa mira ad una sistematizzazione statistica dell'informazione che consenta comparazioni internazionali più estese;
- creazione di un questionario comune Eurostat, Onu/Ece, Cemt annuale ed uno trimestrale contenente, oltre ad un set di variabili relative ai diversi modi di trasporto, anche informazioni sugli incidenti stradali.

### **3.2 Metodologia dell'indagine**

L'informazione statistica sull'incidentalità in Italia è raccolta dall'Istat mediante una rilevazione totale a cadenza mensile di tutti gli incidenti stradali verificatisi sull'intero territorio nazionale che hanno causato lesioni alle persone (morti o feriti). L'attuale base informativa della rilevazione è tale da offrire agli utilizzatori, prevalentemente pubblici, un insieme articolato di dati sulla sinistrosità.

La suddetta rilevazione avviene grazie a un'azione congiunta tra una molteplicità di Enti: l'Istat, l'Acis, il Ministero dell'Interno, la Polizia stradale, i Carabinieri, la Polizia municipale, gli Uffici di statistica dei comuni capoluogo di provincia e gli Uffici di statistica di alcune province che hanno sottoscritto una convenzione con l'Istat finalizzata alla raccolta, al controllo, alla registrazione su supporto informatico e al successivo invio all'Istituto dei dati informatizzati. La rilevazione avviene tramite la compilazione del modello Istat Ctt/Inc denominato "Incidenti stradali" da parte dall'autorità che è intervenuta sul luogo (Polizia stradale, Carabinieri, Polizia municipale) per ogni incidente stradale in cui è coinvolto un veicolo in circolazione sulla rete stradale e che comporti danni alle persone.

Il modello statistico, se compilato in modo corretto in ogni sua parte, contiene tutte le informazioni necessarie all'identificazione della localizzazione e della dinamica dell'incidente: data e luogo del sinistro, l'organismo pubblico di rilevazione, l'area o localizzazione dell'incidente (se nel centro urbano o fuori dell'abitato), la dinamica del sinistro, il tipo di veicoli coinvolti, le circostanze che hanno dato origine all'incidente e le conseguenze alle persone e ai veicoli. Per quanto riguarda i decessi, a partire dal 1° gennaio 1999 l'Istat ha esteso da sette a trenta giorni il periodo di tempo necessario alla contabilizzazione del numero dei decessi degli incidenti stradali. Per le autorità l'aggiornamento sulla situazione sanitaria del ferito rappresenta una fase molto impegnativa, visto che debbono stabilire un contatto con le istituzioni sanitarie (pubbliche o private) per essere informate sulle condizioni del ferito, del suo eventuale trasferimento a diversa struttura e dell'eventuale decesso. Le difficoltà testé espresse portano a volte a una mancata comunicazione con conseguente sottostima dei decessi. Proprio per tale ragione spesso il numero dei morti rilevati in questo contesto risulta generalmente minore di quello prodotto dalle statistiche sulle cause di morte. Nel 2000, ultimo anno per il quale sono disponibili i dati sanitari definitivi, questa divergenza è pari al 10,6 per cento.

Il database è costituito dall'insieme degli incidenti stradali, che hanno causato lesioni alle persone (morti o feriti), verificatisi sul territorio nazionale nell'arco di un anno solare debitamente verbalizzati da un'autorità di polizia. In particolare, rientrano nel campo di osservazione tutti gli incidenti stradali verificatisi nelle vie o piazze aperte alla circolazione, nei quali risultano coinvolti veicoli (o animali) fermi o in movimento e dai quali siano derivate lesioni a persone. Sono esclusi, pertanto, dalla rilevazione i sinistri che non si sono verificati nelle aree pubbliche di circolazione, quelli da cui non sono derivate lesioni alle persone, e quelli in cui non risultano coinvolti veicoli. L'unità di rilevazione è il singolo incidente stradale. La rilevazione è riferita al momento in cui l'incidente si è verificato ed è rispetto a tale momento che vengono considerati i caratteri e le modalità, le cause o le circostanze determinanti, le conseguenze sia per le persone che per le cose.

Di seguito si riportano le principali definizioni utilizzate nell'indagine:

- *incidenti stradali*: eventi che si verificano in una strada aperta alla circolazione pubblica, in seguito ai quali una o più persone sono rimaste ferite o uccise e nei quali almeno un veicolo è rimasto implicato. Fino al 1991 l'Istat rilevava come incidenti stradali anche quelli che non necessariamente comportavano lesioni alle persone ma solo danno alle cose. La definizione attuale di incidente stradale è stata introdotta sia al fine di ottenere una lettura più corretta e mirata dei sinistri più gravi, che per permettere di effettuare confronti tra i dati dei diversi Stati.
- *morti*: le persone decedute sul colpo (entro le 24 ore) o quelle decedute dal secondo al trentesimo giorno, a partire da quello dell'incidente compreso. Questa definizione (conforme alle norme internazionali) si applica agli incidenti stradali verificatisi a partire dal 1° gennaio 1999; prima di tale data il periodo di tempo necessario per determinare il numero dei decessi era pari a sette giorni dal momento dell'incidente.
- *feriti*: le persone che hanno subito lesioni al proprio corpo a seguito dell'incidente. Nel rilievo non viene riportato il livello di gravità delle lesioni subite, non si distingue tra feriti gravi o leggeri, a causa della difficoltà di definire dei criteri obiettivi.

La rilevazione, come accennato già sopra, viene effettuata mediante autocompilazione del questionario cartaceo o informatizzato (modello Istat Ctt/Inc). Gli organi rilevatori (Polizia stradale, Carabinieri e Polizia municipale), a seconda del proprio grado di

informatizzazione, trasmettono i dati elementari all'Istat inviando i modelli compilati o i file già registrati su supporto magnetico (floppy disk o e-mail).

La rilevazione viene effettuata tramite la compilazione del modello di rilevazione da parte dell'autorità che è intervenuta sul luogo del sinistro in cui è coinvolto almeno un veicolo in circolazione sulla rete viaria. Tutti i modelli di rilevazione contenenti i dati elementari relativi agli incidenti stradali vengono inviati all'Istat che provvede al loro controllo, all'elaborazione, all'analisi e alla diffusione delle statistiche prodotte.

*I principali caratteri rilevati sono:*

- Data e località dell'incidente
- Organo di rilevazione
- Localizzazione dell'incidente: fuori dalla zona abitata o nell'abitato
- Tipo di strada
- Pavimentazione
- Fondo stradale
- Segnaletica
- Condizioni meteorologiche
- Natura dell'incidente (scontro, fuoriuscita, investimento, eccetera)
- Tipo di veicoli coinvolti
- Circostanze dell'incidente
- Conseguenze dell'incidente alle persone e ai veicoli

I dati sono trasmessi all'Istat per via cartacea dai Carabinieri e dai piccoli e medi Comuni e telematica dal Ministero dell'interno incidenti rilevati dalla Polizia stradale. L'indagine, i cui risultati vengono pubblicati regolarmente dal 1952, è stata più volte ristrutturata, l'ultima volta nel 1991. Al fine di migliorarla ulteriormente l'Istat sta coinvolgendo anche gli operatori provinciali nella rilevazione dei sinistri. Questa iniziativa ha tra l'altro l'intento di promuovere la formazione di osservatori informativi di natura statistica in grado di supportare la programmazione e la pianificazione degli interventi e degli investimenti dell'ente locale in tema di incidentalità e sicurezza stradale. Allo stato attuale tale forma di collaborazione si è sviluppata per le Province di Milano, Mantova, Bolzano, Modena, Bologna, Ferrara, Torino, Forlì - Cesena e Lecce.

Inoltre, all'interno di un accordo quadro di collaborazione istituito fra il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, l'Istituto superiore di sanità, l'Automobile club d'Italia e l'Istituto nazionale di statistica è stato istituito un Gruppo di lavoro finalizzato alla predisposizione di studi e ricerche per il miglioramento dell'informazione statistica nel settore dell'incidentalità stradale.

In sintesi, il diagramma di trasmissione dei dati elementari all'Istat è strutturato come segue:

#### COMUNE CAPOLUOGO DI PROVINCIA

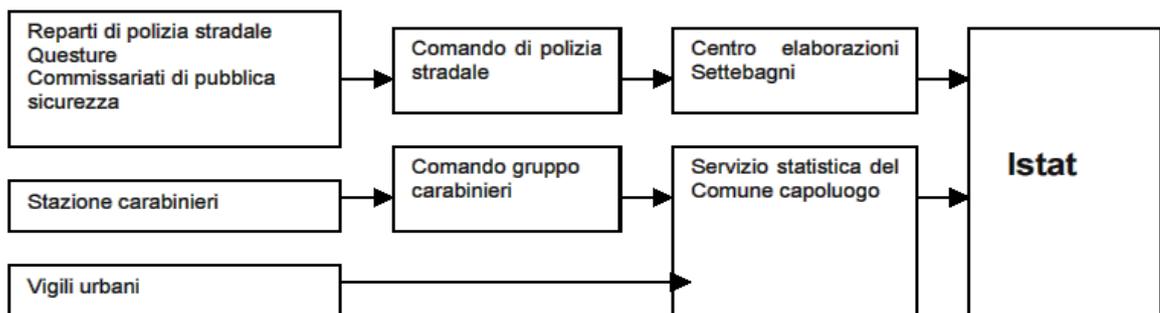


Figura 36 Acquisizione dati elementari standard (dato cartaceo) (Fonte: *Statistica degli incidenti stradali*, Istituto Nazionale di Statistica Automobile Club d' Italia Anni 2000-2004)

Nel caso in cui le informazioni dell'incidentalità stradale vengano previamente registrate su supporto informatico, gli organi rilevatori possono inviare direttamente il file all'Istat all'indirizzo di posta elettronica: [incstrad@istat.it](mailto:incstrad@istat.it).

#### COMUNE CAPOLUOGO DI PROVINCIA

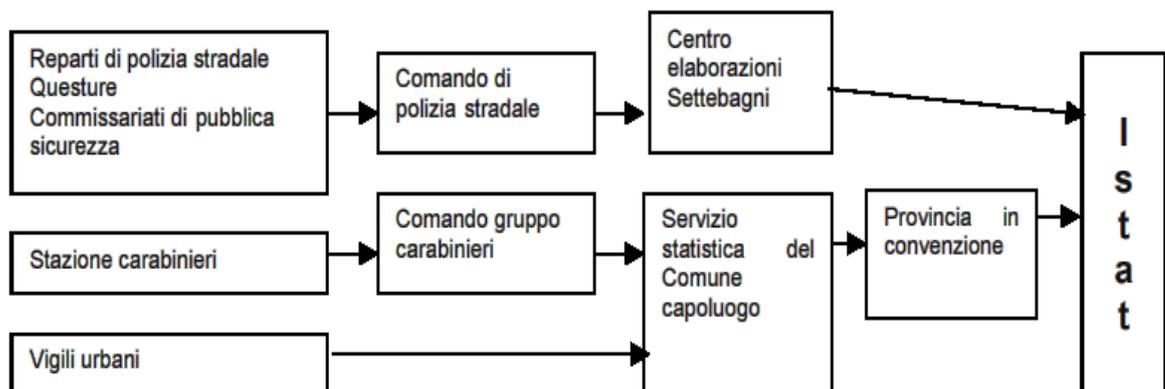


Figura 37 Acquisizione dati elementari per le Province in convenzione e per l'Astat di Bolzano (Fonte: *Statistica degli incidenti stradali*, Istituto Nazionale di Statistica Automobile Club d' Italia Anni 2000-2004)

## ALTRI COMUNI DELLA PROVINCIA

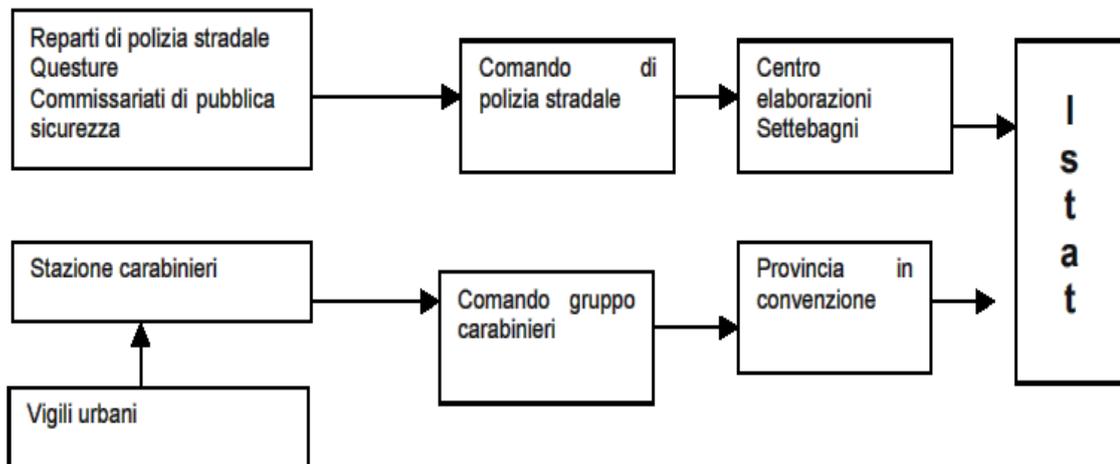


Figura 38 Acquisizione dati elementari per gli altri comuni (Fonte: *Statistica degli incidenti stradali*, Istituto Nazionale di Statistica Automobile Club d' Italia Anni 2000-2004)

### **3.3 Le strade oggetto di analisi**

Le caratteristiche dell'incidentalità sono state indagate su tutte le tipologie di strade della rete azionale ma il focus di tali elaborazioni è *il tratto urbano* delle strade provinciali e statali. Molti centri abitati italiani si sviluppano lungo strade extraurbane, percorse da utenti psicologicamente atteggiati in maniera contrastante con il contesto in cui si trovano a operare. Di qui la necessità di studiare tali comportamenti al fine di evidenziare ai conducenti il passaggio dagli ambiti puramente extraurbani a quelli urbani e sottolineare l'obbligo di una modifica dello stesso: diminuzione della velocità, rinuncia al sorpasso, attenzione alla presenza di pedoni, ciclisti e a quanto altro possa caratterizzare una strada cittadina.

Le strade oggetto di analisi, quindi, sono i tratti urbani delle provinciali e delle statali, così come definite dal Decreto Legislativo N. 285 del 30/04/1992 all'articolo 2 (Definizione e classificazione delle strade). Le strade urbane sono comunali quando sono situate nell'interno dei centri abitati, eccettuati i tratti interni di strade statali, regionali o provinciali che attraversano centri abitati con popolazione non superiore a diecimila abitanti. Nell'approccio al problema le strade regionali sono state assimilate alle statali in quanto solo nel 2004 l'ISTAT ha inserito il codice strade regionali nel rapporto statistico dell'incidentalità stradale in Italia. Secondo l'art.2 c.7 del Codice, i tronchi di strade statali, regionali o provinciali che attraversano centri urbanizzati sono da considerarsi comunali solo quando gli abitati impegnati hanno popolazione superiore a diecimila abitanti. Per i tratti interni delle provinciali e delle statali si sono indagate le principali caratteristiche dell'incidentalità in modo da individuare eventuali differenze rispetto alle altre strade urbane ed indirizzare le strategie di miglioramento della sicurezza. Gli aspetti studiati riguardano la frequenza degli incidenti e le loro conseguenze, la tipologia degli incidenti, la localizzazione degli incidenti, le condizioni di illuminazione, il fondo stradale e la tipologia dei veicoli coinvolti. I dati esaminati, relativi al quinquennio 2000-2004, sono i microdati ISTAT dell'intero territorio nazionale.

#### **3.3.1 Andamento dell'incidentalità in Italia periodo 2000-04**

In Italia si registrano mediamente oltre 250.000 incidenti 6.000 morti e 300.000 feriti all'anno. In particolare nel periodo oggetto di studio si sono registrati 1.091.177 incidenti, 1.642.439 feriti e 31.702 morti. Di seguito si portano i dati relativi al quinquennio oggetto di studio. I dati sono divisi per anno e per tipologia di strada.

<b>SP urbane</b>				
<b>Anno</b>	<b>Incidenti</b>	<b>Morti</b>	<b>Feriti</b>	<b>M/I (%)</b>
2000	9.517	360	13.561	3,8%
2001	10.168	432	14.718	4,2%
2002	9.559	415	13.791	4,3%
2003	8.870	341	12.562	3,8%
2004	10.619	353	15.031	3,3%
<b>Totale</b>	<b>48.733</b>	<b>1901</b>	<b>69.663</b>	<b>3,9%</b>
<b>SP Extraurbane</b>				
<b>Anno</b>	<b>Incidenti</b>	<b>Morti</b>	<b>Feriti</b>	<b>M/I (%)</b>
2000	13.775	1.082	21.326	7,9%
2001	13.017	972	20.674	7,5%
2002	15.081	1.055	23.490	7,0%
2003	14.057	1.053	21.785	7,5%
2004	16.253	1.178	25.360	7,2%
<b>Totale</b>	<b>72.183</b>	<b>5.340</b>	<b>112.635</b>	<b>7,4%</b>
<b>SS urbane</b>				
<b>Anno</b>	<b>Incidenti</b>	<b>Morti</b>	<b>Feriti</b>	<b>M/I (%)</b>
2000	18.169	643	26.677	3,5%
2001	17.829	619	26.402	3,5%
2002	16.493	563	24.654	3,4%
2003	14.746	482	21.820	3,3%
2004	10.857	333	16.033	3,1%
<b>Totale</b>	<b>78.094</b>	<b>2.640</b>	<b>115.586</b>	<b>3,4%</b>
<b>SS extraurbane</b>				
<b>Anno</b>	<b>Incidenti</b>	<b>Morti</b>	<b>Feriti</b>	<b>M/I (%)</b>
2000	19.371	1.530	31.627	7,9%
2001	21.870	1.573	36.378	7,2%
2002	24.050	1.667	39.669	6,9%
2003	21.366	1.507	35.385	7,1%
2004	18.109	1.173	30.677	6,5%
<b>Totale</b>	<b>104.766</b>	<b>7.450</b>	<b>173.736</b>	<b>7,1%</b>
<b>Comunali urbane</b>				
<b>Anno</b>	<b>Incidenti</b>	<b>Morti</b>	<b>Feriti</b>	<b>M/I (%)</b>
2000	147.469	1.902	195.293	1,3%
2001	152.063	2.052	202.609	1,3%
2002	150.440	1.919	201.357	1,3%
2003	151.501	1.647	201.259	1,1%
2004	148.417	1.624	196.481	1,1%
<b>Totale</b>	<b>749.890</b>	<b>9.144</b>	<b>996.999</b>	<b>1,2%</b>
<b>Comunali extraurbane</b>				
<b>Anno</b>	<b>Incidenti</b>	<b>Morti</b>	<b>Feriti</b>	<b>M/I (%)</b>
2000	6.953	368	10.170	5,3%
2001	5.166	270	7.488	5,2%
2002	7.372	319	10.872	4,3%
2003	6.358	324	9.276	5,1%
2004	6.301	316	9.147	5,0%
<b>Totale</b>	<b>32.150</b>	<b>1.597</b>	<b>46.953</b>	<b>5,0%</b>
<b>Autostrade</b>				
<b>Anno</b>	<b>Incidenti</b>	<b>Morti</b>	<b>Feriti</b>	<b>M/I (%)</b>

2000	13.780	764	23.142	5,5%
2001	15.296	773	26.760	5,1%
2002	16.359	801	27.827	4,9%
2003	14.842	711	25.237	4,8%
2004	13.997	648	23.901	4,6%
<b>Totale</b>	<b>74.274</b>	<b>3.697</b>	<b>126.867</b>	<b>5,0%</b>

Tabella 19 Incidenti, morti e feriti in Italia divisi per anno e tipologia di strada 2000-04

Dalla tabella si evince che, indipendentemente dalla tipologia di strada, il numero degli incidenti non varia sensibilmente di anno in anno. La “costanza” di tale valore suggerisce che il verificarsi degli eventi è più probabilmente un fatto sistematico dovuto alle condizioni al contorno che un fatto casuale. Per fornire una prima idea della gravità degli incidenti è stata introdotta l’ultima colonna della tabella, che rappresenta la percentuale di morti sugli incidenti.

### 3.3.1.1 Andamento dell'incidentalità sulle strade provinciali urbane

Gli incidenti registrati sulle strade provinciali urbane nel periodo in esame hanno subito una riduzione in corrispondenza del 2003 pari al 6,8 % per poi registrare il massimo del periodo nel 2004 (più 11,6 % rispetto al 2000).

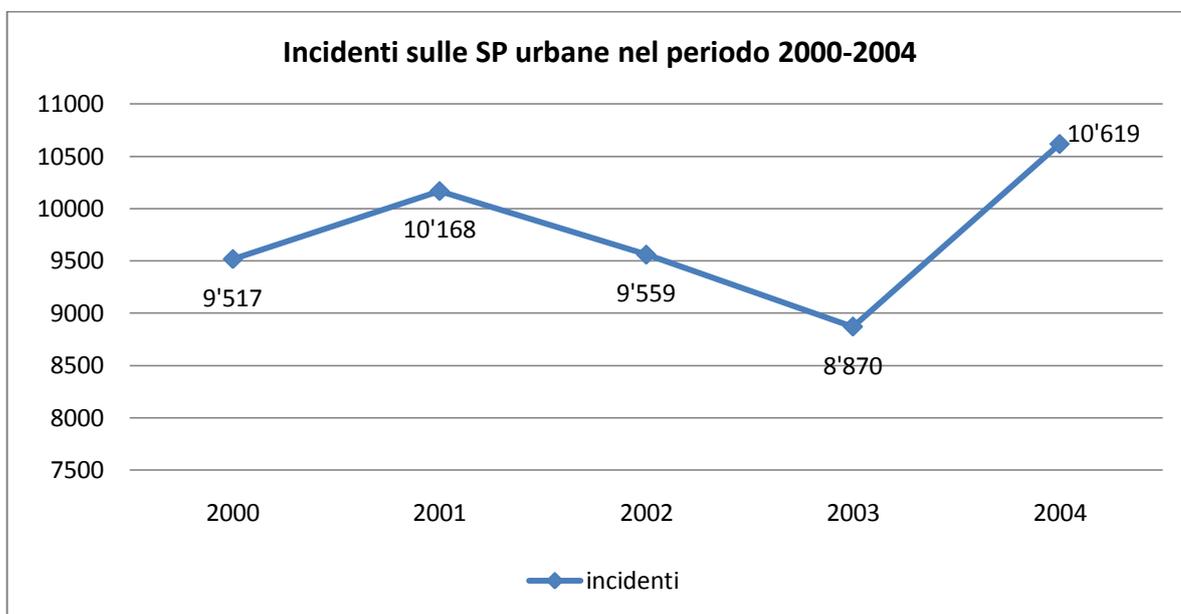


Figura 39 Andamento degli incidenti sulle strade provinciali urbane

Nonostante tale aumento degli incidenti si è avuta una riduzione di circa il 2% di morti.

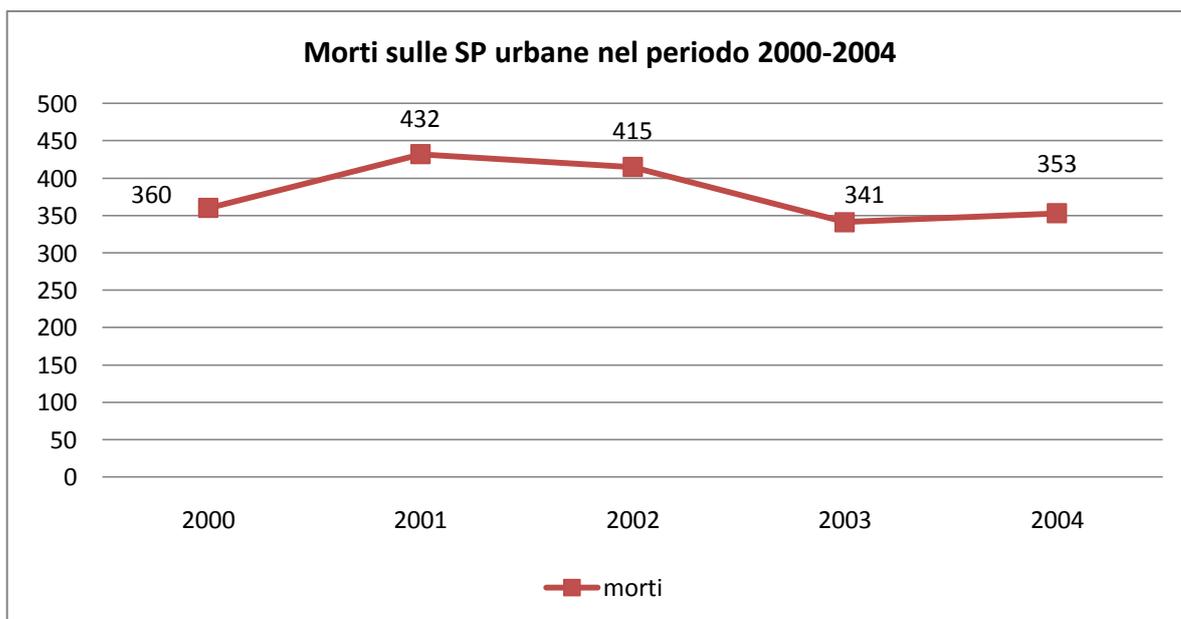


Figura 40 Andamento dei morti sulle strade provinciali urbane

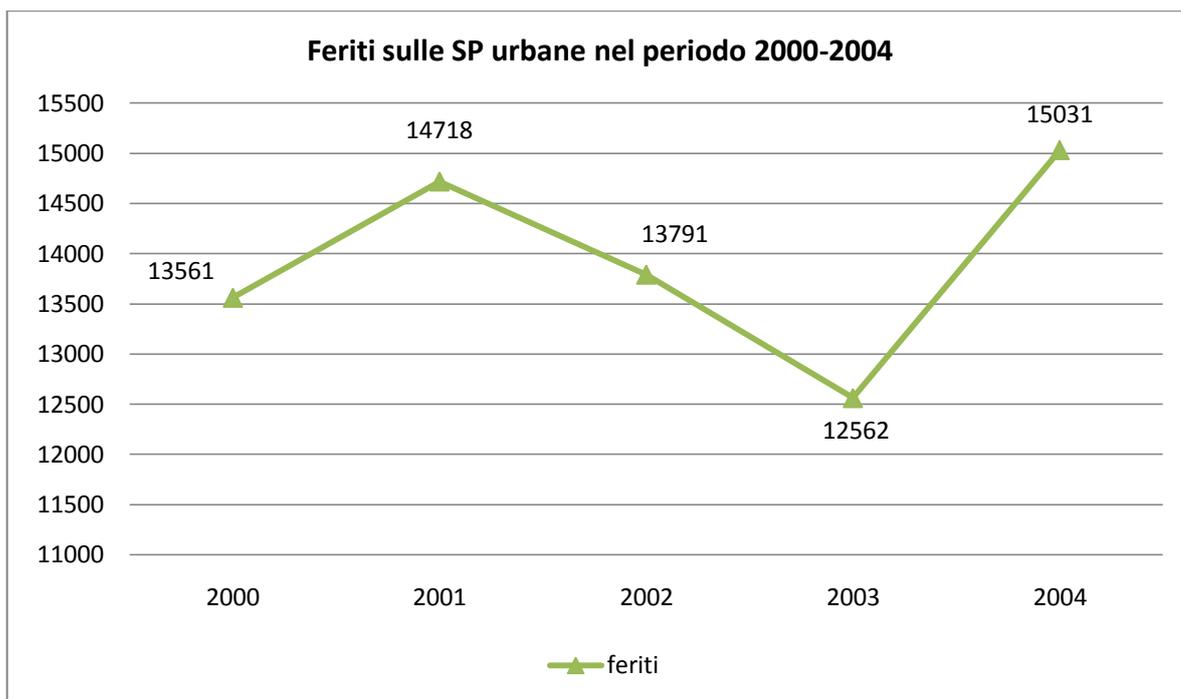


Figura 41 3 Andamento dei feriti sulle strade provinciali urbane

L'andamento del numero dei feriti è praticamente uguale a quello degli incidenti, ma i valori registrati presentano una riduzione del 7,4 % nel 2003 e un aumento del 10,8 % nel 2004.

Per fornire un quadro sinottico della gravità degli incidenti in termini di vite umane si è diagrammato il numero di morti per incidente.

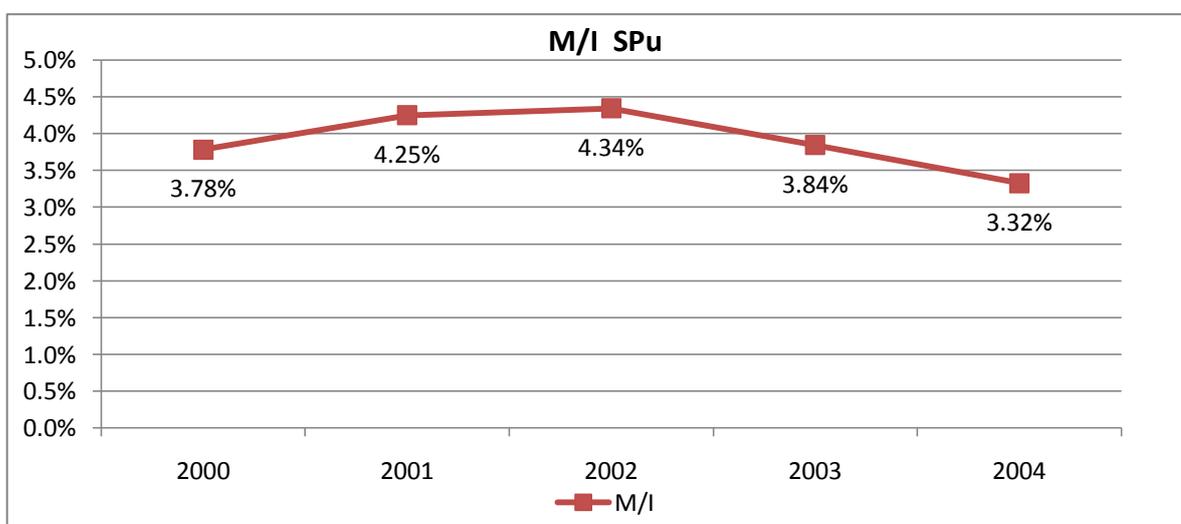


Figura 42 Andamento dell'indice M/I per le strade provinciali urbane

Dalla figura precedente si evince che nonostante l'aumento del numero di incidenti la gravità degli stessi è diminuita nel periodo oggetto di studio di oltre il 12%.

Di seguito si riporta l'andamento degli incidenti dei morti e dei feriti su un unico diagramma al fine di un più agevole confronto.

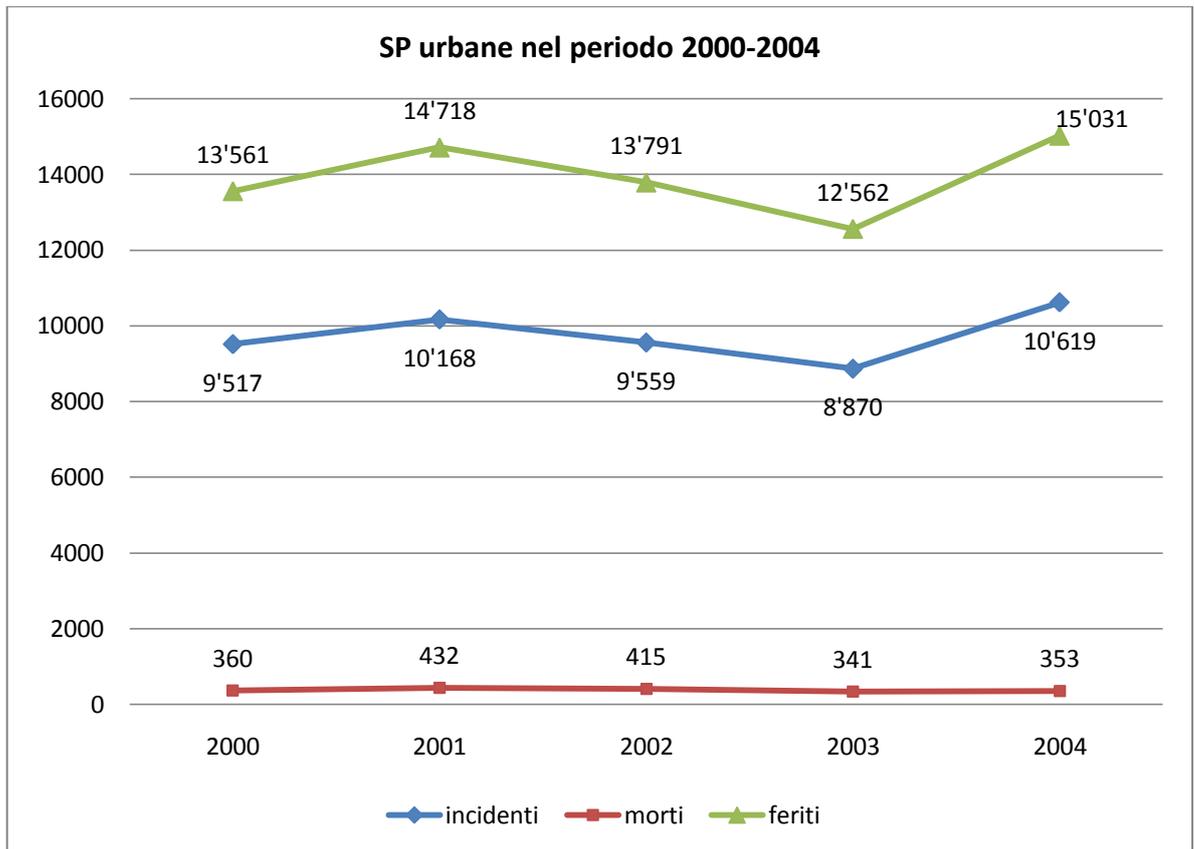


Figura 43 Andamento degli incidenti dei morti e dei feriti sulle strade provinciali urbane nel periodo 2000-04

### 3.3.1.2 Andamento dell'incidentalità sulle strade provinciali extraurbane

L'andamento degli incidenti sulle strade provinciali extraurbane a parte la lieve diminuzione del 5,5 % tra il 2000 e il 2001 è stato in costante aumento rispetto al dato iniziale, facendo registrare un aumento in corrispondenza del 2004 di circa il 18%.

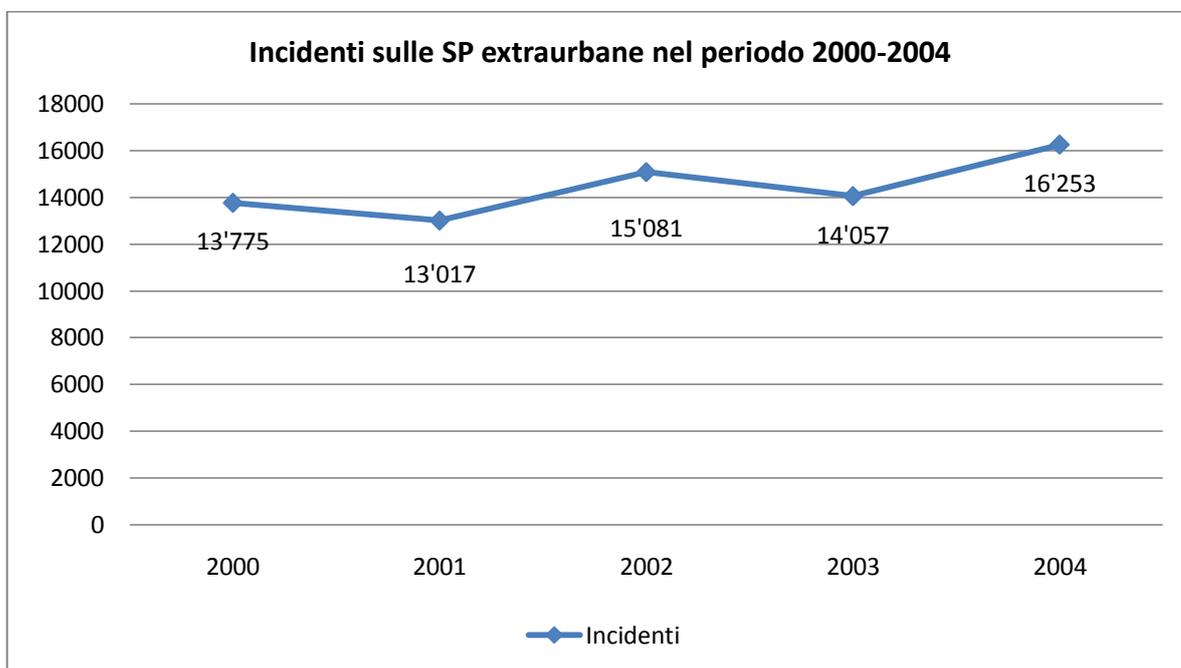


Figura 44 Andamento degli incidenti sulle strade provinciali extraurbane

Il numero di morti ha registrato una continua riduzione fino al 2003, mentre nel 2004 ha registrato un aumento del 9,8 % rispetto al 2000.

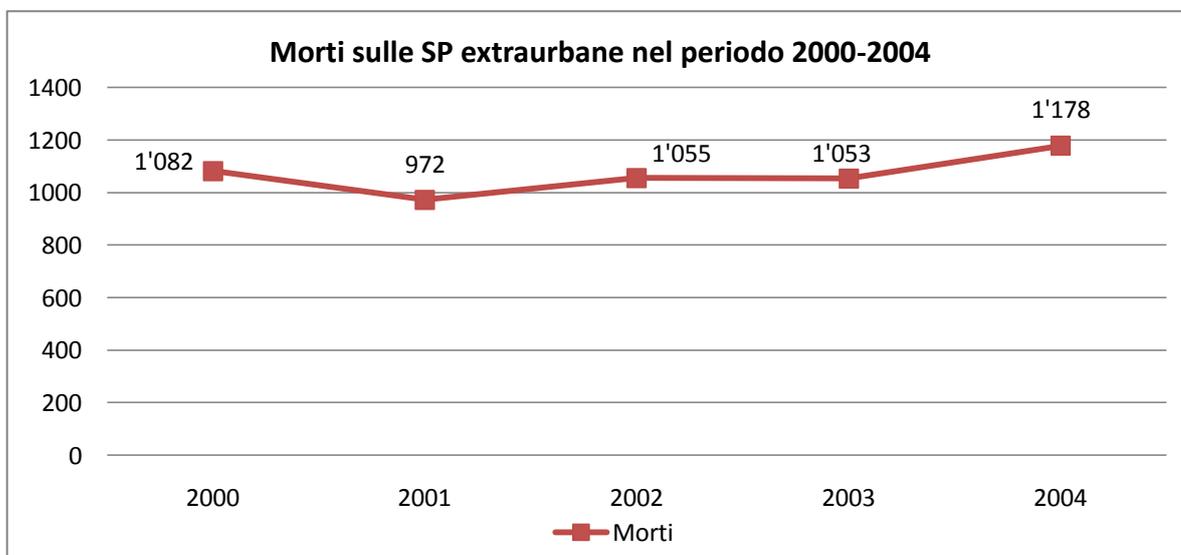


Figura 45 Andamento dei morti sulle strade provinciali extraurbane

L'andamento dei feriti è stato molto simile a quello degli incidenti , con un aumento del 18,9 % rispetto al 2000.

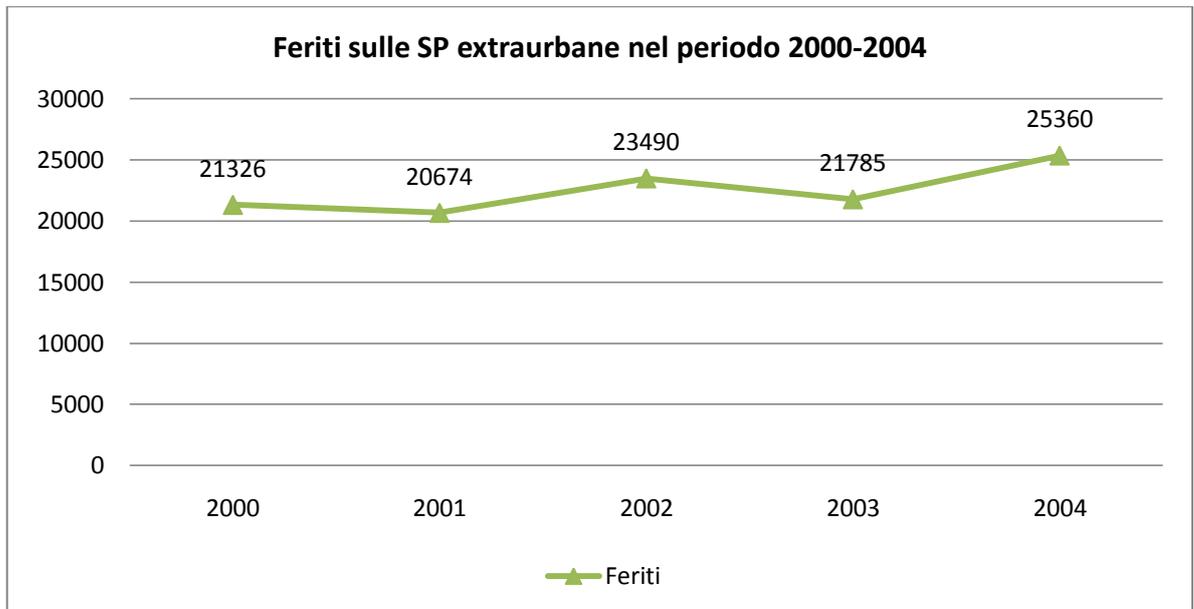


Figura 46 Andamento dei feriti sulle strade provinciali extraurbane

Nonostante l'aumento del numero di incidenti e parimenti di feriti il numero di morti per incidenti è costantemente diminuito rispetto al periodo iniziale. Facendo registrare meno 11,4 % in corrispondenza del 2002 e meno 8,9 % rispetto al 2004

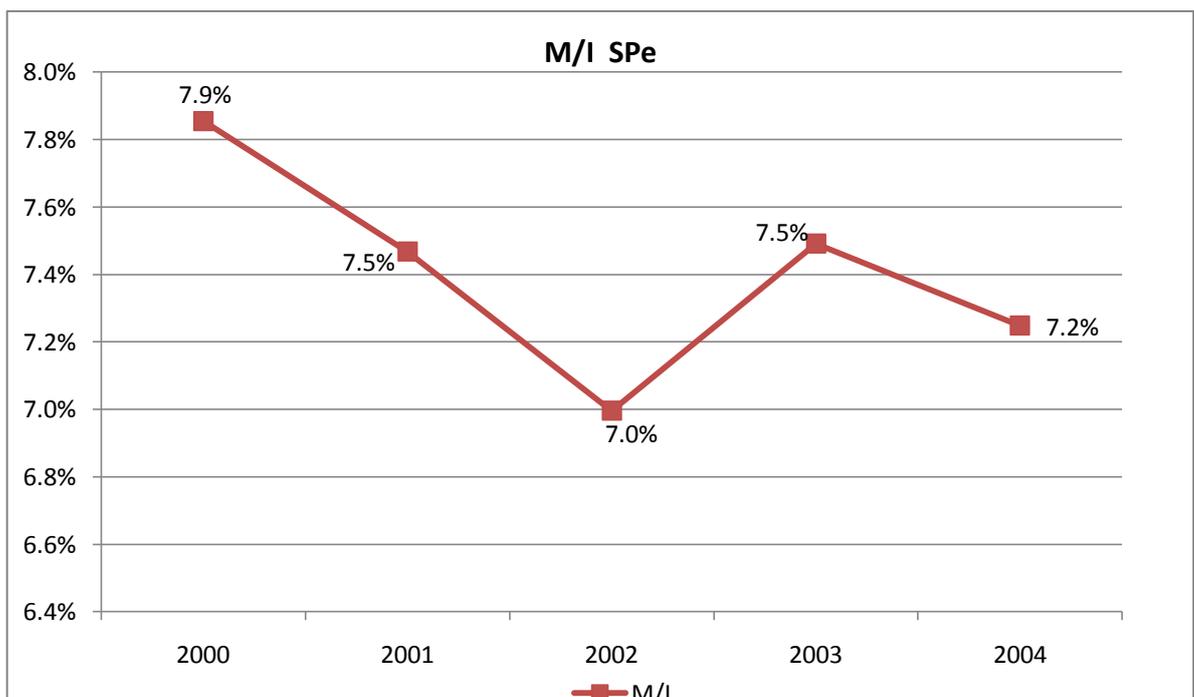


Figura 47 Andamento dell'indice M/I per le strade provinciali extraurbane

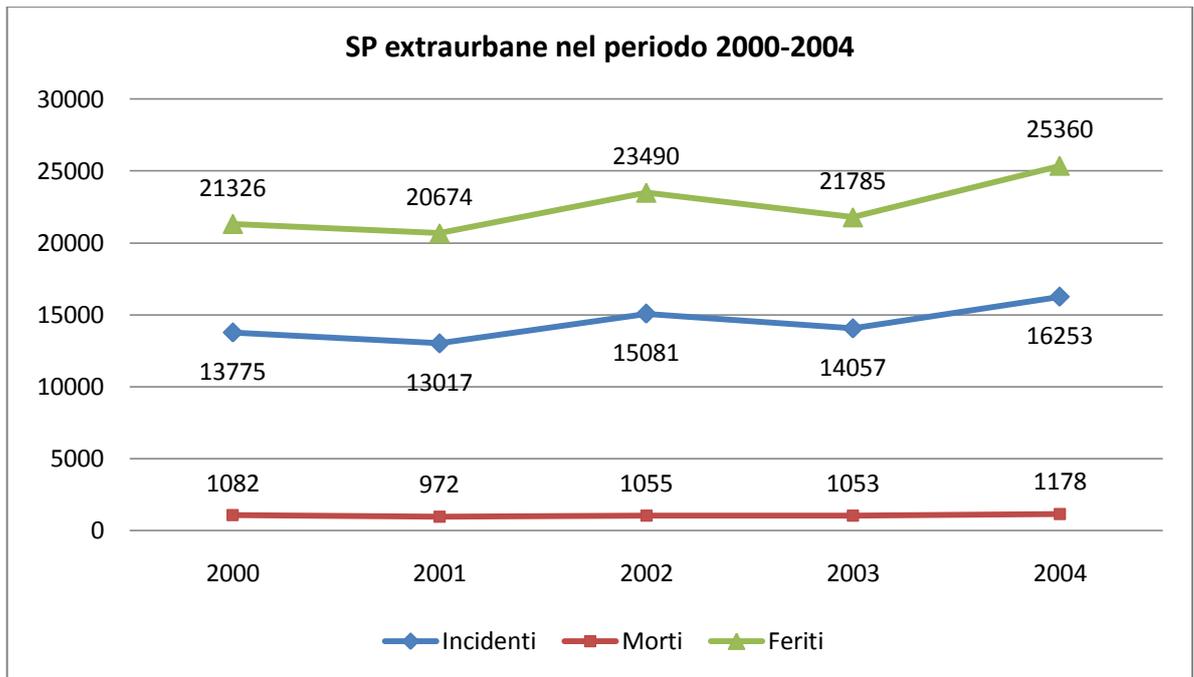


Figura 48 Andamento degli incidenti dei morti e dei feriti sulle strade provinciali extraurbane

### 3.3.1.3 Andamento dell'incidentalità sulle strade statali urbane

L'andamento del numero degli incidenti sulle strade statali urbane si presenta in costante diminuzione per tutto il periodo oggetto di studio, facendo registrare una riduzione di oltre il 40% in corrispondenza del 2004.

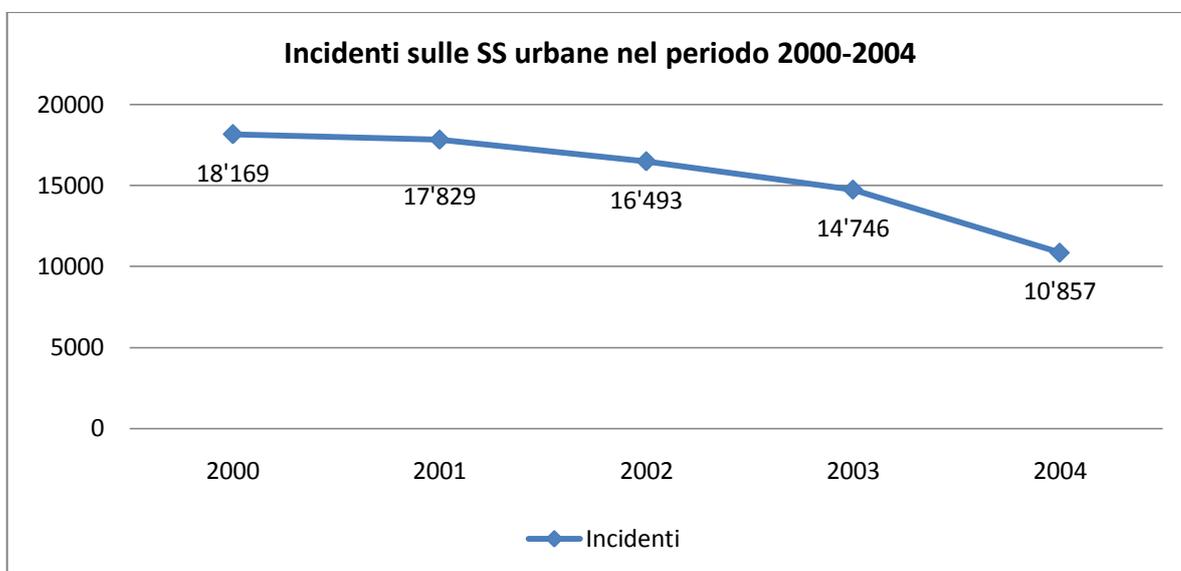


Figura 49 Andamento degli incidenti sulle strade statali urbane

Analogamente all'andamento del numero di incidenti anche il numero di morti ha fatto registrare una continua e cospicua riduzione, pari al 48,2% in corrispondenza del 2004.

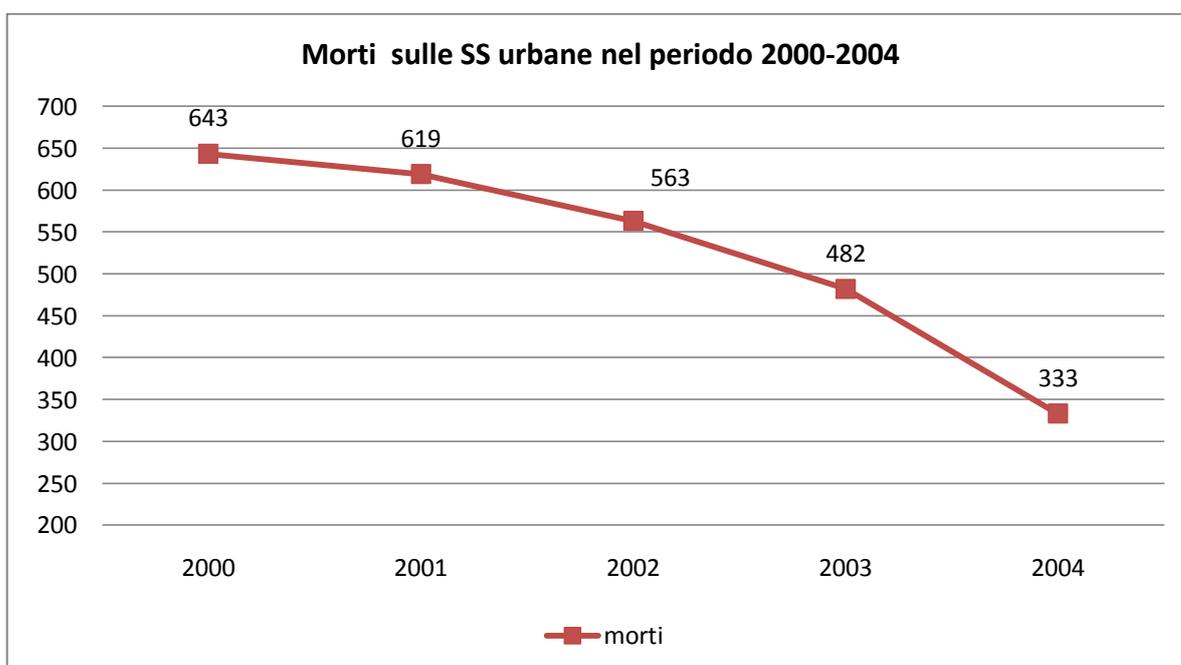


Figura 50 Andamento dei morti sulle strade statali urbane

Anche il numero dei feriti presenta un andamento decrescente per tutto il quinquennio in esame, con una riduzione di circa il 40% in corrispondenza del 2004.

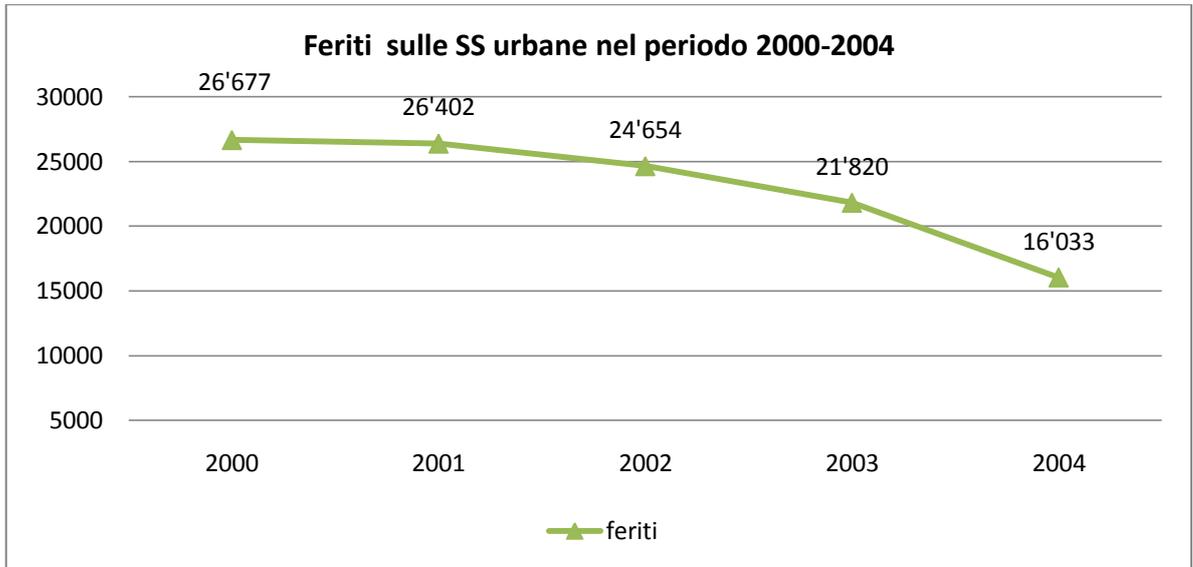


Figura 51 Andamento dei feriti sulle strade statali urbane

Come c'era da attendersi anche il rapporto tra il numero di morti e il numero di incidenti presenta un andamento decrescente con una riduzione del 13,3 % in corrispondenza del 2003 e del 7,6 % rispetto al 2004.

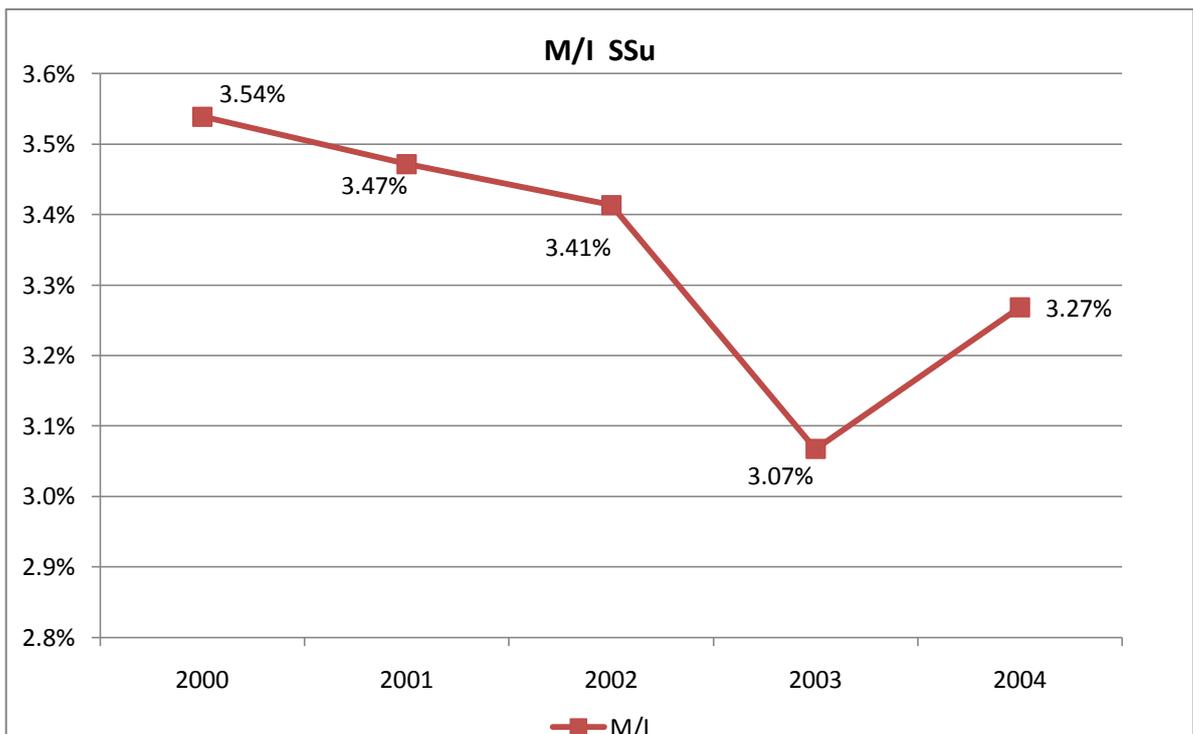


Figura 52 Andamento dell'indice M/I per le strade statali urbane

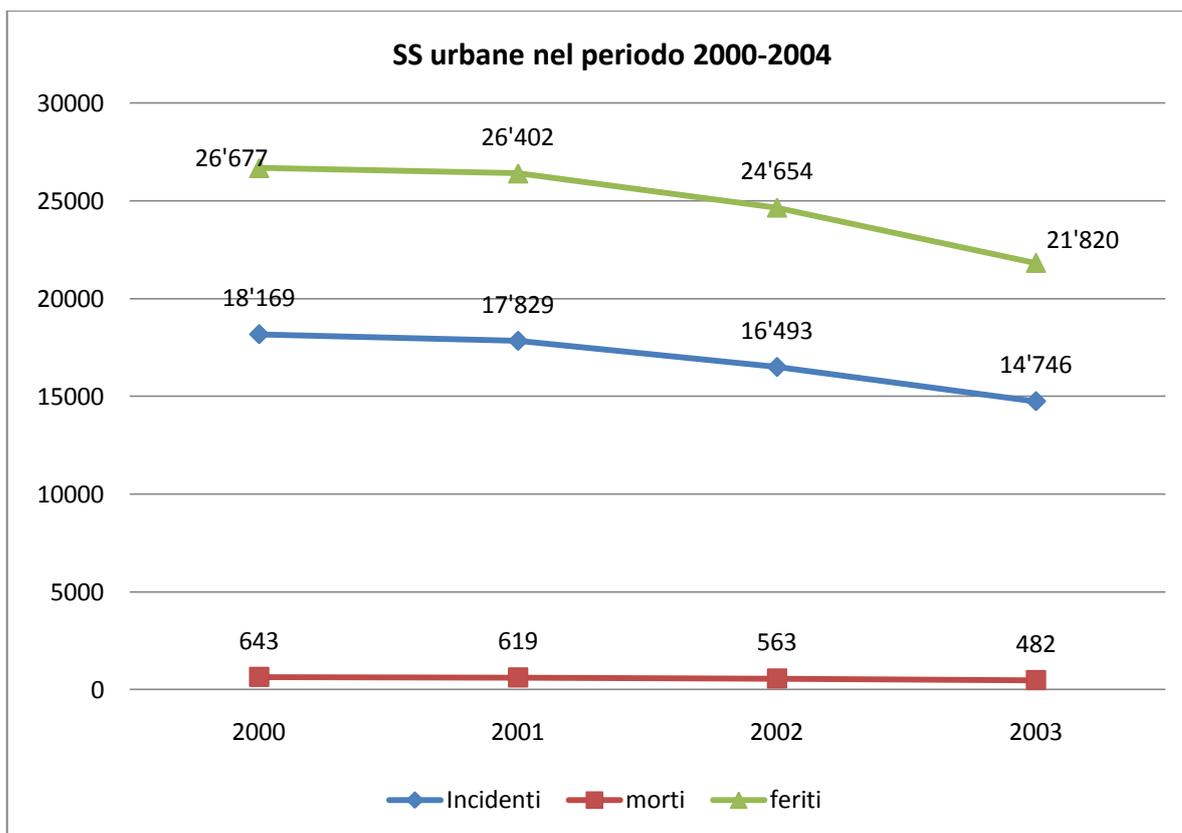


Figura 53 Andamento degli incidenti dei morti e dei feriti sulle strade statali urbane

### 3.3.1.4 Andamento dell'incidentalità sulle strade statali extraurbane

L'andamento del numero di incidenti sulle strade statali extraurbane presenta un trend in crescita dal 2000 al 2002, più 24 %, e una flessione del 24,7 % tra il 2002 e il 2004. Complessivamente si assiste a una riduzione del numero di incidenti dal 2000 al 2004 del 6,5 %.

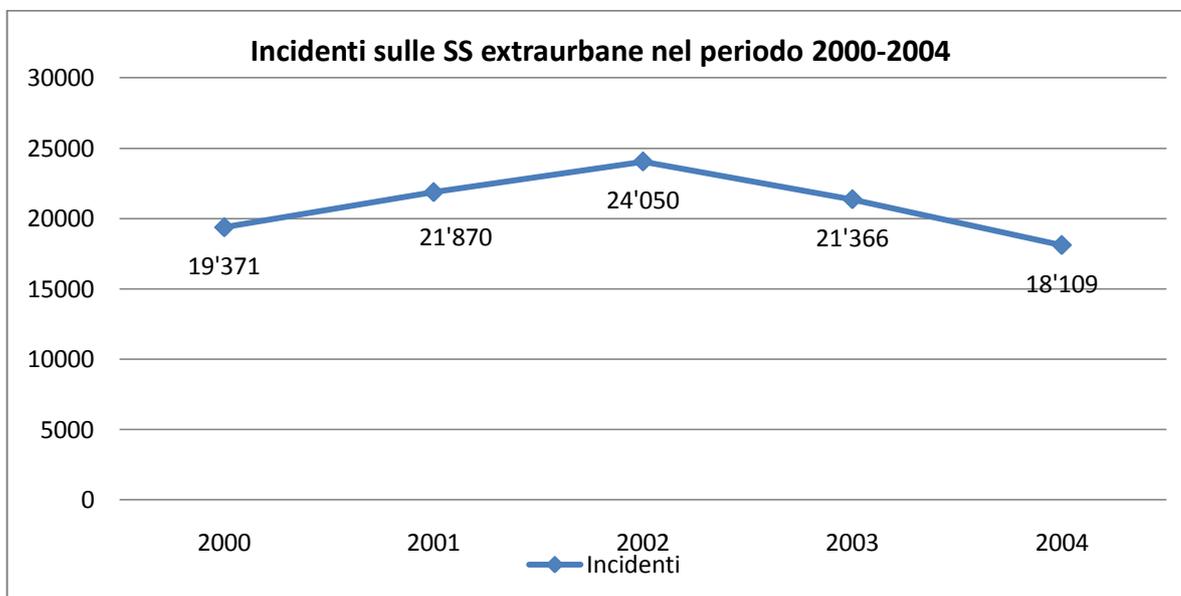


Figura 54 Andamento degli incidenti sulle strade statali extraurbane

Il numero di morti presenta lo stesso andamento di quello del numero di incidenti, con un aumento di circa il 9 % nel 2002 e con una significativa riduzione tra il 2000 e il 2004 del 23,3 %.

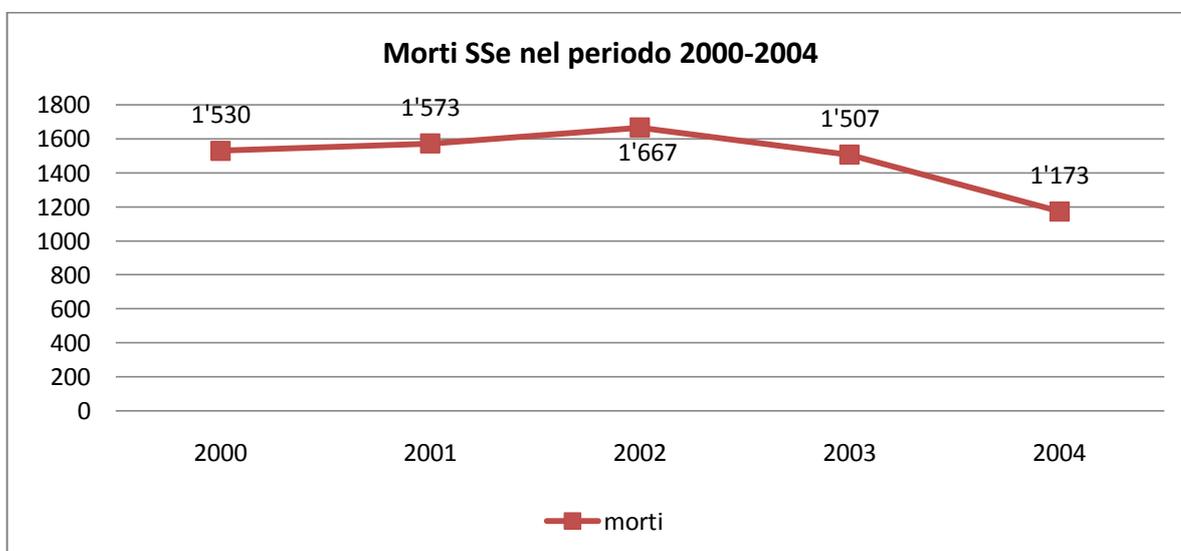


Figura 55 Andamento dei morti sulle strade statali extraurbane

Il numero dei feriti presenta un trend analogo ai due testé analizzati, ma con percentuali molto diverse. Si ha, infatti, un aumento del 25,4 % nel 2002 e una riduzione tra il 2000 e il 2004 del 3 %.

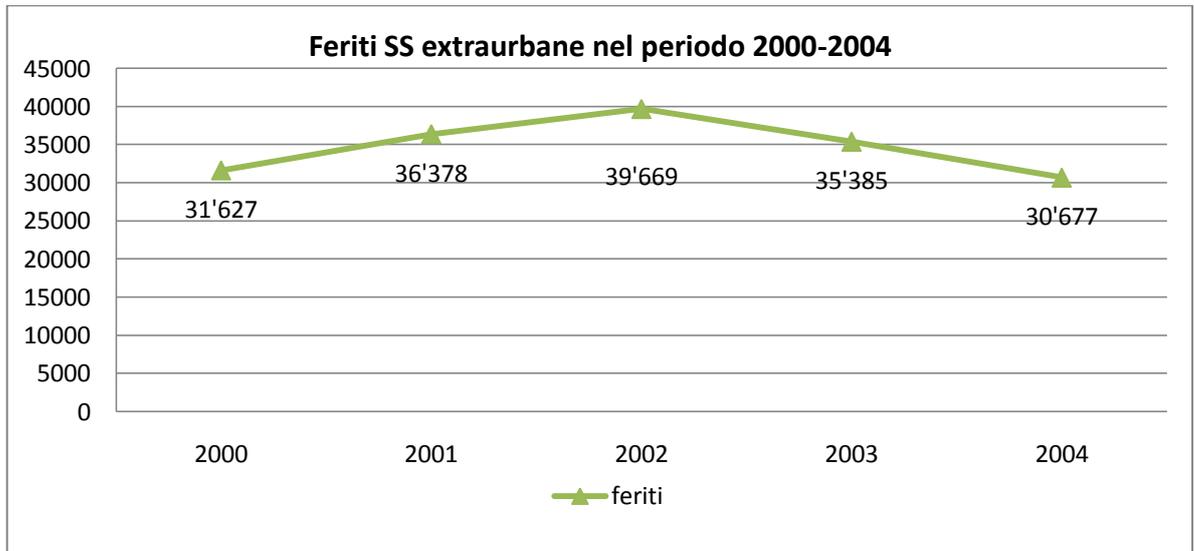


Figura 56 Andamento dei feriti sulle strade statali extraurbane

Il numero di morti per incidente è costantemente diminuito nell'arco dei cinque anni, facendo registrare una importante riduzione di circa il 18 %.

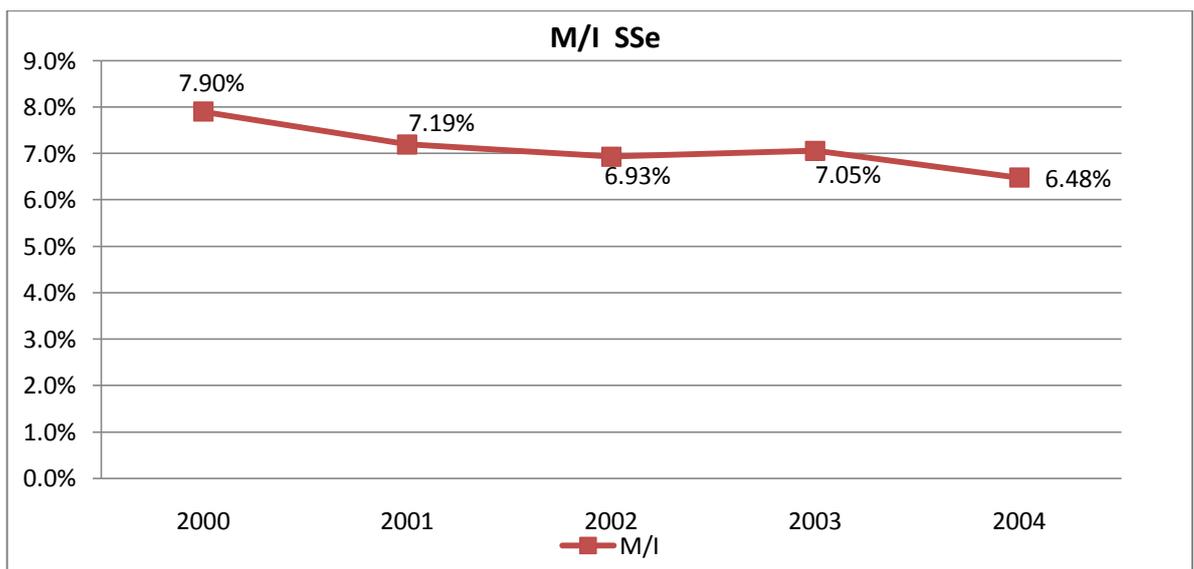


Figura 57 Andamento dell'indice M/I per le strade statali extraurbane

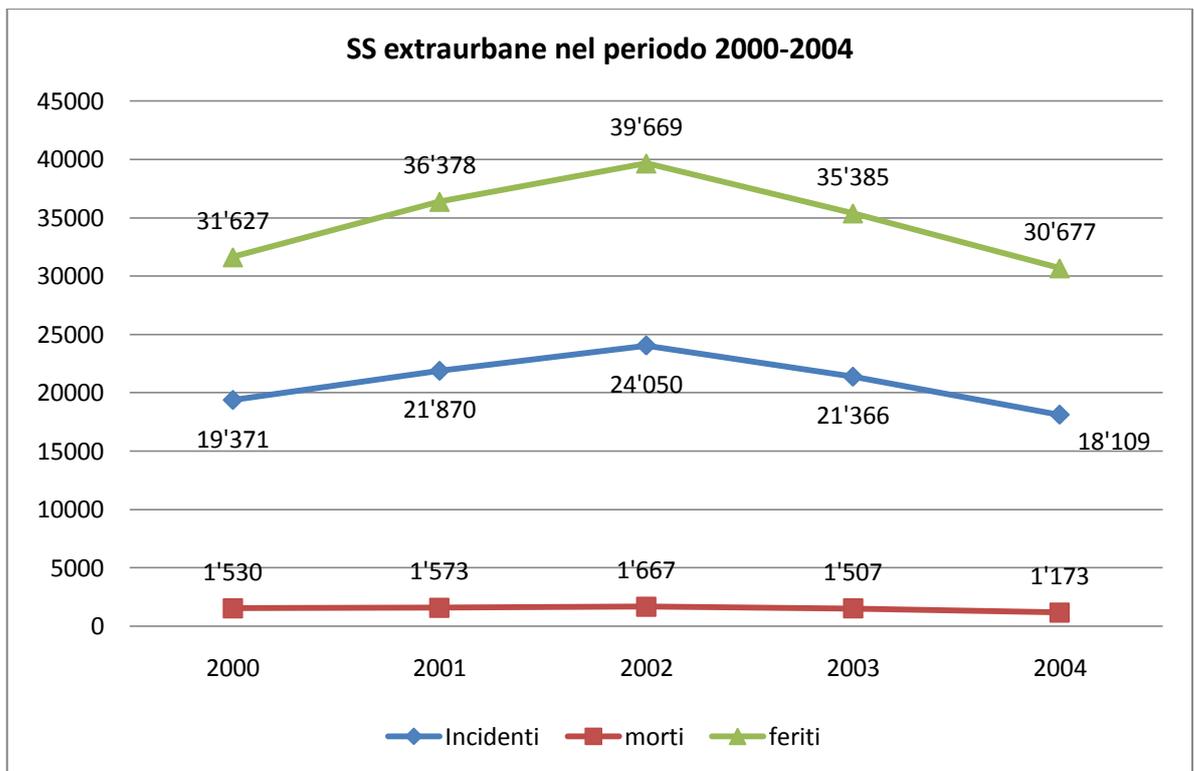


Figura 58 Andamento degli incidenti dei morti e dei feriti sulle strade statali extraurbane

### 3.3.1.5 Andamento dell'incidentalità sulle strade comunali urbane

Il numero degli incidenti sulle strade Comunali urbane è di un ordine di grandezza maggiore di quello di tutte le altre strade studiate fino a questo momento. Tra il 2000 e il 2001 si registra un aumento di poco superiore al 3 %, poi una riduzione (1,1 %), e un incremento dello 0,7 %, ancora una riduzione del 2 %. Nel complesso tali lievi variazioni portano a un aumento tra il 2000 e il 2004 dello 0,6 %.

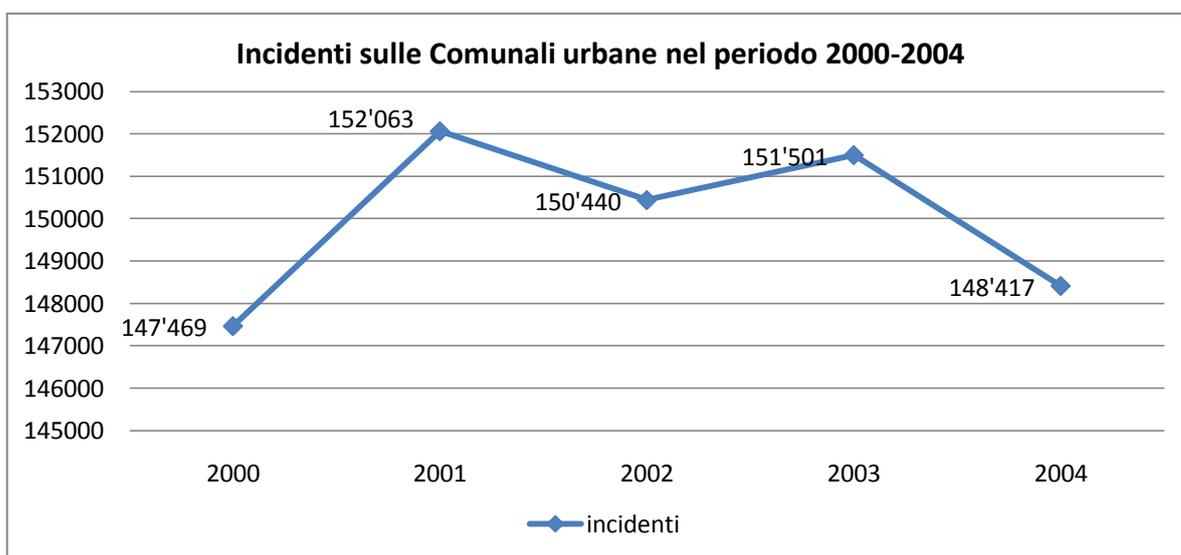


Figura 59 Andamento degli incidenti sulle strade comunali urbane

L'andamento del numero dei morti a parte l'incremento del 2001 pari al 7,9% è in costante riduzione, meno 14,6 % tra il 2000 e il 2004.

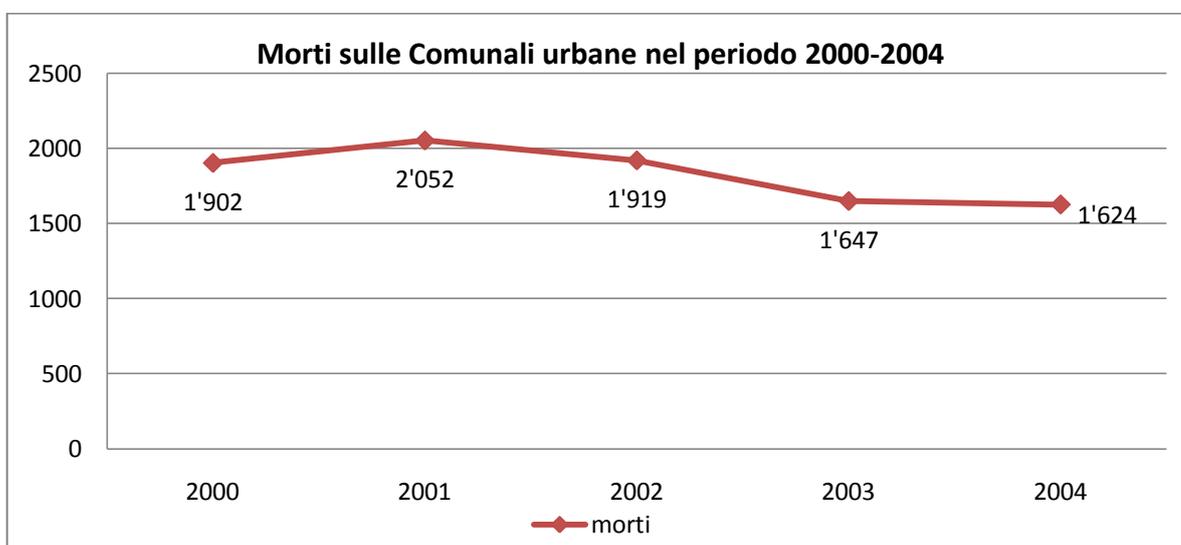


Figura 60 Andamento dei morti sulle strade comunali urbane

Il numero dei feriti ha un andamento molto simile a quello del numero di incidenti, si presenta in aumento per tutto l'arco di tempo indagato facendo registrare tra il 2000 e il 2004 un aumento dello 0,6 %.

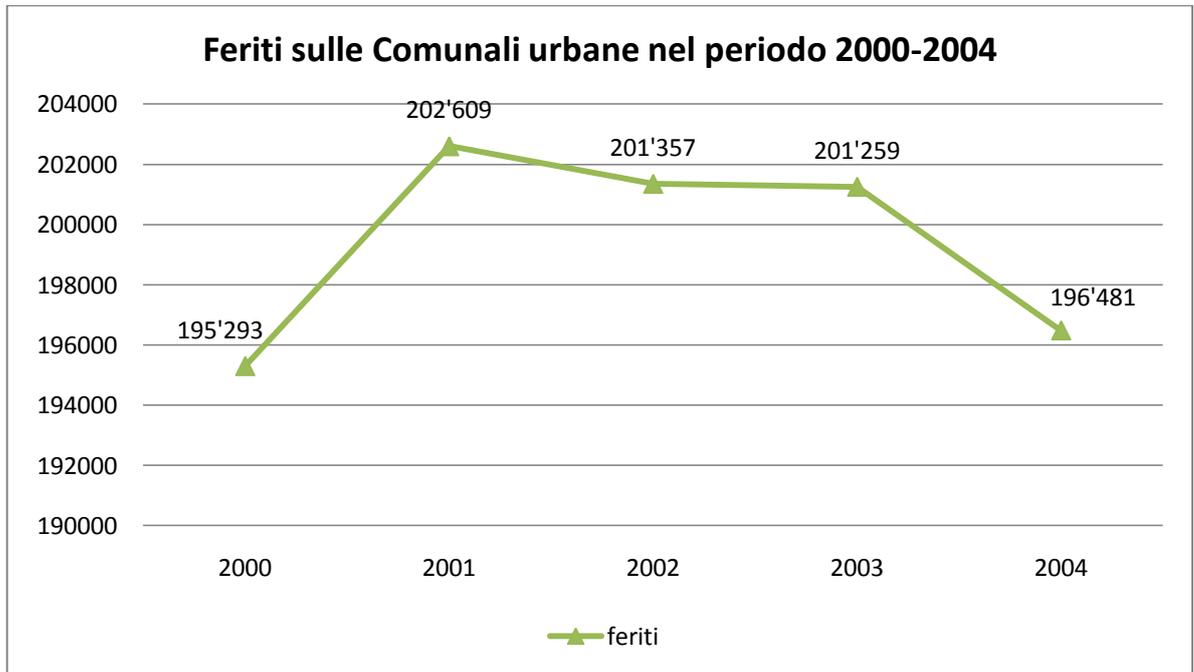


Figura 61 Andamento dei feriti sulle strade comunali urbane

Il rapporto morti su incidenti a parte un lieve aumento del 4,6 % tra il 2000 e il 2001 presenta un andamento decrescente, facendo registrare tra il 2000 e il 2004 una non trascurabile riduzione del 15,5 %.

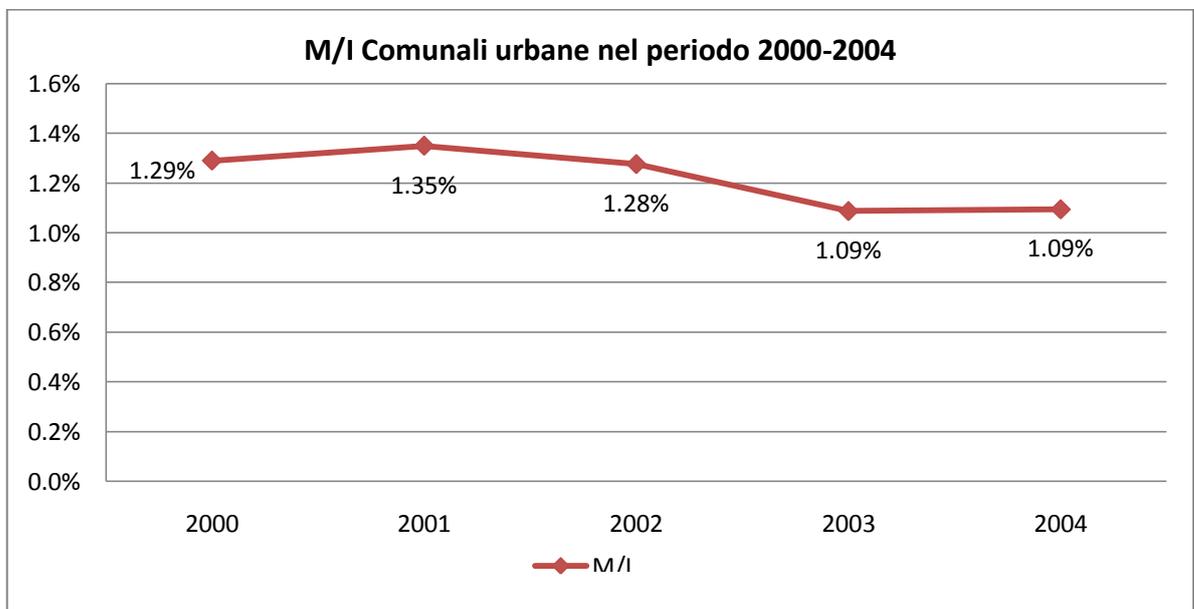


Figura 62 Andamento dell'indice M/I per le strade comunali urbane

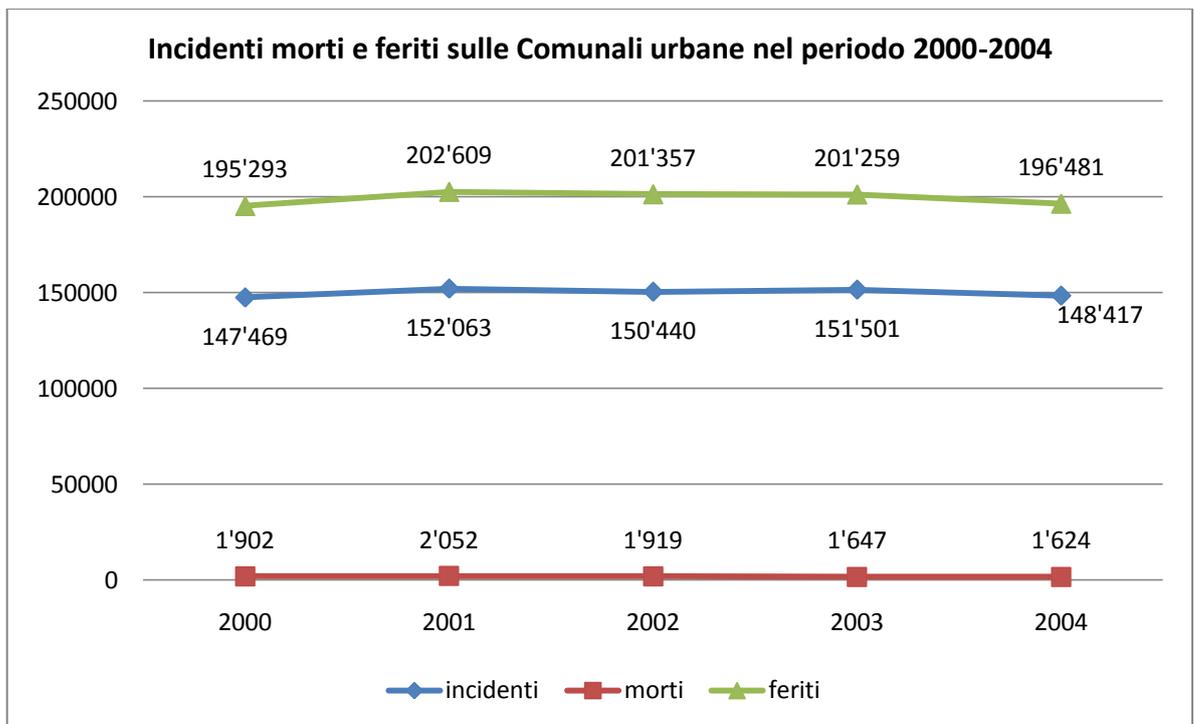


Figura 63 Andamento degli incidenti dei morti e dei feriti sulle strade comunali urbane

### 3.3.1.6 Andamento dell'incidentalità sulle strade comunali extraurbane

Dal grafico seguente si evince che il numero di incidenti sulle strade comunali extraurbane è di due ordini di grandezza minore di quello sulle stesse strade in ambito urbano. Tra il 2000 e il 2004 si registra una riduzione del numero di incidenti del 9,4 %, ma è importante notare come a una riduzione del 25,7 % tra il 2000 e il 2001 faccia seguito un incremento del 42,7 % tra il 2001 e il 2002.

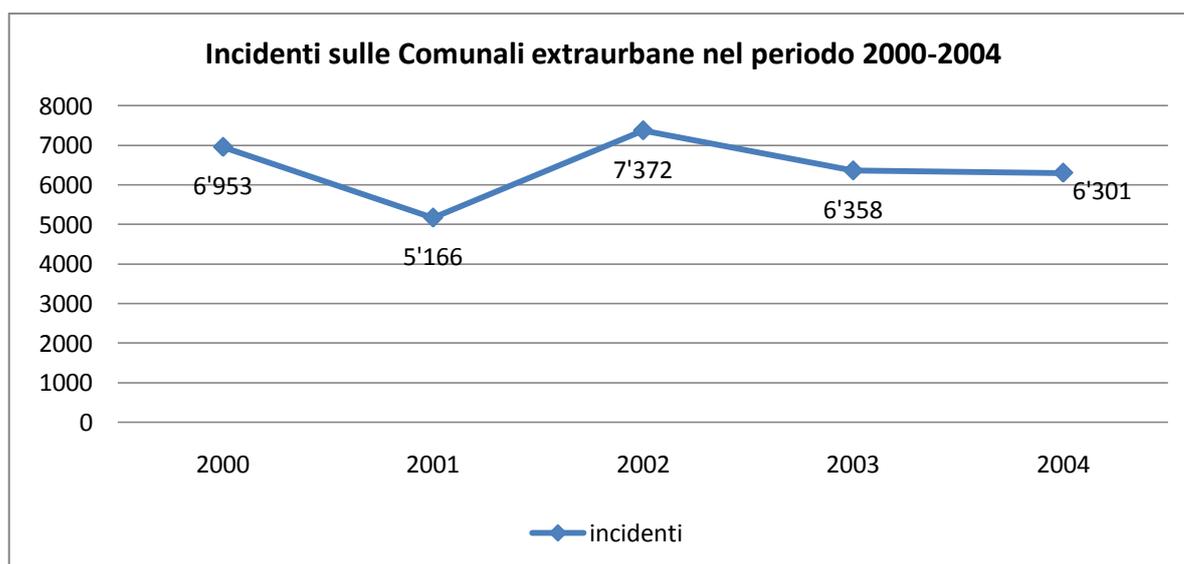


Figura 64 Andamento degli incidenti sulle strade comunali extraurbane

L'andamento del numero dei morti registra una riduzione del 26,6 % tra il 2000 e il 2001 seppure di entità minore tale andamento decrescente si conserva per il resto dell'intervallo, facendo registrare tra il 2000 e il 2004 una riduzione di oltre il 14 %.

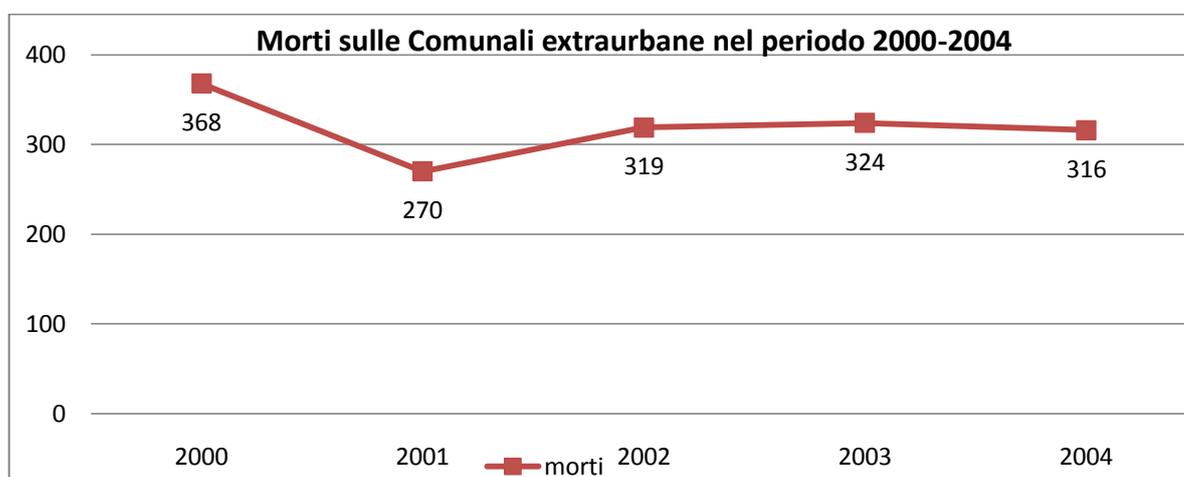


Figura 65 Andamento dei morti sulle strade comunali extraurbane

L'andamento del numero dei feriti è pressoché identico a quello del numero degli incidenti. Alla riduzione del 26,4 % (2000-01), infatti, fanno seguito l'aumento del 45,2 % (2001-02) e le riduzioni del 14,7 % (2002-03) e dell'1,3 % (2003-04). Tra il 2000 e il 2004 si registra una riduzione dei feriti di circa il 10 %.

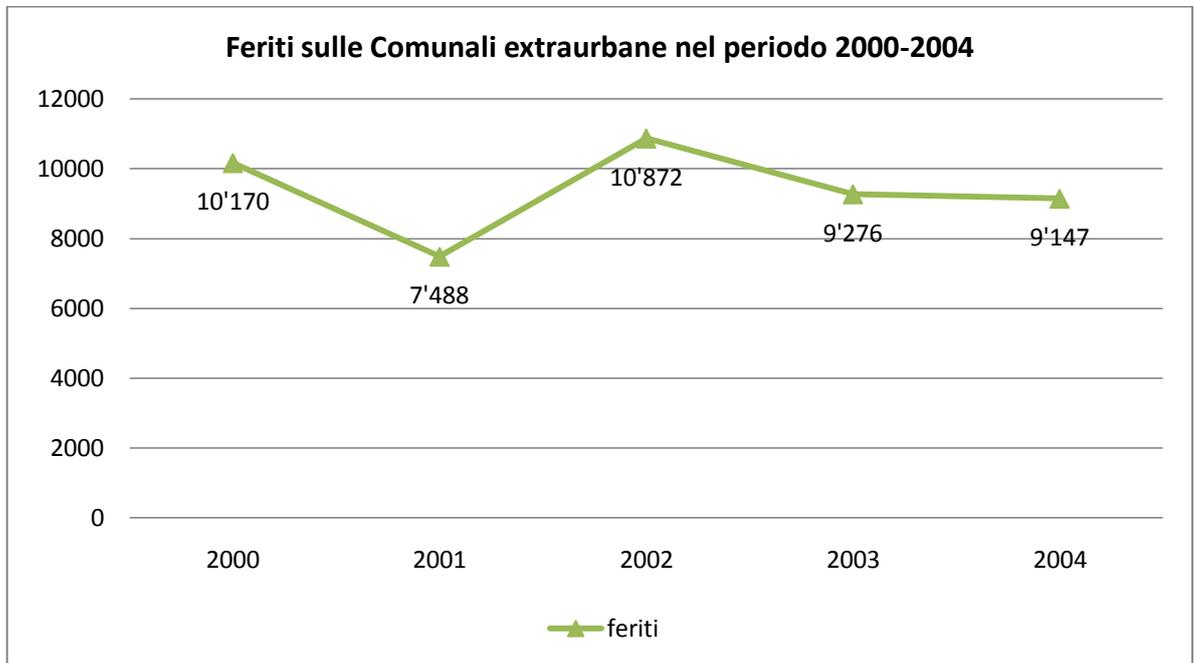


Figura 66 Andamento dei feriti sulle strade comunali extraurbane

L'indice M/I presenta un andamento decrescente in tutto l'intervallo considerato, facendo registrare una riduzione del 5,1% tra il 2000 e il 2004.

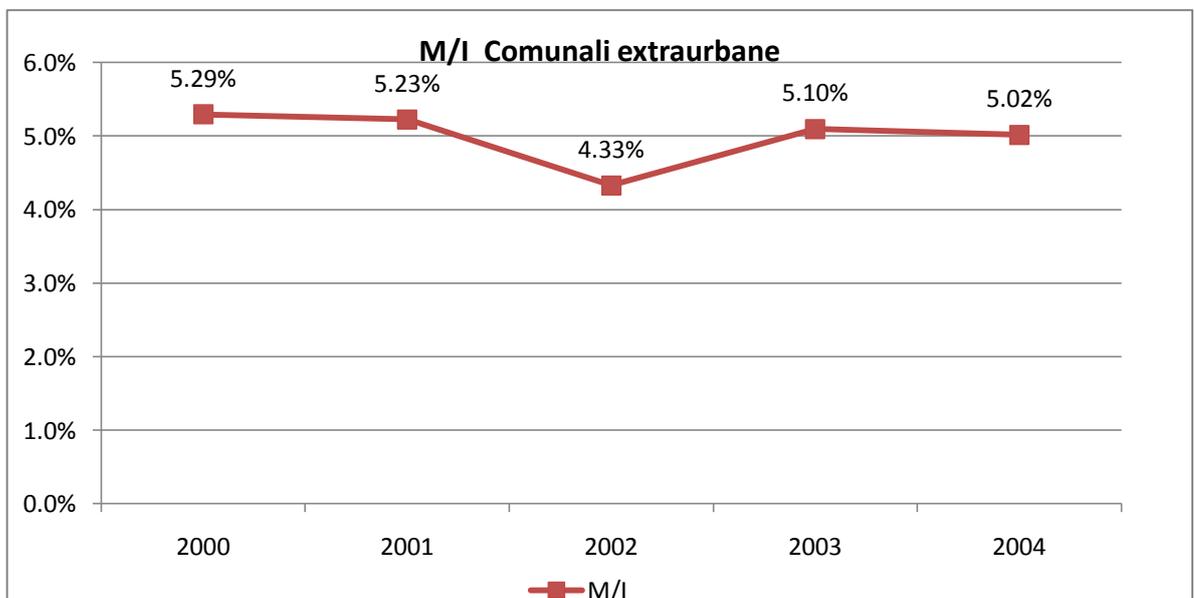


Figura 67 Andamento dell'indice M/I per le strade comunali extraurbane

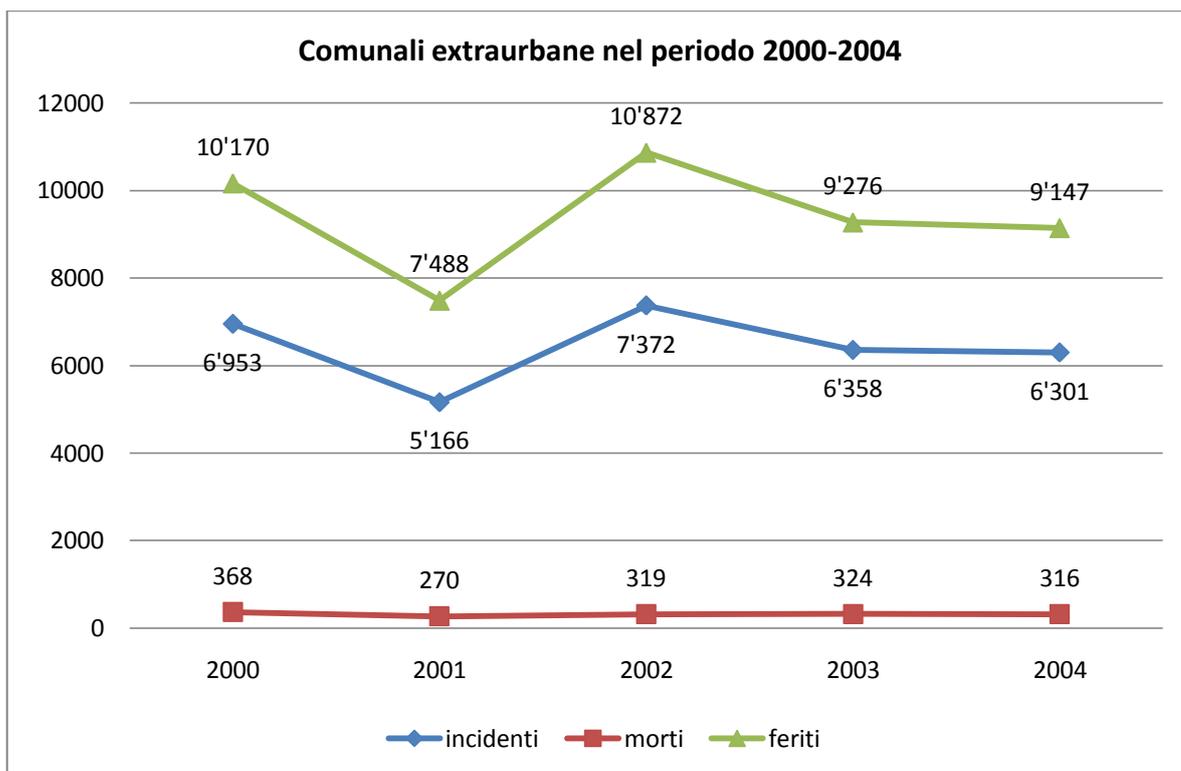


Figura 68 Andamento degli incidenti dei morti e dei feriti sulle strade comunali extraurbane

### 3.3.1.7 Andamento dell'incidentalità sulle autostrade

Il numero di incidenti sulle autostrade presenta un andamento in forte crescita tra il 2000 e il 2002: più 11 % (2000-01), più 6,9 % (2001-02) tra il 2000 e il 2002 più 18,7 %. Nonostante la riduzione del 14, % tra il 2002 e il 2004 nel periodo 2000-0 si registra un aumento del 1,6 % del numero di incidenti.

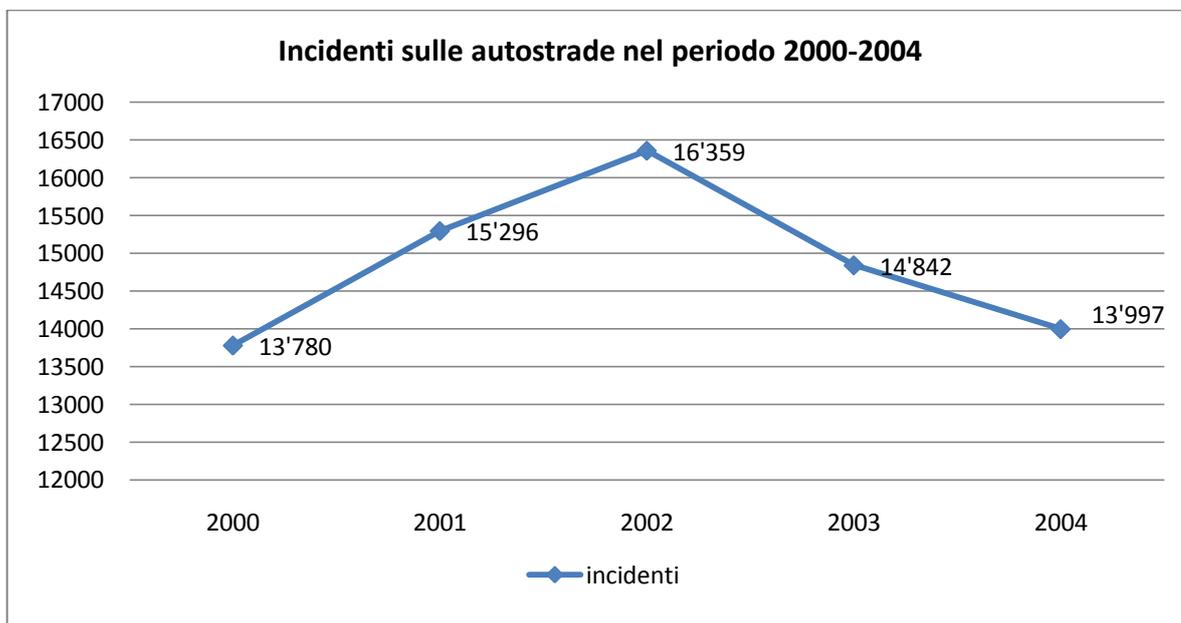


Figura 69 Andamento degli incidenti sulle autostrade

Il numero di morti nonostante una lieve flessione del 4,8 % tra il 2000 e il 2001 nell'intervallo 2000-04 registra un'apprezzabile riduzione del 15,2 %.

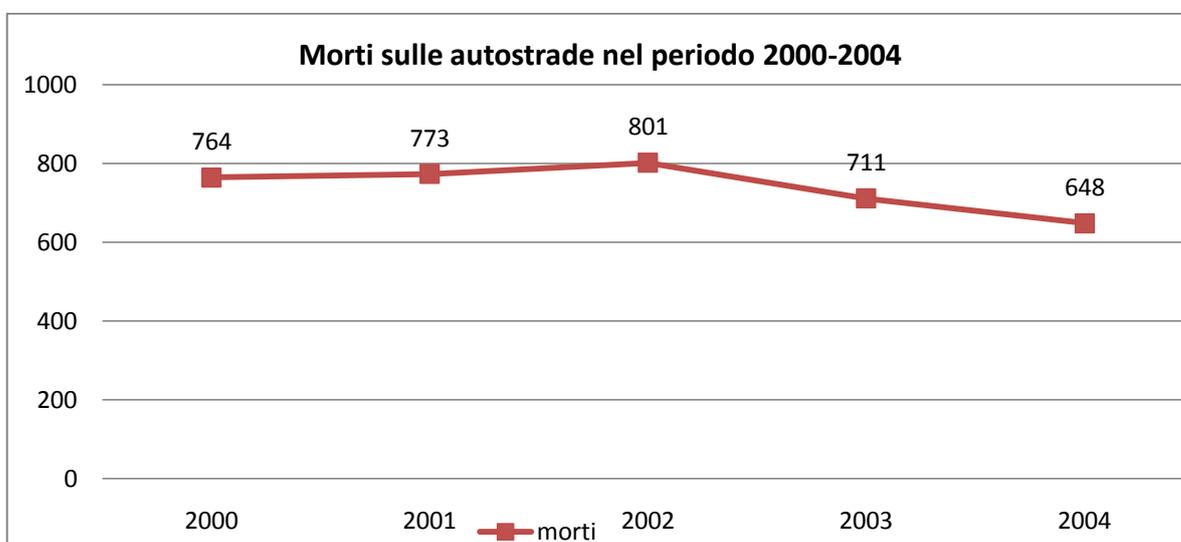


Figura 70 Andamento dei morti sulle autostrade

L'andamento del numero di feriti è pressoché identico a quello del numero di incidenti, anche se in modo discontinuo si presenta tuttavia crescere; facendo registrare tra il 2000 e il 2004 un aumento del 3,3 %.

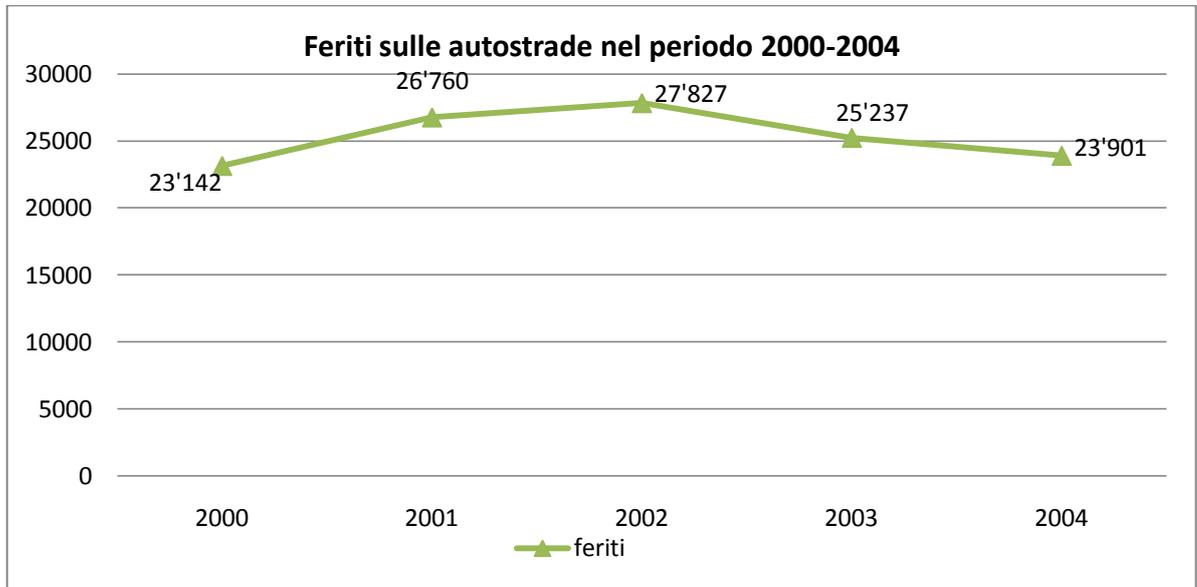


Figura 71 33 Andamento dei feriti sulle autostrade

L'indice morti su incidenti presenta un andamento in costante diminuzione, facendo registrare un meno 8,8% tra il 2000 e il 2001, un meno 3 % tra il 2001 e il 2002, un meno 2,2 % tra il 2002 e il 2003 e un meno 3,3 % tra il 2003 e il 2004; complessivamente una riduzione del 16,4 % nell'intero quinquennio.

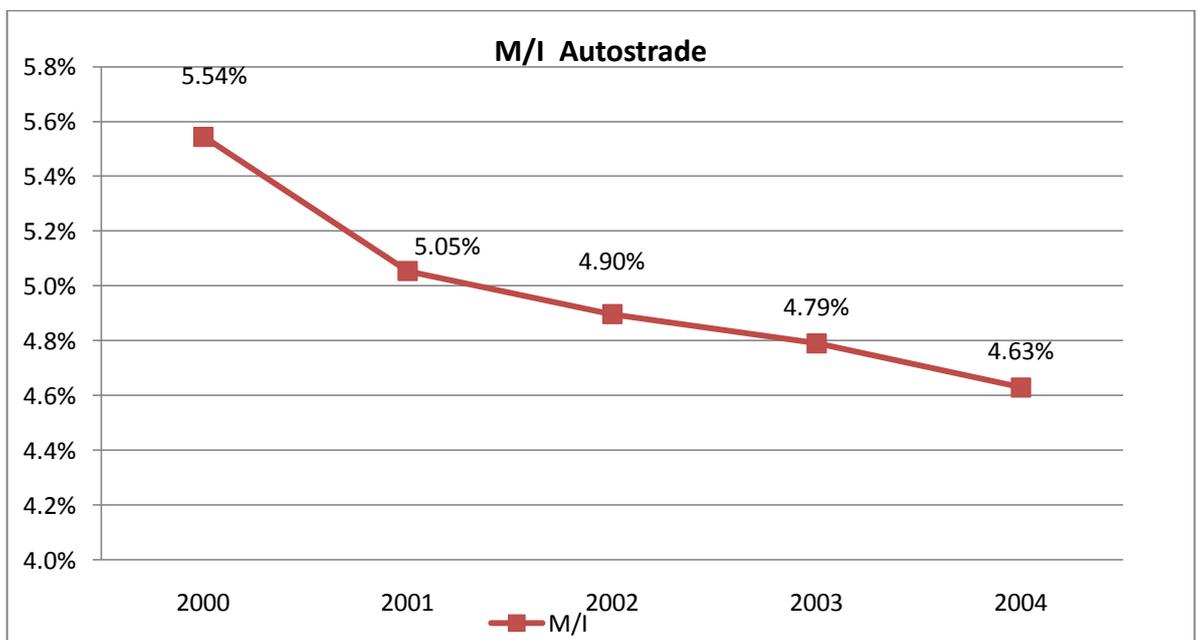


Figura 72 Andamento dell'indice M/I per le autostrade

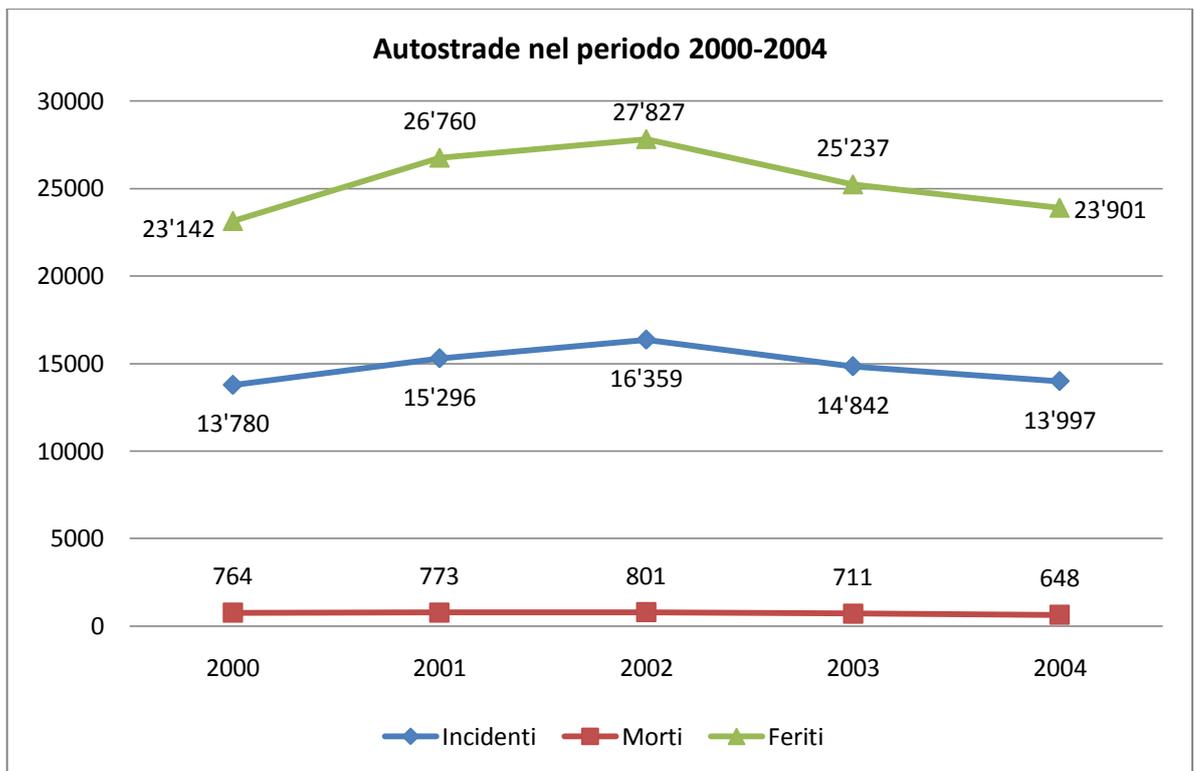


Figura 73 Andamento degli incidenti dei morti e dei feriti sulle autostrade

### 3.3.1.8 Conclusioni

Di seguito si riporta il diagramma relativo all'andamento del numero di incidenti di tutte le tipologie di strade.

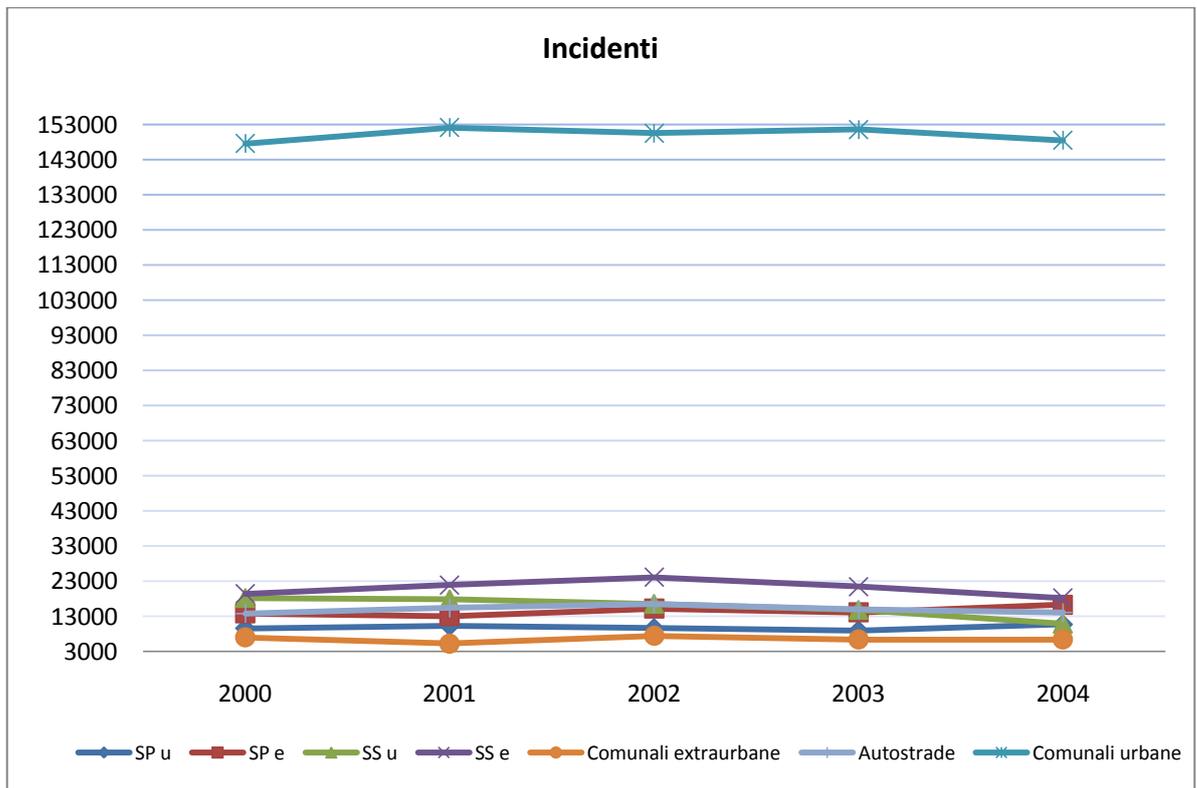
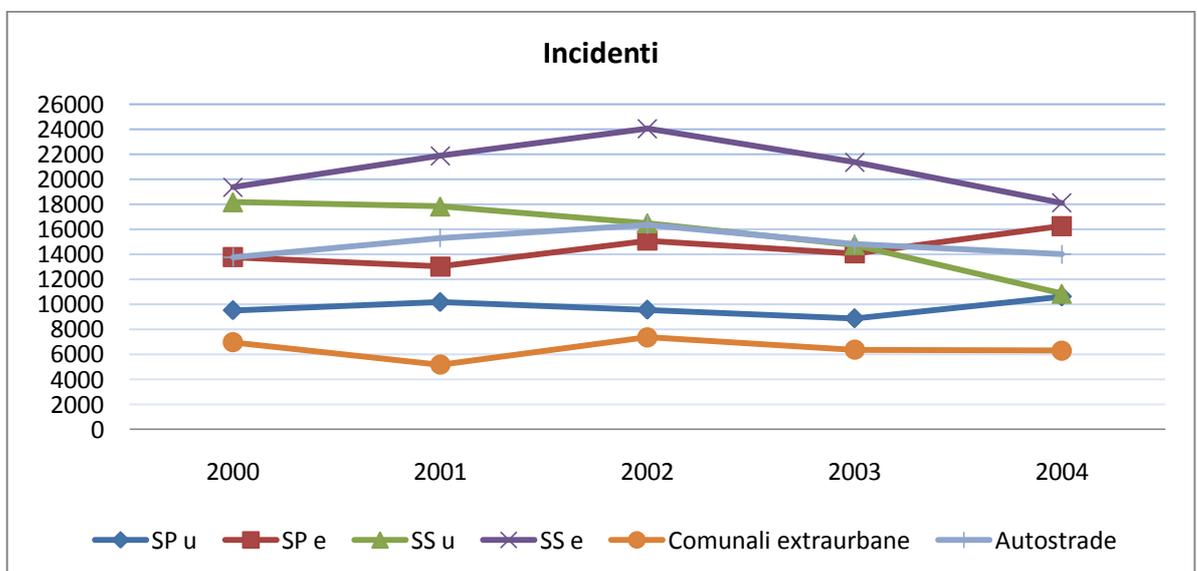


Figura 74 Andamento del numero di incidenti sulle strade italiane tra il 2000 e il 2004

Poiché il numero di incidenti sulle strade comunali urbane è molto elevato per una maggiore lettura dei dati si è deciso di riportare il diagramma privo di tale andamento.



Dai diagrammi si evince che gli andamenti sono abbastanza diversi tra loro anche per la stessa tipologia di strada, emblematico è il caso delle strade statali da cui si evince che il numero di incidenti non è legato alla tipologia di strada ma più probabilmente all'ambito attraversato dalla strada. Nel corso delle elaborazioni si è notato che l'andamento del numero di feriti è molto simile all'andamento del numero di incidenti, ecco perché valgono le stesse considerazioni fatte testé.

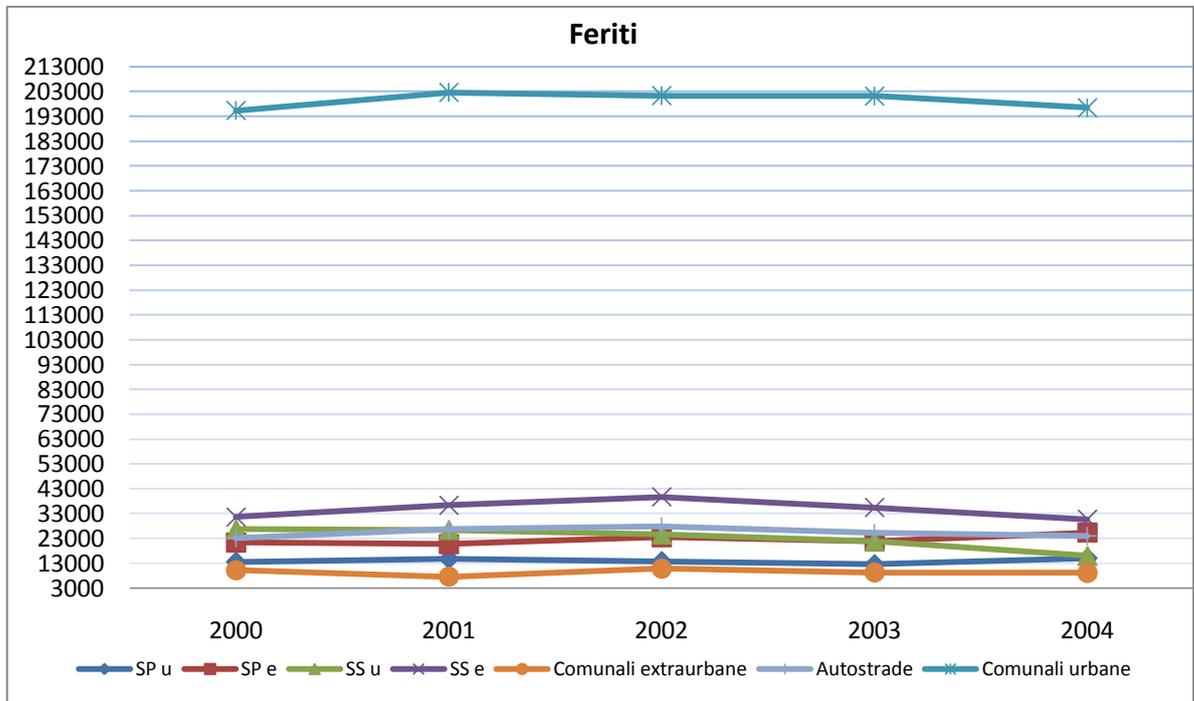


Figura 75 Andamento del numero di feriti sulle strade italiane tra il 2000 e il 2004

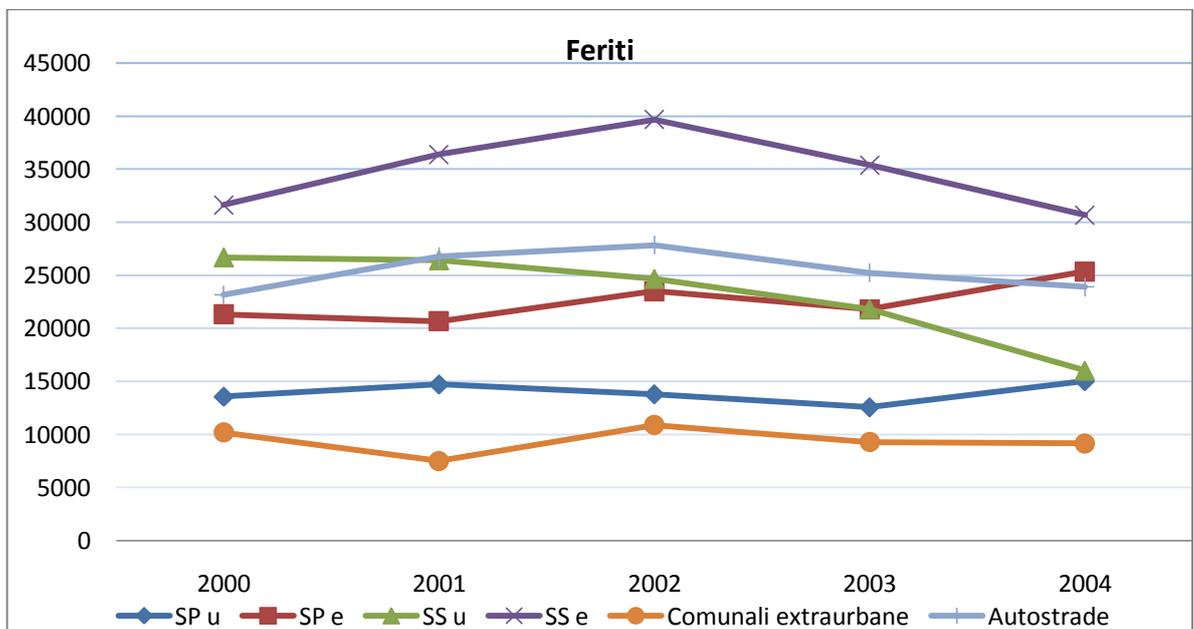


Figura 76 Andamento del numero di feriti sulle strade italiane (escluse le strade comunali urbane) tra il 2000 e il 2004

A differenza di quanto detto in precedenza in merito ad incidenti e feriti, per il numero dei morti delle diverse tipologie di strade si può trovare un'analogia tra gli andamenti. Questi, infatti, seppur in maniera differente registrano al 2004 una riduzione rispetto al 2000, fatta eccezione per le strade provinciali extraurbane.

Tipologia di strada	Variazione del numero di morti 2000-04
SP urbana	- 2,0 %
SP extraurbana	+ 9,8 %
SS urbana	- 48,2 %
SS extraurbana	- 23,3 %
Comunale urbana	- 14,6 %
Comunale extraurbana	-14,0 %
Autostrada	- 15,2 %

Tabella 20 Variazione del numero di morti tra il 2000 e il 2004

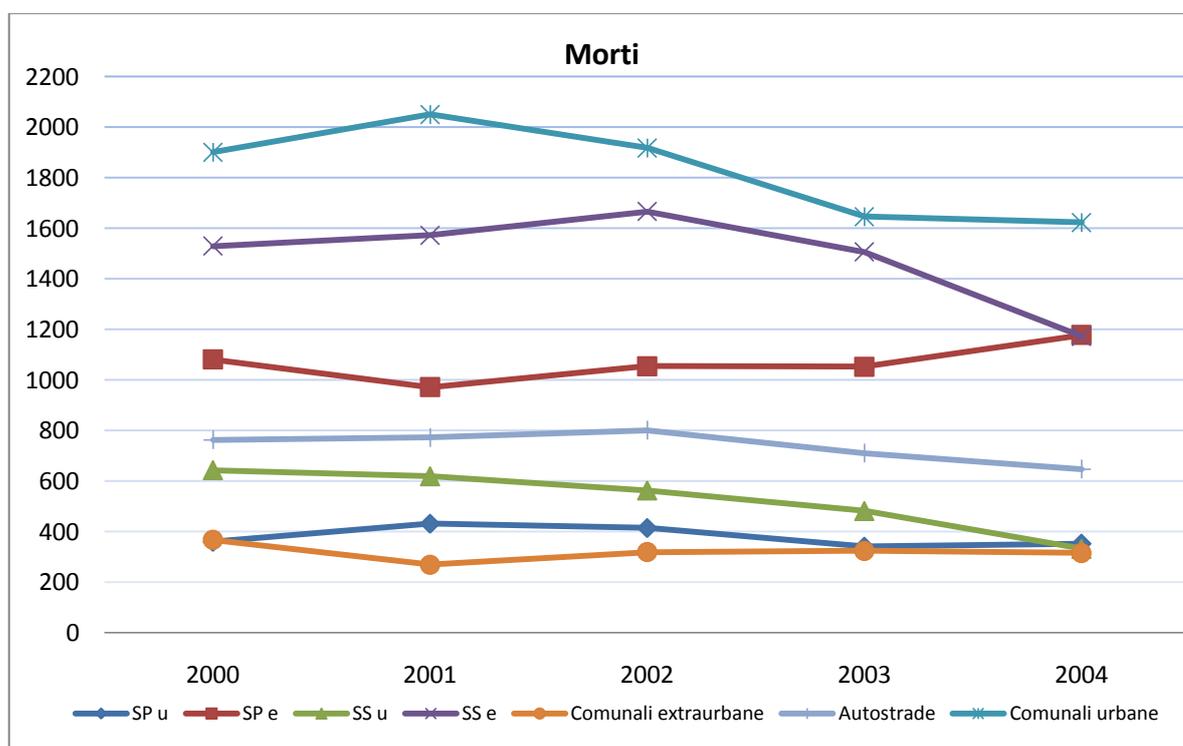


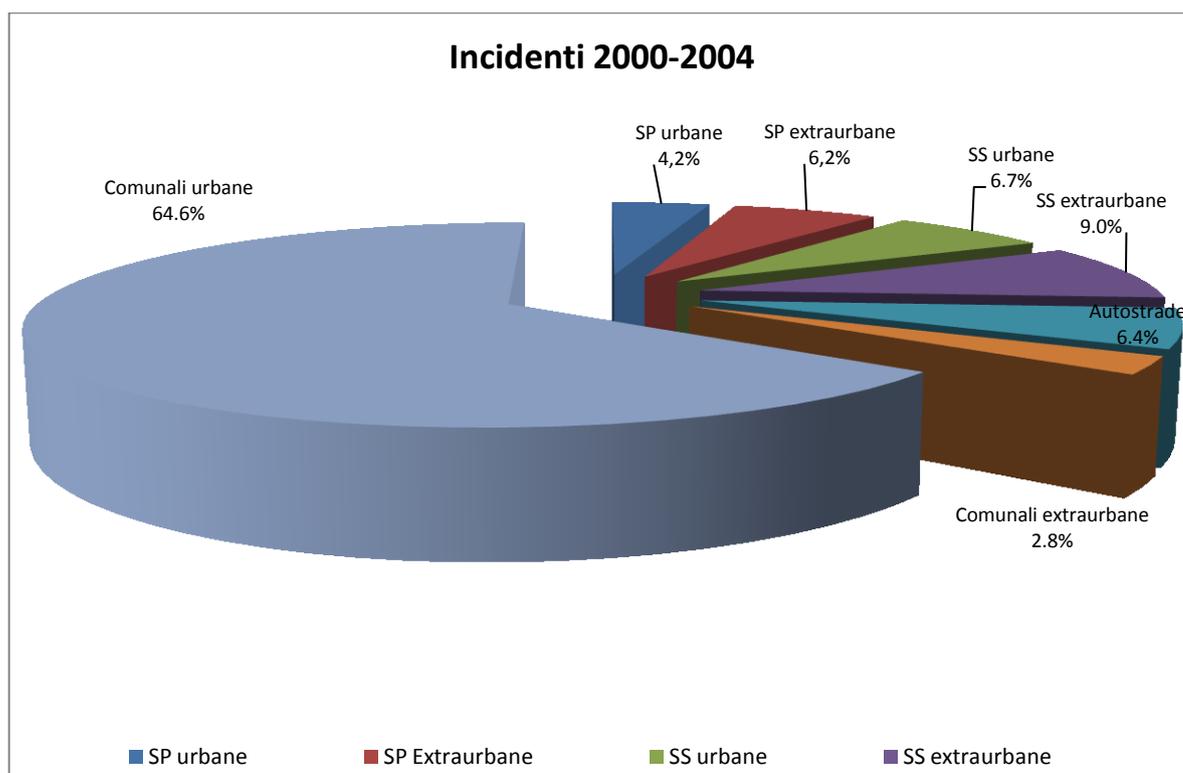
Tabella 21 Andamento del numero dei morti sulle strade italiane tra il 2000 e il 2004

I dati relativi al quinquennio 2000-2004 sono riportati nella tabella che segue.

Tipologia di strada	Incidenti	% Incidenti	Morti	% Morti	Feriti	% Feriti	M/I %
SP urbana	48.733	4,2	1.901	5,4	69.663	3,9	<b>3,9</b>
SP Extraurbane	72.183	6,2	5.340	15,1	112.635	6,4	<b>7,4</b>
SS urbane	78.094	6,7	2.640	7,4	115.586	6,5	<b>3,4</b>
SS extraurbane	104.766	9,0	7.450	21,0	173.736	9,8	<b>7,1</b>
Comunali extraurbane	74.274	6,4	3.697	10,4	126.867	7,2	<b>7,1</b>

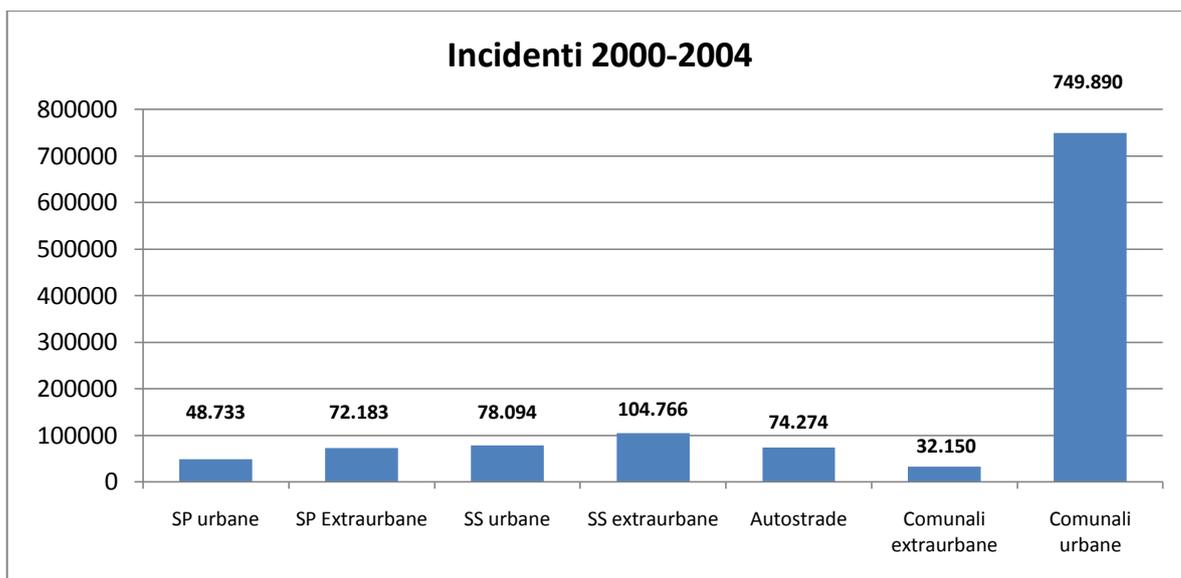
<b>Comunali urbane</b>	32.150	2,8	5.294	14,9	173.820	9,8	<b>5,0</b>
<b>Autostrade</b>	749.890	64,6	9.144	25,8	996.999	56,3	<b>1,2</b>
<b>TOTALE</b>	<b>1.160.090</b>	<b>100,0%</b>	<b>35.466</b>	<b>100,0</b>	<b>1.769.306</b>	<b>100,0</b>	<b>3,0</b>

Dalla precedente tabella si evince che in Italia in cinque anni si sono avuti oltre un milione di incidenti, che hanno causato 35.466 morti e 1.76.306 feriti. Questi numeri mostrano quanto sia difficile centrare l'obiettivo della comunità europea di ridurre del 40 % entro il 2010 il numero dei morti e dei feriti.



**Figura 77 Incidenti stradali in Italia nel quinquennio 2000-04 per tipologia di strade in percentuale**

Il 64,6 % degli incidenti occorsi in Italia tra il 2000 e il 2004 è ascrivibile a una strada comunale urbana, seguono le strade statali in ambito extraurbano, le statali in ambito urbano, le strade provinciali extraurbane e poi le provinciali urbane seguite dalle autostrade ed infine le comunali extraurbane.



Proprio per la definizione dei parametri di rilievo dell'evento sinistoso a ciascun incidente corrisponde almeno un ferito, di seguito si riportano le elaborazioni relative ai feriti registrati.

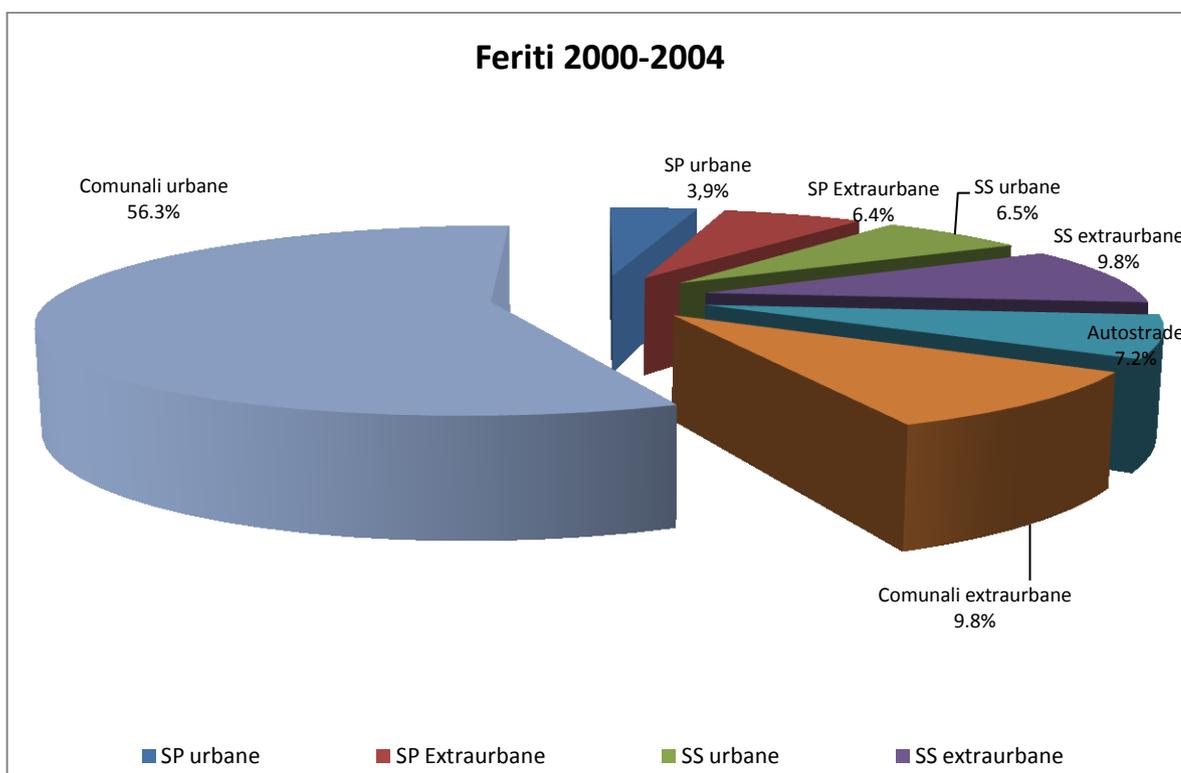


Figura 78 Percentuale di feriti in funzione della tipologia di strada

Analogamente a quanto avviene per il numero di incidenti, la percentuale maggiore di feriti si ha sulle strade comunali urbane.

Analogamente a quanto illustrato in precedenza si riportano i dati relativi ai morti.

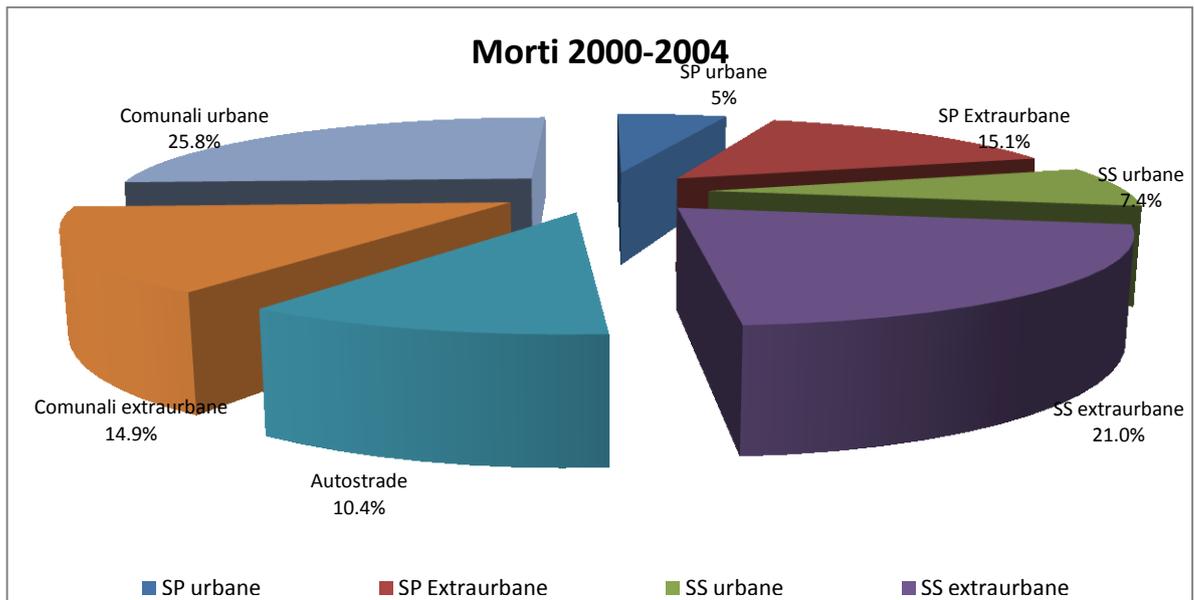


Figura 79 Percentuale dei morti in funzione della tipologia di strada

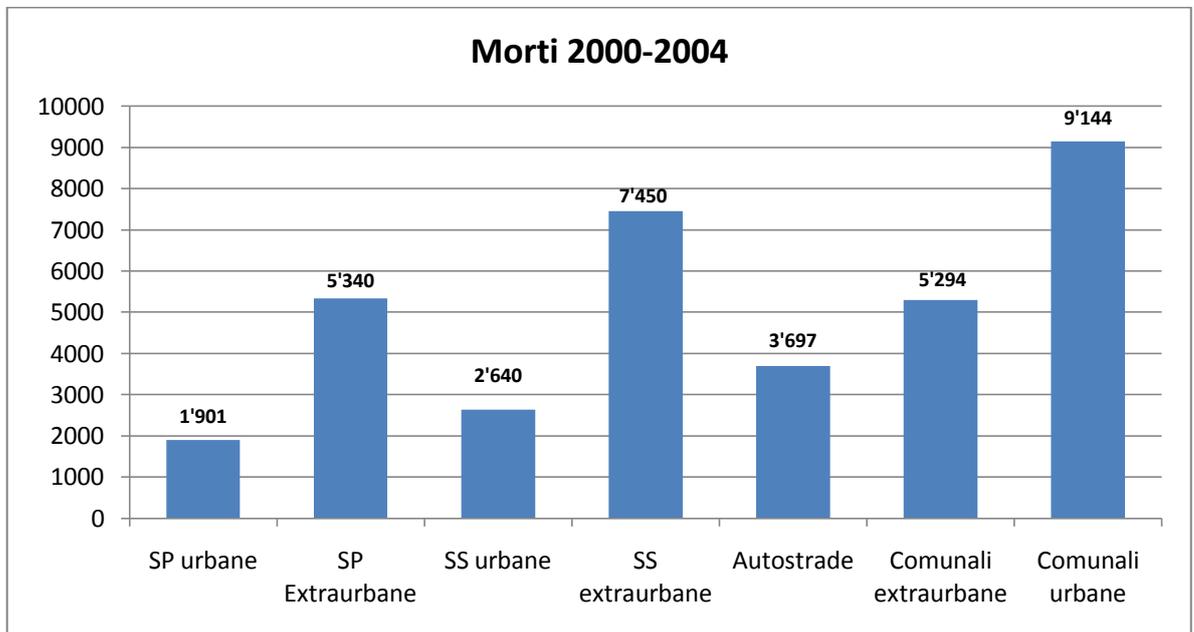


Figura 80 Morti nel quinquennio 2000-04

Mentre il numero degli incidenti e dei feriti presenta un andamento simile, non si può dire lo stesso per il numero dei morti. Si è notato, infatti, che il maggior numero di morti, escluse le strade comunali urbane, si ha sulle statali, provinciali e comunali extraurbane; strade che registrano un numero di incidenti non molto elevato. A tale scopo di seguito si riporta l'istogramma dell'indice M/I (morti su incidenti).

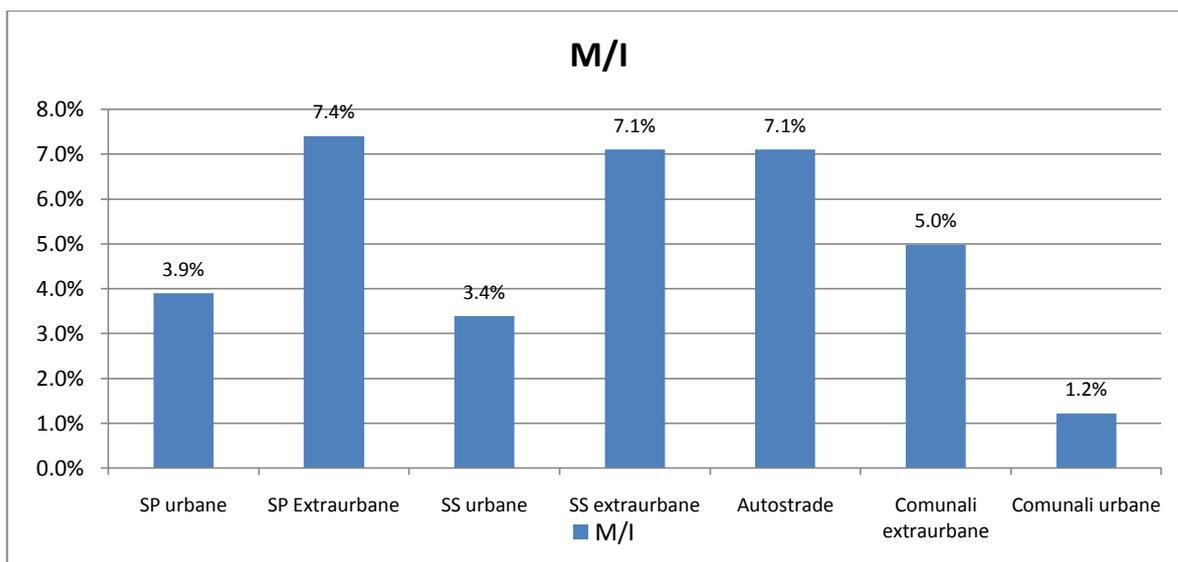


Figura 81 Morti su incidente per tipologia di strada

Le strade con il maggiore M/I sono le provinciali extraurbane, le statali extraurbane e le autostrade. Per valutare la gravità degli incidenti si è riportato anche il numero di incidenti mortali per tipologia di strada.

Tipologia di strada	Incidenti	Incidenti mortali (Im)	Im/I
<b>SP urbane</b>	48.733	1.774	3,64%
<b>SP Extraurbane</b>	72.183	4.786	6,63%
<b>SS urbane</b>	78.094	2.428	3,11%
<b>SS extraurbane</b>	104.766	6.401	6,11%
<b>Autostrade</b>	74.274	3.151	4,24%
<b>Comunali extraurbane</b>	32.150	1.472	4,58%
<b>Comunali urbane</b>	749.890	8.761	1,17%
<b>TOTALE</b>	<b>1.160.090</b>	<b>28.773</b>	<b>2,48%</b>

Tabella 22 Incidenti mortali in Italia tra il 2000 e il 2004

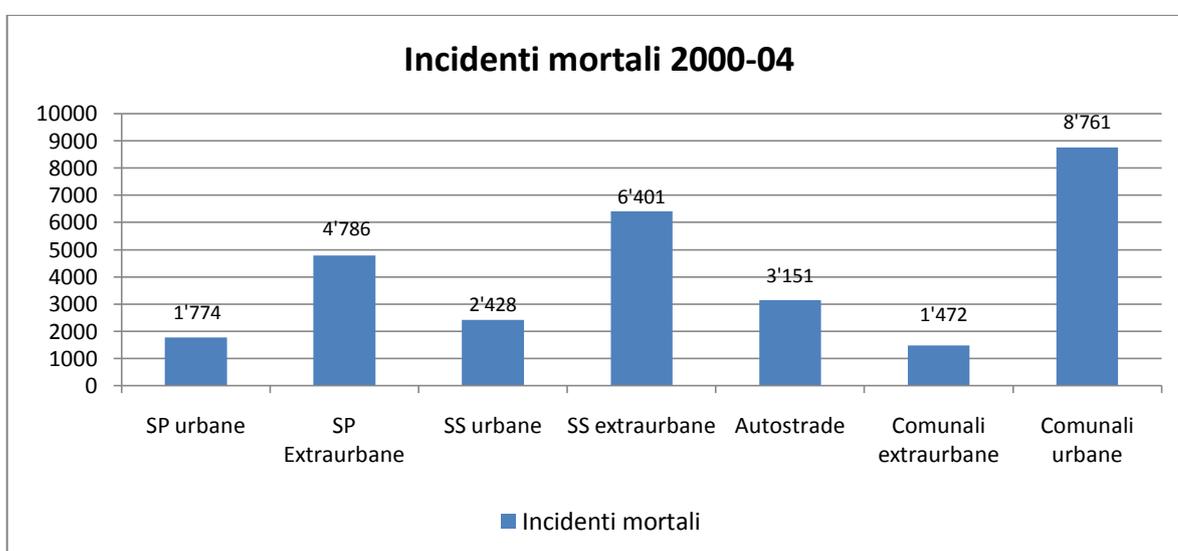


Figura 82 Incidenti mortali

La tipologia di strada con il maggior numero di incidenti mortali è la comunale urbana. Le strade statali e provinciale extraurbane presentano un elevato numero di incidenti mortali, seguite dalle autostrade. Rapportando il numero di incidenti mortali al totale degli incidenti per tipologia di strada si ottiene il diagramma di. Il 6,63 % degli incidenti che avvengono sulle strade provinciali extraurbane sono mortali, tale valore è del 6,11 % per le strade statali extraurbane, del 4,58 % per le comunali extraurbane e del 4,24 % per le autostrade. Da queste importanti percentuali si evince come lo scenario di incidente in ambito extraurbano sia più gravoso che in ambito urbano.

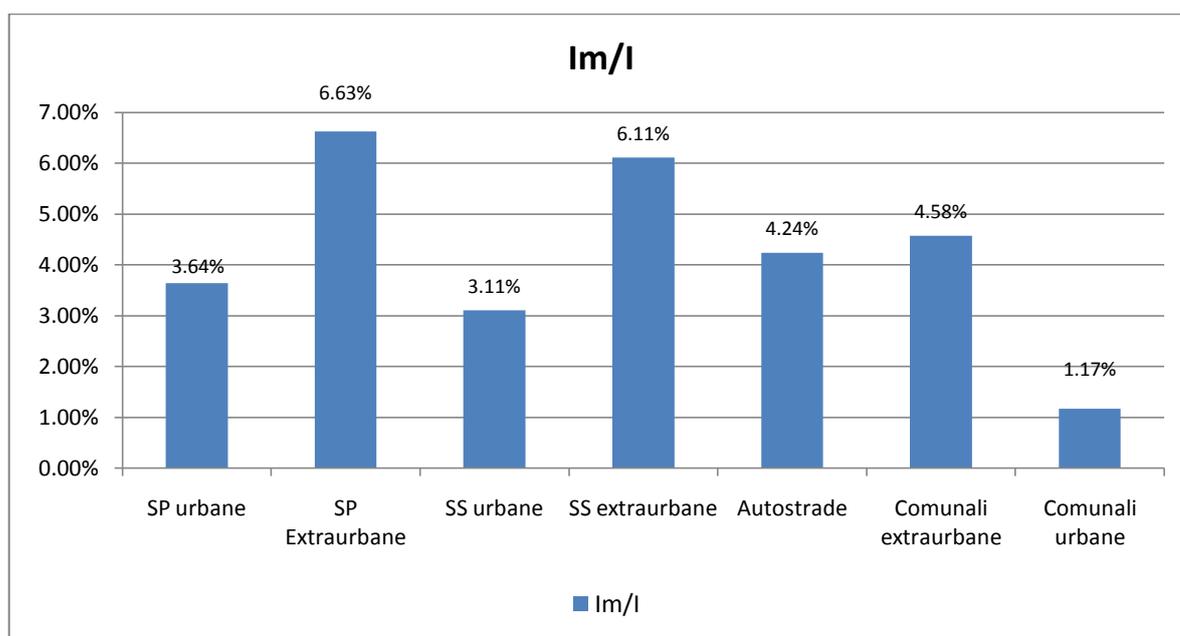


Figura 83 Incidenti mortali su incidenti per tipologia di strada

Oltre che per tipologia di strada è stata fatta anche un'analisi dei dati in funzione dell'area in cui gli incidenti si verificano, si sono aggregati i dati riferibili all'ambito urbano (strade comunali urbane, SP urbane, SS urbane) e a quello extraurbano (strade comunali extraurbane, SS extraurbane, SP extraurbane ed autostrade).

Area	Anno	Incidenti	$\Delta I$	Morti	$\Delta M$	Feriti	$\Delta F$	M/I (%)
Area urbana	2000	175.155		2.905		235.531		1,7%
	2001	180.060	+ 2,80 %	3.103	+ 6,82 %	243.729	3,48%	1,7%
	2002	176.492	- 1,98 %	2.897	- 6,64 %	239.802	-1,61%	1,6%
	2003	175.117	- 0,78 %	2.470	- 14,74 %	235.641	-1,74%	1,4%
	2004	169.893	- 2,98 %	2.310	- 6,48 %	227.545	-3,44%	1,4%
	<b>tot area urbana</b>		<b>876.717</b>		<b>13.685</b>		<b>1.182.248</b>	
Area extraurbana	2000	53.879		3.744		86.265		6,9%
	2001	55.349	+ 2,73 %	3.588	- 4,17 %	91.300	+ 5,84 %	6,5%

2002	62.862	+ 13,57 %	3.842	+ 7,08 %	101.858	+ 11,56 %	6,1%
2003	56.623	- 9,92 %	3.595	- 6,43 %	91.683	- 9,99 %	6,3%
2004	54.660	- 3,47 %	3.315	- 7,79 %	89.085	- 2,83 %	6,1%
<b>tot area extraurb</b>	<b>283.373</b>		<b>18.084</b>		<b>460.191</b>		<b>6,4%</b>
<b>TOTALE</b>	<b>1.160.090</b>		<b>31.769</b>		<b>1.642.439</b>		

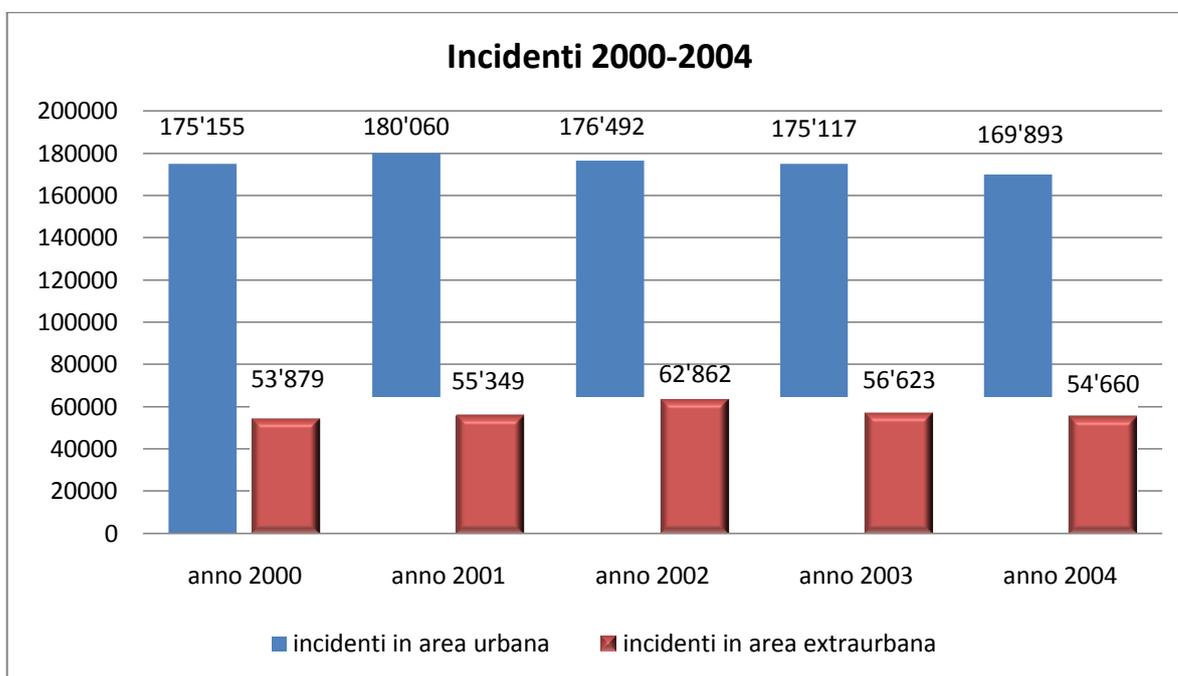


Figura 84 Confronto tra il numero degli incidenti in area urbana ed extraurbana

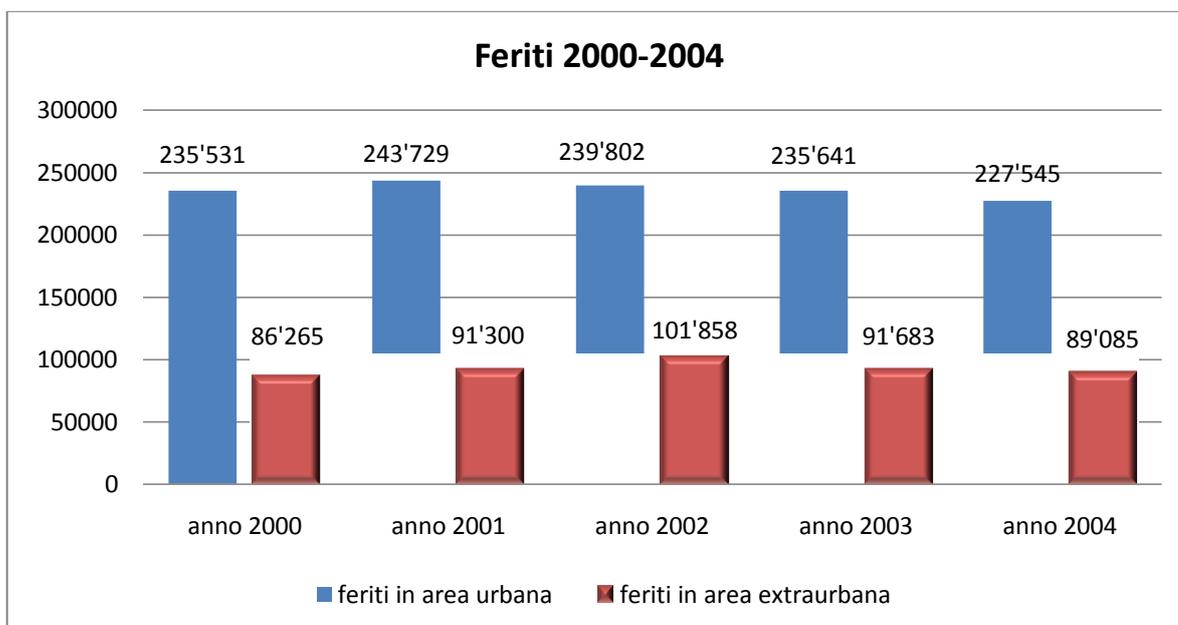


Figura 85 Confronto tra il numero dei feriti in area urbana ed extraurbana

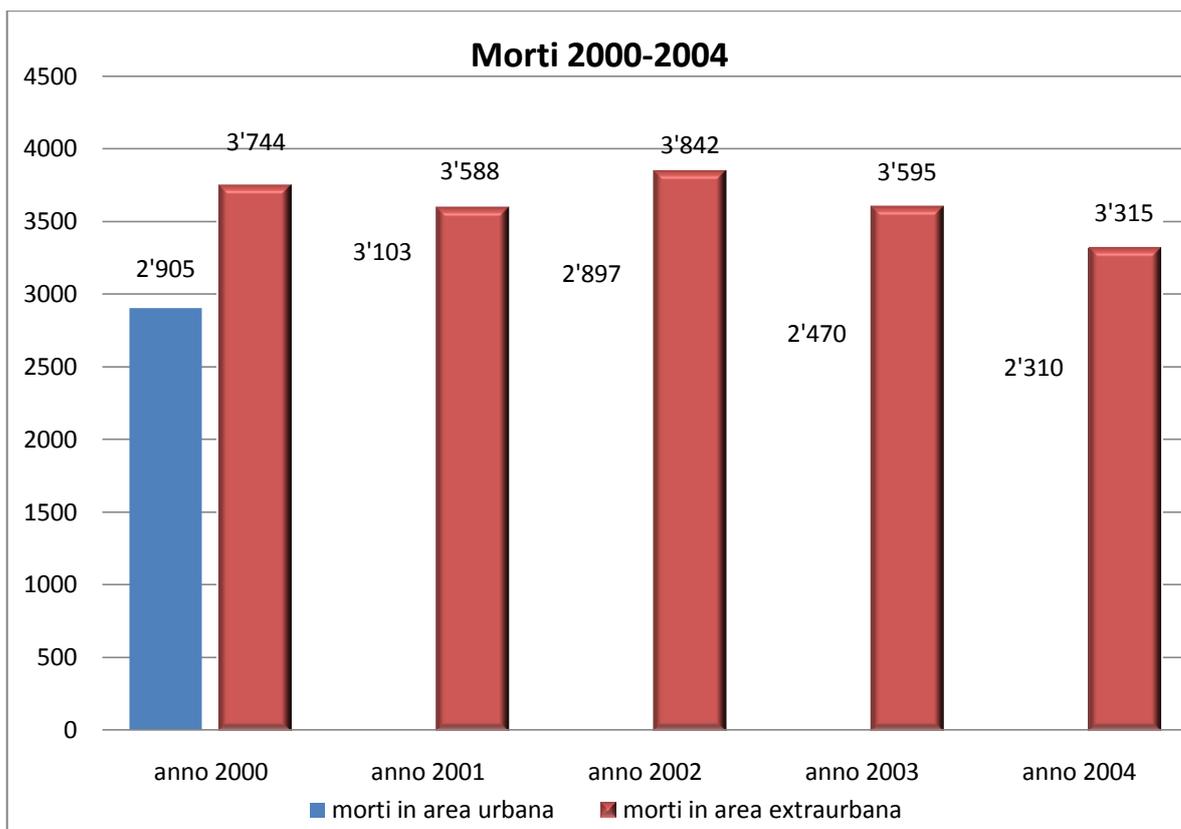


Figura 86 Confronto tra il numero dei morti in area urbana ed extraurbana

Dalle tabelle e dai grafici testé riportati si evince che:

- in ambito urbano il numero di incidenti non varia molto di anno in anno, facendo registrare variazioni comprese nel range [-2,98% ; +2,80%.];
- in area extraurbana le variazioni del numero di incidenti sono molto differenti tra loro e appartenenti al range [-9,92% ; +13,57%];
- le variazioni del numero dei morti sia in ambito urbano che extraurbano non sono molto differenti di anno in anno;
- il numero dei feriti in ambito urbano non varia di molto da un anno all'altro;
- in ambito extraurbano le variazioni del numero dei feriti sono molto diverse tra loro;
- l'indice morti su incidenti in area extraurbana è quattro volte maggiore che in area urbana;
- il numero di incidenti e di feriti in ambito urbano è di un ordine di grandezza maggiore di quello in ambito extraurbano, ciononostante il numero dei morti è dello stesso ordine di grandezza e addirittura ha un valore molto simile.

Si è indagato inoltre l'andamento nel tempo di ciascun indice, i risultati sono rappresentati nei grafici che seguono.

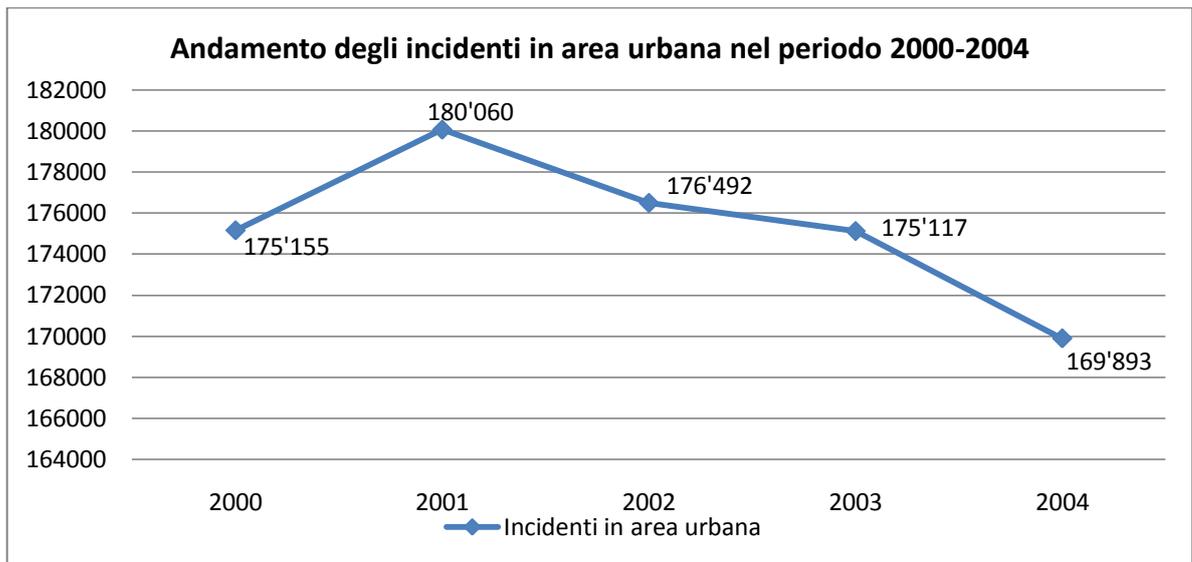


Figura 87 Andamento del numero degli incidenti in area urbana

A parte l'incremento del numero di incidenti tra il 2000 e il 2001, si è registrato in area urbana una riduzione degli stessi, pari al 5,6 % tra il 2001 e il 2004.

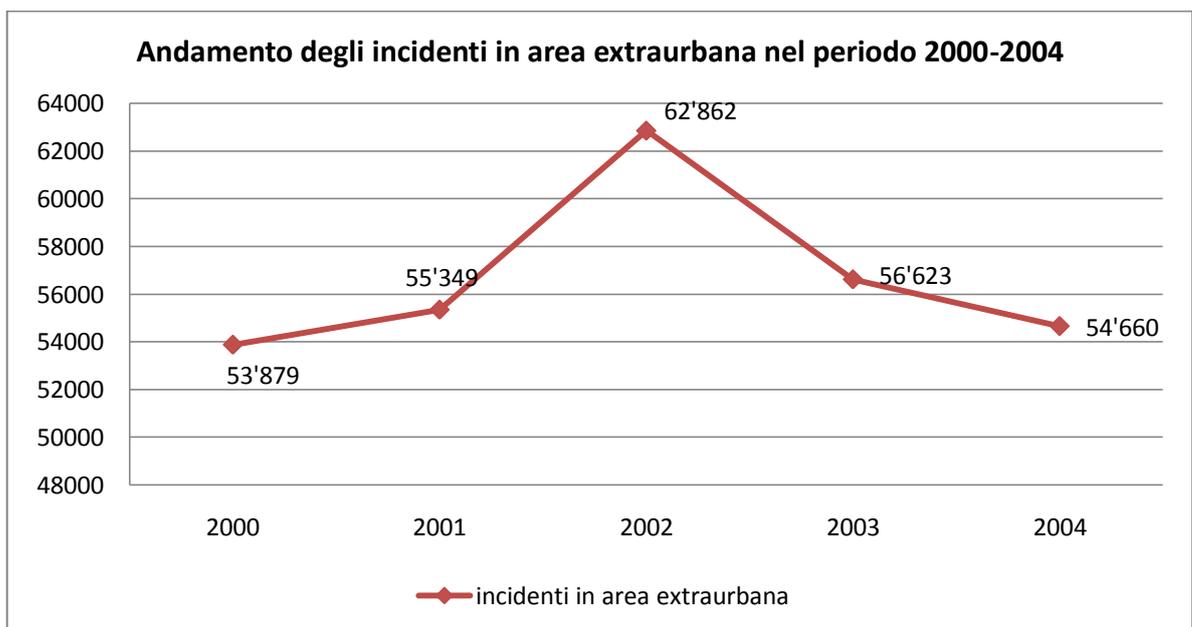


Figura 88 Andamento del numero degli incidenti in area extraurbana

Tra il 2000 e il 2002 si è registrato un incremento del 16,7 %, seguito da una riduzione del 13 % tra il 2002 e il 2004, ciononostante il valore al 2004 è maggiore dell'1,4 % di quello al 2000.

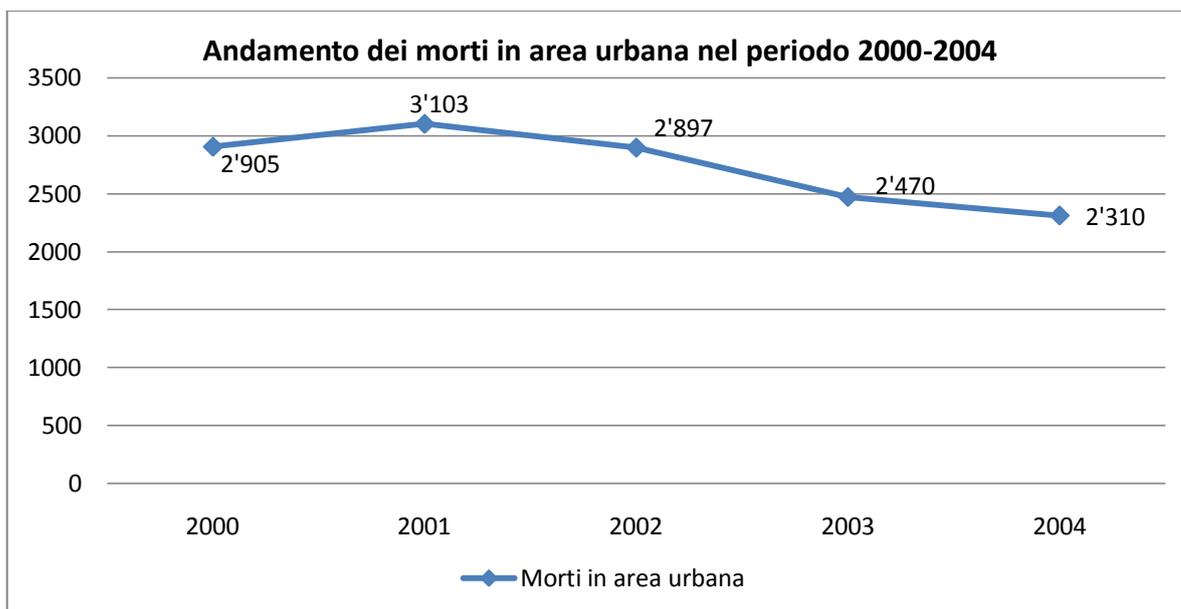


Figura 89 Andamento del numero di morti in area urbana tra il 2000 e il 2004

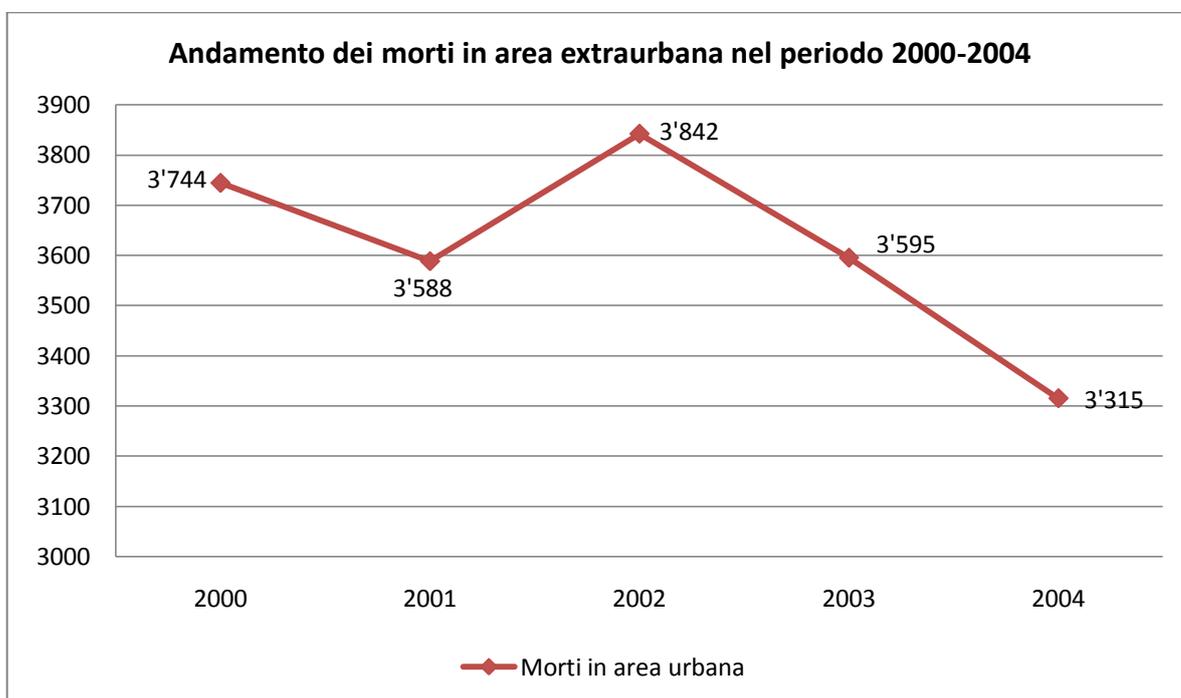


Figura 90 Andamento del numero di morti in area extraurbana tra il 2000 e il 2004

Anche se in modo differente, entrambe gli andamenti fanno registrare al 2004 una non trascurabile riduzione del numero dei decessi rispetto al 2000, pari al - 20,48 % in area urbana e - 11,46 % in area extraurbana.

L'andamento del numero di feriti, si presenta al solito simile a quello del numero degli incidenti ed è riportato nelle figure seguenti.

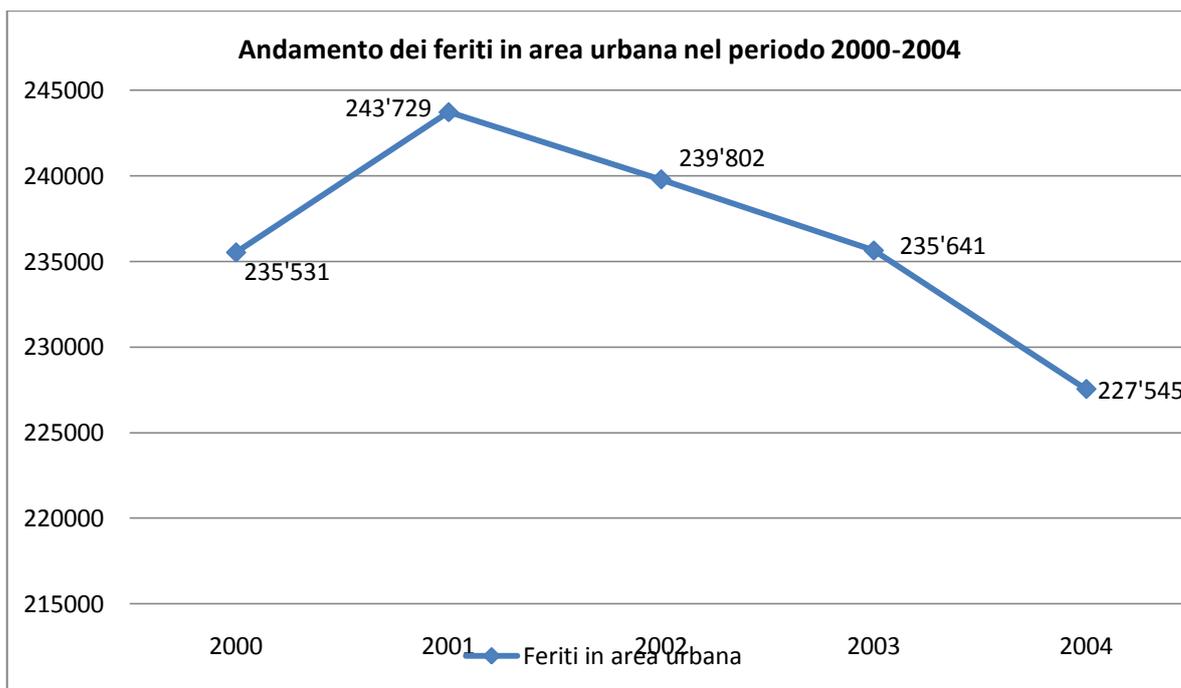


Figura 91 Andamento del numero di feriti in area urbana tra il 2000 e il 2004

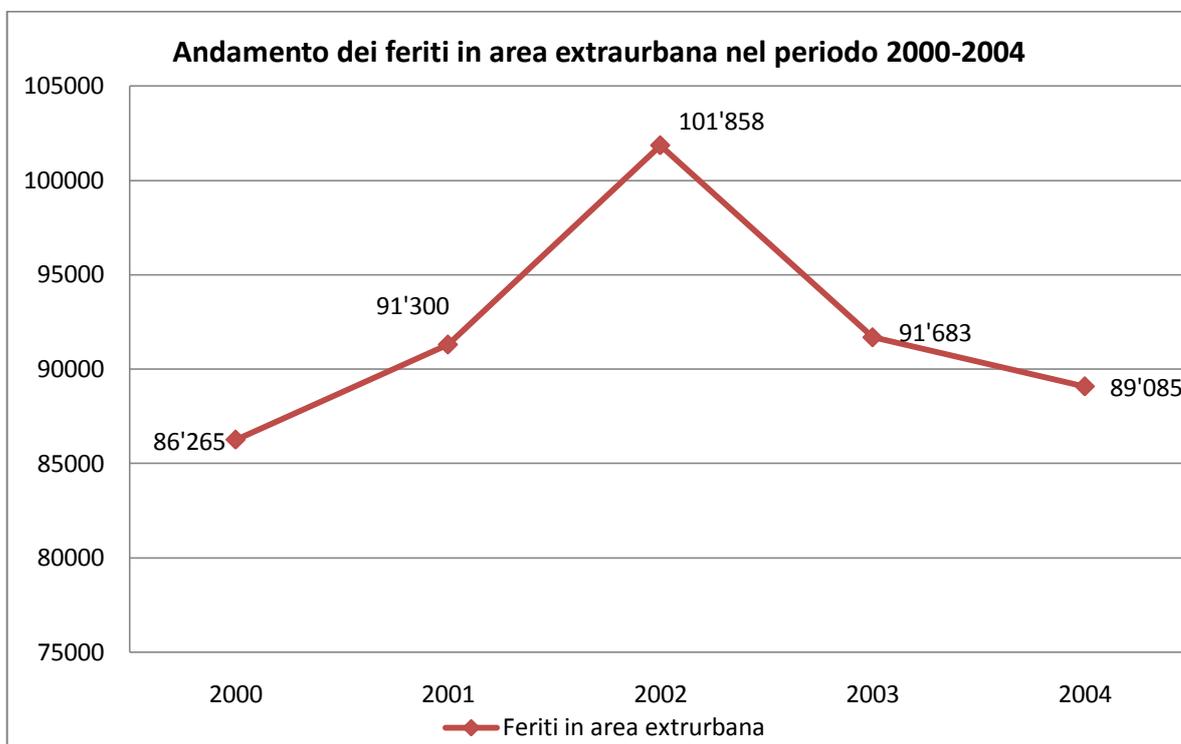


Figura 92 Andamento del numero di feriti in area extraurbana tra il 2000 e il 2004

Interessante risulta il confronto tra i due andamenti dell'indice morti su incidente possibile anche grazie ai grafici che seguono.

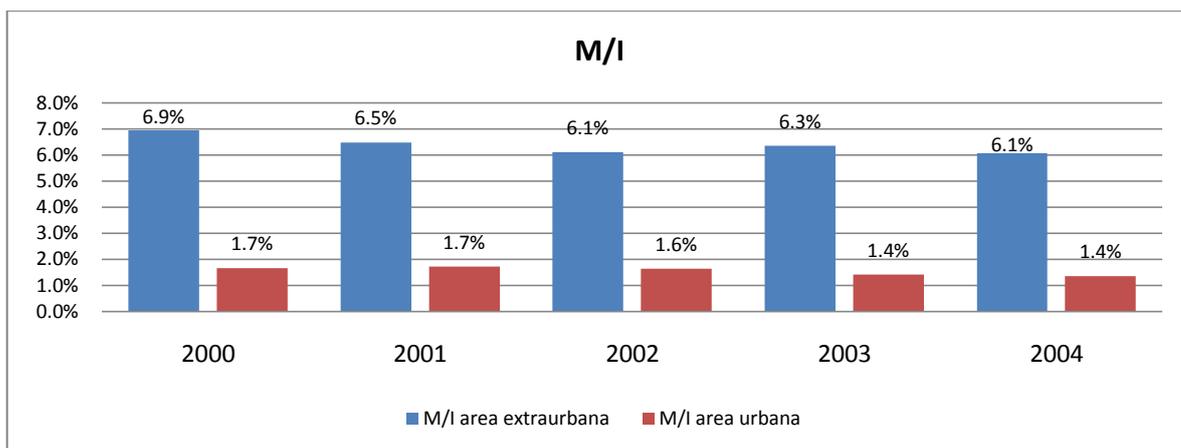


Figura 93 Confronto dell'indice M/I

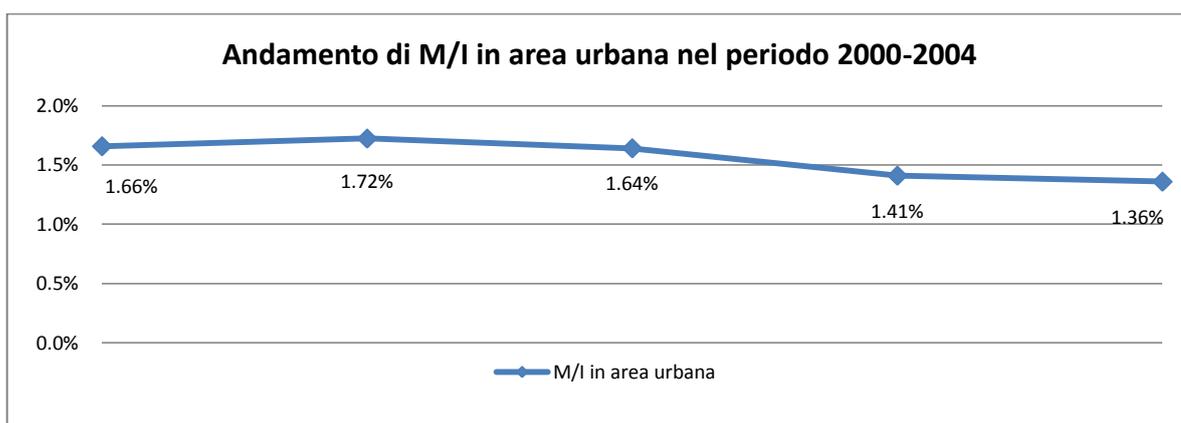


Figura 94 Andamento dell'indice M/I in area urbana tra il 2000e il 2004

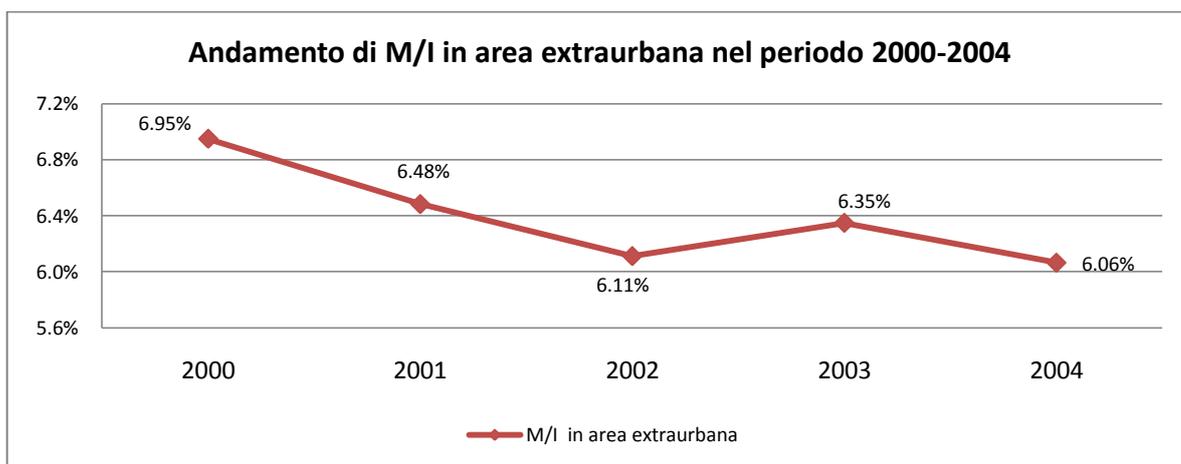


Figura 95 Andamento dell'indice M/I in area extraurbana tra il 2000e il 2004

L'indice M/I in area urbana presenta valori piuttosto contenuti e nel complesso in decremento nel periodo oggetto di studio, facendo registrare tra il 2000 e il 2004 un'apprezzabile riduzione del 18,1%. In ambito extraurbano i valori di tale indice sono piuttosto elevati ma è incoraggiante l'andamento dello stesso nel tempo, che fa registrare tra il 2000 e il 2004 una non trascurabile riduzione del 12,8%.

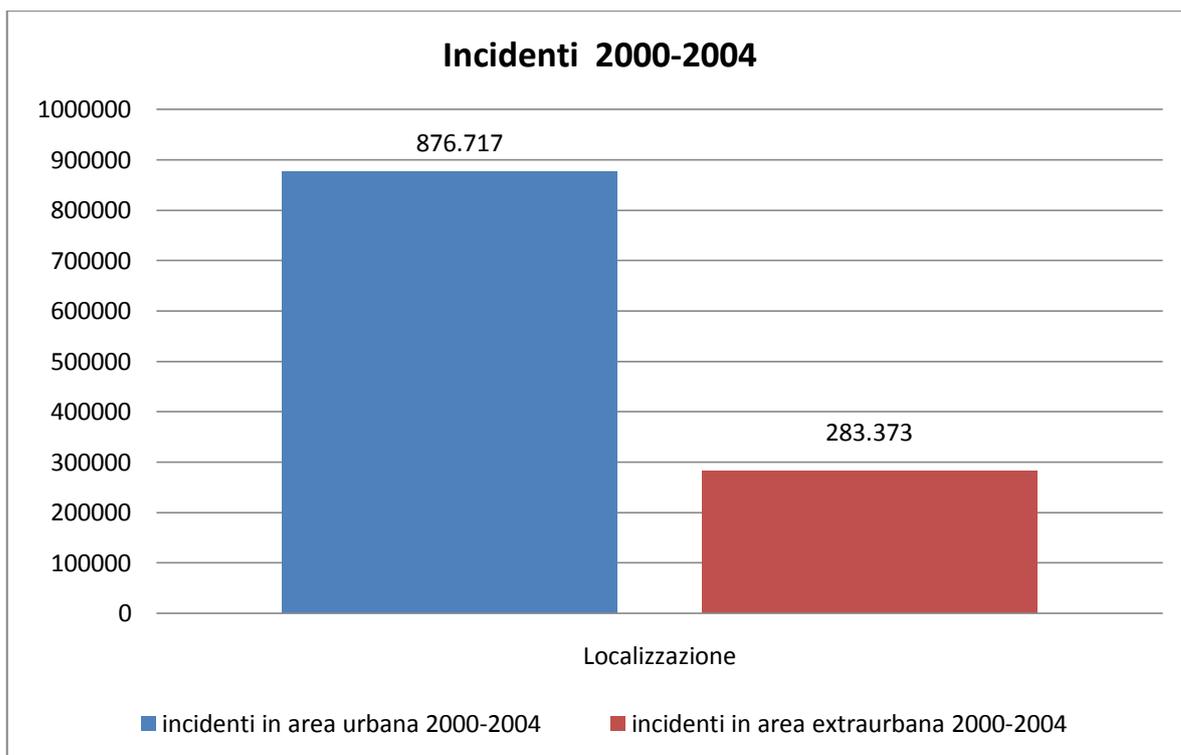


Figura 96 Totale degli incidenti del quinquennio 2000-04 in area urbana ed area extraurbana

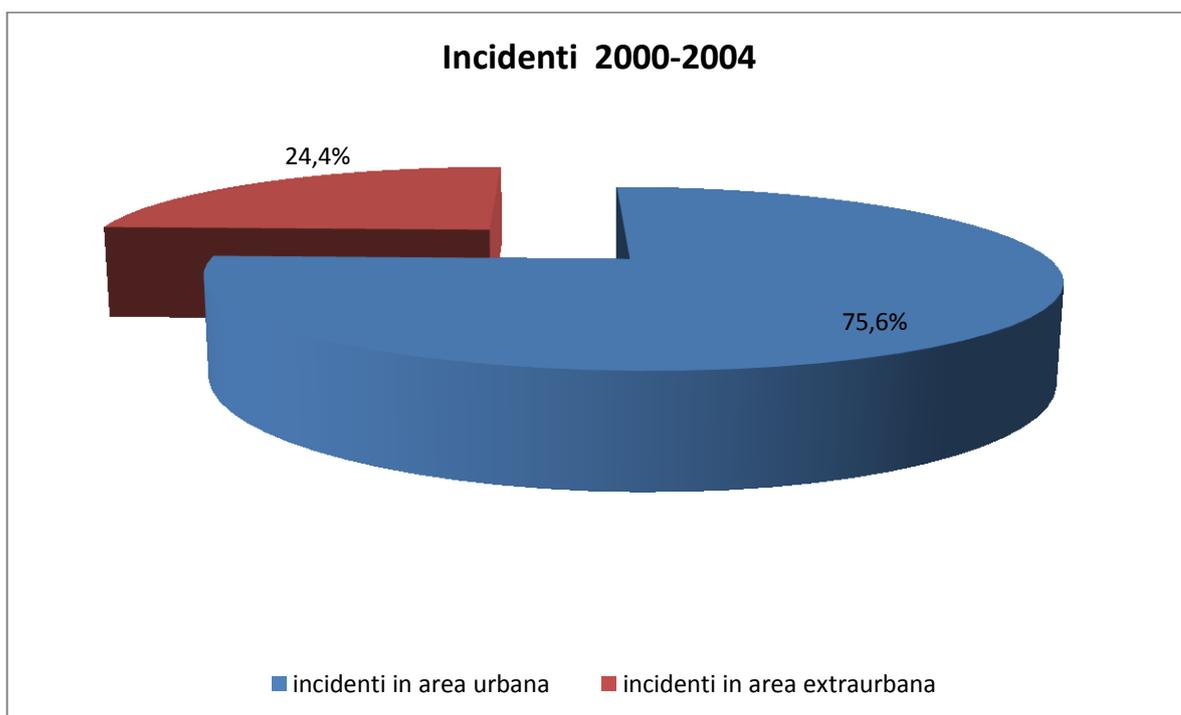


Figura 97 Percentuale degli incidenti del quinquennio 2000-04 in area urbana ed area extraurbana

Il 75,6 % degli incidenti occorsi in Italia tra il 2000 e il 2004 è avvenuto in ambito urbano.

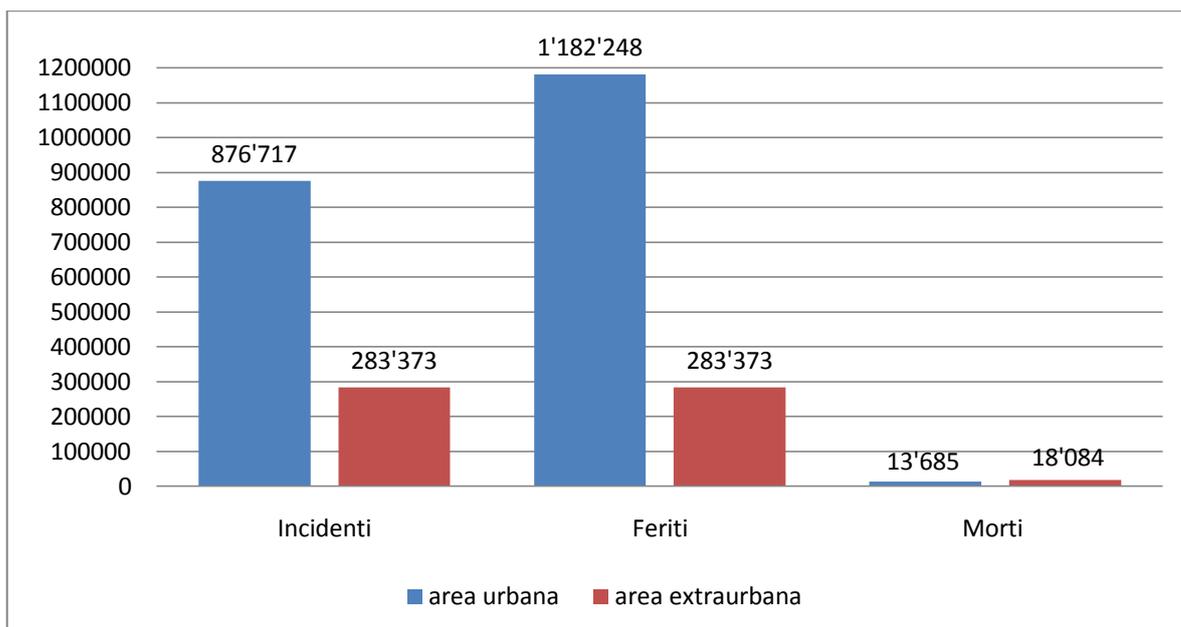


Figura 98 Confronto tra ambito urbano ed extraurbano

I dati aggregati confermano che lo scenario di incidente più frequente è quello che si registra in ambito urbano e che causa il maggior numero di feriti. Lo stesso non può dirsi per i morti. A tal proposito si è deciso di indagare il rapporto morti su feriti per valutare la gravità degli incidenti registrati, ottenendo i diagrammi che seguono.

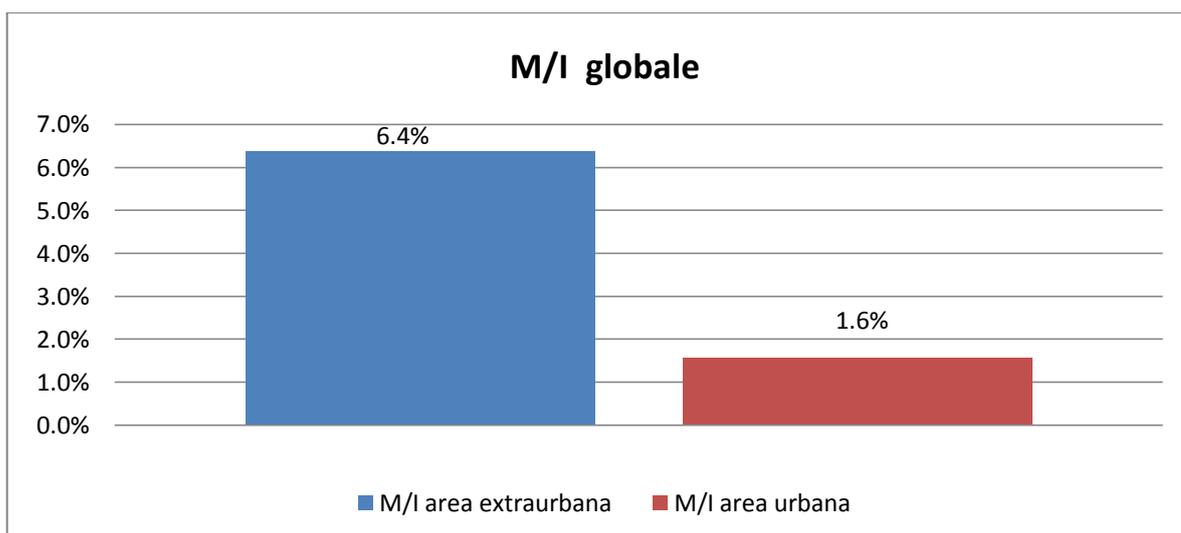


Figura 99 Valore dell'indice M/I relativo all'intero quinquennio analizzato

Dai diagrammi precedenti si evince che nonostante il numero degli incidenti in ambito urbano sia molto maggiore che in ambito extraurbano la pericolosità degli stessi, espressa in termini di vite umane, è minore.

### 3.3.2 Incidentalità nei tratti urbani delle strade provinciali e statali in Italia

Lo scopo del presente paragrafo è di valutare le caratteristiche dell'incidentalità nei tratti interni delle provinciali e delle statali su tutto il territorio nazionale tra il 2000 e il 2004. Tali caratteristiche sono state confrontate tra loro e con quelle dei tratti extraurbani delle stesse provinciali e statali. La significatività statistica delle differenze nelle caratteristiche indagate è stata verificata applicando il test delle ipotesi  $\chi^2$  con la correzione di Yates.

Il numero di incidenti verificatisi sui tratti urbani di tutte le strade provinciali e statali italiane tra il 2000 e il 2004 sono riassunti nella tabella successiva.

Tipologia di strada	Numero di incidenti	Incidenti %	Im	Im %	Im/l
SP urbana	48.733	4,2	1.774	6,2	3,64
SS urbana	78.094	6,7	2.428	8,4	3,11
TOTALE	126.827	10,9	4.202	14,6	3,31

Tabella 23 Numero di incidenti sui tratti urbani delle strade statali e provinciali nel quinquennio 2000-04

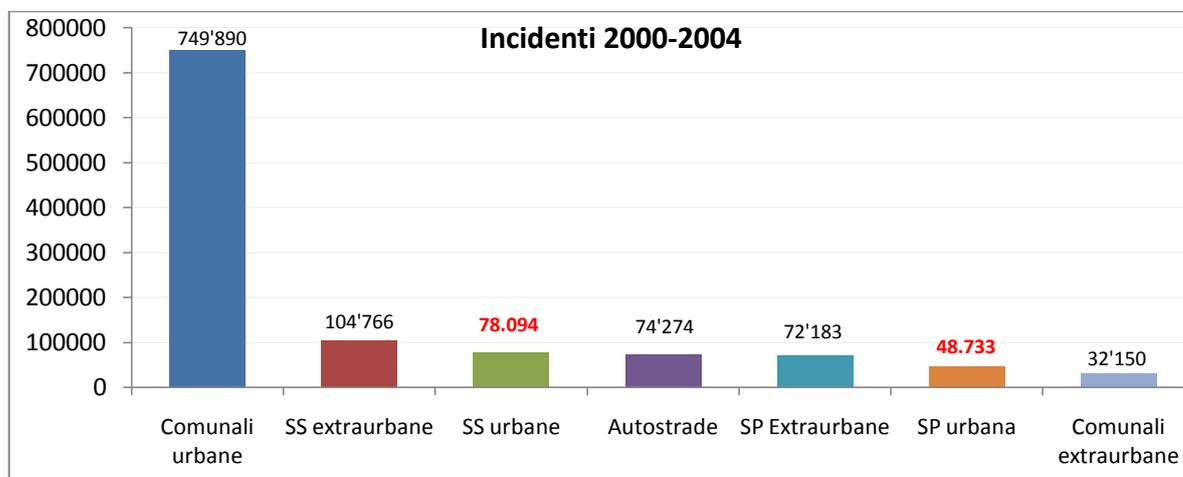


Figura 100 Confronto tra le SSu e SPu con le altre strade in termini di incidenti

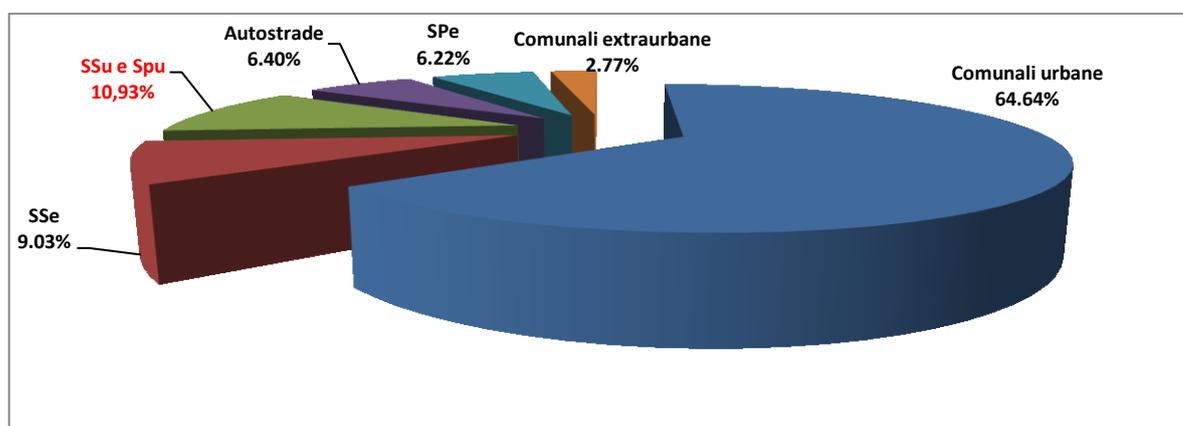


Figura 101 Incidenti in Italia 2000-04

Sui tratti urbani delle provinciali e statali si verificano il 10,9% degli incidenti totali in Italia tra il 2000 e il 2004 (1.160.090), di questi 4.202 sono mortali(14,6% del totale) e Im/I è pari a 3,3 mentre sul totale delle strade l'indice è di 2,48.

Di seguito si riporta un confronto tra i tratti urbani delle strade statali e di quelle provinciali.

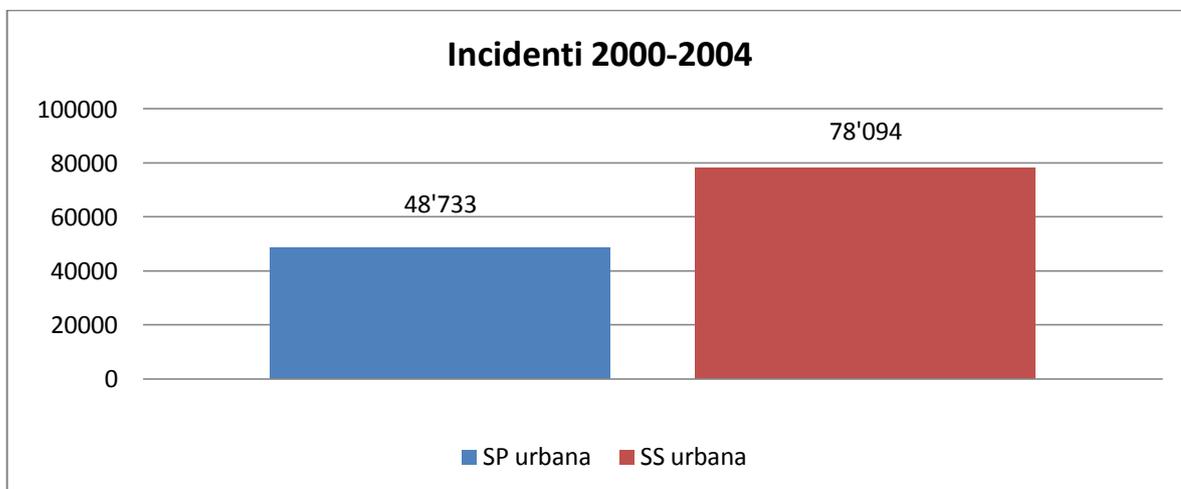


Figura 102 Istogramma del numero di incidenti sulle SPu e SSu tra il 2000 e il 2004

Gli incidenti sulle SSu sono più del doppio (60,2 %) di quelli sulle SPu, ma per valutarne la gravità è opportuno far riferimento all'indice di mortalità (rapporto tra gli incidenti mortali e gli incidenti totali).

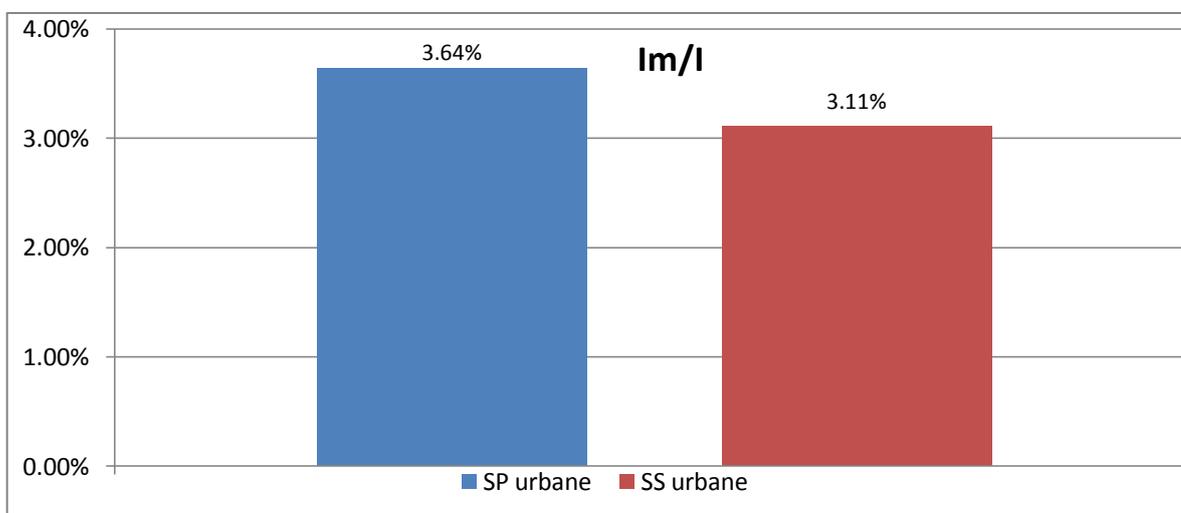


Figura 103 Indice di mortalità Im/I

Nonostante la differenza in numero la gravità degli incidenti che avvengono sulle strade provinciali urbane è paragonabile a quella degli incidenti che avvengono sulle strade statali urbane.

### 3.3.2.1 Il test $\chi^2$ con la correzione di Yates

Il test  $\chi^2$  con la correzione di Yates ha il pregio di essere il test di significatività più affidabile, ovvero, i suoi risultati si rivelano più utili ed efficaci rispetto a quelli degli altri test delle ipotesi (DTLR 2001; ROSPA 2002). Inoltre con tale test si tiene conto della circostanza che il numero degli incidenti assume solo valori interi. Il valore del test è calcolato utilizzando la formula:

$$\chi^2 = \frac{\left( |a \times d - b \times c| - \frac{n}{2} \right)^2 \times n}{e \times f \times g \times h}$$

dove:

$\chi^2$  = valore del test;

a = numero di incidenti con la caratteristica i nel sito in esame;

b = numero di incidenti con la caratteristica i nel sito di controllo;

c = numero degli altri incidenti nel sito in esame;

d = numero degli altri incidenti nel sito di controllo;

e = numero totale di incidenti nel sito in esame;

f = numero totale di incidenti nel sito di controllo;

g = numero totale di incidenti con la caratteristica i (sito di controllo e sito in esame);

h = numero totale degli altri incidenti (sito di controllo e sito in esame);

n = numero totale di incidenti (sito di controllo e sito in esame).

Calcolato il valore del test  $\chi^2$  si determina il livello di confidenza del test (L. C.) come segue :

se  $\chi^2 > 10,827$  il livello di confidenza è pari al 99,9 %

se  $\chi^2 > 6,635$  il livello di confidenza è pari al 99 %

se  $\chi^2 > 3,841$  il livello di confidenza è pari al 95 %

se  $\chi^2 > 2,706$  il livello di confidenza è pari al 90 %

se  $\chi^2 \leq 2,706$  il test è stato considerato non significativo

In forma tabellare il test si può schematizzare come rappresentato in

		<b>Sito</b>	<b>Sito di controllo</b>	<b>totale</b>
	<b>Caratteristica <i>i</i> del sito</b>	a	b	g
	<b>altro</b>	c	d	h
	<b>totale</b>	e	f	n
<b>X<sup>2</sup></b>	$\chi^2 = \frac{\left( a \times d - b \times c  - \frac{n}{2}\right)^2 \times n}{e \times f \times g \times h}$	$\frac{a}{e} \times 100$	$\frac{b}{f} \times 100$	
<b>L.C.</b>				

Tabella 24 Test  $\chi^2$  con la correzione di Yates

### Confronto tra i tratti urbani ed extraurbani delle SP

Per valutare la gravità degli incidenti verificatisi sui tratti urbani delle strade provinciali, si è provveduto a confrontare, mediante test delle ipotesi  $\chi^2$  con la correzione di Yates, gli incidenti mortali sui tratti urbani con gli incidenti mortali sui tratti extraurbani.

Lo scopo del test è quello di valutare la significatività statistica delle differenze nelle caratteristiche indagate.

Nel caso in esame *a* è il numero degli incidenti mortali sulle SP urbane, *b* è il numero degli incidenti mortali sulle SP extraurbane, *c* numero degli incidenti non mortali sulle SP urbane, *d* numero degli incidenti non mortali sulle SP extraurbane, *e* numero totale degli incidenti sulle SP urbane, *f* numero totale degli incidenti sulle SP extraurbane, *g* numero totale di incidenti mortali, *h* numero totale degli altri incidenti, *n* numero totale di incidenti sulle SP urbane ed extraurbane.

		<b>SP urbane</b>	<b>SP extraurbane</b>	<b>totale</b>
	<b>Incidenti mortali</b>	1.774	4.786	6.560
	<b>altro</b>	46.959	67.397	114.356
	<b>totale</b>	48.733	72.183	120.916
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>506,36</b>	3,6%	6,6%	
<b>L.C.</b>	<b>99,9%</b>			

Tabella 25 Test  $\chi^2$  per il confronto tra SPu ed SPE

Dai risultati delle elaborazioni (Tabella 25) si evince che la differenza tra il numero di incidenti sulle SPu e SPe è statisticamente significativa, al livello di confidenza del 99,9 % .

Confronto tra i tratti urbani ed extraurbani delle SS

Analogamente a quanto fatto per le strade provinciali si è effettuato un confronto tra il numero di incidenti sulle strade statali in ambito urbano ed extraurbano.

	SS urbane	SS extraurbane	totale
<b>Incidenti mortali</b>	2.428	6.401	8.829
<b>altro</b>	75.666	98.365	174.031
<b>totale</b>	78.094	104.766	182.860
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>876,09</b>	3,1%	6,1%
<b>L.C.</b>	<b>99,9%</b>		

Tabella 26 Test  $\chi^2$  per il confronto tra SSu ed SSe

Anche in questo caso il test mostra che la differenza tra il numero di incidenti è statisticamente significativa, al livello di confidenza del 99,9 %.

Confronto tra i tratti urbani delle SP e i tratti urbani delle SS

Confrontando i tratti urbani delle statali con quelle delle provinciali otteniamo:

	SP urbane	SS urbane	totale
<b>Incidenti mortali</b>	1.774	2.428	4.202
<b>altro</b>	46.959	75.666	122.625
<b>totale</b>	48.733	78.094	126.827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>22,26</b>	3,6%	3,1%
<b>L.C.</b>	<b>99,9%</b>		

Tabella 27 Test  $\chi^2$  per il confronto tra SPu ed SSu

Il confronto mostra che la differenza tra il numero di incidenti su SPu e SSu è statisticamente significativa, al livello di confidenza del 99,9 %.

Tipologia degli incidenti sui tratti urbani delle SS e SP

Riferendosi alla classificazione ISTAT, gli incidenti sono stati disaggregati in funzione della tipologia: scontro tra veicoli (scontro frontale; scontro fronto-laterale; scontro laterale; tamponamento); investimento di pedone; urto con ostacolo (urto con veicolo in fermata o arresto; urto con veicolo in sosta; urto con ostacolo accidentale; urto con treno); incidente a veicolo isolato (fuoriuscita; frenata improvvisa; caduta da veicolo).

Nella tabella che segue sono riassunti i dati relativi ai tratti urbani delle provinciali e delle statali.

		Scontro tra veicoli in marcia				Inv. pedone				Urto con ostacolo				Veicolo isolato				Totale			
		I	M	I <sub>m</sub>	I <sub>m</sub> /I	I	M	I <sub>m</sub>	I <sub>m</sub> /I	I	M	I <sub>m</sub>	I <sub>m</sub> /I	I	M	I <sub>m</sub>	I <sub>m</sub> /I	I	M	I <sub>m</sub>	I <sub>m</sub> /I
SP <sub>urbane</sub>	N	37.505	1.021	947		2.437	290	284		3.326	228	205		5.465	362	338		48.733	1.901	1.774	
	% <sub>s</sub>	77,0	53,7	53,4	2,52	5,0	15,3	16,0	11,65	6,8	12,0	11,6	6,16	11,2	19	19,1	6,18	100,0	100,0	100,0	3,64
	% <sub>i</sub>	4,4	5,7	6,0		3,0	7,2	7,2		3,6	6,6	6,6		4,1	5,6	5,7		4,2	6,0	6,2	
SS <sub>urbane</sub>	N	62.124	1.562	1.425		4.618	487	476		5.046	246	219		6.306	345	308		78.094	2.640	2.428	
	% <sub>s</sub>	79,6	59,2	58,7	2,29	5,9	18,4	19,6	10,31	6,5	9,3	9,0	4,34	8,1	13,1	12,7	4,88	100,0	100,0	100,0	3,11
	% <sub>i</sub>	7,3	8,8	9,1		5,6	12,1	12		5,4	7,1	7,0		4,7	5,3	5,2		6,7	8,3	8,4	

Figura 104 Tipologia di incidente in relazione al tipo di strada

%<sub>s</sub> percentuale riferita al totale per il tipo di strada

%<sub>i</sub> percentuale riferita al totale per il tipo di incidente

La tipologia di incidente più frequente è lo scontro tra veicoli in marcia: 77% degli incidenti sulle SPu e il 79,6% sulle SSu. Lo scontro tra veicoli in marcia causa il 53,7% dei morti sui tratti urbani delle provinciali e il 59,2% dei morti sui tratti urbani delle statali. La tipologia con il maggior indice di mortalità è l'investimento pedonale, che causa il 15,3% dei morti sulle provinciali e il 18,4% sulle statali.

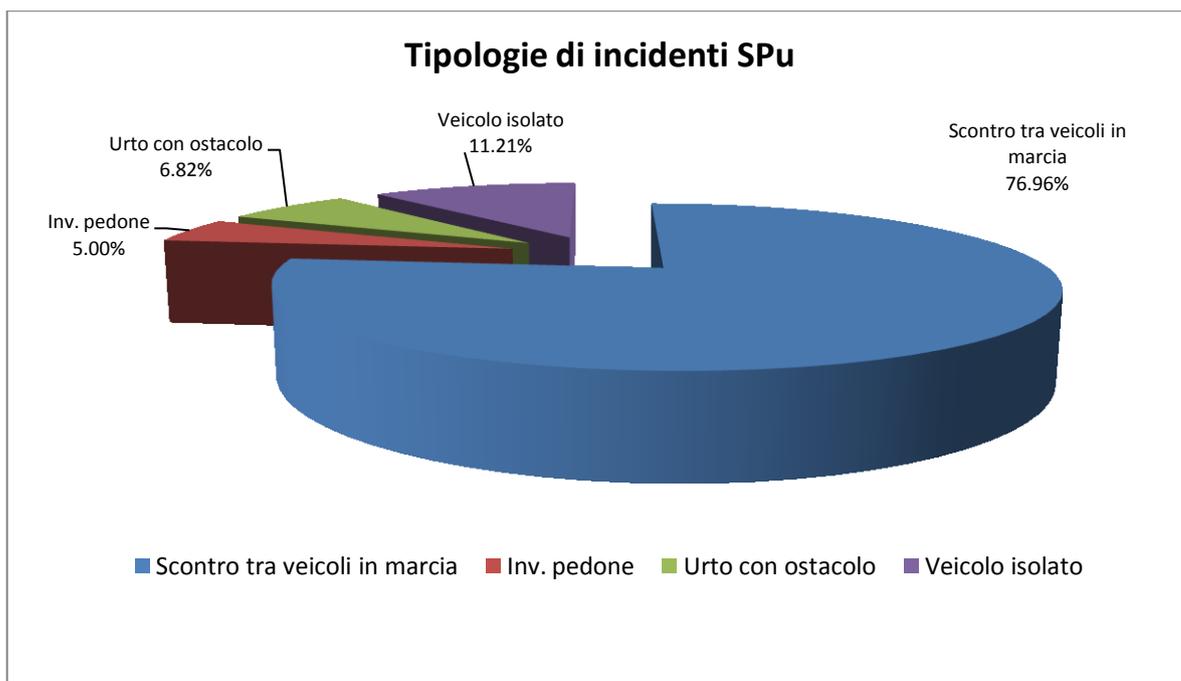


Figura 105 Figura 7 Tipologie di incidente sulla strada provinciale urbana

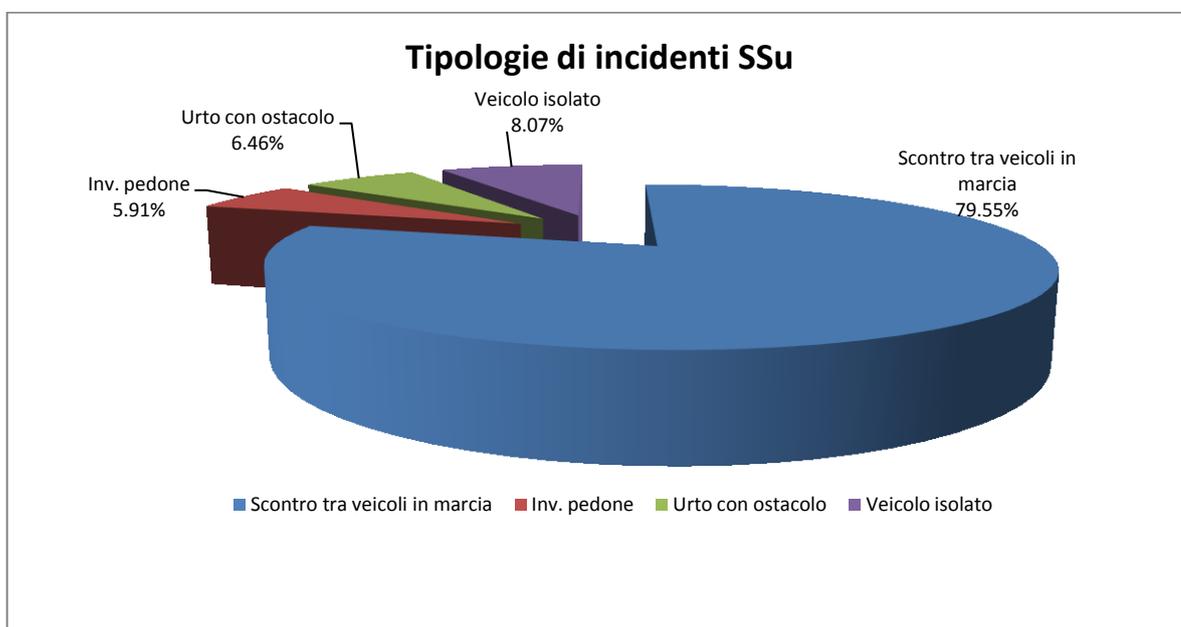


Figura 106 Tipologie di incidente sulla strada statale urbana

#### Scontro tra veicoli in marcia

La tipologia indicata nel testo come scontro tra veicoli in marcia raggruppa lo scontro frontale; lo scontro fronto-laterale; lo scontro laterale e il tamponamento.

<b>SCONTRO TRA VEICOLI IN MARCIA</b>						
Tipologia di strada	Numero di incidenti	Morti	M/I	Feriti	I mortali	I mortali/Incidenti
<b>SP urbana</b>	37.505	1.021	2,72%	56.036	947	2,52%

<b>SS urbana</b>	62.124	1.562	2,51%	95.920	1.425	2,29%
------------------	--------	-------	-------	--------	-------	-------

Tabella 28 Scontro tra veicoli in marcia

Facendo riferimento agli incidenti mortali che si registrano sui tratti urbani di statali e provinciali si applica il test  $\chi^2$  con la correzione di Yates per valutare se esiste tra loro una differenza significativa.

	SP urbane	SS urbane	totale
<b>Im scontro tra veicoli</b>	947	1.425	2372
<b>altro</b>	36.558	60.699	97.257
<b>totale</b>	37.505	62.124	99.629
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>5,28</b>	2,5%	2,3%
<b>L.C.</b>	<b>95%</b>		

Tabella 29 Test  $\chi^2$  per il confronto tra gli incidenti mortali che si registrano per scontro tra veicoli su SPu e SSu

La differenza tra il numero di incidenti mortali dovuti a uno scontro tra veicoli in marcia sulle SSu e quelle SPu è significativa al 95%.

### Investimento pedone

Nella tabella che segue sono riportati i dati relativi agli investimenti pedonali sui tratti urbani delle strade statali e provinciali.

<b>INVESTIMENTO PEDONI</b>					
Tipologia di strada	Numero di incidenti	Morti	Feriti	I mortali	I mortali/Incidenti
<b>SP urbana</b>	2.437	290	2.598	284	11,65%
<b>SS urbana</b>	4.618	487	4.943	476	10,31%

Tabella 30 Investimento pedonale sui tratti urbani delle statali e provinciali

Il tasso di mortalità che si registra, sia per le SSu che SPu, è il più elevato di tutte le tipologie di incidente.

Occorre notare, ancora, che il 12,06% dei decessi causati da investimento di pedone sia stato rilevato sui tratti urbani delle strade statali; tale valore, viceversa, si riduce al 7,18% per le strade provinciali.

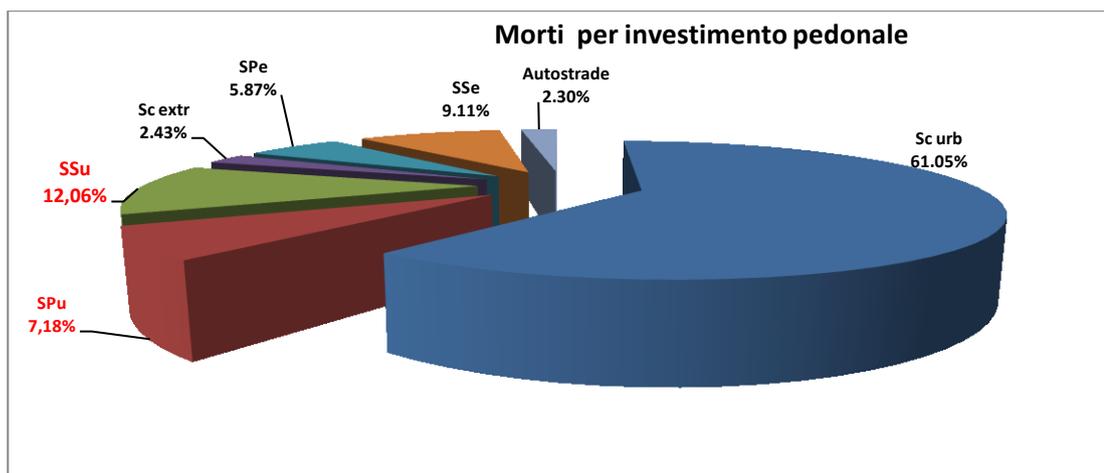


Figura 107 Percentuale dei morti per investimento pedonale su SPu e SSu

### Urto con ostacolo

La dicitura urto con ostacolo raggruppa l'urto con veicolo in fermata o arresto; l'urto con veicolo in sosta; l'urto con ostacolo accidentale e l'urto con treno. Il 6,6% di morti per tale tipologia di incidente è ascrivibile ai tratti urbani delle strade provinciali, tale valore sale al 9,3% per i tratti urbani delle statali.

URTO CON OSTACOLO						
Tipologia di strada	Numero di incidenti	Morti	M/I	Feriti	I mortali	I m/Incidenti
SP urbana	3.326	228	6,85%	4.320	205	6,16%
SS urbana	5.046	246	4,87%	6.838	219	4,34%

Tabella 31 Urto con ostacolo nei tratti urbani delle SP e SS

Il tasso di mortalità sulle provinciali risulta maggiore di 1,4 volte di quello sulle statali, il rapporto morti su incidente è pari a 6,85% per le provinciali e 4,87% per le statali.

### Incidente a veicolo isolato

La tipologia incidente a veicolo isolato comprende la fuoriuscita; la frenata improvvisa e la caduta da veicolo. Il 5,6% dei morti dovuti a un incidente a veicolo isolato si registra sui tronchi urbani delle strade provinciali, tale valore è pari a 5,3% nel caso dei tronchi urbani delle provinciali.

INCIDENTE A VEICOLO ISOLATO						
Tipologia di strada	Numero di incidenti	Morti	M/I	Feriti	I mortali	I mortali/Incidenti
SP urbana	5.465	362	6,62%	6.709	338	6,18%
SS urbana	6.306	345	5,47%	7.885	308	4,88%

Tabella 32 Incidenti a veicolo isolato sui tratti urbani delle SS e SP

### Localizzazione degli incidenti

Gli incidenti sono stati disaggregati in funzione delle caratteristiche geometriche: intersezione lineare con regole di precedenza (incrocio, intersezione segnalata, intersezione non segnalata); intersezione semaforizzata; rotatoria; rettilineo; curva; altro (dosso/strettoia, passaggio a livello, pendenza, galleria illuminata e non illuminata).

### Strada provinciale urbana

I dati relativi ai tratti urbani delle strade provinciali sono riportate nella tabella che segue.

<b>STRADE PROVINCIALI NELL'ABITATO</b>							
Localizzazione	Incidenti	% Incidenti	Morti	% Morti	Feriti	%Feriti	M/I
Curva	5.985	12,28%	403	21,20%	8.773	12,59%	6,73%
Dosso, strettoia	184	0,38%	14	0,74%	274	0,39%	7,61%
Galleria illuminata	8	0,02%	1	0,05%	12	0,02%	12,50%
Galleria non illuminata	5	0,01%	0	0,00%	6	0,01%	0,00%
Incrocio	12.452	25,55%	294	15,47%	17.961	25,78%	2,36%
Int. con semaforo/vigile	2.451	5,03%	60	3,16%	3.712	5,33%	2,45%
Int. non segnalata	1.096	2,25%	38	2,00%	1.585	2,28%	3,47%
Int. segnalata	6.649	13,64%	195	10,26%	9.818	14,09%	2,93%
Passaggio a livello	36	0,07%	1	0,05%	55	0,08%	2,78%
Pendenza	185	0,38%	10	0,53%	259	0,37%	5,41%
Rettilineo	18.631	38,23%	867	45,61%	25.815	37,06%	4,65%
Rotatoria	1.051	2,16%	18	0,95%	1.393	2,00%	1,71%
<b>Totale</b>	<b>48.733</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.901</b>	<b>100,00%</b>	<b>69.663</b>	<b>100,00%</b>	<b>52,60%</b>

Tabella 33 Localizzazione degli incidenti sui tratti urbani delle strade provinciali

Il 38,23% degli incidenti rilevati lungo i tratti urbani delle provinciali è localizzato nei rettilinei, il 25,55% agli incroci e il 13,64% nelle intersezioni semaforizzate.

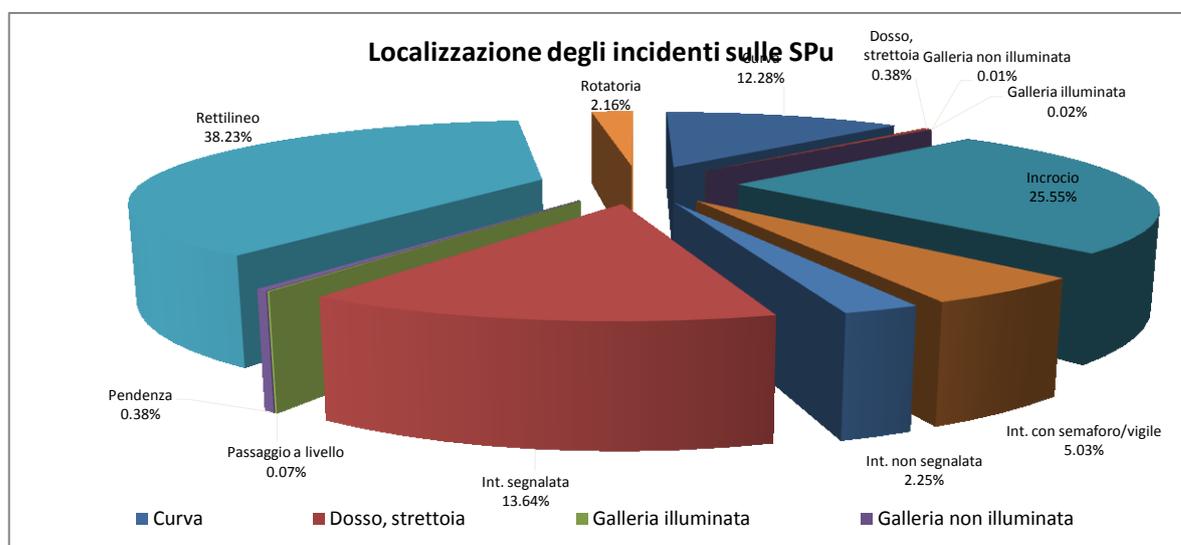


Figura 108 Localizzazione degli incidenti sui tratti urani delle strade provinciali

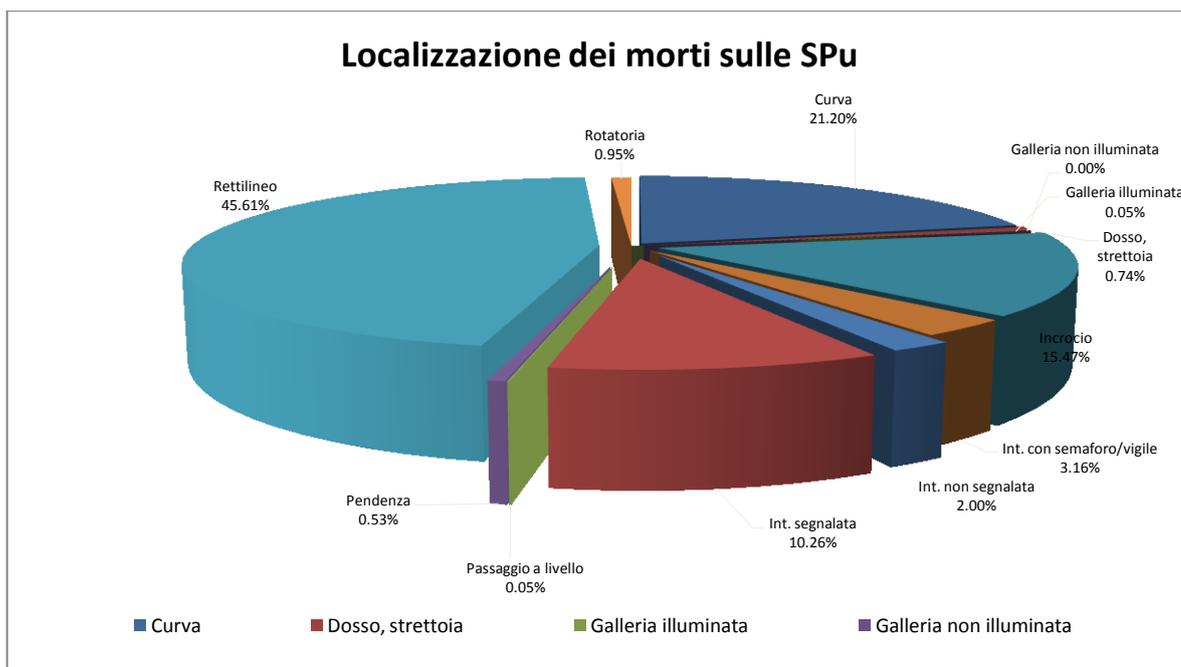


Figura 109 Localizzazione dei morti sui tratti urbani delle strade provinciali

### Strada statale urbana

Analogamente in Tabella 34 sono riportati i dati relativi alle strade statali

STRADE STATALI NELL'ABITATO							
Localizzazione	Incidenti	% Incidenti	Morti	% Morti	Feriti	%Feriti	M/I
Curva	6.498	8,32%	403	15,27%	9.915	8,58%	6,20%
Dosso, strettoia	239	0,31%	16	0,61%	405	0,35%	6,69%
Galleria illuminata	59	0,08%	1	0,04%	97	0,08%	1,69%
Galleria non illuminata	16	0,02%	1	0,04%	25	0,02%	6,25%
Incrocio	19.231	24,63%	407	15,42%	28.237	24,43%	2,12%
Int. con semaforo/vigile	5.006	6,41%	135	5,11%	8.029	6,95%	2,70%
Int. non segnalata	1.720	2,20%	36	1,36%	2.497	2,16%	2,09%
Int. segnalata	10.545	13,50%	287	10,87%	16.036	13,87%	2,72%
Passaggio a livello	56	0,07%	3	0,11%	77	0,07%	5,36%
Pendenza	196	0,25%	7	0,27%	272	0,24%	3,57%
Rettilineo	33.338	42,69%	1.312	49,70%	48.368	41,85%	3,94%
Rotatoria	1.190	1,52%	32	1,21%	1.628	1,41%	2,69%
<b>Totale</b>	<b>78.094</b>	<b>100,00%</b>	<b>2.640</b>	<b>100,00%</b>	<b>115.586</b>	<b>100,00%</b>	<b>46,02%</b>

Tabella 34 Localizzazione degli incidenti sui tratti urbani delle strade statali

Il 42,69% degli incidenti avvenuti lungo tratti urbani delle strade statali è localizzato in rettilineo, ove si registra il 49,7% dei decessi, il 24,63% negli incroci e il 13,50% nelle intersezioni segnalate.

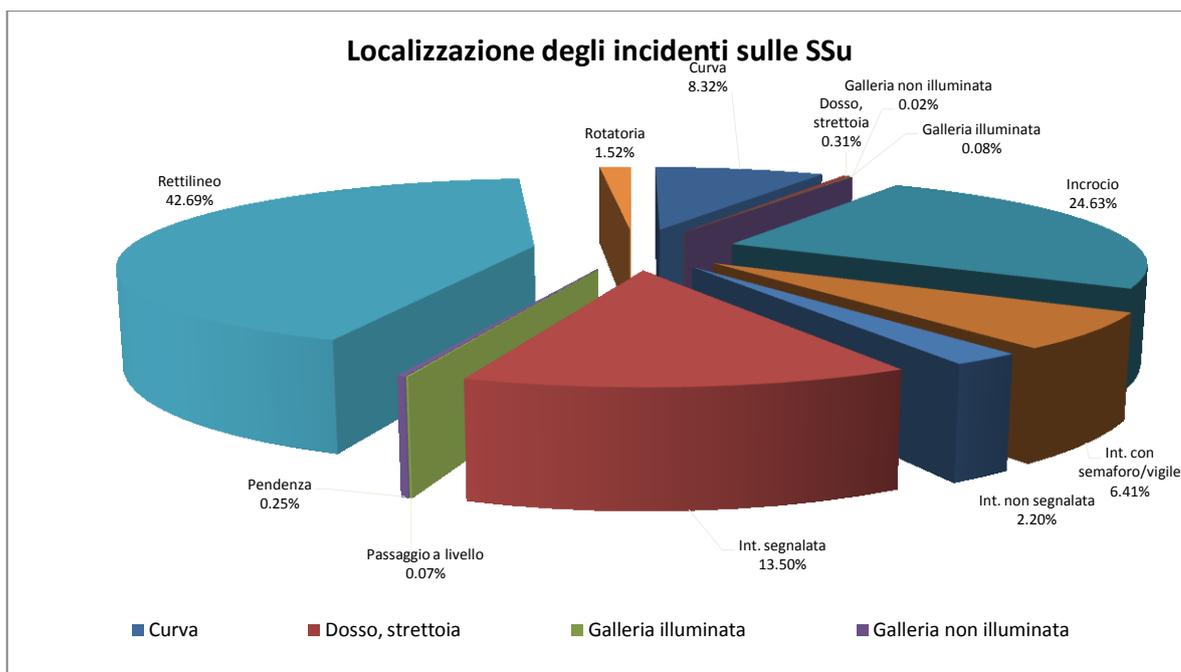


Figura 110 Localizzazione degli incidenti sui tratti urani delle strade statali

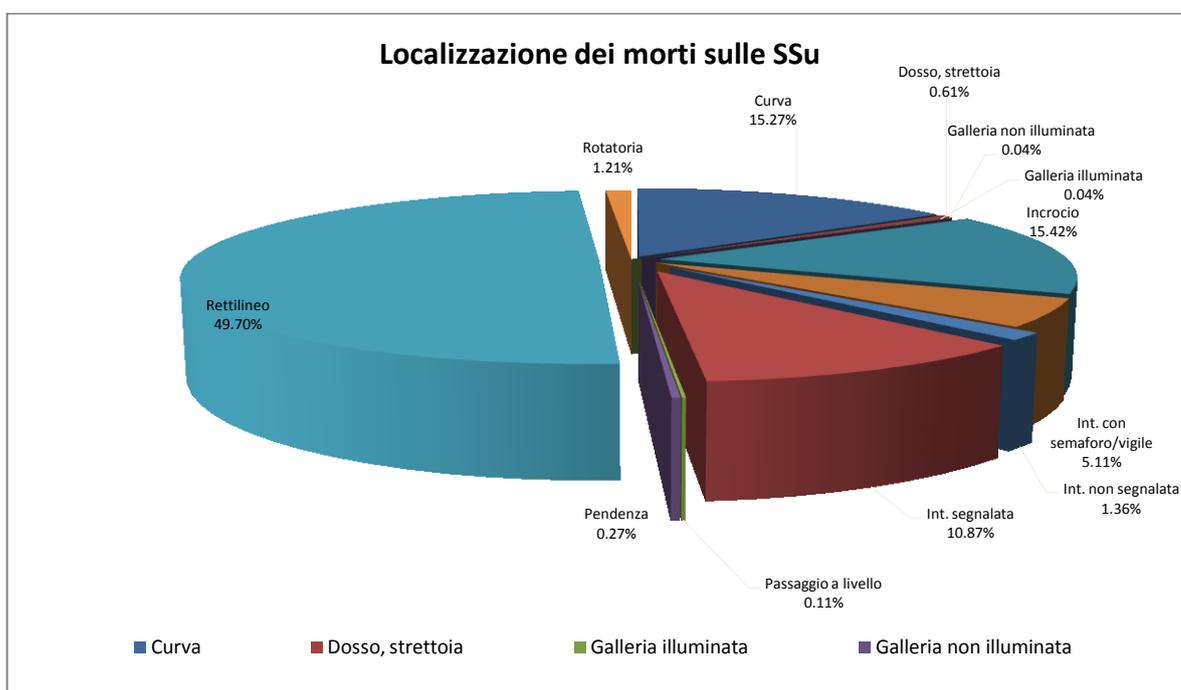


Figura 111 Localizzazione dei morti sui tratti urbani delle strade statali

#### Confronto tra gli incidenti in rettilineo sulle SPU e SSu

Sui tratti urbani sia delle statali che delle provinciali il maggior numero di incidenti è localizzato in rettilineo, rispettivamente 42,69% e 38,23%. Di seguito sono riportati i risultati dell'applicazione del test tra le SPU e le SSu.

		<b>SP urbane</b>	<b>SS urbane</b>	<b>totale</b>
	<b>Rettilineo</b>	18.631	33.338	51.969
	<b>altro</b>	30.102	44.756	74.858
	<b>totale</b>	48.733	78.094	126.827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>246,48</b>	38,2%	42,7%	
<b>L.C.</b>	<b>99,9%</b>			

Tabella 35 Risultati del test  $\chi^2$  con la correzione di Yates per incidenti in rettilineo

I dati dimostrano che la differenza tra gli incidenti è statisticamente significativa, al livello di confidenza del 99,9%.

Confronto tra gli incidenti sugli incroci sulle SPu e SSu

Gli incroci sono un ulteriore punto critico della rete viaria essendo teatro del, 25,55% degli incidenti per le SPu e del 24,63% per le SSu.

In Tabella 36 sono riportati i risultati del test  $\chi^2$  con la correzione di Yates

		<b>SP urbane</b>	<b>SS urbane</b>	<b>totale</b>
	<b>Incrocio</b>	12.452	19.231	31.683
	<b>altro</b>	36.281	58.863	95.144
	<b>totale</b>	48.733	78.094	126.827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>13,68</b>	25,6%	24,6%	
<b>L.C.</b>	<b>99,9%</b>			

Tabella 36 Risultati del test  $\chi^2$  con la correzione di Yates per incidenti agli incroci

La differenza è significativa al livello di confidenza del 99,9%.

Confronto tra gli incidenti in curva sulle SPu e SSu

		<b>SP urbane</b>	<b>SS urbane</b>	<b>totale</b>
	<b>Curva</b>	5.985	6.498	12.483
	<b>altro</b>	42.748	71.596	114.344
	<b>totale</b>	48.733	78.094	126.827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>529,96</b>	12,3%	8,3%	
<b>L.C.</b>	<b>99,9%</b>			

Confronto tra gli incidenti in presenza di dosso / strettoia sulle SPu e SSu

		SP urbane	SS urbane	totale
	<b>Dosso/strettoia</b>	184	239	423
	<b>altro</b>	48.549	77.855	126.404
	<b>totale</b>	48.733	78.094	126.827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>4,41</b>	0,4%	0,3%	
<b>L.C.</b>	<b>95%</b>			

Confronto tra gli incidenti in galleria illuminata sulle SPu e SSu

		SP urbane	SS urbane	totale
	<b>Galleria illuminata</b>	8	59	67
	<b>altro</b>	48.725	78.035	126.760
	<b>totale</b>	48.733	78.094	126.827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>18,77</b>	0,0%	0,1%	
<b>L.C.</b>	<b>99,9%</b>			

Confronto tra gli incidenti in galleria non illuminata sulle SPu e SSu

		SP urbane	SS urbane	totale
	<b>Galleria non illuminata</b>	5	16	21
	<b>altro</b>	48.728	78.078	126.806
	<b>totale</b>	48.733	78.094	126.827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>1,33</b>	0,0%	0,0%	
<b>L.C.</b>	<b>n.s.</b>			

Confronto tra gli incidenti sulle intersezioni semaforizzate sulle SPu e SSu

Nei tratti interni gli incidenti rilevati presso intersezioni semaforizzate rappresentano il 5,0% del totale per quanto concerne le strade provinciali e il 6,4% lungo le strade statali, percentuali notevolmente superiori rispetto ai valori osservati sui tronchi extraurbani ove

tali valori si arrestano al 2,6% per le strade provinciali (2,6% vs. 5,0% delle urbane, l.c.=99,9%) ed al 4,1% lungo strade statali (4,1% vs. 9,1% delle urbane, l.c.=99,9%).

		<b>SP urbane</b>	<b>SS urbane</b>	<b>totale</b>
<b>Intersezione semaforizzata</b>		2.451	5.006	7.457
<b>altro</b>		46.282	73.088	119.370
<b>totale</b>		48.733	78.094	126.827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>103,13</b>	5,0%	6,4%	
<b>L.C.</b>	<b>99,9%</b>			

*Confronto tra gli incidenti sulle intersezioni non segnalate sulle SPu e SSu*

		<b>SP urbane</b>	<b>SS urbane</b>	<b>totale</b>
<b>Intersezione non segnalata</b>		6649	10545	17194
<b>altro</b>		42084	67549	109633
<b>totale</b>		48733	78094	126827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>0,50</b>	13,6%	13,5%	
<b>L.C.</b>	<b>n.s.</b>			

*Confronto tra gli incidenti ai passaggi a livello sulle SPu e SSu*

		<b>SP urbane</b>	<b>SS urbane</b>	<b>totale</b>
<b>Passaggio a livello</b>		36	56	92
<b>altro</b>		48.697	78.038	126.735
<b>totale</b>		48.733	78.094	126.827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>0,00</b>	0,1%	0,1%	
<b>L.C.</b>	<b>n.s.</b>			

*Confronto tra gli incidenti in pendenza sulle SPu e SSu*

		<b>SP urbane</b>	<b>SS urbane</b>	<b>totale</b>
<b>Pendenza</b>		185	196	381
<b>altro</b>		48.548	77.898	126.446
<b>totale</b>		48.733	78.094	126.827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>16,15</b>	0,4%	0,3%	
<b>L.C.</b>	<b>99,9%</b>			

*Confronto tra gli incidenti in rotatoria sulle SPu e SSu*

		<b>SP urbane</b>	<b>SS urbane</b>	<b>totale</b>
<b>Rotatoria</b>		1.051	1.190	2.241
<b>altro</b>		47.682	76.904	124.586

<b>totale</b>		48.733	78.094	126.827
<b>X<sup>2</sup></b>	<b>68,87</b>	2,2%	1,5%	
<b>L.C.</b>	<b>99,9%</b>			

### Fondo stradale

Le condizioni di fondo stradale analizzate sono: asciutto; bagnato; altro (ghiacciato, innevato e sdruciolevole).

<b>STRADA PROVINCIALE NELL'ABITATO</b>														
<b>Asciutto</b>					<b>Bagnato</b>					<b>Altro</b>				
I	M	F	Im	Im/I	I	M	F	Im	Im/I	I	M	F	Im	Im/I
8.797	294	12.255	279	3,17%	2.063	68	3.097	63	3,05%	266	12	401	12	4,51%

<b>STRADA STATALE NELL'ABITATO</b>														
<b>Asciutto</b>					<b>Bagnato</b>					<b>Altro</b>				
I	M	F	Im	Im/I	I	M	F	Im	Im/I	I	M	F	Im	Im/I
9.440	302	13.817	287	3,04%	2.132	57	3.316	51	2,39%	256	5	393	4	1,56%

### Tipologia di veicoli coinvolti

Gli incidenti sono stati disaggregati in funzione della tipologia di veicolo coinvolto: autovetture (autovettura privata, autovettura con rimorchio, autovettura di soccorso o di polizia); pesanti (bus, autocarro, autotreno con rimorchio, autosnodato o autoarticolato); due ruote (ciclomotore, motociclo); bici (velocipede); altro (veicolo speciale, trattore stradale o motrice, trattore agricolo, motocarro, veicolo a trazione animale o a braccia, veicolo datosi alla fuga, tram).

<b>STRADA PROVINCIALE NELL'ABITATO</b>																			
<b>Autovettura</b>				<b>Pesanti</b>				<b>2 ruote</b>				<b>Bici</b>				<b>Altro</b>			
I	M	Im	Im/I	I	M	I	Im/I	I	M	Im	Im/I	I	M	I	Im/I	I	M	I	Im/I
14.86	38	35	2,39	1.75	6	6	3,41	3.73	12	12	3,27	75	3	3	4,37	25	0	6	2,40
9	7	6	%	7	3	0	%	0	6	2	%	5	3	3	%	0	6	6	%

<b>STRADA STATALE NELL'ABITATO</b>																			
<b>Autovettura</b>				<b>Pesanti</b>				<b>2 ruote</b>				<b>Bici</b>				<b>Altro</b>			
I	M	Im	Im/I	I	M	I	Im/I	I	M	Im	Im/I	I	M	I	Im/I	I	M	I	Im/I
16.83	40	36	2,17	1.75	7	7	4,05	3.98	12	11	2,98	62	2	2	3,50	22	1	1	7,02
0	5	5	%	3	3	1	%	9	1	9	%	8	2	2	%	8	6	6	%

### **3.4 Analisi dei risultati e conclusioni**

Complessivamente, le provinciali e le statali urbane palesano connotati, relativi al fenomeno dell' incidentalità, intermedi tra quelli rilevati per le comunali urbane e quelli delle provinciali e delle statali extraurbane. Ciò comporta da un lato una elevata gravità degli incidenti e dall'altro una elevata frequenza degli incidenti che coinvolgono le utenze deboli. I risultati dell'analisi evidenziano quindi l'esistenza di numerosi fattori di rischio nelle strade indagate, che riguardano la frequenza e la gravità degli incidenti, ed in particolare la gravità degli investimenti pedonali, gli incidenti a veicolo isolato, gli incidenti un curva, i decessi avvenuti nelle ore notturne, gli incidenti su strada bagnata e gli incidenti in cui sono coinvolti i veicoli pesanti. Nei tratti interni delle provinciali e delle statali si verificano il 10,9% degli incidenti ed il 14,3% dei morti totali, con un indice di mortalità triplo rispetto a quelle delle strade comunali urbane. La rilevanza del fenomeno è evidente se si considera che sia gli incidenti che i morti sono superiori a quelli che si verificano in autostrada. È ipotizzabile che una transizione tra l'ambito extraurbano e quello urbano realizzata mediante porte di accesso possa ridurre significativamente l'indice di mortalità. L'investimento dei pedoni, pur con conseguenze complessivamente meno rilevanti rispetto alle comunali urbane, è un problema rilevante ed è causa del 15,3% dei morti (58 morti/anno) nelle provinciali urbane, con un indice di mortalità pari all'11,7%, e del 18,4% dei morti (97 morti/anno) nelle statali urbane, con un indice di mortalità pari al 10,3%. Oltre un decimo degli incidenti per investimento pedone sono quindi incidenti mortali. L'elevato indice di mortalità che si riscontra per tale tipologia di incidente, in particolare per quanto concerne le strade provinciali e statali urbane, essendo imputabile in larga misura a velocità operative incompatibili con la presenza dei pedoni, presuppone ed impone che l'adozione di una politica tesa al miglioramento della sicurezza pedonale non possa prescindere dallo studio di interventi di moderazione delle velocità nei tratti interni delle provinciali e delle statali.

Nelle provinciali e nelle statali urbane, sono assai più numerosi rispetto alle comunali urbane gli incidenti a veicolo isolato (11,2% nelle provinciali, 8,1% nelle statali, 7,4% nelle comunali), gli incidenti in curva (12,3% nelle provinciali, 8,3% nelle statali, 5,7% nelle comunali) ed i decessi avvenuti durante le ore notturne, che sono sovra rappresentati anche rispetto ai tratti extraurbani (44,5% nelle provinciali urbane, 47,6% nelle statali urbane, 41,0% nelle comunali urbane, 43,3% nelle provinciali extraurbane, 40,7% nelle statali extraurbane). Tali aspetti dipendono principalmente dalla incongruenza delle elevate

velocità operative con le caratteristiche geometriche dell'asse stradale, amplificata da difetti di percezione del tracciato legati anche alla inadeguatezza della segnaletica orizzontale e verticale. Gli incidenti su strada bagnata sono sovra rappresentati rispetto alle comunali urbane (18,8% nelle provinciali, 18,3% nelle statali, 15,8% nelle comunali), probabilmente a causa dell'inadeguatezza delle caratteristiche superficiali delle sovrastrutture stradali rispetto alle velocità operative.

Gli incidenti in cui sono coinvolti veicoli pesanti sono sovra rappresentati rispetto alle comunali urbane (8,2% nelle provinciali, 7,5% nelle statali, 5,8% nelle comunali), riflettendo la differente composizione del flusso veicolare nei tratti interni delle provinciali e delle statali, caratterizzati da una maggiore presenza di veicoli commerciali.

La maggior parte dei fattori di rischio sono legati a velocità operative incongruenti con il tipo di utenza e con le caratteristiche della geometria d'asse, della segnaletica orizzontale e verticale e della sovrastruttura stradale. I risultati dello studio evidenziano pertanto che una adeguata transizione tra l'ambito extraurbano e quello urbano realizzata mediante opportune porte di accesso potrebbe mitigare significativamente i fattori di rischio nelle provinciali e nelle statali urbane.

## 4 Campo sperimentale

Lo scopo della Ricerca in esame è quello di valutare il comportamento dell'utente stradale nel passaggio da ambito extraurbano ad urbano per individuare dei criteri di progettazione di interventi di moderazione delle velocità. Tale valutazione è stata realizzata effettuando un confronto tra le velocità operative prima e dopo l'intervento mediante un'analisi statistica di tipo Before After e tenendo conto dei risultati dell'analisi dell'incidentalità. All'uopo è stata predisposta una campagna sperimentale opportunamente organizzata.

### 4.1 Siti di studio

La campagna di rilievo delle velocità è stata effettuata nei comuni della provincia di Salerno, di seguito elencati ed individuati come ambito di studio per la progettazione sperimentale di porte d'accesso.

Data di rilievo	Strada extraurbana	Centro urbano interessato	Durata del rilievo
15/05/2007	SP125 Polla-Petina	Polla	12 ore
1/06/2007	SS426 S.Pietro-S.Arsenio	S. Arsenio (Sud)	12 ore
18/06/2007	SS103 Montesano-Moliterno	Tardiano	12 ore
25/06/2007	SP39 S. Pietro al Tanagro-Teggiano	Teggiano	12 ore
28/06/2007	SS426 S. Pietro- S. Arsenio	S. Arsenio (nord)	12 ore

Tabella 37 Campagna di rilievo delle velocità operative

I rilievi sono stati realizzati mediante apparecchiature contatraffico "KV Laser" di fabbricazione SODI Scientifica, il cui funzionamento (basato sull'emissione e la ricezione di una coppia di raggi laser a bassa potenza diretti perpendicolarmente all'asse stradale) ha consentito la registrazione dei seguenti parametri:

- data, ora, minuti, secondi;
- velocità del veicolo in km/h;
- lunghezza del veicolo in metri;
- direzione di marcia (dir 0 e dir 1).



Figura 112 Misuratore (sx) misuratore alloggiato in un bidone per occultarne la presenza (dx)

In ogni sito sono state individuate 5 sezioni di rilievo, in ciascuno la registrazione è stata effettuata utilizzando per due volte i due strumenti da 6 ore ed una volta quello da 12 ore.

Gli strumenti a disposizione, infatti, (numerati da uno a tre per comodità di codifica) hanno una capacità di rilievo diversa, in termini di durata della registrazione:

<i>Strumento n°1</i>	<i>6 ore</i>
<i>Strumento n°2</i>	<i>6 ore</i>
<i>Strumento n°3</i>	<i>12 ore</i>

Di seguito sono illustrate le caratteristiche dei siti di studio, oltre ai diagrammi di velocità sono riportate sinteticamente anche le caratteristiche geometriche e quelle desunte in fase di sopralluogo.

## **4.2 Analisi delle misure di velocità**

Le elaborazioni sono state sviluppate escludendo dalle distribuzioni di velocità le misure relative ai mezzi con distanziamento temporale inferiore a 5 secondi rispetto al veicolo precedente e quelle relative ai veicoli con lunghezza inferiore a 3 metri o superiore a 9 metri. Il campione è stato depurato per esaminare le condizioni di flusso libero in cui si registrano le velocità operative - V85 - “valore mantenuto dai veicoli in condizioni di flusso libero, in buone condizioni di visibilità e meteorologiche, superata solo dal 15% degli utenti”.

#### 4.2.1 Sito n°1

Il sito1 è un tronco della Strada Provinciale 39 che attraversa l'abitato di Teggiano, ha una lunghezza pari a 783 metri. La strada presenta due corsie, una per senso di marcia, di larghezza compresa tra 2,75 m e 3,00 m, in alcuni tratti senza banchina o di larghezza minore di 0,30 m.

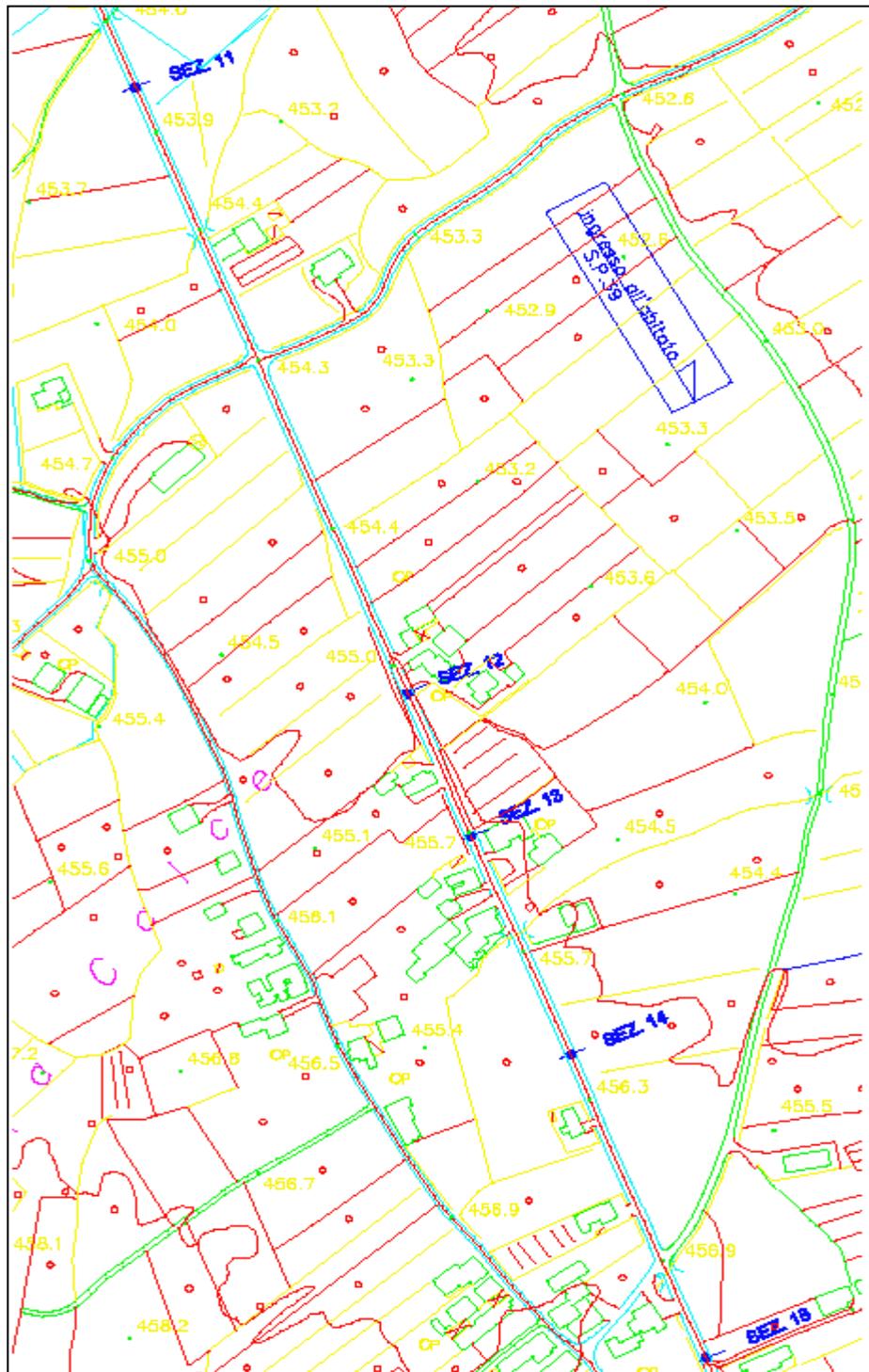


Figura 113 SP39 Estratto di cartografia dell'area di rilievo delle velocità (scala originaria 1:5000)



Figura 114 SP39 – sez 11 - Direzione 1



Figura 115 SP39 – sez 11 - Direzione 2

Le velocità misurate in ciascuna sezione, opportunamente filtrate ed elaborate, sono riassunte in Tabella 38 Dati sito n°1. Si nota che sia la velocità media che la velocità operativa sono superiori al limite di 50 km/h, sia in ingresso che in uscita dall'abitato. Il sito risulta essere caratterizzato da valori molto elevati delle velocità, molto probabilmente per la sua conformazione plano altimetrica, è un lungo rettifilo.

Interdistanze	Distanza progressiva	dir. 1			dir. 2 *			
		Vmedia	V85	V95	Vmedia	V85	V95	
(m)		(km/h)						
sez.11	0,00	0,00	74,80	94,00	105,00	78,96	101,00	113,85
sez.12	448,00	448,00	71,44	90,75	102,00	70,22	91,00	102,00
sez.13	110,00	558,00	72,85	89,85	102,00	74,17	92,00	104,40
sez.14	160,00	718,00	59,52	77,00	86,00	71,89	93,75	105,25
sez.15	65,00	783,00	61,33	78,00	86,00	66,68	86,50	100,50

\* direzione d'ingresso all'abitato: direzione d'interesse per la porta d'accesso.

Tabella 38 Dati sito n°1

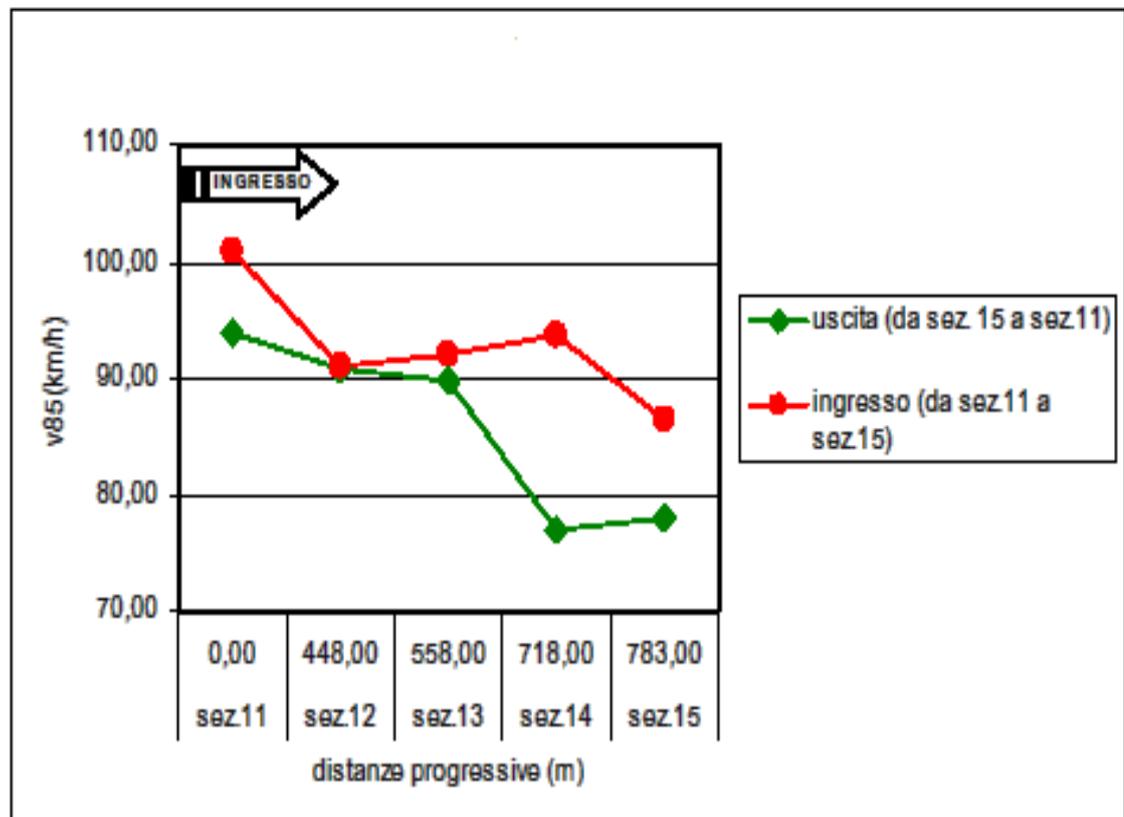


Figura 116 Diagramma delle velocità

Il diagramma delle velocità mostra un andamento decrescente della velocità operativa, la quale si attesta in ingresso all'abitato intorno a valori di oltre 85 km/h. Considerando separatamente le due direzioni di marcia si ottengono i diagrammi che seguono.

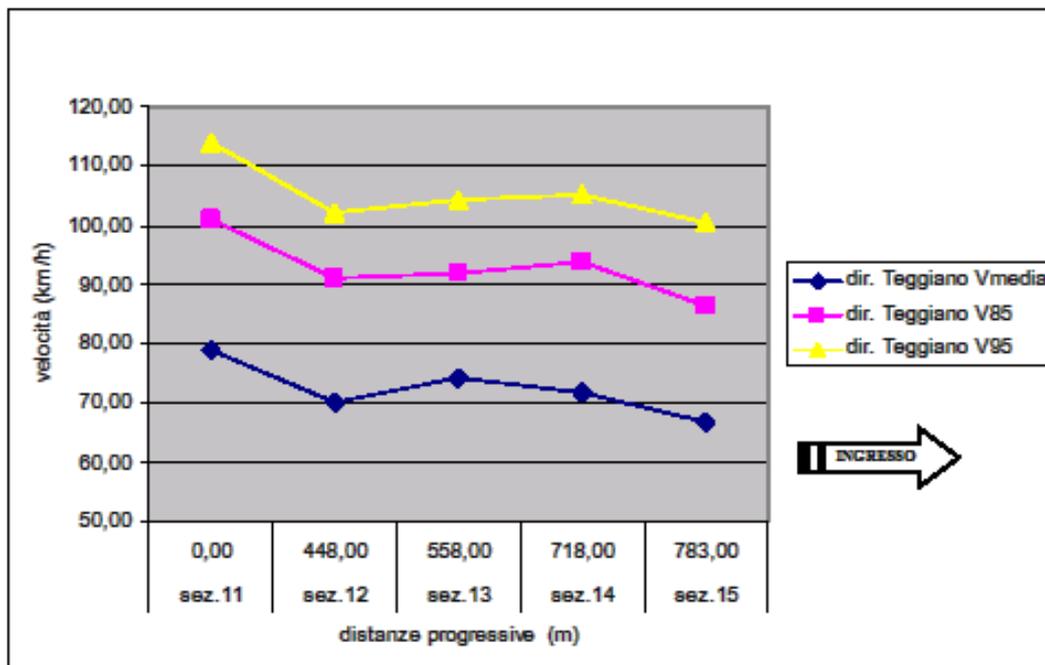


Figura 117 Diagramma delle velocità in ingresso all'abitato

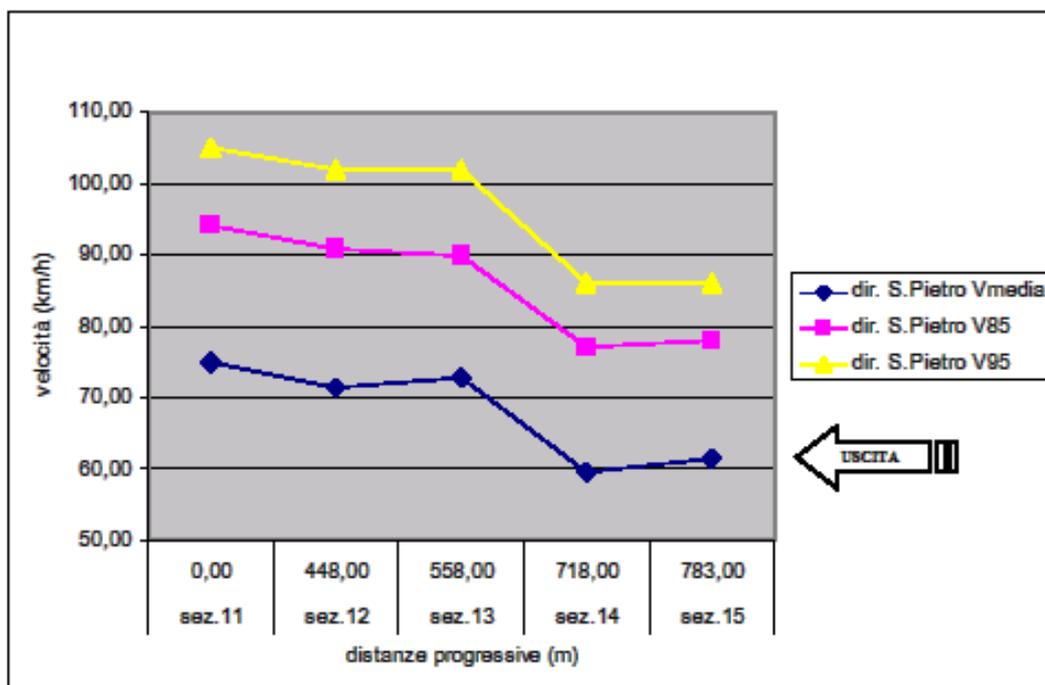


Figura 118 Diagramma delle velocità in uscita dall'abitato

Si nota che l'andamento delle diverse velocità è molto simile, sia in ingresso che in uscita dall'abitato.

In ogni sito per ogni sezione sono state compilate delle schede di rilievo delle velocità, riportanti le caratteristiche geometriche della strada, del rilievo veicolare e alcuni risultati delle elaborazioni, per brevità tali schede si riportano solo per il sito n°1.

Schede delle sezioni di rilievo delle velocità

**SEZIONE N.11**

A	ELEMENTO PLANIMETRICO		
	rettifilo	curva circolare	raccordo
	sviluppo (m)		

B	GEOMETRIA DELLA SEZIONE STRADALE			
	banchina sinistra	corsia sinistra	corsia destra	banchina destra
L(m)				
0,00	3,00	2,90	0,30	

C	CARATTERISTICHE DEL RILIEVO VEICOLARE			
	strumento	durata del rilievo	intervallo orario	data rilievo
2	6 ore	7:50 – 13:50	25/6/2007	

D	RILIEVO VEICOLARE		
	n.ro Veicoli rilevati	errori di rilievo	n.ro tot. Veicoli
1443	318	1125	

E	DIREZIONE SAN PIETRO	
	n.ro Veicoli	n.ro Veicoli <i>isolati</i> * con $3m \leq L \leq 6m$
577	426	
	DIREZIONE TEGGIANO	
	n.ro Veicoli	n.ro Veicoli <i>isolati</i> * con $3m \leq L \leq 6m$
548	424	

\* con  $t < 5$ sec. dal precedente

ELABORAZIONI SULLE VELOCITA' RILEVATE (km/h)							
DIREZIONE SAN PIETRO							
min	max	media	mediana	moda	deviazione standard	V85	V95
8	147	74,80	75,00	83,00	20,53	94,00	105,00
DIREZIONE TEGGIANO							
min	max	media	mediana	moda	deviazione standard	V85	V95
13	153	78,96	79,00	69,00	22,06	101,00	113,85

Tabella 39 Scheda di rilievo della velocità - Dati relativi alla sezione n° 11

**SEZIONE N.12**

A	<b>ELEMENTO PLANIMETRICO</b>		
	rettifilo	curva circolare	raccordo
	sviluppo (m)		

B	<b>GEOMETRIA DELLA SEZIONE STRADALE</b>			
	banchina sinistra	corsia sinistra	corsia destra	banchina destra
	L(m)			
	0,80	2,80	3,00	0,00

C	<b>CARATTERISTICHE DEL RILIEVO VEICOLARE</b>			
	strumento	durata del rilievo	intervallo orario	data rilievo
	3	12 ore	8:05 - 14:05	25/6/2007

D	<b>RILIEVO VEICOLARE</b>		
	n.ro Veicoli rilevati	errori di rilievo	n.ro tot. Veicoli
	3226	375	2851

E	<b>DIREZIONE SAN PIETRO</b>	
	n.ro Veicoli	n.ro Veicoli <i>isolati</i> * con $3m \leq L \leq 6m$
	1362	970
	<b>DIREZIONE TEGGLIANO</b>	
	n.ro Veicoli	n.ro Veicoli <i>isolati</i> * con $3m \leq L \leq 6m$
	1489	1061

\* con  $t < 5$ sec. dal precedente

<b>ELABORAZIONI SULLE VELOCITA' RILEVATE (km/h)</b>								
<b>DIREZIONE SAN PIETRO</b>								
min	max	media	mediana	moda	deviazione standard	V85	V95	
7	128	71,44	71,00	67,00	19,06	90,7 5	102,0 0	
<b>DIREZIONE TEGGLIANO</b>								
min	max	media	mediana	moda	deviazione standard	V85	V95	
7	146	70,22	71,00	56,00	20,31	91,0 0	102,0 0	

Tabella 40 Scheda di rilievo della velocità - Dati relativi alla sezione n° 12

**SEZIONE N.13**

A	ELEMENTO PLANIMETRICO		
	rettifilo	curva circolare	raccordo
	sviluppo (m)		

B				GEOMETRIA DELLA SEZIONE STRADALE			
banchina sinistra	corsia sinistra	corsia destra	banchina destra	L(m)			
0,80	2,75	8,00	0,20				

C				CARATTERISTICHE DEL RILIEVO VEICOLARE			
strumento	durata del rilievo	intervallo orario	data rilievo				
1	6 ore	8:05 - 14:05	25/6/2007				

D			RILIEVO VEICOLARE		
n.ro Veicoli rilevati	errori di rilievo	n.ro tot. Veicoli			
1654	58	1596			

E		DIREZIONE SAN PIETRO					
n.ro Veicoli	n.ro Veicoli isolati* con $3m \leq L \leq 6m$						
803	542						
		DIREZIONE TEGGIANO					
n.ro Veicoli	n.ro Veicoli isolati* con $3m \leq L \leq 6m$						
793	567						

\* con  $t < 5$ sec. dal precedente

ELABORAZIONI SULLE VELOCITA' RILEVATE (km/h)							
DIREZIONE SAN PIETRO							
min	max	media	mediana	moda	deviazione standard	V85	V95
15	139	72,85	72,00	85,00	18,44	89,8 5	102,0 0
DIREZIONE TEGGIANO							
min	max	media	mediana	moda	deviazione standard	V85	V95
14	127	74,17	75,00	70,00	19,27	92,0 0	104,4 0

Tabella 41 Scheda di rilievo della velocità - Dati relativi alla sezione n° 13

**SEZIONE N.14**

A	ELEMENTO PLANIMETRICO		
	rettifilo	curva circolare	raccordo
	sviluppo (m)		

B GEOMETRIA DELLA SEZIONE STRADALE			
banchina sinistra	corsia sinistra	corsia destra	banchina destra
L(m)			
0,00	2,90	2,80	0,00

C CARATTERISTICHE DEL RILIEVO VEICOLARE			
strumento	durata del rilievo	intervallo orario	data rilievo
2	6 ore	14:04 – 20:04	25/6/2007

D RILIEVO VEICOLARE		
n.ro Veicoli rilevati	errori di rilievo	n.ro tot. Veicoli
1575	414	1161

E DIREZIONE SAN PIETRO	
n.ro Veicoli	n.ro Veicoli <i>isolati</i> * con $3m \leq L \leq 6m$
524	331
DIREZIONE TEGGIANO	
n.ro Veicoli	n.ro Veicoli <i>isolati</i> * con $3m \leq L \leq 6m$
637	430

\* con  $t < 5$ sec. dal precedente

ELABORAZIONI SULLE VELOCITA' RILEVATE (km/h)							
DIREZIONE SAN PIETRO							
min	max	media	mediana	moda	deviazione standard	V85	V95
13	102	59,52	61,00	56,00	17,36	77,0 0	86,00
DIREZIONE TEGGIANO							
min	max	media	mediana	moda	deviazione standard	V85	V95
8	125	71,89	74,00	76,00	22,14	93,7 5	105,2 5

Tabella 42 Scheda di rilievo della velocità - Dati relativi alla sezione n° 14

**SEZIONE N.15**

A	<b>ELEMENTO PLANIMETRICO</b>		
	rettifilo	curva circolare	raccordo
	sviluppo (m)		

B	<b>GEOMETRIA DELLA SEZIONE STRADALE</b>			
	banchina sinistra	corsia sinistra	corsia destra	banchina destra
	L(m)			
	0,20	2,90	2,70	0,25

C	<b>CARATTERISTICHE DEL RILIEVO VEICOLARE</b>			
	strumento	durata del rilievo	intervallo orario	data rilievo
	1	6 ore	14:07 - 20:07	25/6/2007

D	<b>RILIEVO VEICOLARE</b>		
	n.ro Veicoli rilevati	errori di rilievo	n.ro fot. Veicoli
	1425	179	1246

E	<b>DIREZIONE SAN PIETRO</b>	
	n.ro Veicoli	n.ro Veicoli <i>isolati</i> * con $3m \leq L \leq 6m$
	531	395
	<b>DIREZIONE TEGGIANO</b>	
	n.ro Veicoli	n.ro Veicoli <i>isolati</i> * con $3m \leq L \leq 6m$
	715	477

\* con  $t < 5$ sec. dal precedente

<b>ELABORAZIONI SULLE VELOCITA' RILEVATE (km/h)</b>							
<b>DIREZIONE SAN PIETRO</b>							
min	max	media	mediana	moda	deviazione standard	V85	V95
13	109	61,33	63,00	63,00	17,35	78,0 0	86,00
<b>DIREZIONE TEGGIANO</b>							
min	max	media	mediana	moda	deviazione standard	V85	V95
11	116	66,68	69,00	70,00	21,04	86,5 0	100,5 0

Tabella 43 Scheda di rilievo della velocità - Dati relativi alla sezione n° 15

#### 4.2.2 Sito n°2

Il sito 2 è un tronco della Strada Provinciale 125 che attraversa l'abitato di Polla, ha una lunghezza pari a 268 metri.

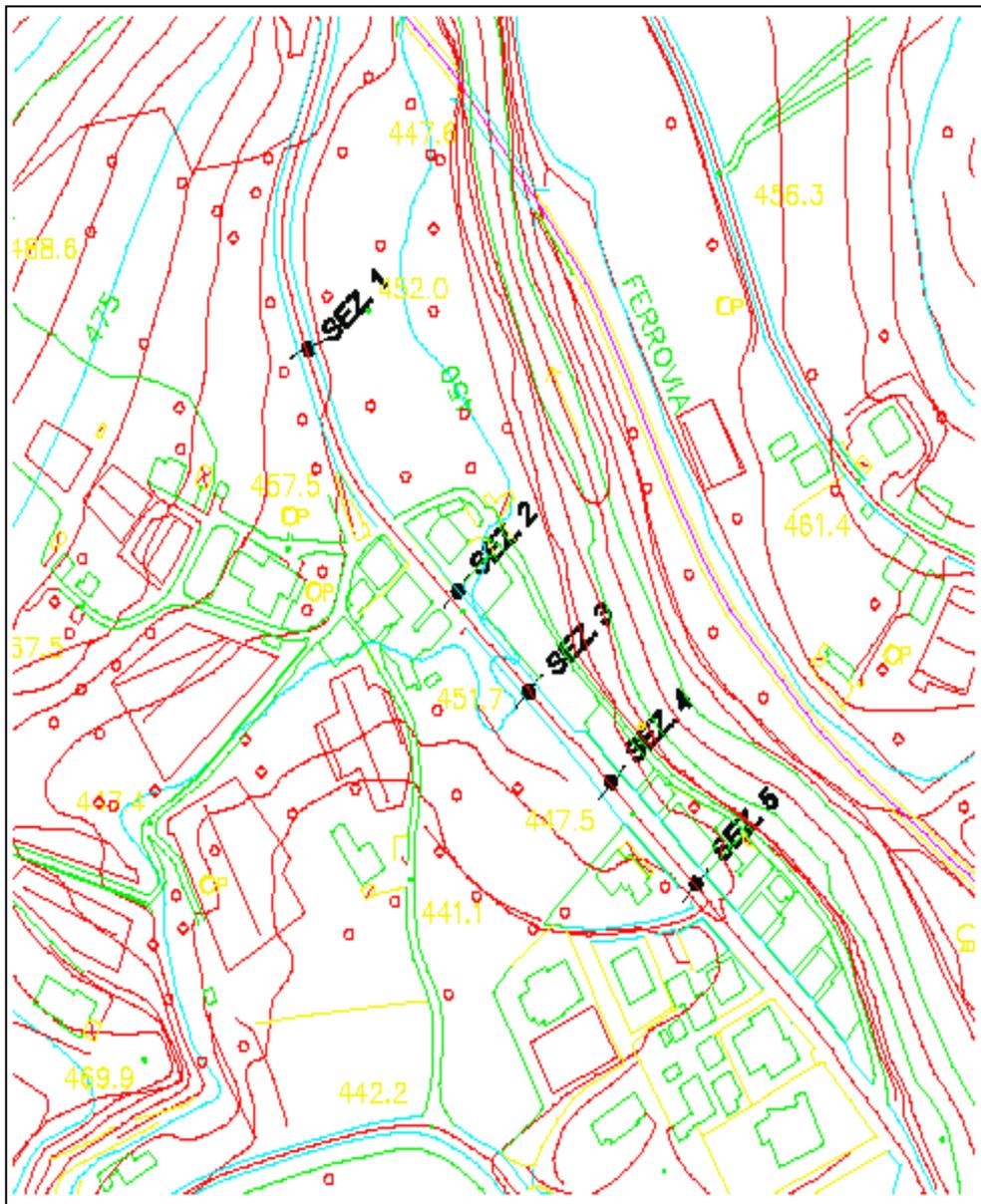


Figura 119 SP125 Estratto di cartografia dell'area di rilievo delle velocità (scala originaria 1:5000)

Di seguito si riportano le foto della sezione n°1 sia n ingresso che in uscita dall'abitato.



Figura 120 SP125 – sez 1 - Direzione 1



Figura 121 SP125 – sez 1 - Direzione 2

I dati rilevati nel sito, opportunamente filtrati ed elaborati, sono riassunti nella tabella che segue.

	Interdistanze	Distanza progressiva	dir. 1			dir. 2 *		
			Vmedia	V85	V95	Vmedia	V85	V95
			(km/h)					
	(m)							
sez.1	0,00	0,00	46,63	59,70	64,00	41,86	55,00	56,90
sez.2	118,00	118,00	38,28	54,55	58,70	42,57	58,00	64,00
sez.3	50,00	168,00	43,24	55,00	64,00	42,85	58,00	68,80
sez.4	50,00	218,00	38,78	53,00	61,90	42,60	54,20	64,20
sez.5	50,00	268,00	35,00	48,45	55,15	43,46	56,00	65,40

\* direzione d'ingresso all'abitato: direzione d'interesse per la porta d'accesso.

Tabella 44 Dati sito n°2

L'andamento delle velocità operative ( $v_{85}$ ) in ingresso e in uscita all'abitato mostra che il sito non presenta valori particolarmente elevati di velocità, infatti in ingresso i valori sono prossimi al limite normativo imposto.

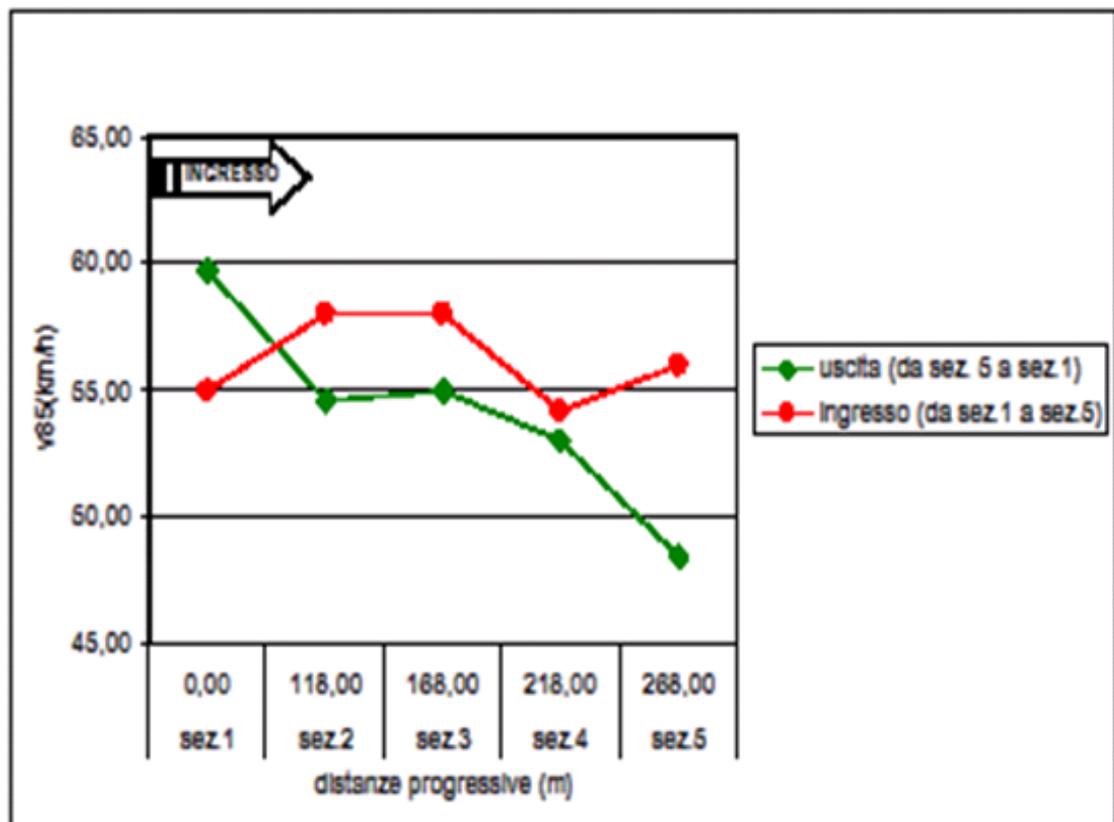


Figura 122 Andamento delle  $v_{85}$  nelle due direzioni di marcia

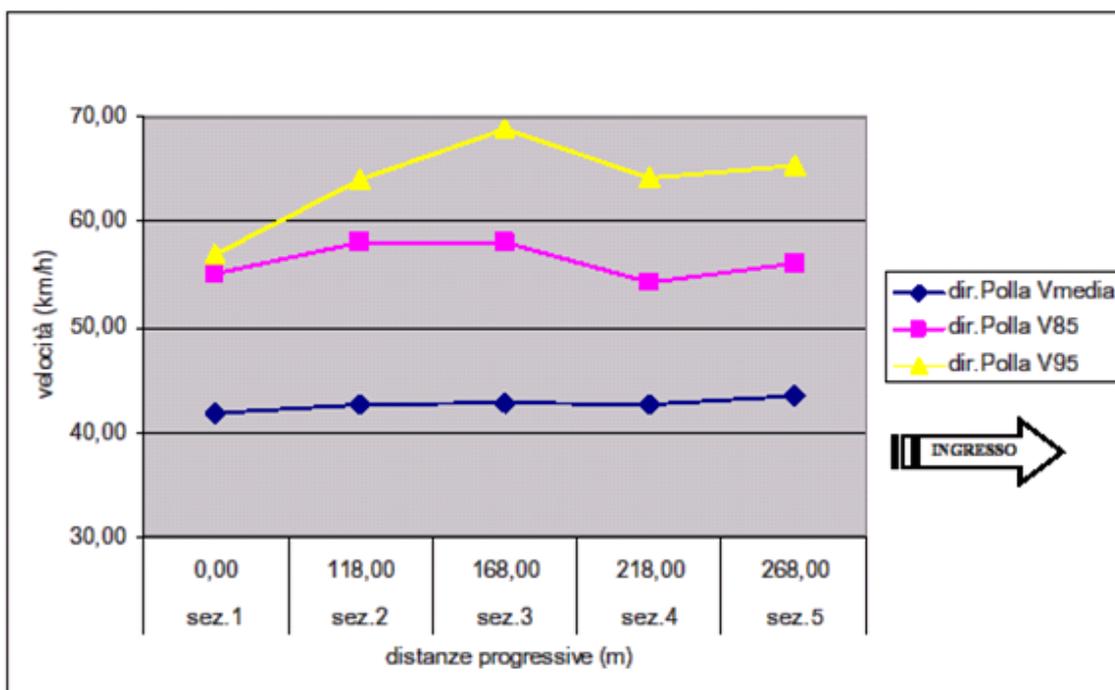


Figura 123 Direzione in ingresso all'abitato

In ingresso all'abitato l'andamento della velocità media è pressoché costante e inferiore al limite normativo, mentre sia l'85° che il 95° percentile presentano un andamento crescente, attestandosi di fatto poco al di sopra del limite imposto di 50 km/h.

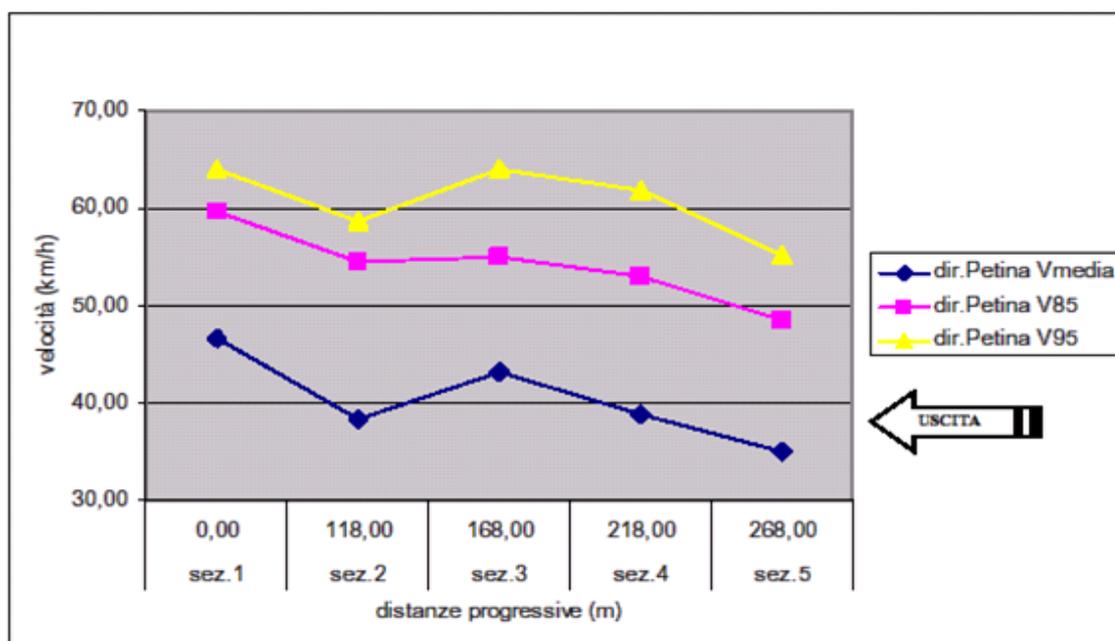


Figura 124 Direzione in uscita dall'abitato

In uscita l'andamento delle velocità risulta crescente e presenta valori maggiori che in ingresso, ciononostante la velocità media è inferiore al limite normativo.





Figura 126 SS426 – sez 71 - Direzione 1



Figura 127 Direzione 2

I dati rilevati nel sito, filtrati ed elaborati, sono sinteticamente riportati di seguito.

	Interdistanze	Distanza progressiva (m)	dir. 1			dir. 2 *		
			Vmedia	V85	V95	Vmedia	V85	V95
			(km/h)					
sez.71	0,00	0,00	66,27	80,00	88,00	74,31	91,00	101,80
sez.72	170,00	170,00	59,24	71,00	78,00	63,77	80,00	87,00
sez.73	115,00	285,00	45,45	53,00	58,00	54,83	64,30	72,00
sez.74	103,00	388,00	45,05	53,00	59,00	44,75	53,05	59,00
sez.75	100,00	488,00	41,15	49,00	54,00	27,09	32,00	34,00

\* direzione d'ingresso all'abitato: direzione d'interesse per la porta d'accesso.

Tabella 45 Dati sito n°3

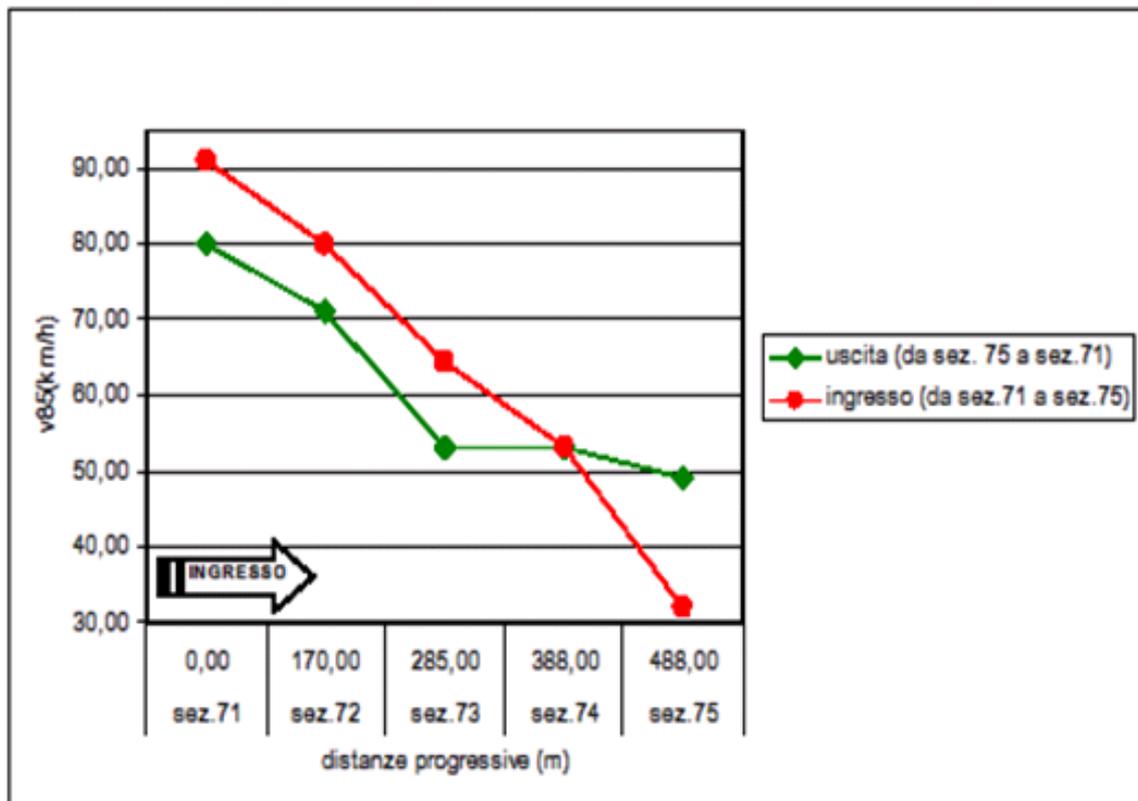


Figura 128 Diagramma delle  $V_{85}$  nelle due direzioni di marcia

Dalle elaborazioni è emerso che le velocità in ingresso all'abitato, direzione di interesse ai fini di un eventuale intervento, pur presentando un valore iniziale piuttosto elevato: 90 Km/h si attesta sotto il limite imposto dopo la sezione 73 probabilmente per effetto dell'andamento planimetrico della strada (curva tra le sezioni 73 e 75).

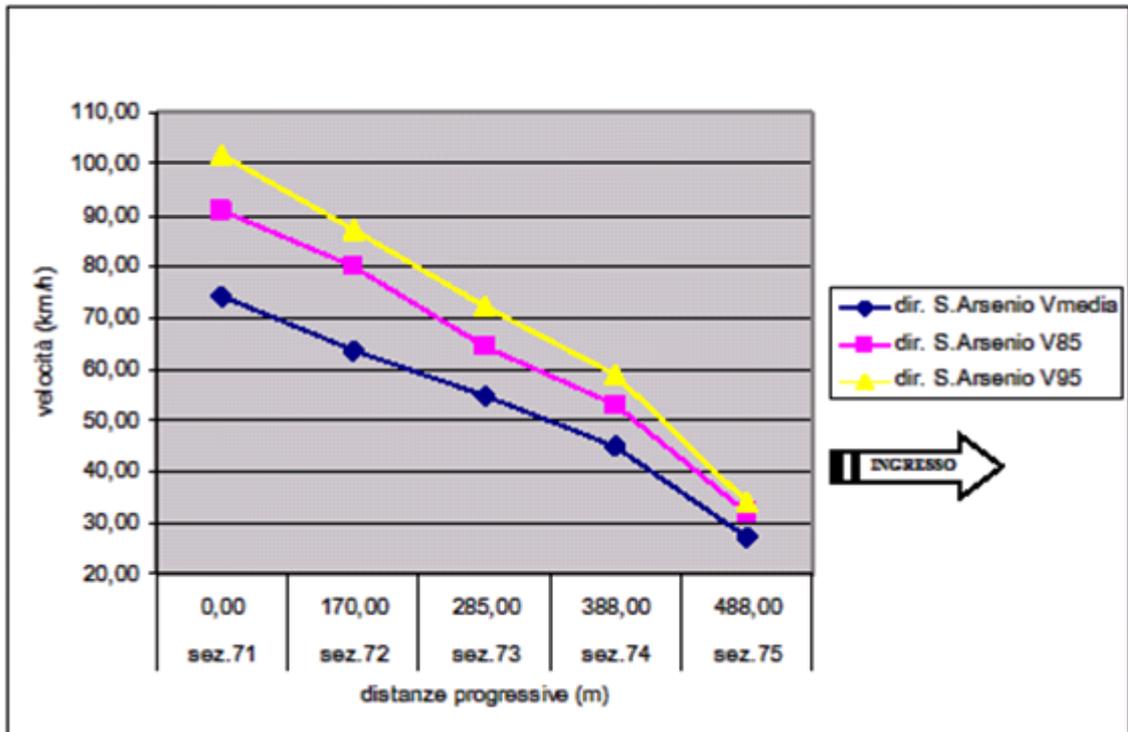


Figura 129 Andamento delle velocità in ingresso all'abitato

Analogamente alla velocità operativa anche la velocità media e il novantacinquesimo percentile presentano un andamento decrescente in ingresso all'abitato, contrariamente a quanto avviene in uscita.

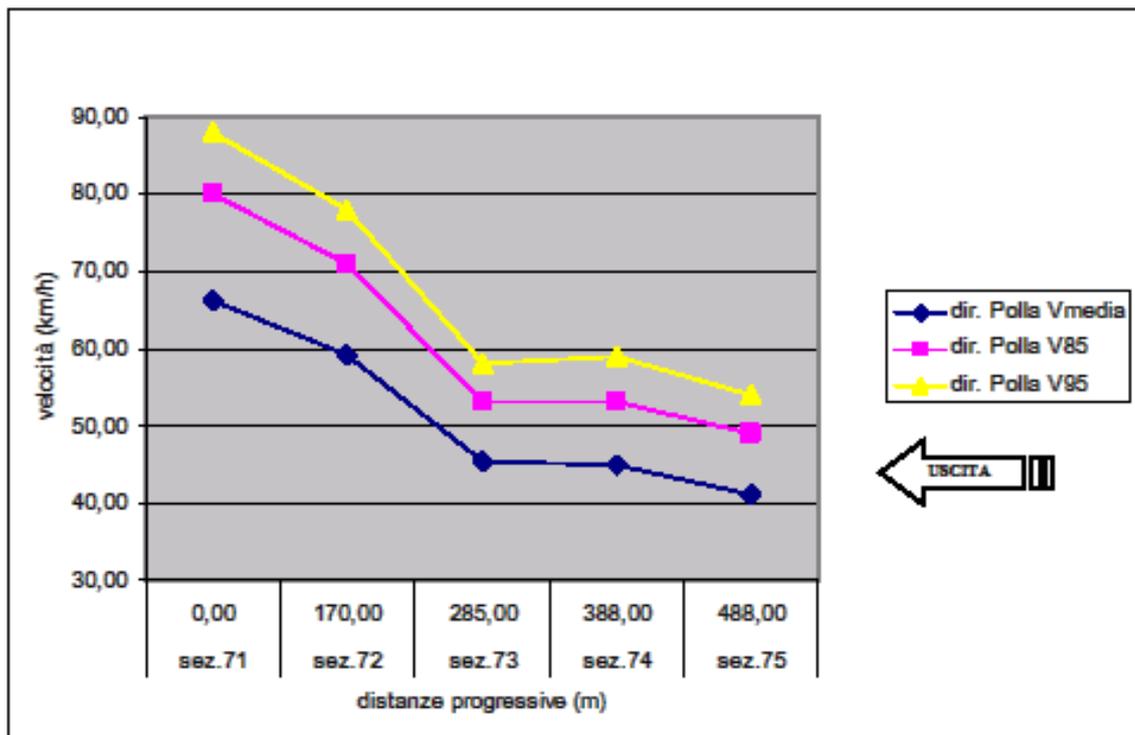


Figura 130 Andamento delle velocità in uscita dall'abitato

#### 4.2.4 Sito n°4

Il sito 4 è un tronco della Strada Statale 426 che serve l'abitato di Sant'Arzenio da sud. Il tratto è lungo circa 600 metri. La strada presenta due corsie, una per senso di marcia, di larghezza compresa tra 3,95 m e 2,60 m, con banchine con  $0,20\text{ m} < L < 1,10\text{ m}$ .

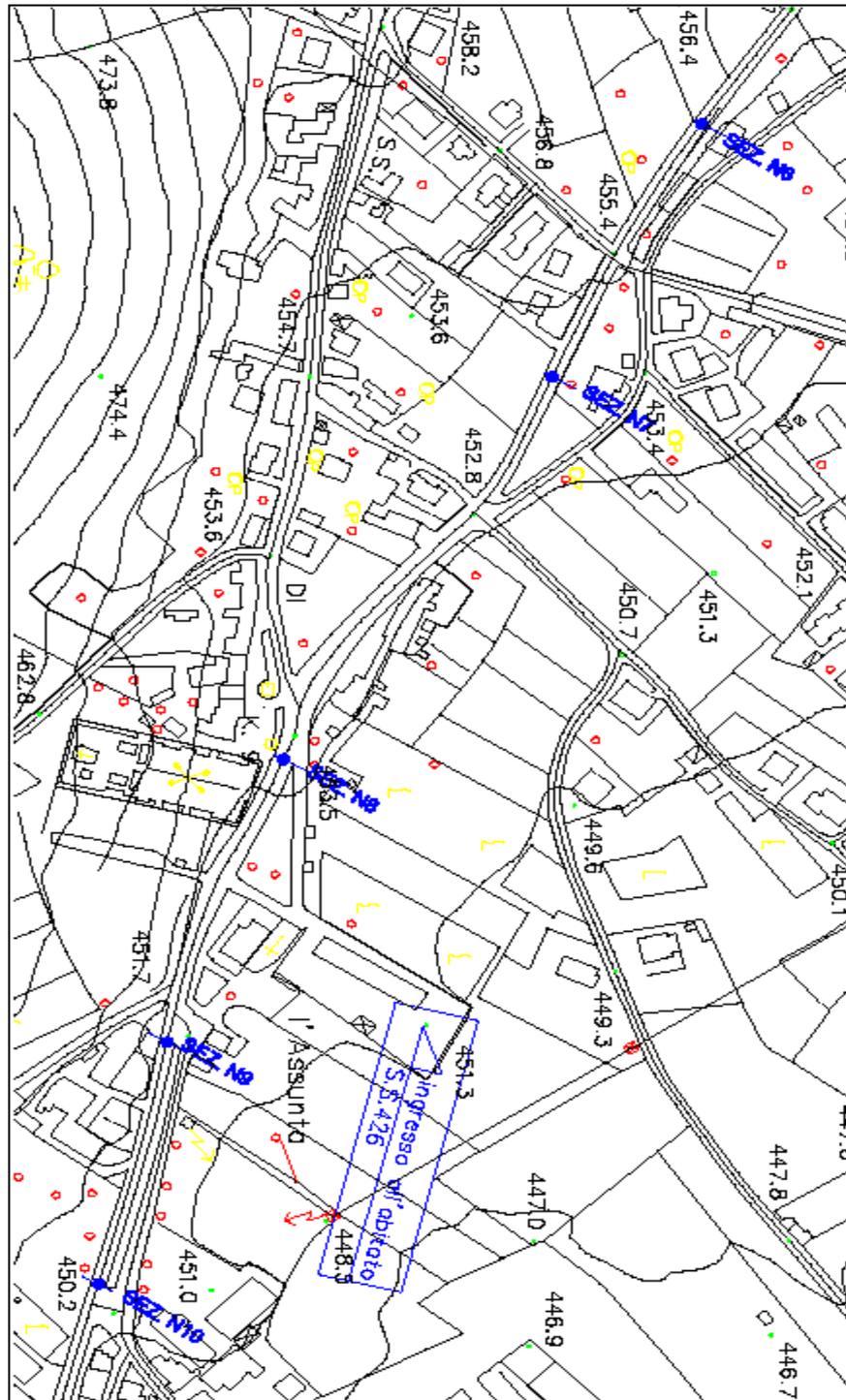


Figura 131 SS426 Estratto di cartografia dell'area di rilievo delle velocità (scala originaria 1:5000)



Figura 132 SS426 sez 8 - Direzione 1



Figura 133 SS426 – sez 8 - Direzione 2

			dir. 1			dir. 2 *		
	Interdistanze	Distanza progressiva	Vmedia	V85	V95	Vmedia	V85	V95
	(m)	(m)	(km/h)					
sez.11	0,00	0,00	55,72	66,00	72,00	54,74	66,00	74,00
sez.12	173,00	0,00	56,15	66,00	73,00	55,30	66,00	74,15
sez.13	260,00	173,00	51,23	63,00	73,00	50,74	63,00	73,00
sez.14	166,00	433,00	58,04	70,65	80,55	55,06	66,20	78,00
sez.15	142,00	599,00	58,25	74,00	85,00	58,15	72,00	84,00

\* direzione d'ingresso all'abitato: direzione d'interesse per la porta d'accesso.

Tabella 46 Dati sito n°4

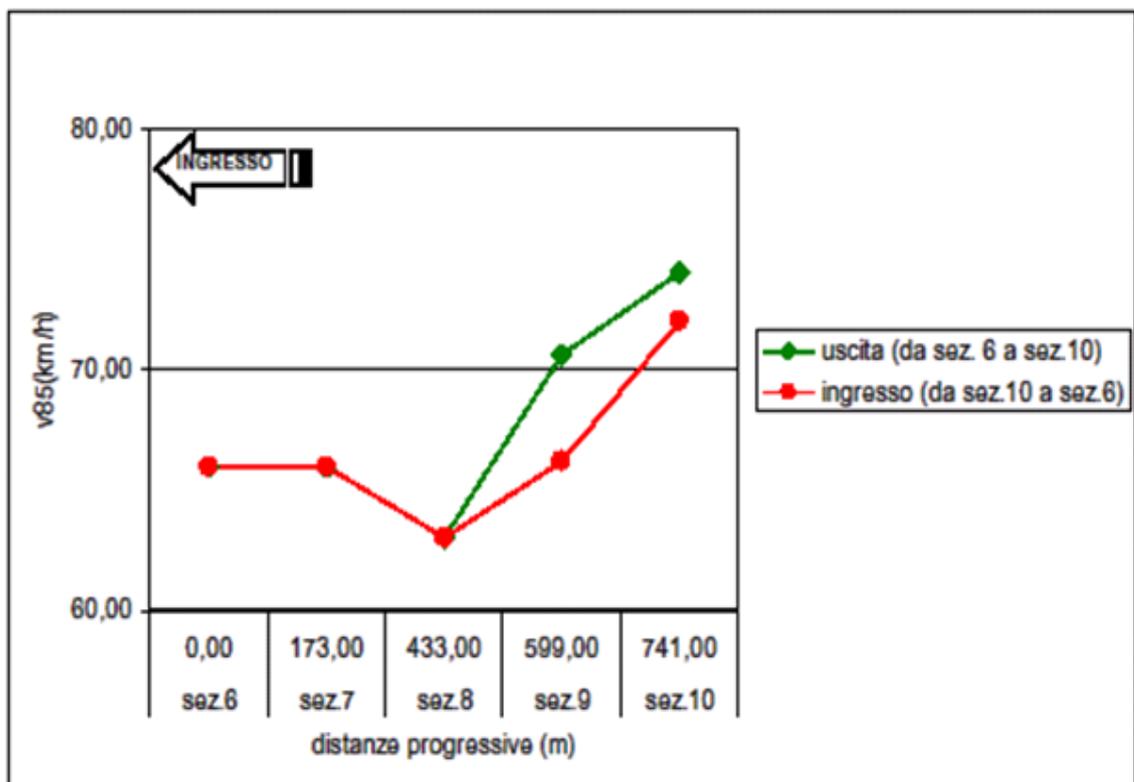


Figura 134 Diagramma della V<sub>85</sub>

In ingresso all'abitato la velocità operativa presenta un andamento decrescente e valori prossimi al limite di legge. Dal diagramma si evince che le sezioni n°6 e 7 presentano lo stesso valore di V<sub>85</sub> in ingresso e in uscita dall'abitato.

In uscita dall'abitato si sono registrate velocità operative superiori ai 63 km/h.

La sezione n° 8 presenta i valori minori di velocità media e velocità operativa, sia in ingresso che in uscita dall'abitato.

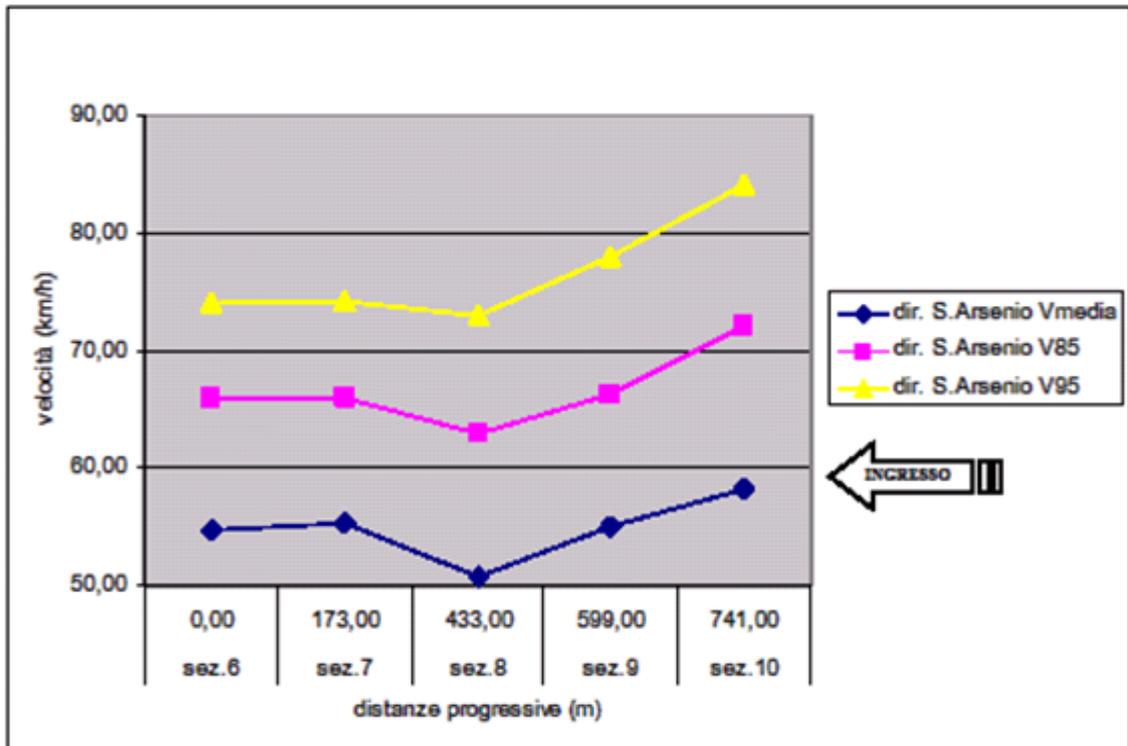


Figura 135 Andamento delle velocità in ingresso all'abitato

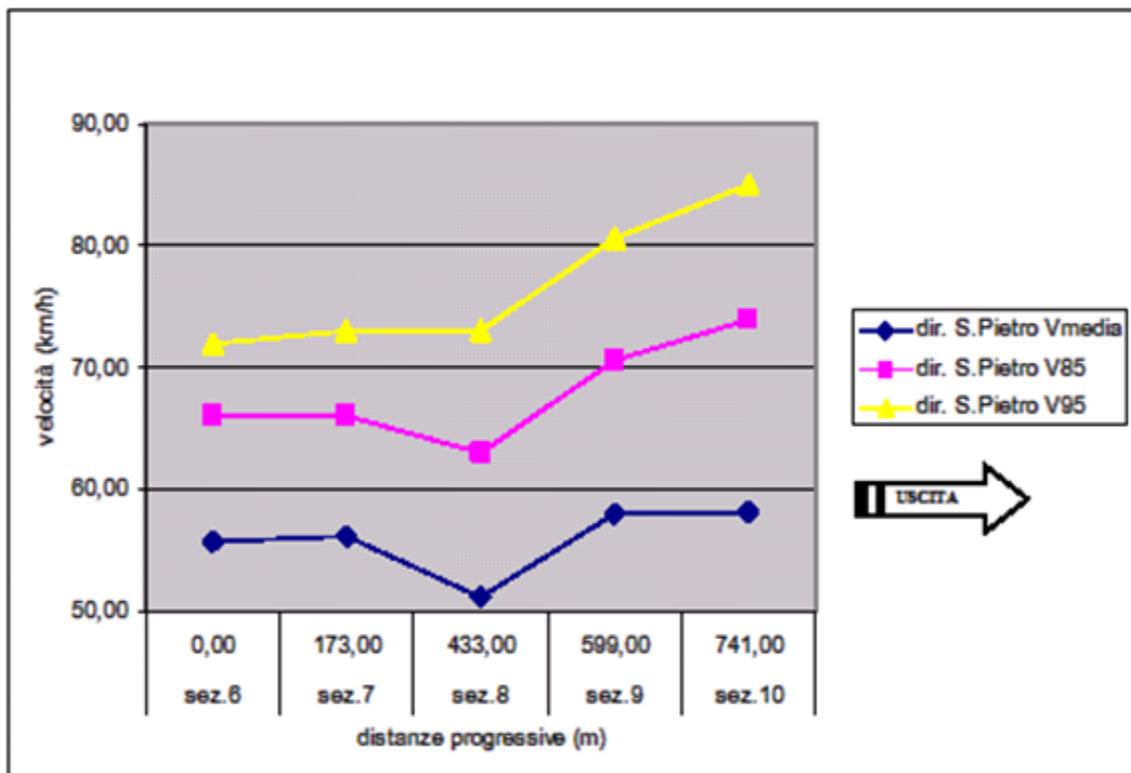


Figura 136 Andamento delle velocità in uscita dall'abitato

#### 4.2.5 Sito n°5

Il sito 5 è un tronco della Strada Statale 103 che attraversa l'abitato di Tardiano. Il tratto d'interesse è lungo 838 metri. La strada presenta due corsie, una per senso di marcia, di larghezza compresa tra 2,90 m e 3,10 m, con banchine laddove presenti di larghezza inferiore a 0,80 m.

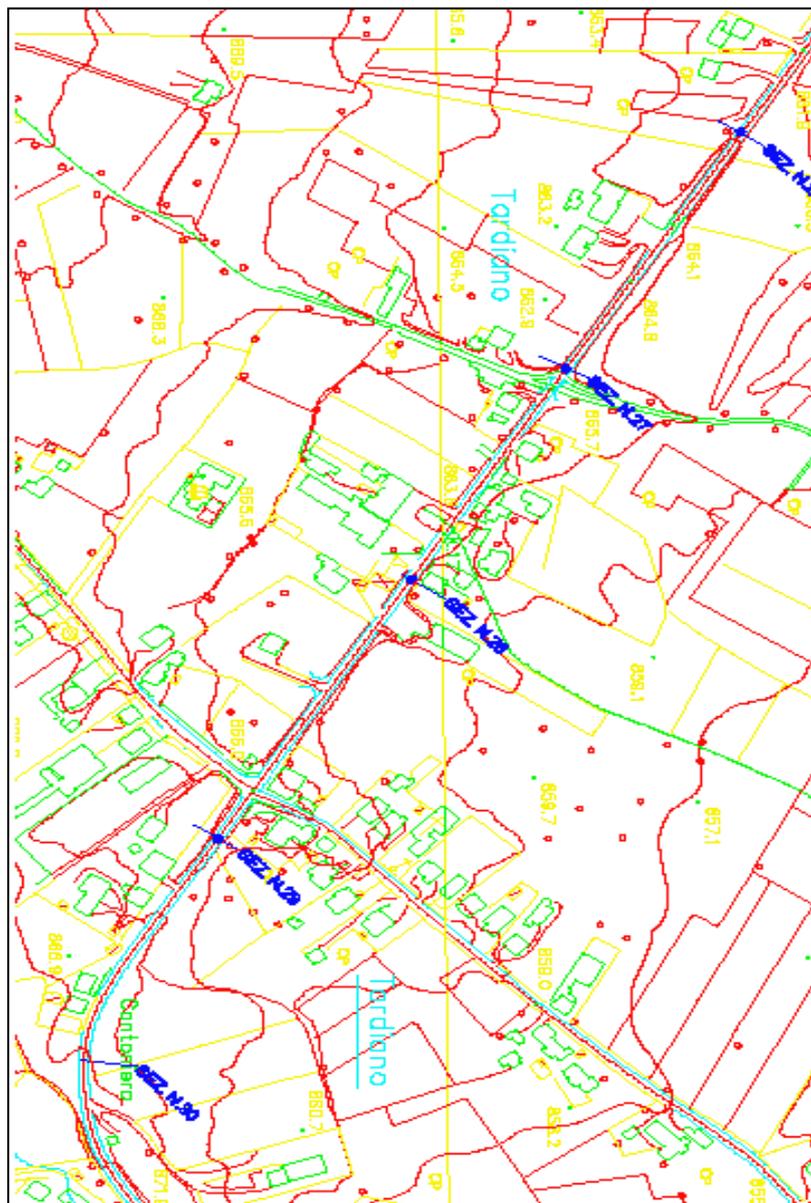


Figura 137 SS103 Estratto di cartografia dell'area di rilievo delle velocità (scala originaria 1:5000)



Figura 138 SS 103 Sez.28 Direzione 1



Figura 139 SS 103 Sez 28 Direzione 2

	Interdistanze	Distanza progressiva	dir. 1			dir. 2 *		
			Vmedia	V85	V95	Vmedia	V85	V95
	(m)		(km/h)					
sez.26	0,00	0,00	64,90	86,30	103,10	57,30	78,00	89,00
sez.27	214,00	214,00	58,30	77,00	89,00	57,69	74,00	86,80
sez.28	192,00	406,00	58,28	76,00	91,00	57,41	75,00	85,90
sez.29	238,00	644,00	47,56	63,00	74,00	51,18	71,00	78,40
sez.30	194,00	838,00	53,11	66,00	72,20	56,06	77,20	89,70

\* direzione d'ingresso all'abitato: direzione d'interesse per la porta d'accesso.

Tabella 47 Dati relativi al sito n°5

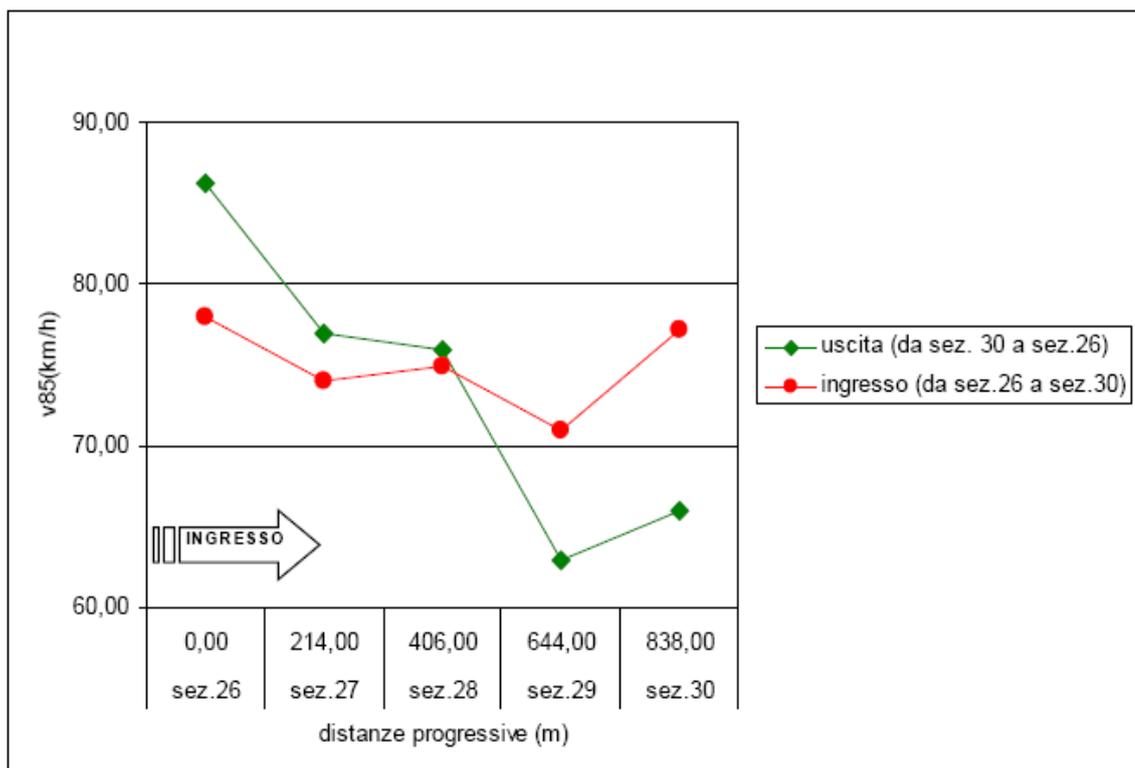


Figura 140 Diagramma delle velocità operative

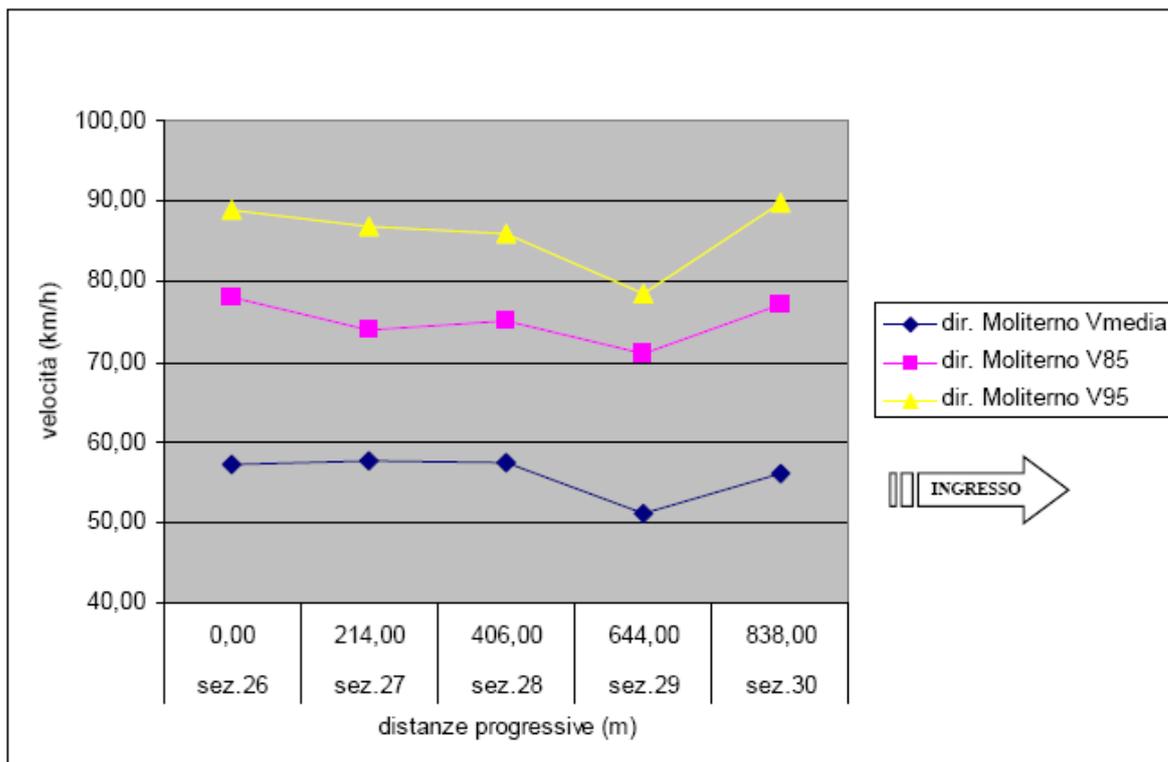


Figura 141 Diagramma delle velocità in ingresso all'abitato

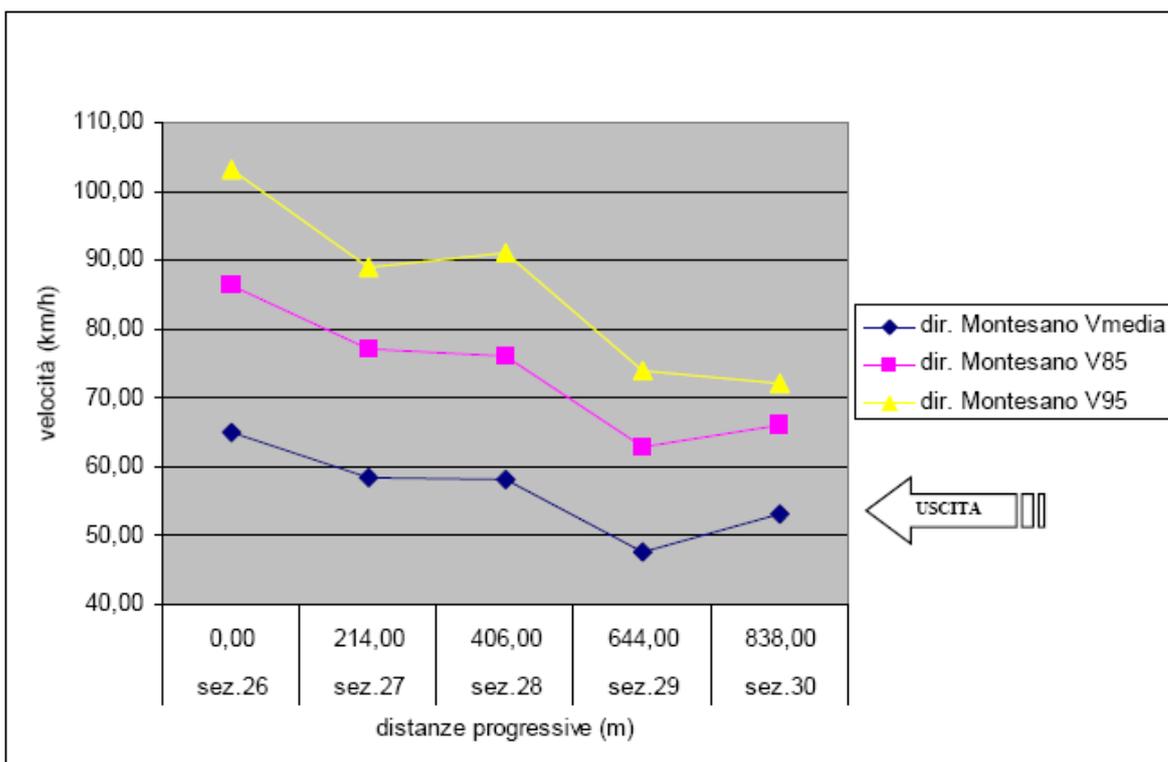


Figura 142 Diagramma delle velocità in uscita dall'abitato

## 5 Siti di intervento

I siti oggetto della sperimentazione appartengono alla rete stradale della provincia di Salerno individuata come ambito di studio per la progettazione sperimentale di porte d'accesso. Dai risultati della sperimentazione emerge che tali siti, diversi tra loro per geometria e traffico, presentano caratteristiche in termini di comportamento dell'utente molto diversi.

Ciò premesso è possibile raggruppare i tronchi in 4 classi in cui le velocità operative:

- sono il doppio del limite di legge (50 km/h);
- superano di oltre 30 km/h il limite normativo;
- superano il limite di oltre 20 km/h;
- sono inferiori ai limiti imposti.

Tale classificazione unitamente agli elementi scaturiti dai rilievi e dalle caratteristiche geometriche dei luoghi ha consentito la scelta dei siti di intervento:

- il sito A in cui le velocità operative sono mediamente superiori ai limiti di legge (+20 km/h);
- il sito B in cui le velocità operative registrate sono due volte i limiti consentiti.

Il sito A è stato oggetto di progettazione sperimentale e realizzazione di interventi di moderazione delle velocità su strada, il sito B di progettazione sperimentale e realizzazione di interventi in ambiente virtuale.

## 5.1 Sito A

Il sito A è un tronco della SP 25 della rete di studio, avente caratteristiche geometriche e flussi di traffico paragonabili a quelli dei siti in cui le velocità registrate sono superiori al limite di legge di almeno 20 km/h, le differenze sono state indagate mediante test statistici risultati significativi.

Il tratto di strada in esame interessa l'abitato di Giffoni Sei Casali, in particolare attraversa il centro abitato "Le Malche"; ha una lunghezza pari a circa 1.300 metri ed è caratterizzato da una pendenza longitudinale media pari a circa il 2%.

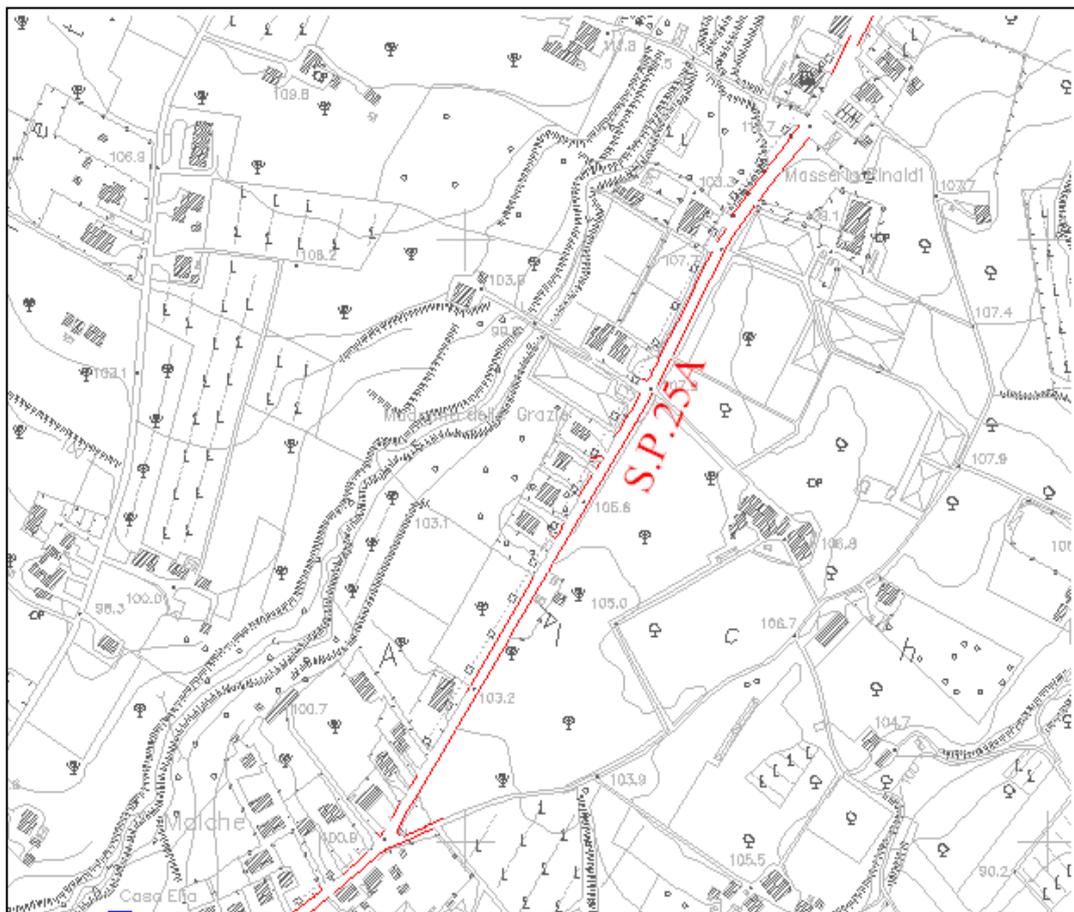


Figura 143 Cartografia dei luoghi

Lungo la strada sono presenti tre incroci, a ridosso dell'area d'intervento, caratterizzati da configurazioni non ottimali: con piccoli angoli d'incidenza, pendenze dei bracci secondari elevate, localizzati a ridosso di curve con problemi di visibilità. Il tronco stradale ricadente in ambito urbano è caratterizzato dalla presenza di 29 tra immissioni di strade di quartiere ed accessi privati (in media 2 accessi ogni 100 m).

### 5.1.1 Descrizione dell'intervento

Nel corso del 2007 l'Amministrazione Comunale ha realizzato alcuni interventi di moderazione del traffico del tipo *porte di accesso*. Nei tratti terminali e per una lunghezza pari a 50 m del tronco sono state realizzate due porte di accesso costituite da un portale in acciaio zincato del tipo "a bandiera", posto all'inizio del centro abitato, preceduto da bande rumorose e segnaletica orizzontale di forma triangolare ("denti di drago"), che configurano un restringimento virtuale delle corsie di marcia.



Figura 144 Rilievo fotografico porta d'accesso - "denti di drago" e portale a bandiera



Figura 145 Rilievo fotografico porta d'accesso – restrizione ottica

Le porte sono composte da due parti funzionalmente distinte: la zona di transizione e la zona porta. La zona di transizione, di lunghezza pari a 40 metri (denti di drago + bande sonore), ha la funzione di graduare la trasformazione dello spazio stradale, da ambiente extraurbano a urbano, per indurre i conducenti ad adeguare la propria condotta di guida. La zona porta costituisce, invece, l'elemento di separazione tra i due ambienti stradali differenti.

In corrispondenza delle due porte, per un tratto di lunghezza pari a 50 m, lo strato di usura della pavimentazione è stato sostituito con uno strato di spessore medio finito pari a 3 cm ad elevata aderenza per agevolare il rallentamento dei veicoli anche su di strada bagnata. Il conglomerato bituminoso impiegato è del tipo anti-skid split-mastix ottenuto con aggregati ad elevata resistenza all'usura e bitume modificato con styrene-butadienestyrene. Tra lo strato di usura nuovo ed il binder esistente è stata realizzata una mano di attacco in bitume modificato.

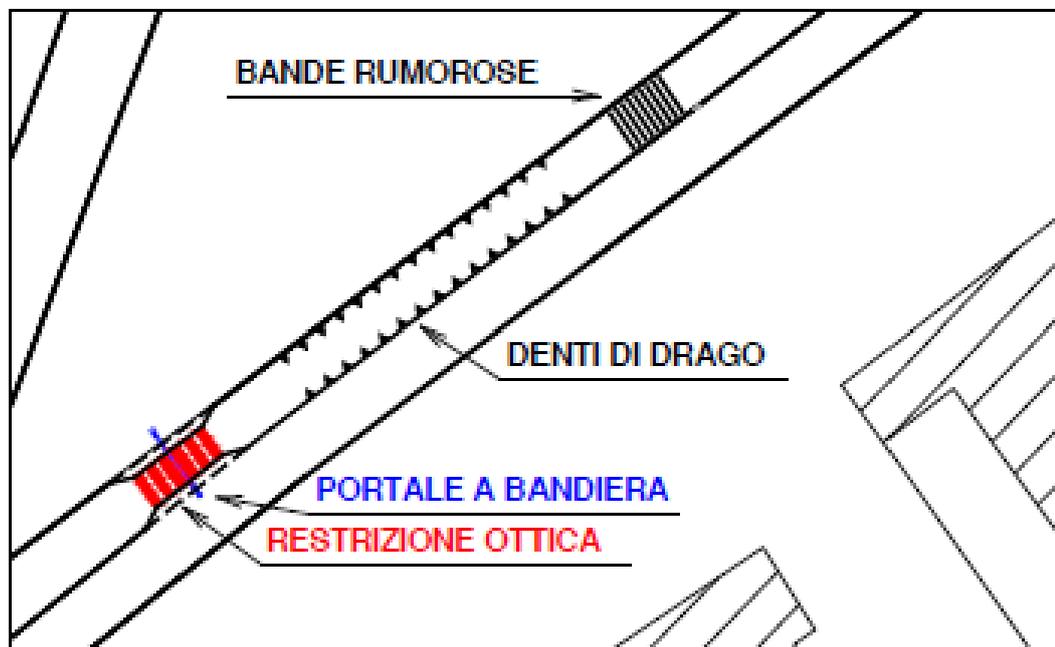


Figura 146 Schema planimetrico dell'intervento

Sulla pavimentazione sono presenti, in corrispondenza del portale a bandiera:

- strisce in laminato elastoplastico di colore rosso della larghezza di 50 cm ortogonali al senso di marcia;
- strisce orizzontali in termocolato plastico, in accordo con la norma UNI EN 1436/98, contenenti microsfere di vetro, con spessore complessivo della striscia non inferiore a 1,5 mm e larghezza pari a 15 cm;

- sagome triangoli in laminato elastoplastico con base ed altezza di 50 cm, interasse pari a 1,50 m per uno sviluppo longitudinale di 21 metri;
- bande sonore in laminato elastoplastico di spessore 5 mm e larghezza 10 cm, poste in opera su supporto realizzato con lo stesso materiale di larghezza pari a 12 cm, ad interasse di 0,50 m in numero di 9 per ciascuna serie e dunque per una estensione di 4,15 m;
- segnale di fine centro abitato (fig. II 274 art.131 del Regolamento) in lamiera di alluminio con pellicola ad alta risposta luminosa e vita utile pari a 10 anni.

Tra le due porte di accesso sono presenti, inoltre, 7 passaggi pedonali realizzati con il rifacimento dello strato superficiale in conglomerato bituminoso per usura del tipo antiskid split-mastix, per una lunghezza pari a 5 m e zebratura costituita da strisce bianche in laminato elastoplastico del tipo autoadesivo per una lunghezza pari a 4,0 m.

La segnaletica verticale è costituita da segnali di indicazione dei passaggi pedonali nei due sensi di marcia, segnali di “stop”, segnali di pericolo e di “dare precedenza” in corrispondenza degli incroci. La segnaletica orizzontale esistente lungo l’intero tronco stradale in esame è costituita da strisce bianche in termospruzzato plastico ad essiccazione immediata, in accordo con la norma UNI EN 1436/98, contenenti microsfere di vetro pari a  $0,35 \text{ Kg/m}^2$  ed aventi uno spessore complessivo non inferiore a 1,5 mm ed una larghezza di 15 cm.

### 5.1.2 I rilievi sperimentali

La campagna sperimentale è stata realizzata nel corso del mese di ottobre dell'anno 2007 ed ha avuto come obiettivo il rilievo delle velocità, eseguito mediante l'impiego di contatraffico "KV Laser" tipo autovelox.

Tali apparecchiature che consentono la registrazione della velocità istantanea, della lunghezza e della direzione di marcia di ciascun veicolo, sono state opportunamente occultate alla vista dei conducenti al fine di non condizionarne il comportamento di guida.



Figura 147 Misuratori di velocità occultati

Le stazioni di misura sono state posizionate in corrispondenza di 18 sezioni: 4 a monte, 2 a valle e 3 in corrispondenza della porta di accesso (di cui 2 ricadenti nella zona di transizione ed 1 nella zona porta). Ciascuna sezione è stata tenuta sotto osservazione per circa 5 ore.



Figura 148 Stazioni di misura in corrispondenza della porta Nord

### 5.1.3 Analisi delle misure di velocità

Il campione rilevato dopo la realizzazione degli interventi di traffic calming, è stato opportunamente depurato al fine di ottenere le condizioni di flusso libero, in cui si registrano le velocità operative ( $V_{85}$ ). Le elaborazioni, i cui risultati sono presentati nel seguito, sono state sviluppate escludendo dalle distribuzioni di velocità le misure relative ai mezzi con distanziamento temporale inferiore a 5 secondi rispetto al veicolo precedente e quelle relative ai veicoli con lunghezza inferiore a 3 metri o superiore a 9 metri.

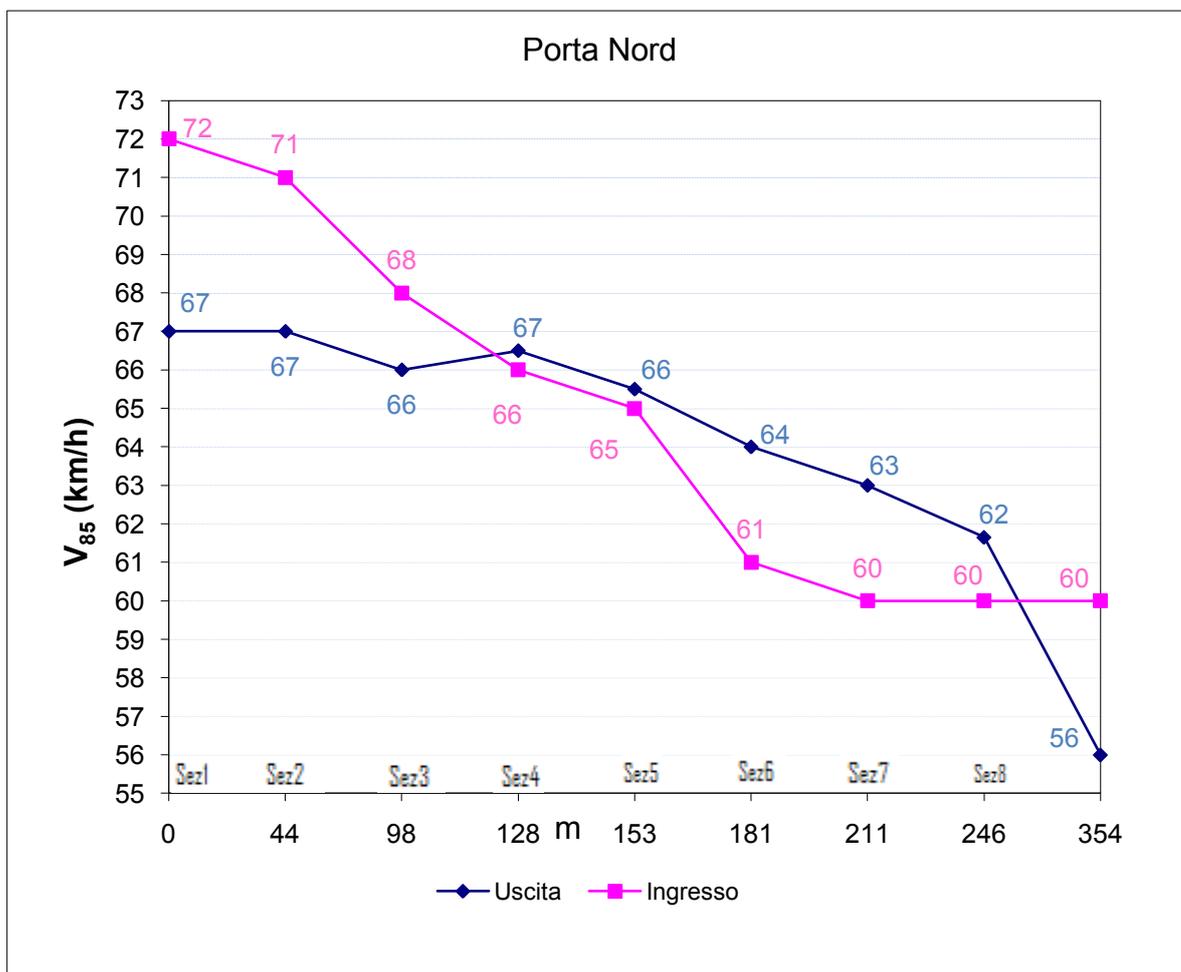


Figura 149 Diagramma delle velocità operative - Porta Nord

Dal diagramma delle velocità operative si evince che le velocità in ingresso all'abitato decrescono sensibilmente in avvicinamento alla porta e si attestano sui 60 km/h a valle della zona porta. La riduzione delle velocità più consistente ( $\Delta V = 4$  km/h) si rileva lungo la zona di transizione tra la sezione 5, posta in corrispondenza delle bande rumorose, e la sezione 6, in corrispondenza dei denti di drago, ed in uno spazio di lunghezza pari a 28 metri.

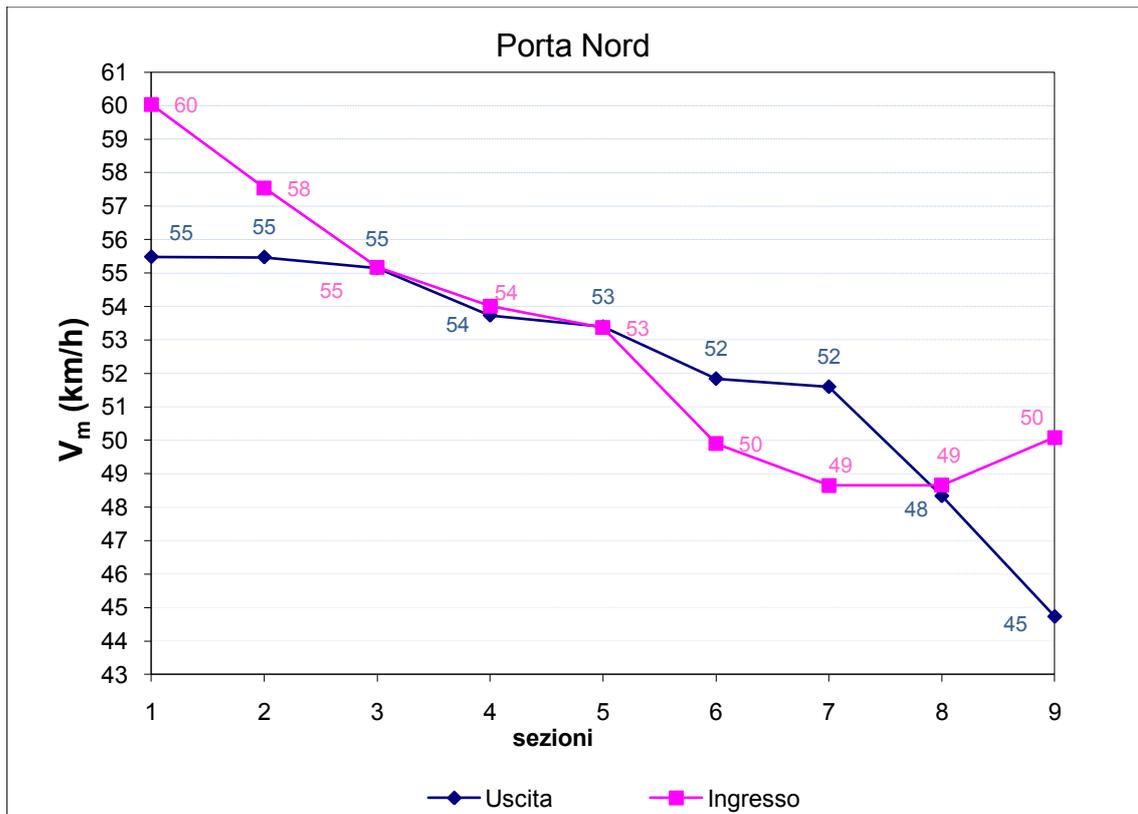


Figura 150 Diagramma delle velocità media - Porta Nord

L'andamento della velocità media in ingresso all'abitato in corrispondenza della Porta Nord è molto simile a quello della velocità operativa, ovvero decrescente.

L'analogia tra gli andamenti si riscontra anche in uscita dall'abitato.

Analogamente si sono elaborate e diagrammate le velocità operative e medie relative alla Porta Sud.

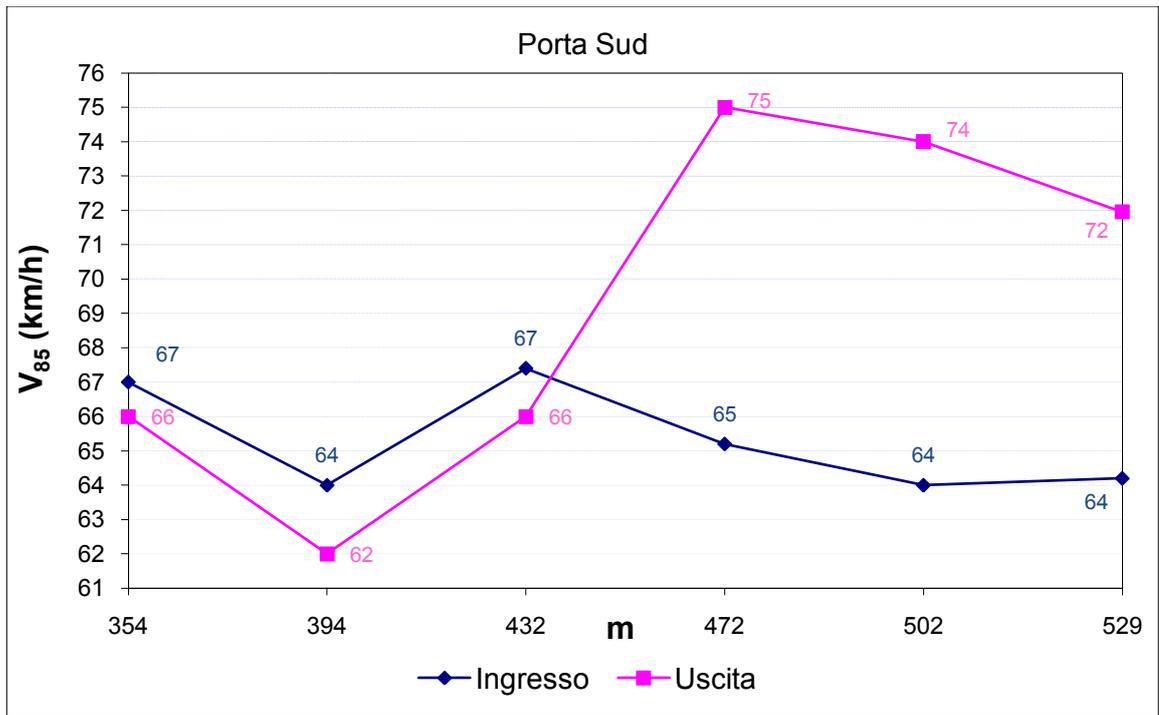


Figura 151 Diagramma delle velocità operative - Porta Sud

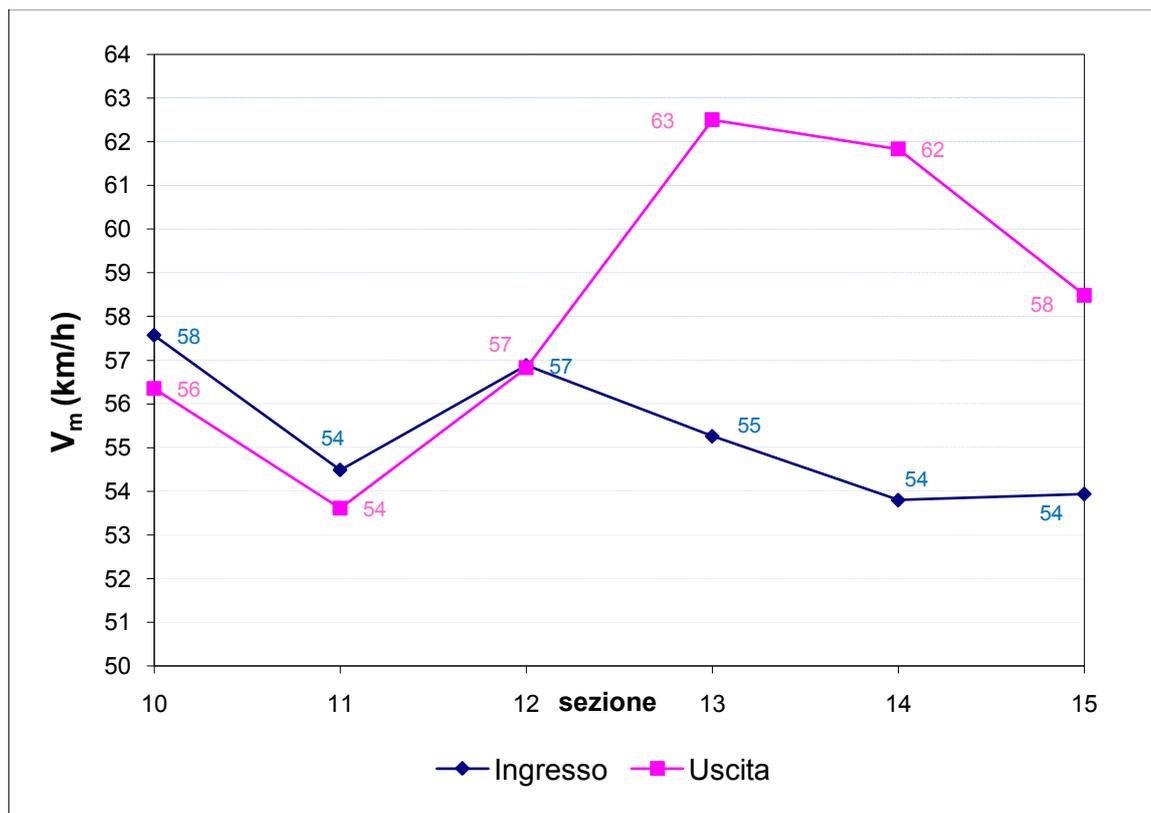


Figura 152 Diagramma delle velocità medie - Porta Sud

A questo punto vale la pena fare una prima riflessione sull'efficacia dei trattamenti nel modificare il comportamento del guidatore osservando i diagrammi di velocità testé riportati.

Una prima considerazione è che gli utenti approcciano la porta sud attuando velocità operative meno sostenute che nel caso della porta nord (67 km/h vs 72 Km/h). Nel caso della porta nord l'andamento dell'ottantacinquesimo percentile è fortemente decrescente, non si può dire all'altrettanto per la porta sud. E' evidente quindi, che a parità di caratteristiche dell'intervento realizzato, l'utente della strada è stato condizionato in maniera differente nelle due porte. Gli andamenti della velocità suggeriscono una diversa efficacia degli interventi che sarà confermata come vedremo in seguito dai risultati dei test statistici.

## 5.2 Sito B

Il sito B, oggetto di progettazione in ambiente virtuale, è il sito 1 è il tronco della SP39 presentato nel paragr 4.2.1. La SP39 attraversa l'abitato di Teggiano, piccolo centro urbano con una popolazione di circa 8.500 abitanti, in provincia di Salerno. L'ingresso all'abitato da nord avviene su un rettilineo quasi pianeggiante lungo circa 5,5 km in una strada a carreggiata unica e doppio senso di marcia, con due corsie larghe circa 3,0 m e banchine di larghezza inferiore a 0,30 m. Tra il km 3 ed il km 4 della SP39 sono presenti abitazioni ed attività commerciali, in assenza di infrastrutture pedonali, isolate rispetto al principale agglomerato urbano del comune. E' degno di nota sottolineare che anche nel tratto esterno al centro abitato è presente un limite di velocità pari a 50 km/h, ciononostante le  $v_{85}$  rilevate durante la sperimentazione risultano superare i 100 km/h.



Figura 153 Sito oggetto di progettazione in ambiente virtuale

### 5.2.1 Implementazione del sito e degli scenari progettuali

Il sito di studio è stato ricostruito in ambiente virtuale mediante l'utilizzo del simulatore VERA, permettendo di fatto la valutazione di dispositivi di moderazione del traffico combinati a porte d'accesso non ancora esistenti, sia per studiare il comportamento dei guidatori che per scegliere tra le diverse alternative progettuali.

I simulatori di guida permettono di condurre i test in sicurezza, a costo relativamente basso e in condizioni controllate e ripetibili, per questo motivo si rivelano particolarmente adatti anche per gli studi sul comportamento del conducente. I vantaggi che fanno preferire il simulatore alle normali prove su strada risiedono oltre che nella possibilità di controllo dell'ambiente e delle condizioni a contorno anche nell'efficienza, nel minor costo e nella maggiore facilità di gestione dei dati in opportuni database. Altro vantaggio, tutt'altro che trascurabile, è la possibilità di monitorare diverse variabili che non sarebbe facile acquisire su strada. Inoltre, grazie alla possibilità di disporre di uno scenario che presenta le stesse caratteristiche nel tempo, il simulatore permette la ripetitività degli esperimenti.

Il modello realizzato in ambiente virtuale è stato validato confrontando mediante opportuni test statistici i rilievi di velocità effettuati su strada (confronta Tabella 38 Dati sito n°1) con quelli registrati in laboratorio, ed è risultato che il sistema di simulazione VERA è in grado di valutare gli effetti di sistemi infrastrutturali sul comportamento di guida degli utenti ed è una alternativa valida, sicura ed economica agli studi su strada.



Figura 154 Il simulatore di guida VERA – Virtual Environment Safety (Fonte: Lamberti e al., *Strade&Autostrade* 2/2009)

### 5.2.2 Descrizione degli interventi

L'intervento nel sito in esame consiste nella realizzazione di una porta di accesso e di quattro dispositivi integrativi di moderazione del traffico. La porta di accesso ha la funzione di rallentare solo i veicoli in ingresso nel centro abitato mentre i dispositivi integrativi di moderazione del traffico, distanti circa 150 m l'uno dall'altro, sono funzionali ad entrambe le direzioni di marcia. Per la porta di accesso si sono previste due alternative di progetto, la prima consiste in interventi di segnaletica, piantumazione ed arredo (Figura 155) mentre la seconda, più costosa, prevede anche un allargamento della piattaforma ed una deviazione dei veicoli in ingresso nell'abitato (Figura 156).



Figura 155 Scenario alternativa 1

La porta di accesso è composta dai seguenti elementi:

- a) rallentatori di velocità ad effetto ottico;
- b) bande periferiche trasversali;
- c) siepe convergente verso la carreggiata;
- d) fascia trasversale colorata in conglomerato stampato;
- e) portale metallico rivestito in erba contenente il segnale inizio centro abitato.



Figura 156 Scenario alternativa 2

Nella soluzione 2 oltre alla porta è stata inserita una deviazione per i veicoli in ingresso al centro abitato mediante isola centrale materializzata con cordolo sormontale e strisce gialle rifrangenti e nere.

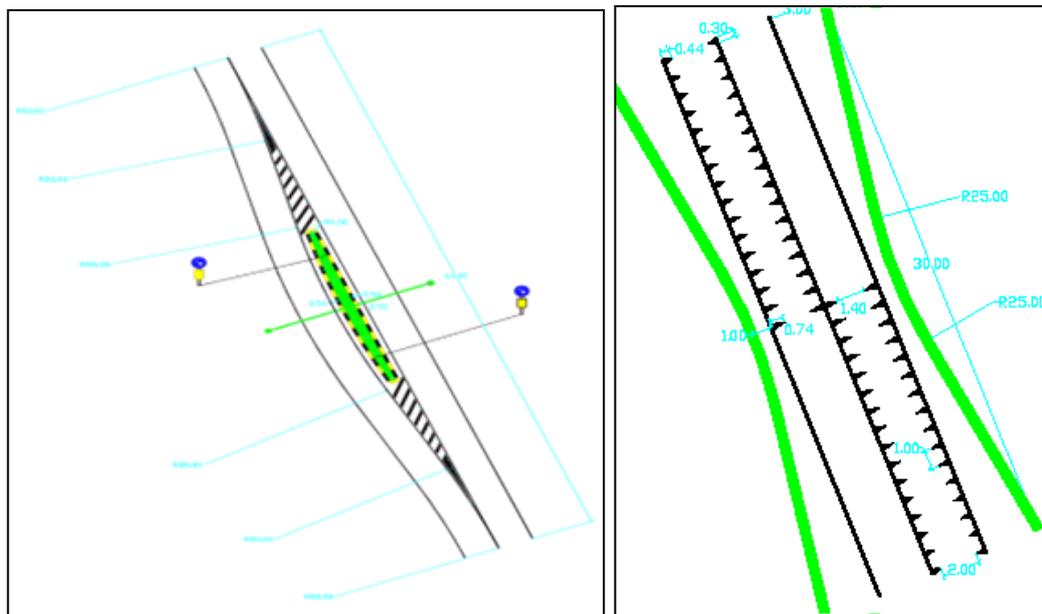


Figura 157 Planimetria della deviazione (sx) dispositivi integrativi di moderazione del traffico (dx)

I rallentatori di velocità ad effetto ottico, conformi alle indicazioni dell'art.179 del Regolamento, sono realizzati mediante l'applicazione di 5 strisce trasversali, di dimensione longitudinale pari a 2 m, con larghezza crescente nel senso di marcia e distanziamento decrescente. Obiettivo dei rallentatori è preavvisare i conducenti dell'ingresso nella porta e attirare l'attenzione verso il successivo dispositivo di moderazione del traffico.

Subito dopo i rallentatori sono inserite 19 coppie di bande periferiche trasversali. Le bande periferiche hanno lo scopo di dare l'impressione di un restringimento della carreggiata ed hanno consentito una significativa riduzione di velocità in differenti applicazioni effettuate negli Stati Uniti. Ciascuna banda è costituita da un rettangolo lungo 44 cm (perpendicolarmente alla direzione di marcia) e lungo 30 cm (nella direzione di marcia), con la base contigua alle strisce longitudinali. Le bande sono installate in coppia, ossia l'una di fronte all'altra, in modo da amplificarne l'effetto, con un distanziamento tale che il conducente oltrepassi 4 strisce al secondo, nell'ipotesi di velocità di ingresso nella serie pari a 90 km/h e moto uniformemente decelerato con decelerazione pari a  $1,2 \text{ m/s}^2$ . In tali ipotesi, la lunghezza complessiva del dispositivo è pari a 100,4 m e la velocità di uscita è pari a 70,6 km/h.

Al fine di ridurre la larghezza ottica della piattaforma e di focalizzare l'attenzione di guidatori sulla porta di accesso nel tratto compreso tra l'inizio delle bande ottiche e la fine della porta di accesso, per una lunghezza pari a 108,4 m, in entrambi i lati della piattaforma è installata una siepe, alta 1,50 m e larga 0,50 m, convergente verso la carreggiata. Nel tratto iniziale la distanza dell'asse della siepe dalla carreggiata è pari a 4,00 m, che si restringono a 1,00 nel tratto finale. Negli ultimi 8,00 m la siepe è parallela alla carreggiata, per accentuare l'effetto porta, ed il raccordo con la parte obliqua è realizzato con un raggio pari a 10,00 m. Nella zona a cavallo del portale, per una lunghezza pari a 5,00 m, è prevista una fascia di colore rosso in conglomerato stampato, ossia conglomerato bituminoso impresso a caldo con rete metallica, colorato di rosso con resine acriliche e componenti (cariche di quarzo e cementi modificati) e rifinito con antisdrucchiolo. In tal modo si ottiene un richiamo dell'attenzione dei conducenti per l'effetto combinato della diversa colorazione della pavimentazione e di una lieve vibrazione al passaggio sulla fascia di conglomerato che ha profilo ed aspetto simili a quelli dei masselli. L'inizio della pavimentazione in conglomerato stampato è localizzato 3,00 m dopo il centro dell'ultima banda periferica trasversale.

La porta di accesso termina con un portale metallico rivestito in erba contenente il segnale inizio centro abitato. Il portale è localizzato al centro della fascia in conglomerato stampato. La larghezza del portale è pari a 12,00 m (misurata tra gli assi dei sostegni laterali) e l'altezza è pari a 6,50 m. L'altezza utile per il passaggio dei veicoli al di sotto del portale è pari a 5,00 m. La struttura del portale, metallica, è rivestita in edera in modo tale da aumentare l'impatto visivo, l'effetto schermante e l'impressione di ingresso in un centro abitato, ad eccezione della zona centrale del portale stesso in cui sono installati, in corrispondenza dell'asse delle due corsie, i segnali inizio centro abitato. I montanti hanno forma quadrata con lato pari a 0,50 m, la fascia verticale trasversale ha altezza pari a 1,50 m, ciascun segnale di inizio centro abitato ha dimensione  $2,00 \times 0,90$  m, con altezza delle lettere pari a 0,25 m.

Nella porta di accesso in direzione nord, poiché i veicoli provengono da una zona interna del centro abitato, anche se con assenza di urbanizzazione, non sono installati i segnali di inizio centro abitato e la fascia superiore del portale è interamente ricoperta di edera.

La deviazione introdotta nella soluzione 2, prevede un disassamento della corsia di marcia in ingresso pari a 2,50 m. La lunghezza del tratto di deviazione verso destra è pari a 30,00 m. Il tratto è a sua volta composto da tre tronchi di lunghezza pari a 10,00 m: il primo tronco è circolare con raggio pari a 80,00 m, il secondo tronco è rettilineo, il terzo tronco è anch'esso circolare con raggio pari a 80,00. La deviazione verso sinistra per il rientro nella sede stradale originaria è simmetrica rispetto alla precedente. L'isola divisionale è separata dalla due corsie di marcia da due banchine larghe 0,50 m. Il raggio iniziale dell'isola, preceduto da zebrature integrate con inserti stradali catarifrangenti, è pari a 0,50 m. Nella parte iniziale dell'isola, in entrambi i lati, è installato delineatore speciale di ostacolo (fig. II 472 del Regolamento) accoppiato con il segnale passaggio consentito a destra (fig. II 82/b del Regolamento). I cordoli, con strisce gialle rifrangenti e nere, hanno larghezza pari a 0,30 m ed altezza pari a 0,12 m.

Il primo tratto è verticale con altezza pari a 0,05 m. Il secondo, raccordato con un raggio pari a 0,02 m, è sub-orizzontale con base pari a 0,20 m ad altezza pari a 0,07 m. Il terzo, raccordato con un raggio pari a 0,10 m, è orizzontale con lunghezza pari a 0,10 m. La parte centrale dell'isola è riempita con erba.

A causa della deviazione, nella soluzione 2 non si è proposta la realizzazione di un differente tipo di pavimentazione in corrispondenza della porta per evitare variazioni di aderenza e regolarità in un tratto caratterizzato da elevata curvatura.

Rispetto alla soluzione 1, le bande periferiche trasversali hanno caratteristiche differenti. Le bande sono installate in modo tale che il conducente oltrepassi 5 strisce al secondo. La velocità di ingresso nella serie è assunta pari a 70 km/h (minore rispetto alla soluzione 1 per effetto del condizionamento indotto dalla deviazione). La decelerazione è ipotizzata pari a  $2,5 \text{ m/s}^2$ . In tali ipotesi, la lunghezza complessiva del dispositivo è pari a 44,6 m e la velocità di uscita è pari a 44,8 km/h.

La segnaletica (orizzontale e verticale) sarà realizzata con materiali ad elevatissime prestazioni in quanto l'efficacia dell'intervento è strettamente legata alla corretta percezione da parte dei guidatori dell'ambiente stradale e della segnaletica.

### **5.2.3 Sperimentazione**

Alla sperimentazione hanno preso parte trenta persone: 18 uomini e 12 donne, con un'età compresa tra i 23 e i 54 anni, in possesso della patente di guida da almeno quattro anni. Arrivato in laboratorio, ciascun partecipante è stato informato dell'esperimento in oggetto e ha letto e firmato un documento di consenso informato. Ciascuno ha poi guidato per 10 minuti al fine di comprendere il funzionamento dell'apparecchiatura. Dopo una pausa, ciascun soggetto ha guidato tre volte in direzione nord dell'abitato e tre in direzione sud.

Gli scenari testati sono tre: Alt0, status quo; Alt1, intervento non strutturale; Alt2 intervento strutturale.

Ai fini delle elaborazioni sono stati considerati solo i dati relativi ai partecipanti che avevano compiuto per intero e senza problemi tutti e tre i giri per direzione, e considerando che tre di essi si sono fermati, si dispone di 27 soggetti, nove per ogni scenario.

### 5.2.4 Analisi delle misure di velocità

I dati registrati durante la simulazione, opportunamente trattati ed elaborati, sono rappresentati nei diagrammi che seguono.

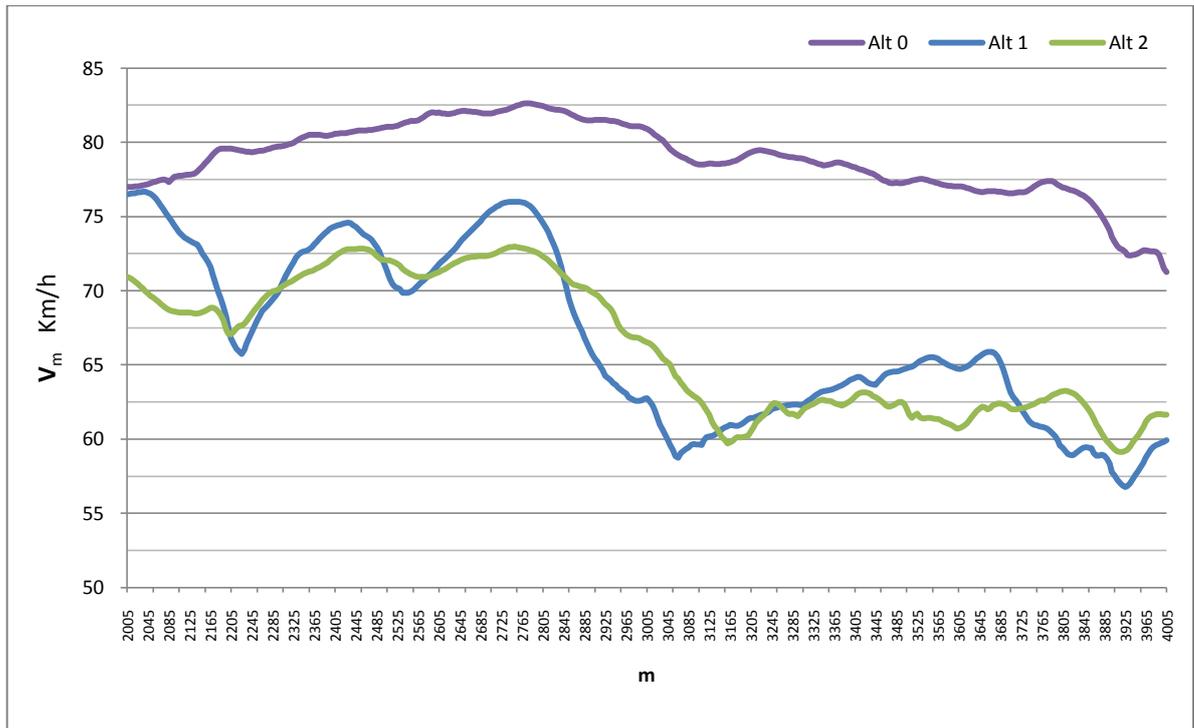


Figura 158 Diagramma della velocità media in direzione Sud

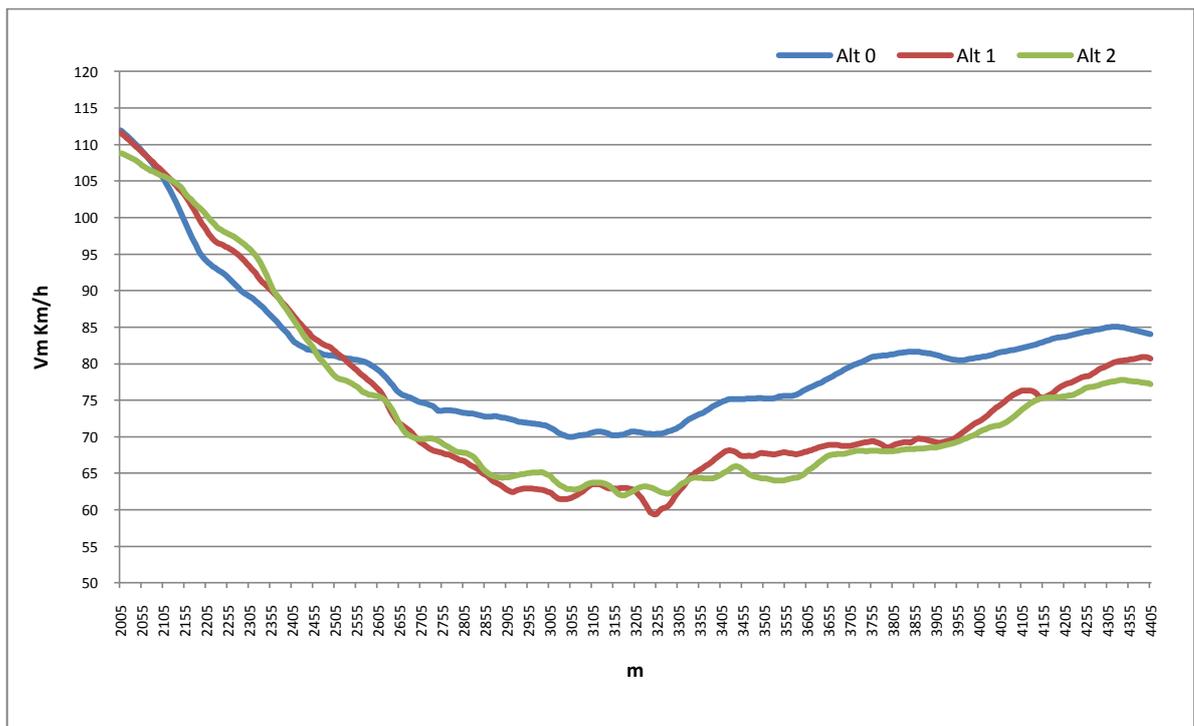


Figura 159 Diagramma della velocità media in direzione Nord

Individuate sei sezioni sono stati diagrammati i valori medi delle velocità medie in ciascuna, al fine di un più agevole confronto tra i dati.

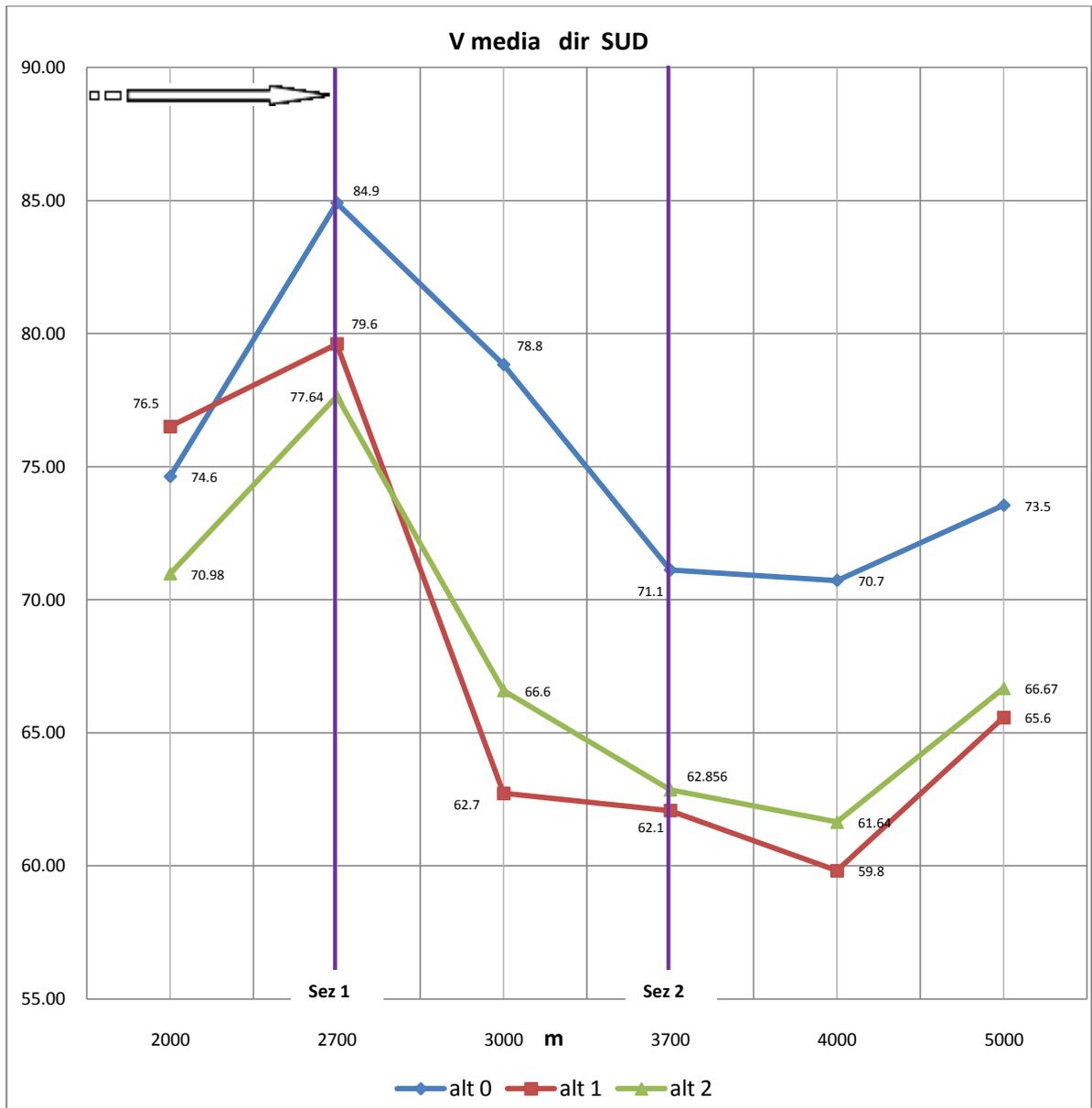


Figura 160 Velocità media direzione Sud

Il tratto di interesse ai fini dell'intervento (sez1 – sez 2) è lungo circa un chilometro, a cavallo della porta d'accesso.

L'andamento della  $v_m$  è decrescente in tutti e tre gli scenari, anche in assenza di intervento (Alt0), fatta eccezione per la prima sezione i valori misurati in ciascuna sezione sono però inferiori in presenza degli interventi. Già in questa fase è possibile affermare che entrambi gli scenari gli interventi realizzati inducono una positiva modificazione del comportamento del guidatore in termini di velocità attuate.

Analogamente per la direzione nord sono stati tracciati i diagrammi delle  $v_m$ , i quali mostrano che anche in questo caso gli interventi sortiscono un effetto positivo nel ridurre la velocità attuata dagli utenti. Si nota, inoltre, che gli effetti delle due alternative progettuali è molto simile.

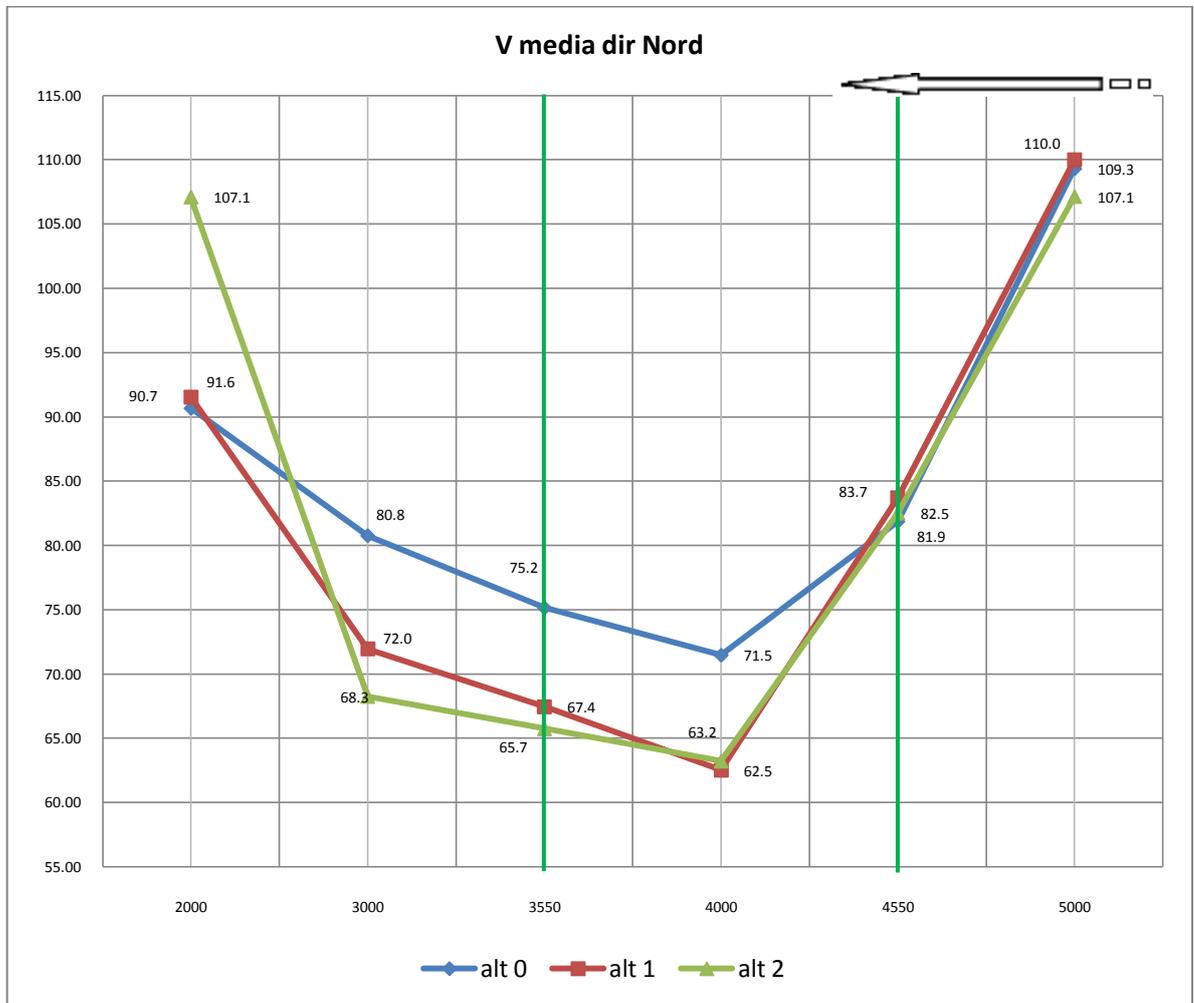


Figura 161 Velocità media direzione Nord

Per stabilire se tali effetti nella riduzione delle velocità attuate sono significativi bisognerà effettuare i previsti test statistici.

In Figura 162 è rappresentato un dettaglio del diagramma delle velocità relativo alla porta Nord al fine di comprendere le sezioni coinvolte nelle elaborazioni.

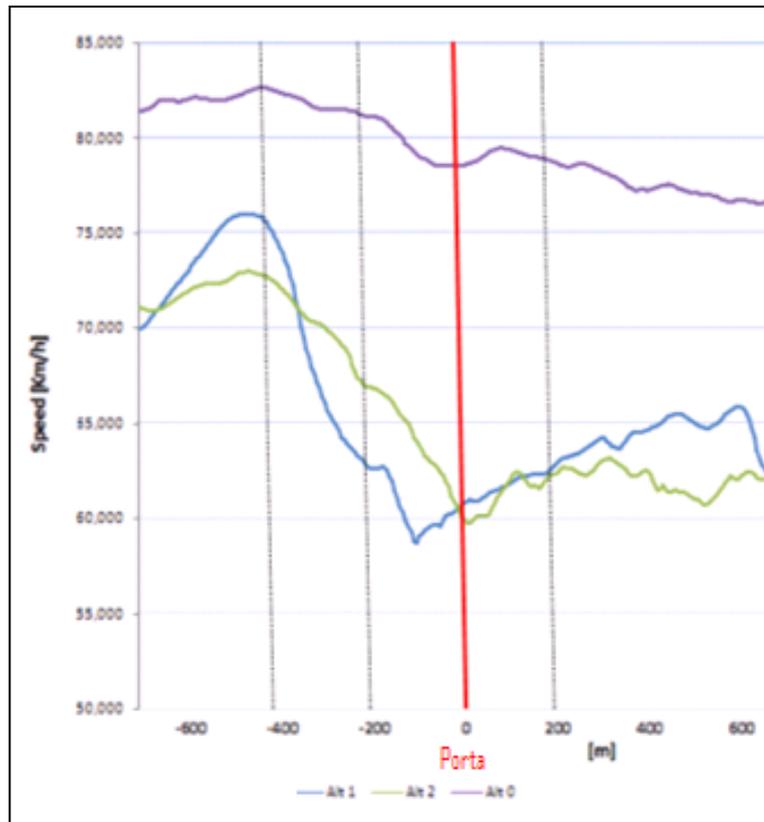


Figura 162 Andamento della velocità media in direzione Sud – sezioni di interesse

Nello sviluppare le elaborazioni sono state considerate sia le variazioni di velocità media che di  $V_{85}$ , tra la “sezione indisturbata” e la “sezione porta” in tutti gli scenari progettuali.

	SEZIONI di RILIEVO	$V_{media}$ Km/h	$\Delta V_{media}$	$V_{85}$ Km/h	$\Delta V_{85}$	$\Delta V_{85}$
<b>Alt 0</b>	Sez 1	82,48		111,54		
	Sez 2	80,98	-1,5	108,4	-3,14	
	Sez 3	78,37	-2,61	98,99	-9,41	-12,55
<b>Alt 1</b>	Sez 1	74,83		98,52		
	Sez 2	62,72	-12,11	87,9	-10,62	
	Sez 3	64,03	1,31	91,17	3,27	-7,35
<b>Alt 2</b>	Sez 1	72,44		98,03		
	Sez 2	66,6	-5,84	81,89	-16,14	
	Sez 3	62,69	-3,91	78,3	-3,59	-19,73

Figura 163 Variazione delle velocità nelle sezioni d'interesse

Le sezioni considerate ai fini delle elaborazioni sono state scelte seguendo le raccomandazioni contenute nelle *Guidelines on traffic calming for towns and villages on national routes* delle NRA e sono:

- sezione 1 posta a circa 400 m prima del gateway, inizio della zona di transizione;
- sezione 2 posta a circa 200 m prima del gateway;
- sezione 3 posta a circa 200 m dopo il gateway.

Avendo utilizzato i criteri suggeriti dall'NRA nell'individuazione delle sezioni si è ritenuto opportuno confrontare i dati della sperimentazione con quelli utilizzati dall'NRA nella stesura delle suddette linee guida.

Nel caso in esame, all'inizio della zona di transizione in assenza di intervento si hanno velocità operative comprese tra 100 e 110 km/h analogamente a quanto rilevato sui siti della rete irlandese, dove dette velocità si attestavano tra 90 e 100 km/h.

Dall'inizio della zona di transizione alla sezione 2 si è registrata una riduzione dell'85° percentile della velocità di 1,5 km/h nei siti di riferimento, tale valore è compreso tra 2-3 km/h nei casi di letteratura.

In presenza di intervento non strutturale la riduzione della  $V_{85}$  è superiore a 12 km/h nel caso di letteratura tale valore è di 10 km/h per il sito di studio, in presenza di intervento strutturale tale valore sale a 16 km/h mentre nei casi di riferimento è di circa 14 km/h.

## 6 Valutazione dell'efficacia degli interventi di Traffic Calming

La valutazione dell'efficacia degli interventi è stata effettuata confrontando le distribuzioni di velocità rilevate in corrispondenza delle porte di accesso (comportamento dei guidatori modificato dall'intervento) con quelle relative a sezioni sufficientemente lontane dagli interventi (comportamento dei guidatori non condizionato dall'intervento).

La significatività delle differenze tra le distribuzioni è stata indagata mediante i test parametrici di *Student* e di *Fisher* ed il test non parametrico di *Kolmogorov-Smirnov*.

Si definisce test parametrico un test statistico che si può applicare in presenza di una distribuzione normale dei dati, o comunque nell'ambito della statistica parametrica. Ciò avviene effettuando un controllo delle ipotesi sul valore di un parametro, quale la media, la proporzione, la deviazione standard, l'uguaglianza tra due medie. Al contrario un test non parametrico non presuppone nessun tipo di distribuzione. Pur essendo applicabili solo in presenza di distribuzioni di tipo normale, i test parametrici risultano più attendibili rispetto a quelli non parametrici in quanto associati ad una maggiore probabilità di riuscire a rifiutare un'ipotesi statistica errata. Infatti, una volta formulata l'ipotesi il passo successivo è quello di verificarla e uno dei metodi per decidere se rifiutare l'ipotesi (nulla) si basa sul concetto di valore - p.

Il valore-p rappresenta, dunque, la possibilità di rifiutare l'ipotesi nulla quando in realtà questa è vera e più questo valore è piccolo più si sceglie di rifiutare l'ipotesi fornendo il livello di significatività critico del test (probabilità massima tollerata di rifiuto), scendendo al di sotto del quale la decisione cambia da rifiuto ad accettazione.

Di seguito è riportato un breve cenno ai test parametrici di *Student* e di *Fisher*, e al test non parametrico di *Kolmogorov-Smirnov*.

## 6.1 Test di Student

Il test di Student viene impiegato per verificare delle affermazioni fatte sul valore medio assunto da una variabile nell'intera popolazione di riferimento dello studio.

Le ipotesi alla base del test sono:

- distribuzione normale dei dati;
- osservazioni raccolte in modo indipendente.

Una volta formulata una congettura nei confronti del vero valore assunto dalla media aritmetica della variabile aleatoria, per verificare la validità si potrà ricorrere ad un sistema di ipotesi del tipo:

$$\begin{cases} H_0 \\ H_1 \end{cases}$$

Con  $H_0$  ipotesi nulla e  $H_1$  ipotesi alternativa.

La scelta delle ipotesi dipende dallo scopo del test, in particolare per verificare l'efficacia di un trattamento di traffic calming si può fare l'ipotesi nulla di uguaglianza delle medie:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

implementando di fatto un test a due code o bidirezionale.

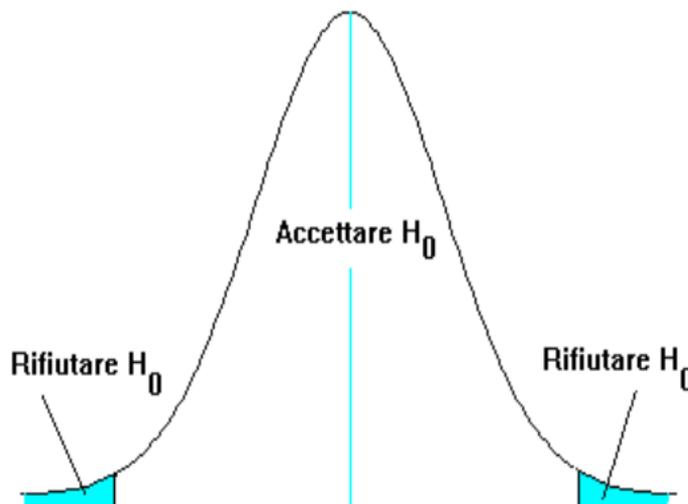


Figura 164 Test di Student a due code

L'ipotesi  $H_0$  esprime che le medie delle due popolazioni coincidono il che equivale ad affermare che i campioni 1 e 2 appartengono alla stessa popolazione. Accettare l'ipotesi  $H_0$  equivale nel nostro caso ad un trattamento di Traffic Calming non efficace a un prefissato livello di significatività. Le medie delle due popolazioni sono diverse, per cui i campioni appartengono a popolazioni differenti, accettare l'ipotesi  $H_1$  equivale ad affermare che il trattamento di Traffic Calming è efficace a quel livello di significatività

Una diversa formulazione dell'ipotesi alternativa porta all'implementazione di un test di ipotesi differente, in particolare se le ipotesi sono:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

il test si dice a una coda o unilaterale destro.

Analogamente se  $\mu_1 < \mu_2$  il test è unilaterale sinistro.

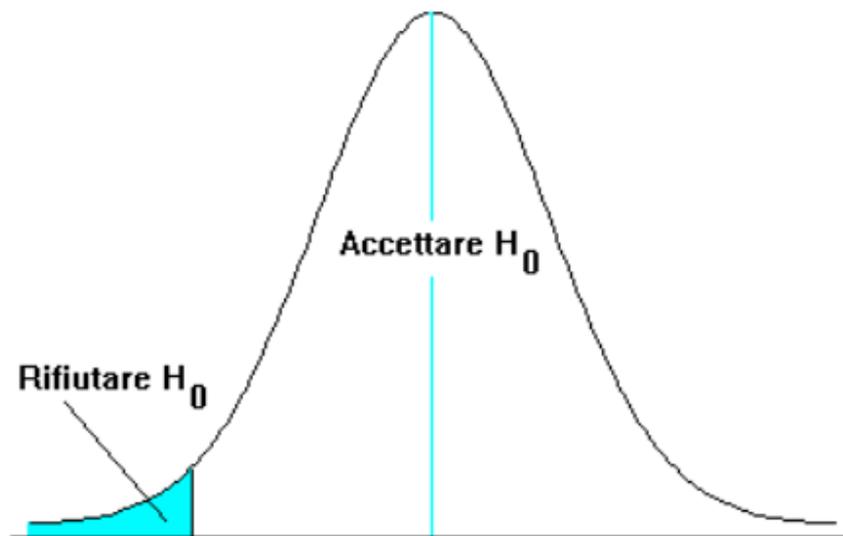


Figura 165 Test di Student a una coda (unilaterale sinistro)

Determinando se la velocità media di un campione è significativamente differente da quella di un altro (ad esempio tra la fase “before” e “after” di uno studio o tra due sezioni di un tronco) mediante l'uso del Test di Student a due code o bilaterale è possibile esprimersi in merito all'efficacia dell'intervento realizzato.

Il sistema delle ipotesi risulta il seguente:

$$\begin{cases} H_0 = \mu_1 = \mu_2 \\ H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \end{cases}$$

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n_1 S_1 + n_2 S_2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$\begin{cases} \bar{X}_1 = \text{velocità\_media\_campione\_1} \\ \bar{X}_2 = \text{velocità\_media\_campione\_2} \\ n_1 = \text{numerosità\_campione\_1} \\ n_2 = \text{numerosità\_campione\_2} \\ S_1 = \text{deviazione\_standard\_campione\_1} \\ S_2 = \text{deviazione\_standard\_campione\_2} \end{cases}$$

### 6.1.1 Applicazione del Test di Student

Al fine di valutare efficacia degli interventi realizzati, per entrambi i siti, è stato implementato il test di Student a due code, per stabilire se la velocità media di un campione è significativamente differente da quella di un altro.

#### Sito A

Nel caso oggetto di studio la variabile considerata è la velocità media misurata su strada in due sezioni particolari: una sezione molto lontana dalla porta, rappresentativa della condizione indisturbata e una sezione sulla porta. Queste sezioni per la Porta Nord sono la 1 e la 7 rispettivamente, per la Porta Sud la 10 e la 15. Le elaborazioni sono state condotte per entrambe le porte, di seguito per sinteticità si riportano nel dettaglio solo quelle relative alla Porta Nord, in tabella 48 la sintesi dei risultati ottenuti.

Test t: due campioni assumendo uguale varianza		
	<i>Variabile 1</i>	<i>Variabile 2</i>
Media	60,04	48,65
Varianza	170,69	115,69
Osservazioni	710	586
Varianza complessiva	145,82	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	1294	
Stat t	16,90	
P(T<=t) una coda	2,48E-58	
t critico una coda	1,65	
P(T<=t) due code	4,96E-58	
t critico due code	1,96	

Test t: due campioni assumendo uguale varianza		
	<i>Variabile 1</i>	<i>Variabile 2</i>
Media	60,04	48,65
Varianza	170,69	115,69
Osservazioni	710	586
Varianza complessiva	145,82	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	1294	
Stat t	16,90	
P(T<=t) una coda	2,48E-58	
t critico una coda	2,33	
P(T<=t) due code	4,96E-58	
t critico due code	2,58	

Figura 166 T- test Porta Nord  $\alpha=0,05$  e  $\alpha=0,01$

PORTA	SEZIONE	TRAFFICO RILEVATO	VELOCITA' MEDIA Km/h	$\Delta V_m$ %	t-Statistic	Efficacia del Trattamento $\alpha=0.05$	Efficacia del Trattamento $\alpha=0.01$
Porta Nord *	Sez. 1	710	60.04			-	-
Porta Nord *	Sez. 7	586	48.65	18.97	16.90	SI	SI
Porta Sud **	Sez. 10	409	57.57			-	-
Porta Sud **	Sez. 15	373	53.94	6.31	6.31	SI	SI

Tabella 48 Risultati T Test sito A

\* in ingresso al centro abitato di Giffoni Sei Casali provenendo da Giffoni Valle Piana

\*\* in ingresso al centro abitato di Giffoni Sei Casali provenendo da Salerno

L'ipotesi nulla  $H_0$  di uguaglianza delle medie delle due popolazioni indipendenti (contro l'ipotesi alternativa  $H_1$ ) esprime l'appartenenza dei campioni 1 e 2 alla medesima popolazione. Accettare l'ipotesi  $H_0$  equivale, nel caso in studio, ad un trattamento di Traffic Calming non efficace ad un prefissato livello di significatività; di contro rigettare l'ipotesi  $H_0$  equivale ad affermare che il trattamento di Traffic Calming è efficace.

I risultati delle elaborazioni consentono di rifiutare l'ipotesi  $H_0$  con livelli di significatività  $\alpha = 0,05$  e  $\alpha = 0,01$ . I risultati evidenziano che la probabilità di osservare un valore maggiore o uguale a quello campionario è molto inferiore sia al 5% che all'1% per entrambe le applicazioni.

L'intervento è pertanto efficace in quanto entrambe le porte di accesso condizionano il comportamento dei guidatori, inducendoli a limitare la velocità in ingresso al centro abitato.

## Sito B

Per il sito B, oggetto di progettazione in ambiente virtuale, sono state considerate tre sezioni di interesse:

- sezione 1 posta a 400 m prima del gateway (inizio della zona di transizione);
- sezione 2 posta a 200 m prima del gateway;
- sezione 3 posta a circa 200 m dopo il gateway.

Il test di Student è stato implementato in ciascuno scenario, i risultati sono riportati di seguito.

T-test tra le sezioni di misura in assenza di intervento (Alternativa 0)										
Sezioni	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub> *	Vm <sub>1</sub>	Vm <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	T	Giudizio		
								α=0.01	α=0.05	α=0.10
Sez1- Sez2	27	27	82.48	80.98	26.09	24.55	0.2135	Non efficace	Non efficace	Non efficace
Sez2- Sez3	27	27	80.98	78.37	24.55	23.96	0.3879	Non efficace	Non efficace	Non efficace
Sez1- Sez3	27	27	82.48	78.37	26.09	23.96	0.5916	Non efficace	Non efficace	Non efficace

Tabella 49 Test di Student tra le sezioni di misura nello scenario nullo (Alternativa 0)

T-test tra le sezioni di misura in presenza di intervento (Alternativa 1)										
Sezioni	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub> *	Vm <sub>1</sub>	Vm <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	T	Giudizio		
								α=0.01	α=0.05	α=0.10
Sez1- Sez2	27	27	74.83	62.72	20.57	20.46	2.1283	Non efficace	efficace	efficace
Sez2- Sez3	27	27	62.72	64.03	20.46	21.01	**	-	-	-
Sez1- Sez3	27	27	74.83	64.03	20.57	21.01	1.8729	Non efficace	Non efficace	efficace

Tabella 50 Test di Student tra le sezioni di misura nello scenario Alternativa 1

T-test tra le sezioni di misura in presenza di intervento (Alternativa 2)										
Sezioni	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub> *	Vm <sub>1</sub>	Vm <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	T	Giudizio		
								α=0.01	α=0.05	α=0.10
Sez1- Sez2	27	27	72.44	66.6	20.13	20.86	1.0272	Non efficace	Non efficace	Non efficace
Sez2- Sez3	27	27	66.6	62.69	20.86	14.71	0.7810	Non efficace	Non efficace	Non efficace
Sez1- Sez3	27	27	72.44	62.69	20.13	14.71	1.9940	Non efficace	Non efficace	Efficace

Tabella 51 Tabella 50 Test di Student tra le sezioni di misura nello scenario Alternativa 2

(\*) numero di passaggi

(\*\*) valori non confrontabili essendoci stato un aumento della velocità

In assenza di intervento (tabella 49) le riduzioni di velocità media tra le sezioni di interesse risultano essere statisticamente non significative ai livelli considerati.

L'intervento previsto dallo scenario Alternativa 1 induce riduzioni della velocità media statisticamente significativi sia tra l'inizio della zona di transizione e quella immediatamente prima della porta che tra le sezioni estreme, ma solo al livello del 10%.

Lo scenario Alternativa 2, invece, produce un riduzione significativa solo tra la sezione 1 e la sezione 3 per  $\alpha=0,10$ .

Il test è stato implementato anche tra la stessa sezione considerata in scenari differenti, i risultati sono riportati nella tabella 52.

Test di Student									
Direzione	SEZ.	N° PASSAGGI	VELOCITA' MEDIA Km/h	$\Delta V_m$ %	t-Statistic	Efficacia del Trattamento			
						$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.10$	
SUD	Alt 0-	Sez. 1	27	81.94					
	Alt 1	Sez. 1	27	75.28	-8.13	1.009	NO	NO	NO
	Alt 0-	Sez. 2	27	76.58					
	Alt 1	Sez. 2	27	63.59	-16.95	2.147	NO	SI	SI
	Alt 0-	Sez. 1	27	81.94					
	Alt 2	Sez. 1	27	72.36	-11.69	1.440	NO	NO	NO
	Alt 0-	Sez. 2	27	76.58					
	Alt 2	Sez. 2	27	62.17	-18.82	2.627	NO	SI	SI
NORD	Alt 0-	Sez. 1'	27	81.88					
	Alt 1	Sez. 2'	27	83.73	2.26		Valori non confrontabili		
	Alt 0-	Sez. 1'	27	75.16					
	Alt 1	Sez. 2'	27	67.44	-7.72	1.300	NO	NO	NO
	Alt 0-	Sez. 1'	27	81.88					
	Alt 2	Sez. 2'	27	82.52	0.79		Valori non confrontabili		
	Alt 0-	Sez. 1'	27	75.16					
	Alt 2	Sez. 2'	27	65.75	-12.52	1.621	NO	NO	NO

Tabella 52 Test di Student tra scenari

In questo caso le sezioni considerate sono la sezione 1 posta 500 m prima della porta e la sezione 2 posta 500 m dopo in direzione sud e analogamente la sez1' e la sez 2' in direzione nord.

## 6.2 Test di Fisher

Il test di Fisher è un test parametrico che consente di confrontare tra loro due varianze. E', quindi, utilizzato per verificare l'ipotesi che due varianze siano tra loro statisticamente diverse ad un dato livello di significatività. Il valore del test F viene calcolato dal rapporto tra due varianze e viene confrontato con il valore corrispondente ai gradi di libertà al numeratore e denominatore. Con questo test possiamo rispondere alla domanda: quale è la probabilità che le varianze calcolate da due campioni provenienti da due popolazioni, siano significativamente diverse?

Le ipotesi alla base del test sono:

$$\begin{cases} H_0 = \sigma_1 = \sigma_2 \\ H_1 = \sigma_1 \neq \sigma_2 \end{cases}$$

L'ipotesi  $H_0$  esprime che la variabilità osservata è dovuta al caso. Accettare l'ipotesi  $H_0$  equivale, nel nostro caso, ad un trattamento di Traffic Calming non efficace a un determinato livello di significatività.

L'ipotesi  $H_1$  esprime che la variabilità osservata non è dovuta al caso, ma probabilmente all'intervento effettuato. Accettare l'ipotesi  $H_0$  equivale, nel nostro caso, ad un trattamento di Traffic Calming efficace a un determinato livello di significatività.

$$\hat{s}_1 = \frac{n_1}{n_1 - 1} * s_1^2$$
$$\hat{s}_2 = \frac{n_2}{n_2 - 1} * s_2^2$$

$$F = \frac{\hat{s}_1^2}{\hat{s}_2^2}$$

$$\begin{cases} \hat{s}_1 = \text{var\_campione\_1} \\ \hat{s}_2 = \text{var\_campione\_2} \\ n_1 = \text{numerosità\_campione\_1} \\ n_2 = \text{numerosità\_campione\_2} \\ s_1 = \text{deviazione\_standard\_campione\_1} \\ s_2 = \text{deviazione\_standard\_campione\_2} \end{cases}$$

### 6.2.1 Applicazione del Test di Fisher

Il test di Fisher mediante un'analisi della variabilità della velocità media, misurata nelle sezioni significative delle porte di accesso, consente di esprimere un giudizio in merito all'efficacia degli interventi proposti.

#### Sito A

La variabile considerata è la varianza della velocità media misurata su strada, in due sezioni particolari: una sezione molto lontana dalla porta, rappresentativa della condizione indisturbata e una sezione sulla porta. Queste sezioni per la Porta Nord sono la 1 e la 7 rispettivamente, per la Porta Sud la 10 e la 15.

I risultati delle elaborazioni sono riassunti nelle tabelle che seguono.

<b>PORTA NORD</b>	<b>Campione 1</b>	<b>Campione 2</b>	<b>PORTA SUD</b>	<b>Campione 1</b>	<b>Campione 2</b>
Media	60.04	48.65	Media	53.94	57.57
Varianza	13.06	10.76	Varianza	11.60	10.78
Osservazioni	710	586	Osservazioni	373	109
gdl	709	585	gdl	372	108
F	1.47		F	1.16	
F critico	1.00		F critico	1.00	

Tabella 53 Risultati del test di Fisher per il sito A

<b>PORTA</b>	<b>SEZIONE</b>	<b>TRAFFICO RILEVATO</b>	<b>Scarto campione</b>	<b>F -Fisher</b>	<b>Efficacia del Trattamento <math>\alpha=0.05</math></b>	<b>Efficacia del Trattamento <math>\alpha=0.01</math></b>
Porta Nord	Sez. 1	710	13.06		-	-
Porta Nord	Sez. 7	586	10.76	1.47	SI	SI
Porta Sud	Sez. 10	409	10.78		-	-
Porta Sud	Sez. 15	373	11.60	1.16	SI	SI

Tabella 54 Efficacia degli interventi secondo il test di Fisher per il sito A

Osservando i risultati emerge che sia al livello di significatività  $\alpha=0,05$  che  $\alpha=0,01$ , il valore di  $F$  calcolato è maggiore del valore critico, pertanto è possibile rigettare l'ipotesi  $H_0$  e ritenere il trattamento di Traffic Calming efficace.

## Sito B

Nel caso del sito B, oggetto di interventi in ambiente virtuale, ai fini del test di Fisher sono state considerate due sezioni: una sezione posta a 1000 m prima della porta (sez1) e una posta 1000 m dopo (sez 2), nonché le sezioni 1' posta a 300 m prima della porta circa e la sez2' a 300 m dopo.

		SEZIONE	N° passaggi	Scarto campione	F -Fisher	Efficacia del Trattamento	
						$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
PORTA SUD	Alt. 1	Sez. 1 (km 2)	27	24.82		-	-
		Sez. 2 (km 4)	27	17.75	1.96	NO	SI
		Sez. 1'(km 2.7)	27	13.06		-	-
		Sez. 2'(km 3.7)	27	20.44	1.05	NO	NO
	Alt. 2	Sez. 1 (km 2)	27	20.00		-	-
		Sez. 2 (km 4)	27	15.68	1.63	NO	NO
		Sez. 1'(km 2.7)	27	20.82		-	-
		Sez. 2'(km 3.7)	27	15.10	1.90	NO	SI
PORTA NORD	Alt. 1	Sez. 1 (km 2)	27	19.95		-	-
		Sez. 2 (km 4)	27	23.17	1.35	NO	SI
		Sez. 1'(km 2.5)	27	37.38		-	-
		Sez. 2'(km 3.5)	27	16.16	5.35	NO	NO
	Alt.2	Sez. 1 (km 2)	27	24.93		-	-
		Sez. 2 (km 4)	27	32.76	1.48	SI	SI
		Sez. 1'(km 2.5)	27	37.38		-	-
		Sez. 2'(km 3.5)	27	16.16	1.86	SI	SI

Tabella 55 Risultati Test di Fisher per il sito B

Per entrambe le porte l'intervento previsto nello scenario alternativa 2 risulta essere efficace al livello di significatività del 5%, non può dirsi altrettanto per quello previsto nello scenario alternativa1.

### 6.3 Test di Kolmogorov-Smirnov

Il test di Kolmogorov-Smirnov viene utilizzato per verificare la forma della distribuzione campionaria, è un'alternativa non parametrica al test di Student e risulta essere più potente e robusto del test sulla mediana e del Chi-quadro.

Dal confronto tra la distribuzione cumulativa teorica e quella campionaria si riesce a stabilire se due campioni indipendenti sono stati estratti dalla stessa popolazione o da popolazioni con la stessa distribuzione.

L'ipotesi nulla ( $H_0$ ) è che i due campioni sono stati estratti da una stessa popolazione. Se i due campioni sono stati estratti dalla stessa popolazione la deviazione tra le due distribuzioni cumulative è trascurabile.

Rigettare l'ipotesi  $H_0$  equivale ad ammettere che la deviazione tra le due distribuzioni è elevata e che quindi i campioni appartengono a due popolazioni con distribuzioni diverse, nel nostro caso che l'intervento di traffic calming non è efficace.

Il test di Kolmogorov-Smirnov a due code si basa sulla massima deviazione  $D$ .

$$D = \max |S_{N1} - S_{N2}|$$

Con:

- $S_{N1}(x)$  la distribuzione cumulativa del primo campione di velocità,  $S_{N1}(x) = K/N_1$  con  $K$  numero di veicoli a velocità minore o uguale a  $x$  Km/h e  $N_1$  il numero totale del campione;
- $S_{N2}(x)$  la distribuzione cumulativa del secondo campione di velocità.

Per campioni numerosi ( $N > 40$ ) la tabella di Kolmogorov-Smirnov mostra che il valore di  $D$  deve essere maggiore o uguale di  $D^*$  con

$$D^* = 1.36 \times \sqrt{\frac{N_1 + N_2}{N_1 N_2}}$$

per rigettare l'ipotesi nulla al livello di significatività 5%, e affermare che i campioni non appartengono alla stessa popolazione.

Per un livello di significatività dell' 1% invece si rigetta l'ipotesi nulla se  $D > D^*$  che in questo caso è

$$D^* = 1.63 \times \sqrt{\frac{N_1 + N_2}{N_1 N_2}}$$

Nel caso di studio il Test di Kolmogorov-Smirnov è stato utilizzato sia per verificare che la distribuzione campionaria fosse di tipo normale che per esprimere un giudizio in merito all'efficacia dei trattamenti realizzati.

### 6.3.1 Applicazione del Test di Kolmogorov-Smirnov

Al fine di stabilire l'efficacia dei trattamenti realizzati il test di Kolmogorov-Smirnov è stato applicato per ricavare la distribuzione cumulativa campionaria in due sezioni: la *sezione indisturbata* e la *sezione porta*. Ottenute le distribuzioni cumulative dei campioni sono state confrontate tra loro al fine di stabilire se i due campioni sono stati estratti dalla stessa popolazione.

#### Sito A

Le sezioni considerate ai fini del test sono la 1 e la 7 per la Porta Nord e la 10 e la 15 per la Porta Sud.

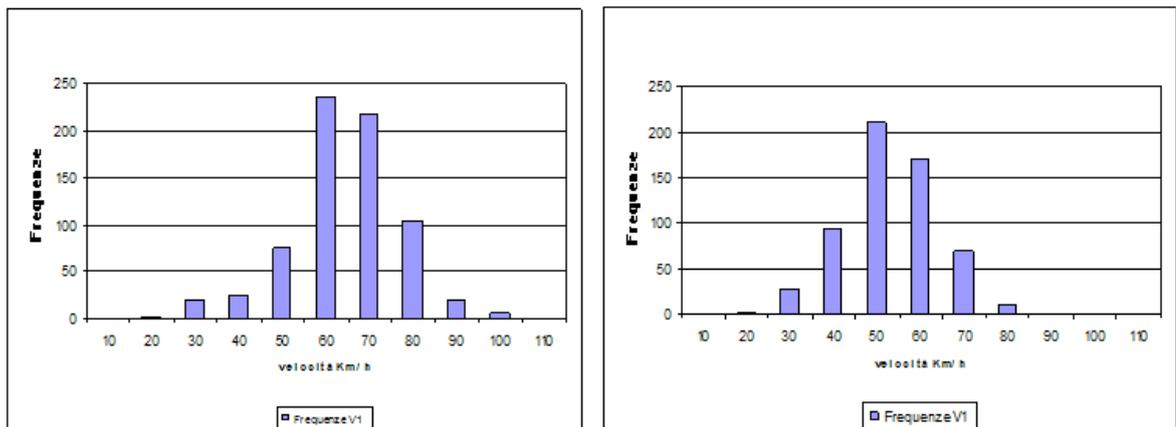


Figura 167 Porta Nord - Frequenze di  $V_m$  sez1 (sx) sez 7 (dx)

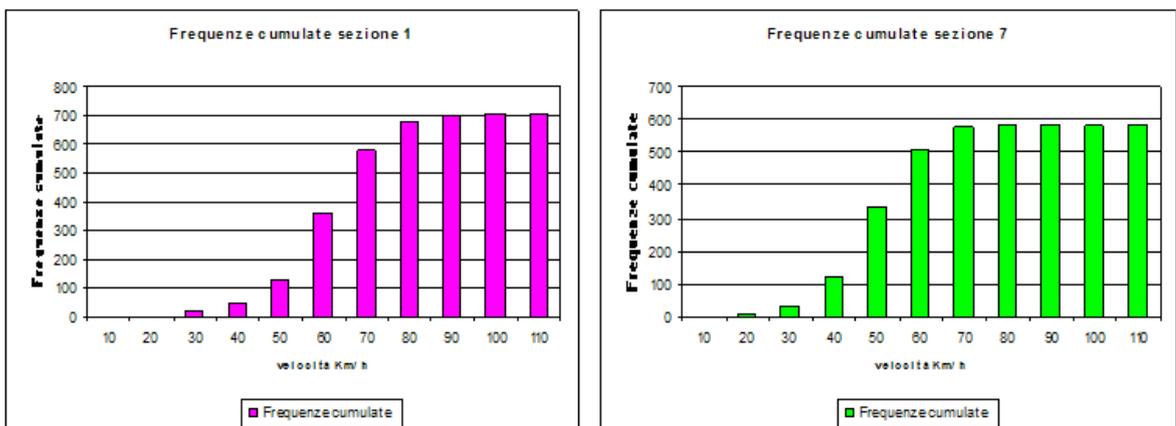


Figura 168 Porta Nord - Frequenze cumulate di  $V_m$  sez1 (sx) sez 7 (dx)

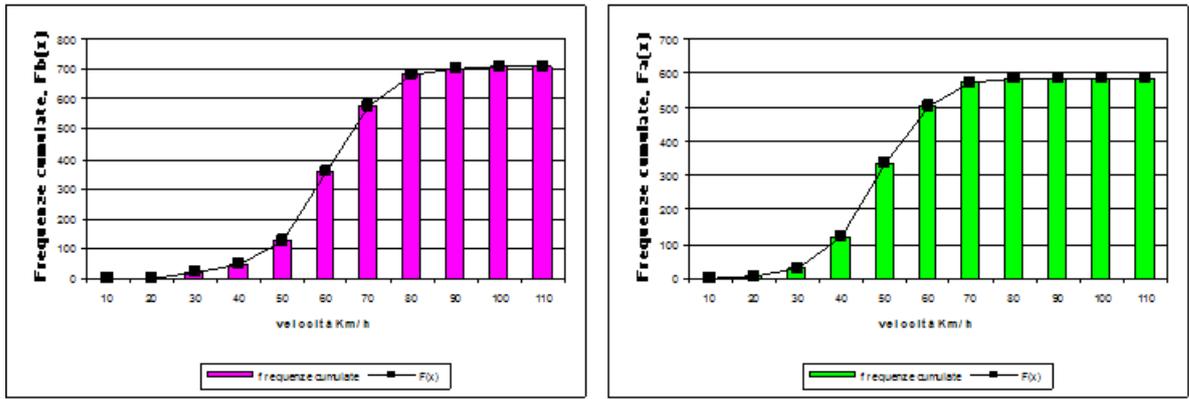


Figura 169 Porta Nord - F(x)

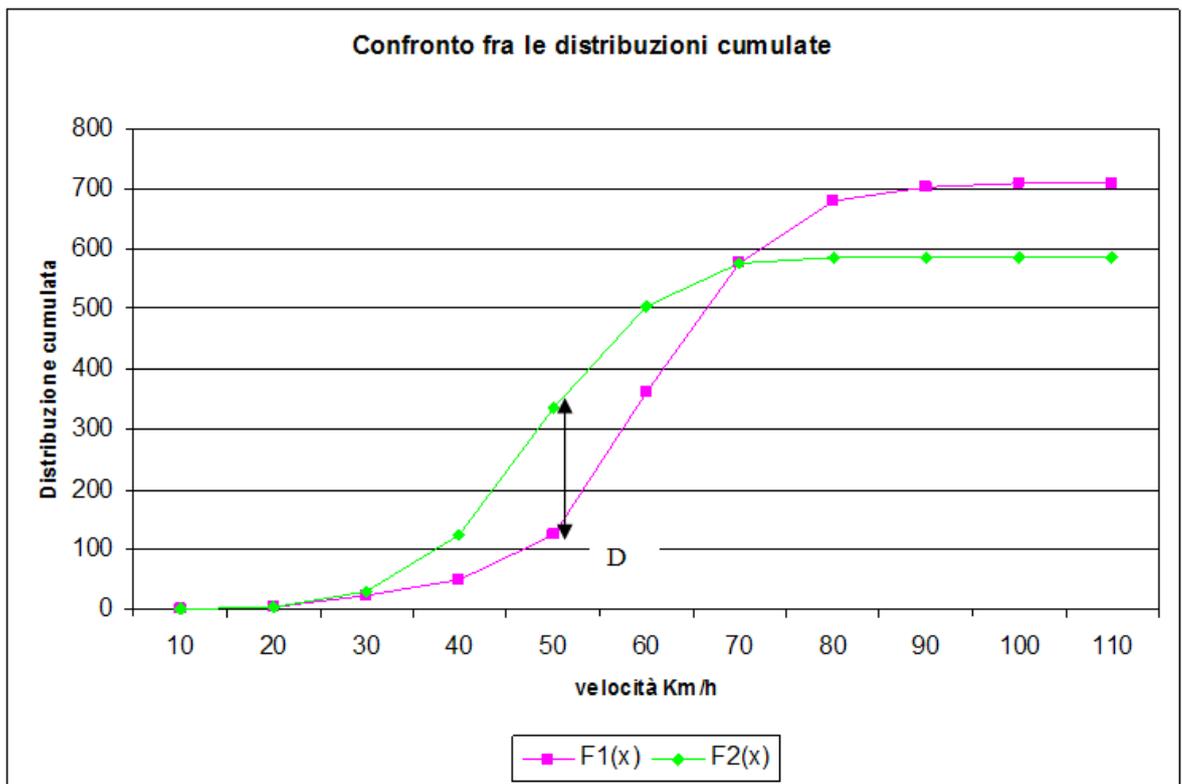


Figura 170 Porta Nord - Confronto fra le distribuzioni cumulate nelle due sezioni

La massima differenza in valore assoluto tra le due distribuzioni si ha in corrispondenza del range 40-50 Km/h.

F1(x)	N1	F2(x)	N2	D1	D2	D=D1-D2	$D^*_{\alpha=0.05}$ $1,36^*(N1+N2/N1N2)^{0,5}$	$D^*_{\alpha=0.01}$ $1,63^*(N1+N2/N1N2)^{0,5}$
335	710	124	586	0.472	0.212	0.260	0.076	0.091

Tabella 56 Risultati del test

$D > D^*_{\alpha=0.05}$ : Rigetto  $H_0$ ; l'intervento è efficace al livello di significatività  $\alpha = 5\%$ .

$D > D^*_{\alpha=0.01}$ : Rigetto  $H_0$ ; l'intervento è efficace al livello di significatività  $\alpha = 1\%$ .

Per la Porta Sud sono state indagate la sezione 10, rappresentativa della condizione “indisturbata” e la sezione 15 in corrispondenza dell’uscita dalla porta.

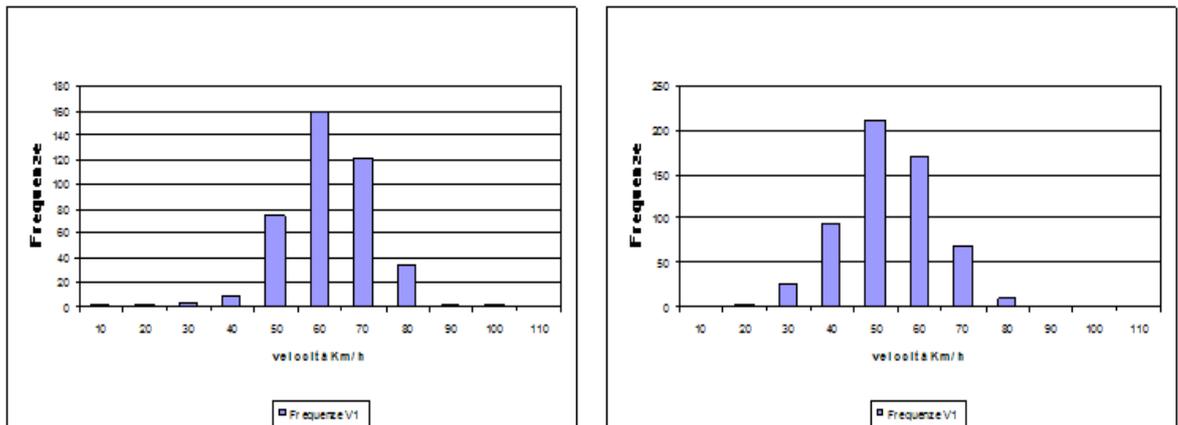


Figura 171 Porta Sud - Frequenze di Vm sez10 (sx) sez 15 (dx)

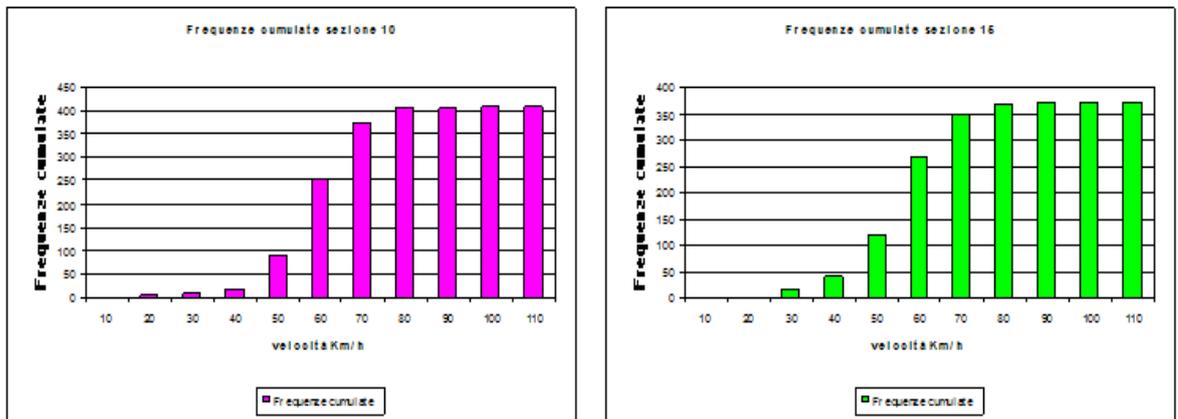


Figura 172 Porta Sud - Frequenze cumulate di Vm sez10 (sx) sez 15 (dx)

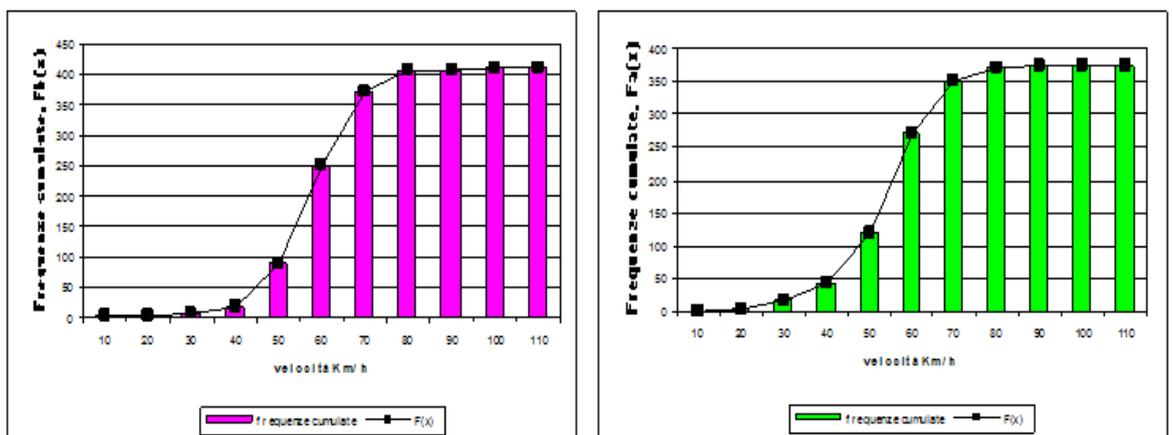


Figura 173 Porta Sud - F(x)

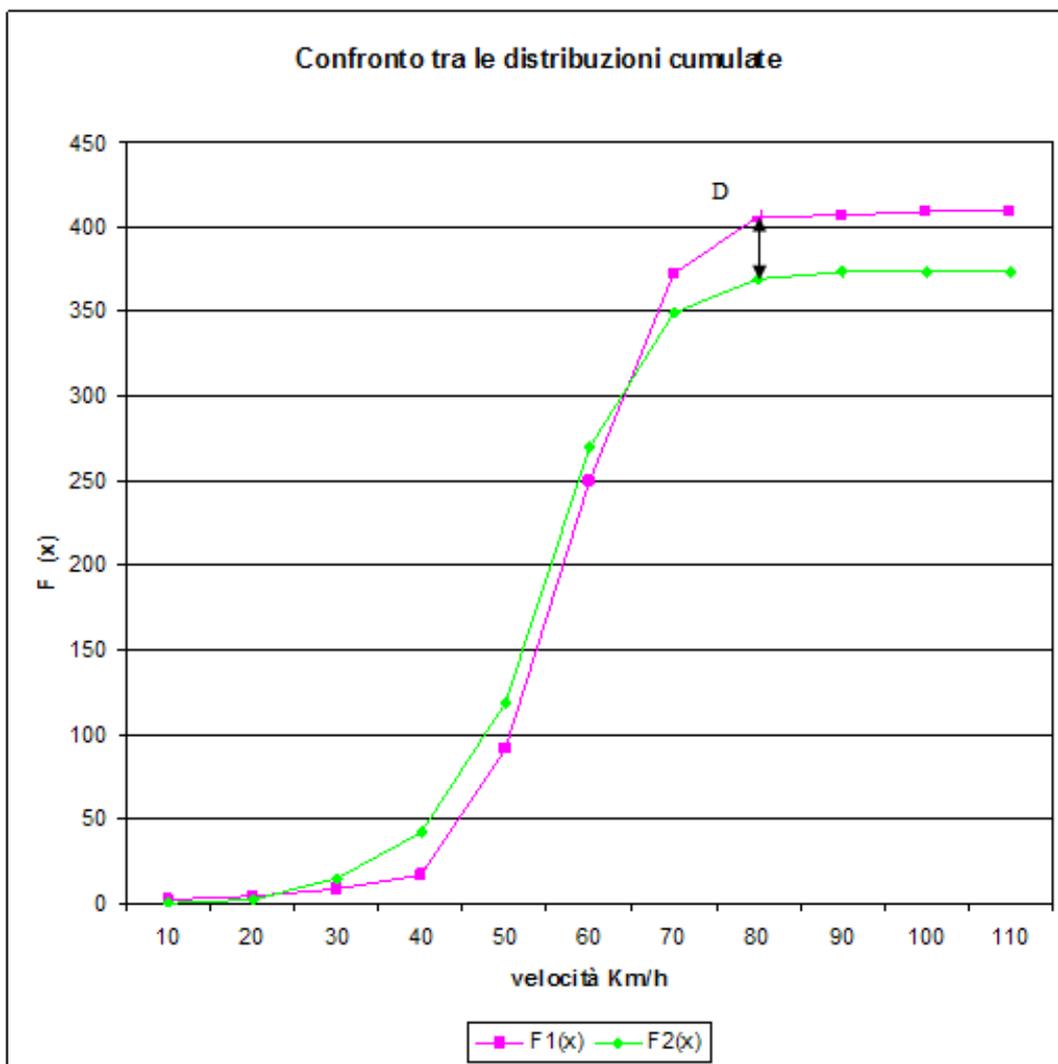


Figura 174 Porta Sud - Confronto fra le distribuzioni cumulate nelle due sezioni

La massima differenza in valore assoluto tra le due distribuzioni si ha in corrispondenza del range 70-80 Km/h.

F1(x)	N1	F2(x)	N2	D1	D2	D=D1-D2	$D^*_{\alpha=0.05}$ $1,36*(N1+N2/N1N2)^{0,5}$	$D^*_{\alpha=0.01}$ $1,63*(N1+N2/N1N2)^{0,5}$
406	409	369	373	0.993	0.989	0.003	0.097	0.117

Tabella 57 Risultati del test

$D < D^*_{\alpha=0.05}$ : Non è possibile rigettare  $H_0$ ; probabilmente l'intervento non è efficace al livello di significatività  $\alpha = 5\%$ .

$D < D^*_{\alpha=0.01}$ : Non è possibile rigettare  $H_0$ ; probabilmente l'intervento non è efficace al livello di significatività  $\alpha = 1\%$ .

Il Test di Kolmogorov-Smirnov è stato utilizzato anche per verificare che la distribuzione campionaria fosse di tipo normale. In ciascuna sezione è risultato che il campione avesse distribuzione di tipo normale, di seguito si riportano per brevità solo alcuni dei risultati ottenuti.

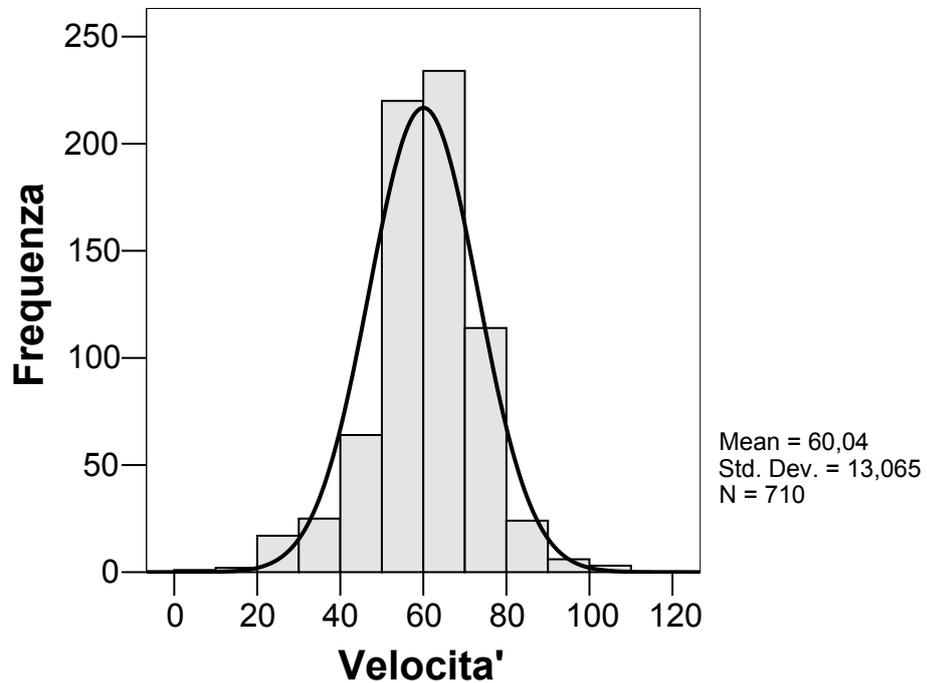


Figura 175 Porta Nord - Distribuzione campionaria sezione indisturbata

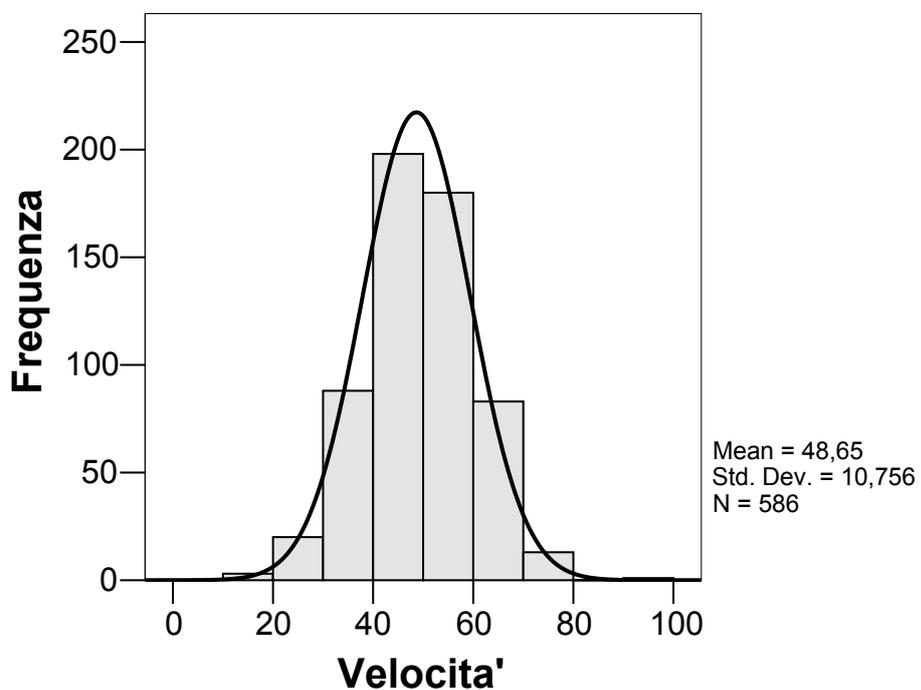


Figura 176 Porta Nord - Distribuzione campionaria sezione porta

## **6.4 Analisi dei risultati**

Nei tratti interni delle provinciali e delle statali si verificano il 10,9% degli incidenti ed il 14,3% dei morti totali, con un indice di mortalità (incidenti mortali/incidenti totali) triplo rispetto a quelle delle strade comunali urbane. La maggior parte dei fattori di rischio nelle provinciali e nelle statali urbane sono legati a velocità operative incongruenti con il tipo di utenza e con le caratteristiche della geometria d'asse, della segnaletica orizzontale e verticale e della sovrastruttura stradale. I limiti di velocità, se non congruenti con la percezione dell'ambiente stradale da parte dell'utente, si sono dimostrati insufficienti. Risulta più appropriato creare una logica connessione tra la configurazione della strada e la velocità consentita, in modo tale che l'utente sia indotto a mantenere una determinata velocità dalla percezione dell'ambiente stradale. Il dispositivo porte di accesso integrate da misure complementari è risultato efficace nel raggiungimento di tale obiettivo, analogamente a quanto rinvenuto in letteratura.

I risultati dei test statistici hanno messo in evidenza che le porte di accesso inducono rallentamenti significativi dei veicoli nel passaggio dall'ambito extraurbano all'ambito urbano. Si è notato, inoltre, che le entità delle riduzioni delle velocità riscontrate, a parità di tipologia dell'intervento, non sono coincidenti. Da una più attenta analisi è scaturito che l'efficacia degli interventi di moderazione del traffico è in realtà maggiore quanto maggiori sono le velocità incondizionate. Infine, oltre al condizionamento indotto dagli interventi, si è rilevata nel caso di studio un'influenza non trascurabile anche dell'andamento plano-altimetrico del nastro stradale.

## **7 Conclusioni**

Molti centri abitati italiani si sviluppano lungo strade extraurbane percorse da utenti psicologicamente atteggiati in maniera contrastante con il contesto in cui si trovano a operare.

Di qui la necessità di studiare tali comportamenti al fine di evidenziare ai conducenti il passaggio dagli ambiti puramente extraurbani a quelli urbani e sottolineare l'obbligo di una modifica dello stesso.

Tema della ricerca è stato ,pertanto, uno studio condotto mediante protocolli d' analisi sperimentale, teso ad appurare come talune misure di traffic calming, quali le porte d'accesso realizzate come graduale transizione tra l'area extraurbana e il tessuto urbano, operino sulla percezione dell' ambiente stradale.

Pur presentando specifici fattori di rischio, come dimostrato dall'analisi dell'incidentalità condotta durante l'attività di ricerca, i tratti interni ai centri abitati delle strade extraurbane non sono stati oggetto, sinora, di studi specifici. Queste strade, in antitesi con i principi basilari della sicurezza sostenibile, sono caratterizzate da forti disomogeneità nei riguardi del tipo di movimento servito, dell'entità dello spostamento e delle componenti di traffico. Nella maggior parte dei casi la transizione dalla viabilità extraurbana a quella urbana è individuato unicamente da segnaletica verticale (limite di velocità, ecc.).

La segnaletica verticale ed i limiti di velocità si dimostrano insufficiente allo scopo, specialmente se questi non sono congruenti con la percezione dell'ambiente da parte dell'utente, mentre risultano assai più appropriati adeguamenti complessi della configurazione della strada alle differenti velocità consentite.

Una soluzione efficace è rappresentata dalle “porte di accesso”, che utilizzando la combinazione di più dispositivi di moderazione del traffico, come isole spartitraffico, restringimenti della carreggiata con allargamento dei margini, cambio di materiali e/o di colore della pavimentazione, segnaletica orizzontale, segnaletica verticale, piantumazione, illuminazione ed altri arredi urbani, generano nell'utente la corretta percezione dell'ambiente stradale.

Al fine di conseguire gli obiettivi preposti, nel presente lavoro di tesi è stata sviluppata una metodologia per la valutazione dell'efficacia delle "porte di accesso" e sono stati definiti alcuni principi di progettazione di base.

La metodologia presuppone una analisi delle caratteristiche dell'incidentalità per la scelta e la progettazione degli interventi ed un confronto tra le velocità operative attuate prima e dopo la realizzazione degli stessi.

Lo studio ha analizzato l'incidentalità nei tratti urbani delle strade provinciali e statali. I dati esaminati, relativi al quinquennio 2000-2004, sono i microdati ISTAT dell'intero territorio nazionale che riportano, per ciascun incidente, tutte le informazioni contenute nel rapporto statistico di incidente stradale ISTAT CTT.INC: data, localizzazione, luogo, natura, circostanze accertate o presunte, tipo di veicoli coinvolti, conseguenze alle persone e conseguenze ai veicoli. Le caratteristiche dell'incidentalità nei tratti interni delle provinciali e delle statali sono state confrontate da un lato con quelle delle comunali urbane e dall'altro con quelle dei tratti extraurbani delle stesse provinciali e statali. La significatività statistica delle differenze tra le caratteristiche indagate è stata verificata applicando il test delle ipotesi  $\chi^2$  con la correzione di Yates.

Dalle elaborazioni è emerso che, complessivamente, le i tronchi delle strade extraurbane all'interno dei centri abitati hanno caratteristiche dell'incidentalità intermedie tra quelle delle strade urbane e quelle delle strade extraurbane. Ciò comporta da un lato una elevata severità degli incidenti e dall'altro una elevata frequenza degli incidenti che coinvolgono le utenze deboli. I risultati dell'analisi evidenziano l'esistenza di numerosi fattori di rischio nelle strade indagate, che riguardano la frequenza e la gravità degli incidenti, ed in particolare la gravità degli investimenti di pedoni, gli incidenti a veicolo isolato in genere, gli incidenti in curva, i morti nelle ore notturne, gli incidenti su strada bagnata e gli incidenti in cui sono coinvolti veicoli pesanti

La maggior parte dei fattori di rischio sono legati a velocità operative incongruenti con le caratteristiche della geometria d'asse, della segnaletica orizzontale e verticale e della sovrastruttura stradale. I risultati dello studio hanno evidenziato, pertanto, che una adeguata progettazione delle componenti dello spazio stradale nei tronchi di transizione consente di mitigare significativamente i fattori di rischio.

A valle dell'incidentalità è stata proposta un'analisi di tipo before/after delle velocità rilevate nei siti di studio.

Le analisi, fondate su misure di velocità su strada e mediante simulatore di guida dinamico, hanno consentito di quantificare l'incidenza della presenza di porte di accesso sul comportamento dei guidatori.

Lo studio è stato condotto esaminando prototipi di "porte d'accesso", realizzati lungo tronchi di strade provinciali che attraversano piccoli centri abitati.

I risultati dei test hanno messo in evidenza che le porte di accesso inducono rallentamenti significativi dei veicoli nel passaggio dall'ambito extraurbano all'ambito urbano. L'entità delle riduzioni delle velocità, inoltre, non è invariante a parità di tipologia dell'intervento ed al variare dei siti di studio. L'efficacia degli interventi è in realtà maggiore quanto più elevate sono le velocità incondizionate.

Gli sviluppi della ricerca dipendono dalla estensione della sperimentazione analizzata ad altre tipologie di interventi, nuovi contesti e differenti tecniche di rilevamento delle velocità (ad esempio veicoli strumentati).

## 8 Bibliografia

- 1) T. Esposito, R. Mauro *La geometria stradale* - Hevelius Edizioni febbraio 2003.
- 2) Goran Senica, Dijana Milosevic, *Road Design Consistency Analysis for Roads on Serbian Road Network*, Transport Research Arena Europe 2006.
- 3) *Traffic Calming on Major Roads* DFT, Department for Transport, 2005. UK.
- 4) U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration - *The effects of Traffic Calming Measures on Pedestrian and Motorist Behavior*.
- 5) Dijkstra A., Drolenga H., van Maarseveen M., 2007. *A Method for Assessing the Safety of Routes in a Road Network*. Transportation Research Record: The Journal of Transportation Research Board, No. 2019, pp. 50-60.
- 6) Sergio F. Antonelli, Nelson G. Cotella, Ariel H. Manelli *Humps and bumps: correlation among their geometric profile, surpass speed and dynamic effects on the vehicle and their occupants*, 3rd International Symposium on Highway geometric design june-july 2005.
- 7) Yonnel Gardes, *Evaluating Traffic Calming and Capacity Improvements on the SR 20 Corridor Using Microscopic Simulation*, 2006 TRB Annual Meeting.
- 8) *Osservatorio per gli incidenti stradali:dai dati alle azioni - Strumenti per la politica della sicurezza*, Prof. L. Domenichini ottobre 2006.
- 9) Sascia Canale, Salvatore Leonardi *Riqualificazione funzionale delle infrastrutture viarie urbane: verifica sperimentale dell'efficacia di interventi di traffic calming;*
- 10) *Statistica degli incidenti stradali*, Istituto Nazionale di Statistica Automobile Club d' Italia Anni 2000-2004.
- 11) *Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes*, National Roads Authority, 2007.
- 12) Hallmark S.L., Peterson E., Fitzsimmons E., Hawkins N., Resler J., Welch T., (2007) - *Evaluation of Gateway and Low-Cost Traffic-Calming Treatments for Major Routes in Small Rural Communities*. CTRE Project 06-185, IHRB Project

TR-523. Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, US.

- 13) Wegman F., Aarts L., 2006 - *Advancing Sustainable Safety: National Road Safety Outlook for 2005-2020*; SWOV, Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands.
- 14) A. Kamyab, S. Andrie, D. Kroeger and D. S. Heyer, *Methods to reduce traffic speed in high-pedestrian rural areas*.
- 15) *Traffic Calming Measures* - FHWA [www.fhwa.dot.gov](http://www.fhwa.dot.gov).
- 16) *Piano Regionale della Sicurezza Stradale*, Regione Piemonte 2006.
- 17) *Traffic Calming Techniques*, Experience and practical advice with over 70 case studies, The Institution of Highways & Transportation.
- 18) J. Daniel, S. Chien, R. Liu, N. Aboobaker, *Visual Preference Survey of Traffic Calming Measures*, 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- 19) Haglund, M., & Åberg, L. (2002). *Stability in driver's speed choice*. Transportation Research.
- 20) Bureau of Traffic Management, City of Portland. *Traffic Manual*. Oregon (USA);
- 21) *Rural minor road traffic calming demonstration project* Sustrans and PRF Consultancy for Scottish Executive (2004).
- 22) J Nee & M. Hallenbeck - *A Motorist and pedestrian behavioral analysis relating to pedestrian safety improvements*.
- 23) *Effects of raising and lowering speed Limits on selected roadway section*, FHA January 1997.
- 24) Nilsson R. -*Safety margins in the driver*- Acta Universitatis Upsalensis, Uppsala 2001.
- 25) *Piano per la moderazione del traffico delle strade provinciali*, Provincia di Reggio Emilia.

- 26) Esposito T., Mauro R (2003). *Fondamenti di Infrastrutture Viarie - La progettazione funzionale delle strade*. Hevelius Edizioni (ITALY).
- 27) Esposito T., Mauro R., (2000). *Un'analisi della pericolosità sulla rete autostradale italiana*. Convegno SIIV - Catania.
- 28) Dell'Acqua G., Abate D., Lamberti R. (2007). *Driver speed behavior on two-lane rural highways in Southern Italy*. TRB 86th Annual Meeting of National Academies.
- 29) M. Kilk & A. Faghri *A comparative Evaluation of Speed Humps and Deviations*.
- 30) Dell'Acqua G, Lamberti R., Abate D. (2007) - *Field Studies On Posted Speed Limits*. International Conference "ROAD SAFETY SIMULATION"2007. 7-8-9 NOVEMBRE 2007.
- 31) Discetti P., Dell'Acqua G. (2008). *Influence of Sight Distance on Driver Speed Behavior for Low-Volume Roads* . TRB 87th Annual Meeting of National Academies.
- 32) Navin F., Tamba Musa P - *Effects of Speed and Driver Adaptive Strategies on Driver Workload Assessment*.- 83rd TRB Annual Meeting - Washington 2004  
Observed Driver Glance Behavior at Roadside Advertising Signs - Dinand Daan Beijer- 83rd TRB Annual Meeting - Washington.
- 33) Bhise, V., Dowd, J. D. and E, Smid. *Driver Behaviour while Operating In-Vehicle Devices*. Proceedings of the 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board. TRB, National Research Council, Washington, D.C. 2003.
- 34) Arup Dutta, Noyce D., Fisher D. - *Use of Driving Simulator to evaluate and Optimize Factors Affecting Understandability of Variable Message signs* -- 83rd TRB Annual Meeting - Washington 2004.
- 35) Richards A., McDonald M., Fisher G., Brackstone M. - *Simulator Study to investigate Driver Comprehension of Traffic Information on Graphical Congestion Display Panels* -- 83rd TRB Annual Meeting - Washington 2004.

- 36) Benedetto A., Benedetto C., De Blasiis M - *Reliability of Standards for Safe Overtaking: Advances Using Real Time Interactive Simulation in virtual reality* – 83rd TRB Annual Meeting - Washington 2004.
- 37) Bassani M., Santagata E. (2006), *Indagine sperimentale sul legame esistente tra velocità di progetto, velocità operativa e limite di velocità nella viabilità extraurbana*, 16° Convegno Nazionale SIIV.
- 38) Center for Transportation Research and Education Iowa University, “Evaluation of Gateway and Low-Cost Traffic-Calming Treatments for Major Routes in Small, Rural Communities”, Final Report, 09/2007.
- 39) Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti (DIT), Università degli Studi di Napoli Federico II, *Valutazione del comportamento dell’utente in presenza di porte d’accesso mediante l’impiego di tecnologie avanzate*, PRIN 2006-2008, Rapporto di Ricerca, 09/2007.
- 40) Dell’Acqua G., Lamberti R., De Guglielmo M.L., Abate D. (2008), *Valutazione del comportamento del conducente in presenza di porte d’accesso: indagine sperimentale*, III Convegno Nazionale Stradale ‘La Sicurezza sulle strade della città’, Lucca 21-22/02/2008.
- 41) Hallmark S., Hawkins N., Fitzsimmons E., Plazak D., Welch T., “*Bringing European small town Traffic Calming to Rural Iowa (USA)*”, AATT 2008 - ID 207.
- 42) Hallmark S., Hawkins N., Fitzsimmons E., Plazak D., Welch T., *Use of Physical Devices for Traffic Calming Along Major Roads Through Small Rural Communities in Iowa*, in 87th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC, USA, Paper N. 08-2564, 01/13-17/2008.
- 43) Kamyab A., Andrie S., Kroeger D., Heyer D.S., *Methods to reduce traffic speed in high-pedestrian rural areas*, in Transportation Research Record N.1828, Paper N. 03-2570, 2003.
- 44) Kevin N. Chang, Matthew Nolan, Nancy L. Nihan, *Developing Design Standards for Speed Cushions* in 86th Transportation Research Board Annual Meeting Proceedings, Washington DC, USA, Paper N. 07-1803, 01/21-25/2007.
- 45) Arnold E.D.Jr., Lantz K.E.Jr., 2007. *Evaluation of Best Practices in Traffic Operations and Safety: Phase I: Flashing LED Stop Sign and Optical Speed Bars*. Report FHWA/VTRC 07-R34, Charlottesville, Virginia, US.

- 46) Busi R., Zavanella L., 2003. *Tecniche per la sicurezza in ambito urbano. Vol. III. Le normative europee per la moderazione del traffico*. Egaf edizioni.
- 47) CROW, 1998. *Recommendations for traffic provisions in built-up areas*. The Netherlands.
- 48) DETR, Department of the Environment, Transport and the Regions, 2005. *Traffic Calming on Major Roads. UK*.
- 49) DFT, Department for Transport, 2000. *Village Traffic Calming - Reducing Accidents*. Traffic Advisory Leaflet 11/00, UK.
- 50) DFT, Department for Transport, 2005. *Traffic Calming on Major Roads. UK*.
- 51) Dijkstra A., Drolenga H., van Maarseveen M., 2007. *A Method for Assessing the Safety of Routes in a Road Network*. Transportation Research Record: The Journal of Transportation Research Board, n.2019, pp. 82-90.
- 52) DTLR, Department for Transport, Local Government and the Regions, 2001. *A Road Safety Good Practice Guide*. London, UK.
- 53) ETSC, European Transport Safety Council, 1995. *Reducing Traffic Injuries Resulting from Excess and Inappropriate Speed*. Brussels, Belgium.
- 54) Ministero LL.PP., Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, 2000. *Indirizzi Generali e Linee Guida di Attuazione del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale*.
- 55) Ministero LL.PP., Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, 2000. *Definizione dei Principali Temi di Ricerca per il Miglioramento della Sicurezza delle Infrastrutture nel Breve, Medio e Lungo Periodo. Scheda 2: Strategie per la Gestione della Velocità in Ambito Urbano*.
- 56) Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, 2001. *D.M. 5 novembre 2001, n.6792, Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade*.
- 57) PIARC, World Road Association, Technical Committee on Road Safety C13, 2003. *Road Safety Manual*.
- 58) Road Directorate, 1999. *Speed Management in Urban Area*. Road Directorate, Ministry of Transport, Report n.168, Copenhagen, Denmark.
- 59) ROSPA, The Royal Society for Prevention of Accidents, 2002. *Road Safety Engineering Manual*. Birmingham, UK.

- 60) Ruyters H., Slop M., Wegman F., 1994. *Safety Effects of Road Design Standards*. Report R-94-7, SWOV, Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands.
- 61) Taylor M., Wheeler A., 1998. *Traffic Calming in Villages on Major Roads*. Proceedings of Seminar Traffic Management and Road Safety, Loughborough, UK.
- 62) Taylor M., Wheeler A., 2000. *Accidents Reductions Resulting from Village Traffic Calming*. Proceedings of Seminar Demand Management and Safety Systems, Cambridge, UK.
- 63) Van Schagen I., 2003. *Traffic Calming Schemes. Opportunities and Implementation Strategies*. Report R-2003-22, SWOV, Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands.
- 64) VISP, Village Speed Control Working Group, 1994. *VISP - A Summary*. Traffic Advisory Leaflet 1/94, UK.
- 65) Wegman F., Aarts L., 2006. *Advancing Sustainable Safety: National Road Safety Outlook for 2005-2020*. SWOV, Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands.
- 66) 2° Workshop Nazionale *Osservatori per gli incidenti stradali: dai dati alle azioni* Arezzo 12-13 ottobre 2006 Prof. ing. Giulio Maternini Ing. Silvia Foini.
- 67) *Traffic Calming Guidelines*, Devon County Council, 1991.
- 68) *Evaluation of Traffic Calming Schemes Constructed on National Roads 1993-1996* F Crowley A MacDermott (NRA).
- 69) L. Curtis NRA (Ireland) August 2008 *Traffic Calming of Towns and Villages on National Roads-“ Evaluation of Schemes Implemented from 1997 to 2002*.
- 70) *Village traffic calming – reducing accidents* - Traffic Advisory Leaflets (TAL 11/00) Department for Transport.
- 71) *VISP (Village Speed Control Work Group)* Traffic Advisory Leaflets (TAL 1/94) Department for Transport.
- 72) *Changes in Accident Frequency Following the Introduction of Traffic Calming in Villages* - TRL Report 452.
- 73) *An assessment of rumble strips and rumble area* - Webster D.C., Layefield, R.E.. Project Report 33. Crowthorne: Transport Research Laboratory (TRL).
- 74) *Traffic Calming on Trunk Road A Practical Guide* TA 87/04 Design Manual For Roads And Bridges.

- 75) Atti del Convegno Nazionale sulla Sicurezza stradale – *Psicologia del Conducente ed incidentalità sulla strada: Analisi dei fattori di rischio* Politecnico di Torino, 11 aprile 2002.
- 76) Annunziata F., Cecere E., Coni M., Maltinti F., Pinna F., Portas S., - *Progettazione Stradale – Manuale pratico di progettazione*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, Anno 2007.
- 77) Psarianos B, *Self explaining roads* – International SIIV Workshop, Napoli 2009.
- 78) Saccomanno F., *Application of System Dynamics in Road Safety Studies* - International SIIV Workshop, Napoli 2009.
- 79) Lamberti e al., *Moderazione del Traffico lungo un tratto di strada extraurbana che attraversa un piccolo centro abitato*, *Strade & Autostrade* 2/2009.

#### Consultazioni in rete

1. [www.dft.gov.uk](http://www.dft.gov.uk)
2. [www.ite.org](http://www.ite.org)
3. [www.trans.ci.portland.or.us](http://www.trans.ci.portland.or.us)
4. [www.portlandonline.com/transportation](http://www.portlandonline.com/transportation)
5. [www.nra.ie](http://www.nra.ie)
6. [www.walkinginfo.org](http://www.walkinginfo.org)
7. [www.regione.piemonte.it/trasporti/prss/lineezone30/index.htm](http://www.regione.piemonte.it/trasporti/prss/lineezone30/index.htm)
8. [www.lesstraffic.com](http://www.lesstraffic.com)
9. [www.trafficlogix.com](http://www.trafficlogix.com)
10. [www.swov.nl](http://www.swov.nl)
11. [www.esro.eu](http://www.esro.eu)