

**ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÁ DI BOLOGNA**

---

**FACOLTÁ DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE**

*DICAM*

**Tesi di laurea**

in

Tecnica e Sicurezza Dei Cantieri Viari M

**STUDIO DEGLI INTERVENTI DI SICUREZZA NELLE  
ZONE DI TRANSIZIONE DELLA SP610  
“SELICE-MONTANARA”**

ELABORATO FINALE DI:

Valentina Di Pietro

RELATORE:

Prof. Ing. Andrea Simone

CORRELATORI:

Dott. Ing. Valeria Vignali  
Dott. Ing. Claudio Lantieri

III Sessione

---

Anno Accademico 2011/2012



**Parole chiave:**

- ✓ Sicurezza stradale
- ✓ Traffic calming
- ✓ Moderazione della Velocità
- ✓ Zone di transizione
- ✓ Workload



## INDICE

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>CAPITOLO 1: INTERVENTI DI TRAFFICCALMING</b>	<b>3</b>
1.1 <i>Introduzione</i>	3
1.2 <i>La velocità e la sicurezza stradale</i>	3
1.3 <i>Le zone di transizione</i>	7
1.4 <i>Interventi di Traffic calming</i>	8
1.4.1 <i>Le chicane</i>	10
1.4.2 <i>Le porte di accesso</i>	15
1.5 <i>Cenni normativi nazionali</i>	19
1.5.1 <i>Norme CNR</i>	19
1.5.2 <i>Il Nuovo Codice della Strada</i>	20
1.5.3 <i>Linee Guida per la Redazione dei Piani della Sicurezza Stradale Urbana</i>	23
1.6 <i>Cenni normativi europei</i>	28
1.6.1 <i>Normativa Danese</i>	29
1.6.2 <i>Normativa Svizzera</i>	31
1.6.3 <i>Normativa Irlandese</i>	35
<b>CAPITOLO 2: IL CASO DI STUDIO: S.P.610 “SELICE-MONTANARA”</b>	<b>41</b>
2.1 <i>Inquadramento territoriale</i>	41
2.2 <i>Tipologie di intervento</i>	42
2.3 <i>Descrizione dell’ intervento</i>	43
2.3.1 <i>Castel del Rio</i>	50
2.3.2 <i>Fontanelice</i>	52
2.3.3 <i>Borgo Tossignano</i>	56
2.3.4 <i>Casalfiumanese</i>	59
2.3.5 <i>Fabbrica</i>	62
2.3.6 <i>Ponticelli</i>	63
2.3.7 <i>Linaro</i>	66
<b>CAPITOLO 3: VALUTAZIONE PRELIMINARE DELL’EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI TRAFFIC CALMING PROPOSTI PER LA SP 610</b>	<b>69</b>
3.1 <i>Introduzione</i>	69
3.2 <i>Esempi di traffic calming in Italia</i>	69
3.2.1 <i>Il caso della SP25A, comune di Giffoni Sei Casali (Sa)</i>	69
3.2.2 <i>Il caso della SP39, comune di Teggiano (Sa)</i>	75

3.2.3 <i>Il caso della SS64 Porrettana</i>	85
3.3 <i>Esempi di traffic calming in Europa</i>	89
3.3.1 <i>Irlanda</i>	89
3.3.2 <i>Regno Unito</i>	92
<b>CAPITOLO 4: VERIFICA DELL' IDONEITA' DEGLI INTERVENTI PROPOSTI PER LA SP610 SELICE-MONTANARA</b>	<b>95</b>
4.1 <i>Introduzione</i>	95
4.2 <i>Analisi di sicurezza: il Road Safety Review</i>	96
4.2.1 <i>Problematiche riscontrate lungo il tracciato</i>	97
4.3 <i>Analisi di incidentalità</i>	105
4.4 <i>Definizione dei fattori di rischio e verifica dell' idoneità degli interventi proposti</i>	111
4.4.1 <i>Linaro</i>	112
4.4.2 <i>Ponticelli</i>	114
4.4.3 <i>Fabbrica</i>	117
4.4.4 <i>Casalfiumanese</i>	119
4.4.5 <i>Borgo Tossignano</i>	121
4.4.6 <i>Fontanelice</i>	123
4.4.7 <i>Castel del Rio</i>	125
4.5 <i>Conclusioni</i>	127
<b>CAPITOLO 5: ANALISI CINEMATICA DEL SISTEMA VEICOLO- TRACCIATO</b>	<b>129</b>
5.1 <i>Introduzione</i>	129
5.2 <i>Rilievo in sito delle velocità</i>	129
5.3 <i>Campo prova</i>	134
5.3.1 <i>Strumentazione</i>	138
5.4 <i>Elaborazione risultati: effetti della chicane sul mezzo in transito</i>	142
5.5 <i>Elaborazione risultati: effetti della chicane sul conducente</i>	153
5.6 <i>Conclusioni</i>	156
<b>CAPITOLO 6: VALUTAZIONE DELLA COERENZA GEOMETRICA DEL TRACCIATO</b>	<b>157</b>
6.1 <i>Introduzione</i>	157
6.2 <i>I criteri di Lamm</i>	158
6.3 <i>La valutazione della consistenza del tracciato oggetto di studio</i>	161
<b>CAPITOLO 7: LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DEL TRACCIATO ATTRAVERSO LA MISURA DEL CARICO DI LAVORO SUL GUIDATORE</b>	<b>177</b>
7.1 <i>Il Workload</i>	177
7.2 <i>Metodi di valutazione del workload per il guidatore</i>	179

<i>7.3 Valutazione della consistenza stradale con misure di workload</i>	<i>181</i>
<i>7.4 La valutazione del workload per il tracciato in esame</i>	<i>185</i>
<b>CONCLUSIONI</b>	<b>195</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>199</b>
<b>APPENDICE 1</b>	<b>203</b>
<b>APPENDICE 2</b>	<b>215</b>
<b>APPENDICE 3</b>	<b>229</b>



## **INTRODUZIONE**

Il sistema di trasporto stradale è composto dall'ambiente, dall'utente e dal veicolo: il guidatore, e di conseguenza il suo comportamento di guida, è continuamente condizionato dall'ambiente circostante.

Partendo dal presupposto che molti centri abitati italiani si sviluppano lungo strade extraurbane e che, lungo tali tratte, il passaggio dalla viabilità extraurbana a quella urbana è spesso indicato semplicemente da variazioni del limite di velocità, risulta necessario indurre negli utenti, che sono portati a mantenere elevate velocità operative, uno stile di guida appropriato. Di qui la necessità di intervenire evidenziando ai conducenti il passaggio dagli ambiti puramente extraurbani a quelli urbani e sottolineando l'obbligo di una modifica del comportamento di guida al fine di migliorare i livelli di sicurezza stradale.

Con il presente elaborato, nato da una convenzione di ricerca tra il DICAM e la provincia di Bologna, ci si propone di valutare l'effettivo incremento di sicurezza a seguito dell'inserimento degli interventi di moderazione del traffico previsti per le zone di transizione nell'ambito del progetto di riqualificazione, adeguamento e messa in sicurezza di varie tratte (dal km 37+000 al km 62+594) della SP 610 "Selice Montanara" in corrispondenza dei centri abitati di Castel del Rio, Fontanelice, Borgo Tossignano, Casalfiumanese, Fabbrica, Ponticelli e Linaro.

La struttura di questo elaborato ripercorre le fasi di lavoro affrontate durante la sperimentazione.

Nella prima parte (Capitolo 1), dopo una breve descrizione della normativa di riferimento (Nazionale ed Internazionale), viene analizzato il comportamento del guidatore in corrispondenza di ambienti particolari, quali sono le zone di transizione da ambiente urbano ad ambiente extraurbano, ed i conseguenti effetti a seguito dell'inserimento di opportuni interventi di moderazione del traffico finalizzati alla riduzione delle velocità. La seconda parte, redatta a descrizione del progetto proposto dalla provincia (Capitolo 2), prevede una valutazione preliminare dell'efficacia degli interventi di traffic calming proposti mediante il confronto con altre applicazioni simili reperite in letteratura (Capitolo 3). La ricerca di casi di studio analoghi a quelli proposti nel progetto costituisce, infatti, un ottimo strumento di valutazione

dell'efficienza e della sicurezza della circolazione in condizioni di esercizio. Il Capitolo 4 è finalizzato a verificare l'effettiva idoneità, in termini di sicurezza, di tali interventi. In particolare, ai fini del progetto, si è proceduto suddividendo questa parte dello studio in due ulteriori fasi: nella prima è risultato necessario sottoporre il tronco stradale in esame ad un'analisi di sicurezza (Road Safety Review) per individuare le principali problematiche che interessano fisicamente l'infrastruttura in modo da identificare eventuali situazioni di rischio per l'utente; nella seconda ci si è concentrati sull'analisi dei dati di incidentalità con lo scopo di verificare la presenza di corrispondenze tra i fattori di rischio individuati e gli incidenti effettivamente avvenuti. L'ultima parte, interamente dedicata alla sperimentazione, si incentra sull'analisi cinematica del sistema veicolo-tracciato al fine di valutare gli effetti che le chicane hanno sia sul veicolo che le percorre (Capitolo 5) sia sul guidatore (Capitoli 6 e 7). In particolare, nel Capitolo 5, dopo un'accurata descrizione del campo prova e delle metodologie di rilievo utilizzate, viene valutata la sicurezza, in termini di svio e di contraccolpo, per i veicoli in transito lungo le chicane. Nel Capitolo 6 e nel Capitolo 7 viene invece analizzato il problema dal punto di vista del conducente mediante una valutazione di consistenza del tracciato. Ai fini di questo studio, secondo i criteri maggiormente in uso, la consistenza viene rapportata a grandezze in grado di rappresentare sinteticamente la risposta degli utenti nell'attività di guida su un asse con un determinato andamento. Tali grandezze sono:

- 1) la variazione della velocità operativa nel transito da un elemento planimetrico all'altro (Criteri di Lamm);
- 2) il carico di lavoro nella guida (Workload).

Queste procedure si basano, infatti, sull'idea che una geometria della strada coerente permetta all'utente di prevedere una traiettoria corretta minimizzando quindi eventuali situazioni di pericolo.

## **CAPITOLO 1**

### **INTERVENTI DI TRAFFIC CALMING**

#### ***1.1 Introduzione***

Il sistema di trasporto stradale è condizionato dall'ambiente, dall'utente e dal veicolo: in questo sistema il conducente, e di conseguenza il suo comportamento di guida, è continuamente condizionato dall'ambiente circostante. Tale comportamento può essere definito quindi come una sorta di adattamento locale alle condizioni ambientali.

Partendo dal presupposto che molti centri abitati italiani si sviluppano lungo strade extraurbane e che lungo tali tratte il passaggio dalla viabilità extraurbana a quella urbana è spesso indicato semplicemente da variazioni del limite di velocità, risulta necessario indurre negli utenti, che sono portati a mantenere elevate velocità operative, uno stile di guida appropriato. Di qui la necessità di intervenire evidenziando loro il passaggio dagli ambiti extraurbani a quelli urbani e sottolineando l'obbligo di una modifica del comportamento di guida al fine di migliorare i livelli di sicurezza stradale.

Oggetto di questo capitolo è la valutazione del comportamento del guidatore in ambienti particolari quali sono le zone di transizione da ambiente urbano ad extraurbano e i conseguenti effetti a seguito dell'inserimento di opportuni interventi di moderazione del traffico finalizzati alla riduzione delle velocità.

#### ***1.2 La velocità e la sicurezza stradale***

Molti studi hanno dimostrato lo stretto legame che c'è tra velocità e incidentalità. Una velocità di marcia eccessiva è causa di una contrazione del campo visivo e quindi di una minore percezione all'ambiente circostante. Questo legame può essere giustificato facendo riferimento alle serie storiche di incidenti: in figura 1.1 è rappresentata la correlazione tra velocità di marcia e rischio oggettivo di incidente; quello che si può notare è che all'aumentare della velocità aumenta inevitabilmente anche l'incidentalità.

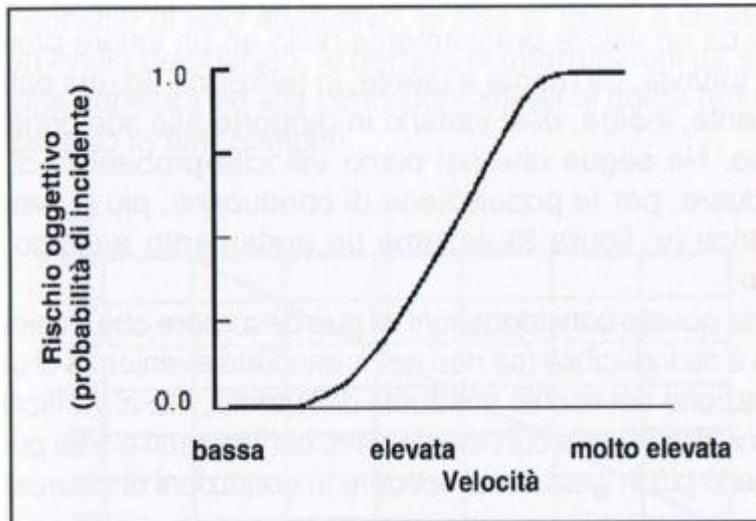


Figura 1.1: Legame tra velocità e incidentalità.

Questo perché l'aumento della velocità porta ad un'errata percezione dell'ambiente attraversato, non consentendo una tempestiva risposta ad un eventuale pericolo. L'utente, infatti, tende a porre la propria attenzione su elementi più distanti, rendendo sempre più selettiva la scelta delle informazioni fornite dal sistema stradale. È dimostrato che a una velocità di marcia di 80 km/h l'attenzione visiva del guidatore si concentra su elementi distanti 400 m, ad una velocità minore (ad esempio 40 km/h) tale distanza si riduce a 200 m. Inoltre, per un'analoga diminuzione di velocità, anche il cono di concentrazione visiva si riduce passando 38° a 29°. Di tale riduzione ne risente anche il campo della visione periferica che a 40 km/h è ampio 100° e si riduce a 58° per una velocità di 80 km/h, precludendo una visione di ciò che accade a bordo strada. In figura 1.2 viene mostrata la variazione del campo visivo a due differenti velocità rispetto alla visuale del pedone [1].

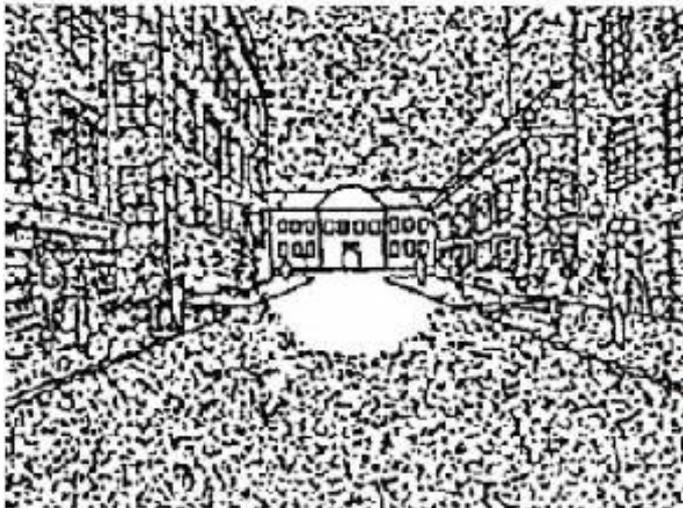
Ovviamente la velocità influenza anche l'entità dell'incidente, soprattutto nei casi riguardanti il coinvolgimento degli utenti deboli della strada. La letteratura presenta studi basati sul confronto tra l'effetto che l'urto di un veicolo ha sul corpo umano con una caduta verticale. In particolare è possibile osservare che l'impatto tra un pedone e un'automobile che procede a 30 km/h equivale ad una caduta da 3,6 m, se la velocità aumentasse a 40 km/h i metri diventerebbero 6,4 m, a 60 km/h i metri sarebbero 14,4 (Figura 1.3) [1].



*campo visivo  
del pedone*



*campo visivo  
dell'automobilista  
a 30 km/h*



*campo visivo  
dell'automobilista  
a 50 km/h*

*Figura 1.2: Campo visivo del pedone, a 30 km/h e a 50 km/h.*

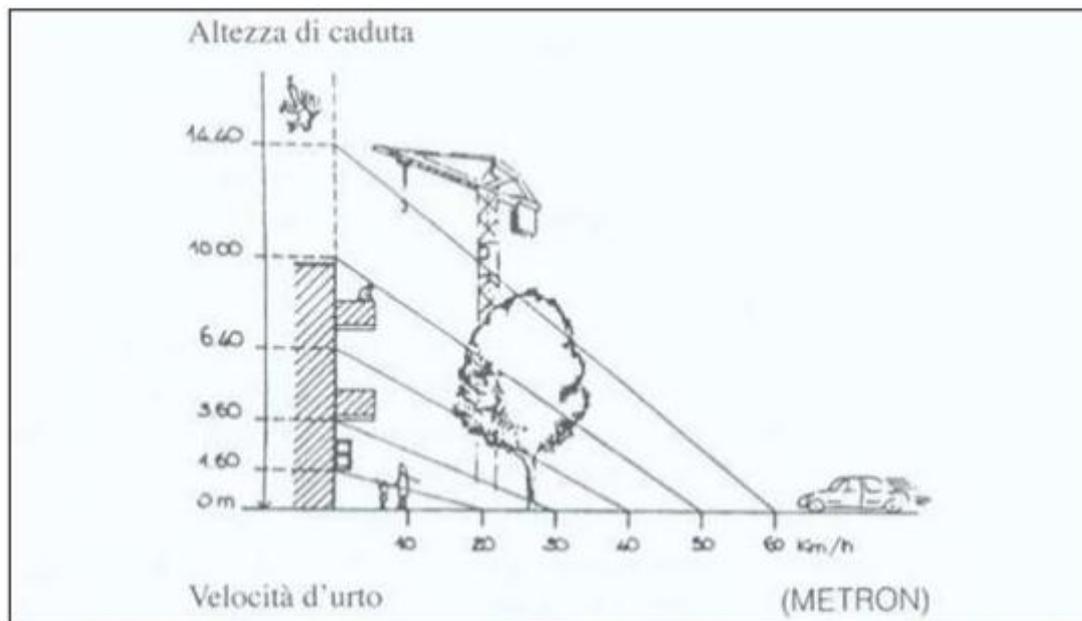


Figura 1.3: Effetti di un urto auto-pedone comparati ad una caduta da diverse quote.

É possibile quindi affermare che la probabilità di sopravvivenza per un pedone coinvolto in un urto è dell'ordine del 90% per una velocità d'impatto di 30 km/h e cala drasticamente all'aumentare della velocità fino a diventare nulla per una velocità dell'ordine di 70 km/h. Da questi dati si può osservare 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 [8].

Il problema della gestione della velocità viene anche affrontato nelle Linee guida per la redazione dei piani di sicurezza urbana: “in generale, uno dei fattori che maggiormente influenza la sicurezza stradale è la velocità dei veicoli. Essa influenza non solo la gravità delle conseguenze degli incidenti, ma anche il numero di sinistri che si verificano. Da qui l'importanza delle sottoclassi di intervento, in ambito infrastrutturale, tendenti ad attuare un controllo delle velocità, che riconduca queste ultime ai livelli consentiti sia dal punto di vista delle regole di circolazione che delle caratteristiche dell'infrastruttura stradale e delle sue funzioni. Gli interventi di mitigazione delle velocità, appartenenti a tale sottoclasse di intervento, attuati per indurre gli utenti a procedere a velocità ridotte e con un maggior grado di attenzione, agiscono sia fisicamente (cambiando le caratteristiche geometriche della strada) che psicologicamente (cambiando la percezione dell'ambiente stradale)” [2].

Studi confermano l'effettiva riduzione dei sinistri a seguito dell'inserimento di elementi di moderazione del traffico (come chicane, restringimenti della carreggiata, attraversamenti pedonali rialzati, porte d'accesso, deflessioni verticali, ecc.) e, di conseguenza, sottolineano la necessità di intervenire in fase di progettazione per moderare le velocità.

Compito del progettista è quindi lo studio di un'efficace zona di transizione con lo scopo di indurre il conducente a una guida più lenta e attenta e ad una velocità coerente con la ambiente attraversato in modo da contenere il fenomeno dell'incidentalità stradale.

### ***1.3 Le zone di transizione***

Viene definita zona di transizione dall'ambiente extraurbano a quello urbano quella particolare porzione di strada che ha lo scopo di indurre nei guidatori la percezione del cambiamento dell'ambiente stradale nel quale si stanno inoltrando e, di conseguenza, di favorire la modifica dell'atteggiamento di guida soprattutto in termini di velocità.

Queste zone sono caratterizzate dall'inserimento di una serie di interventi progettuali, disposti con progressività, culminanti nella sezione di ingresso all'area urbana e sono conformate in modo tale che l'utente sia in grado di percepire il cambiamento dell'ambiente circostante senza però esserne sorpreso. È proprio quest'ultimo aspetto, unito alla mancanza di chiari riferimenti normativi (nazionali e internazionali), a rendere la collocazione di questi tratti una fase particolarmente delicata e complessa. Inoltre il tratto di transizione, proprio perché deve indurre un cambiamento di atteggiamento alla guida, non appartiene interamente né al tratto extraurbano né al tratto urbano. Al suo interno, infatti, il regime di circolazione non è ancora quello urbano (la velocità di percorrenza è, per esempio, in genere, superiore a 50 km/h) ma non può essere nemmeno quello tipico extraurbano, in quanto la percorrenza del tratto di transizione richiede un incremento del livello di attenzione ed una velocità ridotta rispetto a quella tipica extraurbana. Il passaggio da elevate a basse velocità rende questa particolare sezione un punto debole in termini di sicurezza ed è per questo motivo che viene solitamente scelta per ospitare

interventi di moderazione del traffico (sistemi di traffic calming) che creino nell'utente la percezione della giusta velocità.

Analizzando la letteratura di settore è emerso che, affinché l'utente della strada all'interno della zona di transizione percepisca il cambiamento dell'ambiente circostante, è necessario che:

- all'uscita dal tratto di transizione l'ambiente presenti connotati urbani (per evitare che l'utente riprenda il comportamento di guida precedente);
- le soluzioni infrastrutturali per la zona di transizione 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.

#### ***1.4 Interventi di Traffic calming***

Le tecniche di Traffic calming racchiudono tutte quelle tipologie di interventi finalizzati a moderare gli effetti negativi prodotti dal traffico, prima fra tutti l'incidentalità.

L'Istituto di Ingegneria dei Trasporti (ITE) di Washington nel 1997 ha sviluppato la seguente definizione internazionalmente accettata:

*“Il Traffic calming rappresenta quella combinazione di misure fisiche atte a ridurre gli effetti negativi dell'uso dei veicoli, modificare il comportamento del conducente e migliorare le condizioni degli utenti della strada non motorizzati.”* [3].

Queste misure, usate singolarmente o in modo combinato, mirano ad influenzare l'entità dei flussi veicolari riducendone le velocità ad un livello accettabile per la classe funzionale della strada stessa in modo da alleggerire il conflitto tra le diverse tipologie di utenti andando a tutelare le utenze deboli. Il traffic calming, infatti, non deve essere visto semplicemente come un sistema finalizzato a ridurre le velocità dei veicoli, bensì come uno strumento progettuale in grado di aumentare la compatibilità tra la velocità di marcia e l'ambiente stradale che il conducente si trova ad attraversare e quindi come un sistema capace di garantire un elevato livello di sicurezza per la circolazione. Le tecniche di moderazione del traffico, infatti, mirano

a realizzare sistemi infrastrutturali in grado di rendere, agli occhi del conducente, l'ambiente stradale coerente con il limite di velocità imposto.

I principali obiettivi che tali sistemi si prefiggono di raggiungere sono:

- 1) miglioramento delle condizioni di sicurezza e della qualità della vita nelle zone residenziali, puntando alla riduzione dell'incidentalità ed all'aumento della sicurezza degli utenti sulla strada;
- 2) mantenimento di una buona accessibilità alle zone residenziali, sia per l'utenza sia per i mezzi di soccorso;
- 3) riduzione dell'inquinamento e delle vibrazioni;
- 4) adeguamento delle strade locali al fine di garantire un livello di efficienza idoneo a sopportare il traffico di scorrimento per l'accesso alle zone residenziali;
- 5) sensibilizzare ed informare la cittadinanza per facilitare la realizzazione degli interventi.

Andando ad esaminare esclusivamente quelle strategie di moderazione finalizzate alla riduzione delle velocità di marcia è possibile distinguere principalmente tre tipologie di interventi:

- 1) gli interventi puntuali, ovvero quei trattamenti e quelle configurazioni della sede stradale che hanno lo scopo di agevolare gli utenti ad adottare un comportamento di guida consono alla zona nella quale si stanno inoltrando mettendo in evidenza le limitazioni fisiche dell'ambiente circostante. Appartenenti a questa famiglia di interventi sono:

- i trattamenti della superficie carrabile come, ad esempio, le bande sonore e ottiche o le fasce polivalenti, che, mediante l'ausilio di materiali a contrasto, modificano la percezione della sede stradale;
- le deflessioni orizzontali che, oltre alle chicane, le isole salvagente e le porte di accesso, comprendono l'avanzamento dei marciapiedi e il restringimento puntuale della carreggiata con il conseguente "effetto porta" che induce l'automobilista a ridurre la velocità e ad aumentare il livello di attenzione;
- le deflessioni verticali quali dossi, cuscini berlinesi e platee rialzate che consistono in rialzamenti puntuali della carreggiata destinati a ridurre

localmente la velocità dei veicoli e, più in generale, a migliorare le condizioni di sicurezza negli attraversamenti ciclopedonali;

- gli interventi alle intersezioni come rotatorie, intersezioni a raso e rialzate finalizzate alla riorganizzazione degli incroci.
- 2) gli interventi lungo l'asse, ovvero quella tipologia di interventi, nati dalla combinazione di più interventi di tipo puntuale, che mirano a trasformare un intero tratto di strada. La loro efficacia è direttamente riconducibile all'estensione dell'intervento. Si interviene mediante l'inserimento di ostacoli alla visuale del conducente che mirano a rompere la prospettiva lineare. Questa tipologia di interventi comprende:
- strade residenziali, se applicati ad una sola via;
  - zone 30, se applicati ad una strada dove il limite di velocità è di 30 km/h.
- 3) interventi coordinati: interventi che si riferiscono a situazioni più complesse, nelle quali attraverso l'attuazione interventi puntuali e/o lungo l'asse vengono realizzati percorsi protetti.

Ai fini di questa trattazione si procede con la descrizione dei soli interventi che interessano direttamente il progetto di messa in sicurezza della S.P.610 proposto dalla provincia di Bologna: le chicane e le porte di accesso.

### ***1.4.1 Le chicane***

Con il termine chicane si intende un disassamento della carreggiata ovvero una modifica della linearità della strada mediante l'inserimento di un elemento di discontinuità che genera una deflessione dell'asse stradale. Questa variazione planimetrica dell'asse, solitamente realizzata mediante l'inserimento di cordonature ed isole divisionali non sormontabili, genera un effetto curva-controcurva che impone agli automobilisti in transito un'andatura più lenta ed una guida più attenta soprattutto in corrispondenza di tratti di strada che, data la loro lunghezza e rettilineità, portano gli utenti ad accelerazioni eccessive. Oltre che dalla manovra di correzione della traiettoria, il rallentamento del veicolo viene determinato dalla sensazione di "strada chiusa" che la chicane dà agli automobilisti in avvicinamento; infatti l'obiettivo di un intervento di questo genere sta proprio nel suddividere

longitudinalmente lo spazio stradale in sotto-spazi otticamente delimitati per indurre i conducenti degli autoveicoli a ridurre la velocità e concentrare l'attenzione sull'insieme dello spazio urbano.

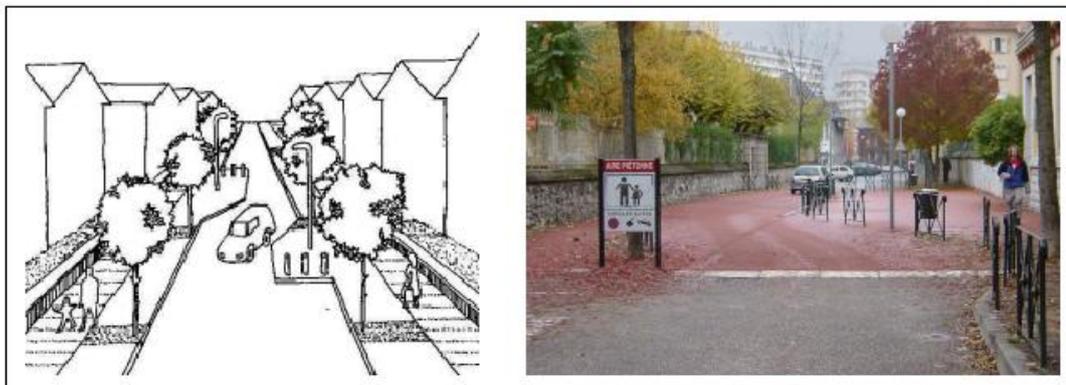
La configurazione geometrica della chicane deve essere tale da massimizzare il rallentamento dei veicoli, senza però impedire il transito dei mezzi di emergenza e di servizio.

Il dimensionamento di un elemento di questo tipo deve tenere conto:

- delle condizioni di visibilità e di sicurezza;
- della necessità o meno di garantire le possibilità di circolazione ai mezzi di maggiori dimensioni (autocarri, bus);
- dell'eventualità che i veicoli provenienti da un lato "taglino" lo sfalsamento invadendo la corsia opposta.

Dalle esperienze straniere sono mutate diverse tecniche progettuali per la realizzazione di differenti tipologie di chicane, come ad esempio:

- chicane realizzate attraverso l'avanzamento alternato dei marciapiedi (Figura 1.4).



*Figura 1.4: Chicane in zona residenziale realizzata tramite l'avanzamento alternato dei marciapiedi.*

- chicane realizzate mediante l'introduzione di isole centrali, che hanno la funzione di imporre la direzionalità del percorso e di impedire la tendenza dei veicoli a tagliare la curva, invadendo la corsia opposta (Figura 1.5).



Figura 1.5: Chicane realizzata con isola spartitraffico.

- chicane ottenute da restringimenti puntuali della carreggiata come, ad esempio, mediante l'inserimento di elementi fissi o di elementi di arredo urbano (dissuasori di sosta, siepi, alberature), (Figura 1.6).



Figura 1.6: Chicane realizzata con elementi fissi e chicane realizzata con elementi di arredo urbano, Tortona (Alessandria).

- chicane realizzate mediante la disposizione alternata dei parcheggi ai lati della strada (Figura 1.7).



Figura 1.7: Chicane realizzata con alternanza di sosta, Francia.

Dal punto di vista progettuale, non avendo a disposizione specifiche tecniche italiane (in quanto le chicane non sono esplicitamente previste dalla normativa) si fa riferimento alle indicazioni predisposte in ambito britannico e francese. Le variabili geometriche che determinano le prestazioni di una chicane sono tre (Figura 1.8):

- l'inclinazione dell'allargamento del marciapiede (angolo  $\alpha$ );
- la sporgenza dell'allargamento del marciapiede (distanza  $a$ );
- la lunghezza della chicane (misurata tra l'allargamento del marciapiede su un lato della strada e l'allargamento del marciapiede sul lato opposto (distanza  $b$ )).

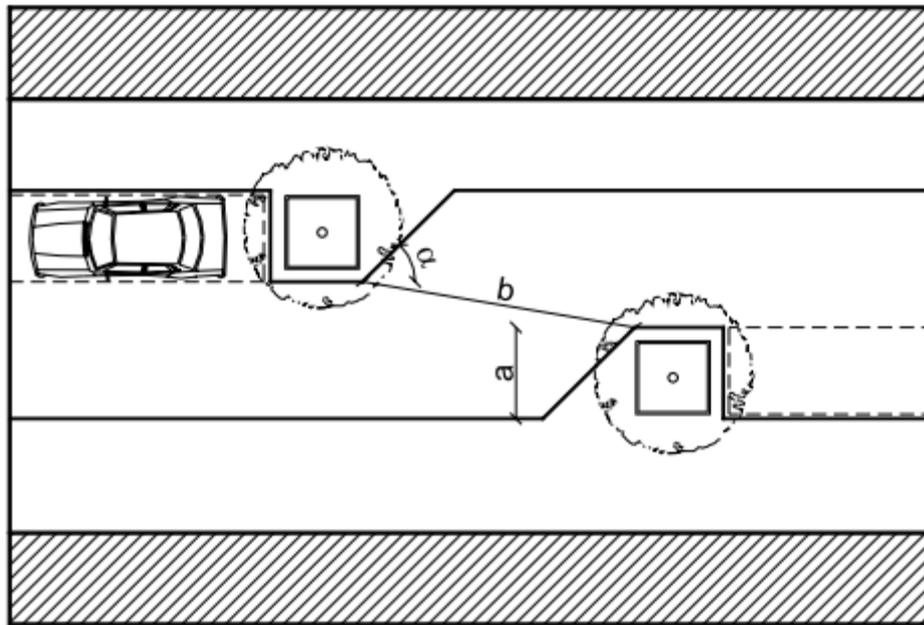


Figura 1.8: Caratteristiche geometriche della chicane.

In generale l'effetto di rallentamento sui veicoli aumenta all'aumentare della deflessione dell'asse, al tempo stesso, però, aumentano anche il rischio di incidenti (nel caso in cui i veicoli giungano alla chicane a velocità eccessiva) e la difficoltà di passaggio per i mezzi di dimensioni maggiori, come autobus e veicoli di emergenza. Per quanto riguarda quest'ultimo punto, le linee guida britanniche propongono la realizzazione di chicane parzialmente sormontabili (Figura 1.9), che però hanno lo svantaggio di non modificare il comportamento degli automobilisti più aggressivi.



Figura 1.9: Chicane parzialmente sormontabile, Gran Bretagna. [4]

Il CERTU francese prevede che le chicane in strade a senso unico con corsia larga 3 m abbiano una lunghezza di circa 11 m e che l'asse stradale venga spostato trasversalmente di 2,5 m. Poiché le chicane possono risultare pericolose se affrontate ad alta velocità, l'ITE statunitense suggerisce di collocarle a non più di 40-80 m da un'intersezione o da altre misure di moderazione della velocità.

Un intervento di moderazione del traffico di questo genere porta svariati vantaggi; quello principale è rappresentato dal ridotto disagio arrecato agli utenti (in particolare ai mezzi di emergenza e/o di trasporto collettivo) in quanto, al contrario degli interventi di moderazione verticale, non provocano sobbalzi. Tra gli svantaggi, occorre segnalare che, come tutte le misure di moderazione del traffico di tipo orizzontale, anche le chicane garantiscono delle riduzioni di velocità minori rispetto a quelle determinate dalle misure verticali, inoltre, risultano essere incompatibili con volumi di traffico consistenti.

Un'indagine condotta dal Department for Transport del Regno Unito su circa 150 chicane ha mostrato che:

- una deflessione superiore a  $15^\circ$  riduce la velocità media a meno di 32 km/h e la velocità dell'85° percentile a meno di 40 km/h; mentre inclinazioni inferiori a  $10^\circ$  consentono velocità medie superiori a 40 km/h e velocità dell'85° percentile superiori a 48 km/h;

- la riduzione della velocità media e di quella dell'85° percentile prodotta da una chicane è, in genere, di 20 km;
- la riduzione della velocità degli eventuali autobus è doppia rispetto a quella delle automobili.

Inoltre, test sperimentali condotti dal Department for Transport hanno permesso di individuare alcune correlazioni tra la larghezza della corsia, lo spostamento trasversale dell'asse, la lunghezza della chicane e la velocità risultante (Tabella 1.1).

Larghezza della corsia	Spostamento trasversale dell'asse	Lunghezza della chicane che determina velocità di:		
		24 km/h	32 km/h	40 km/h
3 m	2 m	6 m	9 m	14 m
	3 m	9 m	13 m	18 m
	4 m	12 m	16 m	-
3,5 m	2,5 m	-	-	11 m
	3,5 m	9 m	12 m	15 m
	4,5 m	11 m	15 m	19 m
4 m	3 m	-	7 m	9 m
	4 m	-	9 m	12 m
	5 m	-	11 m	15 m

Tabella 1.1: Correlazioni tra la larghezza della corsia, lo spostamento trasversale dell'asse stradale, la lunghezza della chicane e la velocità delle automobili secondo il DETR.

Il posizionamento in corrispondenza degli allargamenti dei marciapiedi di schermi verticali (ad esempio, siepi) o di altri elementi di arredo, che riducano la visuale fino ad un'altezza massima di 60 cm (in modo da non nascondere i bambini), può incrementare l'effetto di riduzione della velocità di 3-6 km/h. Le chicane doppie riducono in media la velocità di 8 km/h in più rispetto a quelle singole [5].

### 1.4.2 Le porte di accesso

Con porta d'accesso si intende quell'insieme di elementi posti in corrispondenza di un ingresso (solitamente dall'area extraurbana all'area urbana) per evidenziare al conducente il cambiamento dell'ambiente circostante e indurlo a moderare la velocità adeguando lo stile di guida al nuovo contesto. Generalmente le porte d'accesso nascono dalla combinazione di più dispositivi di moderazione del traffico,

ognuno dei quali produce un particolare effetto sul movimento del veicolo al fine di raggiungere un obiettivo specifico. In particolare vengono realizzate mediante l'utilizzo di:

- portali (Figura 1.10);
- rotatorie di accesso;
- trattamenti superficiali o cambio dei materiali della pavimentazione;
- utilizzo di particolari segnaletiche orizzontali e verticali, anche luminose;
- inserimento di elementi di arredo, illuminazione, piantumazioni a lato strada (Figura 1.11);
- inserimento di strettoie (con allargamento dei margini), isole salvagenti, attraversamenti pedonali rialzati o a raso.



Figura 1.10: Portale a bandiera - località Fontanelice.



*Figura 1.11: Fotosimulazione - portale d'accesso [6].*

La porta d'accesso rappresenta un'efficiente contromisura nel limitare il principale fattore di incidentalità: le elevate velocità operative del traffico motorizzato.

L'obiettivo sta nel sottolineare al conducente l'ingresso in un'area nella quale è richiesto un livello di attenzione maggiore per le condizioni ambientali ai margini della strada, in particolare nei confronti degli utenti deboli, la cui presenza in quel tratto di strada risulta essere sicuramente più numerosa rispetto ai tratti precedenti. Al fine di creare uno scenario che renda esplicito l'ingresso in un agglomerato urbano è opportuno che i segnali siano di dimensioni tali da essere ben percepibili e che indichino con chiarezza il messaggio voluto.

Gli studi riportati in letteratura sulle porte di accesso e, più in generale, sui dispositivi per la moderazione del traffico si limitano alla valutazione della riduzione di velocità trascurando l'aspetto psicologico del guidatore in termini di concentrazione e l'effettiva visione di scenario. Per valutare in modo più realistico gli effettivi benefici in termini di sicurezza conseguenti all'installazione di tali portali sarebbe opportuno partire dal carico di informazioni (per unità di tempo) che il guidatore deve recepire, interpretare e gestire tempestivamente fino ad un'analisi dei comportamenti che ne conseguono al fine di scongiurare il presentarsi di effetti

negativi sulla sicurezza e sul comportamento ordinario tenuto dall'utente. Per fare ciò si utilizzano strumentazione importanti quali misuratori laser, veicoli strumentati (che rendono possibile la misurazione continua dei parametri cinematici propri e dei veicoli con i quali interferiscono, in termini di velocità e posizione) e simulatori di guida (che permettono di ricreare l'effetto di qualsiasi scenario stradale senza esporre gli utenti ad inutili rischi).

Studi di settore nel Regno Unito affermano che, se la porta di accesso non è seguita da altre tipologie di intervento nel centro abitato, la diminuzione di velocità è dell'ordine di 10 km/h; al contrario, se si adottano anche altri sistemi di moderazione, è possibile arrivare anche a riduzione di 15 km/h. Inoltre, sempre nel Regno Unito, studi del Department of the Environment, Transport affermano che anche la velocità operativa ( $V_{85}$ ) presentano riduzioni sino a 25 km/h nel caso di porte di accesso accoppiate ad ulteriori misure di moderazione del traffico all'interno dell'abitato.

Taylor e Wheeler (1998), nella valutazione di efficacia di nove progetti, hanno riscontrato una riduzione di velocità compresa tra 5 e 24 km/h in corrispondenza della porta di accesso ed una ulteriore tra 5 e 22 km/h all'interno del centro abitato. In un successivo studio esteso a 56 casi (DFT, 2000; Taylor e Wheeler, 2000), nei progetti che prevedevano solo porte di accesso è stata riscontrata una riduzione di incidentalità generale all'interno dei centri abitati del 10% e degli incidenti mortali e con feriti gravi del 43% (i maggiori benefici sono stati conseguiti per i pedoni ed i ciclisti). Nei casi in cui le porte di accesso erano integrate con provvedimenti supplementari all'interno dei centri abitati (deviazioni, restringimenti, mini rotatorie e dossi) si sono conseguite riduzioni di incidentalità ben maggiori: 37% per gli incidenti con feriti lievi e 70% per gli incidenti con morti e con feriti gravi. Il Department for Transport (DFT, 2005) suggerisce due condizioni in cui le porte di accesso possono risultare particolarmente efficaci:

- elevate velocità di approccio a piccoli agglomerati urbani;
- centri abitati in cui il punto di inizio dell'abitato non è chiaramente riconoscibile.

Negli Stati Uniti è stata condotta la valutazione di due porte di accesso e cinque misure isolate di moderazione del traffico (Hallmark et al., 2007). I risultati del progetto mostrano una riduzione fino a 10 km/h delle velocità operative ed una

significativa riduzione del numero di veicoli che non rispettano i limiti di velocità [6].

### **1.5 Cenni normativi nazionali**

Per quanto concerne le tecniche di moderazione del traffico e la determinazione delle zone di transizione, la normativa nazionale presenta tuttora notevoli carenze. Al contrario di quanto accaduto nel resto dell'Europa, in Italia il Traffic calming non è stato ancora ufficialmente formalizzato anche se esistono dei chiari riferimenti riconducibili ad alcune misure di moderazione del traffico, in particolare tra gli elementi di mitigazione della velocità.

Oltre alle prescrizioni, definizioni e limiti indicati dagli strumenti normativi italiani a livello nazionale, come le Norme CNR e il Nuovo Codice della Strada, sono state redatte delle Linee Guida per la Redazione dei Piani della Sicurezza Stradale Urbana (circolare dell'8/06/2001 n. 3698), che definiscono i contenuti e gli strumenti per la pianificazione della sicurezza a livello locale.

#### **1.5.1 Norme CNR**

Il CNR inquadra i sistemi di mitigazione della velocità come un insieme di “elementi di arredo funzionale”, nello specifico li definisce 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, 15/12/1992).

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. 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 un intervento di questo tipo dipende fortemente dal contesto in cui è realizzato e dalla tipologia di dispositivo scelto.

*I restringimenti della carreggiata* si possono ottenere mediante: isole centrali sormontabili o non, restringimenti ai lati, deviazioni orizzontali dell'asse stradale come, ad esempio, le chicane.

*I trattamenti superficiali* prevedono l'installazione di elementi come dossi, dossi termoplastici, aree rialzate, bande rumorose, oppure differenti campiture o tessiture della superficie della pavimentazione mediante la realizzazione di zone con pavimentazione differenziata come masselli in calcestruzzo o pavimentazione colorata.

### ***1.5.2 Il Nuovo Codice della Strada***

Secondo il Nuovo Codice della Strada (art. 42 C.d.S. - art.179 Regolamento attuativo) 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”*.

Questi 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 di moderazione verticali, su strade il cui limite di velocità non supera i 50 km/h, è possibile utilizzare dei dossi artificiali, evidenziati mediante zebraure gialle e nere, parallele alla direzione del moto. Tali dossi possono essere posti in opera 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, 7 cm e larghezza massima 60, 90, 120 cm (Figura 1.12).

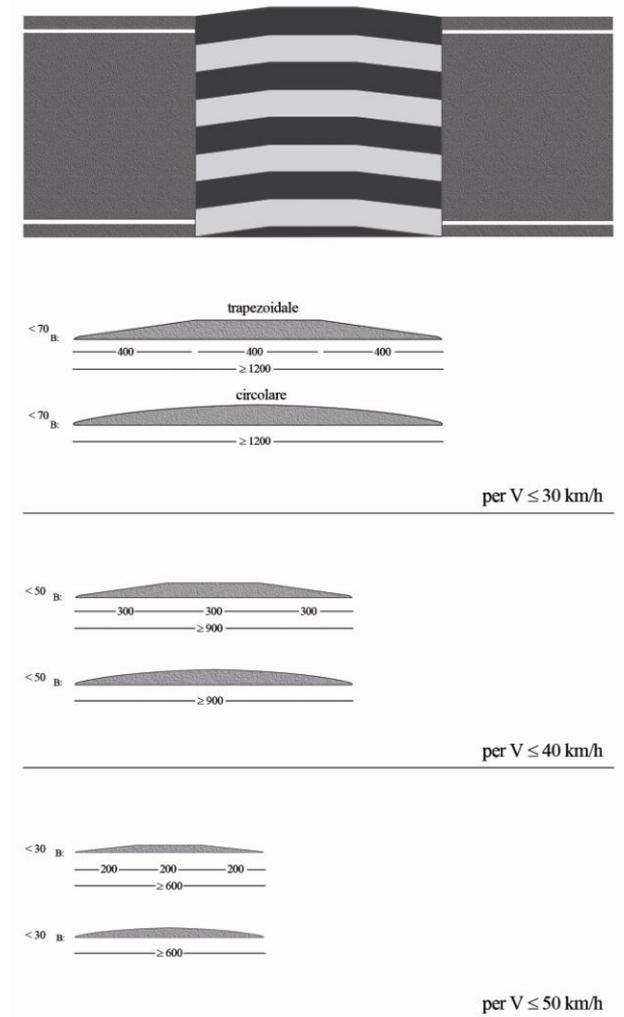


Figura 1.12: Dossi, caratteristiche geometriche, NCS.

Si elencano di seguito i principali riferimenti riguardanti gli interventi di traffic calming presenti all'interno del Codice della Strada:

- Art.3 commi 3, 8, 33, 36, 39, 45, 49, 58, dove si trovano rispettivamente le definizioni di "attraversamento pedonale", "centro abitato", "marciapiede", "passaggio pedonale", "pista ciclabile", "salvagente", "spartitraffico", "zona residenziale";
- Art. 7, che descrive la regolamentazione della circolazione nei centri abitati;

- Artt. 39, 40, 41 e 42, che contengono le prescrizioni riguardo segnaletica verticale, orizzontale, luminosa e complementare.;
- Art. 142 che descrive la trattazione e la definizione dei limiti di velocità.

Del Regolamento Attuativo, inoltre, si evidenziano:

- Art. 152 comma 4: possibilità di uso di materiali lapidei per segnaletica orizzontale nei centri abitati;
- Art. 153 e 154: dispositivi retroriflettenti integrativi dei segnali orizzontali ed altri dispositivi per la segnaletica orizzontale;
- Artt. 176 e 177: modalità di realizzazione delle isole di traffico e sua segnalazione;
- Art. 178: elementi prefabbricati per salvagenti pedonali e delimitatori di corsia;
- Art. 179: rallentatori di velocità;
- Art. 180: dissuasori di sosta.

In particolare, per le chicane, vale quanto previsto dal art. 175:

*“1. Gli ostacoli, le anomalie e i punti critici stradali, ove non siano eliminabili, devono essere segnalati in tutti i casi in cui sia giudicato necessario a causa della loro posizione aumentarne la visibilità, particolarmente nelle ore notturne. 2. Gli ostacoli, esistenti entro o vicino la carreggiata, che comportino restrizioni di spazio o pericolo per la circolazione, devono essere segnalati mediante strisce alternate tracciate sull’ostacolo bianche rifrangenti e nere, inclinate a 45° in basso verso il lato dove i veicoli transitano; possono essere realizzate anche su una superficie indipendente da applicare sull’ostacolo [...] 5. I cigli dei marciapiedi possono essere resi meglio visibili mediante applicazione di strisce alternate di colori contrastanti (bianco e nero o, se il divieto di sosta, con strisce alternate di colori giallo e nero)”.*

Il C.d.S. inoltre prevede, in ambito urbano, la possibilità di creare aree nelle quali il traffico sia sottoposto a limiti di velocità e/o di accessibilità all'area stessa, utilizzando i seguenti strumenti, Figura 1.13:

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



Figura 1.13: Segnaletica, situazioni a, b, c, NCS.

### ***1.5.3 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 (tabelle 1.2 e 1.3):

- 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

Tabella 1.2: Classificazione dei limitatori di velocità in funzione della velocità e della categoria della strada (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

Tabella 1.3: Applicabilità dei vari tipi di limitatori di velocità in funzione del volume ( *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 (tabelle 1.4 e 1.5).

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.
Percorsi pedonali							
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

Tabella 1.4: Interventi per la protezione delle utenze deboli - riferimenti normativi.

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. 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

Tabella 1.5: 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.

### 1.6 Cenni normativi europei

I Paesi Europei sono stati teatro di differenti programmi sperimentali finalizzati alla riqualificazione della viabilità principale di centri di piccole dimensioni; ne è un esempio il programma francese “Villes plus sures, quartiers sans accidents” oppure le normative Danish Road Directorate. Lo scopo di tali sperimentazioni sta nel ridurre il tasso di incidentalità, tenendo conto delle conseguenze socioeconomiche che ogni intervento porta nel tessuto urbano.

Un aspetto comune alle diverse normative (tedesca, francese e danese) è la suddivisione del tronco stradale di attraversamento in più tronchi successivi. Tale suddivisione viene fatta in relazione alle varie caratteristiche funzionali quali ad esempio la tipologia di utenza, il comportamento o la destinazione d'uso delle aree adiacenti. In particolare, l'area francese sottolinea l'effetto progressivo che si deve ottenere da tale suddivisione nel tratto di attraversamento.

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

### ***1.6.1 Normativa Danese***

La normativa danese fa sì che in fase di scelta e di dimensionamento degli elementi di moderazione del traffico sia necessario tener conto della classe della strada in cui andranno ad essere inseriti. Una prima fase prevede la distinzione della rete stradale principale dalle zone interessate dal traffico locale in modo da poter separare le strade di scorrimento dalle strade locali. Le prime sono quelle che costituiscono la rete stradale principale, utilizzate dal traffico di transito per il collegamento dei centri abitati; le seconde, invece, servono al traffico locale per i collegamenti tra aree residenziali, servizi pubblici e luoghi di lavoro.

In fase di progettazione, ciascun elemento di moderazione del traffico deve risultare coerente con l'assetto complessivo della strada. È opportuno che ogni elemento sia progettato in modo da determinare un netto contrasto visivo rispetto all'ambiente di inserimento, e che sia posizionato in modo tale da non creare "l'effetto sorpresa"; inoltre 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 la propria velocità o, se è necessario, fermarsi.

I principali elementi di moderazione del traffico previsti possono essere raggruppati in 14 tipologie (Figura 1.14).

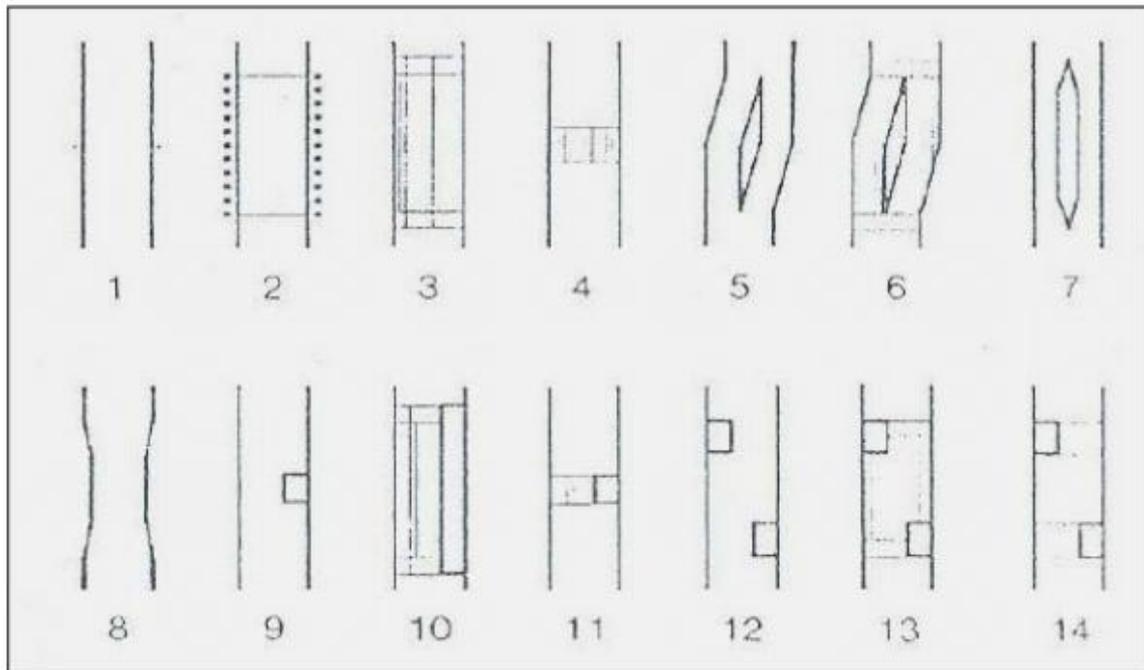


Figura 1.14: Principali elementi di moderazione del traffico in ambiente urbano.[7]

Ognuna delle seguenti tipologie può essere applicata singolarmente o in combinazione con altri dispositivi, tenendo però conto del tipo di pavimentazione, del verde, dell'illuminazione e, più in generale, del contesto architettonico.

Facendo riferimento alla figura 1.14, vengono elencati di seguito i differenti dispositivi:

- 1) Presegnalatori (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.

### 1.6.2 Normativa Svizzera

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

I dispositivi di moderazione del traffico vengono differenziati e classificati in funzione delle caratteristiche delle strade interessate dall'intervento (Figura 1.15).

	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 incrocio 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 1.15: Interventi di moderazione del traffico in funzione delle caratteristiche delle strade oggetto di intervento. [7]

Le tipologie di intervento possono essere divise in due gruppi in funzione delle finalità: il primo gruppo riguarda la riduzione del flusso di traffico, il secondo la riduzione delle velocità (Tabella 1.6).

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

Tabella 1.6: Tipologie di intervento suddivise in funzione delle finalità.

Per migliorare qualitativamente l'intervento è sufficiente combinare tra loro, in modo opportuno, i differenti sistemi.

Di seguito vengono inserite delle immagini esplicative dei differenti interventi [7] (Figura 1.16, 1.17).

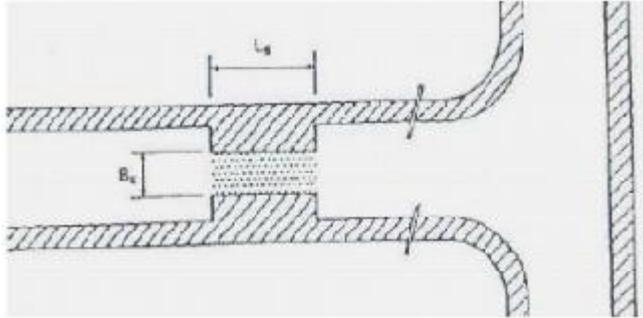
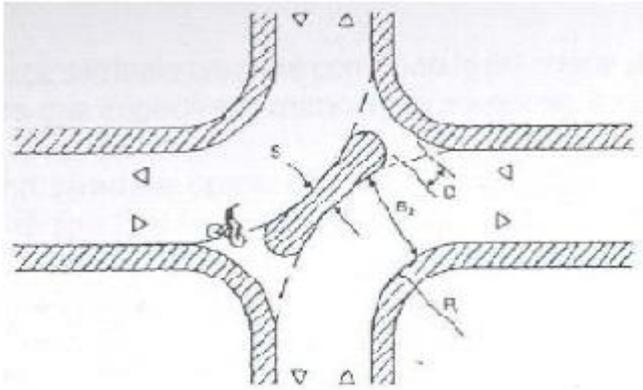
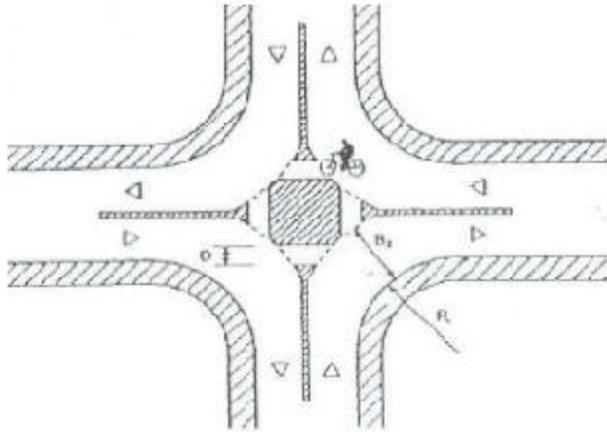
<b>INTERVENTI PER LA RIDUZIONE DEL TRAFFICO</b>	
<p><b><i>Ostacolo trasversale:</i></b>                      elemento strutturale che impedisce agli utenti motorizzati di utilizzare i collegamenti stradali ordinari.</p>	
<p><b><i>Ostacolo diagonale</i></b></p>	
<p><b><i>Ostacolo centrale</i></b></p>	
<p><b><i>Ostacolo all'intersezione</i></b> è l'insieme degli elementi infrastrutturali finalizzati all'interruzione parziale o totale dei flussi di traffico in una o più direzioni.</p>	

Figura 1.16: Schemi di interventi per la riduzione del traffico [7].

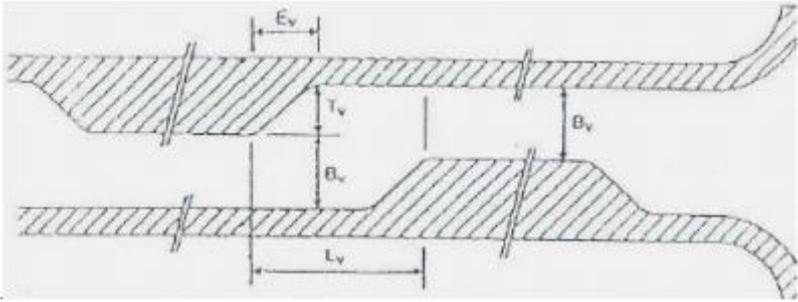
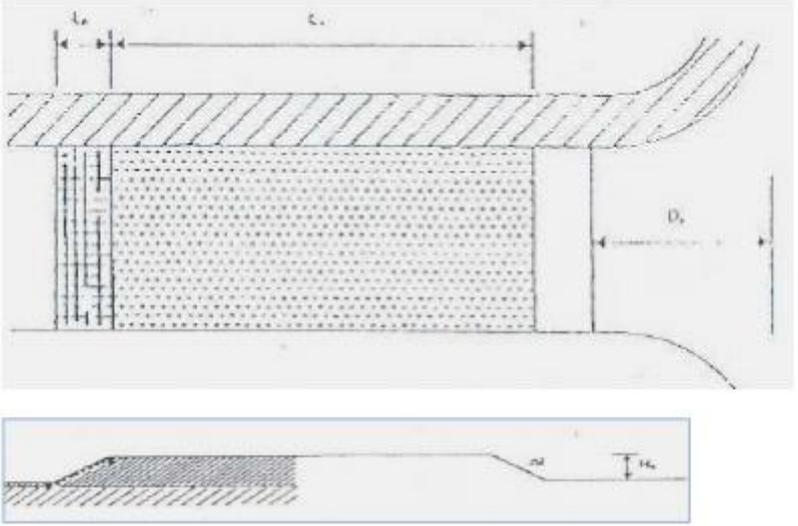
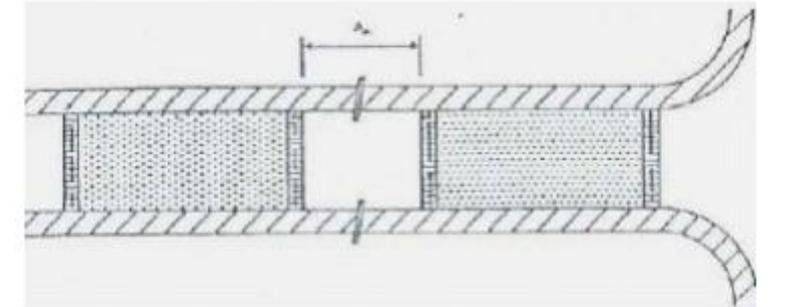
<b>INTERVENTI PER LA RIDUZIONE DELLE VELOCITA'</b>	
<p><b>Disassamento orizzontale della carreggiata:</b>                      traslazione planimetrica dell'asse stradale e la conseguente rottura della linearità del tracciato.</p>	
<p><b>Sopraelevazione della pavimentazione stradale:</b>                      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 1.17: Schemi di interventi per la riduzione delle velocità [7].

### **1.6.3 Normativa Irlandese**

Le “Guidelines on traffic calming for towns and villages on national route” (redatte dall’NRA , National Road Authority) nascono da valutazioni effettuate su numerosi interventi realizzati in Irlanda negli anni novanta. Tali norme si basano su interventi di traffic calming effettuati su strade nazionali che attraversano o interessano villaggi e piccoli centri abitati.

Queste linee guida hanno lo scopo di fornire delle valide indicazioni sull’individuazione e sul trattamento delle zone di transizione, ovvero dei tronchi 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. Questo concetto è molto importante 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. È infatti dimostrato 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.

Affinchè la zona di transizione crei nell’utente una corretta percezione dell’ambiente circostante e ne modifichi il comportamento di guida in termini di velocità è necessario introdurre, in modo progressivo, degli elementi verticali fino ad ottenere, in corrispondenza dell’ingresso all’abitato (gateway), che l’altezza degli elementi verticali (Figura 1.18) sia pari alla larghezza della strada. Il gateway rappresenta, infatti, la fine della zona di transizione. Per questo motivo è opportuno che sia

visibile da una distanza pari alla distanza di arresto, quest'ultima calcolata, per ogni singolo caso, in relazione alla velocità operativa  $V_{85}$ .

L'esperienza irlandese afferma che, in condizioni ideali (Figura 1.19), 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 [8].

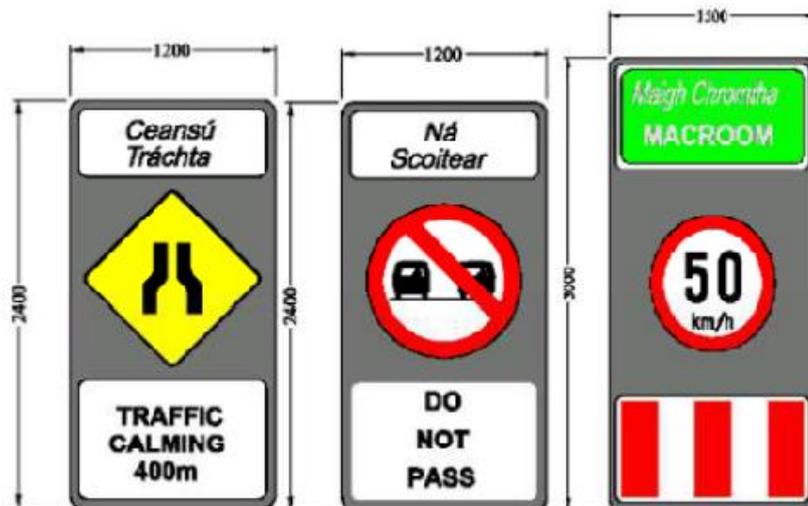
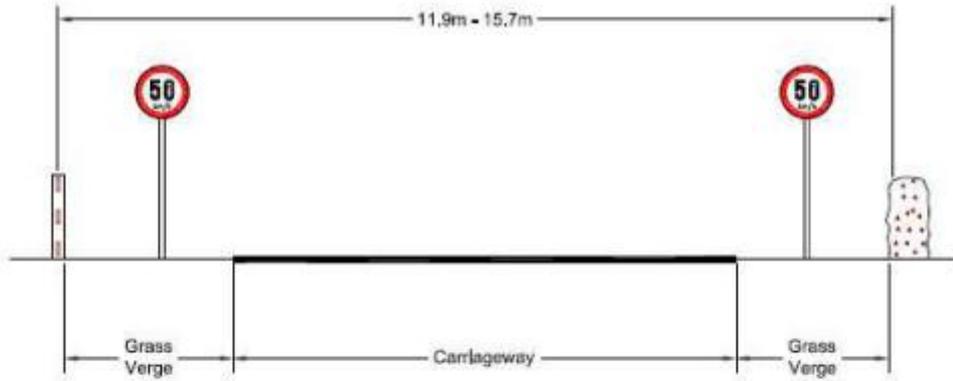
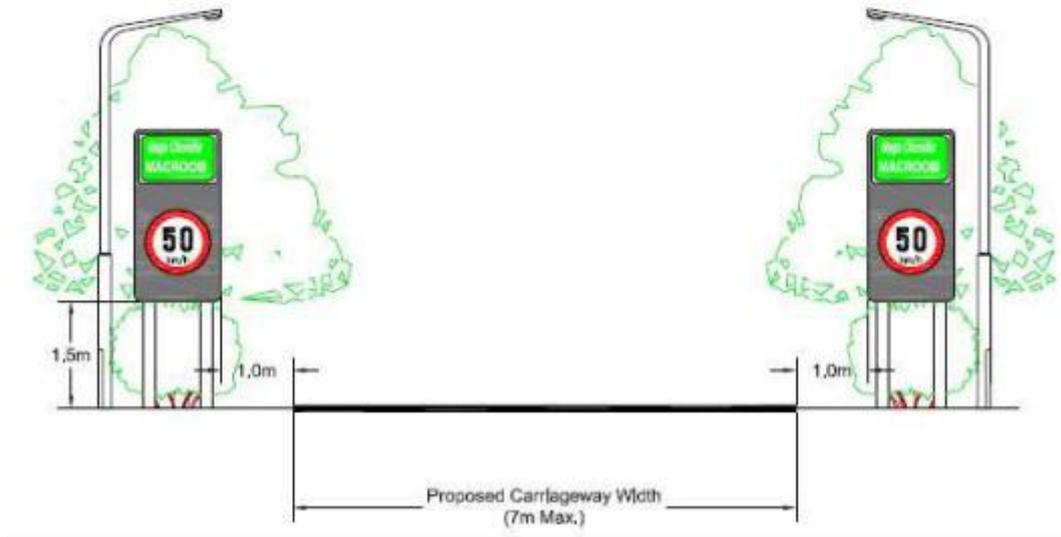


Figura 1.18: Segnaletica verticale.



EXISTING ELEVATION



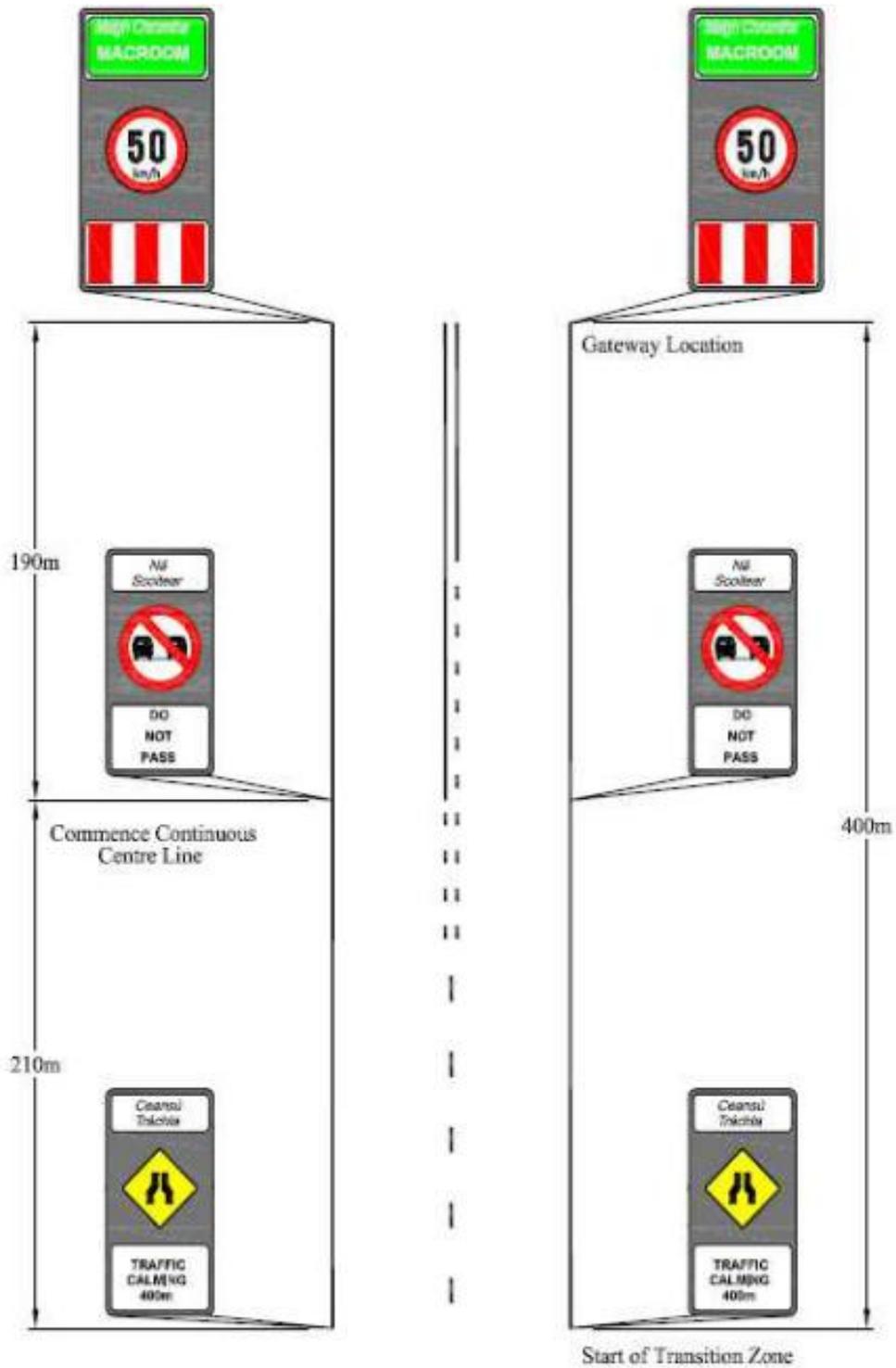


Figura 1.19: La zona di transizione in condizioni ideali [9]

A seguire alcuni esempi di configurazione di zone di transizione:

- ambito semi rurale (Figura 1.20);
- ambito rurale (Figura 1.21).

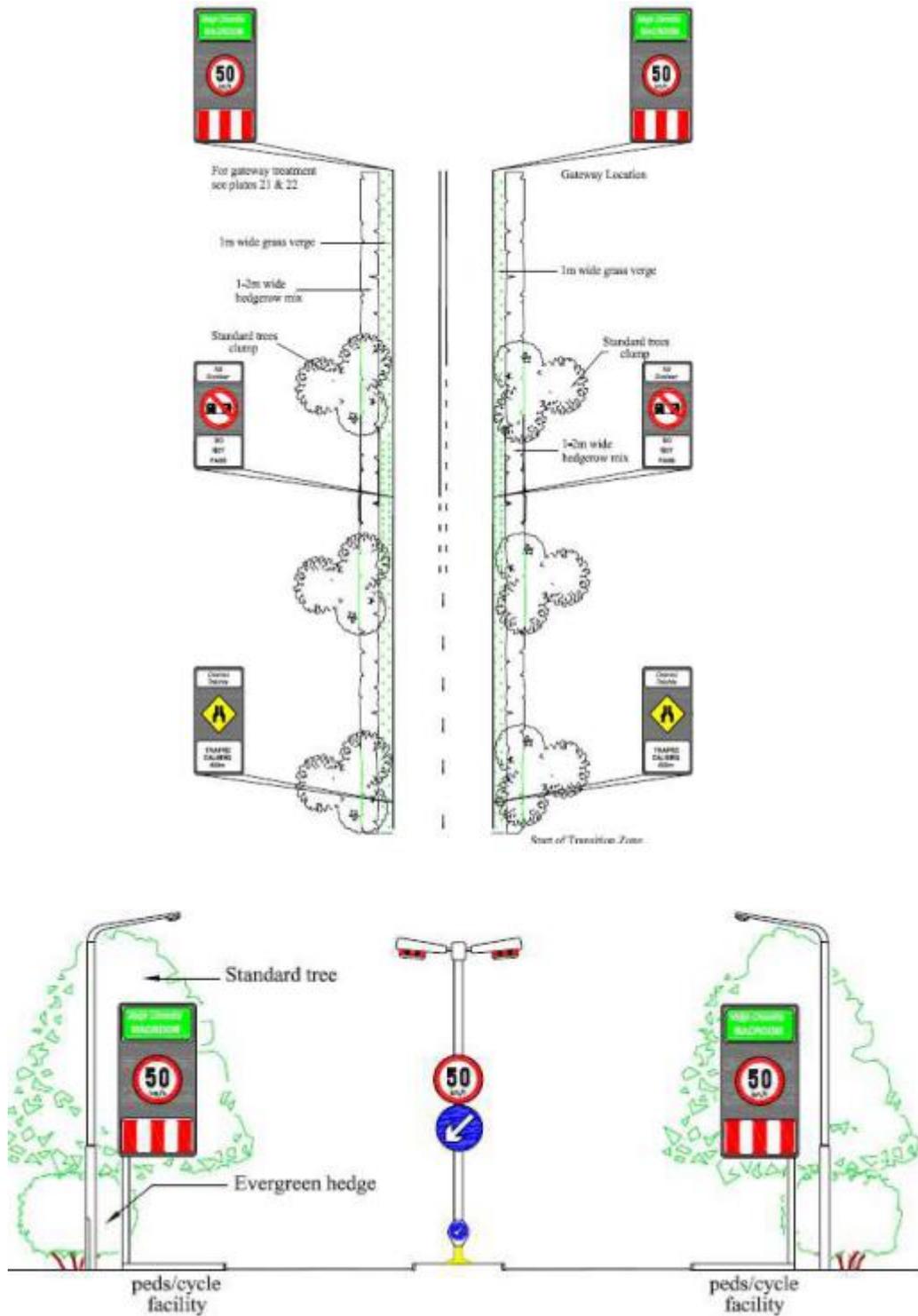


Figura 1.20: La zona di transizione in ambito semi-rurale [9].

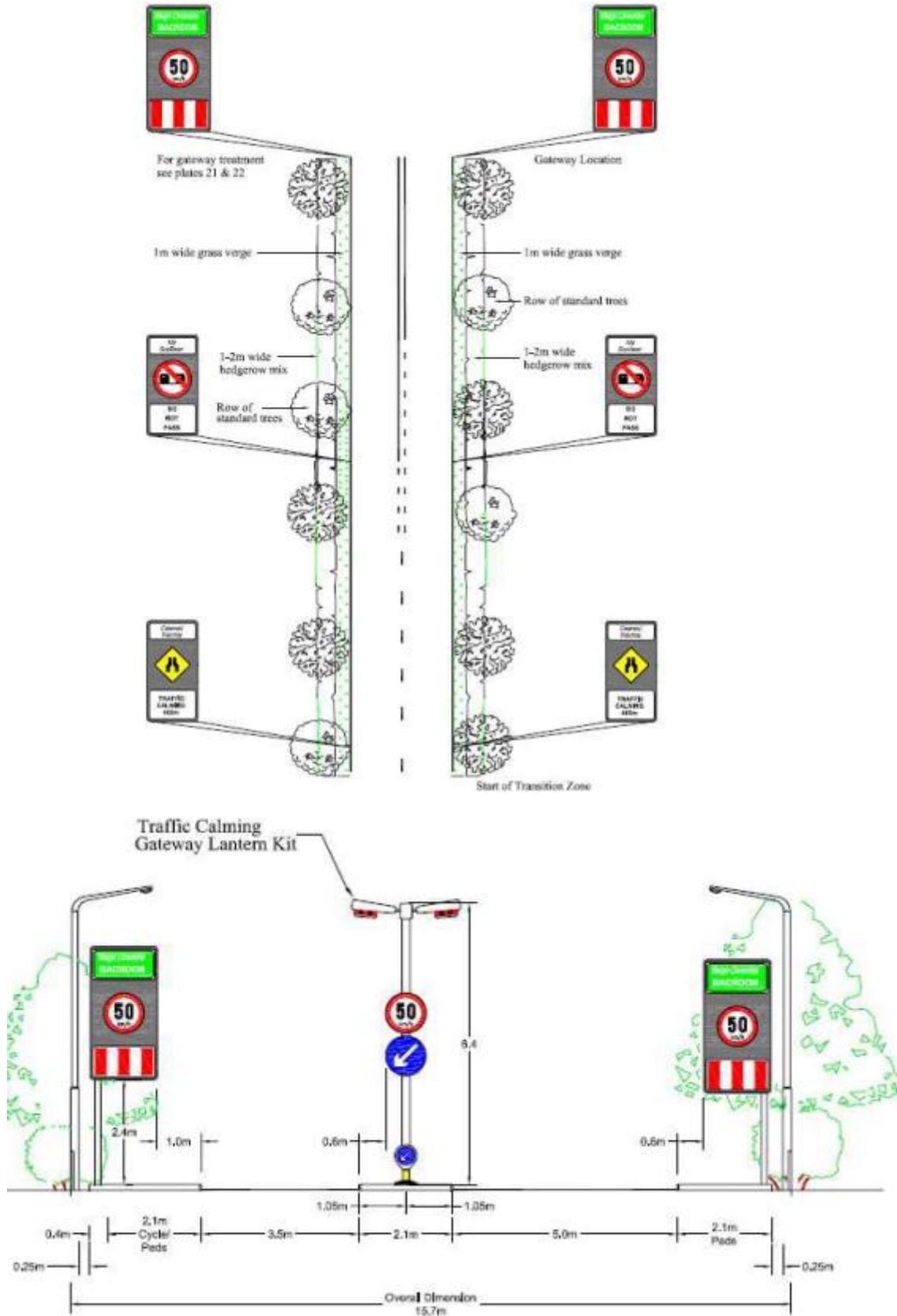


Figura 1.21: La zona di transizione in ambito rurale [9].

## **CAPITOLO 2**

### **IL CASO DI STUDIO: S.P.610 "SELICE-MONTANARA"**

#### ***2.1 Inquadramento territoriale***

La strada provinciale SP 610 "Selice-Montanara" costituisce un'importante arteria di collegamento tra Bologna e Firenze. È caratterizzata da un andamento plano-altimetrico abbastanza regolare con un piano viabile di larghezza media di circa 6,50 m. Ha origine dalla strada statale 16 Adriatica e, dopo aver raggiunto il centro abitato di Lavezzola, si dirama in direzione sud-ovest, costeggiando Conselice fino ad arrivare ad Imola. Superata quest'ultima, risale l'Appennino imolese costeggiando il fiume Santerno ed attraversando i centri abitati di Casalfiumanese, Borgo Tossignano Fontanelice e Castel del Rio. Entra quindi in Toscana e, dopo 15 km, raggiunge Fiorenzuola (Figura 2.1).

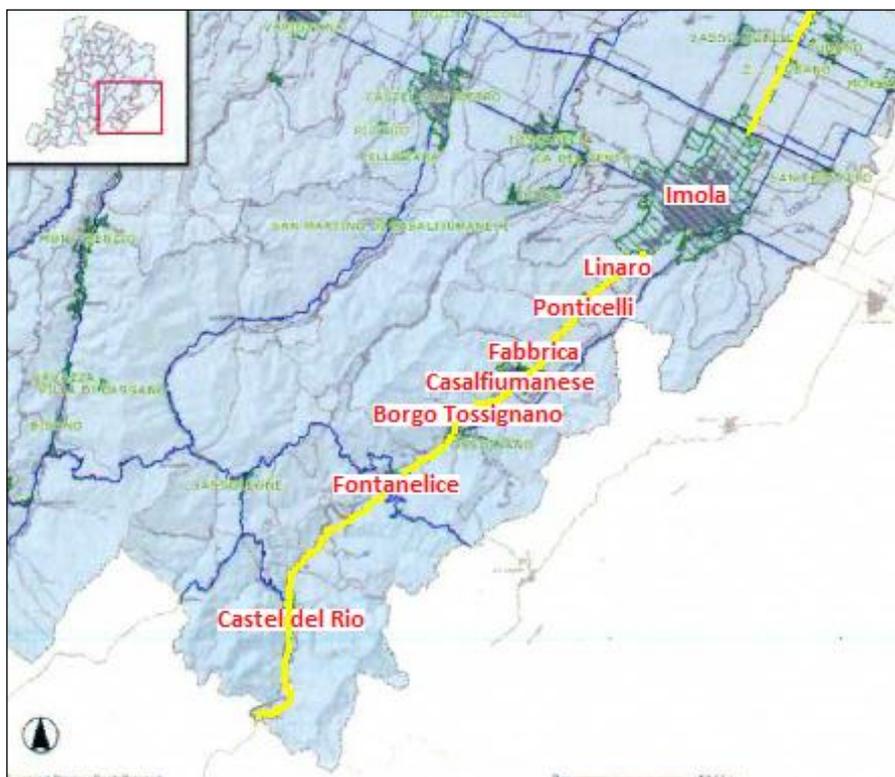


Figura 2.1: Planimetria S.P.610 "Selice-Montanara".

In seguito al decreto legislativo n. 112 del 1998, dal 2001 la gestione del tratto emiliano-romagnolo è passata dall'ANAS alla Regione Emilia-Romagna (che ha provveduto al trasferimento dell'infrastruttura al demanio della Provincia di Ravenna e della Provincia di Bologna per le tratte territorialmente competenti) mentre la gestione del tratto toscano è passata alla Regione Toscana che ha provveduto al trasferimento dell'infrastruttura al demanio della Provincia di Firenze.

Nonostante siano stati eseguiti lavori di ristrutturazione e ammodernamento finalizzati a migliorare le condizioni di circolazione dal punto di vista sia del traffico veicolare sia della sicurezza, la strada necessita di ulteriori interventi di manutenzione e di messa in sicurezza. Dall'analisi dell'incidentalità che la Provincia di Bologna redige annualmente risulta che, nel tratto compreso tra le progressive 37+000 e 62+594, cinque dei sette dei centri abitati attraversati dalla S.P.610 rientrano tra le prime venti tratte a maggior costo sociale dell'intera rete provinciale. Per questo motivo è stata indetta una procedura per l'appalto dei lavori di riqualificazione, adeguamento e messa in sicurezza per tale tratta della SP 610 nel territorio dei comuni di Imola, Casalfiumanese, Borgo Tossignano, Fontanelice e Castel del Rio.

## ***2.2 Tipologie di intervento***

Il progetto prevede i seguenti interventi:

- Consolidamento del ponte sul Rio Magnola al km 56+550 (zona Castel del Rio);
- Messa in sicurezza del tratto in prossimità del km 58+000 con sostituzione ed integrazione di reti paramassi;
- Realizzazione di un percorso ciclopedonale, ottenuto dal completamento di tre esistenti (presenti a Fontanelice, Borgo Tossignano e Ponticelli);
- Messa in sicurezza dei tornanti ai km 56+550 (ponte sul Rio Magnola), 57+450 (casa cantoniera S. Miniato) e 59+000 (Sorgente Valsalva) e la costruzione di cunette;
- Sostituzione delle barriere di sicurezza installate sui manufatti minori (nel tratto compreso tra Fontanelice e Castel del Rio);
- Messa in sicurezza della pavimentazione stradale e consolidamento del piano viabile in varie tratte dal km 49+000 al km 62+000;

- Messa in sicurezza dei centri abitati dal km 37+000 al km 62+594.

Ai fini di tale studio verrà esaminata solo quest'ultima tipologia di intervento.

### **2.3 Descrizione dell'intervento**

Studi di incidentalità condotti dalla provincia di Bologna affermano che cinque dei sette centri abitati (dal km 37 al km 62+594), interessati dal presente intervento di adeguamento e messa in sicurezza, rientrano tra le prime venti tratte stradali a maggior costo sociale dell'intera rete provinciale. Da notare è l'elevato tasso di incidenti che coinvolgono i pedoni che attraversano in corrispondenza delle strisce pedonali, strisce che spesso vengono ignorate dagli utenti "forti" della strada.

Il progetto prevede da un lato il rallentamento dei veicoli in ingresso ai centri abitati, dall'altro la protezione di tutti gli attraversamenti pedonali presenti sull'asse viario.

Per quanto riguarda il primo approccio, ovvero la protezione dei centri abitati, si è scelto di intervenire mediante l'inserimento di:

- *Chicane*, di larghezza standard (Figura 2.2) e di larghezza ridotta (Figura 2.3), create mediante la deviazione dell'asse stradale in entrata ai centri abitati e la separazione delle corsie di marcia tramite posa di cordoli sormontabili in gomma, in modo tale da creare un effetto di curva e controcurva che induca il conducente a diminuire la propria velocità. Per evitare che il cordolo centrale diventi un pericoloso ostacolo per la circolazione, si è preferito l'utilizzo di cordoli sormontabili di altezza massima pari a 7,5 cm ad alta visibilità, neri e gialli, opportunamente preannunciati da segnaletica orizzontale sperimentale a "dente di drago" al fine di indurre nel guidatore una sensazione di restringimento della corsia di marcia.

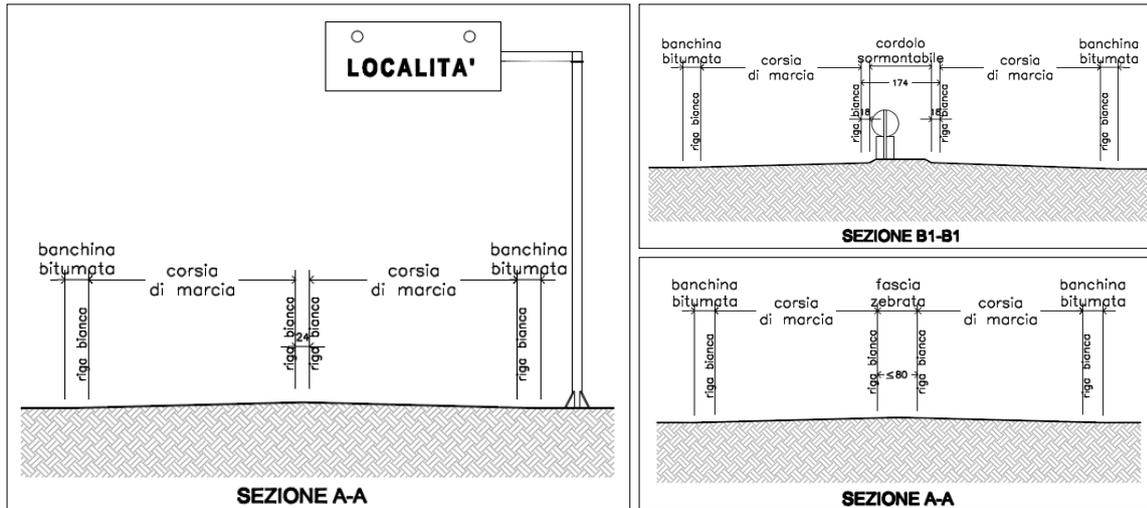


Figura 2.2a: Chicane di larghezza standard – Sezione trasversale.

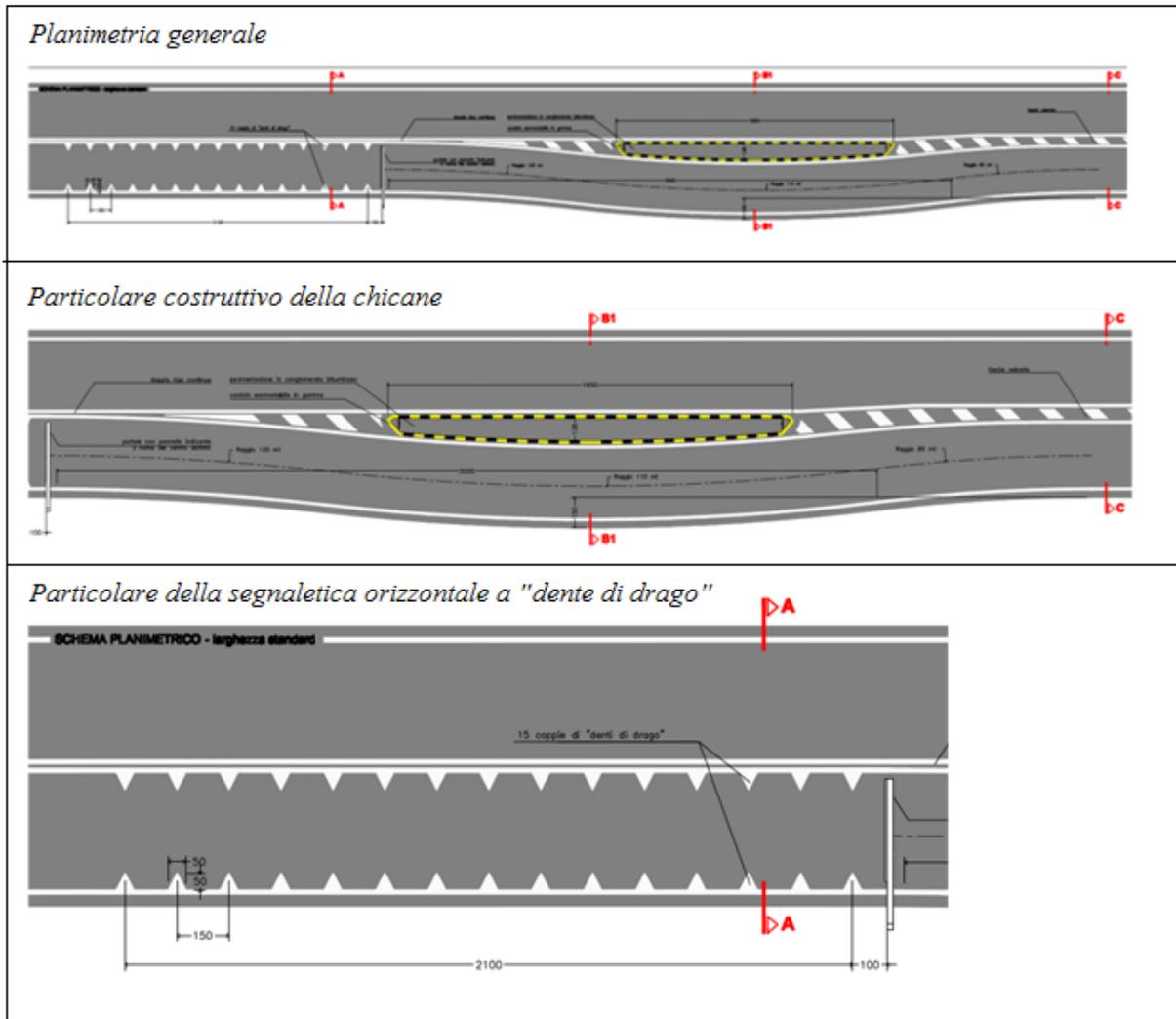


Figura 2.2b: Chicane di larghezza standard - Schema planimetrico.

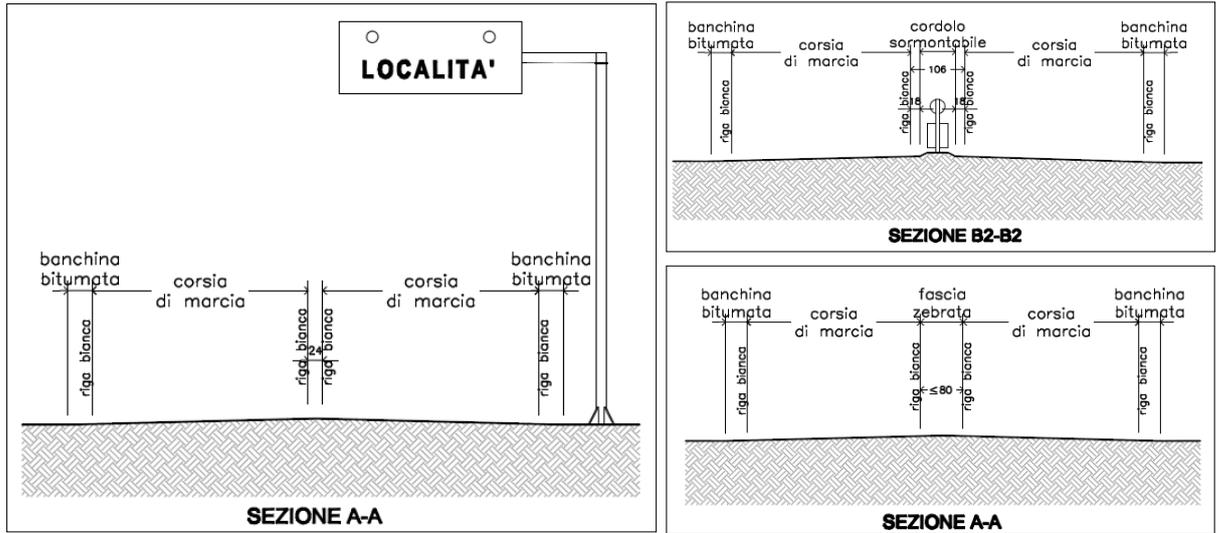


Figura 2.3a: Chicane di larghezza ridotta – Sezione trasversale.

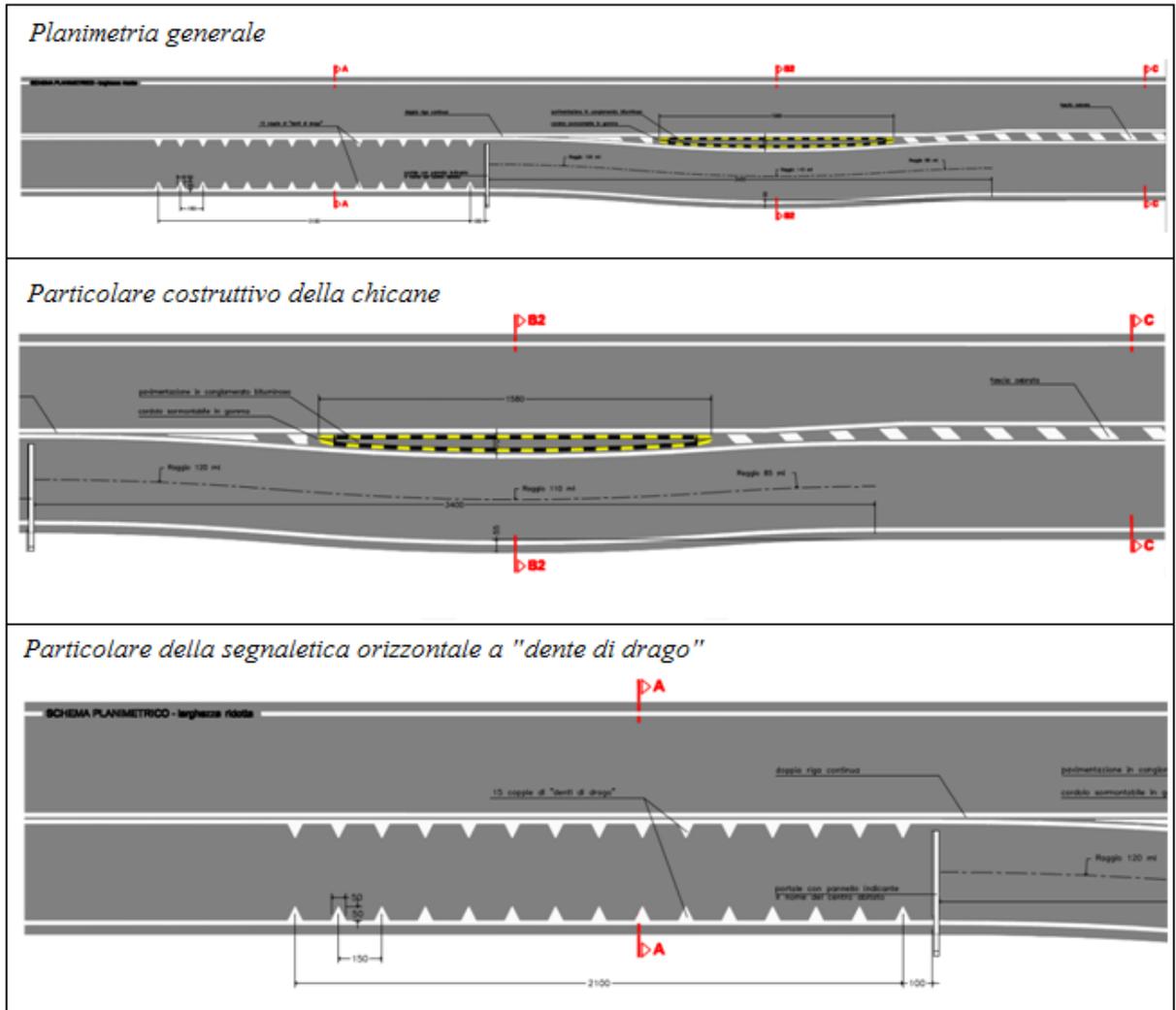


Figura 2.3b: Chicane di larghezza ridotta - Schema planimetrico.

- *Portali a bandiera*, sui quali sono stati montati i cartelli di centro abitato in associazione a due lampade a led collegate ad un sistema radar per il rilevamento della velocità: tale sistema ha la funzione di far lampeggiare le lampade al superamento della velocità massima consentita dei veicoli in avvicinamento (Figura 2.4);



Figura 2.4: Portale a bandiera - località Fontanelice.

- *Restringimento delle corsie* mediante una zebra centrale, nei tratti interni ai centri abitati (Figura 2.5).



Figura 2.5: Restringimento delle corsie.

Per quanto riguarda la protezione dei 32 attraversamenti pedonali presenti sulla tratta stradale oggetto di studio è stata prevista la realizzazione di cordoli in calcestruzzo non sormontabili, con riempimento in ciottoli di fiume di diversa pezzatura in funzione delle diverse sezioni stradali, per creare una protezione fisica degli utenti deboli. È stato previsto, inoltre, di evidenziare la zona di attraversamento mediante la posa di gocciato bicomponente nero per creare un maggior contrasto con le zebraure (Figura 2.6) e di installare portali a bandiera dotati di opportuna segnaletica e di una lampada che illumini la fascia di attraversamento (Figura 2.7).

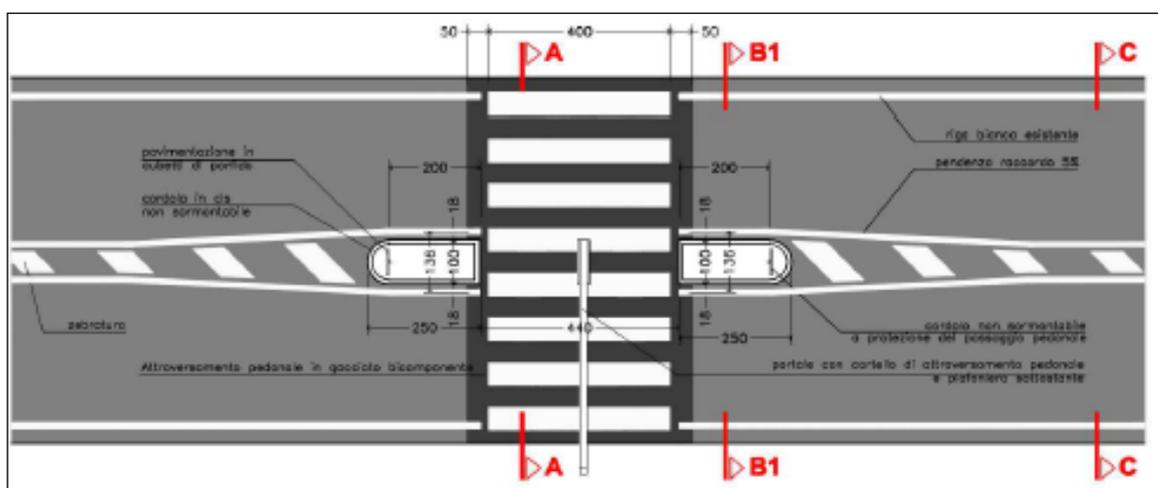


Figura 2.6 a: Schema planimetrico dell'attraversamento pedonale- larghezza della carreggiata standard.

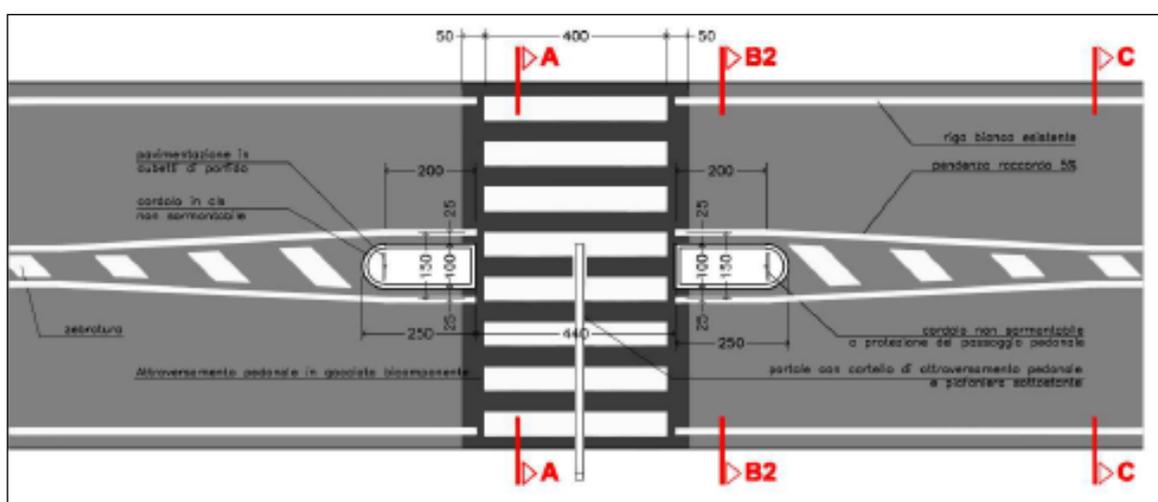


Figura 2.6 b: Schema planimetrico dell'attraversamento pedonale- larghezza della carreggiata superiore a 7,5m.

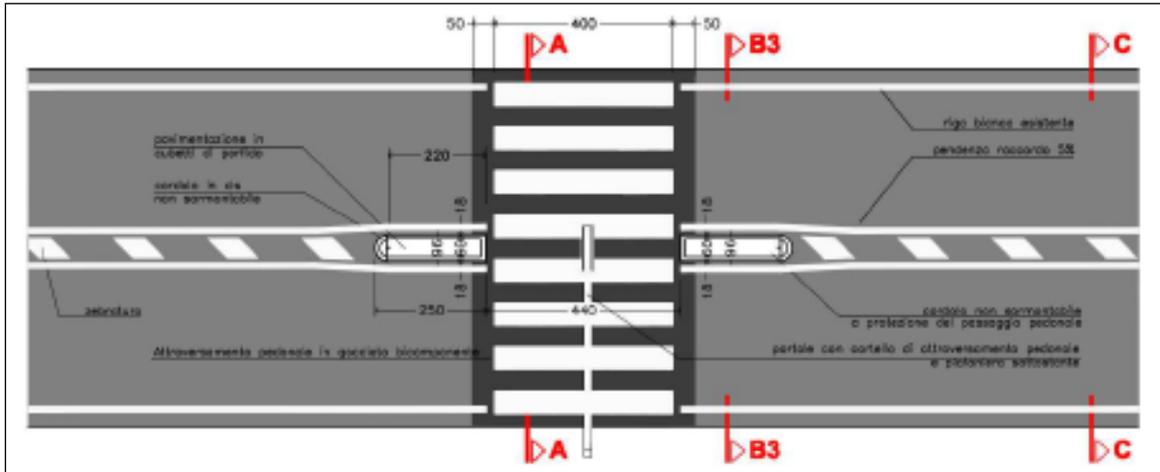


Figura 2.6 c: Schema planimetrico dell'attraversamento pedonale- larghezza della carreggiata ridotta.

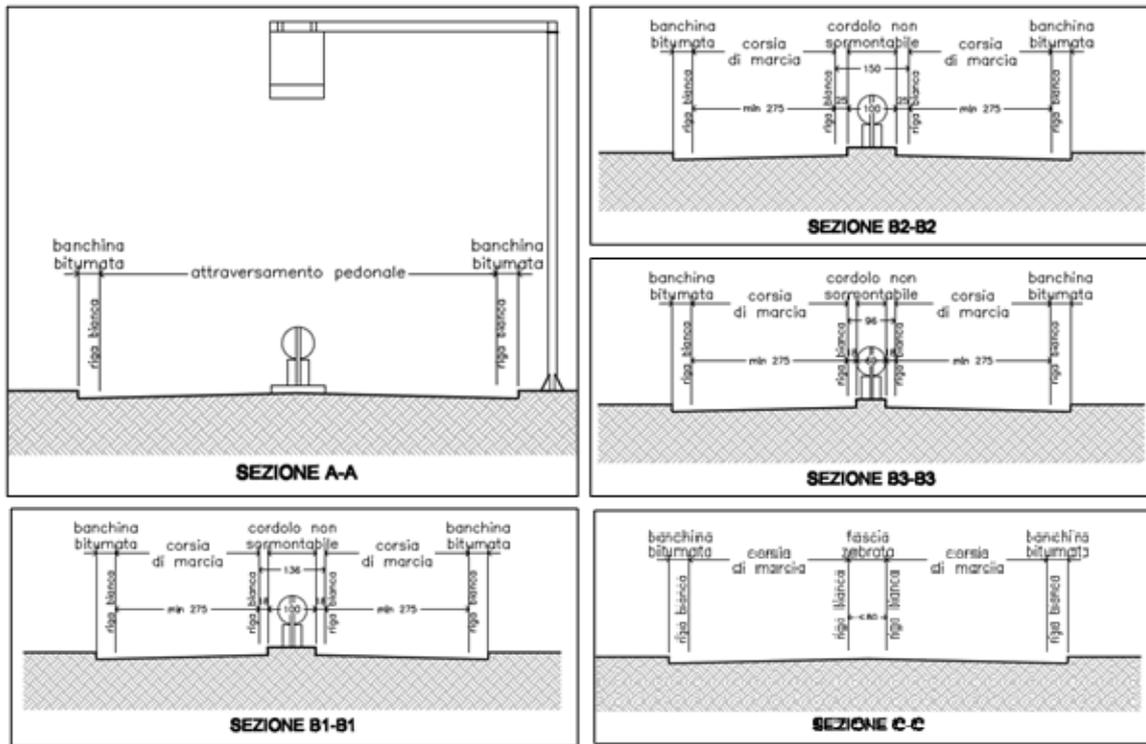


Figura 2.6 d: Sezione trasversale dell'attraversamento pedonale.



*Figura 2.7: Possibile schema di intervento.*

All'interno dei centri abitati di Fontanelice e Castel del Rio, al fine di sottolineare alcuni punti di particolare pregio storico-architettonico, verrà realizzato un cordolo centrale sormontabile in porfido a collegamento di due attraversamenti pedonali in prossimità degli ingressi ai centri storici.

Infine su alcuni passaggi pedonali strategicamente più delicati (per esempio in prossimità di scuole) si è deciso di intervenire con la posa di semafori pedonali a chiamata.

Di seguito, per ciascun centro abitato si riporta la planimetria generale, lo stato di fatto e quello di progetto [13].

### 2.3.1 Castel del Rio

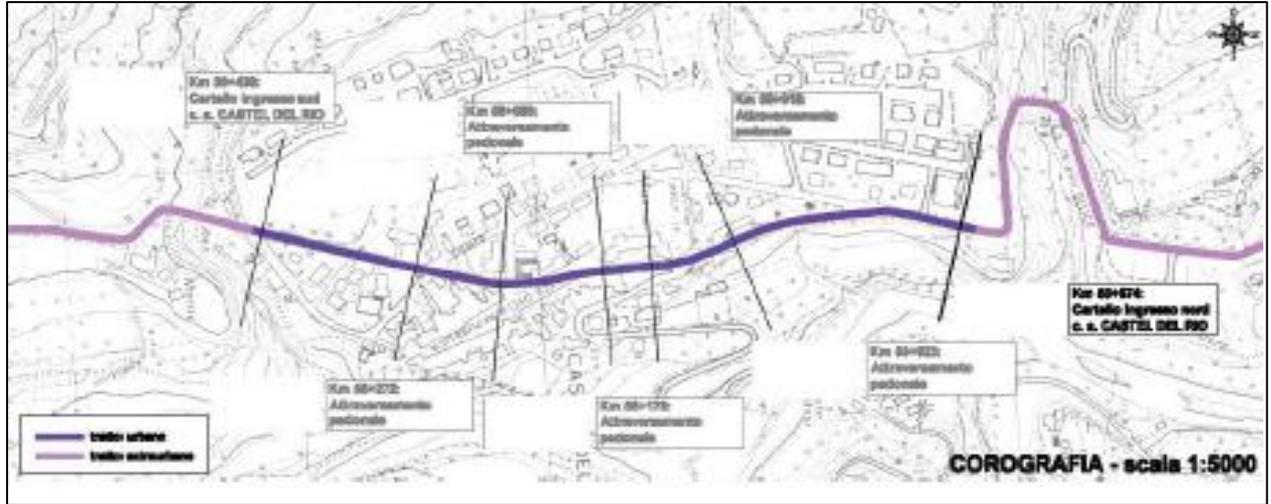


Figura 2.8: Pianificazione degli interventi.

#### Portale d'ingresso nord, km 55+674



Figura 2.9: Stato di fatto ingresso nord e fotosimulazione dell'intervento.

#### Portale d'ingresso sud, km 56+438



Figura 2.10: Stato di fatto ingresso sud e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 55+923



*Figura 2.11: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 56+016



*Figura 2.12: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 56+068



*Figura 2.13: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 56+178



Figura 2.14: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 56+272



Figura 2.15: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

### 2.3.2 Fontanelice

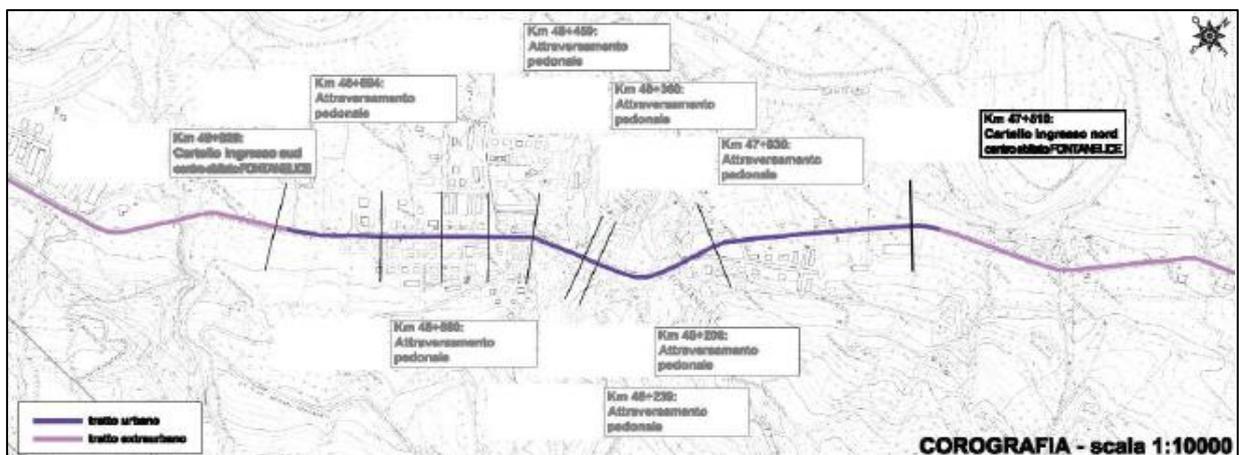


Figura 2.16: Pianificazione degli interventi.

Portale d'ingresso nord, km 47+510



*Figura 2.17: Stato di fatto ingresso nord e fotosimulazione dell'intervento.*

Portale d'ingresso sud, km 48+9283



*Figura 2.18: Stato di fatto ingresso sud e fotosimulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 48+694



*Figura 2.19: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 48+560



Figura 2.20: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 48+459



Figura 2.21: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 48+360



Figura 2.22: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 48+239



*Figura 2.23: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 48+206



*Figura 2.24: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 47+930



*Figura 2.25: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.*

### 2.3.3 Borgo Tossignano

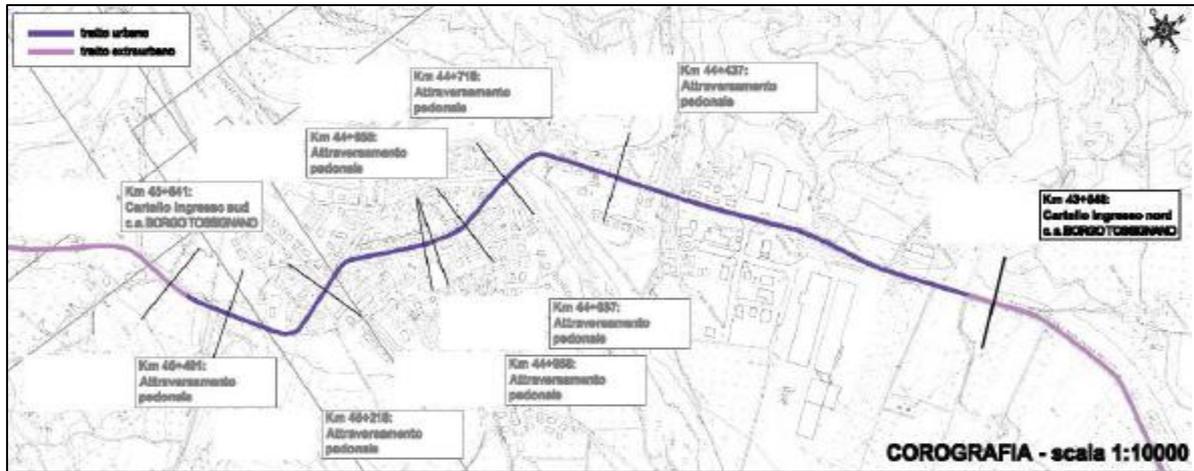


Figura 2.26: Pianificazione degli interventi.

#### Portale d'ingresso nord, km 43+546



Figura 2.27: Stato di fatto ingresso nord e fotosimulazione dell'intervento.

#### Portale d'ingresso sud, km 45+620



Figura 2.28: Stato di fatto portale d'ingresso sud e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 45+491



*Figura 2.29: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 45+218



*Figura 2.30: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 44+958



*Figura 2.31: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 44+937



Figura 2.32: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 44+855



Figura 2.33: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 44+718



Figura 2.34: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 44+437

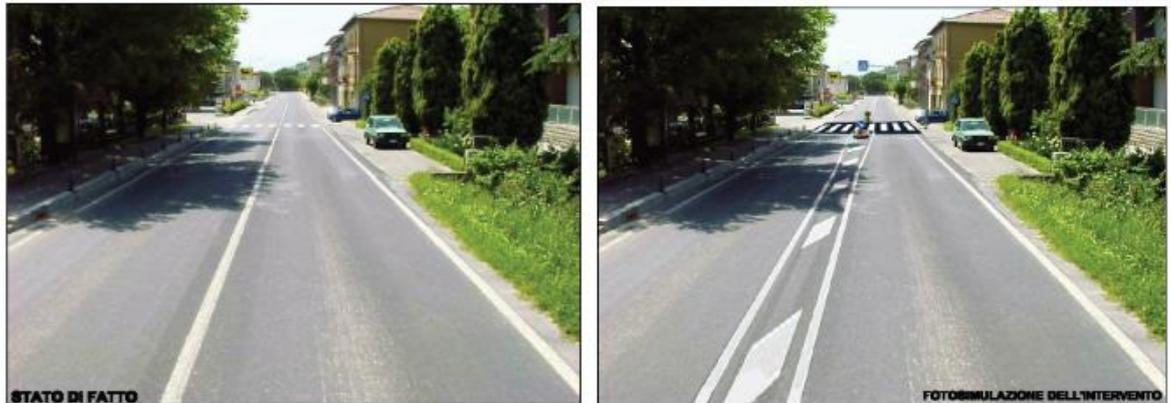


Figura 2.35: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

### 2.3.4 Casalfiumanese

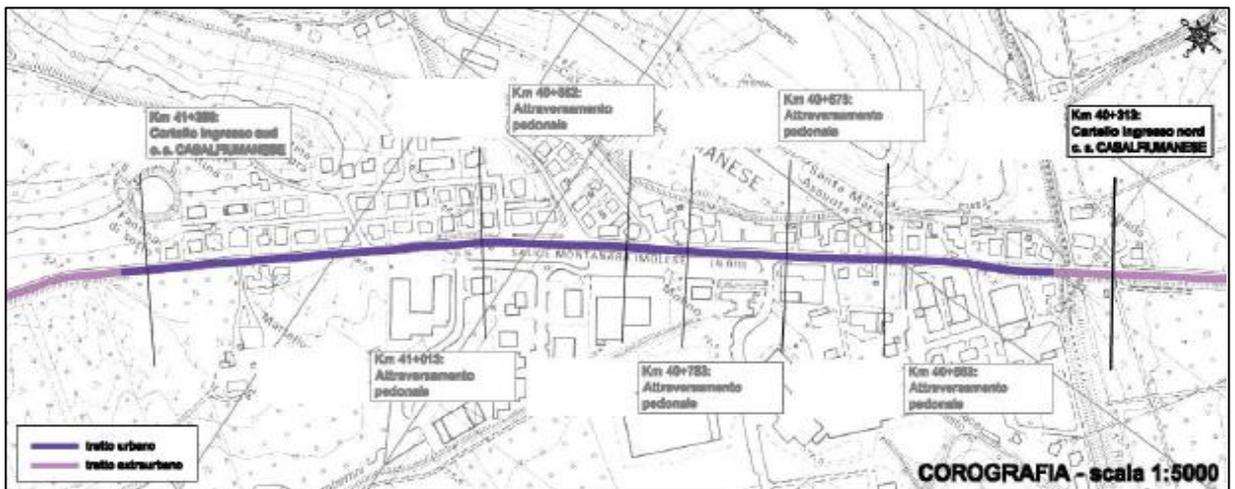


Figura 2.36: Pianificazione degli interventi.

Portale d'ingresso nord, km 40+313



Figura 2.37: Stato di fatto ingresso nord e fotosimulazione dell'intervento.

Portale d'ingresso sud, km 41+389



Figura 2.38: Stato di fatto ingresso sud e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 41+013



Figura 2.39: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 40+852



Figura 2.40: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 40+783



Figura 2.41: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 40+675



Figura 2.42: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 40+563



Figura 2.43: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

### 2.3.5 Fabbrica

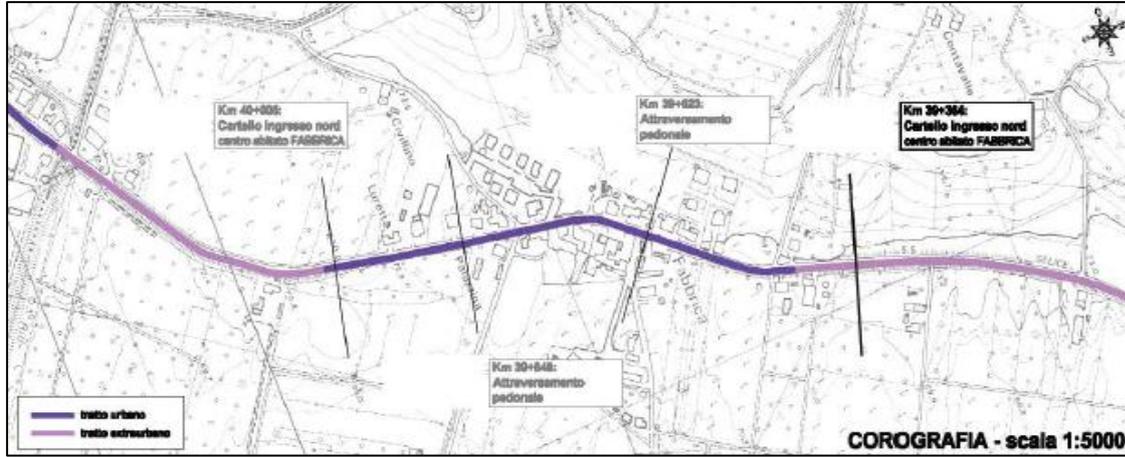


Figura 2.44: Pianificazione degli interventi.

#### Portale d'ingresso nord, km 39+364

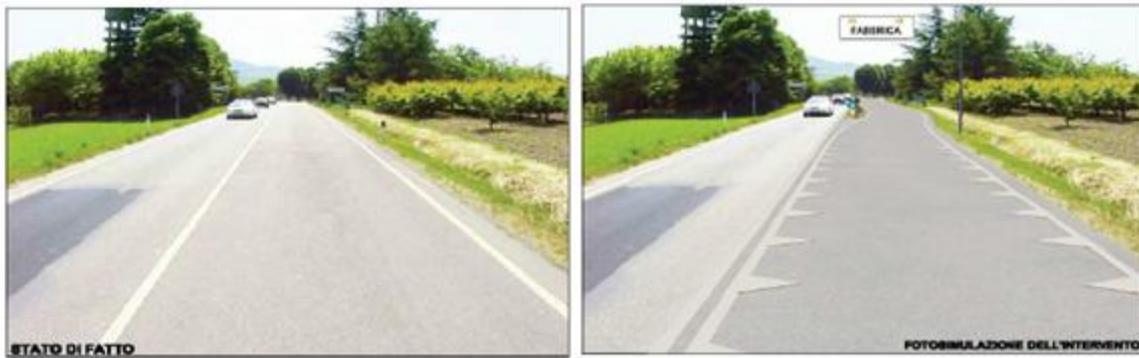


Figura 2.45: Stato di fatto ingresso nord e fotosimulazione dell'intervento.

#### Portale d'ingresso sud, km 40+005



Figura 2.46: Stato di fatto ingresso sud e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 39+848



Figura 2.47: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 39+623



Figura 2.48: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.

### 2.3.6 Ponticelli

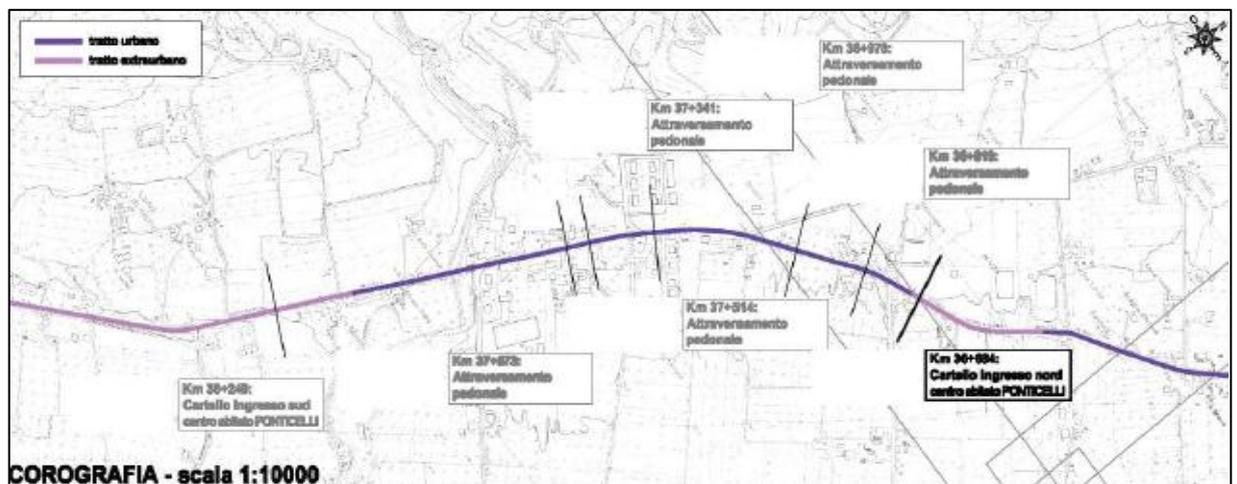


Figura 2.49: Pianificazione interventi

Portale d'ingresso nord, km 36+684



Figura 2.50: Stato di fatto ingresso nord e fotosimulazione dell'intervento.

Portale d'ingresso sud, km 38+249



Figura 2.51: Stato di fatto ingresso sud e fotosimulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 37+573



Figura 2.52: Stato di fatto attraversamento pedonale e foto simulazione dell'intervento.

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 37+341



*Figura 2.53: Stato di fatto attraversamento pedonale e foto simulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 36+978



*Figura 2.54: Stato di fatto attraversamento pedonale e foto simulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 37+573



*Figura 2.55: Stato di fatto attraversamento pedonale e foto simulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 36+819



Figura 2.56: Stato di fatto attraversamento pedonale e foto simulazione dell'intervento.

**2.3.7 Linaro**

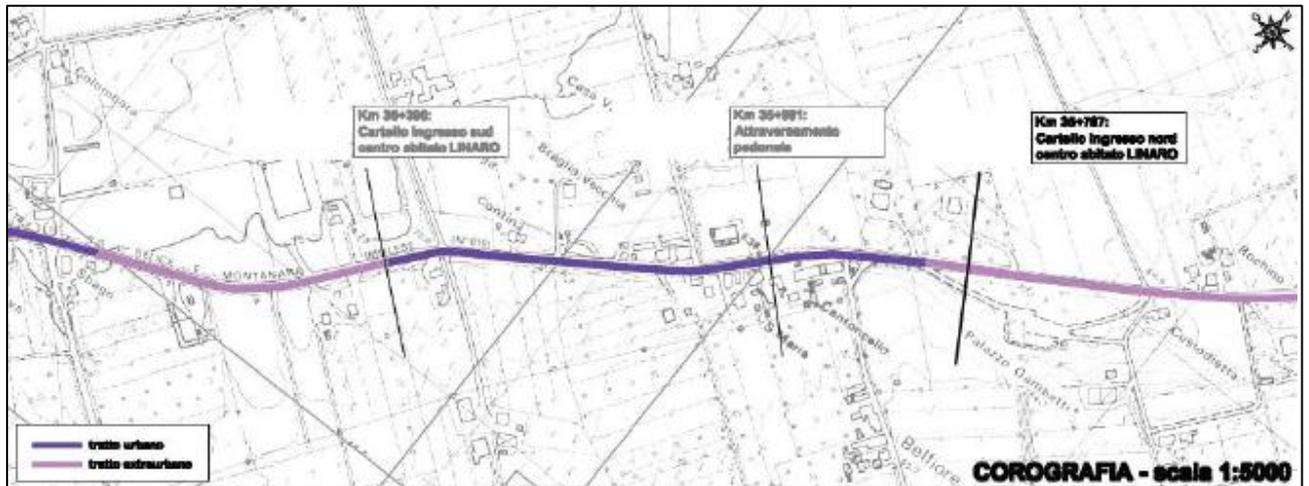


Figura 2.57: Pianificazione degli interventi.

Portale d'ingresso nord, km 35+787



Figura 2.58: Stato di fatto ingresso nord e fotosimulazione intervento.

Portale d'ingresso sud, km 36+376



*Figura 2.59: Stato di fatto ingresso sud e fotosimulazione dell'intervento.*

Messa in sicurezza attraversamento pedonale, km 35+991



*Figura 2.60: Stato di fatto attraversamento pedonale e fotosimulazione dell'intervento.*



## **CAPITOLO 3**

### **VALUTAZIONE PRELIMINARE DELL'EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI TRAFFIC CALMING PROPOSTI PER LA SP 610**

#### ***3.1 Introduzione***

Oggetto del presente capitolo è una valutazione preliminare dell'efficacia degli interventi di traffic calming proposti per la SP 610 mediante il confronto con altre applicazioni simili reperite in letteratura. La ricerca di casi di studio analoghi a quelli proposti nel progetto della Provincia di Bologna costituisce, infatti, un ottimo strumento di valutazione dell'efficienza e della sicurezza della circolazione in condizioni di esercizio. Di seguito si riportano alcuni esempi significativi di interventi di moderazione del traffico effettuati in Italia e in Europa al fine di confermarne l'efficacia nei tronchi di attraversamento.

#### ***3.2 Esempi di traffic calming in Italia***

##### ***3.2.1 Il caso della SP25A, comune di Giffoni Sei Casali (Sa)***

Il tronco stradale scelto per questa sperimentazione [10] fa parte della SP25A, strada appartenente al comune di Giffoni Sei Casali, in provincia di Salerno, che collega la rete locale del sistema territoriale dei "Monti Picentini" all'autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria (Figura 3.1).

In particolare il tronco stradale in esame attraversa il centro abitato "Le Malche" del Comune di Giffoni Sei Casali, si estende per una lunghezza di circa 1300 m ed è caratterizzato da una pendenza longitudinale media pari a circa il 2%. La scelta di questo specifico tratto deriva dal fatto che nel 2007 l'Amministrazione Comunale ha realizzato alcuni interventi di moderazione del traffico (porte di accesso).

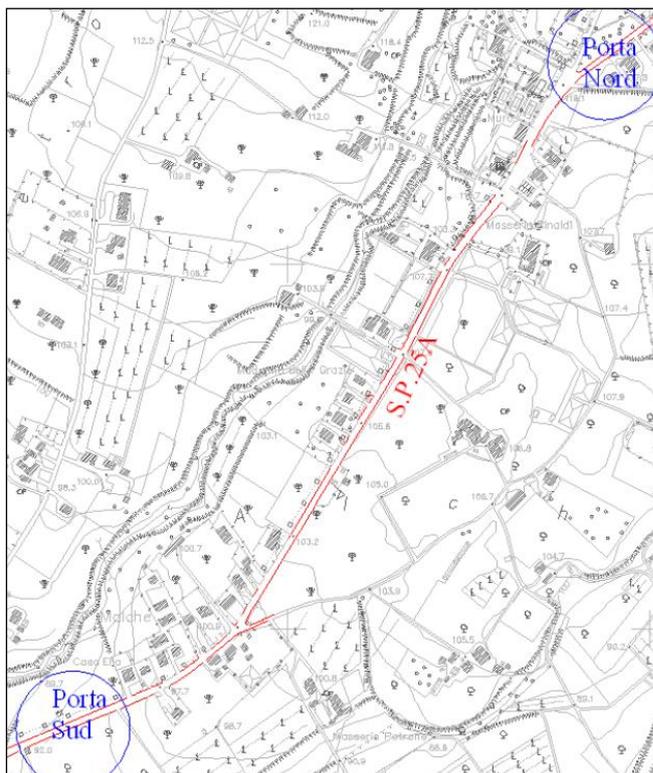


Figura 3.1: Tratto stradale oggetto di studio.

A ridosso dell'area d'intervento sono presenti tre incroci caratterizzati da configurazioni non ottimali quali piccoli angoli d'incidenza, elevate pendenze dei bracci secondari, localizzazione a ridosso di curve e problemi di visibilità. In particolare la parte del tronco stradale appartenente all'ambito urbano presenta in media 2 accessi ogni 100 m, per un totale di 29 tra immissioni di strade di quartiere ed accessi privati.

In corrispondenza dei tratti terminali e per una lunghezza pari a 50 m del tronco oggetto dell'intervento, 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 3.2).

Le porte sono composte da due parti funzionalmente distinte:

- la zona di transizione (di lunghezza pari a 40 m) costituita da denti di drago e bande sonore con 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 che costituisce, invece, l'elemento di separazione tra i due ambienti stradali differenti [11].



Figura 3.2: Rilievo fotografico delle due porte d'accesso all'abitato.

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 in condizioni di strada bagnata (tipo anti-skid split-mastix). Tra quest'ultimo ed il binder esistente è stata realizzata una mano di attacco con bitume modificato.

In corrispondenza del portale a bandiera sono presenti (Figura3.3):

- strisce in laminato elastoplastico di colore rosso della larghezza di 50 cm ortogonali al senso di marcia;
- strisce orizzontali in termocolato plastico con spessore complessivo 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 un supporto realizzato con lo stesso materiale di larghezza pari a 12 cm, ad interasse di 0,50 m (9 bande per ciascuna serie) e per una estensione di 4,15 m;
- segnale di fine centro abitato in lamiera di alluminio con pellicola ad alta risposta luminosa e vita utile pari a 10 anni.

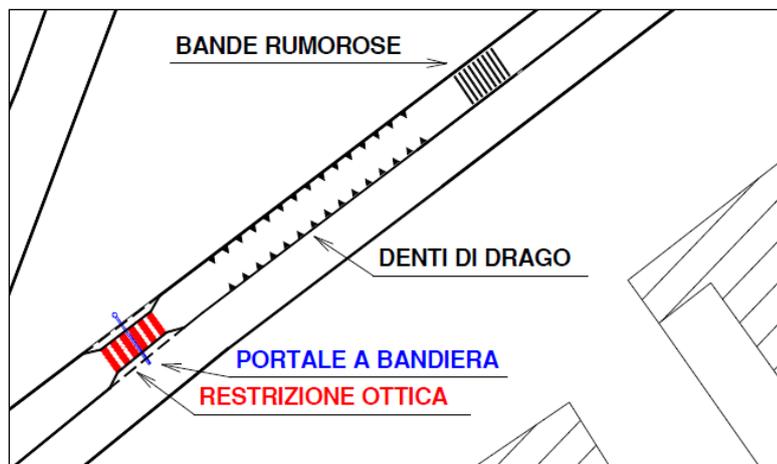


Figura 3.3: Schema planimetrico dell'intervento.

I sette passaggi pedonali presenti tra le due porte di accesso sono stati realizzati mediante il rifacimento dello strato superficiale in conglomerato bituminoso per usura del tipo anti-skid split-mastix, per una lunghezza pari a 5 m, e mediante il posizionamento di una zebratura costituita da strisce bianche in laminato elastoplastico del tipo autoadesivo per una lunghezza pari a 4 m.

L'obiettivo di tale sperimentazione sta nel valutare l'efficacia degli interventi di traffic calming proposti mediante un raffronto tra la distribuzione delle velocità operative rilevate in corrispondenza delle porte d'accesso e quelle rilevate in corrispondenza di sezioni sufficientemente lontane dagli interventi in modo da poter analizzare come quest'ultimi condizionano il comportamento del guidatore. La significatività delle differenze tra le distribuzioni è stata effettuata mediante i test parametrici di Student e di Fisher (applicabili esclusivamente in ipotesi di distribuzione normale) ed il test non parametrico di Kolmogorov-Smirnov.

Come prima cosa, nell'ottobre 2007, sono state rilevate le velocità di transito mediante il posizionamento di strumenti contatraffico "KV Laser" tipo autovelox opportunamente occultati alla vista dei conducenti al fine di non condizionarne il comportamento di guida. Tali strumenti, mediante l'emissione e la ricezione di una coppia di raggi laser a bassa potenza diretti perpendicolarmente all'asse stradale, hanno permesso la registrazione della velocità istantanea, della lunghezza e della direzione di marcia di ciascun veicolo. 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.

Dal diagramma delle velocità (Figura 3.4) rilevate in postazione fissa in corrispondenza della porta Nord si può osservare che le velocità decrescono sensibilmente in avvicinamento alla porta e si attestano sui 60 km/h a valle della zona porta. La riduzione delle velocità ( $\Delta V = 4$  km/h) più consistente 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 m.

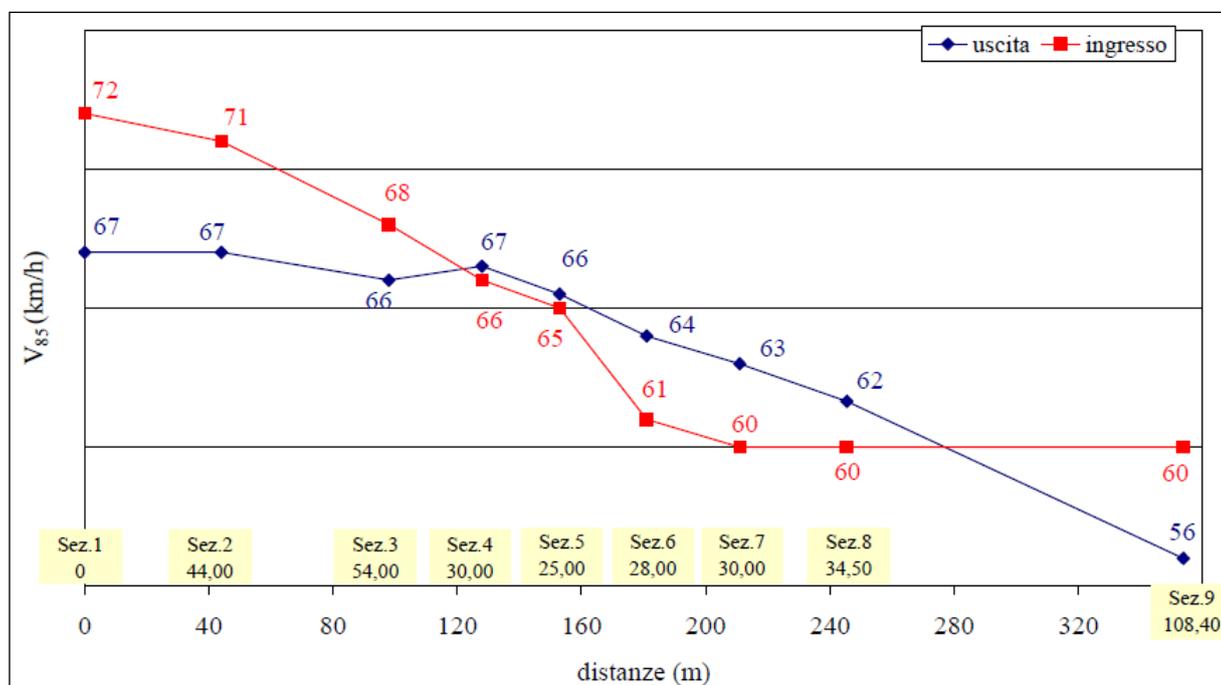


Figura 3.4: Diagramma delle velocità operative  $V_{85}$ .

In particolare, nelle tabelle 1 e 2, si evince l'esito del test di Student in cui si evidenzia che la probabilità di osservare un valore maggiore o uguale a quello campionario è molto inferiore sia al 5% sia all'1%.

Test t: due campioni assumendo uguale varianza		
	Variabile 1	Variabile 2
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		
	Variabile 1	Variabile 2
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	

Tabella 1: Porta nord, test di Student per  $\alpha = 0.05$  ed  $\alpha = 0.01$ .

Test t: due campioni assumendo uguale varianza		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	57,57	53,94
Varianza	116,23	134,52
Osservazioni	409	373
Varianza complessiva	124,95	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	780	
Stat t	4,55	
P(T<=t) una coda	3,15E-06	
t critico una coda	1,65	
P(T<=t) due code	6,31E-06	
t critico due code	1,96	

Test t: due campioni assumendo uguale varianza		
	Variabile 1	Variabile 2
Media	57,57	53,94
Varianza	116,23	134,52
Osservazioni	409	373
Varianza complessiva	124,95	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	780	
Stat t	4,55	
P(T<=t) una coda	3,15E-06	
t critico una coda	2,33	
P(T<=t) due code	6,31E-06	
t critico due code	2,58	

Tabella 2: Porta sud, test di Student per  $\alpha = 0.05$  ed  $\alpha = 0.01$ .

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

In conclusione queste analisi, fondate su misure di velocità in postazione fissa, consentono, mediante l'impiego di opportuni test statistici, di misurare l'influenza delle porte di accesso sul comportamento dei guidatori in ingresso ai centri abitati e di confermare che quest'ultime inducono rallentamenti significativi dei veicoli nel passaggio dall'ambito extraurbano all'ambito urbano. Si è riscontrato, inoltre, che tali interventi sono più efficienti quando le velocità incondizionate sono più elevate. Infine si può osservare che, oltre al condizionamento indotto dagli interventi, è influente anche dell'andamento plano-altimetrico del nastro stradale. Difatti velocità elevate sono state registrate in corrispondenza dell'ingresso da Nord all'abitato in coincidenza con strada in discesa e in rettilineo, a differenza dell'ingresso da Sud caratterizzato da andamento in salita e in curva.

### ***3.2.2 Il caso della SP39, comune di Teggiano (Sa) [6,8]***

La SP39 attraversa il comune di Teggiano, piccolo centro abitato in provincia di Salerno, con una popolazione di circa 8.500 abitanti. L'ingresso nord al centro abitato 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 m e le banchine larghe meno di 30 cm. Tra il km 3 ed il km 4 della SP39 sono presenti abitazioni ed attività commerciali isolate rispetto al principale agglomerato urbano del comune, senza però la presenza di infrastrutture pedonali. Inoltre, nonostante sia presente un limite di velocità pari a 50 km/h, le  $V_{85}$  rilevate durante la sperimentazione risultano superiori, in particolare: le velocità in ingresso a questo piccolo agglomerato urbano sono pari a 91 km/h per i veicoli provenienti da nord e 78 km/h per i veicoli provenienti da sud. Per questo motivo il tronco compreso tra il km 3 il km 4 è stato selezionato come sito di progetto con l'obiettivo di rendere le velocità operative congruenti con l'ambiente urbanizzato per i veicoli che viaggiano in entrambe le direzioni di marcia. Una volta definito il tratto di studio sono stati effettuati dei rilievi di velocità in cinque sezioni significative (Figura 3.5):

- 6 ore nelle sezioni 11 (850 veicoli), 13 (1109 veicoli), 14 (762 veicoli) e 15 (872 veicoli);
- 12 ore nella sezione 12 (2031 veicoli).

La sezione 12 rappresenta l'ingresso all'abitato per i veicoli diretti verso sud, mentre la sezione 15 rappresenta l'ingresso per i veicoli diretti verso nord.

Le velocità più elevate sono state registrate nella sezione 11 in entrambe le direzioni in quanto la sezione è esterna all'agglomerato urbano (Figura 3.6).

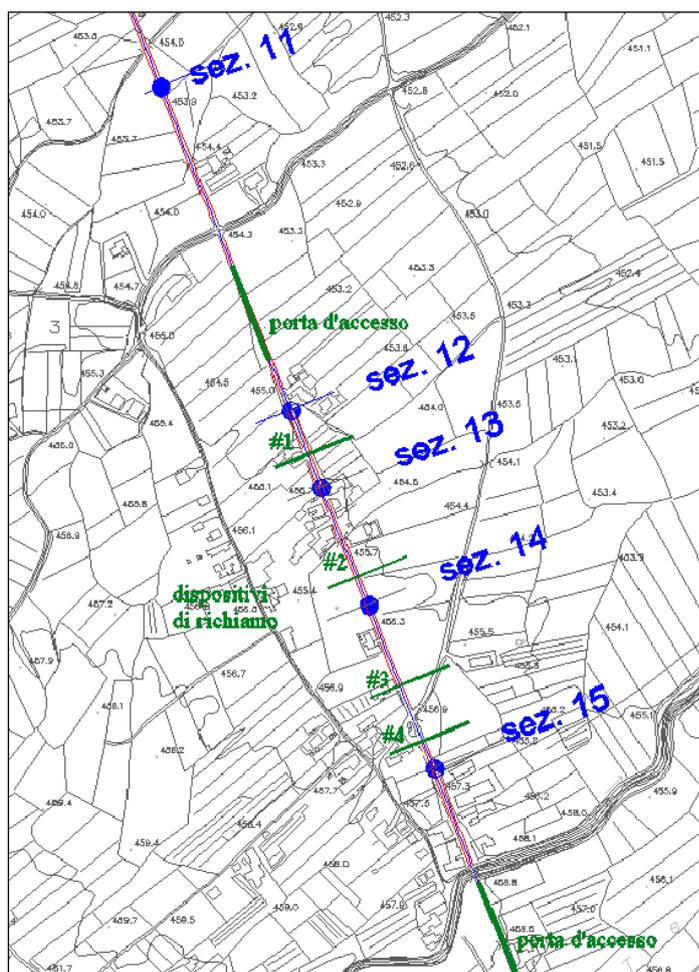


Figura 3.5: Localizzazione delle sezioni di misura e degli interventi di progetto.

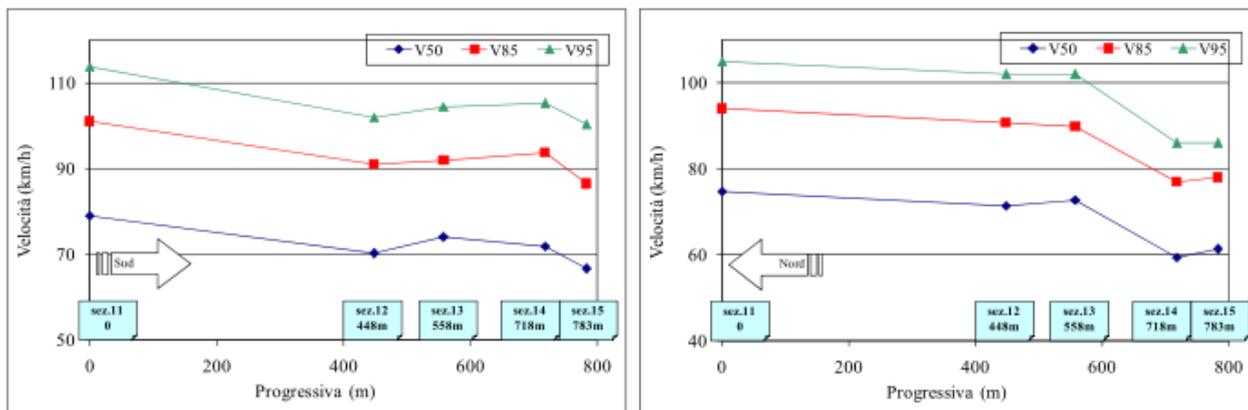


Figura 3.6: SP39, diagramma delle velocità in direzione sud e in direzione nord.

Alla luce di tali risultati si è deciso di intervenire mediante la realizzazione di due porte di accesso e di quattro dispositivi integrativi di moderazione del traffico: le prime hanno la funzione di rallentare esclusivamente i veicoli in ingresso al centro abitato, mentre i secondi, distanziati tra loro di circa 150 m, sono funzionali in entrambe le direzioni di marcia.

Per quanto riguarda le porte di accesso sono state previste due alternative di progetto:

- Soluzione 1

La prima soluzione prevede interventi di segnaletica, piantumazione ed arredo. In particolare è composta dai seguenti elementi (Figura 3.7):

- rallentatori di velocità ad effetto ottico: 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 (Tabella 3.1). Obiettivo dei rallentatori è preavvisare i conducenti dell'ingresso nella porta e attirare l'attenzione verso il successivo dispositivo di moderazione del traffico.

N striscia	L (cm)	Distanziamento (cm)	Interasse (cm)
1	20		
2	30	100	125
3	40	80	115
4	50	60	105
5	60	40	95

Tabella 3.1: Parametri di progetto dei rallentatori ad effetto ottico

- b) bande periferiche trasversali: 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 (19 coppie), ossia l'una di fronte all'altra, in modo da amplificarne l'effetto di restringimento della carreggiata. Il distanziamento è 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.
- c) siepe convergente verso la carreggiata: è stata installata una siepe, alta 1,50 m e larga 0,50 m, per una lunghezza pari a 108,4 m, in entrambi i lati della piattaforma. 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 m la siepe è parallela alla carreggiata, per accentuare l'effetto porta.
- d) fascia trasversale colorata in conglomerato stampato: posizionato nella zona a cavallo del portale (3 m dopo il centro dell'ultima banda periferica trasversale), si estende per una lunghezza pari a 5 m ed è costituito da 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. Lo scopo è quello di ottenere 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.
- e) portale metallico rivestito in erba contenente il segnale inizio centro abitato: la struttura metallica (larga 12,00 m e alta 6,50 m) è rivestita in edera (in modo tale da aumentare l'impatto visivo) ad eccezione della zona centrale del portale stesso in cui sono installati, in corrispondenza dell'asse delle due corsie, i segnali inizio centro abitato. 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.



Figura 3.7: Porta di accesso, soluzione 1.

- Soluzione 2

La seconda soluzione, più costosa rispetto alla prima, prevede anche un allargamento della piattaforma ed una deviazione dei veicoli in ingresso nell'abitato mediante l'inserimento di un'isola centrale materializzata con cordolo sormontale e strisce gialle rifrangenti e nere (Figura 3.8).



Figura 3.8: Porta di accesso, soluzione 2.

La deviazione 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 m.

Il tratto è a sua volta composto da tre tronchi di lunghezza pari a 10 m: il primo tronco è circolare con raggio pari a 80 m, il secondo tronco è rettilineo, il terzo tronco è anch'esso circolare con raggio pari a 80 m. La deviazione verso sinistra per il rientro nella sede stradale originaria è simmetrica rispetto alla precedente.

L'isola divisionale è separata dalle due corsie di marcia da due banchine larghe 50 cm.

Il raggio iniziale dell'isola, preceduto da zebraure 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 accoppiato con il segnale passaggio consentito a destra.

I cordoli, con strisce gialle rifrangenti e nere, hanno larghezza pari a 30 cm ed altezza pari a 12 cm. Il primo tratto è verticale con altezza pari a 5 cm. Il secondo, raccordato con un raggio pari a 2 cm, è sub-orizzontale con base pari a 20 cm ad altezza pari a 7 cm. Il terzo, raccordato con un raggio pari a 10 cm, è orizzontale con lunghezza pari a 10 cm. La parte centrale dell'isola è riempita con erba (Figura 3.9).

A causa della presenza della chicane questa soluzione non prevede, in corrispondenza della porta, la realizzazione di un differente tipo di pavimentazione al fine di evitare pericolose variazioni di aderenza e regolarità in un tratto caratterizzato da una così elevata curvatura.

Rispetto alla soluzione 1, le bande periferiche trasversali hanno caratteristiche differenti, risultano infatti 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.

Nel tratto compreso tra le porte di accesso sono previsti 4 dispositivi integrativi di moderazione del traffico. Ciascun dispositivo, di lunghezza pari a 30 m, è costituito da due serie (una per ciascun approccio) di 15 triangoli isosceli, con base ed interasse costanti, pari rispettivamente a 30 cm e 1 m, aventi l'altezza crescente (2 cm per metro). I triangoli, detti "denti di drago", danno l'impressione di

restringimento della carreggiata. Il restringimento ottico è rinforzato da due siepi convergenti verso la piattaforma. Le siepi di altezza pari a 1,50 m e larghezza pari a 50 cm, distano 3 m dalla carreggiata nella sezione iniziale e 1 m nella parte centrale del dispositivo (Figura 3.10).

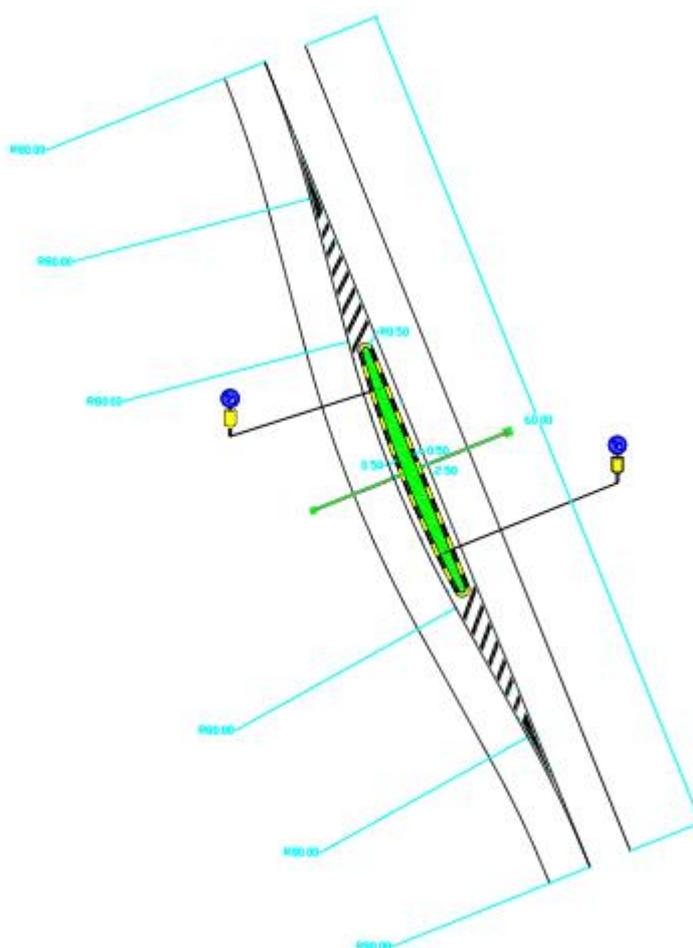


Figura 3.9: Soluzione 2, particolare della deviazione.

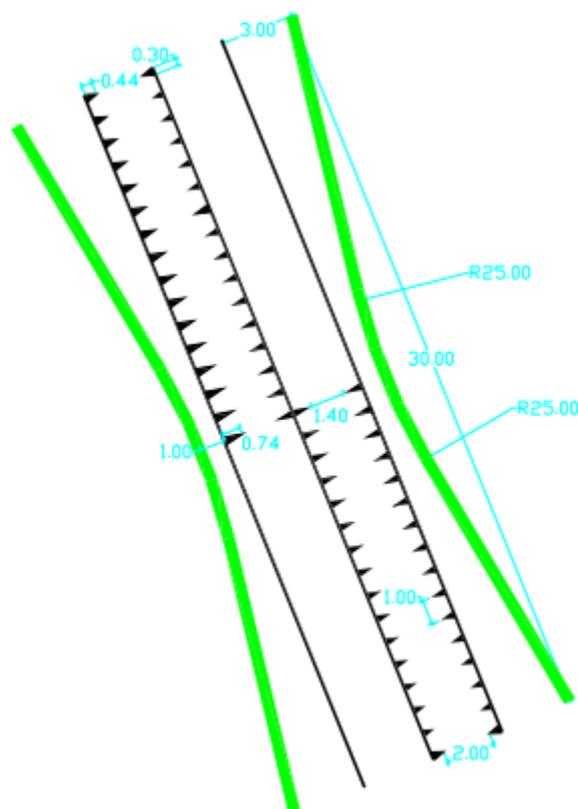


Figura 3.10: Soluzione 2, dispositivi integrativi di moderazione del traffico.

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. La segnaletica orizzontale sarà realizzata mediante laminato elasto-plastico autoadesivo rifrangente, con polimeri e pigmenti di alta qualità, contenente una dispersione di microgranuli ad alto potere antisdrucchiolo e microsferi in ceramica con indice di rifrazione superiore ad 1,9.

In corrispondenza delle isole divisionali previste nella soluzione 2, la segnaletica orizzontale sarà integrata con inserti stradali catarifrangenti che riflettono la luce.

Per valutare l'effettiva efficacia, dal punto di vista della sicurezza, delle due alternative progettuali proposte ma non ancora esistenti, i progettisti hanno ricostruito il sito di studio in ambiente virtuale servendosi di un simulatore di guida dinamico (VERA- Virtual Environment Safety), situato presso l'Istituto Motori del CNR di Napoli (Figura 3.11).



*Figura 3.11: Il simulatore di guida VERA.*

Questa sperimentazione ha visto coinvolte trenta persone (18 uomini e 12 donne) di età compresa tra i 23 e i 54 anni, tutti in possesso di patente di guida da almeno 4 anni. All'arrivo in laboratorio ciascun partecipante ha letto e firmato un documento di consenso dopo esser stato adeguatamente informato dell'esperimento in oggetto. Dopo una prova di guida della durata di 10 minuti, necessaria per comprendere il funzionamento dell'apparecchiatura, ciascun soggetto ha guidato tre volte in direzione nord dell'abitato e tre in direzione sud.

Sono stati testati tre scenari:

- 1) lo status quo senza interventi (Alt0);
- 2) l'intervento non strutturale cioè la soluzione 1 (Alt1);
- 3) la soluzione 2 (Alt2).

Ai fini della sperimentazione sono stati ritenuti validi solo i dati relativi a coloro che hanno compiuto i sei giri (tre per direzione) per intero e senza problemi.

Di seguito (Figura 3.12, 3.13) sono riportati i grafici ottenuti dall'elaborazione di tali dati i quali evidenziano che entrambi gli interventi inducono una positiva modificazione del comportamento del guidatore in termini di velocità attuate. L'andamento delle velocità delle alternative Alt1 ed Alt2, infatti, risultano essere molto inferiore a quello del caso Alt0.

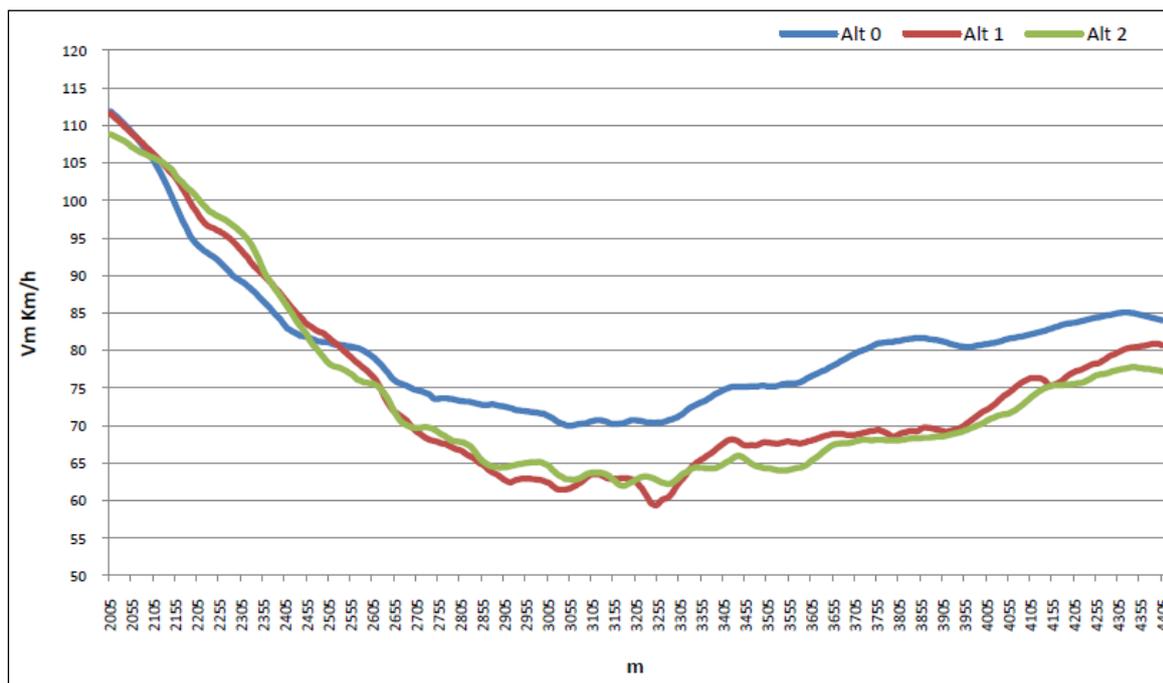


Figura 3.12: Diagramma della velocità media in direzione Nord.

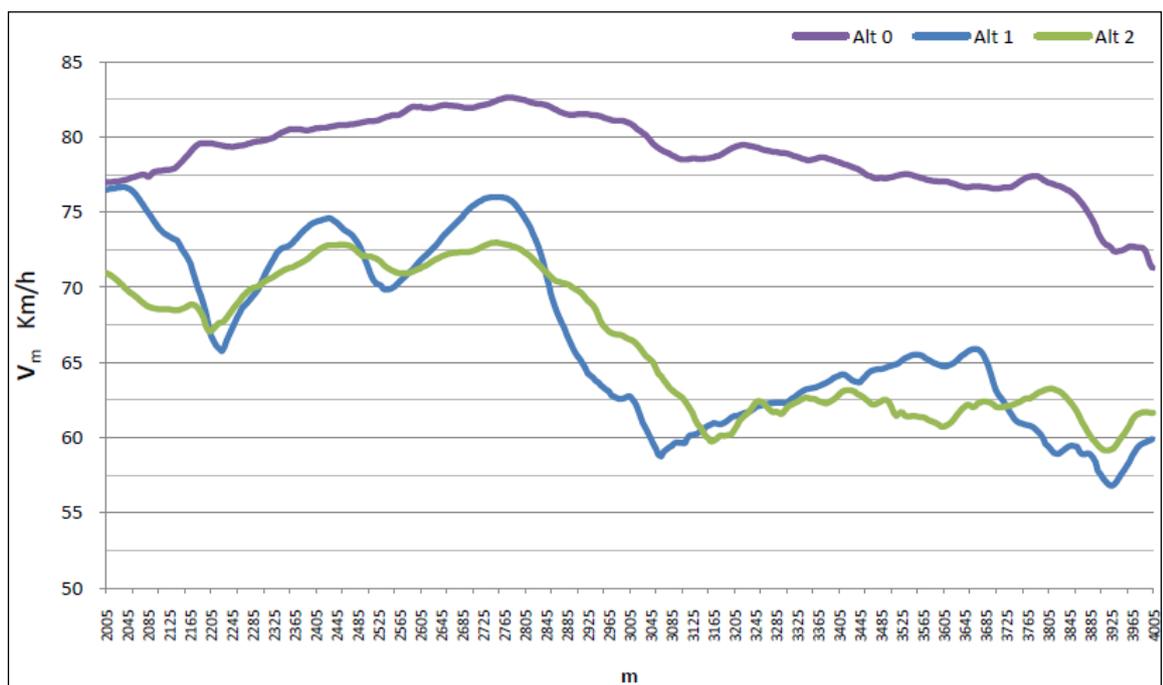


Figura 3.13: Diagramma della velocità media in direzione Sud.

### 3.2.3 Il caso della SS64 Porrettana, [12]

La SS64 Porrettana è una strada statale di collegamento interregionale che unisce Pistoia e l'alta Toscana all'Emilia Romagna. In particolare costituisce un importante collegamento tra Bologna e Ferrara, raggiungendo quest'ultima da Sud-Ovest. Ai fini della sperimentazione è stato isolato un tratto di lunghezza pari a 16 km che si estende dalla località Gallo, frazione del Comune di Poggio Renatico, fino all'ingresso nell'aggregato urbano di Ferrara, al termine di Via Bologna, all'intersezione a rotatoria con via Vittore Veneziani. Gli aggregati urbani che si attraversano procedendo in direzione sud (verso Ferrara) sono: Gallo, Montalbano, San Martino, Uccellino e Chiesuol del Fosso (Figura 3.14).



Figura 3.14: Individuazione del tronco in analisi e dei rispettivi limiti di velocità.

Il tronco analizzato è caratterizzato da una carreggiata formata da una sola corsia per senso di marcia della larghezza di 3,75 m con banchina di dimensioni inferiori ai 30 cm.

Non sono presenti percorsi ciclo-pedonali, se non per un breve tratto presso Gallo.

Il tratto studiato può essere definito leggermente tortuoso, presenta curve frequenti con tratti rettilinei di limitate estensioni, non superiori ai 700 m.

Da un'analisi generale risultano presenti numerose attività commerciali, immissioni a strade di quartiere (5 in direzione Ferrara e 7 in direzione Bologna) ed accessi privati (30 in direzione Ferrara e 25 in direzione Bologna).

Non sono presenti rilevanti elementi di arredo urbano, né piantumazione. L'illuminazione è garantita, mediante lampioni, nei tratti che presentano intersezioni e negli aggregati urbani maggiori. Si ha la presenza di segnaletica catarifrangente nelle curve più pronunciate ed in corrispondenza degli accessi.

Il flusso di traffico, prevalentemente leggero, è caratterizzato da velocità che raramente rispettano i limiti in vigore su tale tronco stradale. Mediamente le velocità mantenute sono superiori ai 60 km/h, nei tratti dove si ha la presenza di elementi di moderazione del traffico, intersezioni e/o curve rilevanti; tra gli 80/90 km/h orari nei tratti che non attraversano centri abitati e presentano un andamento rettilineo, dove invece vige il limite di velocità di 50 km/h o di 70 km/h.

Dai dati rilevati nel 2008 si evince che SP64 è la strada più incidentata del comune di Ferrara.

Per risolvere tali criticità si propone un approccio coordinato tra una tipologia di intervento lungo l'asse e una tipologia puntuale: la prima consente di ottenere uniformità e coerenza dell'intero tronco stradale in analisi, mentre la seconda prevede l'utilizzo di dispositivi di moderazione del traffico all'interno dei centri abitati in attraversamento.

Gli interventi lungo l'asse che si propongono consistono nella sostituzione delle esistenti intersezioni a T con intersezioni a rotatoria, determinando una deflessione orizzontale della carreggiata e una conseguente riduzione della velocità di marcia (Figura 3.15).

I quattro nodi considerati sono:

- 1) Intersezione via Bologna/via Sammartina, attualmente regolata da impianto semaforico (Località Ferrara);
- 2) Intersezione via Bologna/via Poggio Renatico SP 8 (località Uccellino);
- 3) Intersezione via Bologna/via Sgarbata (Località San Martino);
- 4) Intersezione via Bologna/via Imperiale SS 25.

Gli interventi puntuali, invece, consistono in (Figura 3.16):

- 1) sopraelevazione della piattaforma stradale in corrispondenza degli attraversamenti e relativo trattamento superficiale con pavimentazione di colorazione differenziata;
- 2) dove possibile, ossia nel mantenimento delle dimensioni minime delle corsie di marcia, realizzazione di deflessione orizzontale della corsia attraverso inserimento di isola spartitraffico centrale con attraversamento pedonale, fornendo un'isola salvagente ai pedoni in attraversamento;
- 3) presegnalamento dei dispositivi di moderazione del traffico attraverso segnaletica orizzontale quali bande ottiche e, qualora possibile, acustiche;
- 4) dotazione per ogni elemento di moderazione del traffico di dispositivi luminosi per il segnalamento notturno;
- 5) piantumazione a margine (siepi) che riduce il campo prospettico ed aumenta la proporzione tra la larghezza della carreggiata ed i vincoli verticali laterali, inducendo il mantenimento di velocità inferiori.

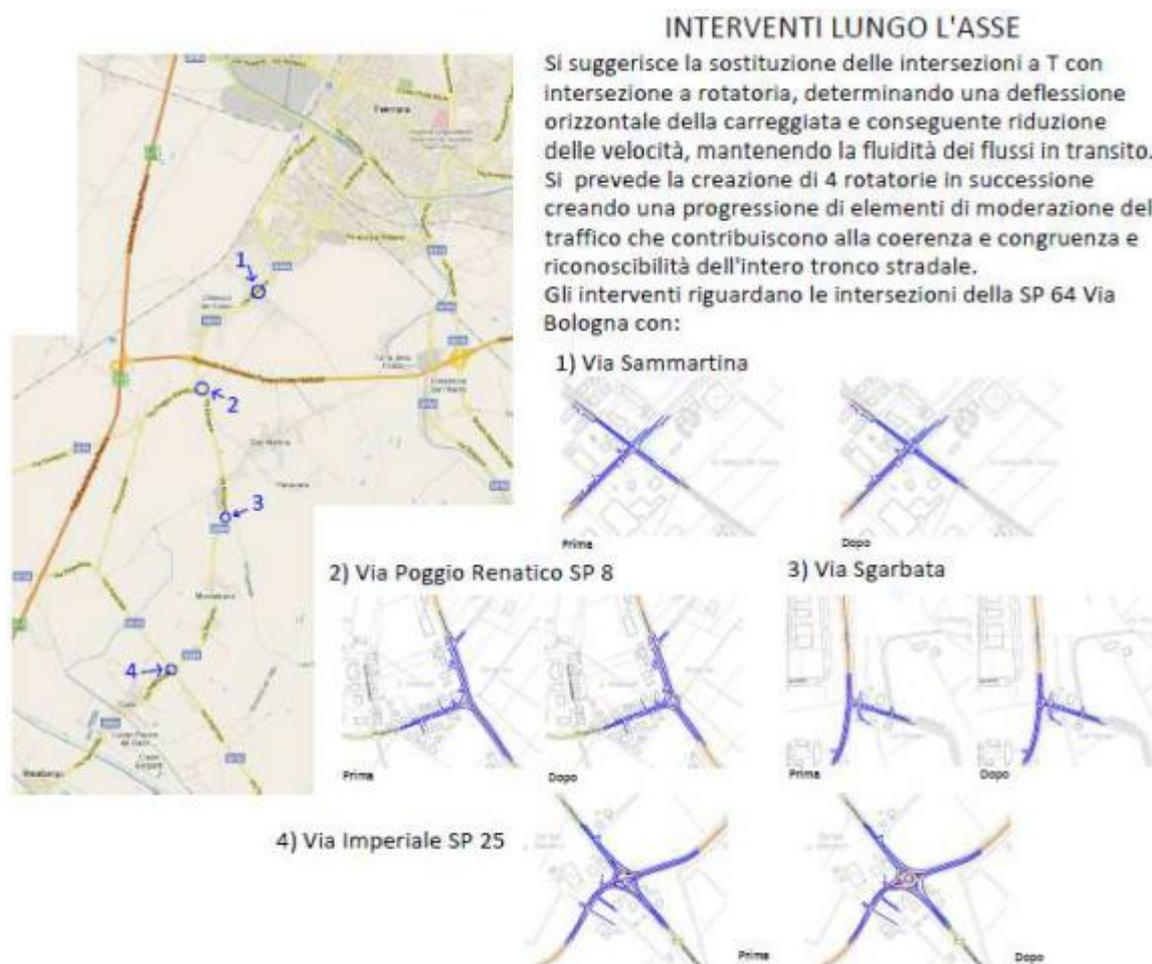


Figura 3.15: Interventi lungo l'asse.



Figura 3.16: Interventi puntuali.

### 3.3 Esempi di traffic calming in Europa [11]

#### 3.3.1 Irlanda

Lo sviluppo infrastrutturale che coinvolse l'Irlanda dei primi anni ottanta portò inevitabilmente ad un aumento delle velocità di percorrenza e, di conseguenza, dell'incidentalità in particolare nelle zone di transizione da ambiente extraurbano ad urbano. In tali zone, infatti, i tassi di incidentalità registrati risultarono superiori a quelli dell'area extraurbana; questo è riconducibile al fatto che i conducenti, nell'entrare in ambiente urbano, continuano a mantenere le velocità elevate utilizzate nell'ambiente precedente senza tener conto del cambiamento delle caratteristiche dell'ambiente circostante.

Nel 1993, per confermare l'effettiva efficacia degli interventi di moderazione delle velocità, fu organizzato un monitoraggio della durata di quattro anni con lo scopo di

raccogliere e classificare i dati di incidentalità e fare un confronto prima/dopo l'inserimento degli interventi. Dai dati raccolti nell'ambito di questo progetto (The Road to Safety) si può osservare che circa il 45% degli incidenti è avvenuto in ambito urbano e che circa il 7% del totale degli incidenti sono mortali (di cui l'1,5 % è collegato all'ambito urbano). Questo progetto si proponeva di far diminuire del 20 % il numero di incidenti grazie all'ausilio di sistemi di moderazione delle velocità in modo da poter valutare l'effettivo miglioramento della sicurezza a seguito dell'inserimento di tali sistemi.

In tre anni sono stati realizzati 21 interventi divisi principalmente in due gruppi: un primo gruppo in cui si è installato il sistema di traffic calming su ciascun approccio alla città e un secondo gruppo in cui si è intervenuto solo in un approccio. Per entrambi i gruppi sono stati monitorati gli incidenti prima e dopo la realizzazione dell'intervento. Dai risultati si evince che in entrambi i gruppi vi è stata una riduzione del numero degli incidenti a seguito dell'inserimento dei sistemi di traffic calming, in particolare nel gruppo 1 si è registrata una riduzione annuale media di 1,5 incidenti mortali, 1,2 incidenti gravi e 2,8 incidenti minori mentre nel gruppo 2 la riduzione annuale media è stata di 1 incidente grave e -0,3 incidenti minori.

Oltre al numero di incidenti è stata indagata anche la tipologia di incidenti:

- si è registrata una netta diminuzione di investimenti di pedoni (soprattutto quelli letali);
- gli incidenti a veicolo isolato sono diminuiti leggermente in numero ma notevolmente in gravità;
- gli incidenti frontali e i tamponamenti sono diminuiti sia in numero che in gravità.

Una seconda fase del progetto riguarda la valutazione delle velocità; sono stati quindi effettuati dei rilievi di velocità in corrispondenza di 2 dei 21 siti presi in considerazione nello studio dell'incidentalità:

- N2 Collon, Co. Louth;
- N8 Watergrasshill, Co. Cork.

I rilievi mostrano che a Collon la riduzione della velocità operativa è stata di circa 10 mph, nettamente superiore alle attese tanto da ritenere gli interventi particolarmente efficaci; a Watergrasshill invece è stata registrata una riduzione media tra 1 e 5 mph

nell'ingresso nord ma un aumento delle velocità nell'ingresso sud (probabilmente a causa degli scarsi interventi inseriti).

È opportuno precisare che in questo studio, in fase di elaborazione, sono state considerate tre sezioni particolari: la prima che va dal segnale di Traffic Calming al segnale che impone il divieto di sorpasso (prima parte della zona di transizione), la seconda che va dal segnale di divieto di sorpasso al Gateway (seconda parte della zona di transizione) e l'ultima all'interno del centro abitato. In corrispondenza della prima sezione le velocità operative rilevate risultano essere comprese tra 90 e 100 km/h con riduzioni significative (6-8 km/h) in prossimità del segnale di divieto di sorpasso. 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. Nella seconda sezione, quella in corrispondenza del gateway, la riduzione della velocità è stata dell'ordine di 10-14 km/h, maggiore quindi rispetto alla sezione precedente, presumibilmente a causa dell'isola spartitraffico.

L'ultima sezione, quella all'interno del centro abitato, è la più importante in termini di protezione degli utenti deboli; infatti, proprio in tale sezione, si è riscontrato che, nonostante vi sia stata un'ulteriore riduzione della  $V_{85}$  di circa 6-8 km/h, le velocità tenute dagli automobilisti superano comunque i limiti imposti dal codice della strada. Ciò suggerisce che le attuali restrizioni imposte dai dispositivi di moderazione del traffico non sono sufficientemente efficaci.

In conclusione da un confronto prima/dopo per la valutazione dell'efficacia degli interventi di traffic calming è stata accertata una riduzione della  $V_{85}$  dell'ordine di 2-3 km/h e una buona riduzione del tasso medio di incidenti all'interno dei centri abitati. Quest'ultimo, infatti, prima dell'installazione era pari a 8 incidenti/anno, e a seguito degli interventi è sceso a 3,5 incidenti/anno; in particolare il tasso di incidenti che vedevano coinvolti pedoni è passato da 0,26 incidenti/anno a 0,13.

Tali cifre indicano che le misure hanno consentito di raggiungere il principale obiettivo: migliorare il livello di sicurezza per gli utenti deboli in area urbana.

Il confronto tra i risultati ottenuti in Irlanda con quelli ottenuti in altri paesi europei, dove la moderazione delle velocità mediante dispositivi di traffic calming è in uso da quasi quarant'anni, ha confermato l'efficacia dell'intervento. Ad esempio in

Danimarca, a seguito di applicazioni avvenute su tratti di strada molto simili a quella oggetto di questo studio, sono state raggiunte riduzioni della velocità media tra 8 e 10km/h. In Inghilterra, nel 1991, è stato commissionato uno studio su 24 differenti installazioni di traffic calming. I risultati mostrano che in 8 di questi le riduzioni di velocità possono essere paragonabili a quelle ottenute in Irlanda sulle tratte interurbane, inoltre indicano che i sistemi che incorporano gateway e dispositivi di traffico all'interno del centro abitato portano ad una riduzione della  $V_{85}$  di 14 km/h in corrispondenza del gateway, analogamente a quanto osservato in Irlanda sulle rotte urbane.

### **3.3.2 Regno Unito**

Questo studio, effettuato dal TRL (Transport Research Laboratory), si propone di valutare gli effetti, dal punto di vista dell'incidentalità, a seguito dell'inserimento di sistemi traffic calming in prossimità di 56 centri abitati del Regno Unito. In particolare dei 56 villaggi 24 fanno parte del progetto VISP (Village Speed Control Working Group), 9 del progetto Traffic Calming in Villages on Major Roads e i restanti 23 sono stati forniti dalle autorità locali e presentano caratteristiche molto simili ai precedenti.

Tali villaggi sono stati classificati in tre gruppi:

- 1) non sono presenti interventi all'interno del villaggio, ma solo la realizzazione del gateway in ingresso e di interventi sulla pavimentazione e la carreggiata;
- 2) sono presenti misure all'interno del villaggio che prevedono la segnaletica, la pavimentazione stradale e le isole di traffico per simulare le funzioni del gateway;
- 3) significativi interventi di tipo fisico nel villaggio, con deflessioni orizzontali e / o verticali, generalmente abbinate al gateway.

La maggioranza degli interventi che interessano la sperimentazione sono stati installati tra il 1992 e il 1997. I dati di incidentalità raccolti sono stati raggruppati in incidenti lievi, mortali e gravi e fanno riferimento in media a 7 anni per la fase before (1986-1993) e 5 per quella after (1994-1998). Dall'analisi dei dati è possibile osservare che vi è stata una riduzione del 20% del numero totale di incidenti e che, in particolare, il numero di incidenti mortali risulta dimezzato. La riduzione del numero di incidenti è

risultata essere maggiore nei siti dove si sono registrate diminuzioni di  $V_{85}$  dell'ordine di 7 mph, mentre è risultata essere minore dove le  $V_{85}$  diminuiscono di 2 mph o meno. Analizzando i dati si evince che gli incidenti che vedono coinvolti gli utenti deboli di età minore di 16 anni sono diminuiti notevolmente a seguito dell'installazione dei sistemi di traffic calming, la mortalità dei bambini si è ridotta di oltre 3/4. Sono state inoltre condotte ulteriori analisi per stimare la diminuzione del numero di incidenti in un determinato sito in cui è nota la riduzione della velocità. In particolare sono stati ottenuti 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.

In conclusione l'introduzione di misure di traffic calming su strade di attraversamento porta ad una riduzione di velocità a ad una conseguente e soddisfacente riduzione degli incidenti, soprattutto quelli mortali.



## **CAPITOLO 4**

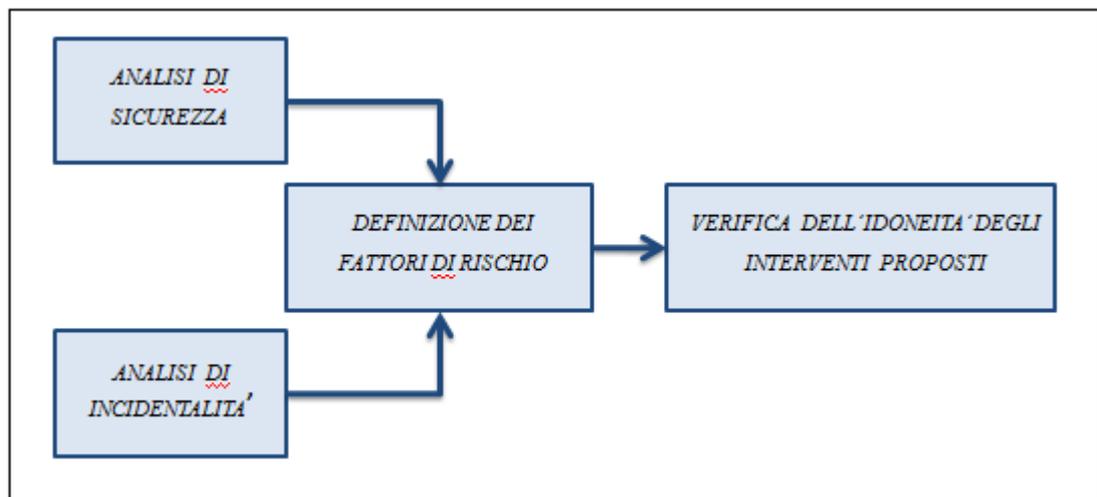
### **VERIFICA DELL' IDONEITA' DEGLI INTERVENTI PROPOSTI PER LA SP610 SELICE-MONTANARA**

#### ***4.1 Introduzione***

Questo capitolo è finalizzato a verificare l'effettiva idoneità, in termini di sicurezza, degli interventi previsti sulla SP 610 dalla provincia di Bologna.

Noto che la sicurezza stradale dipende da differenti fattori tra loro interconnessi, quali l'infrastruttura, il veicolo e gli utenti, ne consegue che l'incidente stradale necessariamente trova origine in uno o più errori all'interno di questo sistema. Obiettivo di questo studio è massimizzare la sicurezza dal punto di vista dell'infrastruttura valutando il fattore strada in ogni suo elemento facendo attenzione alle esigenze di tutte le utenze, in particolare quelle deboli.

Ai fini del progetto si è proceduto suddividendo questa parte dello studio in due fasi (Figura 4.1).



*Figura 4.1: Fasi di studio.*

In una prima fase è risultato necessario sottoporre in tronco stradale in esame ad un'analisi di sicurezza per individuare le principali problematiche che interessano fisicamente l'infrastruttura in modo da identificare eventuali situazioni di rischio per

l'utente; in una seconda fase ci si è concentrati sull'analisi dei dati di incidentalità con lo scopo di verificare la presenza di corrispondenze tra i fattori di rischio individuati e gli incidenti effettivamente avvenuti.

#### ***4.2 Analisi di sicurezza: il Road Safety Review***

Il termine Road Safety Review definisce internazionalmente il processo di analisi di sicurezza delle strade in esercizio. Tale processo consente l'individuazione, in un dato tracciato, delle situazioni di rischio per la circolazione in modo da poterle eliminare, o comunque limitare, prima che diano luogo a situazioni di pericolo. In particolare, sono finalizzate a:

- identificare la presenza sulle strade di potenziali pericoli prima che diano luogo a zone ad elevata incidentalità;
- accertare che i requisiti per la sicurezza di tutte le categorie di utenza siano considerati in modo esplicito nella gestione e nella manutenzione delle infrastrutture stradali;
- ridurre il costo globale di gestione delle infrastrutture viarie.

Nel Road Safety Review è opportuno che il controllo sia rivolto soprattutto agli aspetti che possono essere migliorati senza interventi di durata e costo notevoli.

L'analisi di sicurezza svolta in questa sede segue quanto indicato nelle "Linee guida per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali" (Allegato al DM n.137 del 02/05/2012).

Tali Linee Guida, emanate ai sensi dell'art. 8 del decreto legislativo n.35/2011 di attuazione della Direttiva 2008/96/CE sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali, stabiliscono i criteri e le modalità per l'effettuazione dei controlli della sicurezza stradale sui progetti e delle ispezioni di sicurezza sulle infrastrutture esistenti e per l'attuazione del processo per la classificazione della sicurezza della rete stradale. Le Linee Guida hanno come finalità quella di orientare, coordinare e rendere omogenee le attività di tutti i soggetti coinvolti nel processo della sicurezza delle infrastrutture stradali, tra cui gli Enti territoriali, gli Organi Competenti, gli Enti proprietari e gestori delle strade e gli esperti della sicurezza stradale, ovvero i controllori dei progetti e gli ispettori delle strade esistenti.

Questa norma, al fine di garantire un sistema di interventi tra loro armonizzati e coordinati, hanno l'obiettivo di fornire uno strumento che individua le modalità procedurali delle analisi di sicurezza stradale e di tutte le altre attività connesse al processo per la classificazione della rete stradale [16].

Di seguito si riportano le problematiche di sicurezza emerse da questa analisi, in particolare, si riportano per ognuna le raccomandazioni fornite ai fini di questo progetto.

#### ***4.2.1 Problematiche riscontrate lungo il tracciato***

L'analisi di sicurezza ha rilevato alcune problematiche riguardanti i seguenti aspetti:

- a) aspetti generali;
- b) geometria;
- c) intersezioni a raso;
- d) segnaletica e illuminazione;
- e) margini;
- f) utenze deboli.

Ai fini di questo studio vengono riportate esclusivamente le problematiche, e le relative raccomandazioni, strettamente legate agli interventi di Traffic Calming inseriti nel tratto in esame dalla provincia di Bologna. Si rimanda all'appendice 1 per una visione complessiva dell'analisi di sicurezza effettuata. Nelle schede tecniche allegate è infatti riportata una sintesi del rapporto di analisi in cui, ad ogni problema riscontrato, sono stati associati i corrispondenti fattori di rischio ed i parametri di controllo sicuramente utili in sede di monitoraggio per valutare l'efficacia delle raccomandazioni. Tale resoconto è stato stilato secondo la struttura delle liste di controllo, opportunamente compilate in una precedente fase di rilievo.

Si riportano quindi di seguito le problematiche ritenute significative [14]:

- 1) ***PROBLEMA***: Percezione dell'ambiente urbano

La presenza lungo il tracciato di lunghi rettifili rende l'ambiente urbano poco percepibile da entrambe le direzioni di marcia (Figura 4.2).



Figura 4.2: Esempi di rettifili lungo il tronco oggetto di studio.

Questa configurazione plano-altimetrica porta gli utenti a procedere ad una velocità di marcia eccessiva e, quindi, non idonea all'ambiente stradale attraversato. Il non rispetto dei limiti di velocità imposti dal codice della strada porta conseguentemente ad una errata percezione delle singolarità presenti sul tracciato oltre a non garantire le distanza di visibilità. Si potrebbero generare, quindi, situazioni di pericolo in quanto gli utenti potrebbero essere soggetti a illusioni ottiche o dubbi sull'andamento della strada che portano a non percepire correttamente l'ambiente stradale.

**RACCOMANDAZIONE:**

Si raccomanda di:

- evidenziare maggiormente la differenza di ambiente stradale tra i tratti extraurbani e quelli urbani. Per aumentare la percezione di questi ultimi è opportuno intervenire modificando la sezione trasversale e sottolineando i punti di inizio/fine centro abitato, in accordo con le disposizioni riportate nel Nuovo codice della Strada e nel D.M. 5/11/01 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Si raccomanda dunque il posizionamento di opportuni portali d'ingresso;
- adottare opportuni provvedimenti mirati a moderare la velocità, quali, ad esempio, sistemi permanenti di telerilevamento della velocità insieme a sanzioni

automatiche e messaggi di dissuasione su pannelli a messaggio variabile (Figura 4.3);



Figura 4.3: AutoveloX e messaggi di dissuasione su pannelli a messaggio variabile.

- non adottare provvedimenti di traffic calming per il controllo della velocità, come ad esempio i dossi artificiali o le platee rialzate, in quanto possono essere particolarmente pericolosi per i veicoli a due ruote motorizzati. La variazione altimetrica dell'elemento, infatti, può costituire un trampolino di lancio per una moto che lo scavalca, aumentando così la probabilità di incidente (Figura 4.4).

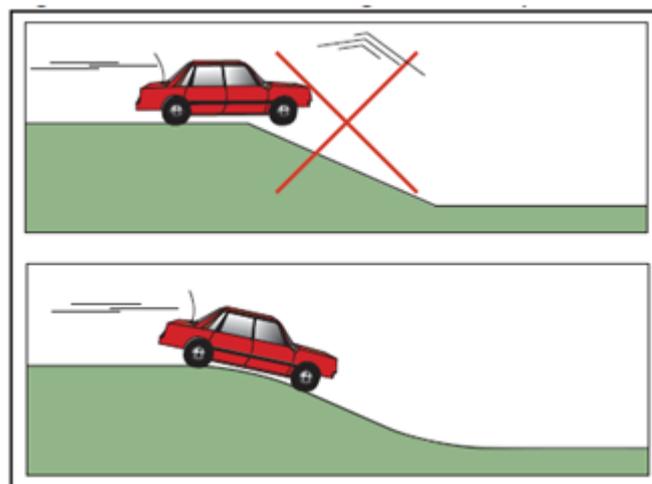


Figura 4.4: Esempio di variazione altimetrica che funge da trampolino di lancio.

Nel caso in cui si scegliesse questo tipo di soluzioni, si suggerisce di non superare mai il limite imposto dal Codice della Strada di 70 mm di altezza e di preferire l'utilizzo di profili di tipo sinusoidale o circolare che limitano le accelerazioni sul mezzo a due ruote. Sono da preferire i dispositivi realizzati in gomma (o materiali termoplastici) a quelli in conglomerato cementizio, al fine di ridurre le sollecitazioni sulla forcella anteriore del motoveicolo in fase di ingresso. Gli elementi prefabbricati che compongono il dosso, inoltre, devono essere ben raccordati con la pavimentazione e adeguatamente vincolati alla stessa.

2) PROBLEMA: Visibilità

La geometria della strada in esame e la presenza di ostacoli presenti a margine della carreggiata creano problemi di visibilità agli utenti.

RACCOMANDAZIONI:

Si raccomanda di valutare l'effettiva funzionalità di questi elementi che creano problemi di visibilità agli utenti, eliminando quelli inutili e definendo un collocamento più sicuro per gli altri. Se questo non è possibile, si raccomanda di segnalarli in modo efficace e di intervenire cercando di ridurre al massimo il rischio di fatalità di un eventuale evento incidentale.

3) PROBLEMA: Attraversamenti pedonali poco visibili

La maggioranza degli attraversamenti pedonali (Figura 4.5) situati nel percorso in esame oltre a non risultare ben visibili di giorno, di notte e in condizioni atmosferiche avverse non presentano dispositivi che facilitino l'attraversamento pedonale.



Figura 4.5: Esempio di attraversamenti pedonali.

**RACCOMANDAZIONI:**

Si raccomanda di segnalare ed evidenziare gli attraversamenti pedonali, mediante l'adozione dei seguenti accorgimenti:

- portali a bandiera con cartello di passaggio pedonale e plafoniera, direzionata in modo da illuminare bene la zona zebra (Figura 4.6);

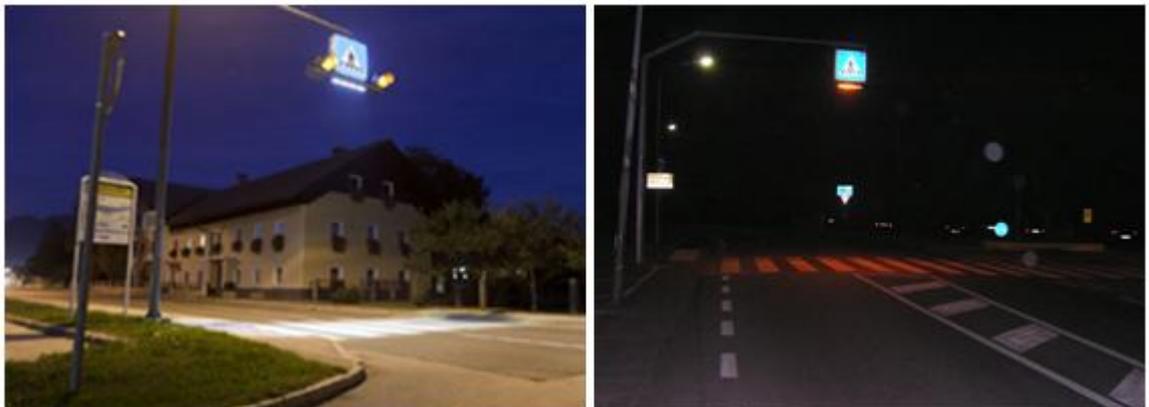


Figura 4.6: Esempio di portale a bandiera con cartello di passaggio pedonale e plafoniera.

- colorazione della pavimentazione in corrispondenza delle zebraure come in Figura 4.7;



Figura 4.7: Esempio di colorazione della pavimentazione in corrispondenza delle zebraure.

- inserimento, in corrispondenza degli attraversamenti più lunghi, di isole salvagente al centro della carreggiata in modo da suddividere l'attraversamento in due fasi e ridurre il tempo di esposizione del pedone al flusso veicolare (Figura 4.8).



Figura 4.8: Esempio di attraversamento pedonale con isola salvagente.

Inoltre, relativamente ai portali si raccomanda di proteggerne il palo di sostegno in modo da ridurre il rischio di lesioni in caso di impatto di un motociclista. A tal fine è possibile adottare sagome protettive che avvolgono completamente il montante, (Figura 4.9), oppure utilizzare pali a rottura controllata (break-away roadside elements), ovvero pali cedevoli in quanto vincolati tramite flange imbullonate in grado di rompersi durante l'urto (Figura 4.10). Le prime, realizzate generalmente in materiale plastico ricavato dal riciclaggio dei pneumatici di veicoli pesanti, pur essendo facilmente assemblabili e di durabilità discreta hanno il difetto che la loro

azione di attenuazione si riduce all'aumentare della velocità d'urto; i secondi svolgono la medesima funzione utilizzando però un approccio differente: mentre i primi lavorano schermando l'elemento pericoloso, questi ne modificano la compatibilità con il corpo impattante riducendo comunque la gravità dell'urto.

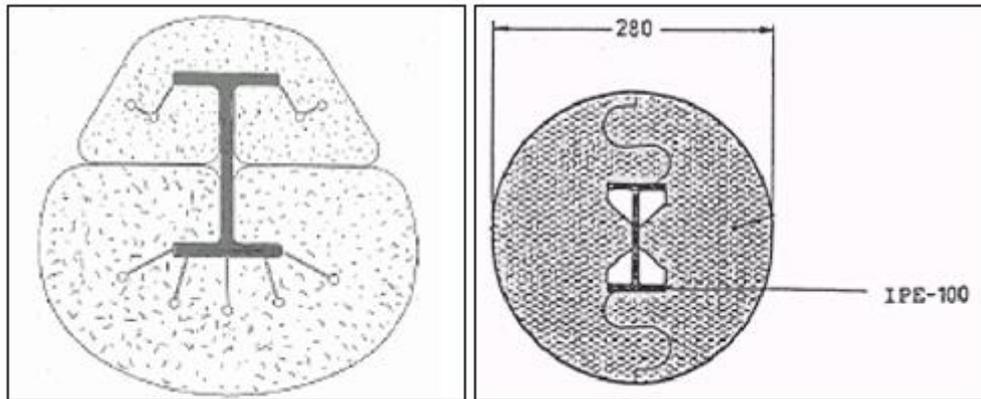


Figura 4.9: Elementi di protezione per montanti.

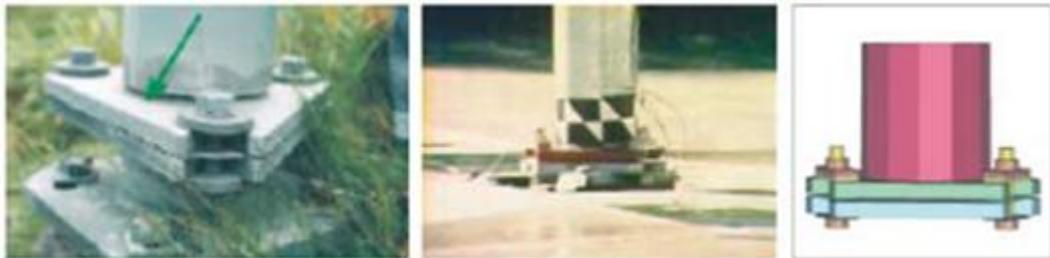


Figura 4.10: Break-away roadside elements.

Relativamente alla colorazione degli attraversamenti pedonali si raccomanda di scegliere con attenzione un prodotto in grado di fornire ottime prestazioni di aderenza superficiale.

Relativamente alle isole salvagente è opportuno che presentino varchi d'accesso di larghezza pari a quella del passaggio pedonale, in corrispondenza del quale l'isola deve essere interrotta per consentire l'attraversamento a raso della carreggiata. Sono preferibili profondità non inferiori a 1.50 m, in modo da consentire il cambiamento di direzione anche ad utenti disabili. Da evitare l'utilizzo di elementi di arredo (fioriere, delimitatori di corsia o barriere removibili) per la realizzazione del restringimento in quanto pericolosi nei confronti dei veicoli a due ruote.

4) PROBLEMA: Limiti di velocità e misure restrittive per il rispetto degli stessi

I limiti di velocità risultano essere posizionati in modo corretto e adeguati alle condizioni geometriche e al tipo di traffico, coerenti con le velocità operative e percepiti come le velocità che consentono ragionevoli condizioni di sicurezza; nonostante ciò non vengono comunque rispettati dagli utenti aumentando così il rischio di incidente.

RACCOMANDAZIONI:

Le raccomandazioni risultano essere le stesse del problema 1:

- evidenziare maggiormente la differenza di ambiente stradale tra i tratti extraurbani e quelli urbani. Per aumentare la percezione di questi ultimi è opportuno intervenire modificando la sezione trasversale e sottolineando i punti di inizio/fine centro abitato, in accordo con le disposizioni riportate nel Nuovo codice della Strada e nel D.M. 5/11/01 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Si raccomanda dunque il posizionamento di opportuni portali d'ingresso;
- adottare opportuni provvedimenti mirati a moderare la velocità, quali, ad esempio, sistemi permanenti di telerilevamento della velocità insieme a sanzioni automatiche e messaggi di dissuasione su pannelli a messaggio variabile.

5) PROBLEMA: Velocità non compatibili con l'attraversamento pedonale

In tutto il tratto studiato la velocità del flusso non risulta compatibile con gli attraversamenti pedonali.

RACCOMANDAZIONI:

In accordo con il punto precedente si raccomanda di intervenire in modo da ridurre le velocità in corrispondenza degli attraversamenti. A tal fine è necessario evidenziare la differenza di ambiente stradale (extraurbano e urbano) in modo da aumentare la percezione degli utenti. Si deve quindi modificare la sezione trasversale risaltando i punti di inizio/fine centro abitato (Nuovo codice della Strada e D.M. 5/11/01 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"). A tal fine si raccomanda il posizionamento di opportuni portali

d'ingresso. Si ritiene che aumentando la percezione e la segnalazione di ambiente urbano le velocità operative possano sensibilmente diminuire.

6) **PROBLEMA**: Dispositivi di moderazione del traffico

In tutto il percorso in esame risultano assenti dispositivi di moderazione del traffico che sicuramente aumenterebbero sensibilmente il livello di sicurezza.

**RACCOMANDAZIONI**:

Si raccomanda di prevedere interventi di moderazione del traffico nelle zone di transizione tra l'ambito urbano e quello extraurbano, al fine di aumentarne la percezione da parte dei conducenti dei veicoli.

### ***4.3 Analisi di incidentalità***

Con lo scopo di valutare l'effettiva responsabilità dell'infrastruttura stradale negli eventi incidentali interessanti il tratto della SP 610 oggetto di questo studio è risultata necessaria un'accurata analisi dell'incidentalità. A tal fine sono stati analizzati i dati incidentali forniti dalla Provincia di Bologna riguardanti il periodo compreso tra il 2002 e il 2011 e classificati in funzione di:

- anno, mese, giorno e ora;
- ambito stradale (urbano o extraurbano);
- tipologia;
- localizzazione chilometrica;
- numero di morti e feriti.

In particolare è stata svolta un'approfondita analisi statistica che ha permesso di verificare se sussistono significative congruenze tra i fattori di rischio e gli incidenti effettivamente avvenuti sulla strada in esame.

Di seguito si riportano gli istogrammi rappresentativi dei risultati ottenuti.

Da un primo bilancio complessivo si può osservare che il numero totale di incidenti, pur subendo variazioni all'interno del decennio di riferimento, risulta essere sempre molto elevato (Figura 4.11).

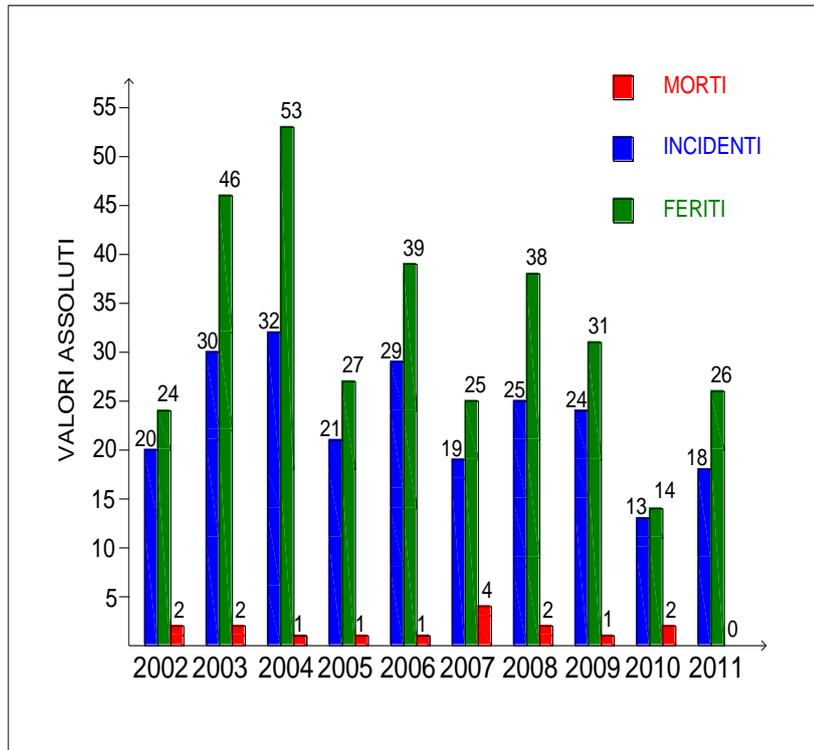


Figura 4.11: Istogramma con Incidenti, Morti, Feriti per ogni anno dal 2002 al 2011.

Un'analisi più di dettaglio mostra che, considerando i differenti mesi, l'incidentalità è pressoché uniforme e quindi che le condizioni atmosferiche, pur condizionando lo stato del piano viabile e la distanza di visibilità, influiscono solo marginalmente sul numero degli incidenti (Figura 4.12).

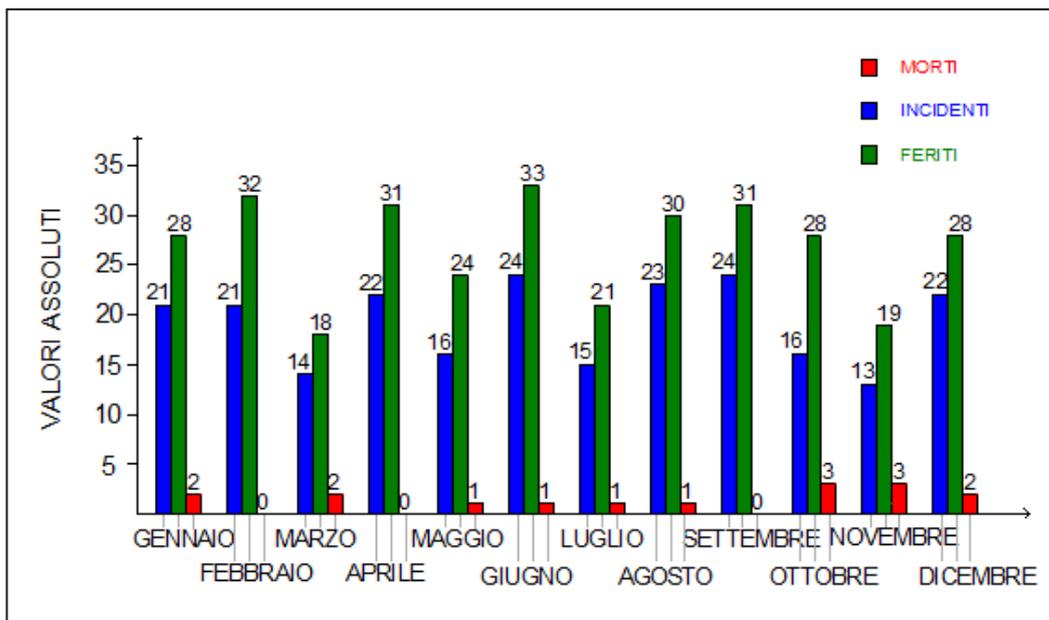


Figura 4.12: Istogramma con Incidenti, Morti, Feriti per ogni mese dal 2002 al 2011.

A livello settimanale, le distribuzioni mostrano che l'incidentalità è più elevata nei giorni festivi rispetto ai feriali, confermando il week-end come il periodo più pericoloso anche dal punto di vista della gravità degli incidenti stessi (Figura 4.13).

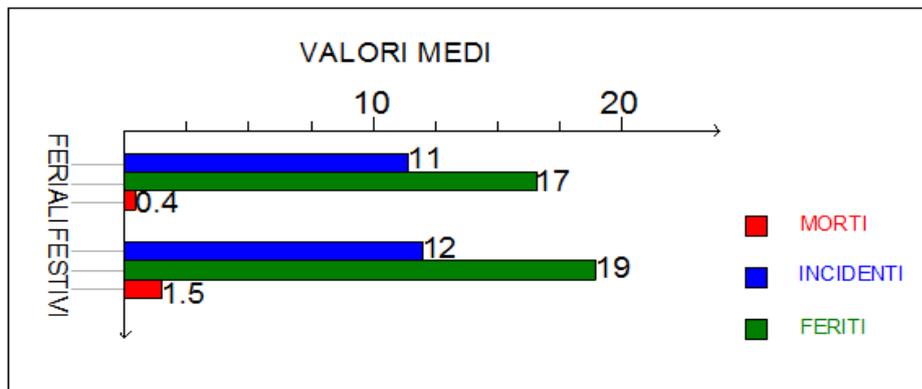


Figura 4.13: Istogramma con Incidenti, Morti, Feriti per giorni festivi e feriali dal 2008 al 2011.

Particolarmente interessante risulta l'aspetto riguardante l'ambito di incidentalità (Tabella 4.1).

L'analisi mostra che la distribuzione degli incidenti risulta essere uniforme tra l'ambito urbano e l'ambito extraurbano indipendentemente dalle differenze dei limiti di velocità imposti (Figura 4.14).

ANNI 2002/2011	AMBITO URBANO			AMBITO EXTRAURBANO		
	INCIDENTI	FERITI	MORTI	INCIDENTI	FERITI	MORTI
GENNAIO	9	12	1	13	20	1
FEBBRAIO	10	13	0	11	22	0
MARZO	8	8	2	6	10	0
APRILE	10	14	0	11	18	0
MAGGIO	8	11	0	8	14	1
GIUGNO	7	12	0	17	19	1
LUGLIO	7	11	0	8	9	1
AGOSTO	8	11	0	15	19	1
SETTEMBRE	14	18	0	10	11	0
OTTOBRE	7	8	1	9	20	2
NOVEMBRE	9	13	2	4	4	1
DICEMBRE	12	17	2	10	9	0
TOTALE	119	169	9	112	154	7

Tabella 4.1: Incidenti, Morti, Feriti per ambito dal 2002 al 2011.

Questo a conferma del fatto che gli utenti, nel passaggio da ambito extraurbano ad ambito urbano, non adeguano le velocità al nuovo ambiente stradale che si trovano a percorrere a scapito delle distanze di visibilità e della corretta percezione delle singolarità presenti sul tracciato. Viene quindi validata la problematica emersa dal Road Safety Review relativa alla scarsa percezione della presenza dell'ambiente urbano da parte dei conducenti dei veicoli.

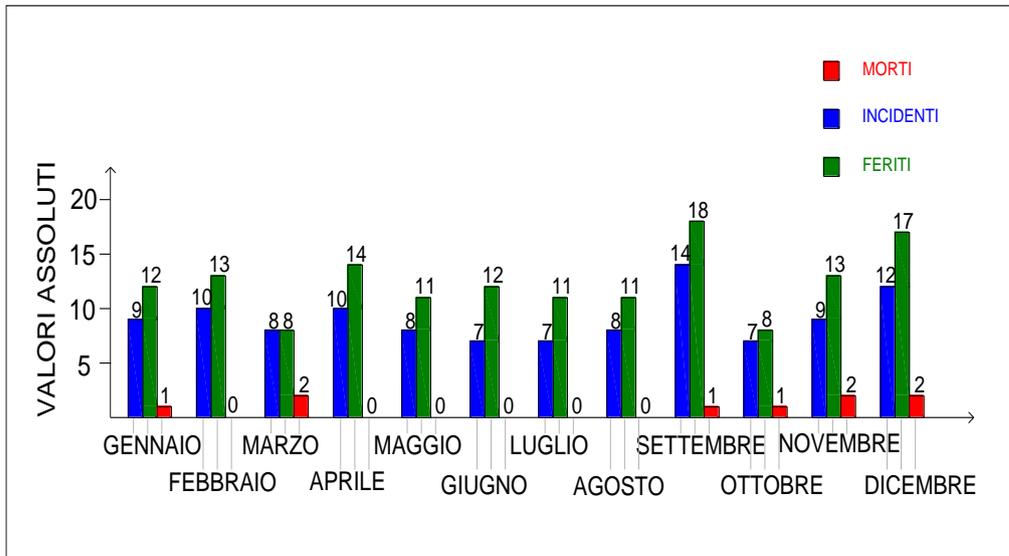


Figura 4.14a: Istogramma con Incidenti, Morti, Feriti per ogni mese dal 2002 al 2011 in ambito Urbano.

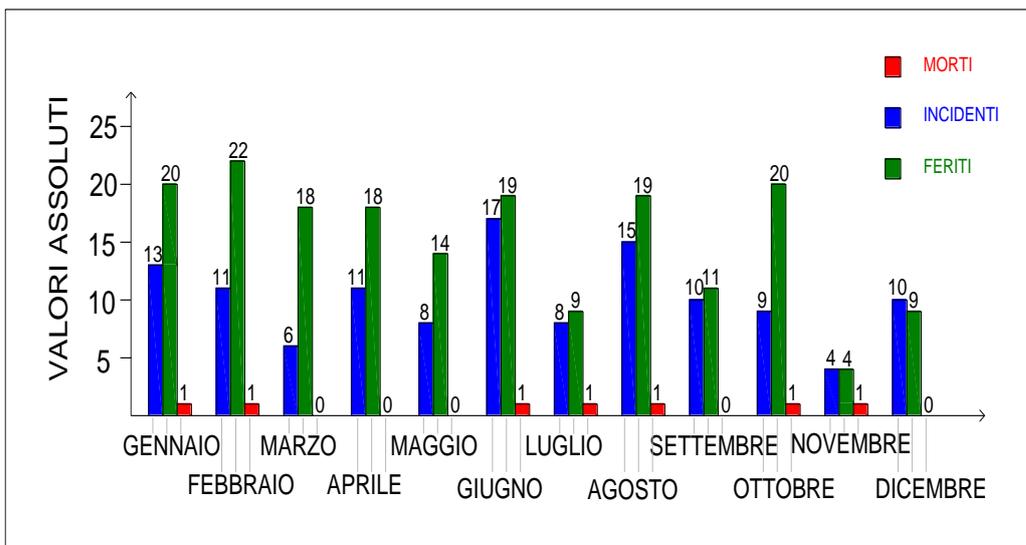


Figura 4.14b: Istogramma con Incidenti, Morti, Feriti per ogni mese dal 2002 al 2011 in ambito Extraurbano.

Dal punto di vista tipologico i dati di incidentalità sono stati suddivisi in quattro categorie:

- 1) incidenti tra veicoli in marcia;
- 2) incidenti tra veicoli (comprensivi di bici) e pedoni;
- 3) veicoli in marcia che urtano ostacoli fermi;
- 4) veicoli in marcia senza urti.

È possibile osservare che la tipologia più frequente di sinistro, in termini di morti e feriti, risulta essere lo scontro frontale/laterale, seguito dallo scontro frontale e dal tamponamento (Figura 4.15).

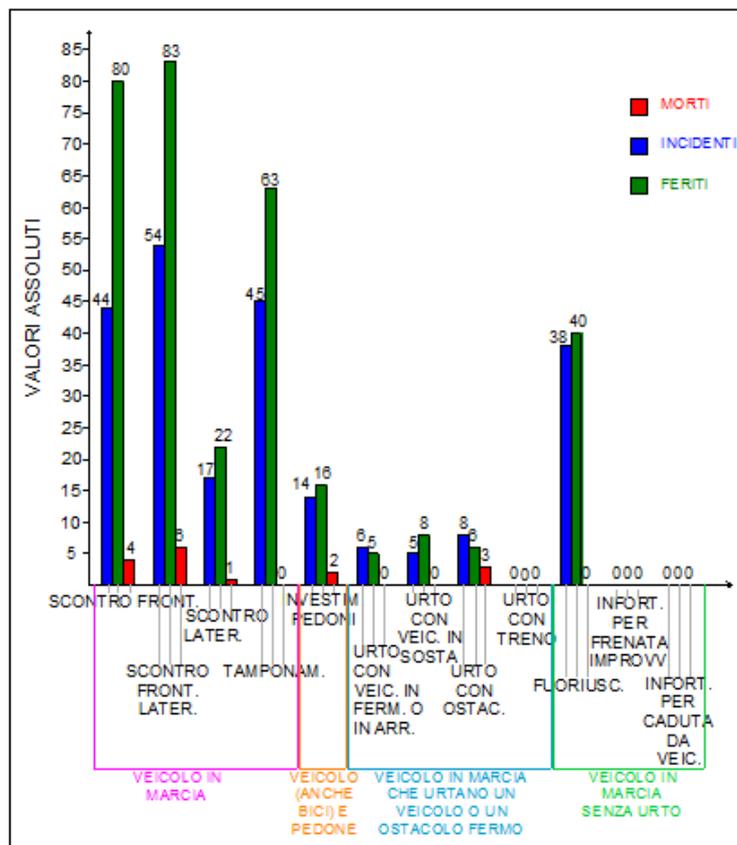


Figura 4.15: Istogramma con Incidenti, Morti, Feriti per ogni tipo di incidente dal 2002 al 2011.

La tipologia di incidente più gravosa, invece, risulta essere quella che vede coinvolti i pedoni: dall'analisi effettuata infatti risulta che, su 14 incidenti verificatisi si sono avuti 16 feriti e 2 morti. Anche questo dato conferma la problematica emersa dal Road Safety Review riguardante la scarsa percezione dell'ambiente urbano e dei relativi attraversamenti. L'eccessiva velocità tenuta dagli utenti li porta

inevitabilmente ad avere una visibilità ridotta di quello che avviene al margine della strada e quindi ad una minore percezione di pedoni in attesa o in attraversamento.

Inoltre, dal punto di vista dell'ambito attraversato, la tipologia di incidente più frequente in ambito urbano è lo scontro laterale, seguito dal tamponamento. Questo può essere ricondotto, probabilmente, alla presenza di un elevato numero di intersezioni nel tratto di studio che portano, conseguentemente, a manovre lente che ingombrano le corsie di marcia per tempi relativamente più lunghi. Anche in ambito extraurbano lo scontro laterale risulta essere il più probabile ma non il più gravoso. Il numero di morti e feriti a seguito di uno scontro frontale risulta infatti decisamente superiore, a conferma del fatto che le velocità operative tenute dagli utenti sono troppo elevate.

Infine, riassumendo i dati di incidentalità lungo il tronco oggetto di studio si può osservare che, tra i centri abitati esaminati, Ponticelli risulta essere quello caratterizzato dal maggior numero sia di feriti sia di morti, seguito da Borgo Tossignano e da Casalfiumanese (Figura 4.16).

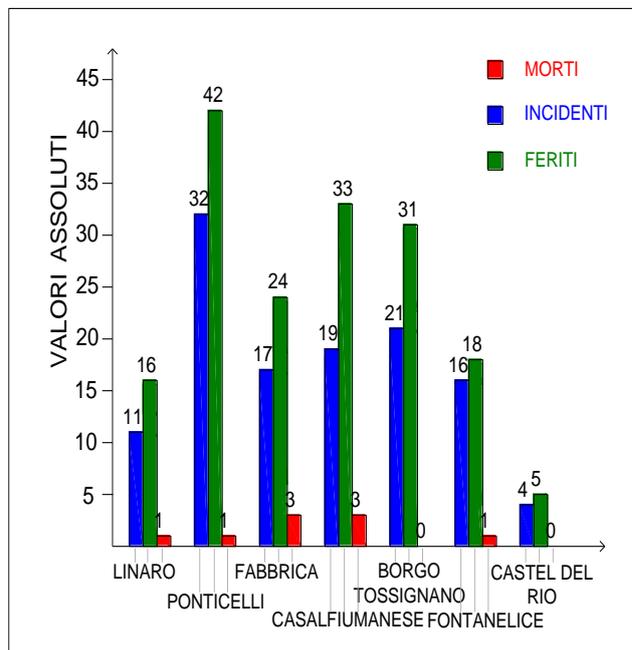


Figura 4.16: Istogramma con Incidenti, Morti, Feriti per i centri abitati di Linaro, Ponticelli, Fabbrica, Casalfiumanese, Borgo Tossignano, Fontanelice, Castel del Rio dal 2002 al 2011.

Mentre, dal punto di vista delle tratte extraurbane, la più pericolosa risulta essere quella compresa tra Fontanelice e Castel del Rio (Figura 4.17). In generale la

distribuzione dei sinistri può essere ritenuta pressoché omogenea tra i tratti urbani e quelli extraurbani.

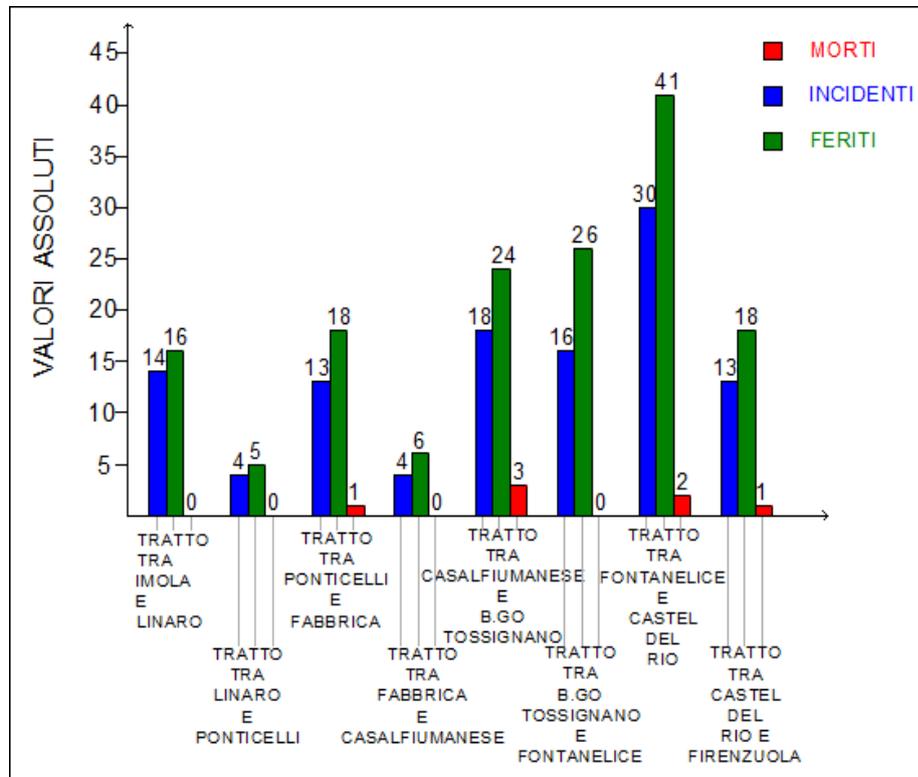


Figura 4.17: Istogramma con Incidenti, Morti, Feriti per i tratti extraurbani presenti nella SP610 dal 2002 al 2011.

#### 4.4 Definizione dei fattori di rischio e verifica dell' idoneità degli interventi proposti

L'ultima fase prevede il confronto tra le problematiche emerse durante l'analisi di sicurezza e gli incidenti effettivamente avvenuti nel tronco della SP 610 preso in esame. Lo scopo di questa operazione sta nell'identificare potenziali situazioni di rischio per gli utenti in modo da poter verificare l' idoneità, in termini di sicurezza, degli interventi proposti dalla Provincia di Bologna.

Sono stati quindi stilati degli elaborati, ognuno dei quali riporta gli incidenti accaduti ed i problemi riscontrati sull'infrastruttura in modo da fornire, per ogni centro abitato, una buona correlazione tra i due aspetti. In particolare, le problematiche sono state suddivise tra ambito urbano e zona di transizione (accesso nord e accesso sud), mentre i dati di incidente secondo le seguenti tipologie:

- incidenti con almeno un ferito;
- incidenti con almeno un morto;
- incidenti avvenuti tra veicoli in marcia senza urto;
- incidenti avvenuti tra veicoli in marcia;
- incidenti avvenuti tra veicoli in marcia che urtano un ostacolo fermo;
- incidenti avvenuti con l' investimento di un pedone.

I risultati ottenuti da tale elaborazione confermano sia la localizzazione plano-altimetrica sia l' effettiva efficacia in termini di sicurezza degli interventi in progetto. Si riportano di seguito gli elaborati per i centri abitati oggetto di intervento [15].

#### 4.4.1 Linaro

Nel comune di Linaro sono stati riscontrati 9 incidenti che hanno provocato 14 feriti e 1 morto (causato da un investimento in prossimità del passaggio pedonale), Figura 4.18.

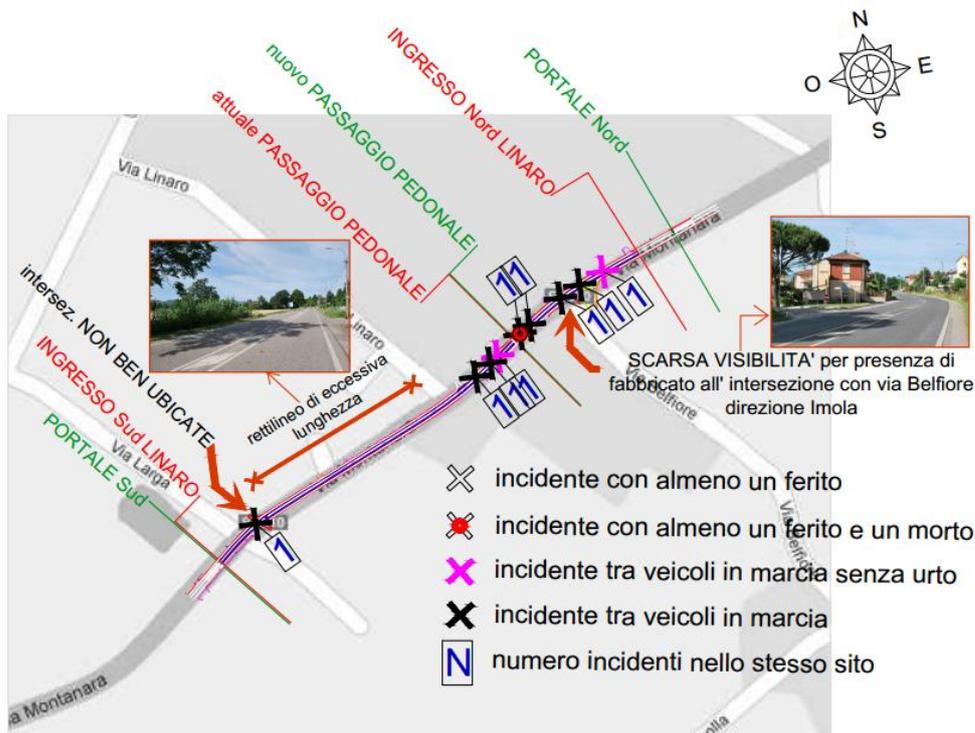


Figura 4.18: Planimetria dell' intero centro abitato di Linaro con localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate nel Road Safety Review.

Inoltre, vengono riportate le principali problematiche emerse dall'analisi di sicurezza, suddivise a seconda dell'ambito, Figura 4.19, 4.20:

a) nel centro abitato:

- presenza di un lungo rettifilo che porta gli utenti ad attraversare l'abitato a velocità eccessive.

b) nelle zone di transizione:

- problemi di visibilità, in particolare in corrispondenza dell'intersezione tra la SP 610 e via Belfiore a causa della presenza di un fabbricato ubicato a bordo strada.

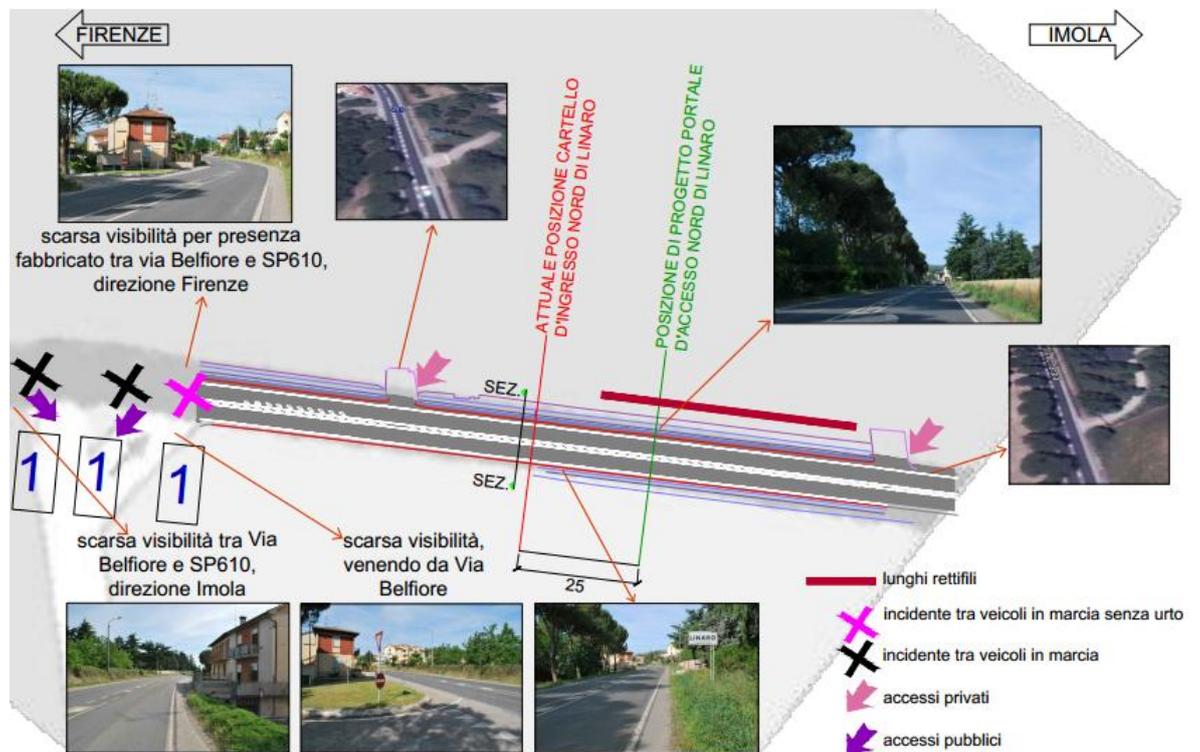


Figura 4.19: Planimetria dell'accesso Nord al centro abitato di Linaro contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

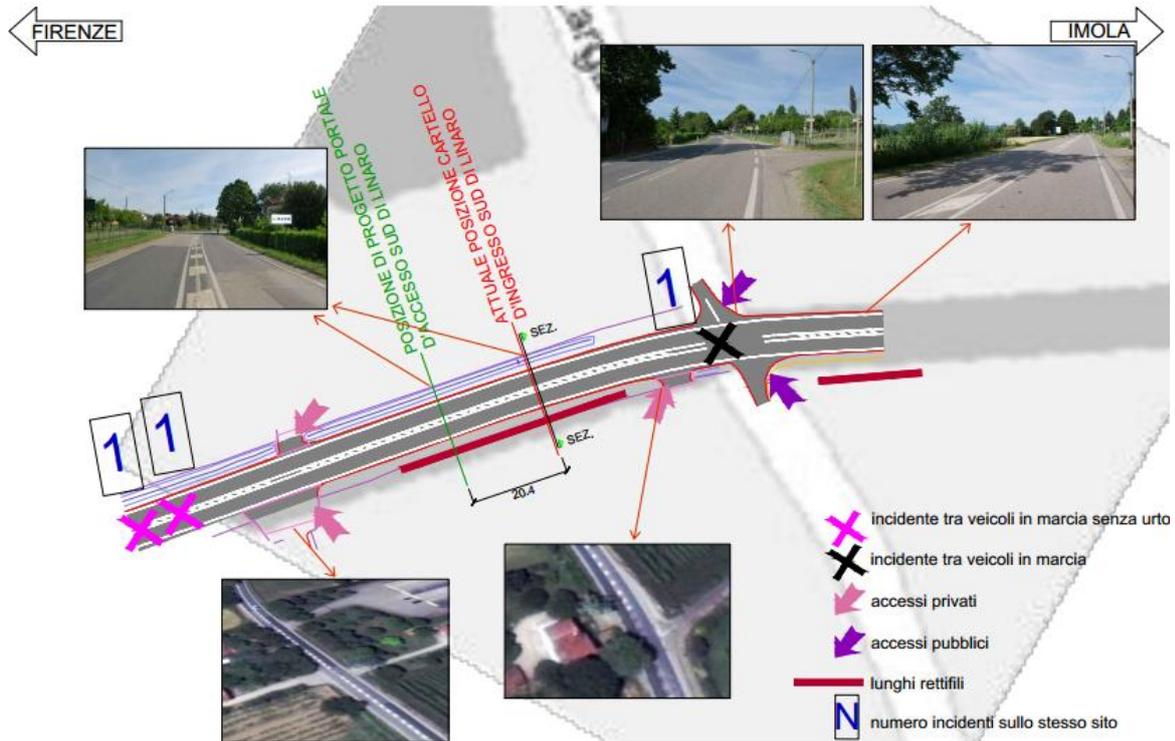


Figura 4.20: Planimetria dell'accesso Sud al centro abitato di Linaro contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

#### 4.4.2 Ponticelli

Nel comune di Ponticelli sono stati riscontrati 32 incidenti che hanno provocato 42 feriti e 1 morto (causato da un investimento in prossimità del passaggio pedonale), Figura 4.21.

Inoltre, vengono riportate le principali problematiche emerse dall'analisi di sicurezza, suddivise a seconda dell'ambito, Figura 4.22, 4.23:

a) nel centro abitato:

- la presenza di un lungo rettifilo che porta gli utenti ad attraversare l'abitato a velocità eccessive;
- problemi di coordinamento plano-altimetrico dell'asse stradale che rendono poco visibili gli attraversamenti pedonali;
- frequenti problemi di visibilità in corrispondenza di intersezioni ed accessi privati.

b) nelle zone di transizione:

- la presenza di un lungo rettifilo, che porta gli utenti a mantenere velocità di guida eccessive;
- presenza di accessi pubblici e privati che, nell'immettersi sulla strada, creano il rischio di manovre lente e poco comprensibili dall'utente.

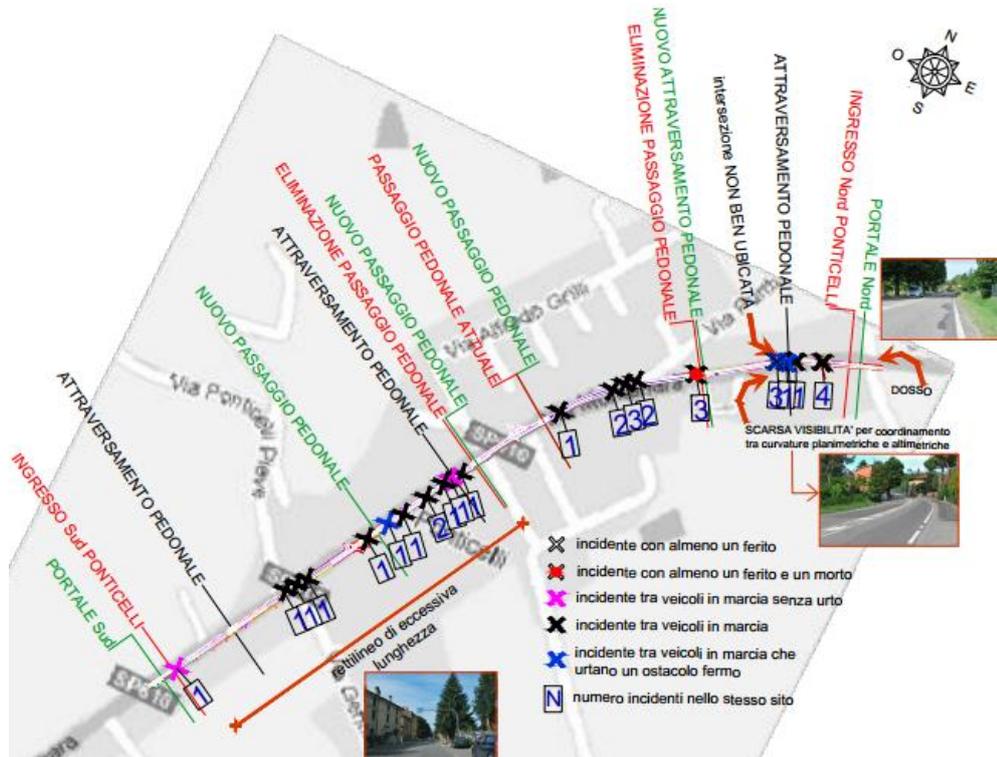


Figura 4.21: Planimetria dell'intero centro abitato di Ponticelli con localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate nel Road Safety Review.

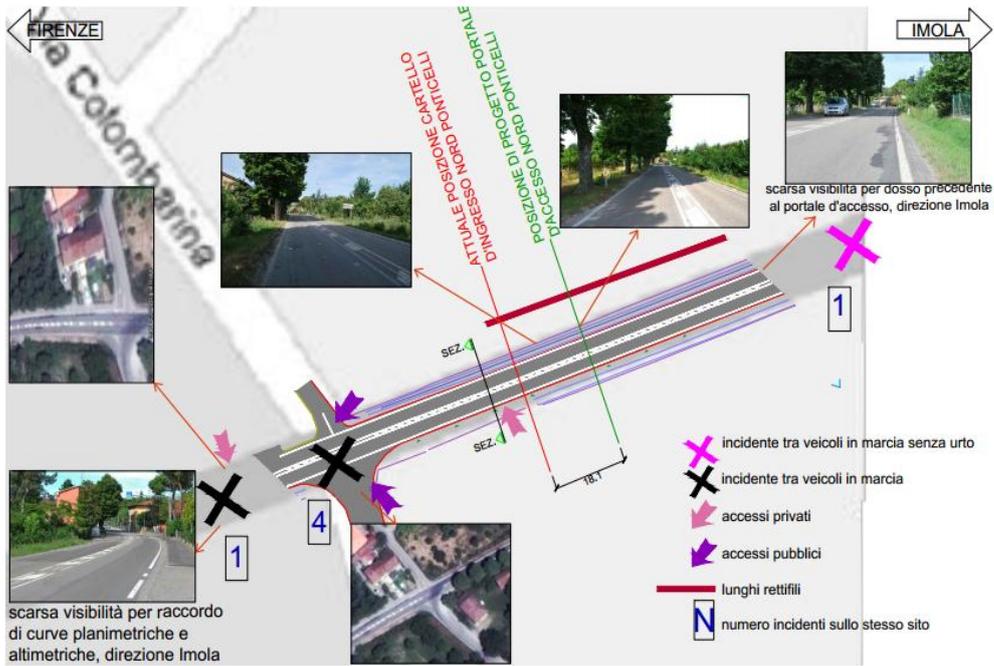


Figura 4.22: Planimetria dell'accesso Nord al centro abitato di Ponticelli contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

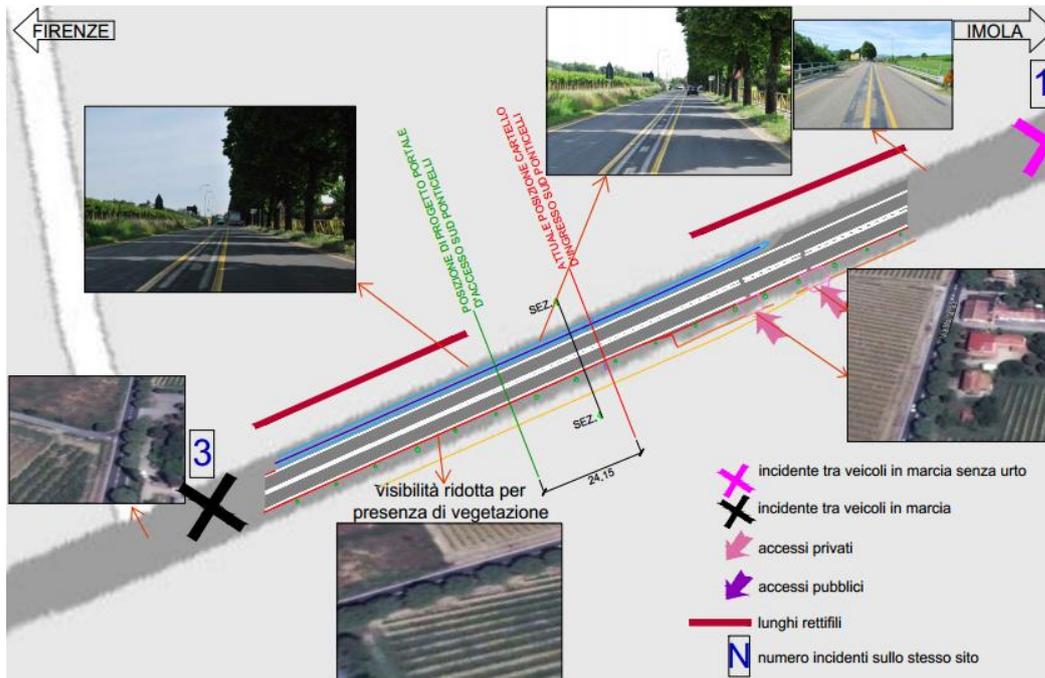


Figura 4.23: Planimetria dell'accesso Sud al centro abitato di Ponticelli contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

### 4.4.3 Fabbrica

Nel comune di Fabbrica sono stati riscontrati 18 incidenti che hanno provocato 25 feriti e 3 morti, Figura 4.24.

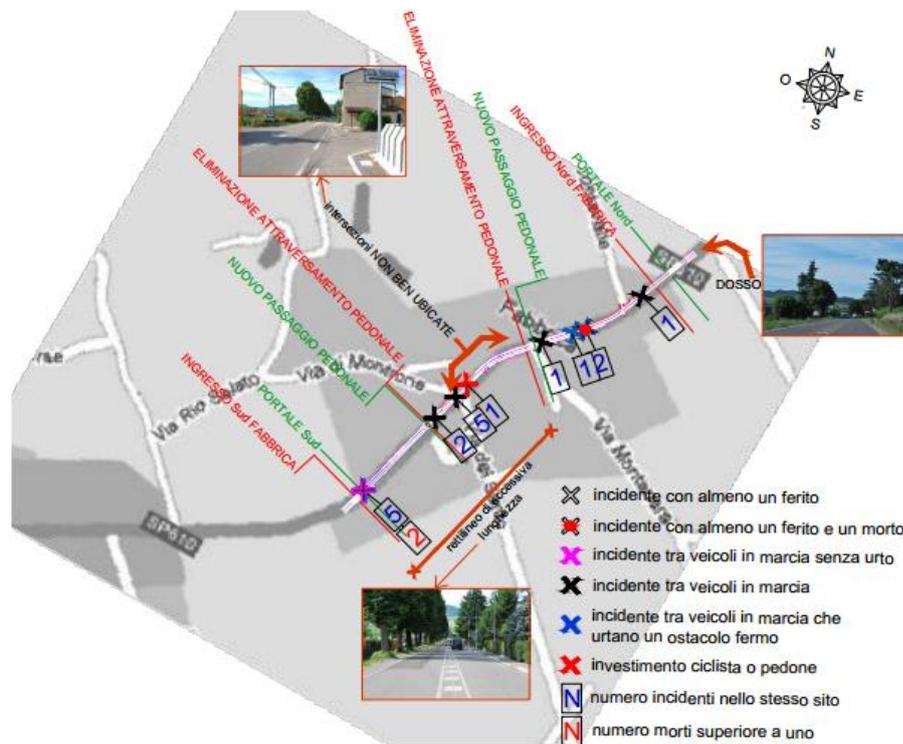


Figura 4.24: Planimetria dell'intero centro abitato di Fabbrica con localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate nel Road Safety Review.

Inoltre, vengono riportate le principali problematiche emerse dall'analisi di sicurezza, suddivise a seconda dell'ambito, Figura 4.25, 4.26:

a) nel centro abitato:

- la presenza di un lungo rettilineo che porta gli utenti ad attraversare l'abitato a velocità eccessive.

b) nelle zone di transizione:

- problemi di coordinamento plano-altimetrico dell'asse stradale finalizzato a diminuire le velocità.

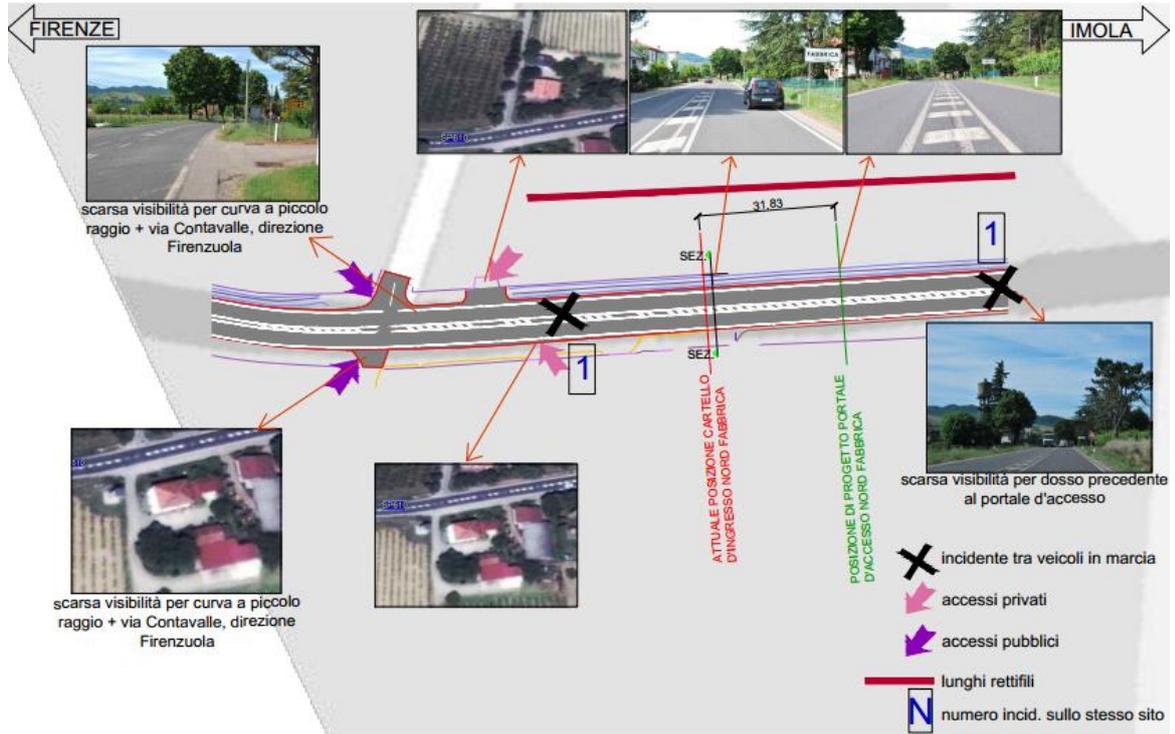


Figura 4.25: Planimetria dell'accesso Nord al centro abitato di Fabbrica contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

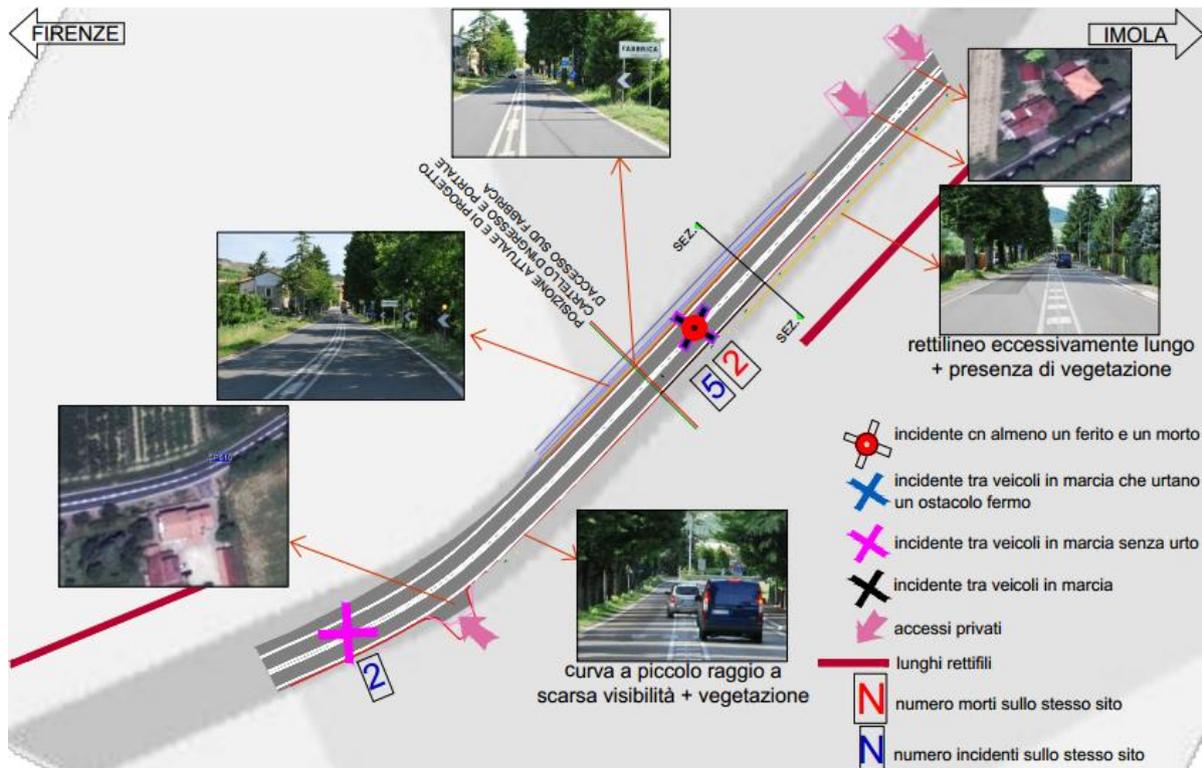


Figura 4.26: Planimetria dell'accesso Sud al centro abitato di Fabbrica contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

#### 4.4.4 Casalfiumanese

Nel comune di Casalfiumanese sono stati riscontrati 18 incidenti che hanno provocato 32 feriti e 3 morti (di cui due causati da un investimento in prossimità del passaggio pedonale), Figura 4.27.



Figura 4.27: Planimetria dell'intero centro abitato di Casalfiumanese con localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate nel Road Safety Review.

Inoltre, vengono riportate le principali problematiche emerse dall'analisi di sicurezza, suddivise a seconda dell'ambito, Figura 4.28, 4.29:

a) nel centro abitato:

- la presenza di un lungo rettilineo che porta gli utenti ad attraversare l'abitato a velocità eccessive.
- attraversamenti pedonali poco visibili.

b) nelle zone di transizione:

- la presenza di un lungo rettilineo, che porta gli utenti a mantenere velocità di guida eccessive;
- problemi di visibilità causati da un non idoneo coordinamento plano-altimetrico dell'asse stradale.

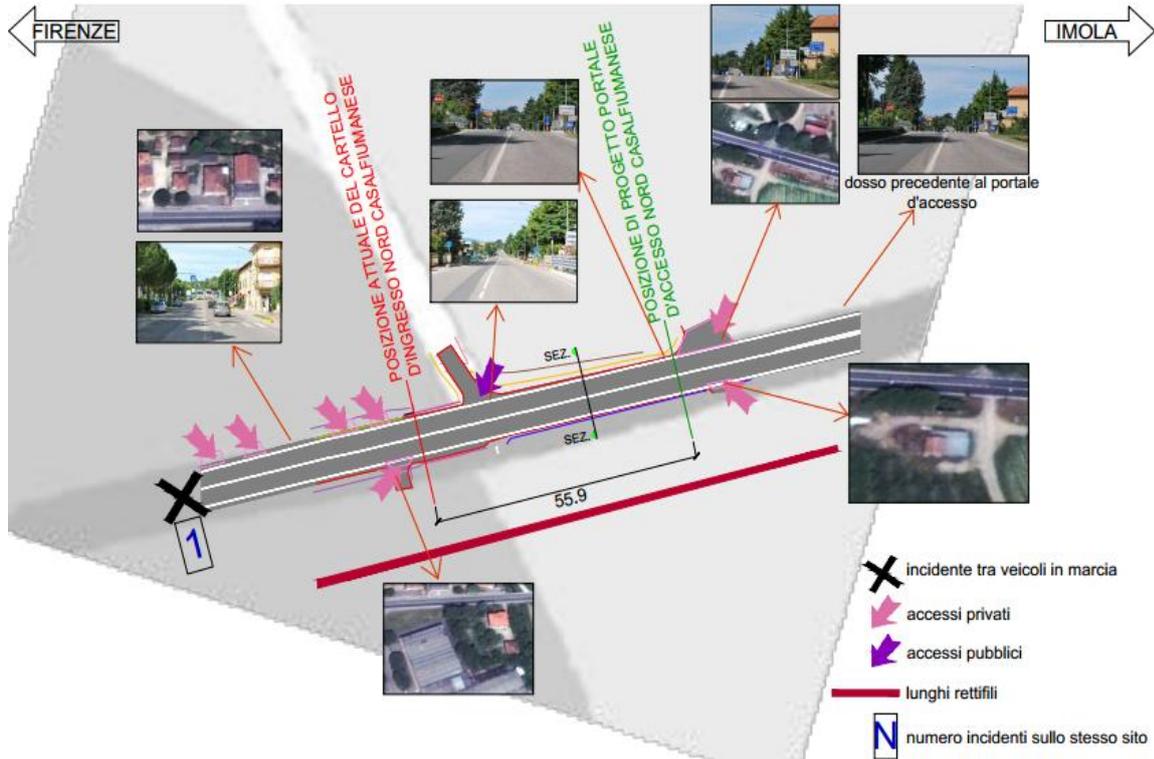


Figura 4.28: Planimetria dell'accesso Nord al centro abitato di Casalfiumanese contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

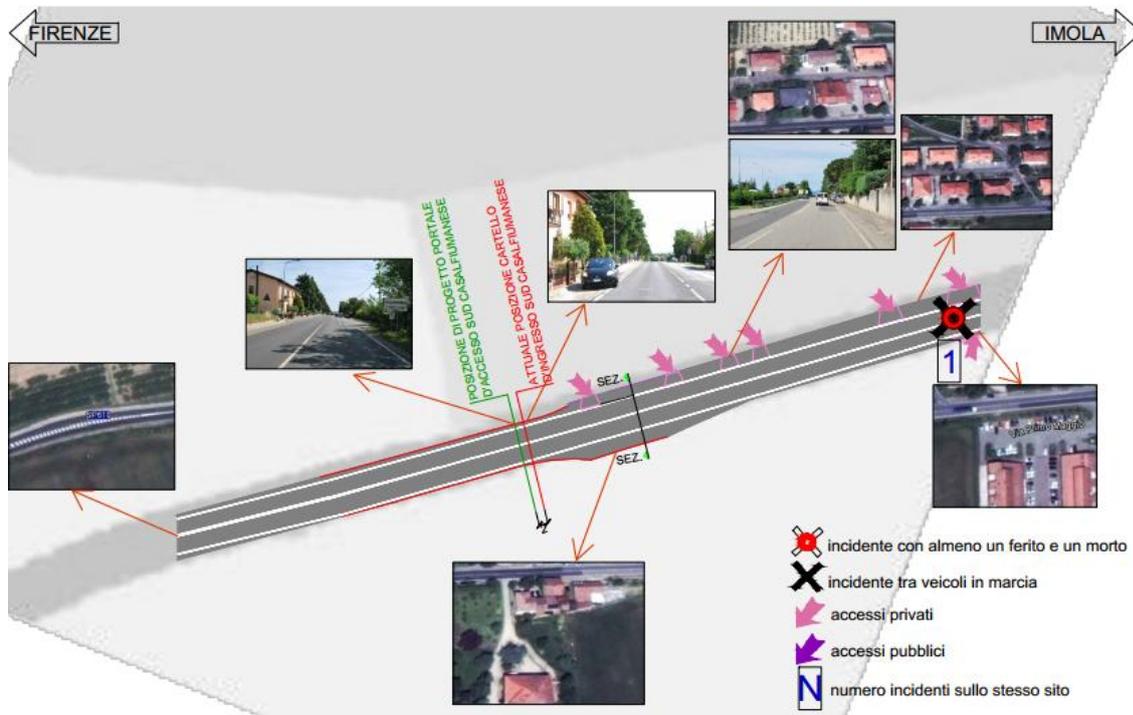


Figura 4.29: Planimetria dell'accesso Sud al centro abitato di Casalfiumanese contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

#### 4.4.5 Borgo Tossignano

Nel comune di Borgo Tossignano sono stati riscontrati 21 incidenti che hanno provocato 31 feriti, Figura 4.30.

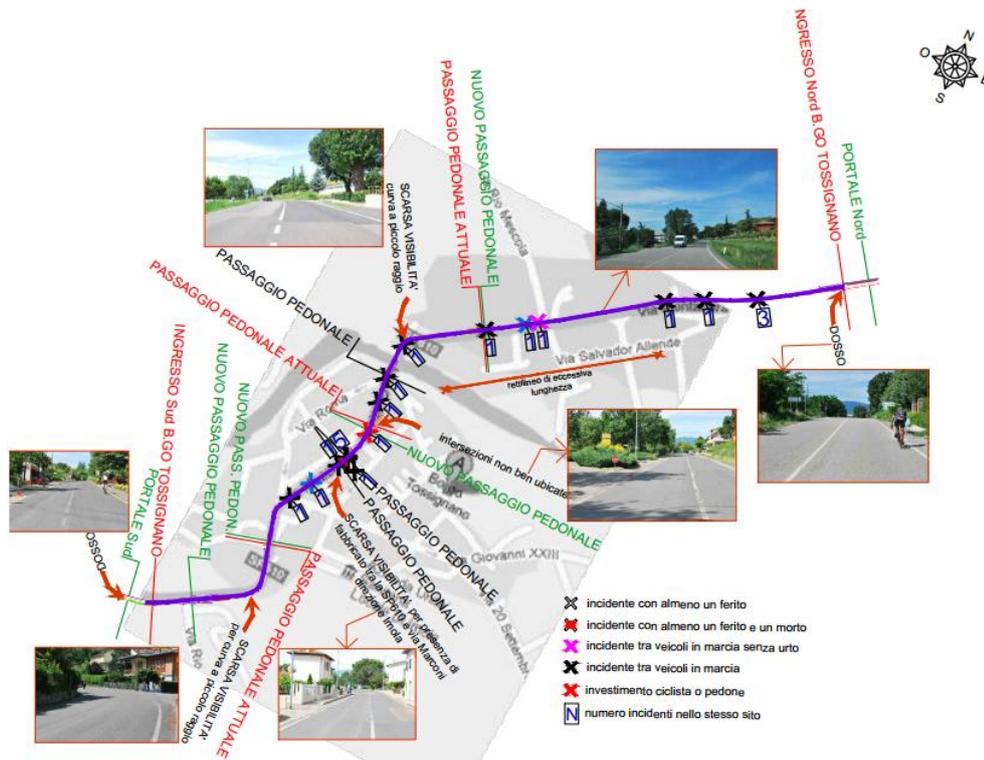


Figura 4.30: Planimetria dell'intero centro abitato di Borgo Tossignano con localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate nel Road Safety Review.

Inoltre, vengono riportate le principali problematiche emerse dall'analisi di sicurezza, suddivise a seconda dell'ambito, Figura 4.31, 4.32:

a) nel centro abitato:

- la presenza di un lungo rettilineo che porta gli utenti ad attraversare l'abitato a velocità eccessive;
- problemi di visibilità causati da un non idoneo coordinamento plano-altimetrico dell'asse stradale;
- problemi di visibilità causati dalla presenza di fabbricati ed elementi a bordo strada.

b) nelle zone di transizione:

- problemi di coordinamento plano-altimetrico dell'asse stradale finalizzato a diminuire le velocità.

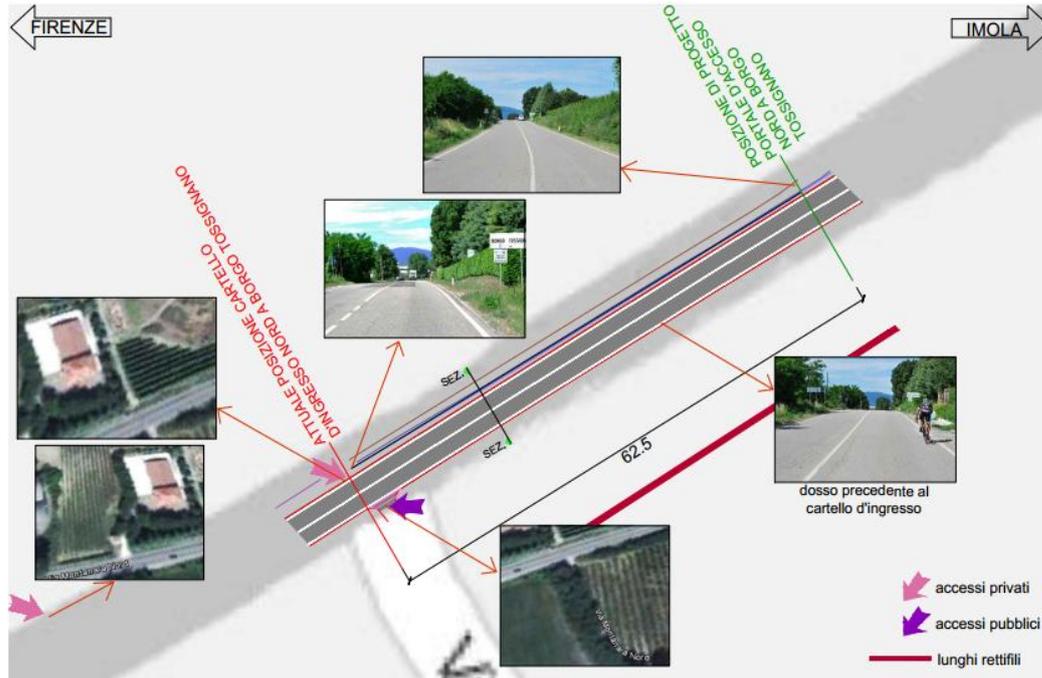


Figura 4.31: Planimetria dell'accesso Nord al centro abitato di Borgo Tossignano contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

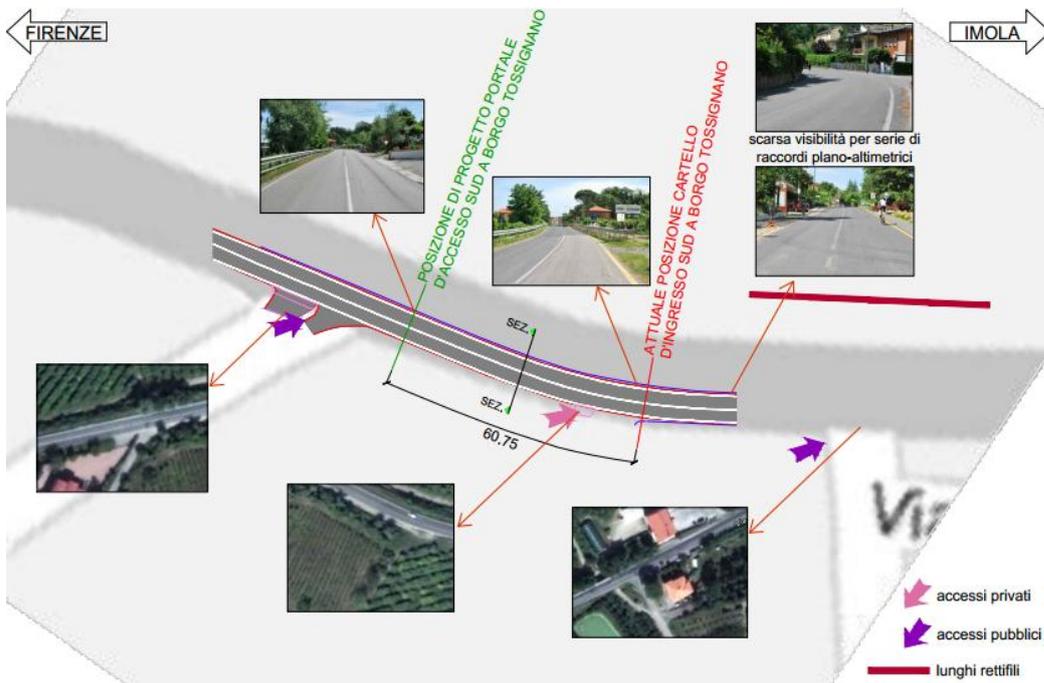


Figura 4.32: Planimetria dell'accesso Sud al centro abitato di Borgo Tossignano contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

#### 4.4.6 Fontanelice

Nel comune di Fontanelice sono stati riscontrati 18 incidenti che hanno provocato 20 feriti e 1 morto (causato da un investimento in prossimità del passaggio pedonale), Figura 4.33.

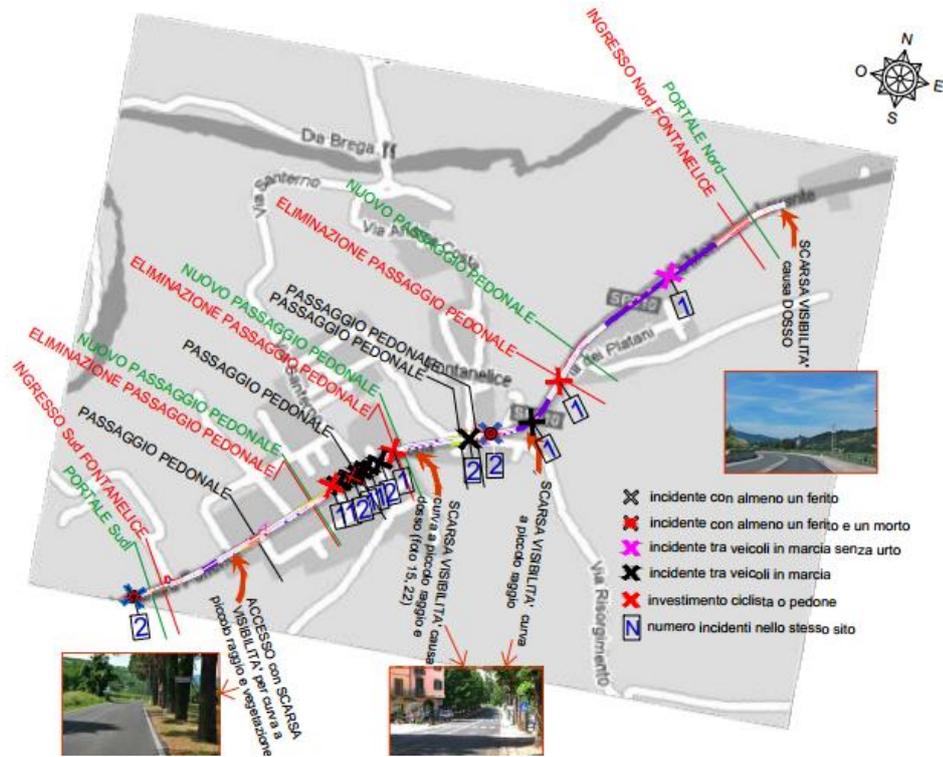


Figura 4.33: Planimetria dell'intero centro abitato di Fontanelice con localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate nel Road Safety Review.

Inoltre, vengono riportate le principali problematiche emerse dall'analisi di sicurezza, suddivise a seconda dell'ambito, Figura 4.34, 4.35:

a) nel centro abitato:

- problemi di visibilità causati da un non idoneo coordinamento plano-altimetrico dell'asse stradale;
- problemi di visibilità causati dalla presenza di alberi ed elementi a bordo strada.

b) nelle zone di transizione:

- problemi di visibilità causati da un non idoneo coordinamento plano-altimetrico dell'asse stradale;
- la presenza di un lungo rettilineo, che porta gli utenti a mantenere velocità di guida eccessive.

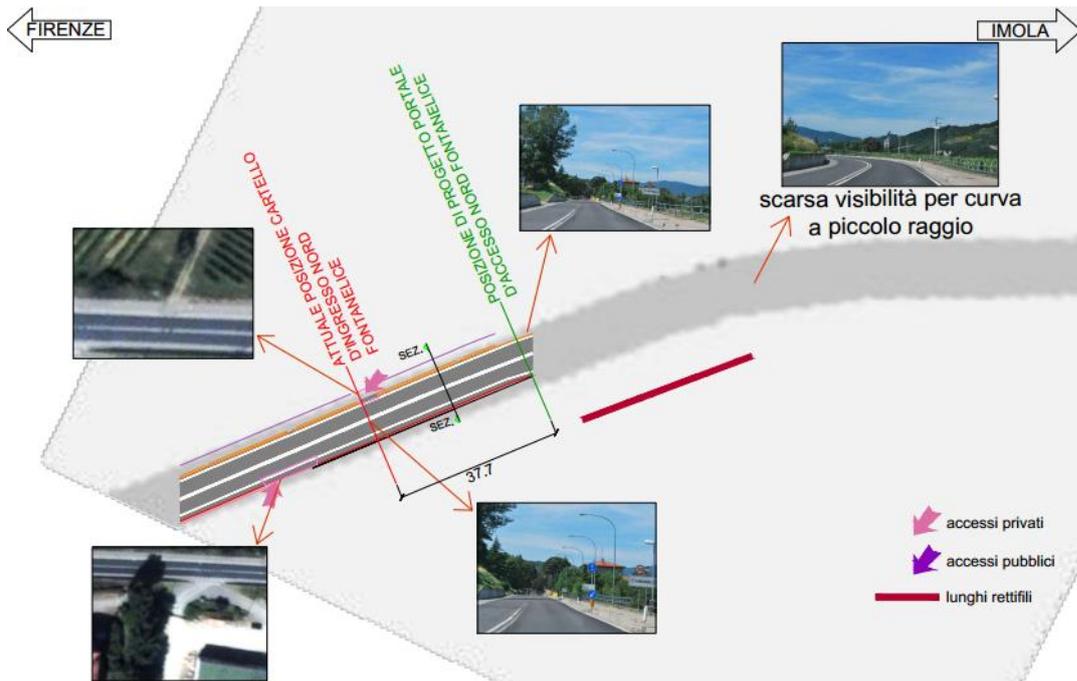


Figura 4.34: Planimetria dell' accesso Nord al centro abitato di Fontanelice contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

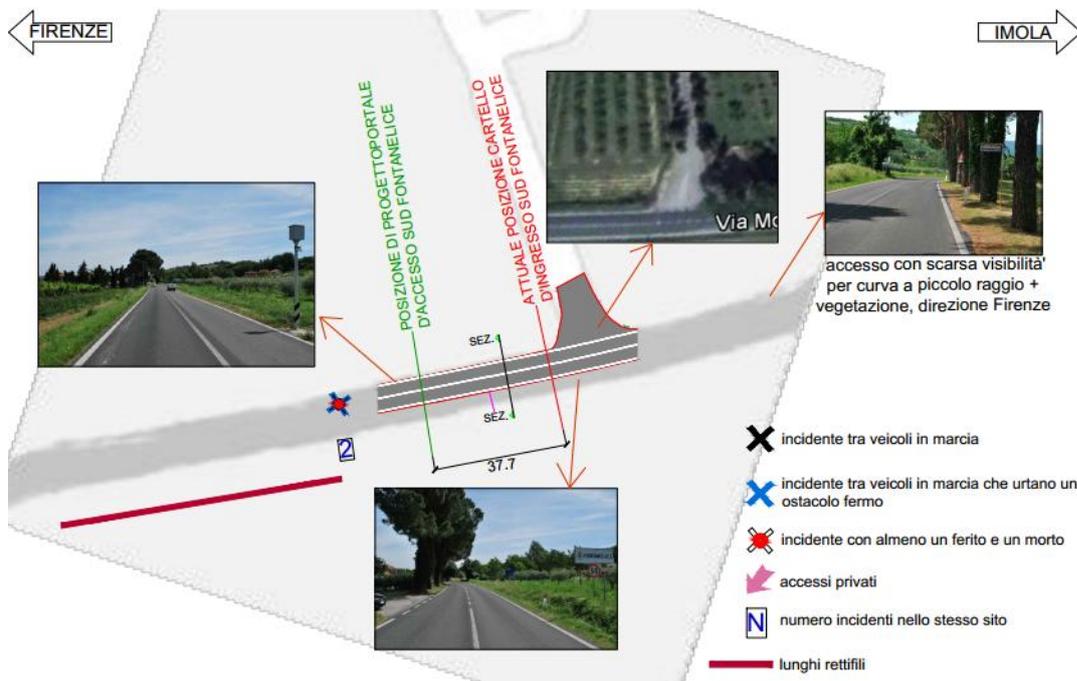


Figura 4.35: Planimetria dell' accesso Sud al centro abitato di Fontanelice contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

#### 4.4.7 Castel del Rio

Nel comune di Castel del Rio sono stati riscontrati 5 incidenti che hanno provocato 5, Figura 4.36.

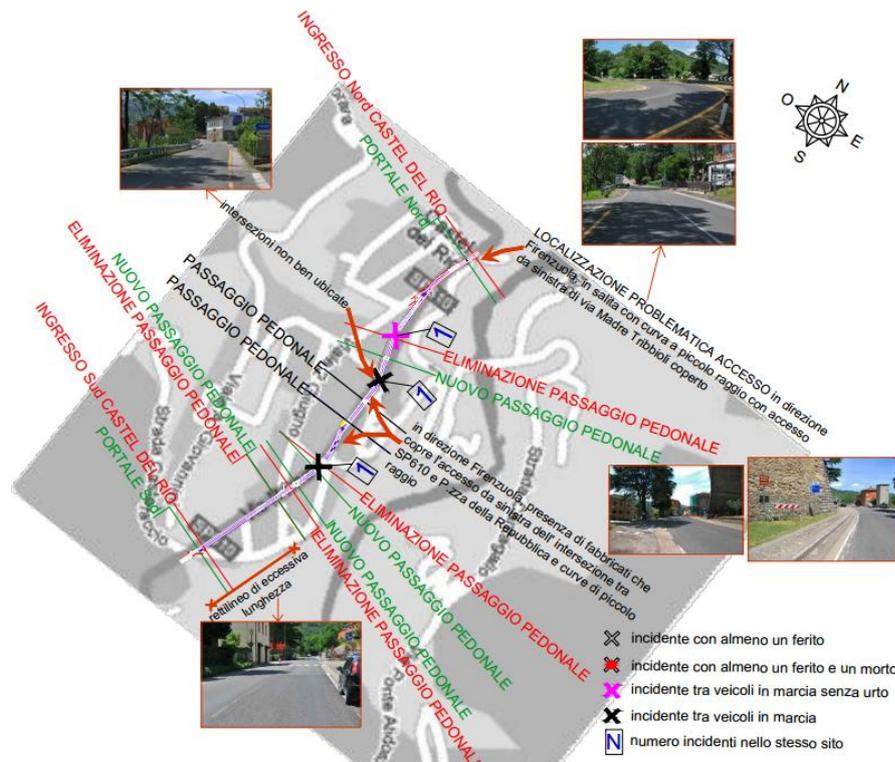


Figura 4.36: Planimetria dell'intero centro abitato di Castel del Rio con localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate nel Road Safety Review.

Inoltre, vengono riportate le principali problematiche emerse dall'analisi di sicurezza, suddivise a seconda dell'ambito, Figura 4.37, 4.38:

a) nel centro abitato:

- problemi di visibilità causati da un non idoneo coordinamento plano-altimetrico dell'asse stradale;
- problemi di visibilità causati dalla presenza di fabbricati ed elementi a bordo strada;
- problemi di visibilità alle intersezioni.

b) nelle zone di transizione:

- problemi di visibilità causati da un non idoneo coordinamento plano-altimetrico dell'asse stradale;
- problemi di visibilità causati dalla presenza di fabbricati ed elementi a bordo strada;
- problemi di visibilità alle intersezioni.

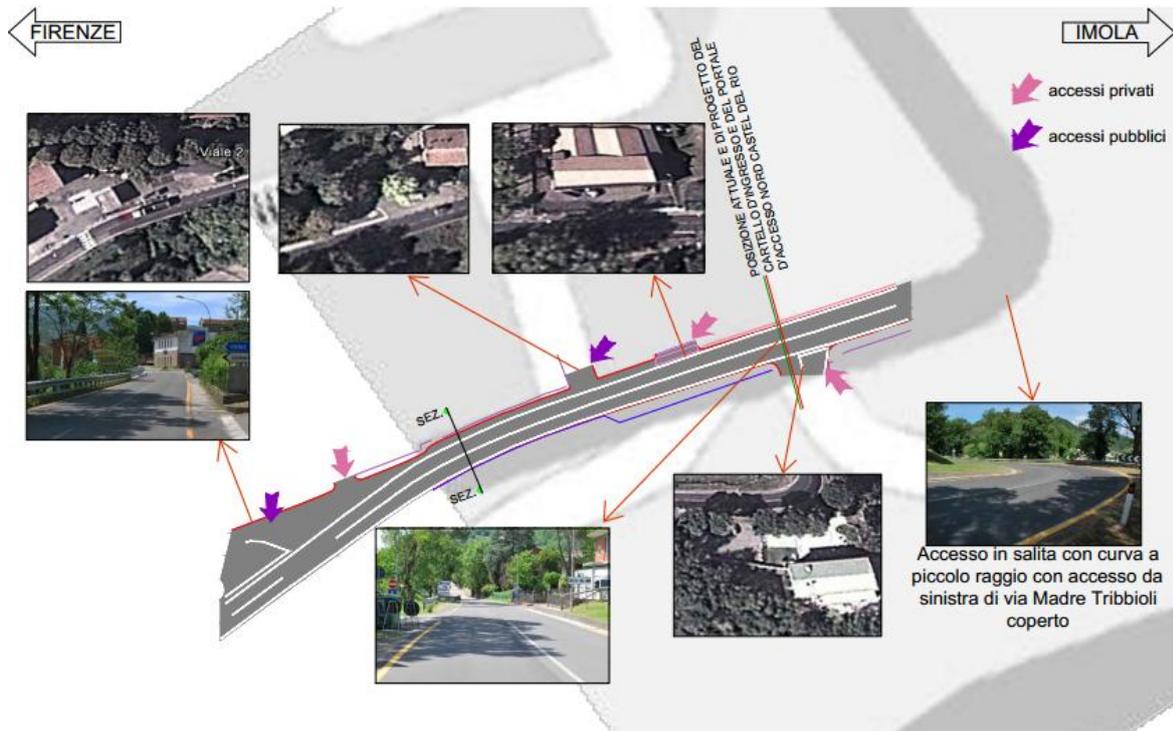


Figura 4.37: Planimetria dell' accesso Nord al centro abitato di Castel del Rio contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

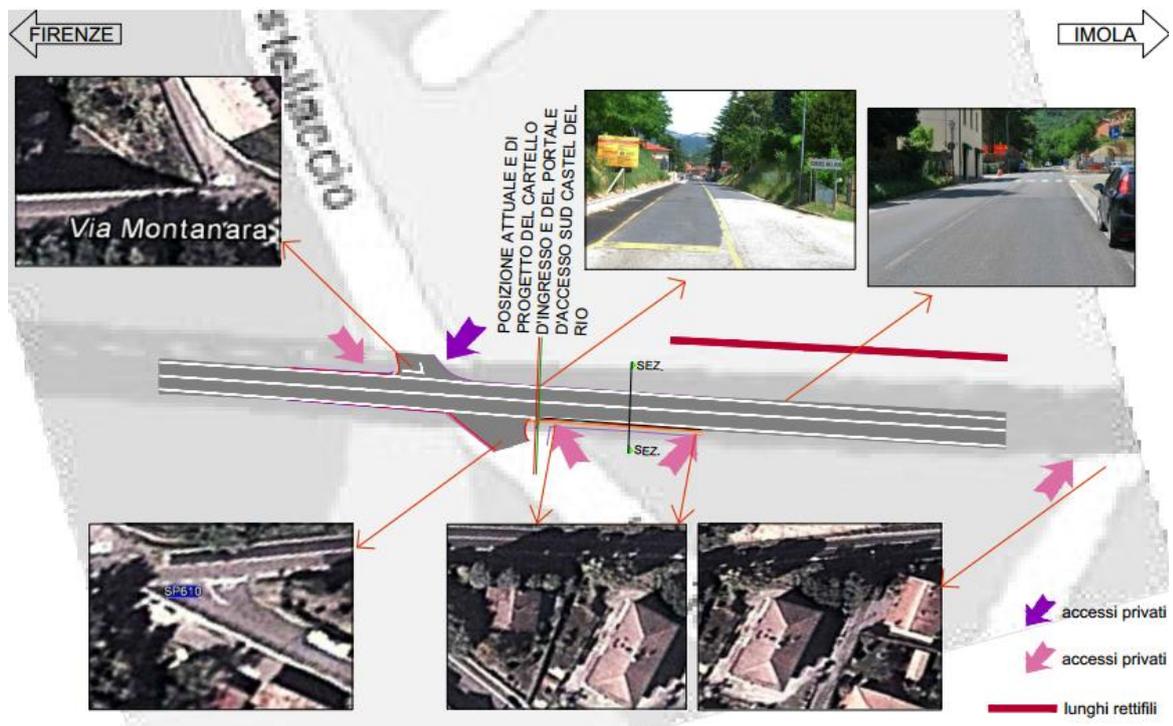


Figura 4.38: Planimetria dell' accesso Sud al centro abitato di Castel del Rio contenente localizzazione degli incidenti e problematiche riscontrate dal RSR supportate da fotografie in sito e in Google Earth.

## **4.5 Conclusioni**

Si può quindi concludere che, valutando la relazione tra i problemi di sicurezza emersi dal Road Safety Review ed i dati di incidentalità analizzati, gli interventi di riqualificazione per la SP 610 nel tratto compreso tra il 37+000 e 62+594 previsti dalla Provincia di Bologna risultano essere idonei per l' adempimento delle finalità richieste.

In particolare, l' inserimento di portali d' ingresso nelle zone di transizione tra ambito urbano ed ambito extraurbano, l' inserimento di chicane e la messa in sicurezza di tutti gli attraversamenti pedonali presenti sull' asse viario risultano pienamente idonei ed efficaci affinché i conducenti dei veicoli riescano a percepire correttamente l' ambiente stradale attraversato e di conseguenza ad adattare la propria condotta di guida; così come risulta idonea la localizzazione di tali interventi all' interno della SP 610 esistente ed il loro dimensionamento geometrico, secondo quanto prescritto nella relativa Normativa.

Si procede dunque ad un' analisi cinematica del sistema veicolo-tracciato al fine di valutare, in modo approfondito, gli effetti che le chicane hanno sul veicolo che le percorre, in modo da stimare eventuali conseguenti pericoli di svio e confermare ulteriormente le soluzioni progettuali proposte.



## **CAPITOLO 5**

### **ANALISI CINEMATICA DEL SISTEMA VEICOLO-TRACCIATO**

#### ***5.1 Introduzione***

Questa fase di studio è incentrata sull'analisi cinematica del sistema veicolo-tracciato al fine di valutare gli effetti che le chicane hanno sia sul veicolo che le percorre sia sul guidatore.

L'obiettivo è quello di confermare la sicurezza, in termini di circolazione, degli interventi di traffic calming proposti dalla provincia di Bologna per il tratto compreso tra il km 37+000 al km 62+594 della SP 610 e di stimare eventuali pericoli di svio in corrispondenza delle chicane. Per valutare tali effetti si è scelto di riprodurre gli scenari di progetto allestendo un campo prova in scala reale, previo rilievo in sito delle velocità operative effettivamente tenute dai conducenti nell'affrontare tale tratta.

#### ***5.2 Rilievo in sito delle velocità***

La campagna di monitoraggio strumentale delle velocità "reali", ossia quelle rappresentative dell'effettivo comportamento dei guidatori, è stata realizzata nel corso del mese di luglio 2012 (in particolare nella settimana tra l'11 e il 17) mediante l'utilizzo di dispositivi fissi costituiti da un sensore, annegato nella pavimentazione che viene sollecitato al transito dei veicoli, e da un rilevatore, che registra l'informazione generata dal sensore e la trasforma in dato di traffico. In particolare, in questa sperimentazione, sono state utilizzate spire ad induzione magnetica posizionate secondo una forma quadrata o rettangolare (con lati di 2 - 3 m) in corrispondenza della carreggiata e collegate ad un apparecchio rilevatore ai margini della stessa (Figura 5.1).

Quando la massa metallica di un veicolo transita sulla spira si verifica una variazione del campo magnetico da essa generato, la quale viene registrata dall'apparecchio rilevatore. Esso è, inoltre, dotato di un timer interno per tradurre il conteggio in

portate veicolari su prefissati intervalli di tempo e per registrare il tempo di occupazione della spira.

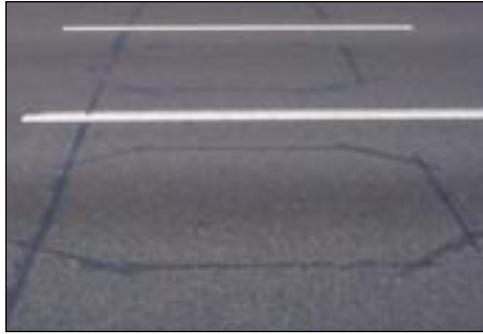


Figura 5.1: Spire ad induzione magnetica.

Disponendo una spira su una corsia stradale, quindi, è possibile non solo misurare la portata veicolare, ma anche risalire al tasso di occupazione della corsia in un tempo di osservazione. I vantaggi dell'utilizzo di spire induttive consistono nella facilità di installazione e nel costo contenuto. Tuttavia esse generano errori considerevoli con veicoli marcianti a basse velocità o in fase di accelerazione o decelerazione [17].

In questo studio le stazioni di misura sono state posizionate in corrispondenza di due sezioni significative, scelte in funzione delle due differenti tipologie di chicane:

- la prima è stata collocata al km 48+915, coincidente con l'ingresso sud del centro abitato Fontanelice, dove si prevede la realizzazione della chicane di larghezza standard (Figura 5.2);

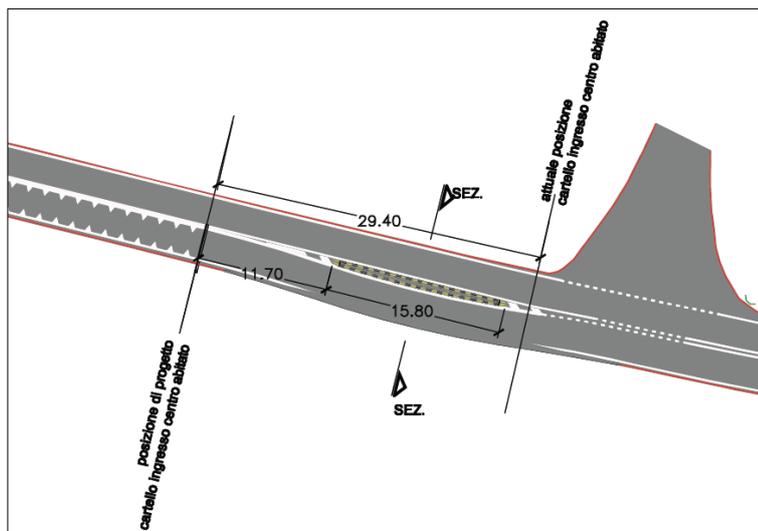


Figura 5.2: Planimetria chicane km 48+915.

- la seconda, al km 35+810, corrispondente all'ingresso nord del centro abitato di Linaro con, in progetto, la chicane di larghezza ridotta (Figura 5.3).

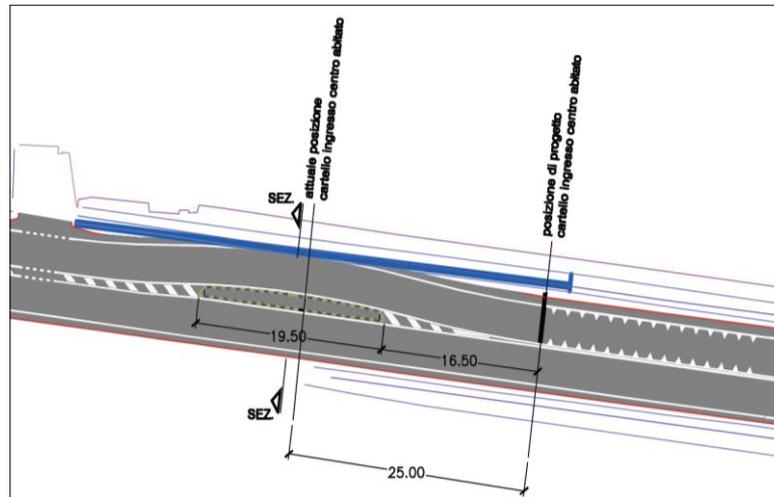


Figura 5.3: Planimetria chicane km 35+810.

Da tali rilievi è stato possibile ottenere, per le diverse velocità rilevate, il numero dei veicoli transitanti nelle due sezioni significative in entrambe le direzioni di marcia (Tabella 5.1, 5.2).

Classe di velocità	Numero di veicoli	
	Direzione Imola	Direzione Firenze
V = 0÷29 km/h	100	614
V = 30÷39 km/h	645	652
V = 40÷49 km/h	4444	2738
V = 50÷59 km/h	7201	7454
V = 60÷69 km/h	4124	5394
V = 70÷79 km/h	1243	1605
V = 80÷89 km/h	289	305
V = 90÷99 km/h	73	79
V = 100÷109 km/h	0	0
V = 110÷119 km/h	0	0
V = 120÷129 km/h	0	0
V > 130 km/h	0	0

Tabella 5.1: Fontanelice, ingresso sud, numero di veicoli in funzione della velocità rilevata.

Classe di velocità	Numero di veicoli	
	Direzione Imola	Direzione Firenze
V = 0÷29 km/h	79	109
V = 30÷39 km/h	120	139
V = 40÷49 km/h	546	941
V = 50÷59 km/h	3368	7108
V = 60÷69 km/h	10555	16108
V = 70÷79 km/h	14827	10306
V = 80÷89 km/h	5878	2637
V = 90÷99 km/h	2062	806
V = 100÷109 km/h	741	323
V = 110÷119 km/h	0	0
V = 120÷129 km/h	0	0
V > 130 km/h	0	0

Tabella 5.2: Linaro, ingresso nord, numero di veicoli in funzione della velocità rilevata.

Considerando 50 km/h il limite di velocità imposto dal Codice della Strada per una strada urbana si può osservare che, per quanto riguarda il centro abitato Fontanelice, tale limite viene superato dal 71,36% degli utenti in direzione Imola e dal 78,74% in direzione Firenze.

Tali percentuali risultano più gravose in corrispondenza dell'ingresso nord del centro abitato di Linaro dove, da un'analisi approfondita dei rilievi di traffico, risulta che il 98,04% degli utenti in direzione Imola e il 96,9% di quelli diretti a Firenze superano la velocità limite di 50 km/h. Questo a conferma dell'effettiva necessità di introdurre interventi di moderazione del traffico.

Di seguito vengono riportati degli istogrammi rappresentativi di tali risultati (Figure 5.4, 5.5, 5.6, 5.7):

- Fontanelice, ingresso sud, direzione Imola:

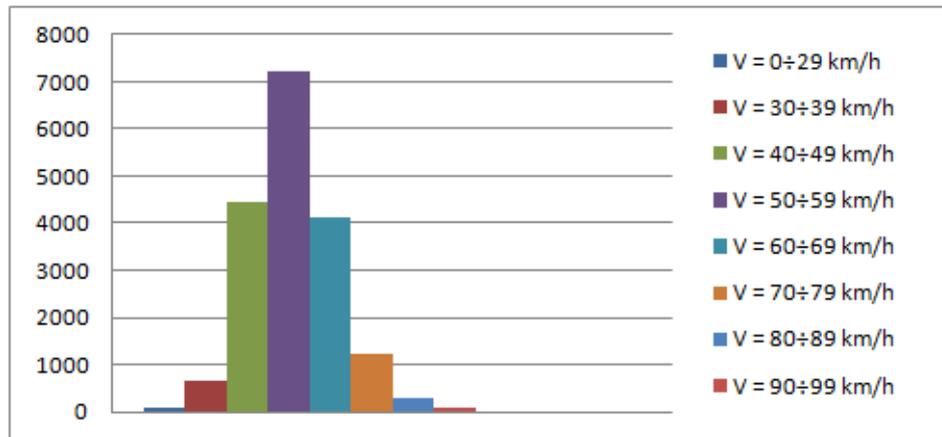


Figura 5.4: Istogramma delle velocità rilevate - Fontanelice, ingresso sud, direzione Imola.

- Fontanelice, ingresso sud, direzione Firenze:

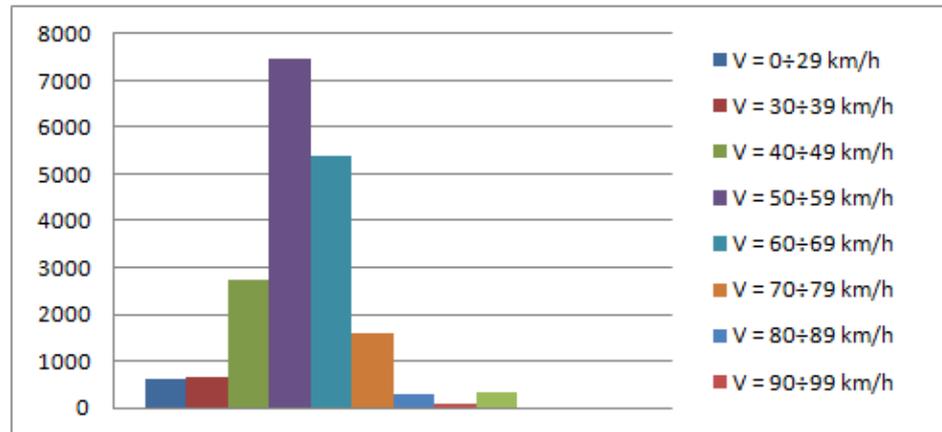


Figura 5.5: Istogramma delle velocità rilevate - Fontanelice, ingresso sud, direzione Firenze.

- Linaro, ingresso nord, direzione Imola:

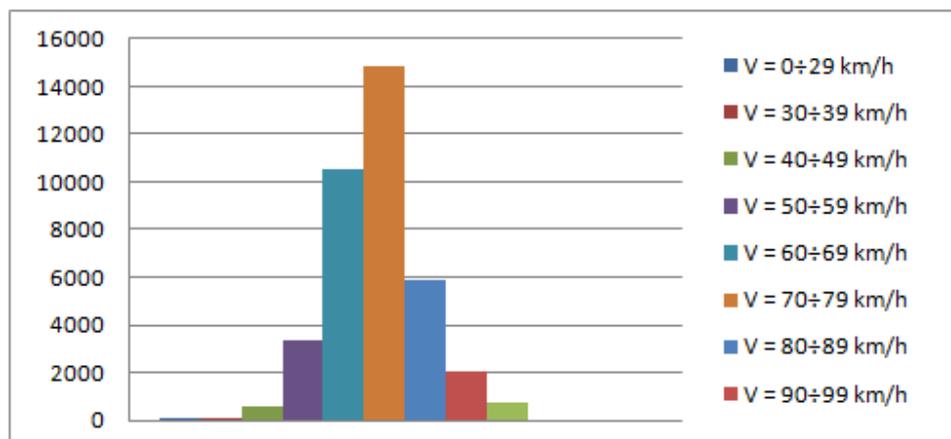


Figura 5.6: Istogramma delle velocità rilevate - Linaro, ingresso nord, direzione Imola.

- Linaro, ingresso nord, direzione Firenze:

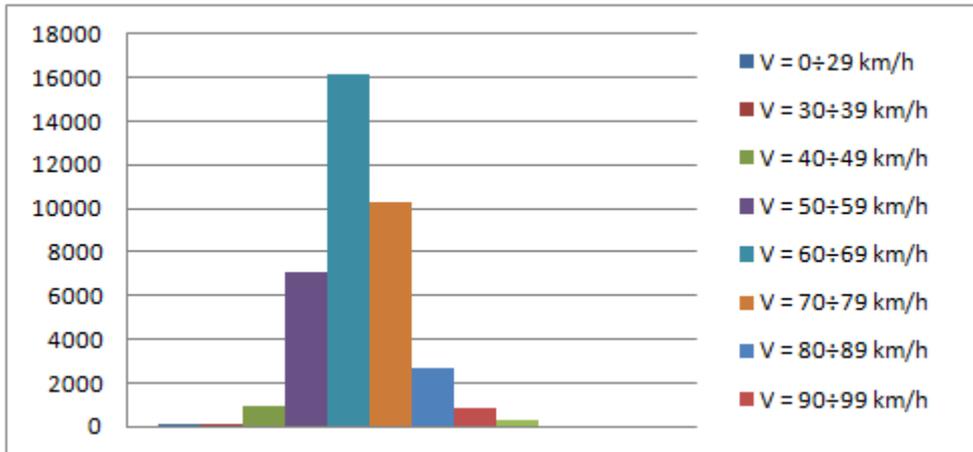


Figura 5.7: Istogramma delle velocità rilevate - Linaro, ingresso nord, direzione Firenze.

Questo rilievo ha permesso la definizione dei valori delle velocità di prova per la successiva sperimentazione in scala reale. In particolare, per le due tipologie di chicane (Tabella 5.3), sono stati considerati i valori di:

- velocità massima [km/h];
- velocità più frequente [km/h];
- velocità operativa [km/h], ovvero l'85mo percentile della distribuzione delle velocità delle sole autovetture rilevate sull'elemento stesso in condizioni di flusso libero, pavimentazione buona e asciutta e luce diurna.

Velocità [km/h]	Chicane di larghezza standard	Chicane di larghezza ridotta
V massima	75	55
V più frequente	85	65
V 85	105	95

Tabella 5.3: Valori di velocità per il campo prova.

### 5.3 Campo prova

Lo scopo di questa sperimentazione consiste nello stimare eventuali pericoli di svio conseguenti al transito dei veicoli attraverso le due differenti tipologie di chicane proposte nel progetto. A tal fine si è deciso di allestire un campo prova in scala reale in grado di riprodurre fedelmente gli scenari di progetto dal punto di vista sia dimensionale, sia delle velocità operative. La messa in opera di un campo prova di questo genere richiede necessariamente ampi spazi in modo tale da consentire sia

l'effettiva riproduzione delle due chicane sia il raggiungimento, da parte dei veicoli, delle velocità di prova precedentemente definite. È stata quindi utilizzata un'area appartenente al Centro Agro Alimentare Bologna (CAAB) caratterizzata dalla presenza di un percorso circolare indicato per il raggiungimento delle velocità e da un rettilo sufficientemente ampio e lungo per il posizionamento delle due chicane (Figura 5.8). In particolare, queste ultime sono state riprodotte mediante l'ausilio di coni disposti come da progetto, affiancate lungo il rettilo di prova: a sinistra quella di larghezza standard, a destra quella di larghezza ridotta (Figura 5.9).

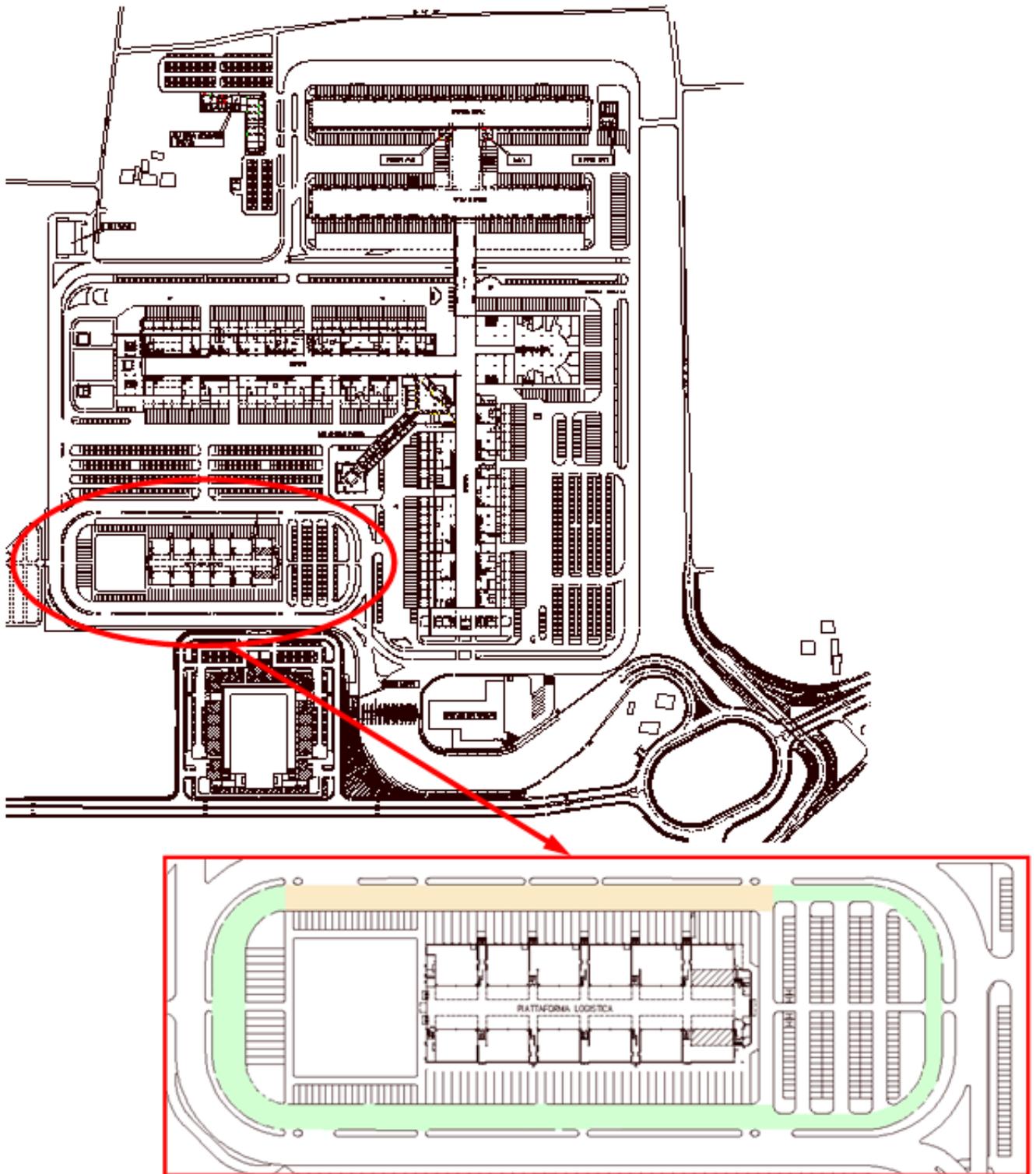


Figura 5.8: Planimetria del CAAB e particolare del circuito sperimentale (in arancio la zona di ubicazione delle chicane, in verde il percorso circolare seguito).



*Figura 5.9: Particolare del campo prova: le chicane.*

La sperimentazione, effettuata il 31 luglio 2012, ha previsto il transito tra i coni di due differenti tipologie di veicoli, scelti in conformità con quelli rilevati in sito, alle differenti velocità di prova opportunamente definite nella fase di monitoraggio precedente. Nello specifico la sperimentazione ha previsto l'utilizzo di un'automobile (tipo BMW) e un furgone (tipo DUCATO), transitanti all'imbocco delle chicane alle velocità riportate in tabella 5.4 (Figura 5.10).



*Figura 5.10: Veicoli di prova.*

	Velocità di prova
BMW	55 km/h - 65 km/h - 75km/h - 85km/h - 95km/h
DUCATO	55 km/h - 65 km/h - 75km/h

Tabella 5.4: Valori di velocità utilizzati per il campo prova.

Inoltre, al fine di valutare eventuali situazioni di pericolo in condizioni meteorologiche avverse si è scelto di effettuare la prova anche su circuito bagnato (Figura 5.11).



Figura 5.11: Circuito di prova: asciutto e bagnato.

### 5.3.1 Strumentazione

- Valutazione dell'aderenza

Per la valutazione delle prestazioni di aderenza del piano viabile ci si è serviti del laboratorio mobile LaS del DICAM grazie all'ausilio del quale è stato possibile eseguire, in diversi punti del tracciato, prove di altezza in sabbia per quanto riguarda la valutazione della macro-rugosità (CNR 94/83) e prove di British Pendulum Number per la misura dell'attrito radente (CNR 105/85) nel rispetto della normativa UNI. Nello specifico UNI EN 13036-4 "Metodo per la misurazione della resistenza allo slittamento/derapaggio di una superficie - Metodo del pendolo" relativa al calcolo dell'indice PTV ed UNI EN 13036-1 "Misurazione della profondità della macrotestitura della superficie della pavimentazione tramite tecnica volumetrica ad impronta" relativa al calcolo dell'indice MTD (Figura 5.12).

I valori mediati di HS, pari a 0.58 mm, e BPN, pari a 82, sono rappresentativi di una pavimentazione di media rugosità, con ottime caratteristiche di aderenza, come riportato dalla Tabella 5.5 tratta dalla Normativa CNR.



Figura 5.12: Prove di Altezza in sabbia e di British Pendulum Number per la valutazione dell'aderenza della pavimentazione.

<i>Indice BPN</i>	<i>Classifica</i>
BPN > 65	Antisdrucchiolevole per eccellenza
55 < BPN ≤ 65	Abbastanza antisdrucchiolevole
45 < BPN ≤ 55	Soddisfacente in circostanze favorevoli
BPN ≤ 45	Sdrucchiolevole
<i>Indice HS</i>	<i>Classifica</i>
HS ≤ 0.20	Molto fine
0.20 < HS ≤ 0.40	Fine
0.40 < HS ≤ 0.80	Media
0.80 < HS ≤ 1.20	Grossa
HS > 1.20	Molto grossa

Tabella 5.5: Range da normativa CNR per i valori di BPN e HS, parametri ripresi anche da normativa UNI.

- Monitoraggio in continuo del moto dei veicoli

Per monitorare in continuo il moto dei veicoli si è utilizzato il Video V-BOX Pro (Figura 5.13).



Figura 5.13: Video V-BOX Pro

Quest'ultimo nasce dalla combinazione di un potente GPS, collocato in posizione baricentrica all'interno del veicolo, con un sistema multicamera ad alta qualità sistemato nella parte superiore dell'abitacolo (Figura 5.14).



Figura 5.14: Video V-BOX Pro - applicazione.

In output il GPS fornisce diversi parametri a 10 Hz o 20 Hz, quali la posizione di circuito, i tempi sul giro, la velocità (con una precisione di  $\pm 0,1$  km/h) e le due componenti dell'accelerazione. L'opzione 32 canali interfaccia CAN recupera i dati del veicolo, come l'angolo di sterzata e la pressione dei freni (Figura 5.15).

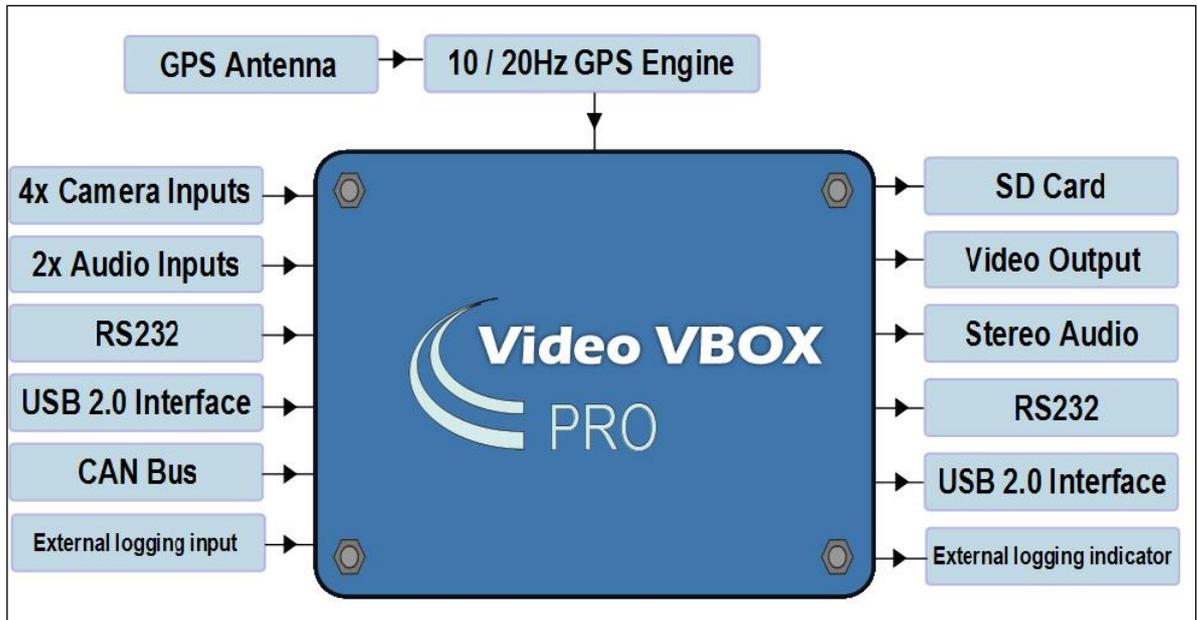


Figura 5.15 - Video V-Box Pro, input e output.

Le specifiche del sistema GPS a 10 Hz utilizzato in questa sperimentazione sono elencati in Tabella 5.6.

<i>Velocità</i>		<i>Distanza</i>	
<i>Precisione</i>	0.2 km/h (media)	<i>Precisione</i>	0.05% (<50 cm per km)
<i>Unità di misura</i>	km/h or Mph	<i>Unità di misura</i>	Metri / Piedi
<i>Update rate</i>	10 Hz	<i>Risoluzione</i>	1 cm
<i>Max velocità</i>	1600 km/h		
<i>Min velocità</i>	0.1 km/h		
<i>Risoluzione</i>	0.01 km/h		
<i>Latenza</i>	<160 ms		
<i>Posizione</i>		<i>Accelerazione</i>	
<i>Posizione 2D</i>	+/- 5m 95% CEP	<i>Precisione</i>	0.05%
<i>Altezza</i>	10 m 95% CEP	<i>Massimo</i>	4 g
		<i>Risoluzione</i>	0.01 g
<i>Heading</i>		<i>Tempi al giro</i>	
<i>Risoluzione</i>	0.01	<i>Risoluzione</i>	0.01 s
<i>Precisione</i>	0.2	<i>Precisione</i>	0.01 s

Tabella 5.6: Specifiche del sistema GPS a 10 Hz..

### ***5.4 Elaborazione dei risultati: effetti della chicane sul mezzo in transito***

In questa prima fase della sperimentazione sono state monitorate le caratteristiche cinematiche del mezzo in transito lungo le chicane oggetto di studio. In particolare, definito il rettifilo di prova come somma del tratto contenente la chicane e i rettifili che la precedono e la seguono, sono stati analizzati i dati ottenuti in output dal transito di entrambi i veicoli, su pavimentazione asciutta e bagnata, per un range di velocità conforme a quanto ottenuto nei rilievi in sito delle velocità operative.

Come già detto precedentemente il V-Box pro registra in una scheda di memoria una serie di informazioni riferite a ciascun giro, quali ad esempio:

- Distanza [m];
- Tempo [sec];
- Velocità [km/h];
- Accelerazione Laterale [g];
- Accelerazione Longitudinale [g];
- Direzione [gradi];
- Altezza [m];
- Altezza relativa [m];
- Velocità verticale [km/h];
- Satelliti [n°];
- Latitudine [primi];
- Longitudine [primi];
- Tempo UTC [ ];
- Raggio di curvatura [m];
- Deviazione dalla linea centrale [m];
- ComboG [ ].

Mediante l'ausilio del software Performance Tools è possibile visualizzare tali dati in un file “.VBO”. Questo software è organizzato in diverse finestre, ognuna contenente una grande varietà di dati, sia grafici che testuali, con in aggiunta il supporto di una finestra video che consente, ai fini dell'analisi, l'individuare di punti significativi del tracciato (Figura 5.16).

In particolare:

- Finestra “Graph”: permette di tracciare l’andamento di una grande quantità di dati, in funzione sia della distanza sia del tempo, permettendo inoltre l’aggiunta di vari assi per favorirne l’analisi;
- Finestra “Video”:
- Finestra “Graph:Map”: facendo riferimento a dati di latitudine e longitudine mostra il percorso compiuto dal veicolo in moto;
- Finestra “Graph:Data”: mostra una tabella contenente la totalità dei dati disponibili da cui è possibile selezionare quelli di interesse a seconda dell’obiettivo dello studio.

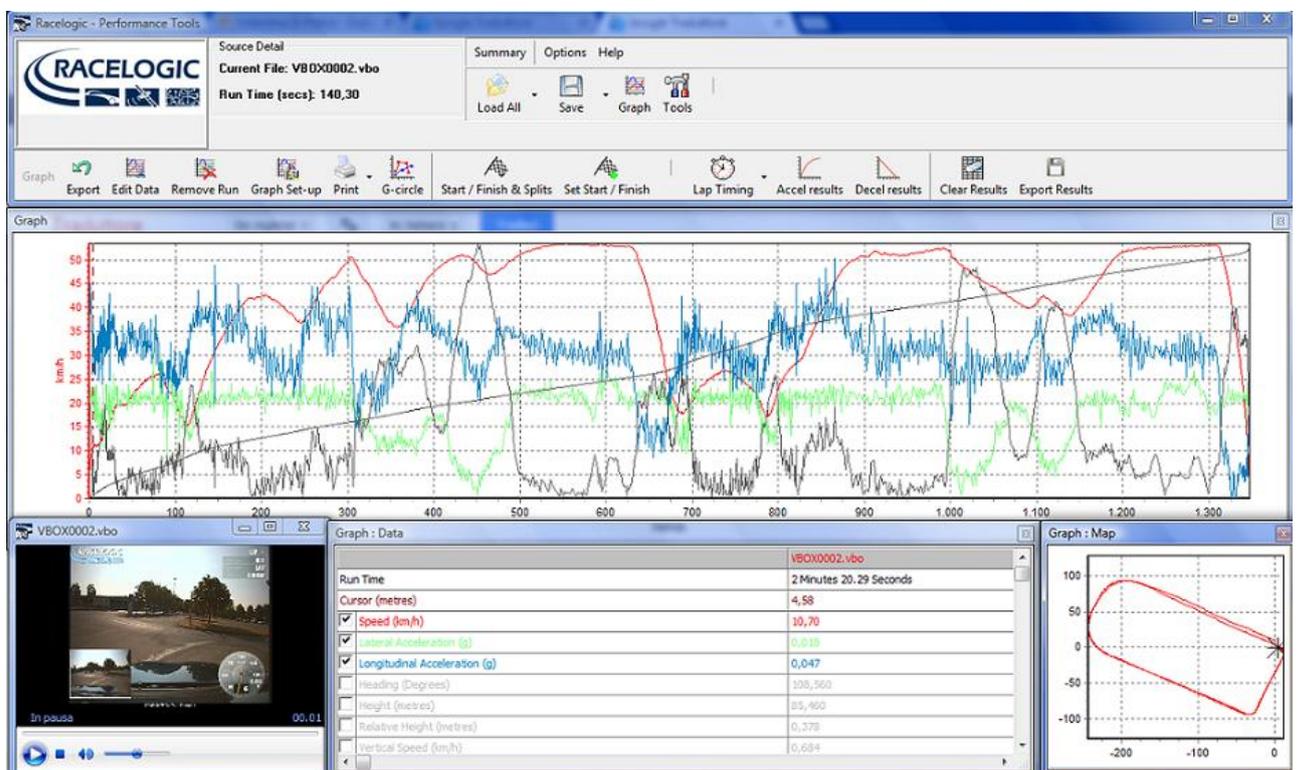


Figura 5.16 : Schermata Performance Tools.

In questo caso, ai fini della valutazione degli effetti delle chicane sui veicoli in transito e i conseguenti pericoli di svio, sono stati esportati ed analizzati:

- Distanza [m];
- Tempo [sec];
- Velocità [km/h];
- Accelerazione Laterale [g];

- Accelerazione Longitudinale [g].

Tali dati sono stati organizzati e graficati in singoli fogli di calcolo, ciascuno riferito a una specifica combinazione di tipo di chicane - tipo di veicolo - tipo di pavimentazione. Sulla base di questa combinazione di dati sono state elaborate delle schede grafiche riassuntive riportate in Appendice 2; in tali grafici è stato delimitato in rosso il tratto contenente la chicane e in blu il punto in cui si è riscontrato una variazione netta di accelerazione laterale riconducibile al cambio di curvatura.

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti dalle analisi delle tre grandezze cinematiche oggetto di studio nelle due casistiche di intervento ed i relativi commenti. Si rimanda all'Appendice 2 per una più esaustiva trattazione.

1) Velocità

Dall'analisi delle velocità medie rilevate all'interno della chicane si può osservare che, nel caso generale dell'automobile su pavimentazione asciutta, all'aumentare della velocità di percorrenza diminuisce lo spazio percorso all'interno della chicane; cosa che però non può essere ritenuta valida nel caso di pavimentazione bagnata o di veicolo pesante (Tabella 5.7 e 5.8).

<i>Tipo di chicane</i>	<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Tipo di pavimentazione</i>	<i>Velocità di prova [km/h]</i>	55	65	75	85	95
<i>Larghezza standard</i>	<i>BMW</i>	<i>asciutto</i>	<i>V Rilevate Medie [km/h]</i>	52,75	60,19	72,99	77,08	88,28
			<i>Lunghezza chicane [m]</i>	68,86	68,55	68,99	64,28	64,28
		<i>bagnato</i>	<i>V Rilevate Medie [km/h]</i>	52,66	61,76	71,99	78,11	85,15
			<i>Lunghezza chicane [m]</i>	68,75	68,63	69,99	69,45	69,45
	<i>Ducato</i>	<i>asciutto</i>	<i>V Rilevate Medie [km/h]</i>	56,29	63,75	68,02	-----	-----
			<i>Lunghezza chicane [m]</i>	65,70	67,31	68,04	-----	-----
		<i>bagnato</i>	<i>V Rilevate Medie [km/h]</i>	53,33	63,76	74,66	-----	-----
			<i>Lunghezza chicane [m]</i>	65,20	63,78	64,32	-----	-----

Tabella 5.7: Analisi velocità, chicane di larghezza standard.

<i>Tipo di chicane</i>	<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Tipo di pavimentazione</i>	<i>Velocità di prova [km/h]</i>	55	65	75	85	95
<i>Larghezza ridotta</i>	<i>BMW</i>	<i>asciutto</i>	<i>V Rilevate Medie [km/h]</i>	53,02	67,52	68,87	77,56	87,78
			<i>Lunghezza chicane [m]</i>	61,86	63,86	65,10	62,59	62,59
		<i>bagnato</i>	<i>V Rilevate Medie [km/h]</i>	53,00	62,60	72,06	84,24	91,59
			<i>Lunghezza chicane [m]</i>	58,89	62,61	64,11	60,86	61,14
	<i>Ducato</i>	<i>asciutto</i>	<i>V Rilevate Medie [km/h]</i>	54,45	63,55	72,26	-----	-----
			<i>Lunghezza chicane [m]</i>	60,54	60,03	50,31	-----	-----
		<i>bagnato</i>	<i>V Rilevate Medie [km/h]</i>	51,66	62,31	64,91	-----	-----
			<i>Lunghezza chicane [m]</i>	60,29	61,44	59,55	-----	-----

Tabella 5.8: Analisi velocità, chicane di larghezza ridotta.

Un'analisi grafica di tali risultati evidenzia che per entrambe le tipologie di chicane l'andamento delle velocità prevede un primo tratto ascendente, in corrispondenza della zona iniziale del rettifilo, nel quale il veicolo accelera per raggiungere la chicane alla velocità di prova. Un tratto finale discendente, in corrispondenza della fine del giro di prova, nel quale il veicolo frena. Ovviamente la pendenza di tali tratti aumenta all'aumentare della velocità del veicolo. Sarà quindi meno evidente nel caso del Ducato. Si riporta come esempio esplicativo dell'andamento appena descritto il caso del BMW (Figura 5.17) e del Ducato (Figura 5.18) alla velocità di prova di 55 km/h per entrambe le chicane.

Inoltre tenendo conto del fatto che l'andamento della velocità risente delle condizioni al contorno imposte dal campo prove, dall'analisi di questi dati risulta difficile valutare come le chicane condizionino la velocità del veicolo.

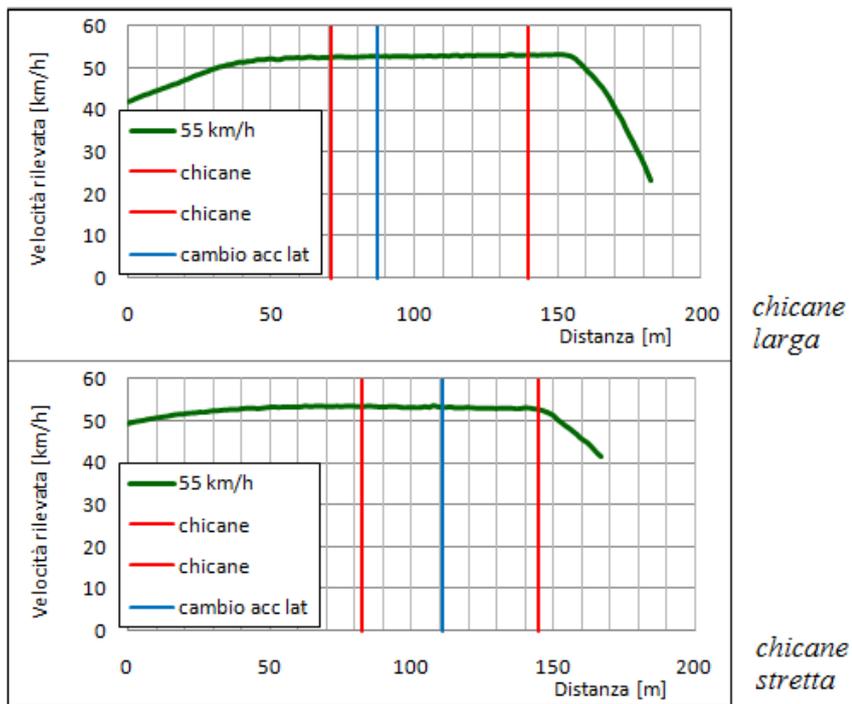


Figura 5.17: Velocità rilevate – BMW - pavimentazione asciutta.

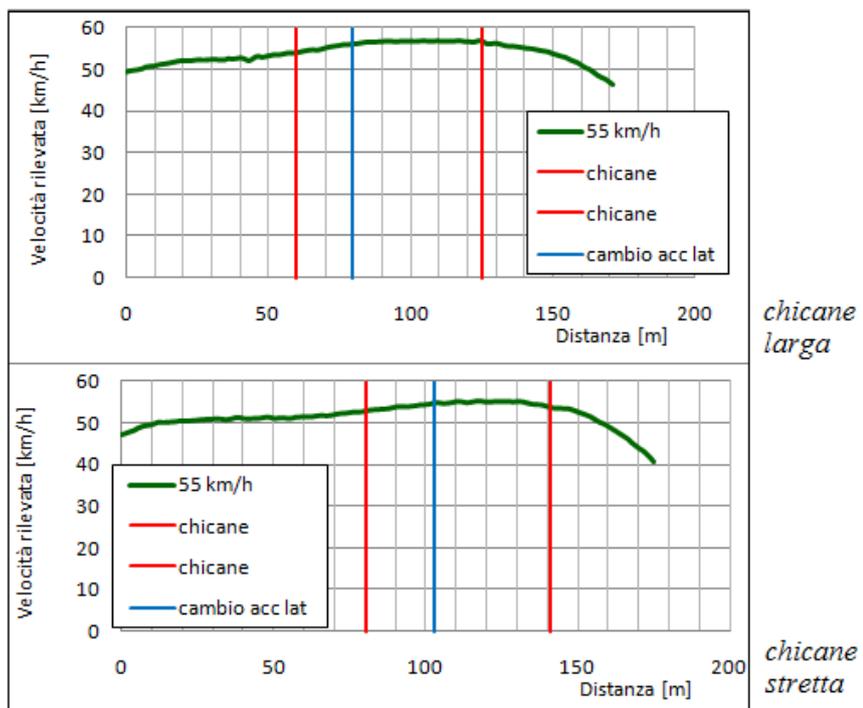


Figura 5.18: Velocità rilevate – DUCATO - pavimentazione asciutta.

2) Accelerazioni longitudinali

Studiare l'accelerazione longitudinale vuol dire studiare la variazione di velocità nell'intervallo di tempo, ovvero studiare quelle forze in direzione dell'asse longitudinale generate dalla trazione del veicolo o dai freni. Si è scelto di analizzare questi valori a dimostrazione dell'effettiva riduzione delle velocità (Tabella 5.9 e 5.10).

<i>Tipo di chicane</i>	<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Tipo di pavimentazione</i>	<i>V di prova [km/h]</i>	55	65	75	85	95
<i>Larghezza standard</i>	<i>BMW</i>	<i>asciutto</i>	<i>a long inizio chicane [g]</i>	-0,01	-0,03	0,18	0,18	0,16
			<i>a long metà chicane [g]</i>	-0,01	-0,08	-0,10	0,12	-0,04
			<i>a long fine chicane [g]</i>	0,01	-0,01	-0,03	0,06	-0,60
		<i>bagnato</i>	<i>a long inizio chicane [g]</i>	-0,01	0,03	0,00	0,03	0,02
			<i>a long metà chicane [g]</i>	0,00	-0,01	-0,01	0,05	-0,04
			<i>a long fine chicane [g]</i>	0,02	-0,03	-0,05	0,01	-0,04
	<i>Ducato</i>	<i>asciutto</i>	<i>a long inizio chicane [g]</i>	0,02	0,07	-0,03	-----	-----
			<i>a long metà chicane [g]</i>	-0,02	0,02	0,03	-----	-----
			<i>a long fine chicane [g]</i>	-0,02	-0,11	-0,10	-----	-----
		<i>bagnato</i>	<i>a long inizio chicane [g]</i>	0,02	0,05	0,06	-----	-----

			<i>a long metà chicane [g]</i>	-0,02	0,06	0,09	-----	-----
			<i>a long fine chicane [g]</i>	-0,06	-0,14	-0,02	-----	-----

Tabella 5.9: Analisi accelerazione longitudinale, chicane di larghezza standard.

<i>Tipo di chicane</i>	<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Tipo di pavimentazione</i>	<i>V di prova [km/h]</i>	55	65	75	85	95
<i>Larghezza ridotta</i>	<i>BMW</i>	<i>asciutto</i>	<i>a long inizio chicane [g]</i>	-0,01	0,17	0,07	0,08	-0,05
			<i>a long metà chicane [g]</i>	-0,08	0,04	0,04	0,09	-0,02
			<i>a long fine chicane [g]</i>	-0,04	-0,32	-0,34	-0,54	-0,50
		<i>bagnato</i>	<i>a long inizio chicane [g]</i>	0,01	-0,01	-0,05	-0,00	0,06
			<i>a long metà chicane [g]</i>	0,00	-0,01	-0,03	0,06	0,05
			<i>a long fine chicane [g]</i>	0,00	-0,05	-0,52	-0,24	-0,40
	<i>Ducato</i>	<i>asciutto</i>	<i>a long inizio chicane [g]</i>	0,07	-0,04	0,04	-----	-----
			<i>a long metà chicane [g]</i>	0,04	0,05	0,12	-----	-----
			<i>a long fine chicane [g]</i>	-0,09	-0,11	-0,31	-----	-----

		<i>bagnato</i>	<i>a long inizio chicane [g]</i>	0,01	0,06	-0,03	-----	-----
			<i>a long metà chicane [g]</i>	0,04	0,06	0,06	-----	-----
			<i>a long fine chicane [g]</i>	0,00	-0,17	-0,11	-----	-----

Tabella 5.10: Analisi accelerazione longitudinale, chicane di larghezza ridotta.

Osservando i grafici si può notare che alle basse velocità, ed in particolare nel caso della chicane di larghezza ridotta, l'accelerazione longitudinale tende a restare invariata lungo tutto il tratto di prova a conferma del fatto che gli utenti tendono a non frenare in arrivo alla chicane (esempio Figura 5.19).

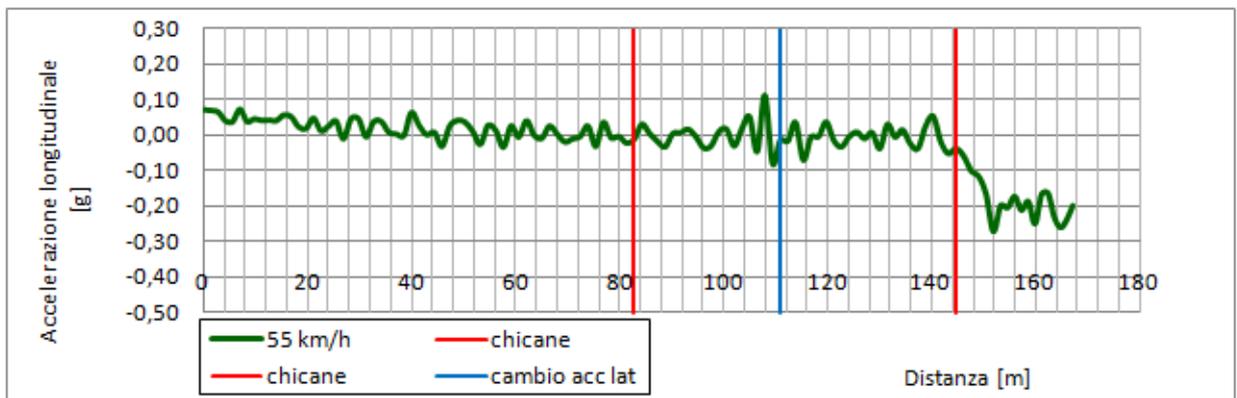


Figura 5.19: Accelerazioni longitudinali –BMW - pavimentazione asciutta-chicane stretta.

Al contrario, alle alte velocità soprattutto in corrispondenza della chicane di larghezza standard (in cui la deflessione è maggiore) in corrispondenza della curvatura il grafico presenta una riduzione drastica dell'accelerazione longitudinale, a testimonianza del fatto che l'utente è portato a frenare (esempio Figura 5.20).

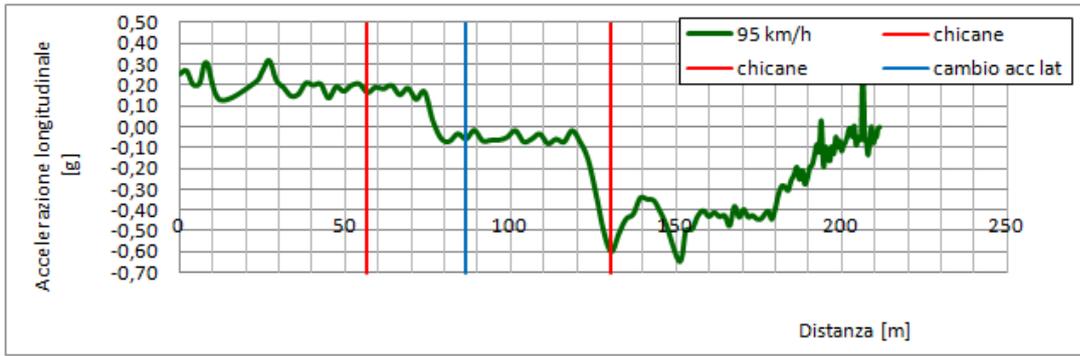


Figura 5.20: Accelerazioni longitudinali –BMW - pavimentazione asciutta-chicane larga.

### 3) Accelerazioni laterali

Dall’analisi dei valori di accelerazione laterale rilevati (Tabella 5.11 e 5.12) è possibile evidenziare che, per entrambi i veicoli, tali valori (sia positivi che negativi) aumentano all’aumentare della velocità di percorrenza; comunque, pur aumentando, non superano i valori limiti di perdita di stabilità del mezzo reperiti in letteratura da test drive su mezzi analoghi e pari a 0,9-1 g. Analogamente tale accelerazione aumenta anche all’aumentare del raggio di curvatura del nastro stradale, ovvero passando dalla chicane a larghezza ridotta a quella di larghezza standard.

<i>Tipo di chicane</i>	<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Tipo di pavimentazione</i>	<i>V di prova [km/h]</i>	55	65	75	85	95
<i>Larghezza standard</i>	<i>BMW</i>	<i>asciutto</i>	<i>a lat max [g]</i>	0,15	0,17	0,21	0,21	0,30
			<i>a lat min [g]</i>	-0,12	-0,16	-0,21	-0,20	-0,21
			<i>Δ valore assoluto</i>	0,27	0,33	0,42	0,41	0,51
		<i>bagnato</i>	<i>a lat max [g]</i>	0,17	0,25	0,23	0,28	0,28
			<i>a lat min [g]</i>	-0,13	-0,20	-0,26	-0,21	-0,29

			$\Delta$ valore assoluto	0,30	0,45	0,49	0,49	0,58
<i>Ducato</i>	<i>asciutto</i>		<i>a lat max</i> [g]	0,13	0,12	0,16	-----	-----
			<i>a lat min</i> [g]	-0,11	-0,13	-0,37	-----	-----
			$\Delta$ valore assoluto	0,24	0,26	0,54	-----	-----
	<i>bagnato</i>		<i>a lat max</i> [g]	0,12	0,12	0,16	-----	-----
			<i>a lat min</i> [g]	-0,12	-0,13	-0,14	-----	-----
			$\Delta$ valore assoluto	0,24	0,26	0,30	-----	-----

Tabella 5.11: Analisi accelerazioni laterali, chicane di larghezza standard.

<i>Tipo di chicane</i>	<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Tipo di pavimentazione</i>	<i>V di prova</i> [km/h]	55	65	75	85	95
<i>Larghezza ridotta</i>	<i>BMW</i>	<i>asciutto</i>	<i>a lat max</i> [g]	0,14	0,21	0,22	0,31	0,30
			<i>a lat min</i> [g]	-0,14	-0,11	-0,15	-0,15	-0,22
			$\Delta$ valore assoluto	0,29	0,32	0,36	0,46	0,52
		<i>bagnato</i>	<i>a lat max</i> [g]	0,17	0,25	0,23	0,28	0,28
			<i>a lat min</i> [g]	-0,23	-0,17	-0,10	-0,25	-0,14
			$\Delta$ valore assoluto	0,40	0,35	0,25	0,48	0,36

	Ducato	asciutto	$a_{lat\ max}$ [g]	0,11	0,11	0,18	-----	-----
			$a_{lat\ min}$ [g]	-0,07	-0,05	-0,10	-----	-----
			$\Delta\ valore\ assoluto$	0,18	0,16	0,27	-----	-----
		bagnato	$a_{lat\ max}$ [g]	0,06	0,12	0,13	-----	-----
			$a_{lat\ min}$ [g]	-0,08	-0,13	-0,03	-----	-----
			$\Delta\ valore\ assoluto$	0,17	0,20	0,16	-----	-----

Tabella 5.12: Analisi accelerazioni laterali, chicane di larghezza ridotta.

Da un'analisi grafica si può osservare che, per entrambi i veicoli, l'accelerazione laterale ha un andamento simile in funzione della distanza percorsa: pressoché lineare nei tratti in rettilineo e caratterizzato da un andamento sinusoidale in corrispondenza della chicane. In particolare si assiste ad un'inversione dei valori di accelerazione proprio in corrispondenza del cambio di curvatura della chicane. Si riporta il caso della BMW, asciutta, standard come esempio esplicativo dell'andamento dell'accelerazione laterale (Figura 5.21).

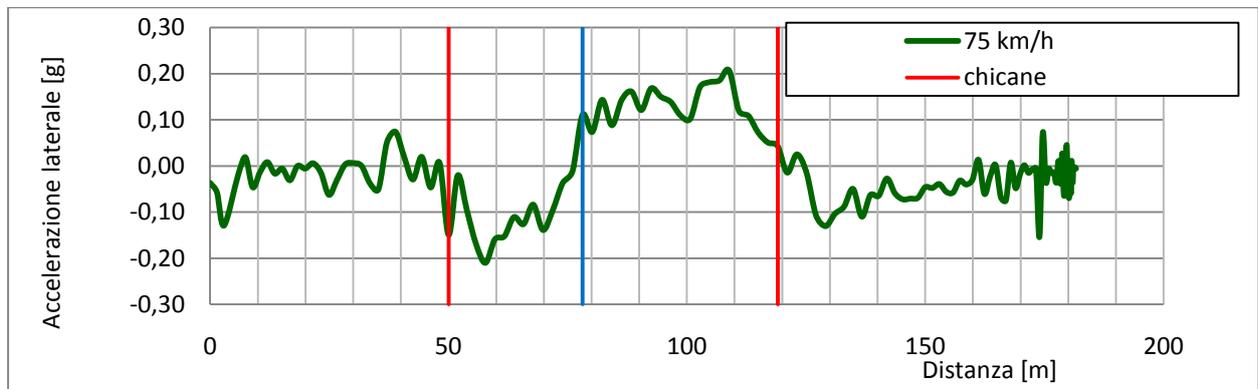


Figura 5.21: Accelerazione laterale – BMW - pavimentazione asciutta.

Dall'elaborazione dei risultati ottenuti si può quindi concludere che:

- la condizione del piano viabile non influenza particolarmente la stabilità del veicolo all'interno della chicane;
- la tipologia ridotta, caratterizzata da un raggio di deflessione minore, si conferma quella meno pericolosa;
- le accelerazioni laterali, responsabili della perdita di stabilità del mezzo, a cui sono sottoposti i veicoli transitanti nelle chicane oggetto di studio sono dell'ordine di 0,3 g per l'automobile e 0,37 g per il furgone, quindi molto inferiori ai valori limite di perdita di stabilità del mezzo riportati in letteratura da test drive su veicoli analoghi, pari a 0.9-1 g.

### ***5.5 Elaborazione risultati: effetti della chicane sul conducente***

In questa seconda fase di analisi si è studiata la variazione del contraccolpo nel passaggio da rettilineo a chicane e in corrispondenza del cambio di curvatura della chicane stessa.

Nella progettazione stradale il passaggio da un tratto rettilineo ad un tratto in curva richiede particolare attenzione al fine di evitare spiacevoli effetti dinamici sul veicolo che, essendo non vincolato ad una specifica traiettoria imposta geometricamente, può percorrere, ed in generale percorre, una propria traiettoria di transizione che è definita dalla sterzata applicata dall'utente alla guida.

Con l'obiettivo di individuare il valore del contraccolpo [ $m/s^3$ ] subito dal veicolo in corrispondenza del punto più critico ovvero in cui vi è il cambio di direzione all'interno della chicane (corrispondente al cambio di segno dell'accelerazione laterale), si è impostato un foglio di calcolo Excel in cui, graficando l'accelerazione laterale (opportunitamente convertita da [g] in [ $m/s^2$ ]) in funzione dell'intervallo temporale, è stata individuata, come linea di tendenza, la funzione che più di tutti approssima tale andamento. La derivazione di tale funzione, un polinomio di sesto grado, in funzione del tempo ha permesso di ottenere un valore puntuale del contraccolpo per tutte le velocità di prova e per le diverse combinazioni di tipo di chicane - tipo di veicolo - tipo di pavimentazione. Si riportano in Appendice 3 le funzioni ed i grafici ottenuti da tale elaborazione e di seguito (tabella 5.13-5.20) i

valori numerici del contraccolpo (opportunamente rapportati all'effettiva posizione baricentrica del veicolo) nel punto critico e il rispettivo  $R^2$ .

<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Condizione del piano viabile</i>	<i>Tipologia di chicane</i>
BMW	Asciutto	standard
<i>Velocità di prova [m/s]</i>	<i>Contraccolpo in G [m/s<sup>3</sup>]</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
55	0,87	0,86
65	1,08	0,87
75	1,49	0,91
85	2,33	0,95
95	1,68	0,89

Tabella 5.13: BMW, asciutto, chicane larghezza standard.

<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Condizione del piano viabile</i>	<i>Tipologia di chicane</i>
BMW	Asciutto	ridotta
<i>Velocità di prova [m/s]</i>	<i>Contraccolpo in G [m/s<sup>3</sup>]</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
55	0,89	0,73
65	1,39	0,78
75	1,90	0,89
85	1,87	0,85
95	3,00	0,88

Tabella 5.14: BMW, asciutto, chicane larghezza ridotta.

<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Condizione del piano viabile</i>	<i>Tipologia di chicane</i>
BMW	Bagnato	standard
<i>Velocità di prova [m/s]</i>	<i>Contraccolpo in G [m/s<sup>3</sup>]</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
55	0,54	0,73
65	1,41	0,78
75	1,88	0,89
85	1,80	0,85
95	3,01	0,88

Tabella 5.15: BMW, bagnato, chicane larghezza standard.

<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Condizione del piano viabile</i>	<i>Tipologia di chicane</i>
BMW	Bagnato	ridotta
<i>Velocità di prova [m/s]</i>	<i>Contraccolpo in G [m/s<sup>3</sup>]</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
55	0,84	0,68
65	1,60	0,88
75	1,03	0,87
85	2,90	0,82
95	1,93	0,94

Tabella 5.16: BMW, bagnato, chicane larghezza ridotta.

<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Condizione del piano viabile</i>	<i>Tipologia di chicane</i>
DUCATO	Asciutto	standard
<i>Velocità di prova [m/s]</i>	<i>Contraccolpo in G [m/s<sup>3</sup>]</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
55	0,46	0,80
65	0,56	0,82
75	0,68	0,67

Tabella 5.17: DUCATO, asciutto, chicane larghezza standard.

<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Condizione del piano viabile</i>	<i>Tipologia di chicane</i>
DUCATO	Asciutto	ridotta
<i>Velocità di prova [m/s]</i>	<i>Contraccolpo in G [m/s<sup>3</sup>]</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
55	0,02	0,45
65	0,06	0,22
75	0,26	0,20

Tabella 5.18: DUCATO, asciutto, chicane larghezza ridotta.

<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Condizione del piano viabile</i>	<i>Tipologia di chicane</i>
DUCATO	Bagnato	standard
<i>Velocità di prova [m/s]</i>	<i>Contraccolpo in G [m/s<sup>3</sup>]</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
55	0,36	0,83
65	1,01	0,93
75	1,42	0,93

Tabella 5.19: DUCATO, bagnato, chicane larghezza standard.

<i>Tipo di veicolo</i>	<i>Condizione del piano viabile</i>	<i>Tipologia di chicane</i>
DUCATO	Bagnato	ridotta
<i>Velocità di prova [m/s]</i>	<i>Contraccolpo in G [m/s<sup>3</sup>]</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
55	0,10	0,38
65	0,26	0,54
75	0,03	0,58

Tabella 5.20: DUCATO, bagnato, chicane larghezza ridotta.

I risultati ottenuti in termine di contraccolpo non sono tutti significativi allo stesso modo, in quanto si evidenziano valori che all'aumentare della velocità di prova tendono ad aumentare raggiungendo valori troppo elevati. Ciò è sicuramente da attribuire al fatto che nelle rilevazioni il sistema GPS del VBOX è stato posizionato sull'abitacolo dei due veicoli, in posizione lontana rispetto al baricentro degli stessi. Rimane comunque significativa la tendenza del contraccolpo che aumenta all'aumentare della velocità di prova.

## 5.6 Conclusioni

L'analisi dei dati ottenuti dal campo prove conferma che le soluzioni progettuali previste dalla Provincia di Bologna per la messa in sicurezza della SP 610 "Selice Montanara" non generano situazioni pericolose, in termini di svio, per i veicoli in transito. In assenza di chiari riferimenti normativi da applicare ad un intervento di questo genere, in grado di confermare l'effettiva sicurezza anche dal punto di vista del conducente, in termini di contraccolpo, si procede affrontando il problema da un altro punto di vista ovvero mediante la valutazione della consistenza del tracciato in termini di carico di lavoro sul conducente.

É da sottolineare, comunque, il fatto che la sicurezza propria di un elemento del tracciato stradale è strettamente correlata agli utenti che lo utilizzano ed al loro stile di guida, e, per ottenere risultati positivi in termini di riduzione dell'incidentalità, gioca un ruolo di fondamentale importanza l'educazione stradale dei conducenti dei veicoli. Pur progettando tracciati costituiti da elementi geometrici che si susseguono in modo armonioso e coordinato, senza costituire dei fattori di sorpresa che espongono al rischio di perdita di controllo del veicolo, infatti, il comportamento scorretto degli utenti rimane, comunque, la principale causa d'incidentalità.

## **CAPITOLO 6**

### **VALUTAZIONE DELLA COERENZA GEOMETRICA DEL TRACCIATO**

#### ***6.1 Introduzione***

Durante la fase di riqualificazione di un asse stradale esistente, così come nell'ideazione di una nuova infrastruttura, è opportuno valutare la consistenza del tracciato in modo da verificare, dal punto di vista della sicurezza, la qualità della progettazione geometrica.

Un tracciato può definirsi consistente (o coerente) quando le sue caratteristiche geometriche sono tali da poter indirizzare gli utenti verso condotte di guida sicure e confortevoli. Tale consistenza dipende da svariati fattori, quali il tipo di strada, il tipo di ambiente e il tipo di utenti. Studi di settore mostrano che le metodologie per valutare la coerenza di un determinato tratto di strada sono molteplici. Ai fini di questo studio, secondo i criteri maggiormente in uso, la consistenza viene rapportata a grandezze in grado di rappresentare sinteticamente la risposta degli utenti nell'attività di guida su un asse con un determinato andamento. Tali grandezze sono:

- 1) la variazione della velocità operativa nel transito da un elemento planimetrico all'altro;
- 2) il carico di lavoro nella guida (Workload).

Le procedure che utilizzano le velocità operative si basano su formulazioni di tipo sperimentale che consentono la valutazione degli 85° percentili delle distribuzioni delle velocità attuate realmente dagli utenti sui diversi elementi del tracciato [18]. Solitamente tali formulazioni sono funzione di poche caratteristiche planimetriche quali raggi di curve circolari, tassi di variazione di curvatura (CCR), gradi di curvatura (CD); è dimostrato infatti che l'andamento planimetrico risulta essere predominante nella valutazione della coerenza stradale.

I criteri di valutazione basati sul carico di lavoro, invece, mirano all'individuazione delle criticità presenti sul tracciato mediante la misurazione dell'impegno richiesto al conducente nella guida su un determinato elemento. Le procedure che utilizzano le

misure di workload si basano sull'idea che una geometria della strada coerente permetta all'utente di prevedere una traiettoria corretta (tale cioè da poter essere mantenuta con l'impegno di una capacità di analisi dello spazio di moto minima) e quindi di poter disporre di una notevole riserva di attenzione da dedicare alle attività di guida e di controllo [22].

## 6.2 I criteri di Lamm

La velocità operativa  $V_{85}$  (*operating speed*) rappresenta internazionalmente la velocità effettivamente praticata dagli utenti su una sezione stradale in condizioni di flusso libero, pavimentazione buona e asciutta e luce diurna.

Tale velocità è una variabile aleatoria ed in quanto tale, nella fase di misurazione, viene utilizzato l'85° percentile della distribuzione delle velocità rilevate, ovvero il valore della velocità al di sotto del quale rimangono l'85% delle velocità osservate. In pratica, scegliendo tale indicatore, solo il 15% dei veicoli supera la velocità presa a riferimento della distribuzione.

La velocità operativa è legata alle caratteristiche geometriche del tracciato da relazioni di tipo empirico ottenute da osservazioni su strada.

Ai fini della verifica di congruenza di un tracciato mediante l'utilizzo delle velocità operative si fa riferimento ai criteri di Lamm (*Safety Criteria*).

Lamm, a seguito di approfonditi studi nel settore, sviluppò, in riferimento all'iterazione uomo-strada, tre criteri di verifica che consentono di definire qualitativamente il progetto delle infrastrutture viarie. Tali criteri sono riconosciuti a livello nazionale ed internazionale come strumento di "diagnosi", per rilevare eventuali disomogeneità che possano dar luogo a comportamenti di guida pericolosi che generano insicurezza stradale [21].

Il primo criterio di Lamm indica l'uniformità per ogni elemento geometrico a curvatura costante sfruttando il confronto tra la velocità di progetto  $V_p$  (*design speed*), indicata in normativa e tradizionalmente utilizzata per il dimensionamento degli elementi piano-altimetrici, e la corrispondente velocità operativa  $V_{85}$ .

Questo criterio nasce dagli studi effettuati da Lamm sul comportamento del guidatore in corrispondenza di particolari situazioni geometriche del tracciato e sull'analisi dell'incidentalità e individua dei valori di riferimento della differenza tra

la velocità di progetto di un elemento a curvatura costante (curva, rettilineo) e la corrispondente velocità operativa dell'elemento, (Tabella 6.1).

<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	
<i>Livello di progettazione</i>	<i>Intervallo raccomandato</i>
<i>Buono</i>	$ V_{85} - V_p  \leq 10 \text{ km/h}$
<i>Tollerabile</i>	$10 \text{ km/h} <  V_{85} - V_p  \leq 20 \text{ km/h}$
<i>Non adeguato</i>	$ V_{85} - V_p  > 20 \text{ km/h}$

Tabella 6.1: Primo criterio di Lamm.

Nel primo caso non sono necessarie correzioni al progetto in quanto le velocità risultano perfettamente bilanciate anche nelle situazioni critiche in cui sono presenti delle curve con raggio minimo.

Nel secondo caso è consigliabile limitare la velocità dell'utente mediante l'utilizzo di sistemi di moderazione del traffico e di limiti di velocità imposti da opportuna segnaletica orizzontale e/o verticale.

Nel terzo caso la forte differenza tra le due velocità porta ad una situazione di possibile pericolo. Sarà necessario intervenire o modificando l'asse stradale e ricalcolando gli elementi geometrici interessati, oppure, nel caso in cui ciò non fosse possibile, garantendo velocità più basse per mezzo dell'inserimento di interventi efficaci.

Il secondo criterio di Lamm, molto importante nelle zone di transizione, rapporta le velocità operative di elementi contigui del tracciato al fine di valutarne il grado di difformità. Va verificato che la differenza tra le velocità operative di due elementi che si susseguono,  $V_{85}$  e  $V_{85\ i+1}$  sia inferiore ad un determinato limite (Tabella 6.2).

<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	
<i>Livello di progettazione</i>	<i>Intervallo raccomandato</i>
<i>Buono</i>	$ V_{85i} - V_{85i+1}  \leq 10 \text{ km/h}$
<i>Tollerabile</i>	$10 \text{ km/h} <  V_{85i} - V_{85i+1}  \leq 20 \text{ km/h}$
<i>Non adeguato</i>	$ V_{85i} - V_{85i+1}  > 20 \text{ km/h}$

Tabella 6.2: Secondo criterio di Lamm.

Nel primo caso viene presentata una situazione geometrica del tracciato che per l'utente rappresenta la situazione ideale.

Il secondo caso potrebbe generare possibili situazioni di pericolo: normalmente si interviene con misure di moderazione delle velocità.

Il terzo caso individua un grave difetto nella planimetria che potrebbe costituire un pericolo per

l'utenza e, di conseguenza, è consigliabile modificare il progetto ed eliminare l'incongruenza.

Nel terzo criterio di Lamm l'aderenza trasversale disponibile  $f_{td}$ , ovvero quella scelta in fase progettuale dagli opportuni riferimenti normativi, viene confrontata con l'aderenza trasversale richiesta  $f_{tr}$ . In Tabella 6.3 sono riportati i tre casi che si possono verificare.

<b>III CRITERIO DI LAMM</b>	
<i>Livello di progettazione</i>	<i>Intervallo raccomandato</i>
<i>Buono</i>	$f_{td} - f_{tr} \geq 0,01$
<i>Tollerabile</i>	$-0,04 \leq f_{td} - f_{tr} < 0,01$
<i>Non adeguato</i>	$f_{td} - f_{tr} < -0,04$

Tabella 6.3: Terzo criterio di Lamm.

Di seguito i primi due criteri di Lamm sono stati applicati al tracciato oggetto di studio al fine di valutare se le due tipologie di chicane previste dal progetto della

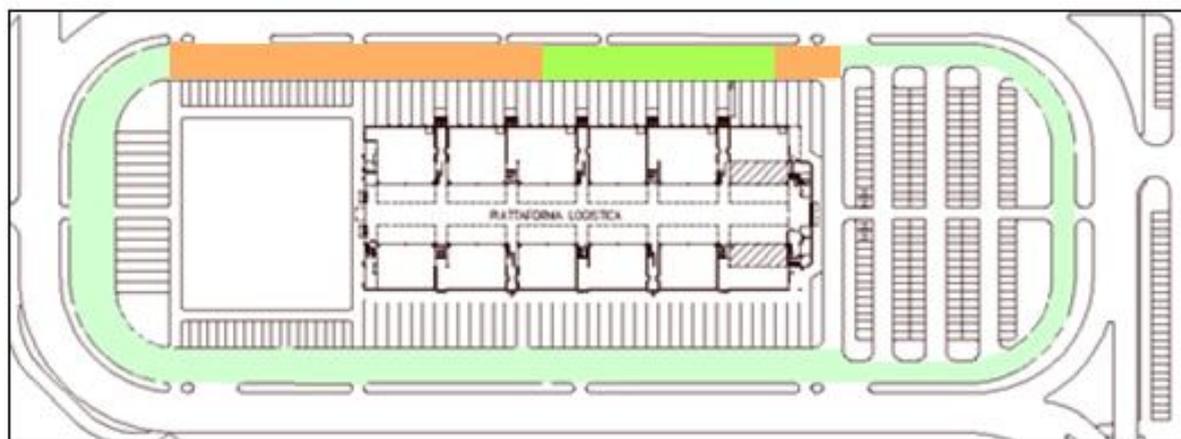
Provincia di Bologna sono sicure e congruenti. Il terzo criterio non è stato applicato in quanto, essendo riferito all'aderenza trasversale, esula dalla valutazione corrente.

### **6.3 La valutazione della consistenza del tracciato oggetto di studio**

Come precedentemente spiegato i criteri di Lamm rappresentano un ottimo strumento per la verifica della congruenza di un tracciato al fine di evitare la presenza di spiacevoli disomogeneità che potrebbero causare situazioni di pericolo a scapito della sicurezza stradale.

Per applicare i criteri di Lamm al tracciato in esame è necessario:

- la conoscenza della velocità di progetto e della velocità operativa sui vari elementi che compongono il tracciato. Per le  $V_{85}$  si è fatto riferimento al valore medio dei dati di velocità rilevati in sede di campo prova mediante l'ausilio del V-Box (per le differenti situazioni di studio), mentre come velocità di progetto sono state considerate quelle utilizzate nel campo prova (nello specifico 55, 65, 75, 85, 95 km/h);
- la suddivisione del tracciato in esame in elementi contigui: sono stati differenziati il rettilo in entrata alla chicane, la chicane stessa ed il rettilo in uscita, contraddistinti in verde e arancio in figura 6.1.



*Figura 6.1: Particolare del circuito di prova.*

Di seguito, differenziati in funzione della tipologia di chicane, vengono riportati i valori di velocità utilizzati in input e quelli risultanti dall'applicazione dei primi due criteri al tracciato ricreato in campo prova. Tali valori sono stati ulteriormente

classificati in funzione del tipo di veicolo, della condizione della pavimentazione e delle velocità di progetto.

Situazione 1: Chicane di larghezza standard

Planimetria generale

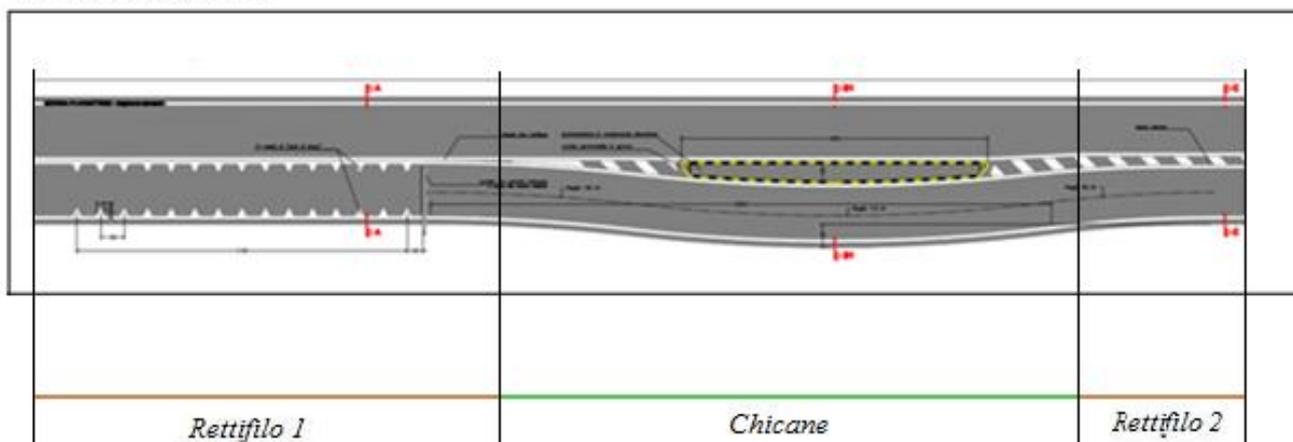


Figura 6.2: Elementi geometrici costituenti il tracciato di prova.

a) Pavimentazione asciutta

BMW - asciutto – 55 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	55	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	48,90	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	52,75	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	42,16	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	6,10	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	2,25	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	12,84	<i>TOLLERABILE</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	3,85	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	10,59	<i>TOLLERABILE</i>

BMW - asciutto – 65 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	65	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	65,42	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	60,19	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	42,45	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	0,42	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	4,81	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	22,55	<i>NON ADEGUATO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	5,23	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	17,74	<i>TOLLERABILE</i>

BMW - asciutto – 75 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	75	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	60,01	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	72,99	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	53,52	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	14,99	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	2,01	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	21,48	<i>NON ADEGUATO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	12,98	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	19,47	<i>TOLLERABILE</i>

BMW - asciutto – 85 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	85	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	59,78	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	77,08	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	55,26	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	25,22	<i>NON ADEGUATO</i>
<i>chicane</i>	7,92	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	29,74	<i>NON ADEGUATO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	17,30	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	21,82	<i>NON ADEGUATO</i>

BMW - asciutto – 95 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	95	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	78,81	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	88,28	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	50,85	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	16,19	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	6,72	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	44,15	<i>NON ADEGUATO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	9,46	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	37,43	<i>NON ADEGUATO</i>

Ducato- asciutto - 55 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	55	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	52,16	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	56,29	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	52,94	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	2,84	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	1,29	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	2,06	<i>BUONO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	4,14	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	3,35	<i>BUONO</i>

Ducato- asciutto - 65 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	65	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	57,30	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	63,75	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	54,65	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	7,70	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	1,25	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	10,35	<i>TOLLERABILE</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	6,45	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	9,10	<i>BUONO</i>

Ducato- asciutto - 75 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	75	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	63,06	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	68,02	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	47,05	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	11,94	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	6,98	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	27,95	<i>NON ADEGUATO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85 <sub>i</sub> -V85 <sub>i+1</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	4,96	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	20,98	<i>NON ADEGUATO</i>

b) Pavimentazione bagnata

BMW - bagnato – 55 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	55	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	52,58	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	52,66	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	43,34	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	2,42	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	2,34	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	11,66	<i>TOLLERABILE</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85 <sub>i</sub> -V85 <sub>i+1</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	0,08	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	9,32	<i>BUONO</i>

BMW - bagnato – 65 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	65	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	57,05	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	61,76	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	50,64	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	7,95	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	3,24	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	14,36	<i>TOLLERABILE</i>

<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	4,71	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	11,12	<i>TOLLERABILE</i>

BMW - bagnato – 75 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	75	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	70,98	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	71,99	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	57,81	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	4,02	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	3,01	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	57,81	<i>NON ADEGUATO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	1,01	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	14,18	<i>TOLLERABILE</i>

BMW - bagnato – 85 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	85	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	67,85	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	78,11	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	66,05	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	17,15	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	6,89	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	18,95	<i>TOLLERABILE</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	10,27	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	12,07	<i>TOLLERABILE</i>

BMW - bagnato – 95 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	95	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	79,69	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	85,15	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	64,18	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	15,31	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	9,85	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	30,82	<i>NON ADEGUATO</i>

<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	5,46	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	20,97	<i>NON ADEGUATO</i>

Ducato - bagnato – 55 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	55	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	51,29	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	53,33	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	50,14	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	3,71	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	1,67	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	4,86	<i>BUONO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	2,04	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	3,19	<i>BUONO</i>

Ducato - bagnato – 65 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	65	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	59,17	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	63,76	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	58,90	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	5,83	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	1,24	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	6,10	<i>BUONO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	4,58	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	4,85	<i>BUONO</i>

Ducato - bagnato – 75 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	75	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	66,33	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	74,66	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	50,08	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	8,67	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	0,34	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	24,92	<i>NON ADEGUATO</i>

<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	8,33	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	24,58	<i>NON ADEGUATO</i>

Situazione 2: Chicane di larghezza ridotta

Planimetria generale

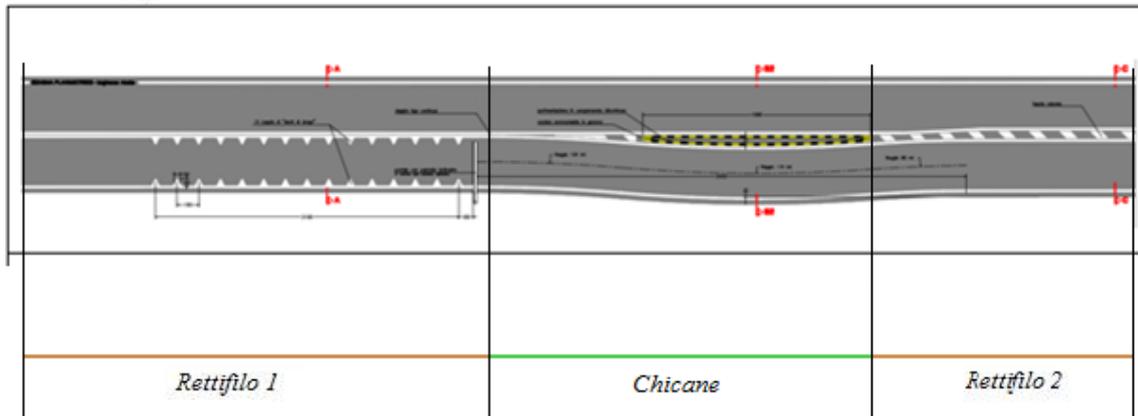


Figura 6.3: Elementi geometrici costituenti il tracciato di prova.

a) Pavimentazione asciutta

BMW - asciutto – 55 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	55	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	52,20	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	53,02	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	47,19	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	2,80	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	1,98	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	7,81	<i>BUONO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	0,81	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	5,82	<i>BUONO</i>

BMW - asciutto – 65 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	65	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	54,86	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	67,52	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	51,74	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	10,14	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	2,52	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	13,26	<i>TOLLERABILE</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85 <sub>i</sub> -V85 <sub>i+1</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	12,66	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	15,78	<i>TOLLERABILE</i>

BMW - asciutto – 75 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	75	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	58,32	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	68,87	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	58,24	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	16,68	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	6,13	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	16,76	<i>TOLLERABILE</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85 <sub>i</sub> -V85 <sub>i+1</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	10,55	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	10,63	<i>TOLLERABILE</i>

BMW - asciutto – 85 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	85	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	66,98	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	77,56	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	57,91	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	18,02	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	7,44	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	27,09	<i>NON ADEGUATO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85 <sub>i</sub> -V85 <sub>i+1</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	10,58	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	19,65	<i>TOLLERABILE</i>

BMW - asciutto – 95 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	95	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	84,94	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	87,78	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	60,40	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	10,06	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	7,22	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	34,60	<i>NON ADEGUATO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	2,84	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	27,39	<i>NON ADEGUATO</i>

Ducato- asciutto – 55 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	55	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	50,76	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	54,45	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	48,49	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	4,24	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	0,55	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	6,51	<i>BUONO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	3,70	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	5,97	<i>BUONO</i>

Ducato- asciutto – 65 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	65	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	58,84	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	63,55	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	52,88	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	6,16	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	1,45	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	12,12	<i>TOLLERABILE</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	4,71	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	10,67	<i>TOLLERABILE</i>

Ducato- asciutto – 75 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	75	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	62,23	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	72,26	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	51,03	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	12,77	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	2,74	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	23,97	<i>NON ADEGUATO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85 <sub>i</sub> -V85 <sub>i+1</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	10,03	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	21,23	<i>NON ADEGUATO</i>

b) Pavimentazione bagnata

BMW - bagnato – 55 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	55	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	52,12	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	53,00	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	44,31	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	2,88	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	2,00	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	10,69	<i>TOLLERABILE</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85 <sub>i</sub> -V85 <sub>i+1</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	0,88	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	8,68	<i>BUONO</i>

BMW - bagnato – 65 km/h

V <sub>p</sub> velocità di progetto [km/h]	65	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	58,18	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	62,60	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	50,66	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-V <sub>p</sub> ) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	6,82	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	2,40	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	14,34	<i>TOLLERABILE</i>

<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	4,42	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	11,94	<i>TOLLERABILE</i>

*BMW - bagnato – 75 km/h*

V p velocità di progetto [km/h]	75	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	73,10	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	72,06	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	47,59	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	1,90	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	2,94	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	27,41	<i>NON ADEGUATO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	1,04	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	24,47	<i>NON ADEGUATO</i>

*BMW - bagnato – 85 km/h*

V p velocità di progetto [km/h]	85	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	75,16	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	84,24	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	63,04	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	9,84	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	0,76	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	21,96	<i>NON ADEGUATO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	9,08	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	21,20	<i>NON ADEGUATO</i>

*BMW - bagnato – 95 km/h*

V p velocità di progetto [km/h]	95	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	82,13	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	91,59	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	66,17	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	12,87	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	3,41	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	28,83	<i>NON ADEGUATO</i>

<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	9,46	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	25,43	<i>NON ADEGUATO</i>

Ducato- bagnato – 55 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	55	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	51,67	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	51,66	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	45,64	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	3,33	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	3,34	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	9,36	<i>BUONO</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	0,01	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	6,03	<i>BUONO</i>

Ducato- bagnato – 65 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	65	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	59,98	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	65,04	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	53,83	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	5,02	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	0,04	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	11,17	<i>TOLLERABILE</i>
<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	5,05	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	11,20	<i>TOLLERABILE</i>

Ducato- bagnato – 75 km/h

V p velocità di progetto [km/h]	75	
V85 media rilevata in rettifilo 1 [km/h]	64,64	
V85 media rilevata in chicane [km/h]	73,89	
V85 media rilevata in rettifilo 2 [km/h]	57,50	
<b>I CRITERIO DI LAMM</b>	(V85-Vp) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	10,36	<i>TOLLERABILE</i>
<i>chicane</i>	1,11	<i>BUONO</i>
<i>rettifilo 2</i>	17,50	<i>TOLLERABILE</i>

<b>II CRITERIO DI LAMM</b>	(V85i-V85i+1) [km/h]	Livello di progettazione
<i>rettifilo 1</i>	9,26	<i>BUONO</i>
<i>chicane</i>	16,40	<i>TOLLERABILE</i>

Nella tabella seguente si riassumono i risultati ottenuti con i primi due criteri di Lamm: in verde i casi caratterizzati da un livello di progettazione buono, in arancio quelli accettabili, in rosso quelli non adeguati in termini di sicurezza di circolazione.

			Velocità [km/h]	I CRITERIO DI LAMM			II CRITERIO DI LAMM	
				rettifilo 1	chicane	rettifilo 2	rettifilo 1	chicane
Situazione 1: Chicane di larghezza standard	Pavimentazione asciutta	BMW	55	Verde	Verde	Arancio	Verde	Arancio
			65	Verde	Verde	Verde	Verde	Arancio
			75	Arancio	Verde	Verde	Arancio	Arancio
			85	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
			95	Arancio	Verde	Verde	Verde	Verde
		Ducato	55	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Pavimentazione bagnata	BMW	65	Verde	Verde	Arancio	Verde	Arancio
			75	Verde	Verde	Verde	Verde	Arancio
			85	Arancio	Verde	Verde	Arancio	Arancio
			95	Arancio	Verde	Verde	Verde	Verde
			Ducato	55	Verde	Verde	Verde	Verde
		Ducato	65	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
			75	Arancio	Verde	Verde	Verde	Verde
			75	Arancio	Verde	Verde	Verde	Verde
Situazione 2: Chicane di larghezza ridotta	Pavimentazione asciutta	BMW	55	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
			65	Arancio	Verde	Arancio	Arancio	Arancio
			75	Arancio	Verde	Arancio	Arancio	Arancio
			85	Arancio	Verde	Verde	Verde	Verde
			95	Arancio	Verde	Verde	Verde	Verde
		Ducato	55	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Pavimentazione bagnata	BMW	65	Arancio	Verde	Verde	Verde	Verde
			75	Arancio	Verde	Verde	Verde	Verde
			85	Arancio	Verde	Verde	Verde	Verde
			95	Arancio	Verde	Verde	Verde	Verde
			Ducato	55	Verde	Verde	Verde	Verde
		Ducato	65	Verde	Verde	Arancio	Verde	Arancio
			75	Arancio	Verde	Arancio	Verde	Arancio
			75	Arancio	Verde	Arancio	Verde	Arancio

Tabella 6.4: Criteri di Lamm per il tracciato in esame.

Dall'analisi dei risultati ottenuti è possibile affermare che:

- il primo criterio di Lamm evidenzia che sia la chicane di larghezza standard, sia quella ridotta sono in ogni caso caratterizzate da un livello di progettazione buono. Non sono necessarie, quindi, correzioni al progetto in quanto le velocità risultano perfettamente bilanciate;
- relativamente al rettilineo in uscita alle chicane, il risultato inadeguato che emerge dal primo criterio di Lamm è da imputare senza dubbio al fatto che il rettilineo si trova in corrispondenza della fine del tracciato di prova, dove il conducente è costretto a diminuire drasticamente la velocità;
- relativamente al secondo criterio di Lamm sia la chicane di larghezza standard, sia quella ridotta sono caratterizzate in generale da un livello di progettazione buono e accettabile. I risultati inadeguati sono da imputare senza dubbio al fatto che il conducente per raggiungere la chicane alla velocità desiderata è costretto ad accelerare fortemente lungo il rettilineo precedente alla stessa, facendo così sballare la differenza di velocità operativa tra l'elemento  $i$ -esimo (il rettilineo) e quello  $i$ -esimo+1 (la chicane). Si tratta quindi di un fattore imputabile alla conformazione ed alle caratteristiche del campo prova. A testimonianza di ciò è da notare che il risultato inadeguato si ha per entrambi i veicoli in corrispondenza dei giri alle velocità maggiori.

Alla luce dei risultati raggiunti, quindi, è possibile confermare la coerenza geometrica delle due tipologie di chicane.



## **CAPITOLO 7**

### **LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DEL TRACCIATO ATTRAVERSO LA MISURA DEL CARICO DI LAVORO SUL GUIDATORE**

#### ***7.1 Il Workload***

Sono molti gli studi che affermano che il carico di lavoro è un concetto molto importante nella progettazione di tutti quei sistemi che in qualsivoglia modo sono “controllati” da esseri umani, [23]. Affinché il funzionamento di tale sistema sia corretto è opportuno che il workload imposto agli utenti non superi la loro capacità di elaborare informazioni; d'altra parte, è in egual modo importante che il carico di lavoro non risulti inferiore a quel livello di attenzione, sotto il quale, la concentrazione diventa difficoltosa. Un sistema per essere efficiente dovrebbe essere, quindi, sviluppato in modo da massimizzare il carico di lavoro sull'operatore, e di conseguenza le sue prestazioni, lasciando però un minimo di residuo per affrontare l'insorgere di attività impreviste. La relazione che c'è tra il workload mentale e il livello di prestazioni è rappresentata dalla legge di Yerkes-Dodson in figura 7.1 [24, 25].

Si può osservare che a livelli bassi di workload corrispondono bassi livelli di performance in quanto, a causa della disattenzione, le informazioni tendono a non essere recepite. All'aumentare del workload, aumenta anche il livello di performance fino al raggiungimento di un valore massimo in corrispondenza del quale in carico di lavoro può essere ritenuto ottimale. Oltre questo livello, un ulteriore aumento del workload porta ad una drastica riduzione delle prestazioni a causa dell'eccessiva quantità di informazioni da recepire.

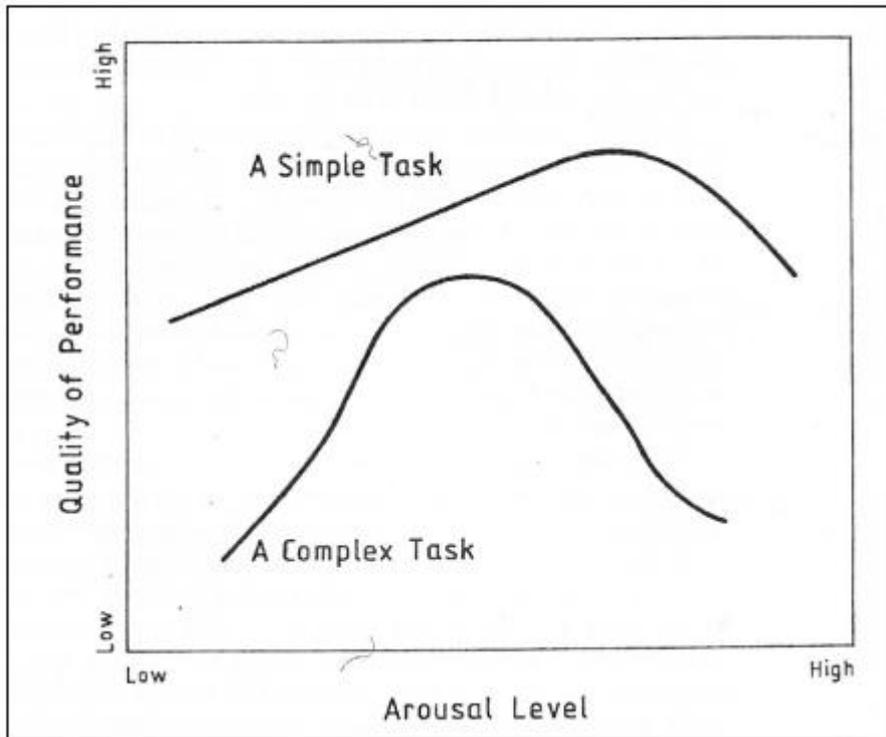


Figura 7.1: Legge di Yerkes-Dodson.

Poiché, generalmente, con il diminuire delle prestazioni aumenta la probabilità di errore è immediato il legame con il livello di incidentalità stradale (Figura 7.2). Si può osservare infatti che il tasso di incidentalità risulta maggiore in corrispondenza sia di carichi di lavoro molto elevati, sia di carichi di lavoro estremamente bassi, [24].

Studi dimostrano che il carico di lavoro a cui è sottoposto il guidatore varia notevolmente in funzione della complessità del tracciato e della frequenza con cui l'utente è sottoposto all'attività di guida. Inoltre, tale workload, risulta essere fortemente influenzato anche dalle capacità di guida del conducente e dalle aspettative che quest'ultimo ha nei riguardi della strada che sta per percorrere. La presenza di incoerenze lungo il tracciato porta quindi inevitabilmente ad un aumento del carico di lavoro sul guidatore.

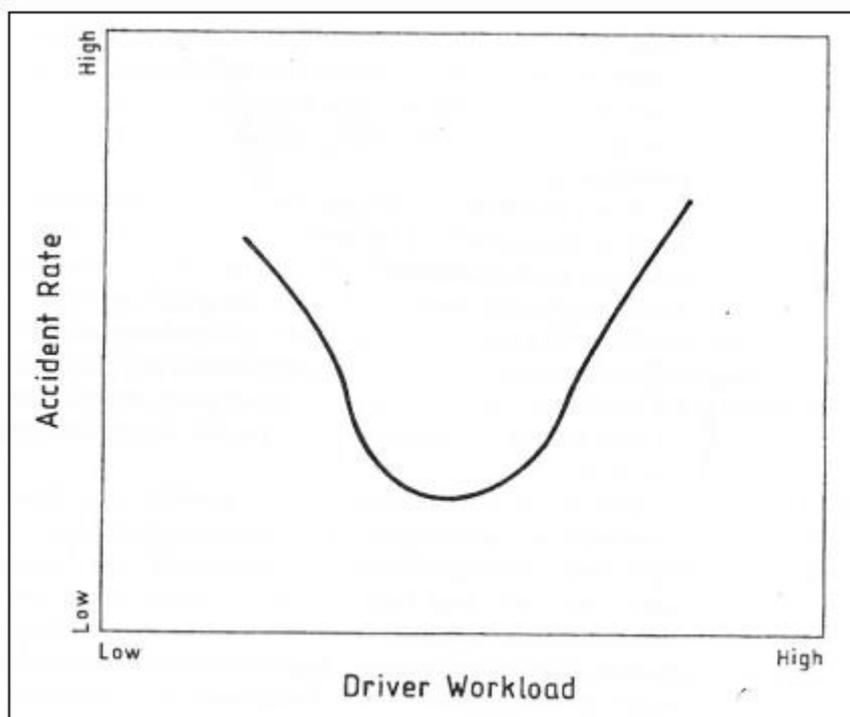


Figura 7.2: Relazione tra workload e tasso di incidentalità..

### **7.2 Metodi di valutazione del workload per il guidatore**

Come precedentemente detto la maggioranza delle tecniche di misurazione del workload si basano sull'ipotesi che ci sia un livello massimo di capacità nell'elaborare informazioni al fine di scegliere il comportamento adeguato. Quindi, i sistemi stradali dovrebbero essere sviluppati in modo da mantenere il carico di lavoro sul guidatore ad un livello tale da costringerlo a prestare attenzione al compito affidato, rendendolo però in grado di gestire le emergenze inattese.

Studi di settore mostrano che le tecniche di misurazione del Workload sono molteplici.

Tentare di misurare il workload mediante l'utilizzo di misure soggettive può risultare complesso. Tali misure sono tanto facili da ottenere quanto difficili da valutare. Infatti, il generico soggetto sottoposto ad un'indagine di questo tipo è in grado di dare un giudizio cosciente delle difficoltà che ha incontrato nell'affrontare un determinato compito, la difficoltà sta però nella capacità del progettista di identificare la scala di valutazione appropriata e uniformare i dati raccolti [23].

Un'altra tecnica per misurare il carico di lavoro mentale è la misurazione diretta, ovvero la misura delle prestazioni conseguenti ad un determinato Workload associato ad un dato compito.

Gartner e Murphj sostengono, tuttavia, che non è possibile generalizzare tali misure in quanto un guidatore, nell'affrontare due diverse curve, potrebbe mostrare lo stesso livello di prestazioni ma il carico di lavoro effettivo su una curva potrebbe risultare molto più elevato rispetto all'altra. Inoltre, tali misure sono difficili da eseguire e non presentano una valida caratterizzazione: infatti è possibile solo individuare se si tratta di una situazione in cui il carico di lavoro è molto elevato o estremamente basso [26, 27].

Helander [28] propone invece l'utilizzo di una prova indiretta di adattamento nervoso. Viene introdotto il concetto di "livello di attivazione": un livello di attivazione basso comporta un basso livello di prestazione, al contrario, un livello alto comporta un collasso delle funzioni determinanti nel comportamento del conducente che potrebbe implicare un atteggiamento inadeguato in un'ipotetica situazione futura in cui il traffico, e quindi le informazioni, potrebbero aumentare. Secondo questa teoria le proprietà dell'ambiente sono inerenti ad un concetto chiamato complessità ambientale. La complessità percepita corrisponde all'interpretazione del guidatore della complessità ambientale, tale valore varia in funzione del conducente in quanto risulta essere fortemente dipendente dallo stato mentale e fisico di quest'ultimo.

Il livello di complessità percepito determina il livello di attivazione del guidatore, che, a sua volta, ne governa sia i processi percettivi sia quelli decisionali. Quest'ultimo processo porta a specifiche operazioni che l'operatore attua in fase di controllo, da cui dipende il moto del veicolo e di conseguenza la complessità ambientale. In questo sistema teorico è possibile quantificare alcuni concetti: il livello di attivazione può essere analizzato utilizzando la reazione alla conduttività della pelle (SCR), la frequenza cardiaca, la tensione muscolare e il numero di battiti delle palpebre. Gli indicatori che rappresentano le operazioni di controllo sono svariati: si può far riferimento alla misurazione della pressione necessaria per attivare i freni, ai movimenti del volante per quanto riguarda le operazioni compiute dal guidatore, oppure a velocità e accelerazione per quanto concerne il veicolo. Il

problema è che questa tipologia di misure del carico di lavoro sull'operatore sono più facili da concettualizzare che da raggiungere [30].

Un ulteriore metodo di misura del carico di lavoro mediante caratteristiche fisiologiche sfrutta la presenza di aritmia cardiaca. Quest'ultima tipologia si basa sulla valutazione dell'intervallo di tempo che intercorre tra un battito e l'altro e su una opportuna conversione al fine di stimare la frequenza cardiaca istantanea. I risultati di test sperimentali hanno mostrato un netto miglioramento rispetto ad altre misurazioni di tipo fisiologico [23].

### ***7.3 Valutazione della consistenza stradale con misure di workload***

Il modello utilizzato per la valutazione della consistenza geometrica del tracciato, presentato da Messer [29], ipotizza che il tracciato stesso fornisca ai guidatori la maggioranza delle informazioni necessarie alla guida e che, pertanto, dalla strada derivi un certo carico di lavoro. Esso diviene alto in presenza di configurazioni di strada complesse o inusuali [19,20].

Tale procedura può essere utilizzata per la valutazione della consistenza di tutte le strade extraurbane con caratteristiche non autostradali.

Il livello di consistenza LOC di ogni singolo elemento geometrico si ottiene con il calcolo del carico di lavoro imposto ai conducenti a fornito da:

$$WL_n = U \cdot E \cdot S \cdot R_f + C \cdot WL_{n-1}$$

dove:

$WL_n$ : carico di lavoro sull'elemento corrente;

$WL_{n-1}$ : carico di lavoro sull'elemento precedente;

U: fattore correttivo per presenza di utenza non abituale;

E: fattore di aspettativa;

S: fattore correttivo per distanza di identificazione;

$R_f$ : carico di lavoro potenziale per condizioni medie;

C: fattore residuo.

In tabella 7.1 sono riportati i livelli di consistenza previsti da tale procedura.

Aspettative del conducente	Livello di consistenza (LOC)	Carico di lavoro (WL <sub>n</sub> )
Non si attendono problemi	A	≤ 1
	B	≤ 2
Sono possibili piccole sorprese	C	≤ 3
	D	≤ 4
	E	≤ 6
Sono possibili grossi problemi	F	> 6

Tabella 7.1: Livelli di consistenza.

Di seguito viene riportata nello specifico la modalità di valutazione di tali fattori.

U: Fattore correttivo per presenza di utenza non abituale

Più elevata risulta la percentuale di conducenti con scarsa o nulla familiarità con il tracciato, maggiore è la probabilità che questi ultimi possano essere sorpresi da caratteristiche geometriche inusuali. Nella procedura si assume che la percentuale di conducenti non abituali sia più elevata sulle strade di categoria superiore che su quelle di categoria inferiore. In tabella 7.2 sono riportati i fattori correttivi per presenza di utenza non abituale con riferimento alla classifica americana delle strade extraurbane ed alle corrispondenti categorie di strade secondo la norma italiana.

Classificazione americana (strade extraurbane)	Classificazione italiana corrispondente	Fattore U
Arterie principali	-	1,0
Arterie secondarie	C	0,8
Collettori	-	0,6
Strade locali	F extraurbane	0,4

Tabella 7.2: Determinazione del fattore correttivo U per la presenza di utenza non abituale.

E: Fattore di aspettativa

Con il fattore di aspettativa si tiene conto della potenziale conferma delle aspettative del conducente circa la possibilità che l'elemento successivo da percorrere sia simile o abbia caratteristiche simili a quello precedente. Se l'elemento è simile al

precedente, tale fattore si valuta con la relazione  $E=1-C$ ; in caso contrario  $E=1$ . Per due curve circolari consecutive, se la seguente ha raggio più ampio della precedente viene sempre considerata simile ad essa; se invece la seconda curva ha raggio inferiore alla prima può essere considerata ad essa simile solo se il suo tasso di variazione di curvatura CCR eccede quello della curva precedente per meno di 110 gon/km.

S: Fattore correttivo per distanza di identificazione

Per distanza di identificazione si intende la distanza di visuale libera disponibile, in funzione sia dell'andamento planimetrico che altimetrico del tracciato, per riconoscere l'inizio dell'elemento geometrico successivo da percorrere. Noti tale distanza e la velocità operativa sull'elemento, il valore del fattore correttivo S si determina mediante l'abaco in Figura 7.3.

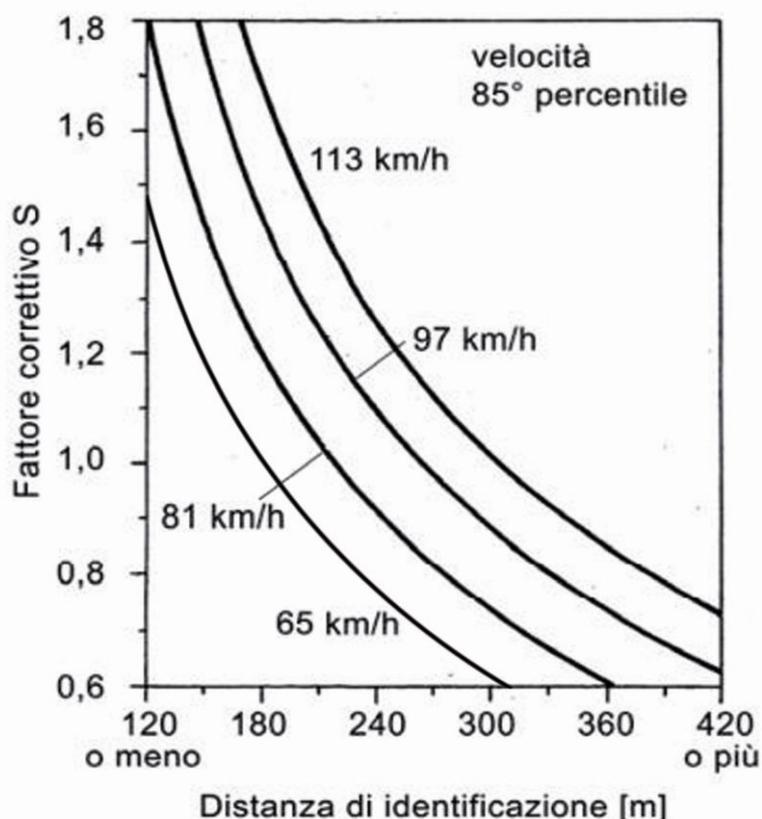


Figura 7.3: Abaco per il calcolo del fattore correttivo S per distanza di identificazione.

*R<sub>f</sub>: Carico di lavoro potenziale per condizioni medie*

Un elemento geometrico può risultare inconsistente per diversi motivi: il tipo, la sua posizione, la distanza di separazione con altri elementi, la velocità operativa, le caratteristiche precedenti della strada, la familiarità dei conducenti con il tracciato, il traffico, le condizioni orografiche e l'ambiente di impianto.

È stato determinato il carico di lavoro potenziale  $R_f$  per condizioni medie per 9 caratteristiche base, utilizzando una scala a sette punti (0: nessun problema, 6: grossi problemi) basata sulle aspettative dei conducenti.

In tabella 7.3 sono riportati i valori ottenuti, per ciascuna caratteristica geometrica, mediando sulle risposte degli utenti.

Caratteristica geometrica	2 corsie	4 corsie
<b>Ponte</b>		
larghezza ridotta, senza banchine	5,4	5,4
larghezza normale, senza banchine	2,5	2,5
larghezza normale, con banchine	1,0	1,0
<b>Variazione di sezione per strade a carreggiate separate</b>		
da 4 corsie a 2 corsie		4,0
da 2 corsie a 4 corsie		1,8
<b>Intersezione</b>		
non canalizzata	3,7	2,4
canalizzata	3,3	2,1
<b>Attraversamento ferroviario a raso</b>	3,7	3,7
<b>Larghezza delle banchine variabile</b>		
completa assenza	3,2	2,1
riduzione	1,6	1,0
<b>Andamento</b>		
punto di flesso	3,1	2,0
curva orizzontale	2,3	1,5
apice di raccordo verticale	1,9	1,2
<b>Riduzione della larghezza delle corsie</b>	3,1	2,0
<b>Sovrappasso stradale</b>	1,3	0,8
<b>Rettilineo</b>	0,0	0,0

Tabella 7.3: Carico di lavoro potenziale  $R_f$  per diverse caratteristiche geometriche in condizioni medie.

*C: Fattore residuo*

Variabile tra 0 e 1, tale fattore rappresenta la percentuale di carico di lavoro relativo all'elemento precedente che si risente anche sul carico di lavoro dell'elemento corrente.

Esso viene determinato, mediante l'abaco di Figura 7.4, in funzione del valore dell'85° percentile della velocità sull'elemento e della distanza di separazione dall'elemento precedente che può riguardarsi come distanza tra i centri dei 2 elementi successivi considerati.

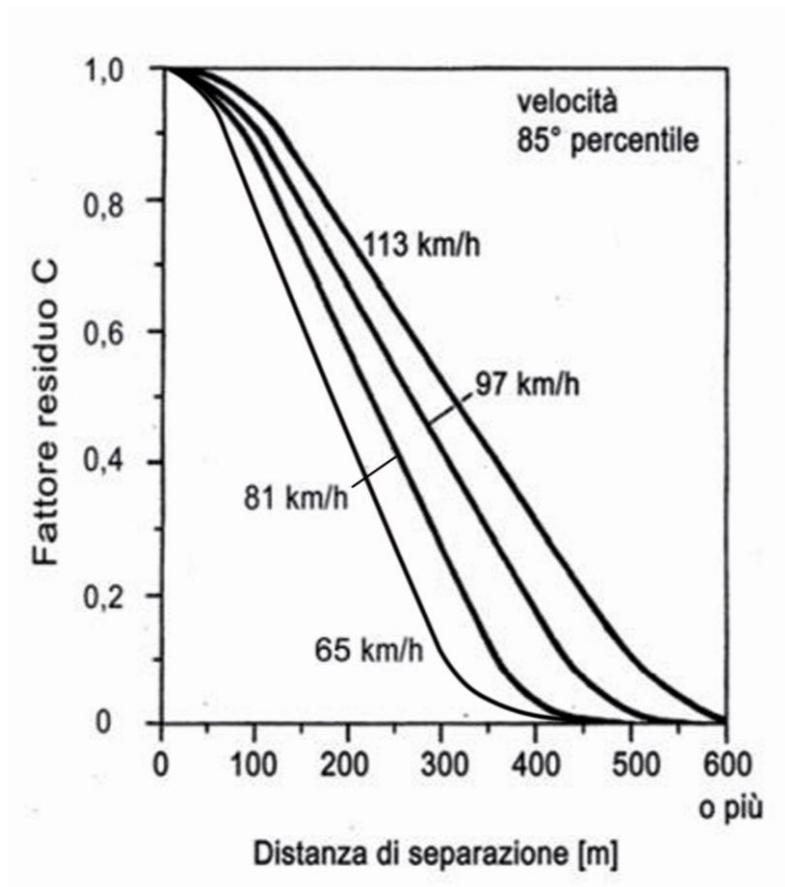


Figura 7.4: Abaco per il calcolo del fattore residuo C.

#### 7.4 La valutazione del workload per il tracciato in esame

Facendo riferimento ai dati rilevati durante il campo prova, come riportato nel Capitolo 5 del presente elaborato, è stato valutato il carico di lavoro a cui è sottoposto il conducente nelle due differenti situazioni di progetto, ovvero sia in corrispondenza della chicane di larghezza standard, sia di quella di larghezza ridotta. In una prima fase sono stati identificati gli elementi geometrici su cui fondare tale analisi: in Figura 7.5 sono evidenziati in arancio i tratti in rettilineo ed in verde il tratto contenente la chicane.

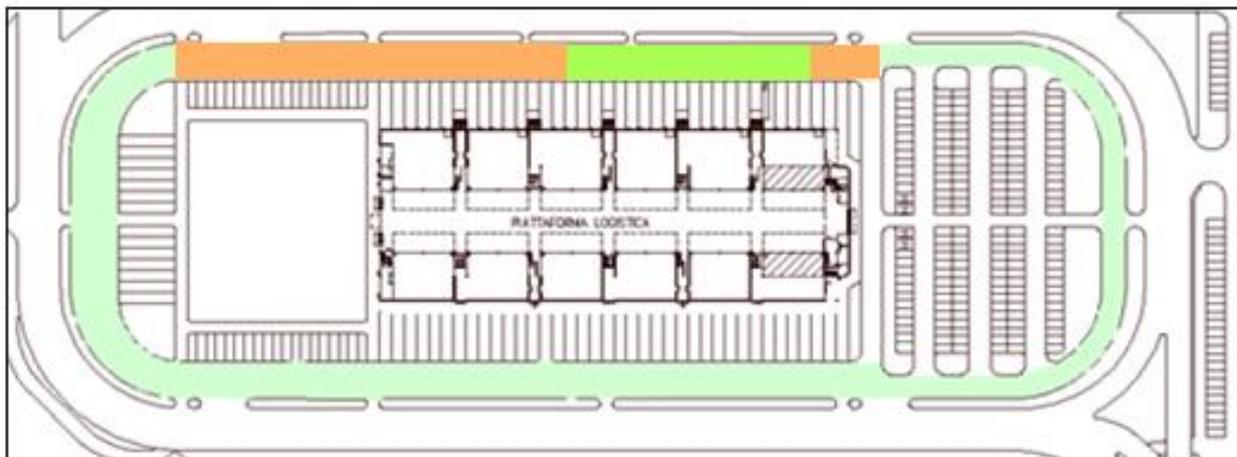


Figura 7.5: Particolare del circuito sperimentale.

Di seguito viene presentata la procedura di valutazione della consistenza del tracciato mediante l'utilizzo di misure di workload.

Facendo riferimento alla tabella 3 sono stati identificati gli elementi geometrici.

Per ciascun elemento, in base alle proprie caratteristiche ed alla posizione nello sviluppo d'asse, sono stati valutati:

- il carico di lavoro potenziale  $R_f$  per condizioni medie (Tabella 7.3);
- la distanza di identificazione, ossia l'estensione della prima visuale libera utile per il suo riconoscimento;
- la distanza di separazione dal precedente elemento geometrico.

Sono stati calcolati poi gli 85° percentili delle velocità sui vari elementi. In assenza di indicazioni specifiche, la V85 in corrispondenza della chicane è stata valutata utilizzando la media delle velocità rilevate dal V-Box nel circuito di prova, mentre la V85 sui rettifili è stata considerata pari al valore delle velocità utilizzate nel campo prova (65-75-85-95 km/h). Usando questi come dati di input per gli abachi in figura 6.2 e 6.3 si è valutato S e C.

Il fattore di aspettativa E si ottiene mediante i criteri precedentemente esposti.

Il fattore correttivo U si deduce in funzione del tipo di strada dalla tabella 7.2.

Noti tutti i valori è stato determinato il Workload per i diversi elementi presenti sul tracciato e, quindi, dalla tabella 1, il relativo livello di consistenza LOC.

Tale procedura rimane invariata per entrambe le tipologie di chicane in progetto.

Situazione 1: Chicane di larghezza standard

Essendo una valutazione di consistenza del tracciato, dipendente dunque dalle caratteristiche geometriche e dalle velocità rilevate ma non dallo stato della pavimentazione né dal tipo di veicolo, sono stati presi in considerazione esclusivamente i dati ottenuti in output dal V-Box, per le differenti velocità di prova, nella situazione tipo di un'automobile (BMW) su pavimentazione asciutta.

Di seguito vengono elencati gli elementi geometrici identificati nel tracciato di prova (Figura 7.6): e le relative caratteristiche geometriche, (Tabella 7.4).

*Planimetria generale*

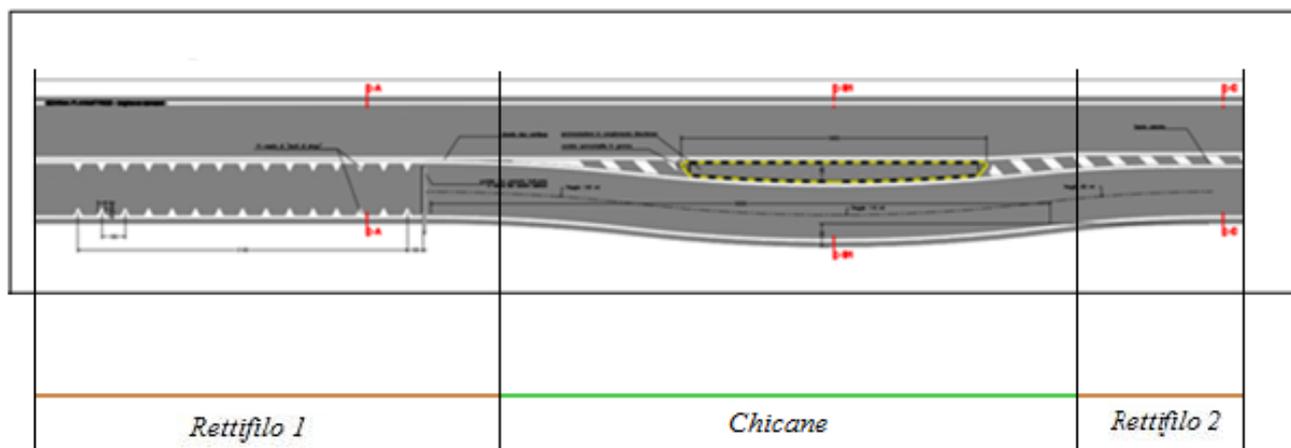


Figura 7.6: Elementi geometrici costituenti il tracciato di prova.

	<i>lunghezza [m]</i>
<i>Rettifilo 1</i>	54,5
<i>Chicane</i>	68,6
<i>Rettifilo 2</i>	55

Tabella 7.4: Caratteristiche del tracciato di prova

Una volta individuati tutti i valori necessari per la valutazione del workload secondo quanto previsto dalla procedura di Messer è stato possibile definire il livello di consistenza LOC del tracciato in esame.

Nelle tabelle a seguire sono riportati i valori utilizzati nel calcolo e i risultati ottenuti alle diverse velocità di prova (Tabelle 7.5, 7.6, 7.7, 7.8).

<b>65 km/h</b>	<i>Rettifilo 1</i>	<i>Chicane</i>	<i>Rettifilo 2</i>
$R_f$	0	3,1	0
$V_{85}$	65	60,19	65
<i>distanza di identificazione</i>	100	100	100
<i>distanza di separazione</i>	27,25	61,55	61,8
$S$	1,48	1,48	1,48
$C$	0,98	0,9	0,9
$E$	1	1	1
$U$	0,8	0,8	0,8
$WL_{n-1}$	0	0	3,6704
$WL_n$	0	3,6704	3,30336
<b>LOC</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>D</b>

Tabella 7.5: Parametri per la consistenza del tracciato, 65 km/h.

<b>75 km/h</b>	<i>Rettifilo 1</i>	<i>Chicane</i>	<i>Rettifilo 2</i>
$R_f$	0	3,1	0
$V_{85}$	75	72,99	75
<i>distanza di identificazione</i>	100	100	100
<i>distanza di separazione</i>	25,02	59,42	65,68
$S$	1,8	1,8	1,8
$C$	0,98	0,92	0,92
$E$	1	1	1
$U$	0,8	0,8	0,8
$WL_{n-1}$	0	0	4,464
$WL_n$	0	4,464	4,10688
<b>LOC</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>E</b>

Tabella 7.6: Parametri per la consistenza del tracciato, 75 km/h.

<b>85 km/h</b>	<i>Rettifilo 1</i>	<i>Chicane</i>	<i>Rettifilo 2</i>
$R_f$	0	3,1	0
$V_{85}$	85	77,08	85
<i>distanza di identificazione</i>	100	100	100
<i>distanza di separazione</i>	26,9	59,4	73,24
$S$	1,8	1,8	1,8
$C$	1	0,97	0,91
$E$	1	1	1
$U$	0,8	0,8	0,8
$WL_{n-1}$	0	0	4,464
$WL_n$	0	4,464	4,06224
<b>LOC</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>E</b>

Tabella 7.7: Parametri per la consistenza del tracciato, 85 km/h.

<b>95 km/h</b>	<i>Rettifilo 1</i>	<i>Chicane</i>	<i>Rettifilo 2</i>
$R_f$	0	3,1	0
$V_{85}$	85	88,28	85
<i>distanza di identificazione</i>	100	100	100
<i>distanza di separazione</i>	28,32	65,16	77,35
$S$	1,8	1,8	1,8
$C$	1	0,95	0,98
$E$	1	1	1
$U$	0,8	0,8	0,8
$WL_{n-1}$	0	0	4,464
$WL_n$	0	4,464	4,37472
<b>LOC</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>E</b>

Tabella 7.8: Parametri per la consistenza del tracciato, 95 km/h.

### Situazione 2: Chicane di larghezza ridotta

Anche in questo caso, come nel precedente, essendo la valutazione di consistenza del tracciato indipendente dallo stato della pavimentazione e dalla tipologia di veicolo, sono stati presi in considerazione esclusivamente i dati ottenuti in output dal V-Box, per le differenti velocità di prova, nella “situazione tipo” di un’automobile (BMW) su pavimentazione asciutta.

Di seguito vengono elencati gli elementi geometrici identificati nel tracciato di prova (Figura 7.7): e le relative caratteristiche geometriche, (Tabella 7.9).

Planimetria generale

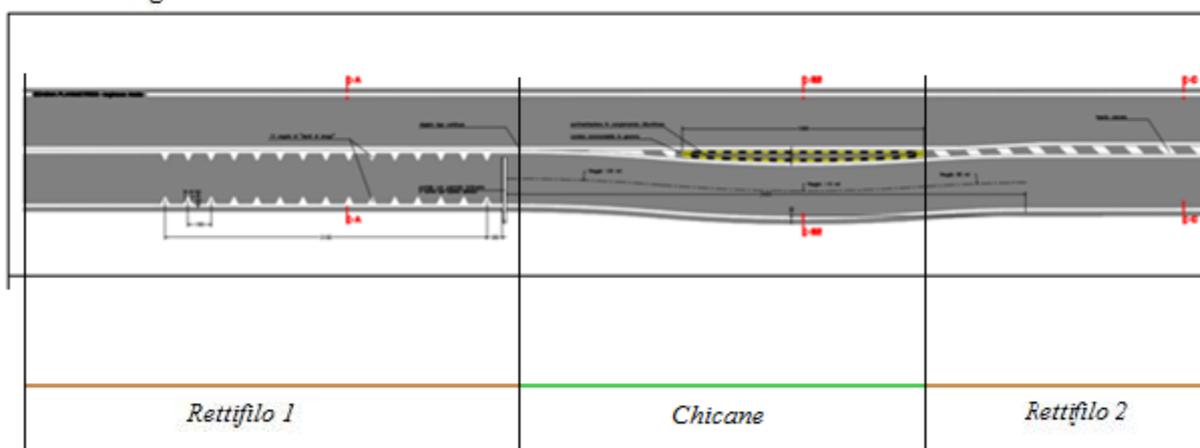


Figura 7.7: Elementi geometrici costituenti il tracciato di prova.

	lunghezza [m]
Rettifilo 1	77,9
Chicane	31,93
Rettifilo 2	11,64

Tabella 7.9: Caratteristiche del tracciato di prova

Noti i valori necessari per la valutazione del workload secondo quanto previsto dalla procedura di Messer è stato possibile definire il livello di consistenza LOC del tracciato in esame. Nelle tabelle a seguire sono riportati i valori utilizzati nel calcolo e i risultati ottenuti alle diverse velocità di prova (Tabella 7.10, 7.11, 7.12, 7.13).

<b>65 km/h</b>	<i>Rettifilo 1</i>	<i>Chicane</i>	<i>Rettifilo 2</i>
$R_f$	0,00	3,10	0,00
$V_{85}$	65,00	67,52	65,00
<i>distanza di identificazione</i>	100,00	100,00	100,00
<i>distanza di separazione</i>	38,90	70,83	43,57
$S$	1,48	1,48	1,48
$C$	0,98	0,88	0,92
$E$	1,00	1,00	1,00
$U$	0,80	0,80	0,80
$WL_{n-1}$	0,00	0,00	3,67
$WL_n$	0,00	3,67	3,38
<b>LOC</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>D</b>

Tabella 7.10: Parametri per la consistenza del tracciato, 65 km/h.

<b>75 km/h</b>	<i>Rettifilo 1</i>	<i>Chicane</i>	<i>Rettifilo 2</i>
$R_f$	0,00	3,10	0,00
$V_{85}$	75,00	68,87	75,00
<i>distanza di identificazione</i>	100,00	100,00	100,00
<i>distanza di separazione</i>	38,18	70,68	43,12
$S$	1,80	1,80	1,80
$C$	0,98	0,90	0,94
$E$	1,00	1,00	1,00
$U$	0,80	0,80	0,80
$WL_{n-1}$	0,00	0,00	4,46
$WL_n$	0,00	4,46	4,20
<b>LOC</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>E</b>

Tabella 7.11: Parametri per la consistenza del tracciato, 75 km/h.

<b>85 km/h</b>	<i>Rettifilo 1</i>	<i>Chicane</i>	<i>Rettifilo 2</i>
$R_f$	0,00	3,10	0,00
$V_{85}$	85,00	77,56	85,00
<i>distanza di identificazione</i>	100,00	100,00	100,00
<i>distanza di separazione</i>	39,19	70,48	44,33
$S$	1,80	1,80	1,80
$C$	0,98	0,90	0,94
$E$	1,00	1,00	1,00
$U$	0,80	0,80	0,80
$WL_{n-1}$	0,00	0,00	4,46
$WL_n$	0,00	4,46	4,20
<b>LOC</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>E</b>

Tabella 7.12: Parametri per la consistenza del tracciato, 85 km/h.

<b>95 km/h</b>	<i>Rettifilo 1</i>	<i>Chicane</i>	<i>Rettifilo 2</i>
$R_f$	0,00	3,10	0,00
$V_{85}$	85,00	87,78	85,00
<i>distanza di identificazione</i>	100,00	100,00	100,00
<i>distanza di separazione</i>	39,05	73,23	48,64
$S$	1,80	1,80	1,80
$C$	1,00	0,90	1,00
$E$	1,00	1,00	1,00
$U$	0,80	0,80	0,80
$WL_{n-1}$	0,00	0,00	4,46
$WL_n$	0,00	4,46	4,46
<b>LOC</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>E</b>

Tabella 7.13: Parametri per la consistenza del tracciato, 95 km/h.

La tabella 7.14 riassume i risultati ottenuti che evidenziano che la chicane, sia nella configurazione standard, sia in quella ridotta, è caratterizzata da un livello di consistenza pari a D o E, cioè un tracciato lungo il quale un conducente non si troverà di fronte a particolari situazioni inattese che potrebbero generare situazioni di pericolo. Questo risultato è sicuramente positivo in termini di sicurezza di circolazione in quanto già di per se, grazie al cambio di curvatura che la contraddistingue, una chicane è un elemento del tracciato che genera sorpresa sugli utenti alla guida.

			LOC			
			Velocità [km/h]	rettifilo 1	chicane	rettifilo 2
Situazione 1: Chicane di larghezza standard	Pavimentazione asciutta	BMW	65	A	D	D
			75	A	E	E
			85	A	E	E
			95	A	E	E
Situazione 2: Chicane di larghezza ridotta	Pavimentazione asciutta	BMW	65	A	D	D
			75	A	E	E
			85	A	E	E
			95	A	E	E

Tabella 7.14: Risultati ottenuti



## **CONCLUSIONI**

La sperimentazione illustrata in questo elaborato è finalizzata alla valutazione dell'effettivo incremento di sicurezza a seguito dell'inserimento degli interventi di moderazione del traffico previsti per le zone di transizione nell'ambito del progetto di riqualificazione, adeguamento e messa in sicurezza di varie tratte (dal km 37+000 al km 62+594) della SP 610 "Selice Montanara" in corrispondenza dei centri abitati di Castel del Rio, Fontanelice, Borgo Tossignano, Casalfiumanese, Fabbrica, Ponticelli e Linaro.

Dopo aver esaminato nel dettaglio il progetto proposto dalla provincia di Bologna, è stata effettuata una valutazione preliminare dell'efficacia degli interventi di traffic calming previsti mediante il confronto con altre applicazioni simili reperite in letteratura. Nella fase successiva ne è stata verificata l'effettiva idoneità per l'installazione sulla SP 610 effettuando, dapprima, un'analisi di sicurezza (Road Safety Review) con lo scopo di individuare le principali problematiche che interessano fisicamente l'infrastruttura (in modo da identificare eventuali situazioni di rischio per l'utente), per poi concentrarsi sull'analisi dei dati di incidentalità al fine di verificare la presenza di corrispondenze tra i fattori di rischio individuati e gli incidenti effettivamente avvenuti. Infine, grazie all'allestimento di un campo prova in scala reale, è stata svolta un'analisi cinematica del sistema veicolo-tracciato mirata alla valutazione degli effetti che le chicane hanno sia sul veicolo che le percorre, sia sul guidatore. In particolare, l'esperienza condotta ha avuto come scopo principale quello di valutare la sicurezza delle chicane seguendo principalmente due approcci differenti:

- il primo, fondato sullo studio delle accelerazioni laterali rilevate in campo prova, mira a stimare eventuali pericoli in termini di svio e di contraccolpo sui veicoli in transito;
- il secondo, basato sull'idea che una geometria della strada coerente permette all'utente di prevedere una traiettoria corretta riducendo quindi eventuali situazioni di pericolo, sfrutta misure di velocità e di workload fino alla valutazione della consistenza del tracciato di prova.

Dall'elaborazione dei risultati ottenuti dal primo approccio si può concludere che, per quanto riguarda il problema dello svio:

- la condizione del piano viabile non influenza particolarmente la stabilità del veicolo all'interno della chicane;
- la tipologia di chicane caratterizzata da un raggio di deflessione minore si conferma quella meno pericolosa;
- le accelerazioni laterali, responsabili della perdita di stabilità del mezzo, a cui sono sottoposti i veicoli transitanti nelle chicane oggetto di studio sono dell'ordine di 0,3 g per l'automobile e 0,37 g per il furgone, quindi molto inferiori ai valori limite di perdita di stabilità del mezzo riportati in letteratura da test drive su veicoli analoghi, pari a 0.9-1 g.

I risultati ottenuti in termine di contraccolpo, invece, non sono tutti significativi allo stesso modo, in quanto si evidenziano valori che all'aumentare della velocità di prova tendono ad aumentare raggiungendo valori troppo elevati. Ciò è sicuramente da attribuire al fatto che nelle rilevazioni il sistema GPS del VBOX è stato posizionato sull'abitacolo dei due veicoli, in posizione lontana rispetto al baricentro degli stessi. Rimane comunque significativa la tendenza del contraccolpo che aumenta all'aumentare della velocità di prova.

Dall'analisi dei risultati derivanti dal secondo approccio, a seguito dell'applicazione dei criteri di sicurezza previsti da Lamm (I e II), è possibile affermare che sia la chicane di larghezza standard, sia quella ridotta sono caratterizzate da un livello di progettazione buono e accettabile. Non sono necessarie, quindi, correzioni al progetto in quanto le velocità risultano perfettamente bilanciate.

I risultati inadeguati in corrispondenza del rettilo in entrata alla chicane sono da imputare senza dubbio al fatto che il conducente, per raggiungere la velocità desiderata, è costretto ad accelerare fortemente lungo il rettilo facendo così sballare la differenza di velocità operativa tra l'elemento  $i$ -esimo (il rettilo) e quello  $i$ -esimo+1 (la chicane). Si tratta quindi di un fattore imputabile alla conformazione ed alle caratteristiche del campo prova. A testimonianza di ciò è da notare che il risultato inadeguato si ha per entrambi i veicoli in corrispondenza dei giri alle velocità maggiori. Relativamente al rettilo in uscita alle chicane, invece, il risultato inadeguato che emerge dal primo criterio di Lamm è sicuramente riconducibile al

fatto che il rettilineo si trova in corrispondenza della fine del tracciato di prova, dove il conducente è costretto a diminuire drasticamente la velocità.

Infine, l'elaborazione dei risultati in termini di workload, evidenzia che la chicane sia nella configurazione standard, sia in quella ridotta, è caratterizzata da un livello di consistenza pari a D o E, cioè un tracciato lungo il quale un conducente non si troverà di fronte a particolari situazioni inattese che potrebbero generare situazioni di pericolo. Questo risultato è sicuramente positivo in termini di sicurezza di circolazione in quanto già di per se, grazie al cambio di curvatura che la contraddistingue, una chicane è un elemento del tracciato che genera sorpresa sugli utenti alla guida.

Alla luce dei risultati raggiunti, quindi, è possibile confermare la coerenza geometrica delle due tipologie di chicane. Si può dunque concludere che le soluzioni progettuali previste dalla Provincia di Bologna per la messa in sicurezza della SP 610 "Selice Montanara" non generano situazioni di pericolo per i veicoli in transito e per i relativi conducenti.

É da sottolineare, comunque, il fatto che la sicurezza propria di un elemento del tracciato stradale è strettamente correlata agli utenti che lo utilizzano ed al loro stile di guida, e, per ottenere risultati positivi in termini di riduzione dell'incidentalità, gioca un ruolo di fondamentale importanza l'educazione stradale dei conducenti dei veicoli. Pur progettando tracciati costituiti da elementi geometrici che si susseguono in modo armonioso e coordinato, senza costituire dei fattori di sorpresa che espongono al rischio di perdita di controllo del veicolo, infatti, il comportamento scorretto degli utenti rimane, comunque, la principale causa d'incidentalità.



## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] Annunziata F.& altri Progettazione Stradale – Manuale pratico di progettazione;
- [2] Linee guida per la redazione dei Piani della Sicurezza stradale urbana, circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti;
- [3] Evaluation of Gateway and Low-Cost Traffic-Calming Treatments for Major Routes in Small, Rural Communities. the Iowa Highway Research Board (IHRB Project TR-523) and the Iowa Department of Transportation (CTRE Project 06-185). Final Report November 2007;
- [4] IHT, 2005, Traffic Calming Techniques;
- [5] Regione piemonte, linee guida zona 30, giugno 2007;
- [6] Lamberti R., Abate D., De Guglielmo M.L., Dell'Acqua G., Esposito T., Montella A. (2008). Comportamento dei guidatori in presenza delle porte di accesso in ambito urbano. 17° Convegno nazionale SIIV, Enna;
- [7] Busi R., Zavanella L., Le normative europee per la moderazione del traffico, III volume collana Tecniche per la sicurezza in ambito urbano, Egaf edizioni 2003;
- [8] Lista A. Analisi sperimentale del comportamento del guidatore nel passaggio da ambiente stradale extraurbano ad urbano e valutazione degli interventi di moderazione delle velocità operative. Tesi di dottorato. Università degli Studi di Napoli Federico II. Facoltà di Ingegneria. Relatore Prof. Gianluca Dell'Acqua;
- [9] NRA, National Roads Authority: “Guidelines on Traffic Calming for towns and villages on national routes”, Dublin, Ireland, 2005;
- [10] Dell'Acqua G., De Guglielmo M.L., Abate D., Lista A. (2008). Efficacia degli interventi di traffic calming in ambito urbano. 17° Convegno nazionale SIIV, Enna;
- [11] 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;

[12] Mantuano A. (2010). Tecniche di Traffic Calming in zone di transizione da ambito extraurbano ad ambito urbano. Tesi di laurea. Università degli Studi di Ferrara. Facoltà di Ingegneria. Corso di Laurea in Ingegneria Civile e Ambientale. Relatore Prof. Andrea Simone;

[13] Buresta M. (2010). Tecniche di moderazione del traffico in zone di transizione: il caso della S.P. 610 “Selice-Montanara”. Tesi di laurea. Università degli Studi di Bologna. Facoltà di Ingegneria. Corso di Laurea in Ingegneria Civile. Relatore Prof. Andrea Simone;

[14] Magnani M.(2011). Road Safety Review della SP 610 Selice Montanara. Tesi di laurea. Università degli Studi di Bologna. Facoltà di Ingegneria. Corso di Laurea in Ingegneria Civile. Relatore Prof. Andrea Simone;

[15] Cignali T. (2011). Studio degli interventi di sicurezza sulla SP610 Selice-Montanara nelle zone di transizione. Tesi di laurea. Università degli Studi di Bologna. Facoltà di Ingegneria. Corso di Laurea in Ingegneria Civile. Relatore Prof. Andrea Simone;

[16] Linee guida per la gestione della sicurezza dell’infrastruttura stradale. Allegato al D.M. previsto dall’art.8 del D.L. 35/11. Ministero delle infrastrutture e dei trasporti. 2012;

[17] AIPCR – World Road Association, “Monitoraggio delle caratteristiche e delle azioni del traffico veicolare per il progetto e la manutenzione delle pavimentazioni stradali”, Atti del XXV Convegno Nazionale Stradale, Napoli, Ott. 2006;

[18] P.Misaghi, Y. Hassan, “Modeling operating speed and speed differential on Two-Lane Rural roads”, Journal of Transportation Engineering, ASCE, Reston, June 2005;

[19] C.J.Messer, “Methodology for evaluating geometric design consistency” Transportation Research Record, vol.757, U.S.A., 1980;

- [20] R. Lamm, B. Psarianos, T. Mailinder, "Highway design and traffic safety engineering handbook", McGraw Hill, New York, 1999;
- [21] Abate D. Analisi del comportamento dell'utente stradale su strade extraurbane a due corsie, a carreggiata unica e a doppio senso di marcia. Tesi di dottorato. Università degli studi di Napoli Federico II. Facoltà di Ingegneria. Relatore Prof. B. Montella;
- [22] R. Mauro, M. Corradini. Procedure per la valutazione della consistenza di un tracciato stradale. DIMS. Università degli studi di Trento. XXV convegno nazionale stradale. Napoli, 2006;
- [23] Krammes, R.A., et al., "State of the practice geometric design consistency", Final report, Federal Highway administration, U.S. Department of Transportation, McLean, Virginia, USA, 1993;
- [24] Wooldridge, M.D., "Design Consistency and Driver Error", Transportation Research Record, USA, 1994;
- [25] Wildervanck, Mulder, Michon, "Mapping mental workload in car driving", Ergonomics, Great Britain;
- [26] Hicks, Wierwille. "Comparison of five mental workload assessment procedures in a moving-base driving simulator", Human Factors, USA;
- [27] Garner, Murphy. "Pilot workload and fatigue: a critical survey of concepts and assessment techniques". NASA, National Aeronautics and Space Administration, Washington, USA;
- [28] Helander, "Drivers' physiological reactions and control operations as influenced by traffic events". Journal for traffic safety. Germany;
- [29] Messer. "Methodology for evaluating geometric design consistency". Transportation research record. USA;

[30] Wilson, O'Donnel. “ Measuring of operator workload with the neuropsychological workload test battery”. Human Mental Workload, Amsterdam, 1988.

*Consultazioni in rete*

[www.webstrade.it](http://www.webstrade.it)

[www.stradelandia.it](http://www.stradelandia.it)

[www.walkinginfo.org](http://www.walkinginfo.org)

[www.trafficlabor.eu](http://www.trafficlabor.eu)

[www.sicurezzastradalepiemonte.it](http://www.sicurezzastradalepiemonte.it)

[www.siiiv.it](http://www.siiiv.it)

[www.arc1.uniroma1.it/public/SeminarioSicurezzaStradale.pdf](http://www.arc1.uniroma1.it/public/SeminarioSicurezzaStradale.pdf)

***APPENDICE 1 – SCHEDE TECNICHE RIASSUNTIVE DELLE  
PROBLEMATICHE EMERSE DAL ROAD SAFETY REVIEW SULLA  
SP 610***



Scheda 1 – Problematiche diffuse lungo il tracciato

ROAD SAFETY REVIEW – SP 610 “SLICE MONTANARA” – LINARO, PONTICELLI, FABBRICA, CASALFIUMANESE, BORGO TOSSIGNANO, FONTANELICE, CASTEL DEL RIO (BOLOGNA)							
Rif. Liste controllo	n*	Problema	Raccomandazione	Fattori di rischio	Parametri da monitorare		
<b>El Aspetti generali</b>	<b>Condizioni ambientali</b>	5	È opportuno adottare dispositivi di ausilio per la guida in presenza di nebbia.	- installare segnaletica antinebbia di tipo sonoro; - installare segnaletica antinebbia di tipo ottico (occhi di gatto, delineatori a LED, tubi fluorescenti); - installare segnaletica antinebbia di tipo didattico.	- uscita di strada da parte dei veicoli; - tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti alla scarsa visibilità;		
		7	La strada potrebbe essere soggetta a ghiaccio nella stagione invernale.	- mantenere adeguatamente la pavimentazione nel periodo invernale; - adottare una pavimentazione di tipo SMA (Splitt Mastix Asphalt).	- investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;		
		8	La strada potrebbe essere soggetta a neve nella stagione invernale.		- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali sulle intersezioni e sugli accessi; - sbandamenti dei veicoli con conseguente rischio di incidente.		
	<b>Paesaggio circostante</b>	11	La vegetazione potrebbe compromettere le distanze di visibilità.	- si raccomanda un'attenta programmazione della manutenzione del verde pubblico e privato che circonda il tracciato.	- investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;	- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali sulle intersezioni e sugli accessi.	
		12					
	<b>Accessi</b>	20	Localizzazione degli accessi.	- segnalare la presenza di accessi frequenti	- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali in prossimità degli accessi.	Velocità dei veicoli	
		21	Visibilità in corrispondenza degli accessi.				
<b>Geo metri</b>	<b>Velocità di Progetto</b>	1	Limiti di velocità non rispettati dagli utenti stradali;	- installare portali di ingresso per informare l'utente che il tratto si trova in zona urbana;	- investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;	- velocità veicoli - traffico (flussi)	

\* Il numero indica il problema corrispondente descritto nel rapporto di analisi

	<b>Tracciato planimetrico</b>	2	Presenta l'allineamento orizzontale qualche problema di sicurezza;	<ul style="list-style-type: none"> <li>- riqualificare la sezione trasversale realizzando marciapiedi e percorsi ciclabili continui e protetti;</li> <li>- messaggi di dissuasione su PMV;</li> <li>- sistemi permanenti di telerilevamento della velocità e sanzioni automatiche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali sulle intersezioni e sugli accessi;</li> <li>- investimento di pedone o scontro frontale di veicolo in sorpasso in debito di sicurezza;</li> <li>- fuoriuscita di strada</li> </ul>	e componenti)
		3	Il tracciato presenta punti in cui si possono avere illusioni ottiche o dubbi sull'andamento della strada.			
	<b>Tracciato altimetrico</b>	4	L'allineamento verticale del tracciato presenta qualche problema di sicurezza inerente a livellette, raccordi convessi (dossi), raccordi concavi (sacche).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- si raccomanda un efficace ed efficiente segnalamento di questi punti critici, in modo tale che gli utenti riescano a variare la propria condotta di guida in tempo utile.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;</li> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali sulle intersezioni e sugli accessi;</li> <li>- investimento di pedone o scontro frontale di veicolo in sorpasso in debito di sicurezza;</li> <li>- fuoriuscita di strada</li> </ul>	
	<b>Coordinamento plano-altimetrico</b>	5	il tracciato presenta problemi di visibilità indotti dalla contemporanea presenza di curvature planimetriche e altimetriche.			
	<b>Visibilità</b>	7	La distanza di visibilità non è garantita in relazione alle velocità operative praticate dagli utenti e in presenza di singolarità.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installare portali di ingresso per informare l'utente che il tratto si trova in zona urbana;</li> <li>- messaggi di dissuasione su PMV;</li> <li>- sistemi permanenti di telerilevamento della velocità e sanzioni automatiche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;</li> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali sulle intersezioni e sugli accessi;</li> <li>- investimento di pedone o scontro frontale di veicolo in sorpasso in debito di sicurezza;</li> <li>- fuoriuscita di strada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- velocità veicoli</li> <li>- traffico (flussi e componenti)</li> </ul>
		8	La presenza delle opere d'arte, delle intersezioni/svincoli, delle variazioni di sezione trasversale e delle singolarità non viene percepita da una distanza adeguata alla velocità operativa.			

<b>E3 Intersezioni a raso</b>		9	Visibilità ostacolata dalla presenza di elementi posti a margine della carreggiata.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rimuovere gli elementi inutili e definire un collocamento più sicuro per gli altri;</li> <li>- proteggere le barriere di sicurezza con elementi di protezione da applicare direttamente sulla barriera;</li> <li>- proteggere i pali della segnaletica con sagome protettive o pali a rottura controllata;</li> <li>- smussare gli spigoli dei cordoli dei marciapiedi modificando la sezione del cordolo stesso od inclinandone il montaggio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;</li> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali sulle intersezioni e sugli accessi;</li> <li>- investimento di pedone o scontro frontale di veicolo in sorpasso in debito di sicurezza;</li> <li>- impatto contro questi elementi posti a margine della carreggiata con rischio di gravi conseguenze, soprattutto per i conducenti dei veicoli a due ruote;</li> </ul>	
		1	Intersezioni sono ubicate in zone non adatte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installare portali di ingresso per informare l'utente che il tratto si trova in zona urbana;</li> <li>- messaggi di dissuasione su PMV;</li> <li>- sistemi permanenti di telerilevamento della velocità e sanzioni automatiche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;</li> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali sulle intersezioni e sugli accessi;</li> <li>- investimento di pedone o scontro frontale di veicolo in sorpasso in debito di sicurezza;</li> <li>- fuoriuscita di strada</li> </ul>	Velocità dei veicoli
		2	Le intersezioni non sono ben visibili sia di giorno, sia di notte ad una distanza sufficiente ad arrestarsi anche in caso di coda.			
		3	La visibilità non è buona per tutti gli utenti che approcciano l'intersezione dalle diverse direzioni.			
4	La visibilità non è buona in tutte le ore del giorno e della notte nelle diverse stagioni?					

		5	La geometria della strada e la presenza di ostacoli creano problemi di visibilità agli utenti.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rimuovere gli elementi inutili e definire un collocamento più sicuro per gli altri;</li> <li>- proteggere le barriere di sicurezza con elementi di protezione da applicare direttamente sulla barriera;</li> <li>- proteggere i pali della segnaletica con sagome protettive o pali a rottura controllata;</li> <li>- smussare gli spigoli dei cordoli dei marciapiedi modificando la sezione del cordolo stesso od inclinandone il montaggio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;</li> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali sulle intersezioni e sugli accessi;</li> <li>- investimento di pedone o scontro frontale di veicolo in sorpasso in debito di sicurezza;</li> <li>- impatto contro questi elementi posti a margine della carreggiata con rischio di gravi conseguenze, soprattutto per i conducenti dei veicoli a due ruote;</li> </ul>	
		6	La geometria della strada ha un andamento tale da creare problemi di visibilità in particolari condizioni.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installare portali di ingresso per informare l'utente che il tratto si trova in zona urbana;</li> <li>- messaggi di dissuasione su PMV;</li> <li>- sistemi permanenti di telerilevamento della velocità e sanzioni automatiche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;</li> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali sulle intersezioni e sugli accessi;</li> <li>- investimento di pedone o scontro frontale di veicolo in sorpasso in debito di sicurezza;</li> <li>- fuoriuscita di strada</li> </ul>	Velocità dei veicoli
		7	L'intersezione non è facilmente comprensibile per tutti gli utenti.			
	<b>Leggibilità / facilità di comprensione</b>	8	L'intersezione non è facilmente leggibile da qualunque direzione si approcci.			
		<b>Manovre</b>	18	Tutte le manovre consentite non sono ben visibili agli altri utenti.		
<b>E5 Segnaletica e illuminazione</b>	<b>Segnaletica orizzontale</b>	2	Le strisce per gli attraversamenti pedonali non sono chiaramente visibili di giorno, di notte e in condizioni atmosferiche avverse.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installare portali a bandiera con cartello di passaggio pedonale e plafoniera, direzionata in modo da illuminare bene la zona zebra;</li> <li>- adottare una colorazione della pavimentazione in corrispondenza delle zebraature differente dalla strada;</li> <li>- inserimento negli attraversamenti più lunghi di isole salvagente al centro della carreggiata.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti ad indecisione e disinformazione</li> <li>- investimento di pedoni che sono in procinto di attraversare la SP 610;</li> </ul>	Velocità dei veicoli
		10	Sembra opportuno adottare una diversa colorazione per meglio evidenziare certi elementi quali le isole spartitraffico, le zone non transitabili.			

	<b>Limiti di velocità</b>	22	I limiti di velocità sono adeguati alle condizioni geometriche e al tipo di traffico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installare portali di ingresso per informare l'utente che il tratto si trova in zona urbana;</li> <li>- messaggi di dissuasione su PMV;</li> <li>- sistemi permanenti di telerilevamento della velocità e sanzioni automatiche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;</li> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali sulle intersezioni e sugli accessi;</li> <li>- investimento di pedone o scontro frontale di veicolo in sorpasso in debito di sicurezza;</li> <li>- fuoriuscita di strada</li> </ul>
		23	I limiti di velocità sono coerenti con le velocità operative.		
		24	I limiti di velocità sono percepiti come le velocità che consentono ragionevoli condizioni di sicurezza.		
		25	I limiti di velocità sono posizionati correttamente.		
		26	I limiti di velocità sono congruenti.		
		27	Sono necessarie misure di controllo più restrittive per aumentare il rispetto dei limiti.		
	<b>Semafori</b>	52	Assenza di isole centrali di attesa per facilitare gli attraversamenti.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installare portali a bandiera con cartello di passaggio pedonale e plafoniera, direzionata in modo da illuminare bene la zona zebra;</li> <li>- adottare una colorazione della pavimentazione in corrispondenza delle zebra; differente dalla strada;</li> <li>- inserimento negli attraversamenti più lunghi di isole salvagente al centro della carreggiata.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti ad indecisione e disinformazione</li> <li>- investimento di pedoni che sono in procinto di attraversare la SP 610;</li> </ul>
	<b>Illuminazione</b>	54	Il livello di illuminazione nei luoghi a maggiore rischio (intersezioni, attraversamenti pedonali) risulta insufficiente.		

<b>E6 Margini</b>	<b>Presenza di ostacoli non protetti</b>	1	Presenza di ostacoli non protetti situati ad una distanza inferiore di quella di sicurezza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rimuovere gli elementi inutili e definire un collocamento più sicuro per gli altri;</li> <li>- proteggere le barriere di sicurezza con elementi di protezione da applicare direttamente sulla barriera;</li> <li>- proteggere i pali della segnaletica con sagome protettive o pali a rottura controllata;</li> <li>- smussare gli spigoli dei cordoli dei marciapiedi modificando la sezione del cordolo stesso od inclinandone il montaggio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;</li> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali sulle intersezioni e sugli accessi;</li> <li>- investimento di pedone o scontro frontale di veicolo in sorpasso in debito di sicurezza;</li> <li>- impatto contro questi elementi posti a margine della carreggiata con rischio di gravi conseguenze, soprattutto per i conducenti dei veicoli a due ruote;</li> </ul>	
<b>E8 Utenze deboli</b>	<b>Attraversamenti pedonali</b>	1	Gli attraversamenti pedonali sono poco visibili da parte del traffico motorizzato.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installare portali a bandiera con cartello di passaggio pedonale e plafoniera, direzionata in modo da illuminare bene la zona zebraata;</li> <li>- adottare una colorazione della pavimentazione in corrispondenza delle zebraature differente dalla strada;</li> <li>- inserimento negli attraversamenti più lunghi di isole salvagente al centro della carreggiata.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti ad indecisione e disinformazione</li> <li>- investimento di pedoni che sono in procinto di attraversare la SP 610;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- velocità veicoli</li> <li>- flussi pedonali</li> </ul>
		2	Agli attraversamenti pedonali sono poco visibili i bambini.			
		3	Il traffico motorizzato è poco visibile da parte dei pedoni.			
		4	La visibilità di notte non è adeguata.			
		9	La velocità del flusso non è compatibile con il tipo di attraversamento pedonale.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installare portali di ingresso per informare l'utente che il tratto si trova in zona urbana.</li> </ul>		
		10	Sono necessari interventi di moderazione del traffico per ridurre le velocità in corrispondenza degli attraversamenti.			
		14	Non sono presenti strisce tattili per i non vedenti.			

	<b>Percorsi pedonali</b>	16	Assenza del marciapiede nel paese di Linaro.	realizzare marciapiedi e percorsi pedonali continui sfruttando la banchina presente ed eventualmente tombando i fossi laterali.	investimento di utenza debole che viaggia ai margini della carreggiata o attraversa la SP 610;	flussi pedonali
		24	Sono necessari interventi di moderazione del traffico.	- realizzare interventi di moderazione del traffico nelle zone di transizione tra l'ambito urbano e quello extraurbano.	- investimento di pedone o scontro frontale di veicolo in sorpasso in debito di sicurezza; - fuoriuscita di strada	

Scheda 2 - Intersezioni

<b>ROAD SAFETY REVIEW – SP 610 “SLICE MONTANARA” – LINARO, PONTICELLI, FABBRICA, CASALFIUMANESE, BORGO TOSSIGNANO, FONTANELICE, CASTEL DEL RIO (BOLOGNA)</b>					
<b>Intersezioni</b>	<b>n*</b>	<b>Problema</b>	<b>Raccomandazione</b>	<b>Fattori di rischio</b>	<b>Parametri da monitorare</b>
<b>Via Roma – Piazza della Repubblica</b>	20	- Presenza fabbricati, recinzioni e monumenti storici ubicati sul bordo strada che riducono la visibilità in entrambe le direzioni di marcia.	- adottare provvedimenti per moderare la velocità di percorrenza del tratto; - proteggere i montanti dei segnali verticali e del lampione presente nell'isola spartitraffico; - incrementare la segnaletica in prossimità dell'intersezione; - proteggere e rendere più visibili gli attraversamenti pedonali.	- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti all'assenza di visuale e per incomprensioni.	- traffico; - distanze visibilità.
	21	- isola spartitraffico sulla quale sono ubicati segnali verticali e un lampione pericolosi in caso di urto di veicoli a due ruote.		- urto con possibili conseguenze gravi.	
	22	- presenza di attraversamenti pedonali poco visibili prime e dopo l'intersezione.		- investimento di utenza debole che attraversa via Roma.	
<b>Via Montanara – Via Madre Tribbioli</b>	23	- difficoltà e lunghi tempi di manovra per la svolta a sinistra sia per i veicoli provenienti da Via Montanara che quelli provenienti da Madre Tribbioli; - per chi procede su via Montanara in direzione Firenzuola, la visibilità limitata risulta limitata dalla presenza di una curva di piccolo raggio e da un rilevato che copre completamente l'accesso in via Madre Tribbioli.	- adottare provvedimenti per moderare la velocità di percorrenza del tratto; - segnalare l'intersezione.	- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti all'assenza di visuale e per incomprensioni.	- traffico; - distanze visibilità.

<b>Via Montanara – Corso Europa</b>	24	- per chi si deve immettere in via Montanara, la svolta a sinistra è resa difficoltosa per una mancanza di visuale dovuta alla presenza di una curva di piccolo raggio e della vegetazione ubicata a margine della carreggiata.	- adottare provvedimenti per moderare la velocità di percorrenza del tratto; - programmare un'accurata manutenzione del verde pubblico; - segnalare e proteggere l'albero.	- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti all'alta velocità e all'assenza di visuale.	- traffico; - distanze visibilità.
	25	- presenza di un albero non segnalato che costituisce un pericolo in caso di urto, soprattutto di veicoli a due ruote.		- urto con possibili conseguenze gravi.	
<b>Via Aldo Moro – Via Montanara Ponente</b>	26	- presenza di un lungo rettilineo che non fa recepire agli utenti di essere in centro urbano. Di conseguenza questi praticano una velocità superiore a quella indicata dai limiti; - presenza di una curva e alcuni alberi a bordo strada che limitano la visibilità.	- adottare provvedimenti per moderare la velocità di percorrenza del tratto; - segnalare l'intersezione; - segnalare e proteggere il palo della luce.	- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti all'alta velocità e all'assenza di visuale.	- traffico; - velocità veicoli; - distanze visibilità.
	27	- nell'isola spartitraffico è presente un palo della luce non segnalato che costituisce un pericolo in caso di urto, soprattutto di veicoli a due ruote.		- urto con possibili conseguenze gravi.	
<b>Via Mazzini – Via Marconi</b>	28	- edifici a bordo strada che limitano la visibilità dell'intersezione da qualsiasi direzione la si approcci.	- adottare provvedimenti per moderare la velocità di percorrenza del tratto; - segnalare l'intersezione; - proteggere e rendere più visibili gli	- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti all'assenza di visuale.	- traffico; - distanze visibilità.

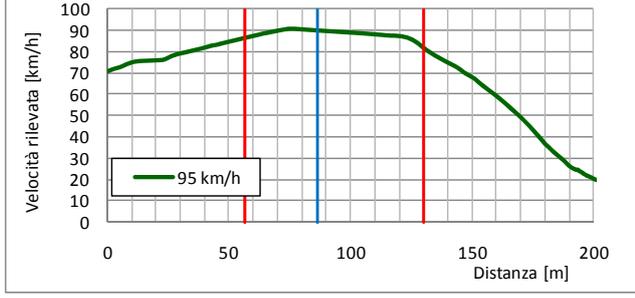
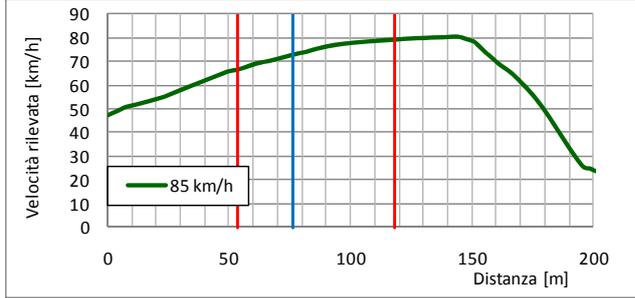
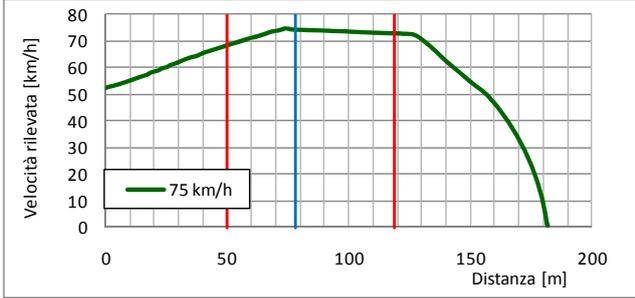
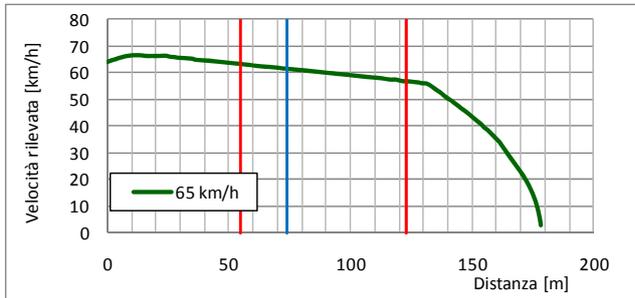
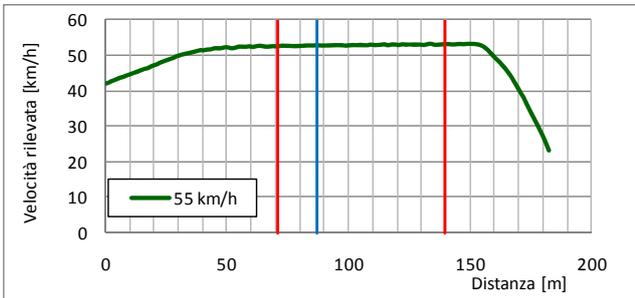
	29	- presenza di attraversamenti pedonali poco visibili prima e dopo l'intersezione.	attraversamenti pedonali.	- investimento di utenza debole che attraversa via Marconi.	
<b>Via Giuseppe Di Vittorio – Via Montanara</b>	30	- presenza di un lungo rettilineo che non fa recepire agli utenti di essere in centro urbano. Di conseguenza questi praticano una velocità superiore a quella indicata dai limiti;	- adottare provvedimenti per moderare la velocità di percorrenza del tratto; - segnalare l'intersezione.	- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti all'alta velocità e all'assenza di visuale; - investimento di utenza debole che attraversa via Montanara.	- traffico; - velocità veicoli; - distanze visibilità.
<b>Via Montrone – Via Montanara</b>	31	- presenza di un lungo rettilineo che non fa recepire agli utenti di essere in centro urbano. Di conseguenza questi praticano una velocità superiore a quella indicata dai limiti;	- adottare provvedimenti per moderare la velocità di percorrenza del tratto; - segnalare l'intersezione.	- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti all'alta velocità e all'assenza di visuale; - investimento di utenza debole che attraversa via Montanara.	- traffico; - velocità veicoli; - distanze visibilità.
<b>Via Belfiore – Via Montanara</b>	32	- difficoltà e lunghi tempi di manovra per la svolta a sinistra per i veicoli provenienti da Belfiore; - in direzione Imola la visibilità risulta ostacolata dalla presenza di vegetazione presente a margine della carreggiata; - per chi proviene da via Montanara, la visibilità dell'intersezione è limitata a causa di fabbricati posti a margine della carreggiata;	- adottare provvedimenti per moderare la velocità di percorrenza del tratto; - segnalare l'intersezione; - proteggere e rendere più visibili gli attraversamenti pedonali.	- tamponamenti, scontri frontali e frontali-laterali dovuti all'assenza di visuale e per incomprensioni.	- traffico; - distanze visibilità.
	33	- appena oltrepassata l'intersezione in direzione Firenzuola è presente un attraversamento pedonale poco visibile.		- investimento di utenza debole che attraversa via Montanara.	

***APPENDICE 2 – SCHEDE GRAFICHE RIASSUNTIVE DEGLI  
EFFETTI DELLA CHICANE SUL MEZZO IN TRANSITO***



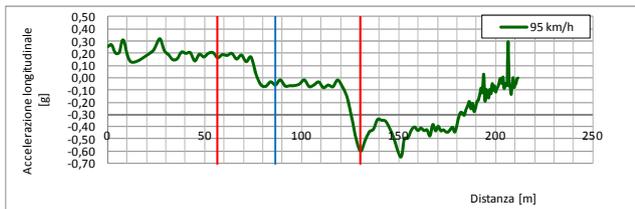
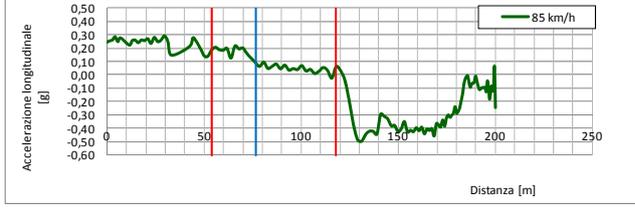
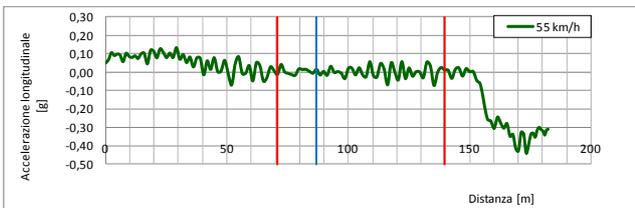
1	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza standard	BMW	Asciutto

**Velocità**



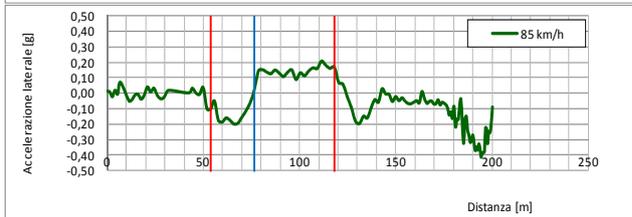
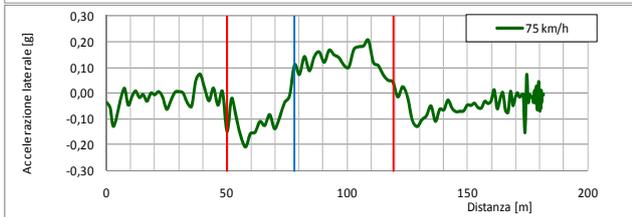
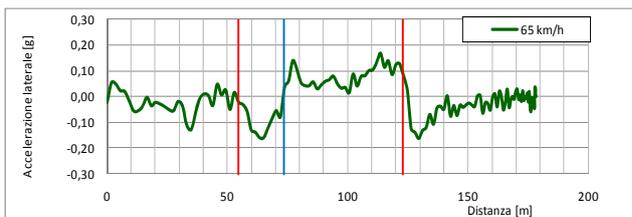
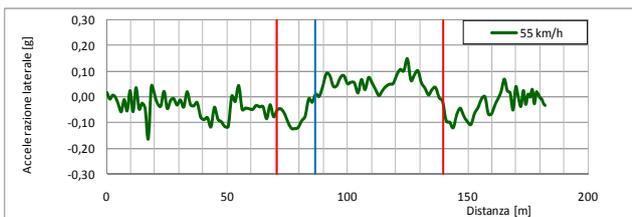
- maggiore è la velocità del veicolo, minore è lo spazio che percorre all'interno della chicane, cioè minore è la deflessione seguita.
- l'andamento della velocità risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove.

**Accelerazione longitudinale**



- Alle basse velocità l'accelerazione longitudinale non varia all'interno della chicane, cioè gli utenti non frenano.
- alle alte velocità in corrispondenza della curvatura si assiste ad una drastica riduzione dell'accelerazione

Accelerazione laterale

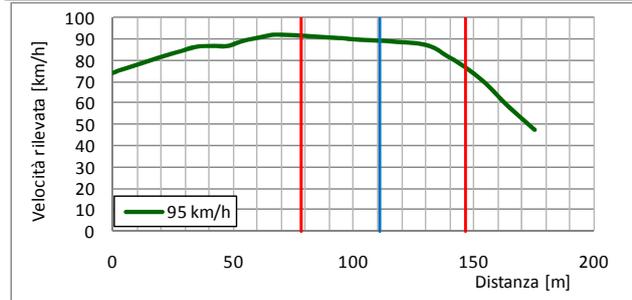
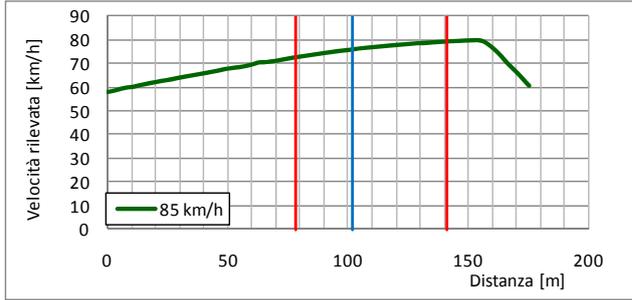
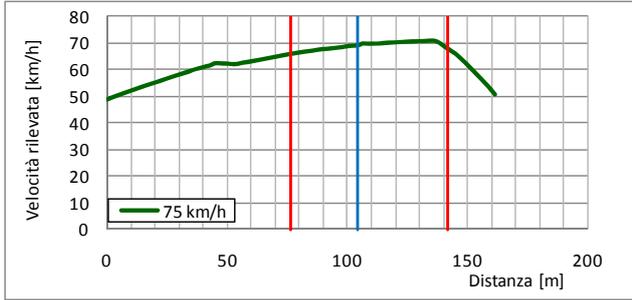
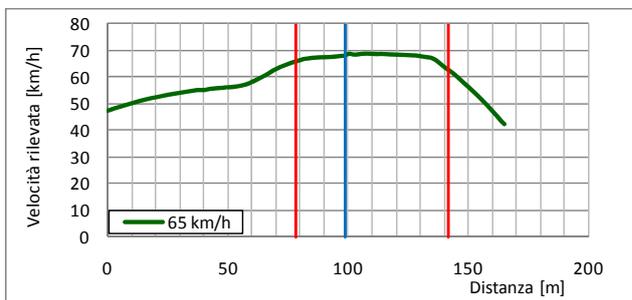
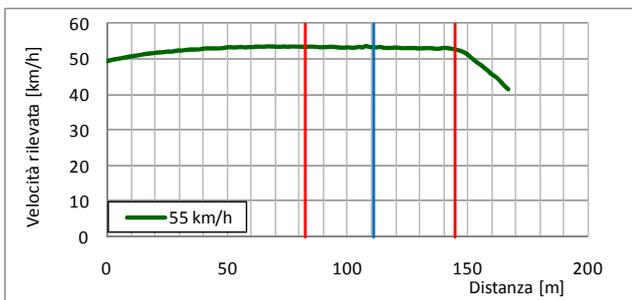


- tutti i casi confermano una drastica inversione di tendenza dell'accelerazione laterale nel punto dove cambia la curvatura della chicane.

- fuori dalla chicane l'andamento dell'accelerazione risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove, quindi non è significativo.

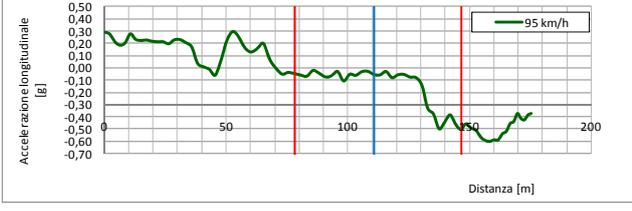
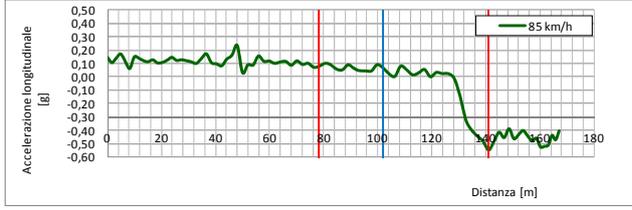
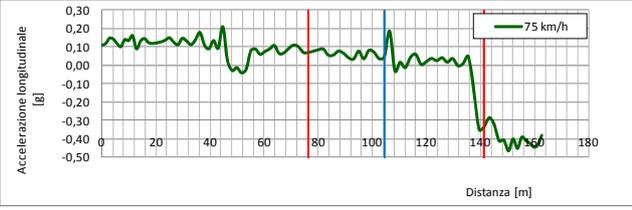
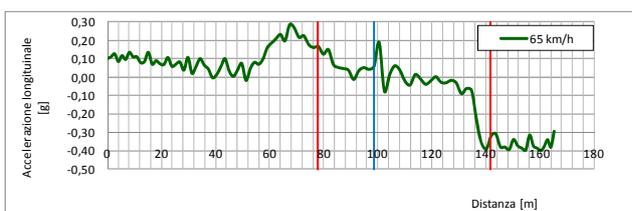
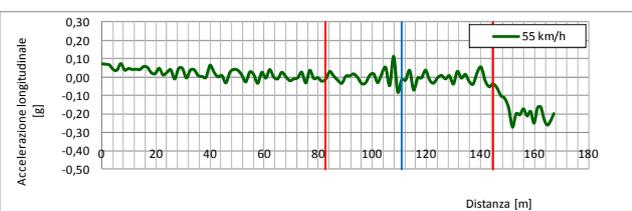
2	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza ridotta	BMW	Asciutto

**Velocità**



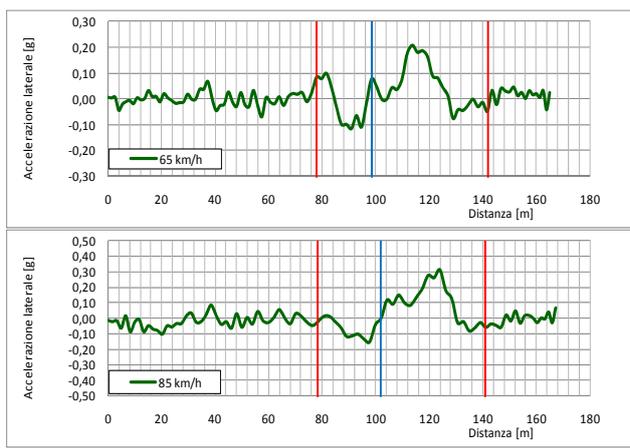
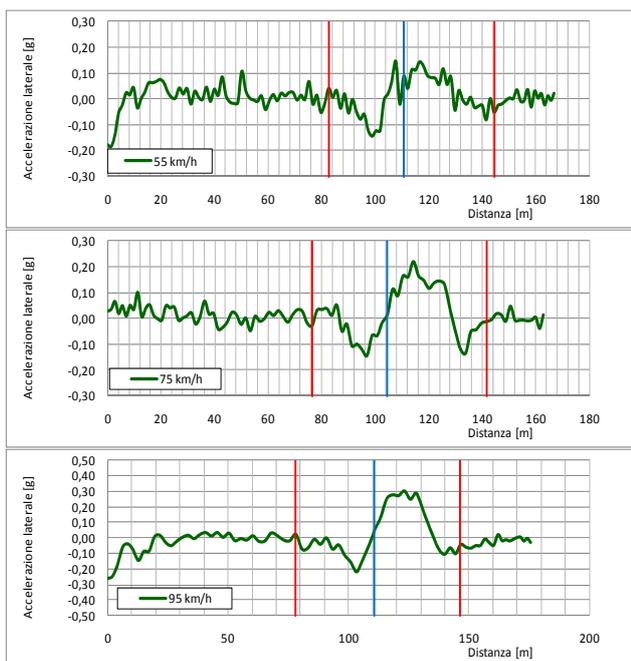
- maggiore è la velocità del veicolo, minore è lo spazio che percorre all'interno della chicane, cioè minore è la deflessione seguita.
- l'andamento della velocità risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove.

**Accelerazione longitudinale**



- La variazione dell'accelerazione longitudinale all'interno della chicane è limitata, cioè gli utenti tendono a non frenare. Probabilmente a causa della deflessione ridotta di questa tipologia di chicane.

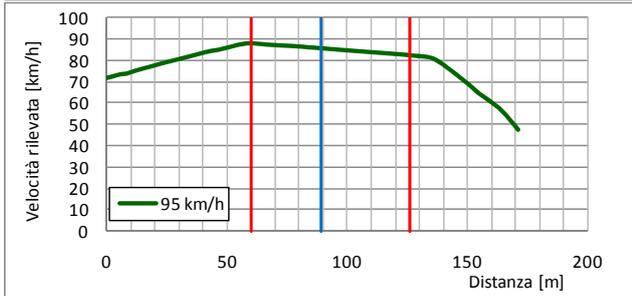
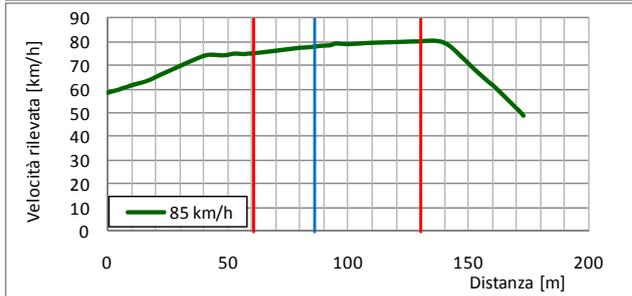
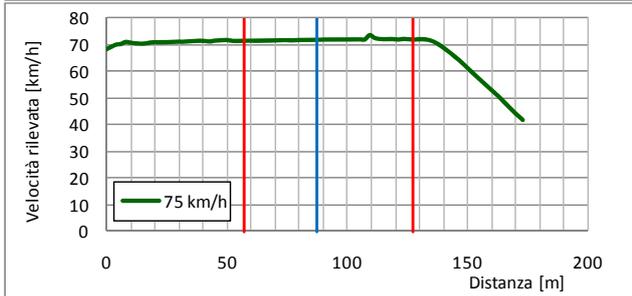
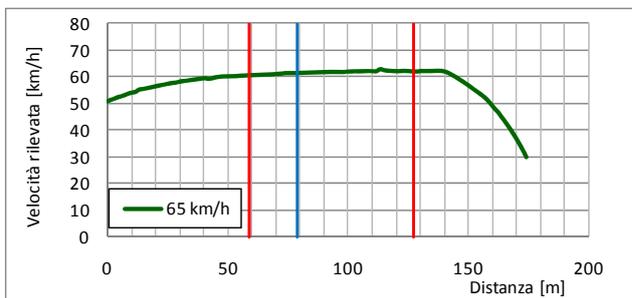
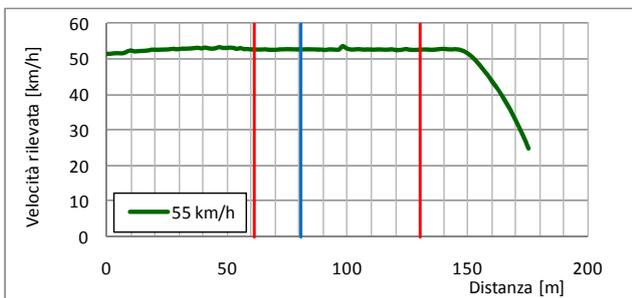
Accelerazione laterale



- fuori dalla chicane l'andamento dell'accelerazione risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove, quindi non è significativo.
- tutti i casi confermano una drastica inversione di tendenza dell'accelerazione laterale nel punto dove cambia la curvatura della chicane.

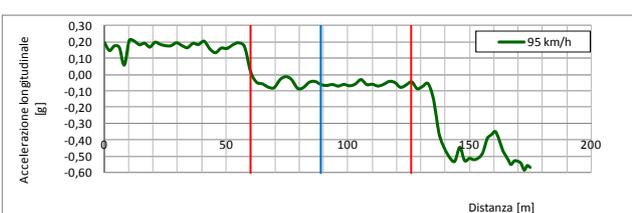
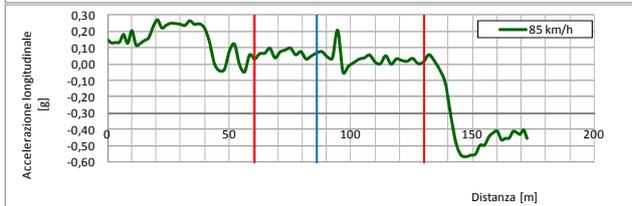
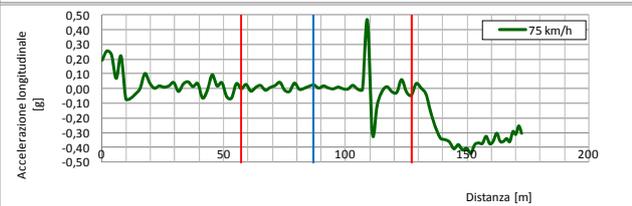
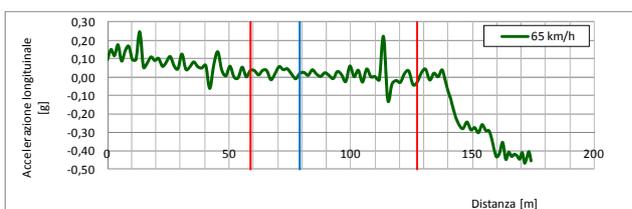
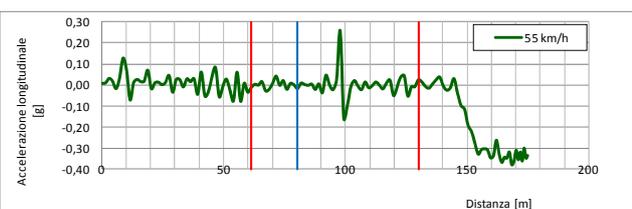
3	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza standard	BMW	Bagnato

**Velocità**



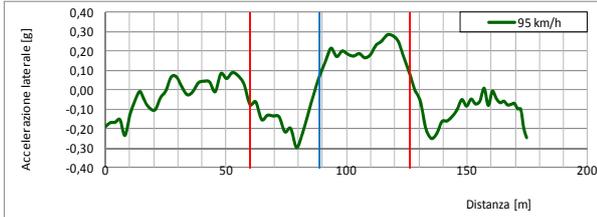
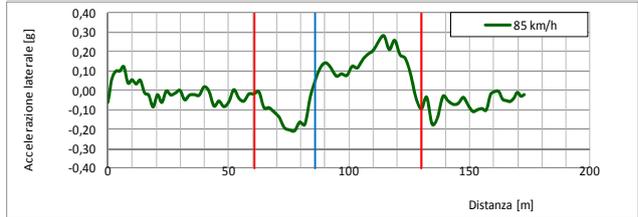
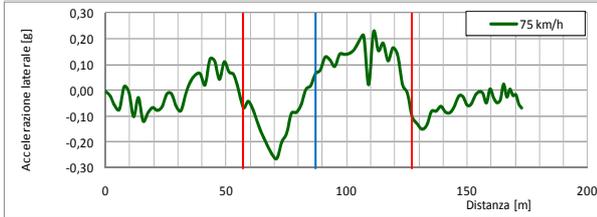
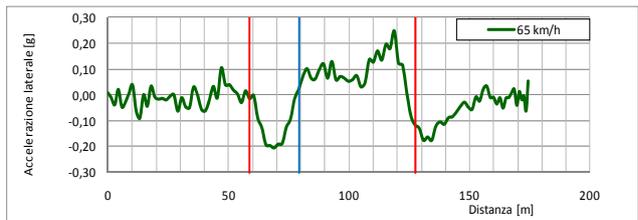
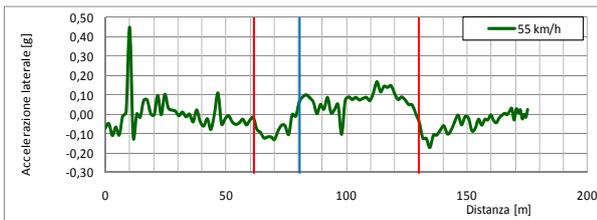
- maggiore è la velocità del veicolo, minore è lo spazio che percorre all'interno della chicane, cioè minore è la deflessione seguita.
- l'andamento della velocità risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove.

**Accelerazione longitudinale**



- L'accelerazione longitudinale non varia all'interno della chicane, cioè gli utenti non frenano. Tuttavia tali risultati sono condizionati dallo stile di guida dell'operatore.

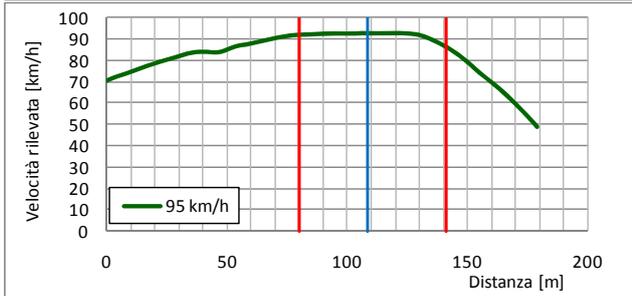
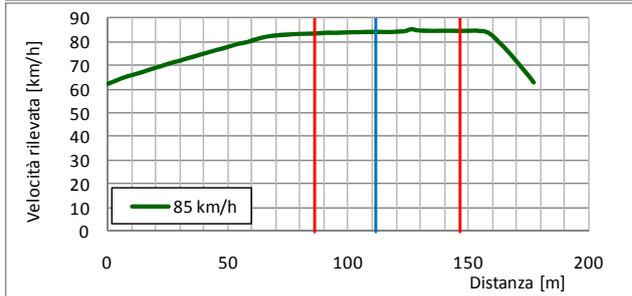
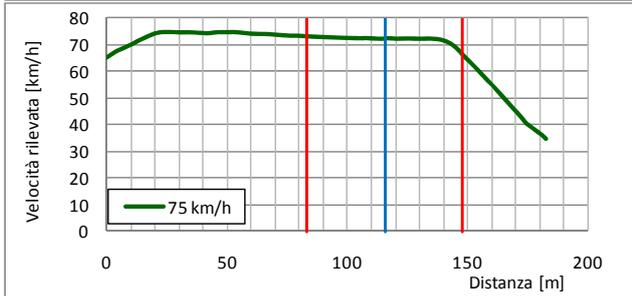
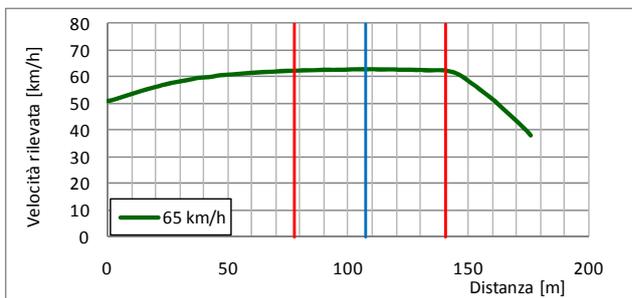
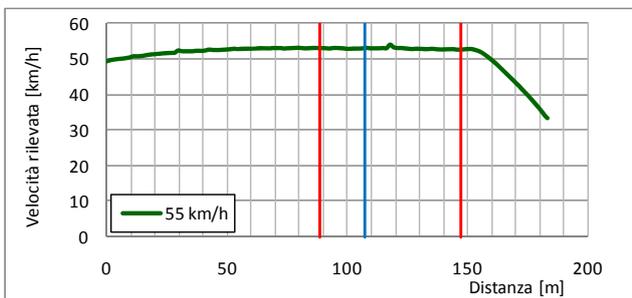
Accelerazione laterale



- tutti i casi confermano una drastica inversione di tendenza dell'accelerazione laterale nel punto dove cambia la curvatura della chicane.
- fuori dalla chicane l'andamento dell'accelerazione risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove, quindi non è significativo.

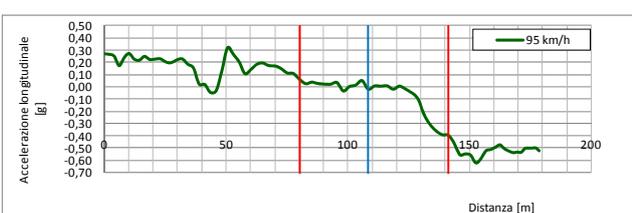
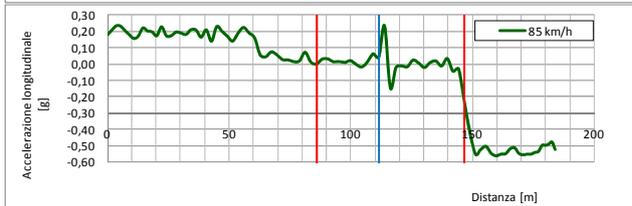
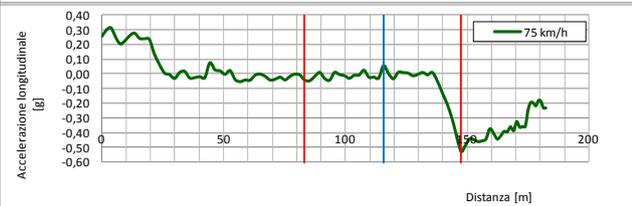
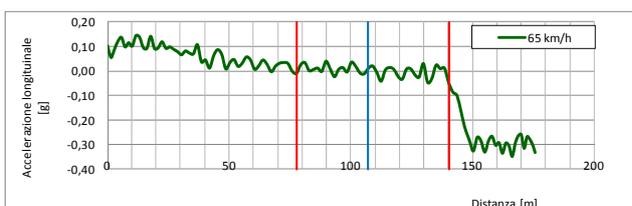
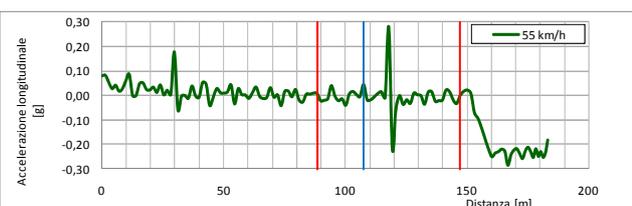
4	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza ridotta	BMW	Bagnato

**Velocità**



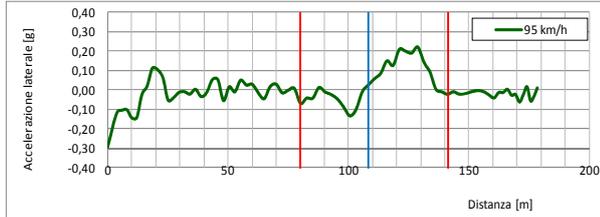
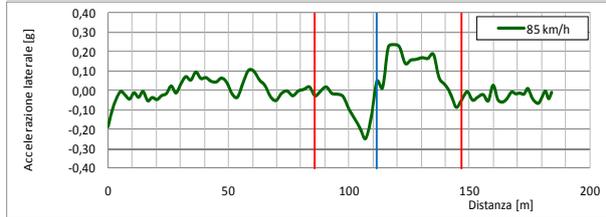
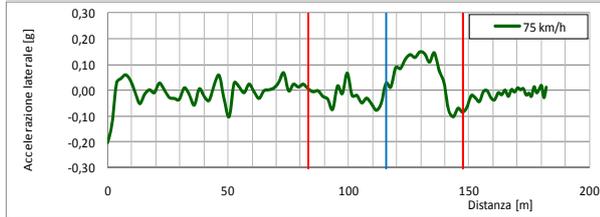
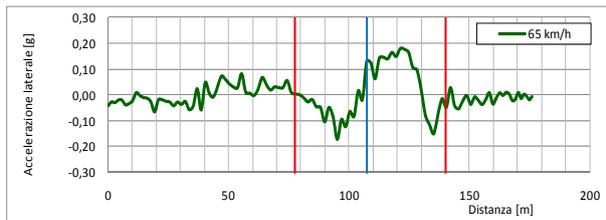
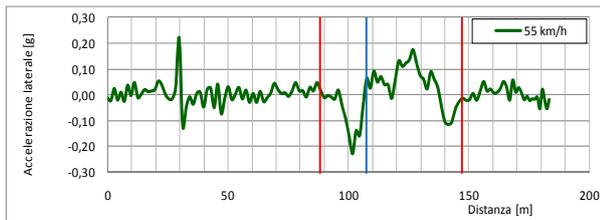
- maggiore è la velocità del veicolo, minore è lo spazio che percorre all'interno della chicane, cioè minore è la deflessione seguita.
- l'andamento della velocità risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove.

**Accelerazione longitudinale**



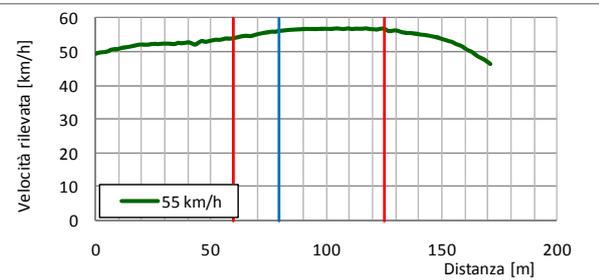
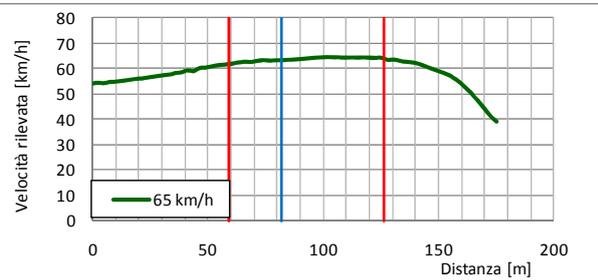
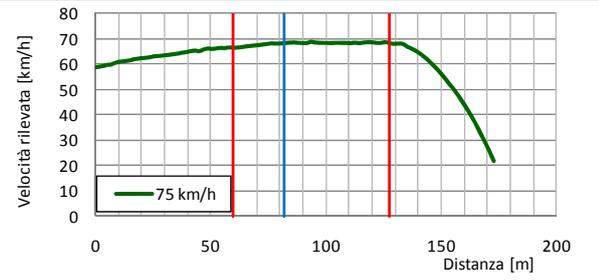
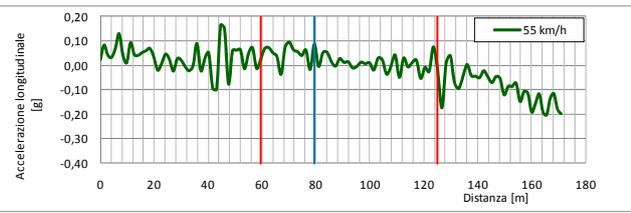
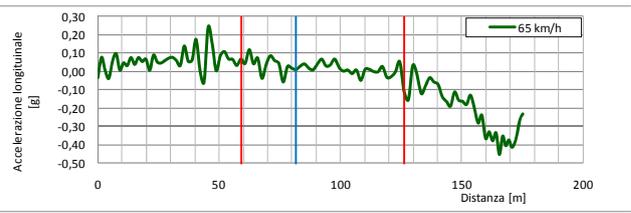
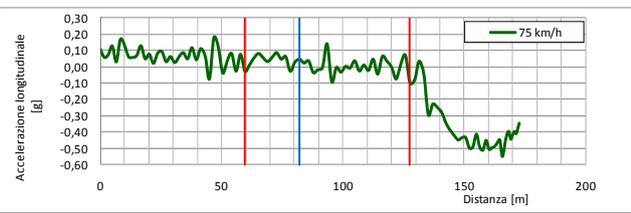
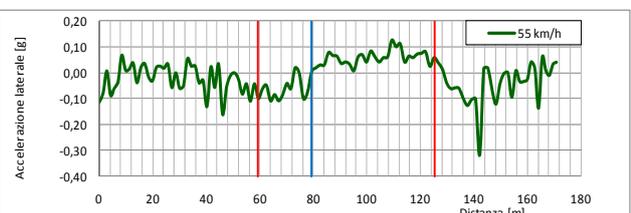
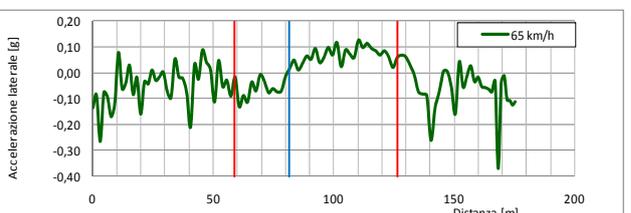
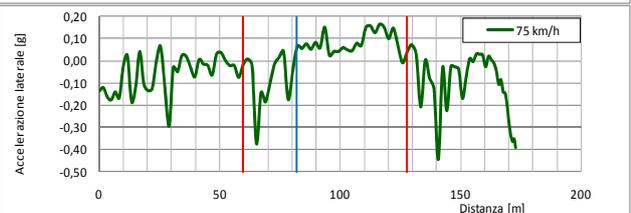
- La variazione dell'accelerazione longitudinale all'interno della chicane è limitata, cioè gli utenti tendono a non frenare. Probabilmente a causa della deflessione ridotta di questa tipologia di chicane.

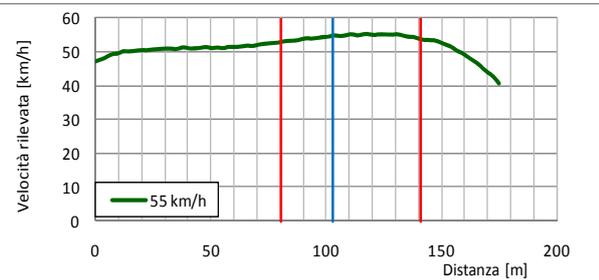
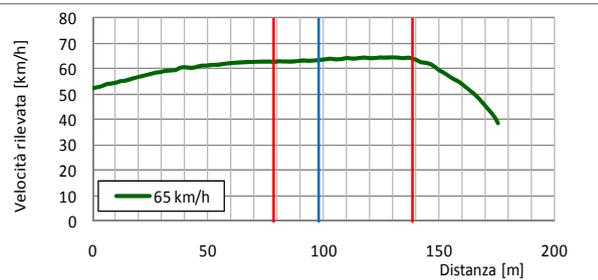
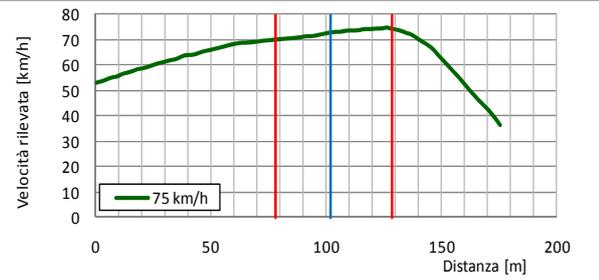
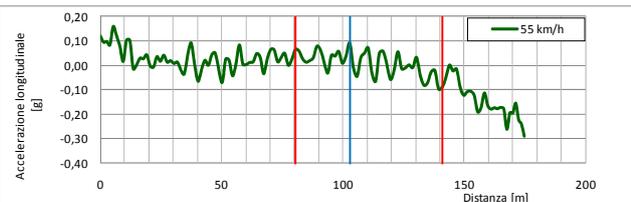
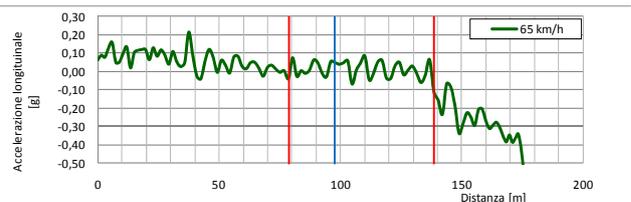
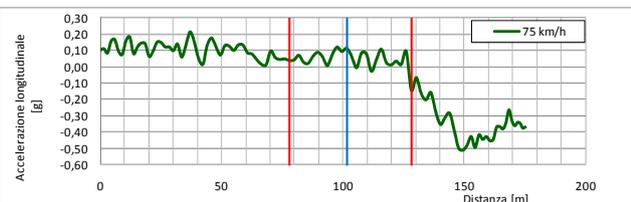
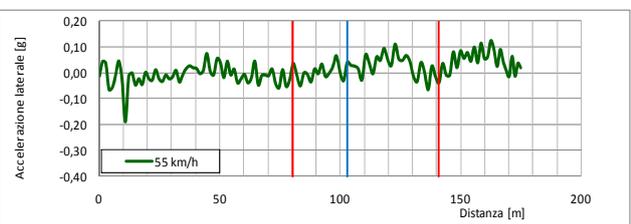
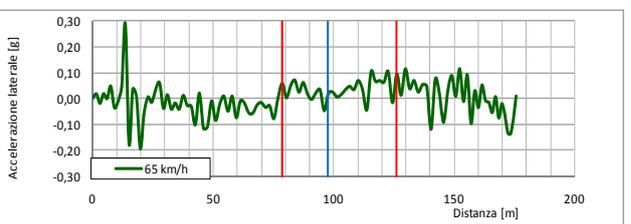
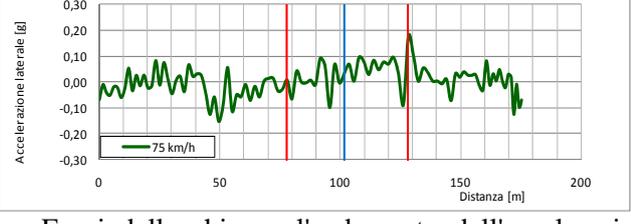
Accelerazione laterale



- tutti i casi confermano una drastica inversione di tendenza dell'accelerazione laterale nel punto dove cambia la curvatura della chicane.

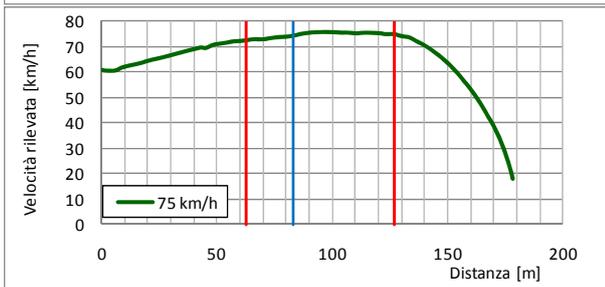
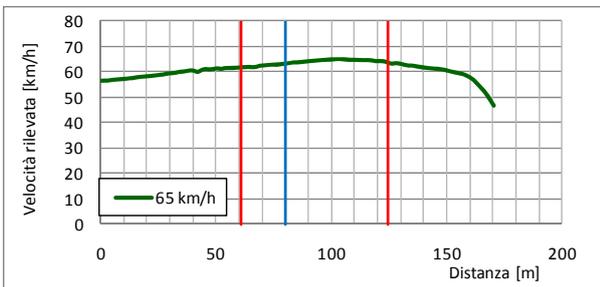
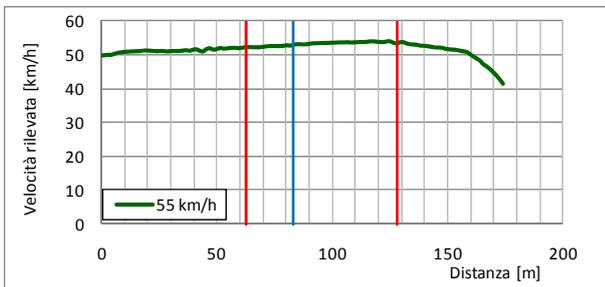
- fuori dalla chicane l'andamento dell'accelerazione risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove, quindi non è significativo.

5	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza standard	DUCATO	Asciutto
<b>Velocità</b>			
			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• maggiore è la velocità del veicolo, minore è lo spazio che percorre all'interno della chicane, cioè minore è la deflessione seguita.</li> <li>• l'andamento della velocità risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove.</li> </ul>	
<b>Accelerazione longitudinale</b>			
			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• La variazione dell'accelerazione longitudinale all'interno della chicane è limitata, cioè gli utenti tendono a non frenare. Tale andamento risente dello stile di guida dell'operatore e delle condizioni a contorno imposte dal campo prova.</li> </ul>	
<b>Accelerazione laterale</b>			
			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• tutti i casi confermano una drastica inversione di tendenza dell'accelerazione laterale nel punto dove cambia la curvatura della chicane.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuori dalla chicane l'andamento dell'accelerazione risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove, quindi non è significativo.</li> </ul>			

6	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza ridotta	DUCATO	Asciutto
<b>Velocità</b>			
			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• maggiore è la velocità del veicolo, minore è lo spazio che percorre all'interno della chicane, cioè minore è la deflessione seguita.</li> <li>• l'andamento della velocità risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove.</li> </ul>	
<b>Accelerazione longitudinale</b>			
			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• La variazione dell'accelerazione longitudinale all'interno della chicane è limitata, cioè gli utenti tendono a non frenare. Probabilmente a causa della deflessione ridotta di questa tipologia di chicane.</li> </ul>	
<b>Accelerazione laterale</b>			
			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'assenza di una drastica inversione di tendenza dell'accelerazione laterale nel punto dove cambia la curvatura della chicane può essere riconducibile sia alla deflessione limitata della chicane sia allo stile di guida dell'operatore.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuori dalla chicane l'andamento dell'accelerazione risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove, quindi non è significativo.</li> </ul>			

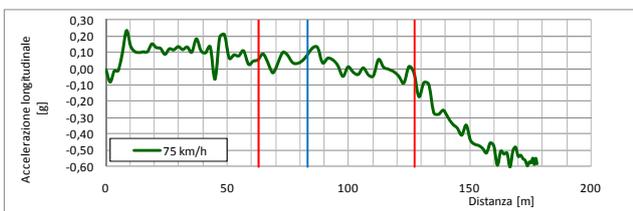
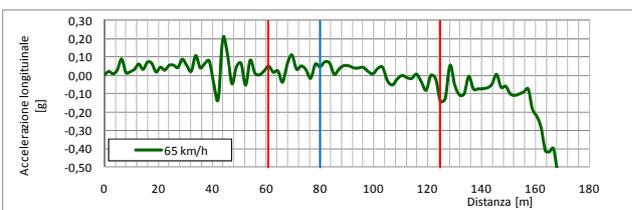
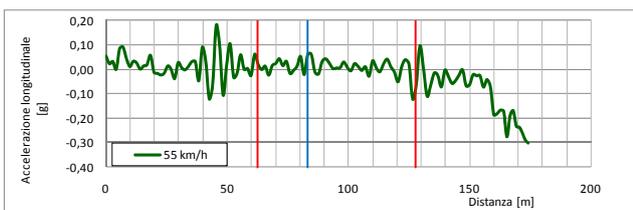
7	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza standard	DUCATO	Bagnato

**Velocità**



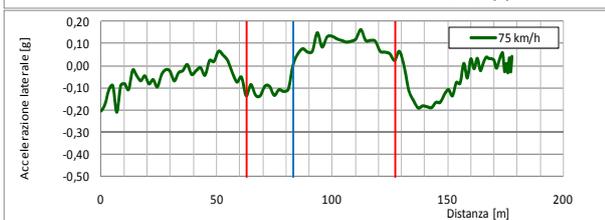
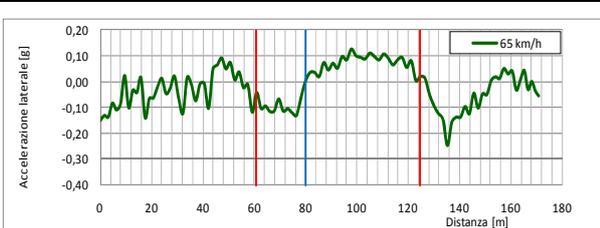
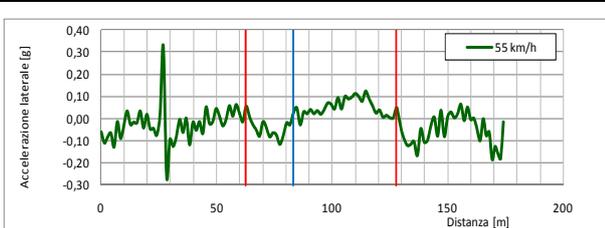
- maggiore è la velocità del veicolo, minore è lo spazio che percorre all'interno della chicane, cioè minore è la deflessione seguita.
- l'andamento della velocità risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove.

**Accelerazione longitudinale**



- La variazione dell'accelerazione longitudinale all'interno della chicane è limitata, cioè gli utenti tendono a non frenare. Tale andamento risente dello stile di guida dell'operatore e delle condizioni a contorno imposte dal campo prova.

**Accelerazione laterale**

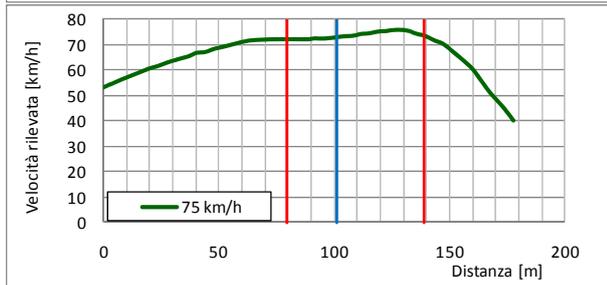
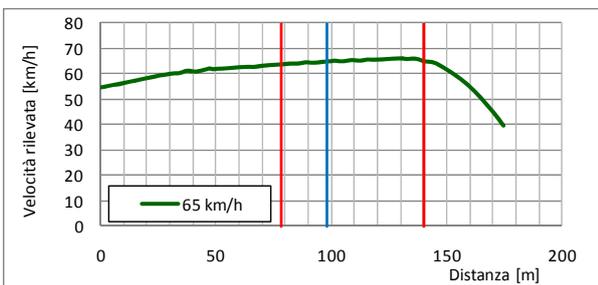
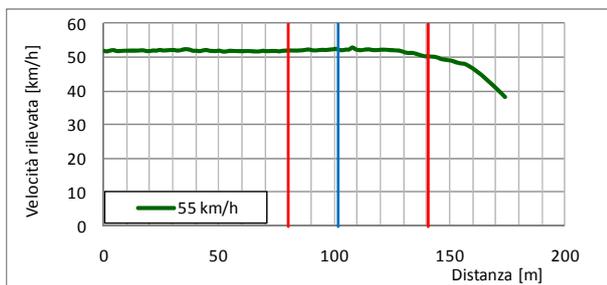


- tutti i casi confermano una drastica inversione di tendenza dell'accelerazione laterale nel punto dove cambia la curvatura della chicane.

- Fuori dalla chicane l'andamento dell'accelerazione risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove, quindi non è significativo.

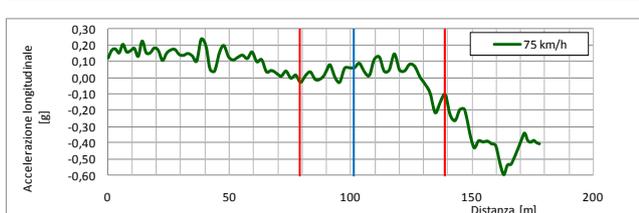
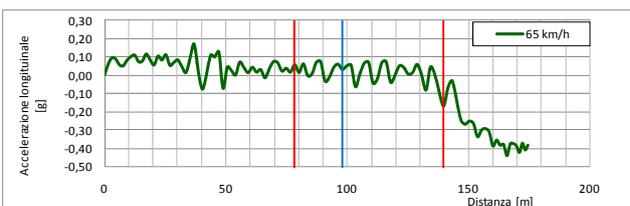
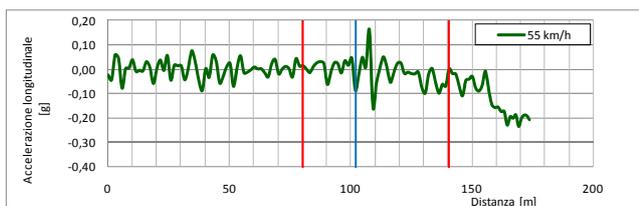
8	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza ridotta	DUCATO	Bagnato

Velocità



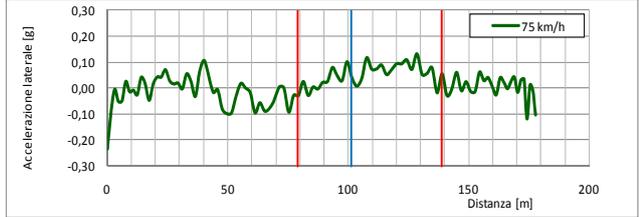
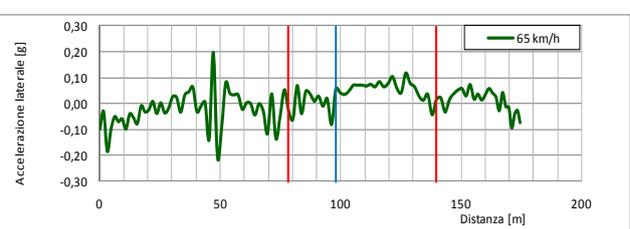
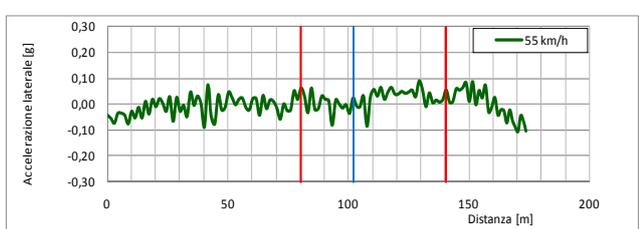
- maggiore è la velocità del veicolo, minore è lo spazio che percorre all'interno della chicane, cioè minore è la deflessione seguita.
- l'andamento della velocità risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove.

Accelerazione longitudinale



- La variazione dell'accelerazione longitudinale all'interno della chicane è limitata, cioè gli utenti tendono a non frenare. Probabilmente a causa della deflessione ridotta di questa tipologia di chicane.

Accelerazione laterale



- tutti i casi confermano una drastica inversione di tendenza dell'accelerazione laterale nel punto dove cambia la curvatura della chicane.

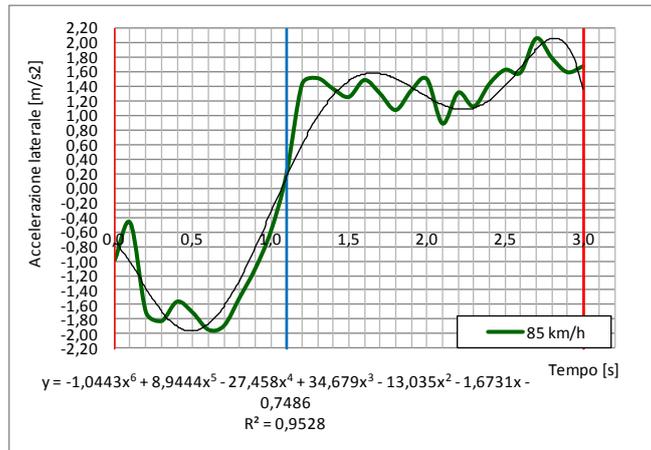
- Fuori dalla chicane l'andamento dell'accelerazione risente in ogni caso delle condizioni al contorno imposte dal campo prove, quindi non è significativo.

***APPENDICE 3 – SCHEDE GRAFICHE RIASSUNTIVE DEGLI  
EFFETTI DELLA CHICANE SUL CONDUCENTE***

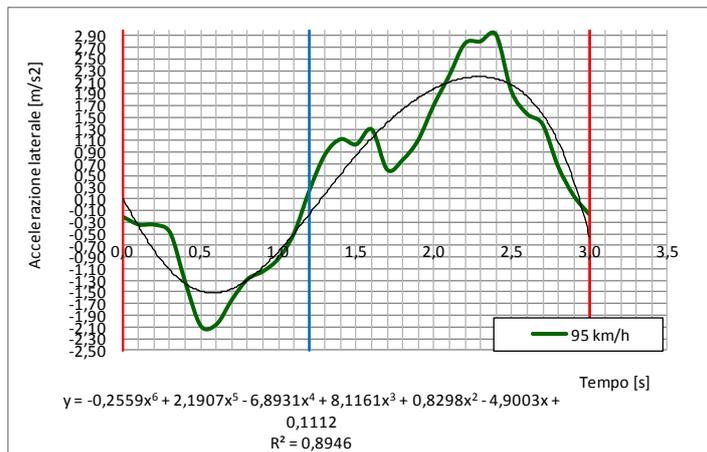


1	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza standard	BMW	Asciutto
<b>Contraccollo</b>			
Velocità: 55 km/h			
<p> <math>y = 0,0423x^6 - 0,6771x^5 + 4,124x^4 - 11,848x^3 + 15,85x^2 - 7,5018x - 0,0738</math>  <math>R^2 = 0,8647</math> </p>			
Velocità: 65 km/h			
<p> <math>y = 0,0506x^6 - 0,8603x^5 + 5,4251x^4 - 15,909x^3 + 21,684x^2 - 10,833x + 0,2836</math>  <math>R^2 = 0,8727</math> </p>			
Velocità: 75 km/h			
<p> <math>y = -0,2955x^6 + 2,9315x^5 - 10,626x^4 + 16,279x^3 - 8,1388x^2 - 0,0496x - 0,9565</math>  <math>R^2 = 0,9146</math> </p>			

Velocità: 85 km/h



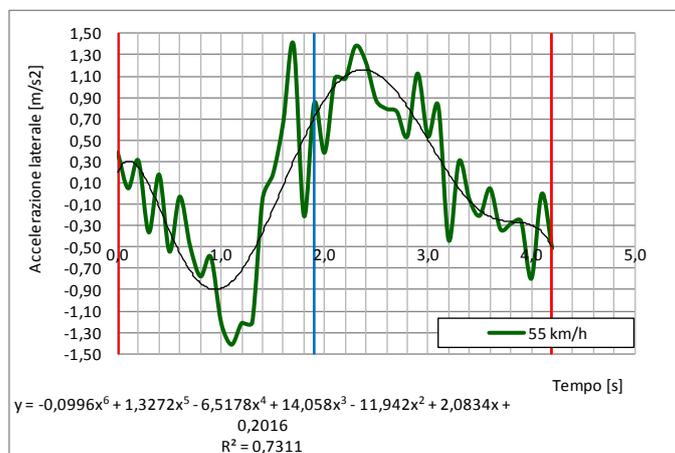
Velocità: 95 km/h



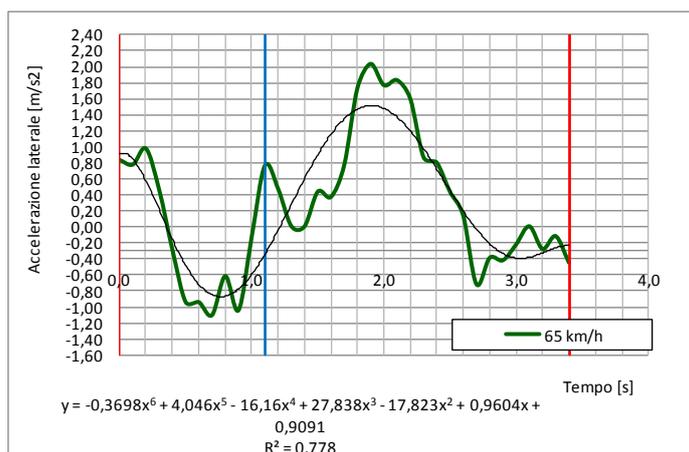
2	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza ridotta	BMW	Asciutto

**Contraccollo**

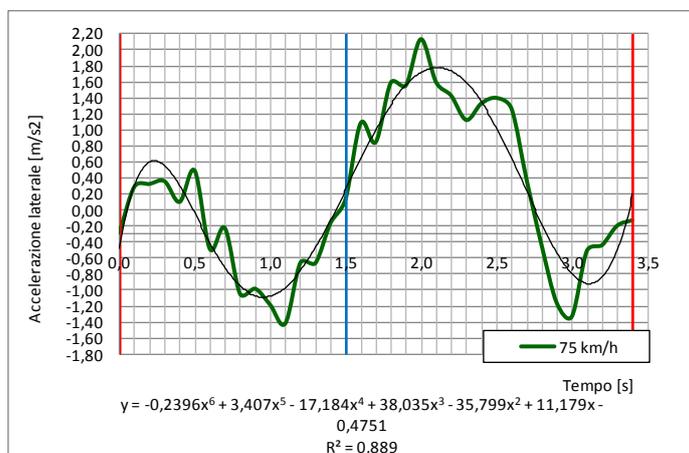
Velocità: 55 km /h



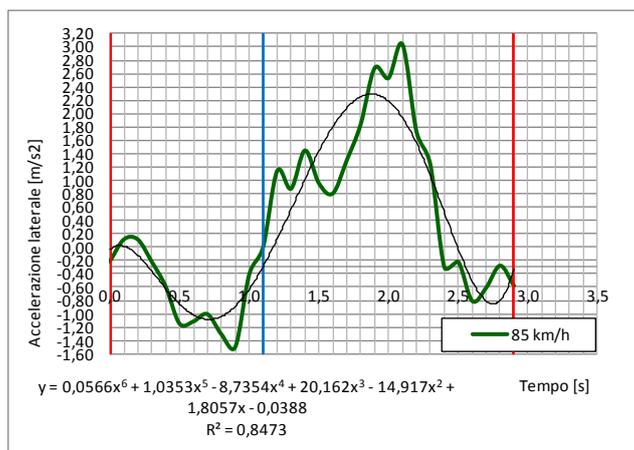
Velocità: 65 km /h



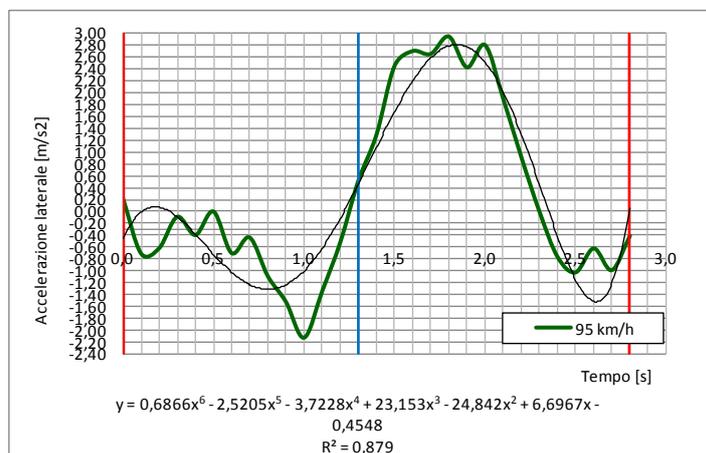
Velocità: 75 km /h



Velocità: 85 km/h



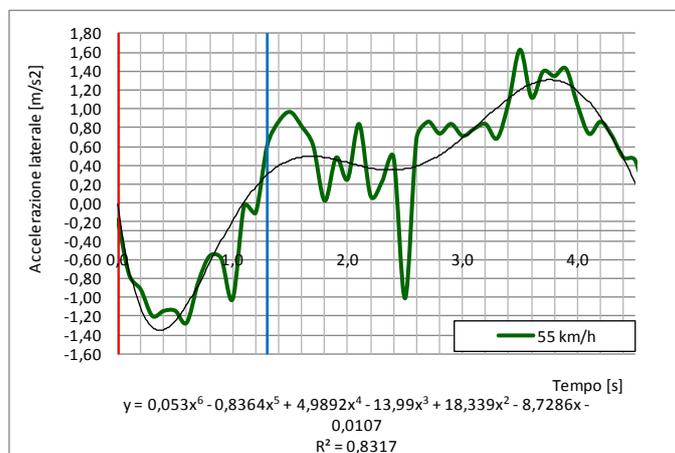
Velocità: 95 km/h



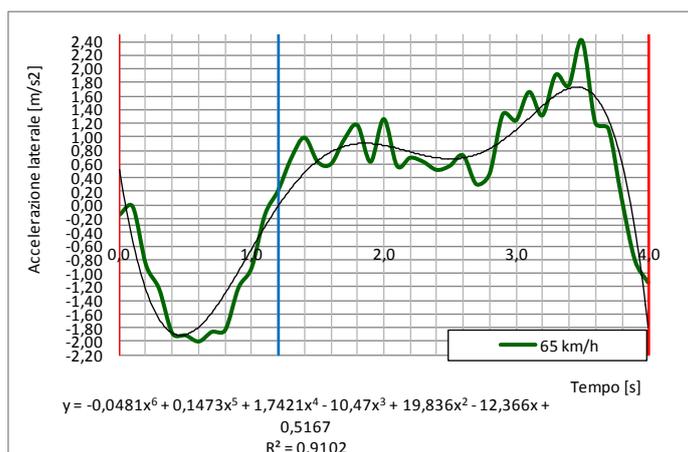
3	<b>Tipologia di chicane</b>	<b>Tipo di veicolo</b>	<b>Condizione del piano viabile</b>
	Larghezza standard	BMW	Bagnato

Contraccollo

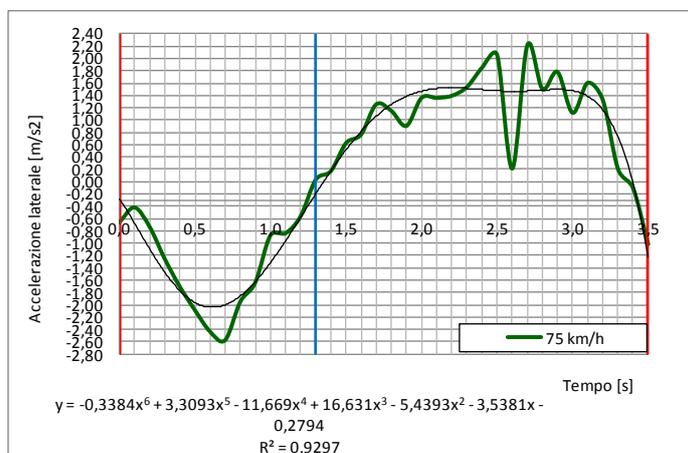
Velocità: 55 km/h



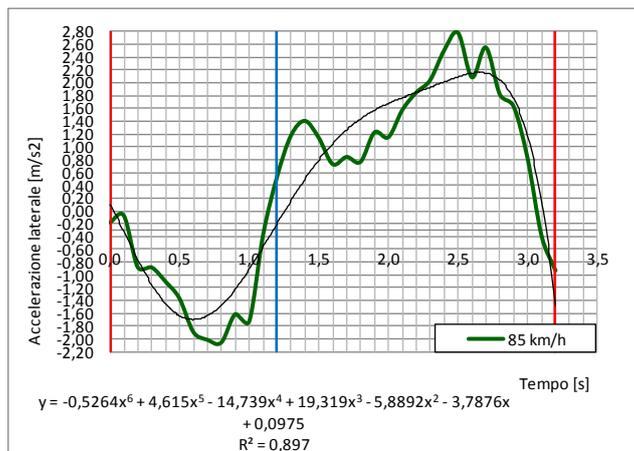
Velocità: 65 km/h



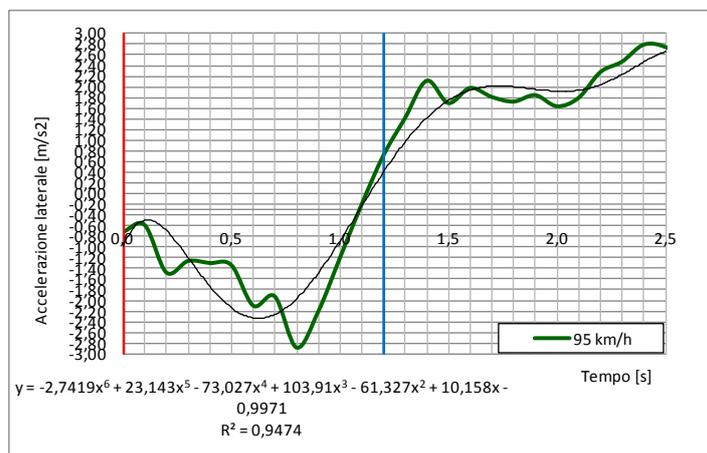
Velocità: 75 km/h



Velocità: 85 km /h



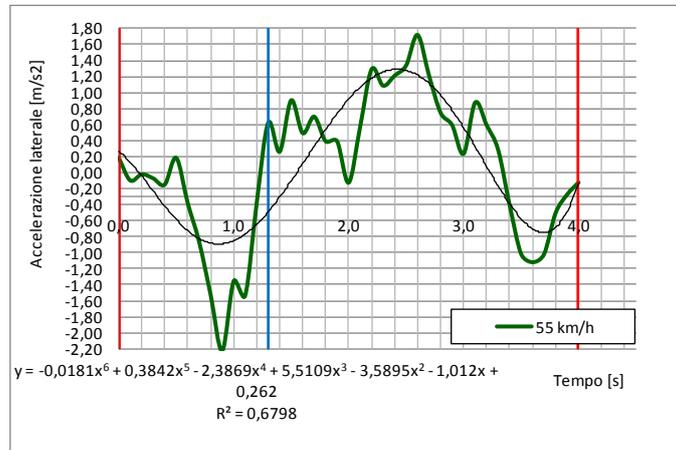
Velocità: 95 km /h



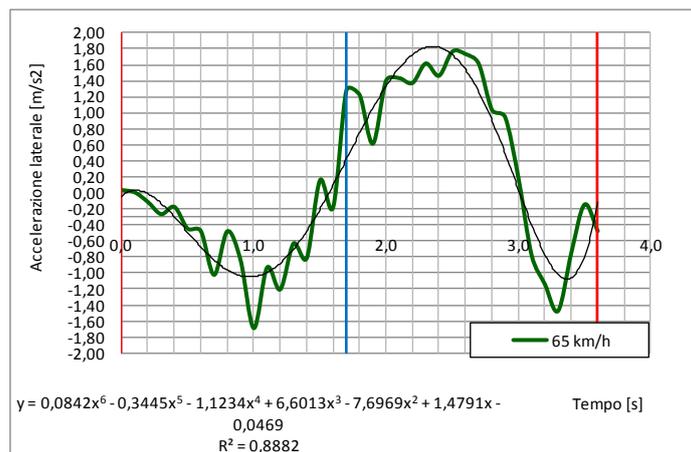
4	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza ridotta	BMW	Bagnato

**Contraccollo**

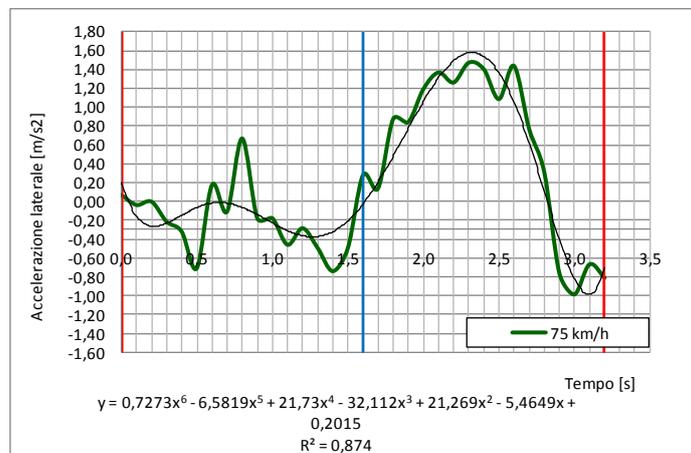
Velocità: 55 km /h



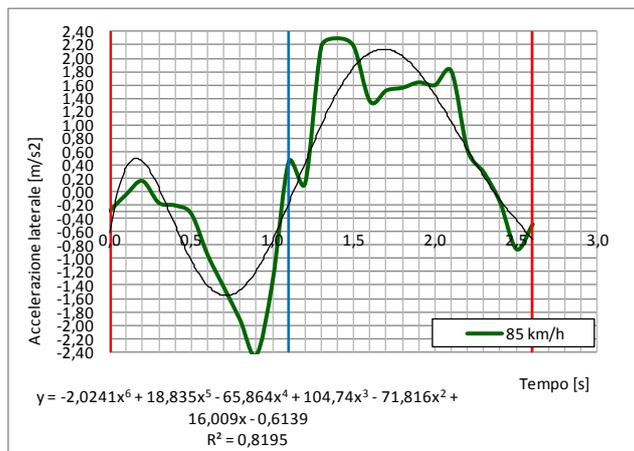
Velocità: 65 km /h



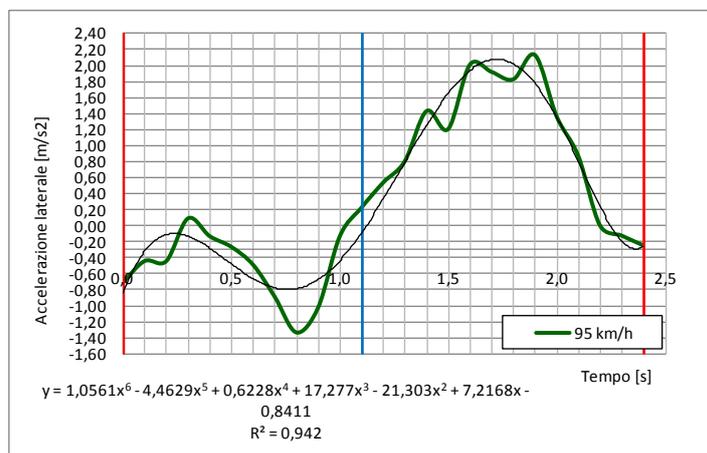
Velocità: 75 km /h



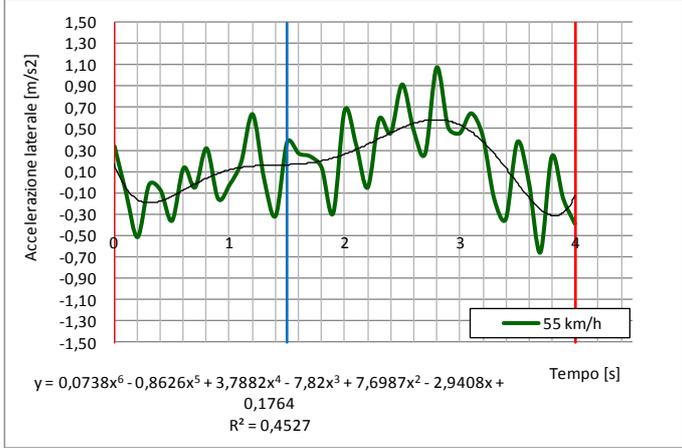
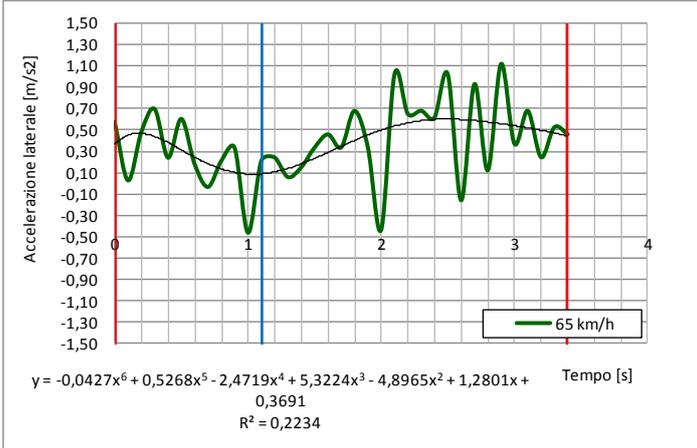
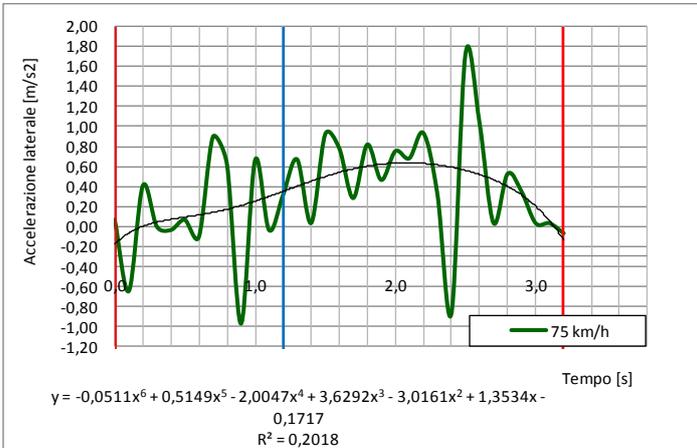
Velocità: 85 km /h



Velocità: 95 km /h



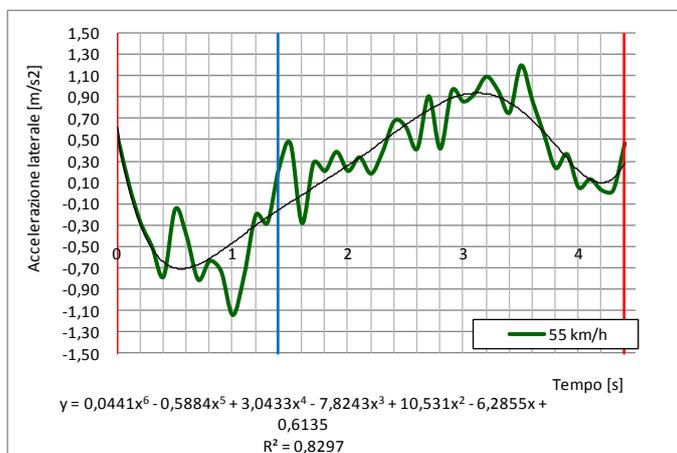
5	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza standard	DUCATO	Asciutto
<b>Contraccollo</b>			
Velocità: 55 km/h			
<p> <math>y = 0,0014x^6 - 0,0586x^5 + 0,5366x^4 - 2,0283x^3 + 3,3304x^2 - 1,3695x - 0,7077</math>  <math>R^2 = 0,797</math> </p>			
Velocità: 65 km/h			
<p> <math>y = -0,0153x^6 + 0,1377x^5 - 0,3518x^4 - 0,1907x^3 + 1,7831x^2 - 1,0859x - 0,6125</math>  <math>R^2 = 0,8209</math> </p>			
Velocità: 75 km/h			
<p> <math>y = 0,1531x^6 - 2,121x^5 + 11,05x^4 - 27,159x^3 + 31,651x^2 - 13,946x + 0,3557</math>  <math>R^2 = 0,6655</math> </p>			

6	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza ridotta	DUCATO	Asciutto
<b>Contraccolpo</b>			
Velocità: 55 km /h			
 <p> <math>y = 0,0738x^6 - 0,8626x^5 + 3,7882x^4 - 7,82x^3 + 7,6987x^2 - 2,9408x + 0,1764</math>  <math>R^2 = 0,4527</math> </p>			
Velocità: 65 km /h			
 <p> <math>y = -0,0427x^6 + 0,5268x^5 - 2,4719x^4 + 5,3224x^3 - 4,8965x^2 + 1,2801x + 0,3691</math>  <math>R^2 = 0,2234</math> </p>			
Velocità: 75 km /h			
 <p> <math>y = -0,0511x^6 + 0,5149x^5 - 2,0047x^4 + 3,6292x^3 - 3,0161x^2 + 1,3534x - 0,1717</math>  <math>R^2 = 0,2018</math> </p>			

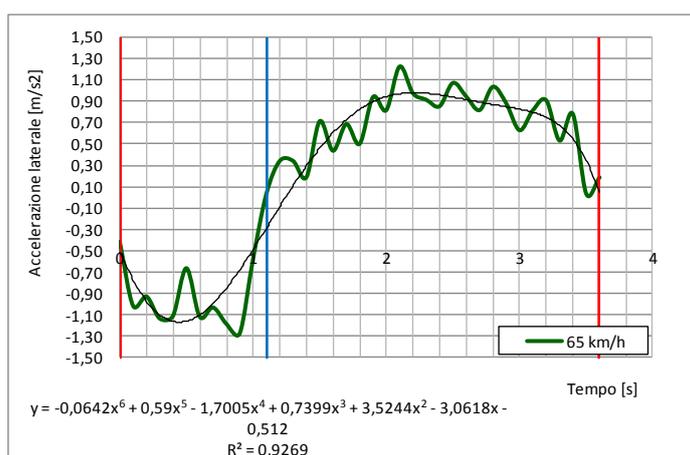
7	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza standard	DUCATO	Bagnato

Contraccollo

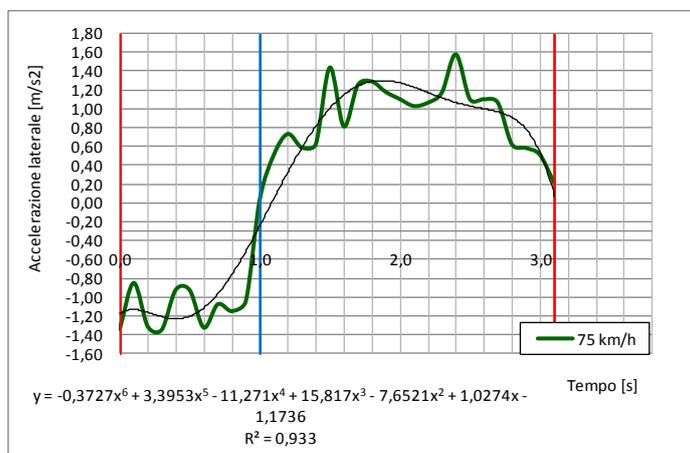
Velocità: 55 km/h



Velocità: 65 km/h



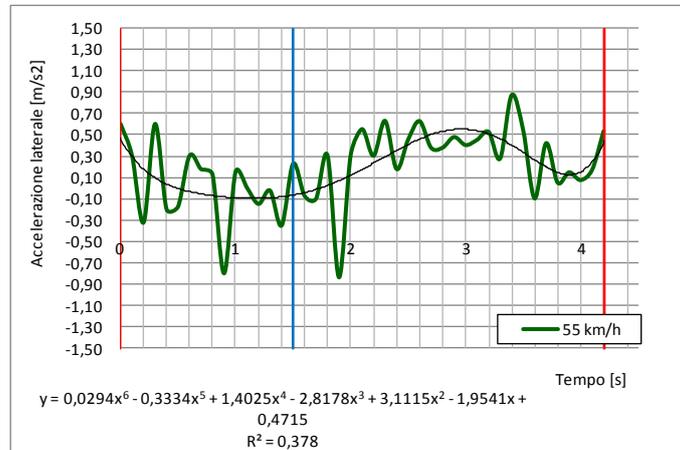
Velocità: 75 km/h



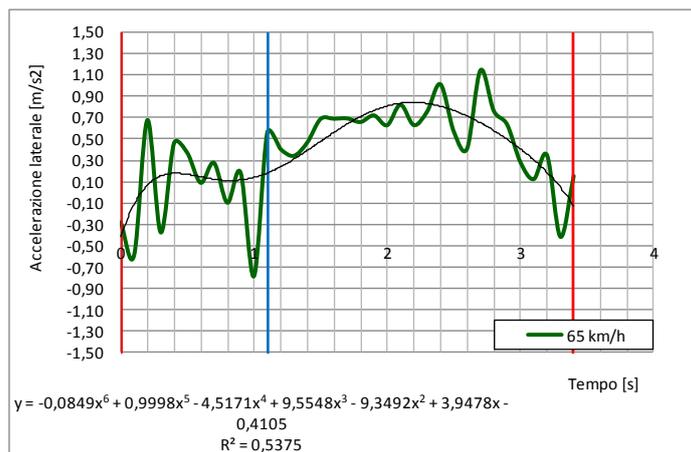
8	Tipologia di chicane	Tipo di veicolo	Condizione del piano viabile
	Larghezza ridotta	DUCATO	Bagnato

Contraccollo

Velocità: 55 km/h



Velocità: 65 km/h



Velocità: 75 km/h

