

COMPORTAMENTO DEI GUIDATORI IN PRESENZA DELLE PORTE DI ACCESSO IN AMBITO URBANO

*Renato Lamberti
Domenico Abate
Maria Luisa De Guglielmo
Gianluca Dell'Acqua
Tommaso Esposito
Alfonso Montella*

*Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti "Luigi Tocchetti"
Università degli Studi di Napoli Federico II*

Nell'ambito del Programma di Ricerca scientifica di rilevante Interesse Nazionale "La sicurezza stradale in ambiente complesso: modelli e metodi teorico-sperimentali per un approccio di tipo preventivo nella progettazione degli interventi infrastrutturali", cui partecipano le Università di Palermo, Catania e Napoli Federico II, l'Unità di Ricerca Napoli Federico II si interessa della "Valutazione del comportamento dell'utente in presenza di porte di accesso mediante l'impiego di tecnologie avanzate" con i seguenti obiettivi: 1) valutazione del comportamento degli utenti nel passaggio dall'ambito extraurbano all'ambito urbano in presenza ed in assenza di dispositivi di moderazione del traffico; 2) definizione di criteri per la progettazione delle porte di accesso, ovvero dei dispositivi finalizzati a ridurre le velocità nel passaggio dall'ambito extraurbano a quello urbano.

Nell'articolo, dopo una sintetica analisi dei fattori di rischio nei tratti interni delle strade extraurbane e dello stato dell'arte relativo all'efficacia delle misure finalizzate ad evidenziare l'ingresso nell'ambiente urbano, sono presentati i risultati dei rilievi sperimentali realizzati per selezionare un sito in cui realizzare porte di accesso integrate da dispositivi di moderazione del traffico e sono descritti il sito selezionato e le alternative di progetto proposte. Il progetto da implementare sarà poi scelto dopo aver testato l'efficacia delle differenti soluzioni mediante una sperimentazione con simulatore di guida dinamico.

Parole chiave: tratti interni delle strade extraurbane, velocità operative, moderazione del traffico, porte di accesso, simulatore di guida dinamico.

1. INTRODUZIONE

Il rischio di incidenti in area urbana presenta una notevole specificità nei tronchi di strade provinciali e statali in attraversamento dei centri abitati di piccole dimensioni (Montella et al., 2008). Questi tronchi, in antitesi con i principi basilari della sicurezza sostenibile (Dijkstra et al., 2007; PIARC, 2003; Ruyters et al., 1994; Wegman e Aarts, 2006), sono caratterizzati da forti disomogeneità dell'utenza, sia nei riguardi della tipologia che dell'entità dello spostamento; di conseguenza si trovano ad interferire: a) movimenti di penetrazione ed accesso, propri delle reti locali e secondarie (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001), con percorsi di transito e distribuzione, propri delle reti primarie e principali; b) brevi con lunghe percorrenze (traffico locale e di attraversamento); c) veicoli pesanti e leggeri con utenze deboli. Nei tratti extraurbani i guidatori mantengono elevate velocità operative e spesso non modificano, o modificano solo in misura insufficiente, la condotta di guida passando all'ambito urbano (Abate et al., 2007; DFT, 2005; Hallmark et al., 2007; NRA, 2005). Invece di norma il passaggio dalla viabilità extraurbana a quella urbana è individuato unicamente dal segnale relativo al limite di velocità (Ministero LL.PP., 2000; Van Schagen, 2003) e tale condizione è del tutto inadeguata ad indurre comportamenti appropriati.

Nell'ambito del Programma di Ricerca scientifica di rilevante Interesse Nazionale "La sicurezza stradale in ambiente complesso: modelli e metodi teorico-sperimentali per un approccio di tipo preventivo nella progettazione degli interventi infrastrutturali", cui partecipano le Università di Palermo, Catania e Napoli Federico II, l'Unità di Ricerca Napoli Federico II si è fatta carico della "Valutazione del comportamento dell'utente in presenza di porte di accesso mediante l'impiego di tecnologie avanzate"; gli obiettivi dello studio sono: 1) valutare il comportamento degli utenti nel passaggio dall'ambito extraurbano all'urbano, in presenza ed in assenza di dispositivi di moderazione del traffico; 2) definire i criteri di progettazione delle porte di accesso o dei dispositivi finalizzati a ridurre le velocità nel passaggio dall'ambito extraurbano a quello urbano.

Nell'articolo, dopo una sintetica analisi dei fattori di rischio nei tratti delle strade extraurbane interni ai nuclei abitati e dello stato dell'arte relativo all'efficacia delle misure per evidenziare l'ingresso nell'ambiente urbano, sono presentati i risultati di una campagna di rilievi sperimentali finalizzati a selezionare un sito in cui realizzare porte di accesso integrate da dispositivi di moderazione del traffico e sono descritti il sito prescelto e le alternative di progetto proposte; fra queste la scelta della soluzione da implementare sarà effettuata, nel prosieguo del lavoro, dopo averne testata l'efficacia mediante una sperimentazione con simulatore di guida dinamico.

2. STATO DELL'ARTE

Montella et al. (2008) hanno analizzato l'incidentalità nei tratti urbani delle strade provinciali e statali. Nell'approccio al problema le strade regionali sono state assimilate alle statali in quanto solo nel 2004 l'ISTAT ha inserito il codice strade regionali nel rapporto statistico dell'incidentalità stradale in Italia. Secondo l'art.2 c.7 del Codice, i tronchi di strade statali, regionali o provinciali che attraversano centri urbanizzati sono da considerarsi comunali solo quando gli abitati impegnati hanno popolazione superiore a diecimila abitanti.

Esaminando in modo aggregato i microdati ISTAT relativi al quinquennio 2000-2004, per l'intero territorio nazionale, si osserva che nei tratti interni delle provinciali e delle statali si verificano il 10,9% degli incidenti ed il 14,3% dei morti totali, con un indice di mortalità (incidenti mortali/incidenti totali) triplo rispetto a quelle delle strade comunali urbane. La rilevanza del fenomeno è ancora più evidente se si considera che sia gli incidenti che i morti sono superiori a quelli che si verificano in autostrada. Per quanto attiene al rapporto con le utenze deboli, si osserva che l'investimento dei pedoni nelle provinciali causa il 15,3% dei morti (58 morti/anno), con un indice di mortalità pari all'11,7%, e nelle statali il 18,4% dei morti (97 morti/anno), con un indice di mortalità pari al 10,3%: ovunque quindi nei settori urbanizzati di strade extraurbane oltre un decimo degli investimenti di pedoni sono mortali. Per quanto riguarda le tipologie di sinistro, sono sovra rappresentati, rispetto alla media delle strade urbane, gli incidenti a veicolo isolato, in curva, su strada bagnata, con il coinvolgimento di veicoli pesanti ed in periodo notturno.

La maggior parte dei fattori di rischio nei tronchi di studio sono legati a velocità operative incongruenti con il tipo di utenza e con le caratteristiche della geometria d'asse, della segnaletica orizzontale e verticale e della sovrastruttura stradale: pertanto una efficace transizione tra l'ambito extraurbano e quello urbano, che faccia percepire al conducente la velocità più appropriata, potrebbe mitigarvi significativamente i fattori di rischio. La segnaletica dei limiti di velocità si dimostra insufficiente allo scopo, specialmente se questi non sono congruenti con la percezione dell'ambiente da parte dell'utente, mentre risulta assai più appropriata una logica connessione tra la configurazione della strada e la velocità consentita. Una soluzione efficace consiste nella realizzazione di porte di accesso, che utilizzino la combinazione di più dispositivi di moderazione del traffico, come isole spartitraffico, restringimenti della carreggiata con allargamento dei margini, cambio di materiali e/o di colore della pavimentazione, segnaletica orizzontale, segnaletica verticale, piantumazione, illuminazione ed altri arredi urbani (Ministero LL.PP., 2000).

L'European Transport Safety Council (ETSC, 1995) individua due principi di riferimento per le misure nella transizione tra l'ambito extraurbano e quello urbano: il primo è che all'interno dell'area urbanizzata sono assolutamente ineludibili misure di moderazione della velocità, il secondo è che la massima efficacia si consegue con l'effetto cumulativo di più provvedimenti (combinazioni di restringimenti di corsia e collocazione ai margini di alberi ed altri elementi verticali, ecc), introdotti con progressività lungo la zona di transizione e culminanti nell'effettiva sezione d'ingresso all'area urbana.

Le porte d'accesso sono state specificamente definite nelle norme di progettazione di alcuni paesi europei, come l'Olanda (CROW, 1998), la Danimarca (Road Directorate, 1999), il Regno Unito (Highways Agency, 2004) e l'Irlanda (NRA, 2005), mentre in altri sono il risultato della realizzazione congiunta di dispositivi differenti previsti dall'impianto normativo (Busi e Zavanella, 2003).

La normativa olandese, ad esempio, prevede la possibilità di realizzare un'isola spartitraffico rialzata e la piantumazione di alberature lungo il margine mentre nella normativa danese sono differenziate le porte d'accesso nelle strade di scorrimento e nelle strade locali. Nelle strade di scorrimento sono ammesse alberature lungo i margini, rifacimento della pavimentazione, posa in opera di impianti di illuminazione e lievi

restringimenti di carreggiata, mentre nelle strade locali sono ammessi anche dossi ed altri interventi strutturali. Nelle linee guida irlandesi (NRA, 2005) sono indicati i dati di base di un buon progetto: traffico giornaliero medio, incidentalità, velocità operative e geometria del sito; di particolare rilievo è l'introduzione del concetto di larghezza ottica (rapporto tra la larghezza della carreggiata e l'altezza degli elementi posti a margine della strada): in ambito extraurbano la dimensione delle carreggiate è generalmente più elevata dell'altezza degli elementi verticali che confinano la visione periferica, mentre in ambito urbano il rapporto è solitamente inverso; poiché le velocità operative sono maggiori ove la larghezza ottica è più elevata, l'impiego di elementi marginali di idonea altezza consente di graduarne il restringimento sino alla zona porta.

L'effetto delle porte di accesso dipende dal contesto e dalla tipologia dell'intervento. In generale è maggiore se all'interno dell'area sono attuate altre misure di moderazione del traffico. Nel Regno Unito si è riscontrato che la riduzione di velocità è pari a 10 km/h se la porta di accesso non è seguita da ulteriori provvedimenti nel centro abitato e sale a 15 km/h se si adottano anche altri sistemi di moderazione (VISP, 1994). Sempre nel Regno Unito, il Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR, 2005) ha riscontrato riduzioni dell'ottantesimo percentile delle velocità 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 9 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, nei progetti che prevedevano solo porte di accesso (DFT, 2000; Taylor e Wheeler, 2000) 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); nondimeno 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: a) elevate velocità di approccio a piccoli agglomerati urbani; b) 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.

In Italia, un recente studio realizzato nella Provincia di Salerno in cui il monitoraggio delle velocità è stato effettuato solo dopo la realizzazione dell'intervento, ha evidenziato una significativa riduzione dell'ottantesimo percentile delle velocità tra le sezioni precedente e seguente la porta di accesso (Dell'Acqua et al., 2008).

3. SITI DI STUDIO

Le strade oggetto di studio, site nella provincia di Salerno, sono state: SP125 Polla – Petina, in ingresso al comune di Polla; SS103 Montesano – Moliterno, in ingresso al

comune di Tardiano; SS426 San Pietro – Sant’Arsenio, in ingresso ed in uscita dal comune di Sant’Arsenio; SP39 San Pietro al Tanagro – Teggiano, in ingresso ed in uscita da un piccolo agglomerato urbano del comune di Teggiano. La campagna di rilievo delle velocità è stata effettuata in collaborazione con il Centro di Monitoraggio della Sicurezza Stradale della Provincia di Salerno. I rilievi sono stati realizzati mediante apparecchiature contatraffico KV Laser, il cui funzionamento è basato sull’emissione e la ricezione di una coppia di raggi laser a bassa potenza diretti perpendicolarmente all’asse stradale, che hanno consentito la registrazione dei seguenti parametri: istante di passaggio del veicolo, velocità, lunghezza e direzione di marcia. In ogni sito, sono state individuate 5 sezioni di rilievo e la registrazione è stata effettuata per 12 ore di un giorno feriale.

Le elaborazioni sono state sviluppate escludendo dalle distribuzioni di velocità le informazioni relative ai veicoli con distanziamento temporale inferiore a 5 secondi, oltre che quelle relative ai veicoli con lunghezza inferiore a 3 metri e superiore a 9 metri.

Tabella 1 - Velocità di ingresso nel centro abitato

Centro abitato	Strada	Sezione	V ₅₀ (km/h)	V ₈₅ (km/h)	V ₉₅ (km/h)
Polla	SP125	2	42,57	58,00	64,00
Tardiano	SS103	29	47,56	63,00	74,00
Sant’Arsenio Nord	SS426	75	27,09	32,00	34,00
Sant’Arsenio Sud	SS426	10	58,15	72,00	84,00
Teggiano Nord	SP39	12	70,22	91,00	102,00
Teggiano Sud	SP39	15	61,33	78,00	86,00

Gli ottantacinquesimi percentili delle velocità di ingresso nel centro abitato (V₈₅) risultano compresi tra 32 e 91 km/h (cfr. Tabella 1). Le velocità di ingresso più basse sono state registrate nei siti in cui vi è un maggior condizionamento della geometria del tracciato. Gli ingressi ai centri abitati di Polla, Tardiano e Sant’Arsenio Nord sono preceduti da curve di piccolo raggio. L’ingresso sud al centro abitato di Sant’Arsenio è preceduto da un’intersezione ad Y. Le maggiori velocità operative sono state registrate nel comune di Teggiano, che è stato selezionato come sito di progetto.

4. SITO DI PROGETTO

L’ingresso da nord al comune di Teggiano, che ha una popolazione di circa 8'500 abitanti, avviene lungo la SP39 su un rettilineo quasi pianeggiante lungo circa 5,5 km in una strada a carreggiata unica e doppio senso di marcia, con due corsie larghe circa 3,0 m e banchine di larghezza inferiore a 0,30 m. Anche nel tratto esterno al centro abitato è presente un limite di velocità pari a 50 km/h. Tra il km 3 ed il km 4 della SP39 sono presenti abitazioni ed attività commerciali, in assenza di infrastrutture pedonali, isolate rispetto al principale agglomerato urbano del comune. Le velocità di 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. Il tronco compreso tra il km 3 il km 4 (cfr. Figura 1) è stato quindi selezionato come sito di progetto con l'obiettivo di rendere le velocità operative congruenti con l'ambiente urbanizzato per i veicoli che viaggiano in entrambi i versi di marcia.

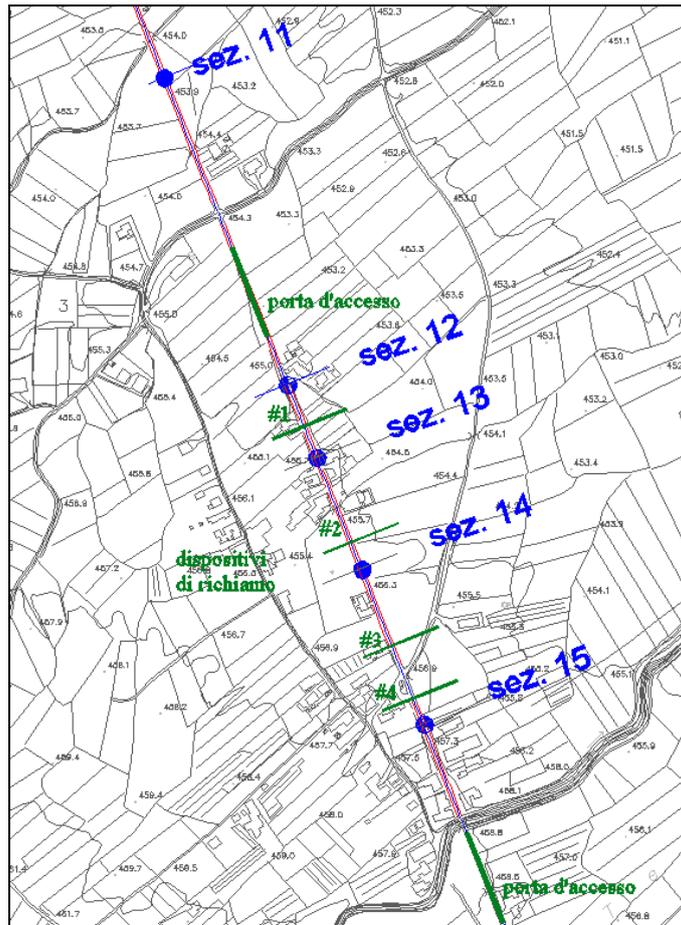


Figura 1 – Localizzazione delle sezioni di misura e degli interventi di progetto

Nel sito di progetto sono stati effettuati rilievi di velocità in 5 sezioni di misura (cfr. Figura 1): 6 ore nelle sezioni 11 (850 veicoli), 13 (1'109 veicoli), 14 (762 veicoli) e 15 (872 veicoli) e 12 ore nella sezione 12 (2'031 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. Nella sezione 11 si sono registrate le velocità più elevate (cfr. Figura 2 e Figura 3) in entrambe le direzioni in quanto la sezione è esterna all'agglomerato urbano.

In direzione sud le velocità sono costanti in quasi tutto l'abitato, con una lieve riduzione di velocità nella sezione 15 che dipende dall'avvicinamento ad un dosso con

visibilità limitata.

In direzione sud le velocità di ingresso all'abitato sono superiori rispetto alla direzione nord. I veicoli diretti verso sud percorrono un rettilineo di 3 km interamente in ambito extraurbano prima di entrare nel centro abitato senza alcun preavviso. I veicoli diretti verso nord sono in uscita da un centro abitato e percorrono un rettilineo in una zona priva di urbanizzazione per una lunghezza di circa 1 km. Prima dell'ingresso nell'abitato è inoltre presente un dosso.

Sempre in direzione nord, si registra un aumento delle velocità nelle sezioni di uscita dall'abitato in quanto i veicoli sono diretti verso una zona extraurbana. In direzione sud, invece, i veicoli che escono dall'agglomerato incontrano un breve tratto privo di abitazione prima di entrare nell'agglomerato urbano principale del comune di Teggiano.

In tutte le sezioni di rilievo la velocità media è sempre di gran lunga superiore al limite di velocità, pari a 50 km/h.

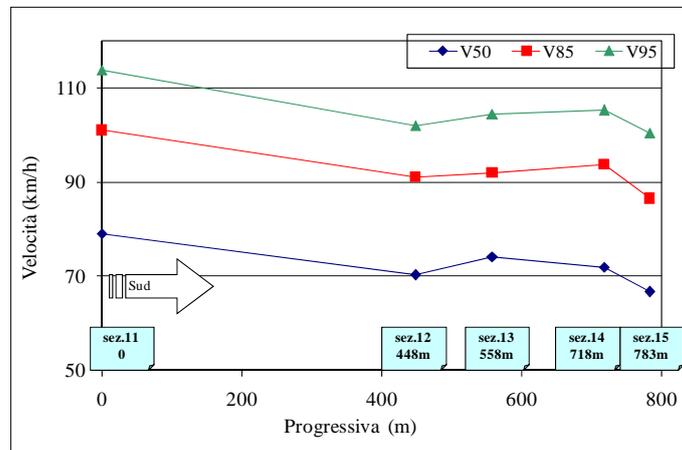


Figura 2 – Sito di progetto: diagramma delle velocità in direzione sud

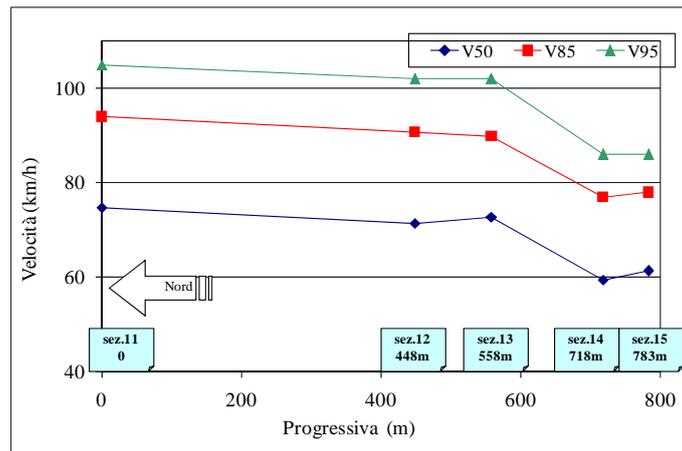


Figura 3 – Sito di progetto: diagramma delle velocità in direzione nord

5. ALTERNATIVE DI PROGETTO

Il progetto consiste nella realizzazione di due porte di accesso e di quattro dispositivi integrativi di moderazione del traffico (cfr. figura 1). Le porte di accesso (cfr. Figura 4 e Figura 5) hanno la funzione di rallentare solo i veicoli in ingresso nel centro abitato mentre i dispositivi integrativi di moderazione del traffico (cfr. Figura 6), distanti circa 150 m l'uno dall'altro, sono funzionali ad entrambe le direzioni di marcia. Per le porte di accesso si sono previste due alternative di progetto, la prima consiste in interventi di segnaletica, piantumazione ed arredo mentre la seconda, più costosa, prevede anche un allargamento della piattaforma ed una deviazione dei veicoli in ingresso nell'abitato.

Nella soluzione 1 (cfr. Figura 4), la porta di accesso è composta dai seguenti elementi:

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

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

Tabella 2 – Parametri di progetto dei rallentatori ad effetto ottico

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

Subito dopo i rallentatori sono inserite 19 coppie di bande periferiche trasversali. Le bande periferiche hanno lo scopo di dare l'impressione di un restringimento della carreggiata ed hanno consentito una significativa riduzione di velocità in differenti applicazioni effettuate negli Stati Uniti (Arnold e Lantz, 2007; Hallmark et al., 2007; Katz e Rakha, 2008; McGee e Hanscom, 2006). Ciascuna banda è costituita da un rettangolo lungo 44 cm (perpendicolarmente alla direzione di marcia) e lungo 30 cm (nella direzione di marcia), con la base contigua alle strisce longitudinali. Le bande sono installate in coppia, ossia l'una di fronte all'altra (cfr. Figura 4 e Figura 5), in modo da amplificarne l'effetto, con un distanziamento tale che il conducente oltrepassi 4 strisce al secondo, nell'ipotesi di velocità di ingresso nella serie pari a 90 km/h e moto

uniformemente decelerato con decelerazione pari a $1,2 \text{ m/s}^2$. In tali ipotesi, la lunghezza complessiva del dispositivo è pari a 100,4 m e la velocità di uscita è pari a 70,6 km/h.

Al fine di ridurre la larghezza ottica della piattaforma e di focalizzare l'attenzione di guidatori sulla porta di accesso nel tratto compreso tra l'inizio delle bande ottiche e la fine della porta di accesso, per una lunghezza pari a 108,4 m, in entrambi i lati della piattaforma è installata una siepe, alta 1,50 m e larga 0,50 m, convergente verso la carreggiata. Nel tratto iniziale la distanza dell'asse della siepe dalla carreggiata è pari a 4,00 m, che si restringono a 1,00 nel tratto finale. Negli ultimi 8,00 m la siepe è parallela alla carreggiata, per accentuare l'effetto porta, ed il raccordo con la parte obliqua è realizzato con un raggio pari a 10,00 m.

Nella zona a cavallo del portale, per una lunghezza pari a 5,00 m, è prevista una fascia di colore rosso in conglomerato stampato, ossia conglomerato bituminoso impresso a caldo con rete metallica, colorato di rosso con resine acriliche e componenti (cariche di quarzo e cementi modificati) e rifinito con antisdrucchiolo. In tal modo si ottiene un richiamo dell'attenzione dei conducenti per l'effetto combinato della diversa colorazione della pavimentazione e di una lieve vibrazione al passaggio sulla fascia di conglomerato che ha profilo ed aspetto simili a quelli dei masselli. L'inizio della pavimentazione in conglomerato stampato è localizzato 3,00 m dopo il centro dell'ultima banda periferica trasversale.

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



Figura 4 – Porta di accesso in direzione sud: alternativa 1

Nella soluzione 2 (cfr. Figura 5) è stata inserita una deviazione per i veicoli in ingresso al centro abitato mediante isola centrale materializzata con cordolo sormontale e strisce gialle rifrangenti e nere. 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 30,00 m. Il tratto è a sua volta composto da tre tronchi di lunghezza pari a 10,00 m: il primo tronco è circolare con raggio pari a 80,00 m, il secondo tronco è rettilineo, il terzo tronco è anch'esso circolare con raggio pari a 80,00. La deviazione verso sinistra per il rientro nella sede stradale originaria è simmetrica rispetto alla precedente. L'isola divisionale è separata dalla due corsie di marcia da due banchine larghe 0,50 m. Il raggio iniziale dell'isola, preceduto da 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 (fig. II 472 del Regolamento) accoppiato con il segnale passaggio consentito a destra (fig. II 82/b del Regolamento). I cordoli, con strisce gialle rifrangenti e nere, hanno larghezza pari a 0,30 m ed altezza pari a 0,12 m. Il primo tratto è verticale con altezza pari a 0,05 m. Il secondo, raccordato con un raggio pari a 0,02 m, è sub-orizzontale con base pari a 0,20 m ad altezza pari a 0,07 m. Il terzo, raccordato con un raggio pari a 0,10 m, è orizzontale con lunghezza pari a 0,10 m (cfr. figura 6). La parte centrale dell'isola è riempita con erba.

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

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



Figura 5 – Porta di accesso in direzione sud: alternativa 2

Nel tratto compreso tra le porte di accesso sono previsti 4 dispositivi integrativi di moderazione del traffico (cfr. Figura 1). Ciascun dispositivo, di lunghezza pari a 30,00 m, è costituito da due serie (una per ciascun approccio) di 15 triangoli isosceli, con base ed interasse costanti, pari rispettivamente a 0,30 e 1,00 m, aventi l'altezza crescente (2 cm per metro): 0,44 m il primo, 0,74 m il quindicesimo (cfr. Figura 7). I triangoli, soprannominati "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 0,50 m, distano 3,00 m dalla carreggiata nella sezione iniziale e 1,00 m nella parte centrale del dispositivo. Il raccordo tra i due lati delle siepi è realizzato con raggio pari a 25,00 m.

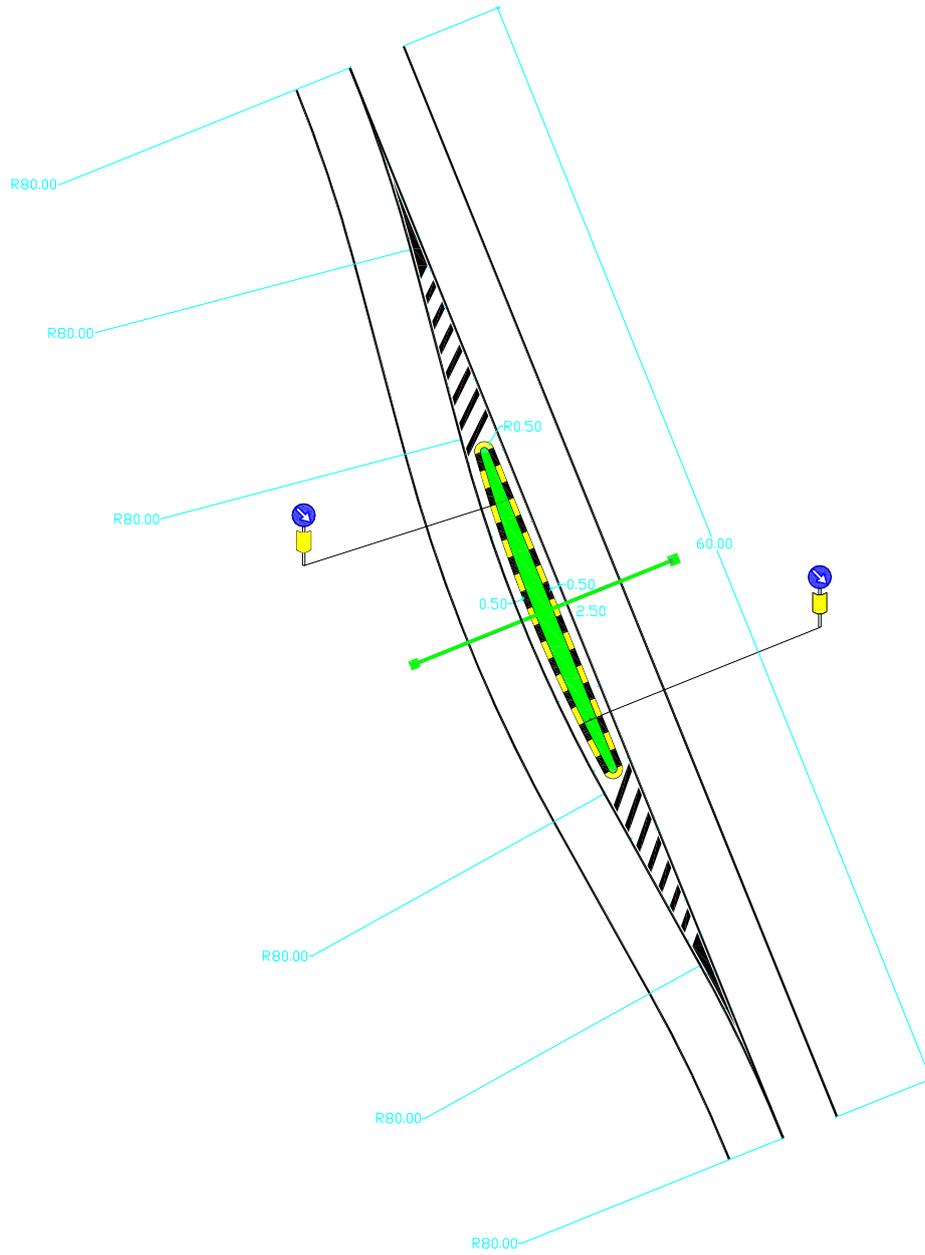


Figura 6 – Porta in direzione sud: alternativa 2, particolare della deviazione

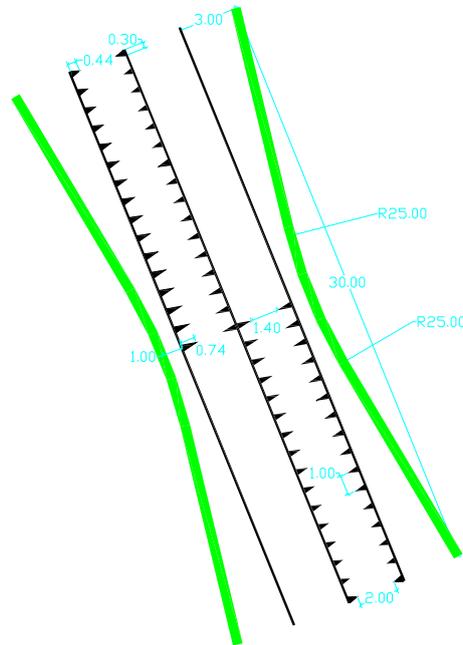


Figura 7 – Dispositivi integrativi di moderazione del traffico

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 (misurato ai sensi della norma UNI EN 1423:2004 "Materiali per segnaletica orizzontale - Materiali da postspruzzare - Microsferi di vetro, granuli antiderapanti e loro miscele"). Le prestazioni della segnaletica, classificate ai sensi della norma UNI EN 1436:2004 "Materiali per segnaletica orizzontale - Prestazioni della segnaletica orizzontale per gli utenti della strada", saranno: resistenza al derapaggio, classe S23; visibilità diurna, classe Q5; visibilità notturna in condizioni di asciutto, classe R5; colore, classe B4.

In corrispondenza delle isole divisionali previste nella soluzione 2, la segnaletica orizzontale sarà integrata con inserti stradali catarifrangenti, dispositivi di guida orizzontale che riflettono la luce incidente mediante catadiottri. Saranno installati inserti permanenti del tipo 1, ossia inserti con catarifrangenti in vetro rispondenti ai requisiti della norma UNI EN 1463-1:2004 "Materiali per segnaletica orizzontale - Inserti stradali catarifrangenti - Requisiti delle prestazioni iniziali".

Per la segnaletica verticale saranno utilizzate pellicole ad elevatissima risposta luminosa realizzate con la tecnologia dei microprismi, rispondenti alle prescrizioni della norma UNI EN 12899-1:2003 "Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale - Segnali permanenti". Le pellicole microprismatiche sono costituite da elementi ottici

prismatici sigillati in una resina sintetica trasparente. I requisiti fotometrici di questo tipo di pellicola sono notevolmente superiori ai valori richiesti per le pellicole di classe 2 dal D.M. 31 marzo 1995 n.1584 "Approvazione del disciplinare tecnico sulle modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione dei segnali stradali". Nelle pellicole tradizionali il coefficiente areico di intensità luminosa, che misura la quantità di luce rinviata dal segnale, diminuisce in modo sensibile con l'aumentare dell'angolo di osservazione, ossia con l'avvicinarsi del veicolo al segnale. Questo fenomeno è molto meno marcato per le pellicole microprismatiche.

Il comportamento dei guidatori nelle due alternative di progetto sarà valutato con una sperimentazione condotta nel simulatore di guida dinamico di TEST Scarl, situato presso l'Istituto Motori del CNR di Napoli. L'alternativa di progetto che fornirà i migliori risultati sarà implementata nel sito di progetto e sarà effettuato poi il monitoraggio delle velocità operative.

6. CONCLUSIONI

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

Nella provincia di Salerno, sono state rilevate le velocità di ingresso nei centri abitati in 6 tronchi di strade extraurbane. In base ai risultati del monitoraggio delle velocità, è stato selezionato come sito di progetto il tronco della SP39 compreso tra il km 3 ed il km 4, nel comune di Teggiano, in cui sono presenti abitazioni ed attività commerciali, in assenza di infrastrutture pedonali, isolate rispetto al principale agglomerato urbano del comune. Le velocità operative in ingresso (V_{85}) 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. Il progetto consiste nella realizzazione di due porte di accesso e di quattro dispositivi integrativi di moderazione del traffico. Le porte di accesso hanno la funzione di rallentare solo i veicoli in ingresso nel centro abitato mentre i dispositivi integrativi di moderazione del traffico, distanti circa 150 m l'uno dall'altro, sono funzionali ad entrambe le direzioni di marcia. Per le porte di accesso si sono previste due alternative di progetto. La prima prevede rallentatori di velocità ad effetto ottico, bande periferiche trasversali, siepe convergente verso la carreggiata, fascia trasversale colorata in conglomerato stampato e portale metallico rivestito in erba contenente il segnale inizio centro abitato. La seconda, più costosa e priva della fascia trasversale

colorata, prevede anche un allargamento della piattaforma ed una deviazione dei veicoli in ingresso nell'abitato.

Il comportamento dei guidatori nelle due alternative di progetto sarà valutato con una sperimentazione condotta nel simulatore di guida dinamico di TEST Scarl, situato presso l'Istituto Motori del CNR di Napoli. L'alternativa di progetto che fornirà i migliori risultati sarà implementata nel sito di progetto e sarà effettuato poi il monitoraggio delle velocità operative.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano il dirigente del Centro di Responsabilità Trasporti della Provincia di Salerno, ing. Giovanni Coraggio, ed il Centro di Competenza Trasporti della Regione Campania, ed in particolare il prof. Mariano Perneti e l'ing. Francesco Galante, per il supporto fornito nel corso della ricerca.

BIBLIOGRAFIA

Abate D., Dell'Acqua G., De Guglielmo M.L., Discetti P., Esposito T., Lamberti R., Montella A., 2007. *Valutazione del comportamento dell'utente in presenza di porte d'accesso mediante l'impiego di tecnologie avanzate*. Rapporto di Ricerca Intermedio dell'Università di Napoli Federico II, PRIN "La sicurezza stradale in ambiente complesso: modelli e metodi teorico-sperimentali per un approccio di tipo preventivo nella progettazione degli interventi infrastrutturali", Napoli.

Arnold E.D.Jr., Lantz K.E.Jr., 2007. *Evaluation of Best Practices in Traffic Operations and Safety: Phase I: Flashing LED Stop Sign and Optical Speed Bars*. Report FHWA/VTRC 07-R34, Charlottesville, Virginia, US.

Busi R., Zavanella L., 2003. *Tecniche per la sicurezza in ambito urbano. Vol. III. Le normative europee per la moderazione del traffico*. Egaf edizioni.

CROW, 1998. *Recommendations for traffic provisions in built-up areas*. The Netherlands.

Dell'Acqua G., Abate D., De Guglielmo M.L., Lamberti R., 2008. *Valutazione del Comportamento del Conducente in Presenza di Porte di Accesso: Indagine Sperimentale*. III° Convegno Nazionale Stradale La Sicurezza sulle strade della città, Lucca.

DETR, Department of the Environment, Transport and the Regions, 2005. *Traffic Calming on Major Roads*. UK.

DFT, Department for Transport, 2000. *Village Traffic Calming - Reducing Accidents*. Traffic Advisory Leaflet 11/00, UK.

DFT, Department for Transport, 2005. *Traffic Calming on Major Roads*. UK.

Dijkstra A., Drolenga H., van Maarseveen M., 2007. *A Method for Assessing the Safety of Routes in a Road Network*. Transportation Research Record: The Journal of Transportation Research Board, n.2019, pp. 82-90.

DTLR, Department for Transport, Local Government and the Regions, 2001. *A Road Safety Good Practice Guide*. London, UK.

ETSC, European Transport Safety Council, 1995. *Reducing Traffic Injuries Resulting from Excess and Inappropriate Speed*. Brussels, Belgium.

Hallmark S.L., Peterson E., Fitzsimmons E., Hawkins N., Resler J., Welch T., 2007. *Evaluation of Gateway and Low-Cost Traffic-Calming Treatments for Major Routes in*

Small Rural Communities. CTRE Project 06-185, IHRB Project TR-523. Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, US.

Highways Agency, 2004. *Design Manual of Roads and Bridges. Volume 6, Section 3, Part 5, TA 87/04. Traffic Calming on Trunk Roads: a Practical Guide*. UK.

Katz B.J. Rakha H.A., 2008. Determination of Effective Design of Peripheral Transverse Bars to Reduce Vehicle Speeds on a Controlled Roadway. 87th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., US.

McGee H.W., Hanscom F.R., 2006. Low-Cost Treatments for Horizontal Curve Safety. Report FHWA-SA-07-002, Washington, D.C., US.

Ministero LL.PP., Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, 2000. *Indirizzi Generali e Linee Guida di Attuazione del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale*.

Ministero LL.PP., Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, 2000. *Definizione dei Principali Temi di Ricerca per il Miglioramento della Sicurezza delle Infrastrutture nel Breve, Medio e Lungo Periodo. Scheda 2: Strategie per la Gestione della Velocità in Ambito Urbano*.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, 2001. *D.M. 5 novembre 2001, n.6792, Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade*.

Montella A., Lista A., Mauriello F., 2008. *L'incidentalità nei Tratti Urbani delle Strade Provinciali e Statali*. 17° Convegno Nazionale SIIV, Enna.

NRA, National Roads Authority, 2005. *Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes*. Dublin, Ireland.

PIARC, World Road Association, Technical Committee on Road Safety C13, 2003. *Road Safety Manual*.

Road Directorate, 1999. *Speed Management in Urban Area*. Road Directorate, Ministry of Transport, Report n.168, Copenhagen, Denmark.

ROSPA, The Royal Society for Prevention of Accidents, 2002. *Road Safety Engineering Manual*. Birmingham, UK.

Ruyters H., Slop M., Wegman F., 1994. *Safety Effects of Road Design Standards*. Report R-94-7, SWOV, Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands.

Taylor M., Wheeler A., 1998. *Traffic Calming in Villages on Major Roads*. Proceedings of Seminar Traffic Management and Road Safety, Loughborough, UK.

Taylor M., Wheeler A., 2000. *Accidents Reductions Resulting from Village Traffic Calming*. Proceedings of Seminar Demand Management and Safety Systems, Cambridge, UK.

Van Schagen I., 2003. *Traffic Calming Schemes. Opportunities and Implementation Strategies*. Report R-2003-22, SWOV, Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands.

VISP, Village Speed Control Working Group, 1994. *VISP - A Summary*. Traffic Advisory Leaflet 1/94, UK.

Wegman F., Aarts L., 2006. *Advancing Sustainable Safety: National Road Safety Outlook for 2005-2020*. SWOV, Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands.