

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E
DEI MATERIALI

TESI DI LAUREA

in

Costruzioni ferroviarie e aeroportuali M

**ANALISI DELLA VISIBILITA' E DELLA LEGGIBILITA' DELLE
INTERSEZIONI A T MEDIANTE TECNOLOGIE INNOVATIVE**

ELABORATO DI

Marco Zozzotto

RELATORE

Dott. Ing. Valeria Vignali

CORRELATORI

Prof. Marco Costa

Dott. Ing. Arianna Bichicchi

Dott. Ing. Claudio Lantieri

Anno Accademico 2014/15

Sessione III

Parole chiave

Self-explaining roads

Intersezioni a raso

Autoesplicativa

Mobile Eye Tracker

Indice

Introduzione.....	1
Capitolo 1 L'interazione strada-utente.....	3
1.1 L'influenza della capacità di guida degli utenti nella progettazione stradale.....	3
1.2 La ricerca delle informazioni da parte degli utenti della strada.....	4
1.2.1 Operare come utenti della strada virtuali.....	8
1.3 Condizioni ambientali, scansione dell'ambiente e ricerca di informazioni	9
1.3.1 Introduzione.....	9
1.3.2 Scansione dell'ambiente.....	10
1.4 Il ruolo delle intersezioni nella sicurezza stradale	12
1.4.1 Intersezioni a raso di tipo lineare.....	14
1.4.2 Visibilità nelle intersezioni a raso	17
1.4.3 Manovre di svolta a destra e a sinistra.....	23
1.4.4 Interventi a favore degli utenti deboli	25
Capitolo 2 Il concetto di self-explaining applicato alla progettazione stradale	
27	
2.1 Introduzione	27
2.2 Affordance: dal sistema cognitivo alla progettazione	27
2.3 Self-explaining roads	30
2.3.1 Marcatori di pericolo	32
2.3.2 Delineamento.....	34
2.3.3 Segnali attivati dal veicolo	35
2.3.4 Trattamenti della superficie	36
2.3.5 Strisce rumorose trasversali.....	38
2.3.6 Barre Ottiche	39
2.3.7 Transizioni e ingressi.....	40

Indice

2.3.8	Visibilità e distanza dello sguardo	41
2.3.9	Oggetti ripetitivi lungo la strada	42
2.4	Obiettivi della fase progettuale	44
Capitolo 3	La strumentazione utilizzata: Mobile Eye Tracker	45
3.1	Introduzione	45
3.2	Mobile Eye Tracker	47
3.3	Nozioni di base di eye tracking	51
3.4	Operazioni del Display/Transmit Unit.....	54
3.5	Operazioni con il software Eye Vision.....	56
3.5.1	Registrazione dei movimenti oculari e della scena	56
3.5.2	ASL result software	64
3.5.3	Riproduzione della registrazione sul ME PC	64
3.5.4	Esempio di Logged Data File	65
3.5.5	Copiare i video sull'hard disk	66
3.5.6	Osservazione del video in tempo reale	66
Capitolo 4	Descrizione del campo prova	67
4.1	Introduzione	67
4.2	Monitoraggio con dispositivi elettronici per l'intersezione sperimentale (non autoesplicativa)	68
4.2.1	Caratteristiche	68
4.2.2	Metodologia.....	70
4.2.3	Criteri di significatività del campione	74
4.2.4	Analisi descrittiva del campione	74
4.3	Monitoraggio con dispositivi elettronici per l'intersezione di controllo (autoesplicativa)	77
4.3.1	Caratteristiche	77
4.3.2	Metodologia.....	78

Indice

4.3.3	Criteri di significatività del campione	79
4.3.4	Analisi descrittiva del campione	79
4.4	Analisi con Mobile Eye Tracker	81
4.4.1	Criteri di significatività del campione	81
4.4.2	Mezzo della prova	82
4.4.3	Calibrazione della strumentazione	82
4.4.4	Metodologia e descrizione del campione per l'intersezione sperimentale.....	83
4.4.5	Metodologia e descrizione del campione per l'intersezione di controllo.....	86
Capitolo 5	Analisi dei dati derivanti dal monitoraggio attraverso i dispositivi elettronici	89
5.1	Introduzione	89
5.2	Analisi aggregata sul comportamento dell'utente	91
5.2.1	Analisi sull'attenzione	91
5.2.2	Analisi sul rallentamento	92
Figura 5-2	Istogramma relativo alla voce "rallenta"	92
5.2.3	Analisi sull'arresto.....	93
5.2.4	Considerazioni sulla visibilità e la leggibilità delle intersezioni ...	94
5.3	Analisi per categoria sul comportamento dell'utente	96
5.3.1	Analisi dell'attenzione in funzione della categoria: mezzo di trasporto.....	96
5.3.2	Analisi dell'attenzione in funzione della categoria: sesso dell'utente	97
5.3.3	Analisi dell'attenzione in funzione della categoria: età dell'utente 98	
5.3.4	Analisi del rallentamento in funzione della categoria: mezzo di trasporto.....	99

Indice

5.3.5	Analisi del rallentamento in funzione della categoria: sesso dell'utente	100
5.3.6	Analisi del rallentamento in funzione della categoria: età dell'utente	101
5.3.7	Analisi dell'arresto in funzione della categoria: mezzo di trasporto	102
5.3.8	Analisi dell'arresto in funzione della categoria: sesso dell'utente	103
5.1.1	Analisi dell'arresto in funzione della categoria: età dell'utente ..	104
5.4	Analisi sulla velocità tenuta dagli utenti.....	105
Capitolo 6	Analisi dei dati ottenuti con strumentazione Mobile Eye Tracker	109
6.1	Introduzione	109
6.2	Campione per l'analisi	109
6.3	Determinazione delle fissazioni.....	110
6.4	Analisi della visione della segnaletica verticale: risultati.....	115
6.5	Analisi delle fissazioni: risultati	115
6.5.1	Analisi delle fissazioni prima dell'intersezione	116
6.5.2	Analisi delle fissazioni dopo l'intersezione.....	116
6.5.3	Analisi delle fissazioni totali	116
6.5.4	Significatività dei risultati	116
6.6	Correlazioni tra l'analisi con dispositivi elettronici e strumentazione Mobile Eye Tracker	117
Conclusioni.....		119
Bibliografia		123
Appendice		127

Introduzione

Lo scopo del presente elaborato è lo studio del comportamento di utenti alla guida in corrispondenza di intersezioni a T nelle quali la precedenza non è riservata alla corrente principale ma bensì a quella secondaria.

In particolare la tesi evidenzierà il comportamento di guida in prossimità di un'intersezione a T di tipo standard -definendola *autoesplicativa*- ed una di tipo sperimentale -definendola *non autoesplicativa*-.

Per intersezione standard si intende un'intersezione in cui il ramo che gode del diritto di precedenza è quello primario, viceversa per intersezione sperimentale si attribuisce il diritto di precedenza al ramo che secondo le regole standard di progettazione stradale è definito come secondario.

La differenza comportamentale degli utenti sarà studiata attraverso due fasi, ovvero il monitoraggio di un campione con dispositivi elettronici e una successiva analisi più approfondita con apparecchiatura Mobile Eye Tracker.

Il primo capitolo rivolge l'attenzione sull'interazione strada-utente e in particolare sulle informazioni che esso ricerca durante la guida.

Nel secondo capitolo verranno trattati i concetti del *self-explaining roads* e dell'*affordance*.

Il terzo capitolo comprende una descrizione del funzionamento e della componentistica del Mobile Eye preceduto da un approfondimento sulle caratteristiche dell'apparato visivo.

Il quarto capitolo espone le prove compiute con le due differenti metodologie (monitoraggio con dispositivi elettronici e analisi con Mobile Eye), ciascuna delle quali avvenuta in entrambe le intersezioni. Per entrambe le fasi si descrivono la metodologia, i criteri utilizzati ed un'analisi descrittiva del campione.

Nel quinto capitolo si mettono in evidenza i risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati acquisiti tramite il monitoraggio con dispositivi elettronici.

Il sesto capitolo tratta i risultati che si ottengono attraverso le analisi effettuate con l'apparecchiatura Mobile Eye.

Nelle conclusioni si espongono le possibili soluzioni da adottare.

Capitolo 1 L'interazione strada-utente

1.1 *L'influenza della capacità di guida degli utenti nella progettazione stradale*

Il sistema stradale è composto da tre principali componenti: la strada, la segnaletica e l'utenza con o senza veicoli. Queste tre componenti devono essere in grado di interagire in sicurezza e in modo efficiente tra loro.

Ogni componente al suo interno presenta comunque notevoli differenze.

Per quanto riguarda le strade, esse assolvono funzioni differenti in base alla rete stradale di appartenenza e in base al territorio. Perciò, come precisato dalla normativa italiana, risulta fondamentale una classificazione della rete stradale in base a vari fattori, quali il movimento servito, l'entità dello spostamento, la funzione assunta nel contesto territoriale che attraversa, le componenti di traffico e le relative categorie. Ad ogni classe di strada corrisponderanno differenti caratteristiche di progettazione.

I veicoli che percorrono la carreggiata presentano differenze dovute al peso, alle dimensioni e alle performances.

Infine l'utilizzatore dei servizi stradali è l'elemento più diversificato di tutti: comprende conducenti di veicoli a motore, biciclette, pedoni, ecc.

La progettazione stradale ha lo scopo di fornire agli utenti sicurezza ed efficienza, dunque le necessità e le costrizioni della progettazione stradale, della segnaletica stradale e degli utenti dovranno essere correttamente integrate.

I progettisti devono tener conto dell'impatto che hanno le loro decisioni progettuali sull'utenza, la quale deve percepire in maniera chiara e il più immediata possibile quali sono le regole da rispettare lungo l'intero tratto che stanno percorrendo.

I progettisti ed i *traffic engineers* devono essere in grado di realizzare soluzioni progettuali e operative che tengano conto dei principi legati ai fattori umani (*human factors*), considerando le esigenze e le limitazioni di tutti gli utenti della strada.

La guida sicura da parte dell'utente non dipende solo dalle regole che gli vengono fornite tramite segnaletica, ma è influenzata da ulteriori fattori: come il grado di attenzione dell'utente o lo scarso grado di competenza.

È possibile quindi individuare alcuni elementi che portano al degrado della prestazione:

- Mancanza di attenzione, in quanto alcuni utenti tendono a non considerare le altre componenti del sistema strada come un pericolo;
- Mancato rispetto delle regole, ad esempio: non rispettando i semafori rossi, eccedendo i limiti di velocità, non rispettando l'obbligo di precedenza, ecc.;
- Malintesi con gli altri utenti a causa dell'incapacità di comprendere le intenzioni degli altri;
- Scarsa visibilità: data dalla presenza di ostacoli, a causa di una progettazione sbagliata o a causa di condizioni ambientali e atmosferiche avverse.

I fattori che intervengono nella diminuzione delle prestazioni sono generalmente chiamati *human factors*. La maggior parte degli incidenti è riconducibile a ciò che un soggetto ha fatto o che non è riuscito a fare.

1.2 La ricerca delle informazioni da parte degli utenti della strada

Secondo le ricerche svolte, gli utenti, durante la guida classificano le strade e impostano le loro reazioni temporali sulla base dei precedenti comportamenti appresi (*Theeuwes e Diks, 1995*).

Il comportamento dell'utente dipende dalle informazioni che esso riesce ad apprendere.

L'utente è in grado di apprendere continuamente informazioni relative alla navigazione (cioè il percorso per portarsi da un punto iniziale ad uno finale), alla guida (esempio decidendo in quale corsia procedere) e al veicolo (variando la velocità, sterzando e frenando).

La modalità di ricerca delle informazioni è piuttosto semplice, l'utente osservando l'ambiente stradale cerca l'informazione più significativa (*meaningful information*) relativamente alla posizione spaziale e temporale

occupata in quell'istante. L'attenzione con cui gli utenti scansionano l'ambiente dipende dalla percezione di eventuali situazioni di pericolo. Questo processo di ricerca è continuativo e dura per tutto il viaggio.

La velocità di scansione dell'ambiente stradale non è costante perché dipende da diversi fattori: disegno geometrico della carreggiata, velocità del veicolo, volume del traffico, condizioni meteorologiche, presenza di pedoni, ecc.

La velocità di scansione può essere molto lenta se l'utente percepisce come non rischioso il paesaggio esterno.

Le prime ricerche sulla scansione dell'ambiente durante la guida furono fatte da *Mourant, Rockwell and Rackoff (1969)*.

L'utilizzatore della strada può solo sopportare ed elaborare una quantità limitata di informazioni in un breve periodo di tempo. Per descrivere il tempo di percezione e reazione (*perception-reaction time, PRT*), *Johannson e Rumar (1971)* usarono una scala da 0 a 6 bits di informazione attesa ed inattesa che l'utente stradale può processare per secondo. Essi osservarono che il guidatore medio era in grado di processare circa a 1 e 1,5 bits di informazione per secondo rispettivamente per situazioni impreviste e previste. Dunque più difficili erano i compiti con i quali l'utente doveva confrontarsi, più a lungo dava una risposta. Secondo la classificazione statunitense *AASHTO*, per situazioni impreviste molti conducenti richiedono tempi di reazione di 2,7 secondi (*AASHTO, 2011*).

Il compito dei progettisti stradali e dei *traffic engineers* è realizzare un ambiente stradale che tenga conto di questi tempi e che consideri la capacità di scansione degli utenti. I progettisti usano spesso criteri basati sulla relazione distanza-velocità (distanza per l'arresto, per il sorpasso, di visibilità alle intersezioni) per specificare gli elementi di progetto e nel posizionamento di dispositivi di gestione del traffico (semafori, ecc.), i criteri sulla distanza sono quindi basati sul tempo e su come esso viene utilizzato dai guidatori.

Di seguito si riporta la ricerca effettuata da *Tignor (2006)*, tale ricerca è utile ai progettisti in quanto rivela quale informazioni gli utenti della strada percepiscono.

La ricerca consiste nel mostrare a vari soggetti delle immagini statiche di scene riguardanti diverse situazioni presenti nella carreggiata con o senza veicoli

L'interazione strada-utente

nella corsia opposta. Ai soggetti è stato chiesto di individuare le informazioni più importanti che prenderebbero in considerazione qualora si trovassero in quella situazione durante la guida. La scala di colori indica l'importanza delle informazioni, in verde scuro è indicata l'informazione prioritaria mentre in viola quella meno rilevante. La strada è in un contesto suburbano con limite di velocità di 35 mi/h.

Lo scopo è capire come il soggetto individui le informazioni significative (MMI).

Esempio 1: nella Figura 1-1 si osserva che nel caso non ci siano altri veicoli in movimento molti elementi sono individuati come possibili fonti di informazioni significative.



Figura 1-1 Immagine della strada senza la presenza di veicoli in avvicinamento

La presenza di veicoli in avvicinamento cambia ciò che gli utenti considerano come informazioni importanti. In Figura 1-2 si nota come con veicolo in avvicinamento le attenzioni vengono concentrate su di esso.

Considerando la frequenza di fonti visive di informazioni significative si ha che l'utente presta attenzione maggiormente ai veicoli che si avvicinano, poi agli incroci ed infine alla curva in lontananza.

I soggetti riassumendo tendono quindi a focalizzarsi prima sulla presenza di eventuali veicoli e solo successivamente sulle informazioni utili per la guida e il controllo del veicolo.

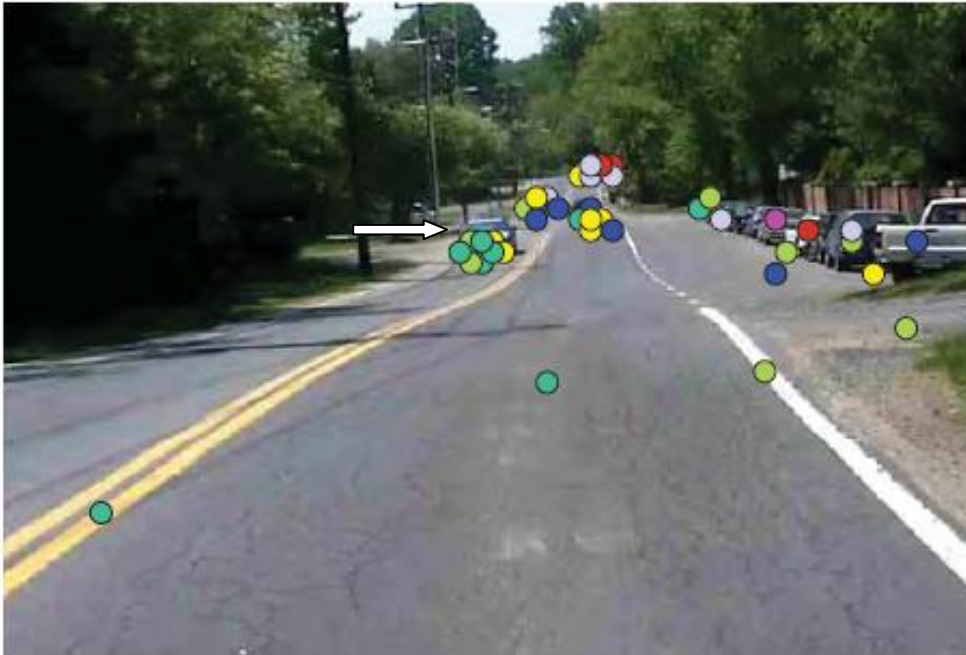


Figura 1-2 Immagine della strada con veicolo in avvicinamento (indicato con la freccia bianca)

Esempio 2: la Figura 1-3 rivela invece la confusione che si genera nell'utente quando non viene realizzato il coordinamento tra progetto e segnaletica.

Il dosso non rende visibile le auto che sopraggiungono dal ramo ascendente del raccordo verticale. Appena a monte della cresta del dosso c'è un segnale che riporta un limite di velocità. I cerchi colorati mostrano che molti soggetti guardano tanto il segnale del limite di velocità, come prima o seconda fonte di informazioni significative, quanto la cresta del dosso dal lato della corsia opposta, la quale potrebbe coprire l'avvicinarsi di un eventuale veicolo o altri pericoli.

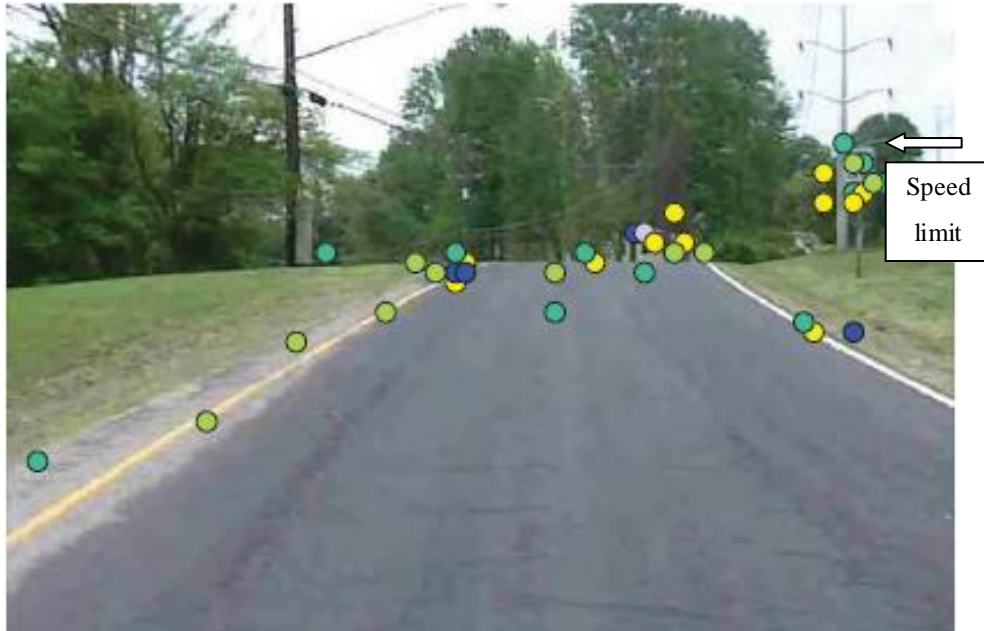


Figura 1-3 Dosso e cartello del limite di velocità

Il dosso da solo costituisce, per le sue caratteristiche, un pericolo. In questo caso poi si aggiunge l'ulteriore rischio costituito dal segnale con il limite di velocità in quanto fonte di distrazione per l'utente.

In questo esempio si evince come manchi un coordinamento tra chi ha progettato la strada e chi ha posto la segnaletica, creando così una certa confusione negli utenti; senza il cartello il conducente avrebbe più tempo per cercare le informazioni significative riguardanti le sole situazioni di pericolo che potrebbero generarsi sulla cresta del dosso.

Dal punto di vista della sicurezza, il segnale del limite di velocità va spostato.

1.2.1 Operare come utenti della strada virtuali

I progettisti stradali e i *traffic engineers* devono trarre insegnamento dalle esperienze dei guidatori identificando ciò che essi considerano importante.

Il 90% degli stimoli in input durante la guida sono visivi e in base a queste informazioni visive, ottenute dalla strada, il conducente manovra il veicolo (*Hartman, 1970*).

Per prendere delle decisioni in modo sicuro, queste informazioni visive non possono essere confuse e devono essere complete ed accurate.

La tecnologia *Eye Scanning* è stata utilizzata, sia in condizioni reali che simulate, per ottenere informazioni su che cosa i guidatori guardano nel loro campo visivo. In letteratura sono riportate ricerche su guidatori esperti e neopatentati (*Mourant e Rockwell, 1972*), sui gradi longitudinali e laterali della zona delle fissazioni dell'occhio (*Shinar, McDowell e Rockwell, 1977*), sul disegno degli strumenti sulla plancia del veicolo (*Dingus, Antin, Hulse e Wierwille, 1989*) e sui segnali stradali (*Smiley et al., 2005*). Queste ricerche hanno fornito molti risultati, per esempio: *Mourant e Rockwell (1972)* stimarono che il 70% delle occupazioni dell'occhio dei conducenti era per le posizioni laterali; *Shiner et al. (1977)* trovarono che i movimenti laterali dell'occhio aumentano durante una curva in una strada con due corsie e iniziano dai 2 ai 3 secondi prima di entrare in curva; *Harbluk, Noy e Eizenman (2002)* riportano che l'80% di tutte le fissazioni dei guidatori sono dentro ai 15° centrali del campo visivo; *Gordon (1966)* riporta che il 98% delle fissazioni cade vicino o proprio sul bordo o sulla linea centrale. Anche se questi risultati sono interessanti, i ricercatori devono dedurre ed ipotizzare (compito non facile) quali elementi influenzano le decisioni da prendere durante la guida.

Ai progettisti e a chi gestirà il traffico spetterà il ruolo di identificare quegli elementi che costituiscono criticità per gli utenti della strada. Dovranno individuare le informazioni contrastanti e fuorvianti, cercando di realizzare un ambiente chiaro in modo tale da poter essere interpretato dai conducenti rapidamente, accuratamente e in maniera sicura.

1.3 Condizioni ambientali, scansione dell'ambiente e ricerca di informazioni

1.3.1 Introduzione

I progettisti e i *traffic engineers* devono considerare i fattori umani degli utenti combinati con quattro importanti elementi:

- Parametri geometrici;
- Carreggiata e manovre dei veicoli;
- Tipologia di strada;

- L'ambiente intorno alla carreggiata.

Il guidatore ha a disposizione solo poco tempo per prendere delle decisioni e non ha tempo sufficiente per estrarre tutte le informazioni che desidera. Quindi sulla base delle informazioni elaborate devono compiere delle scelte. Nel seguito verrà descritto il modo in cui l'uomo-guidatore ricerca le informazioni utili.

1.3.2 Scansione dell'ambiente

Mentre si guida, si cammina, si corre o si va in bicicletta, l'uomo continuamente scansiona l'ambiente che sta immediatamente a valle e che dovrà affrontare (*Robinson, Erickson, Thurston e Clark, 1972*) (Figura 1-4).

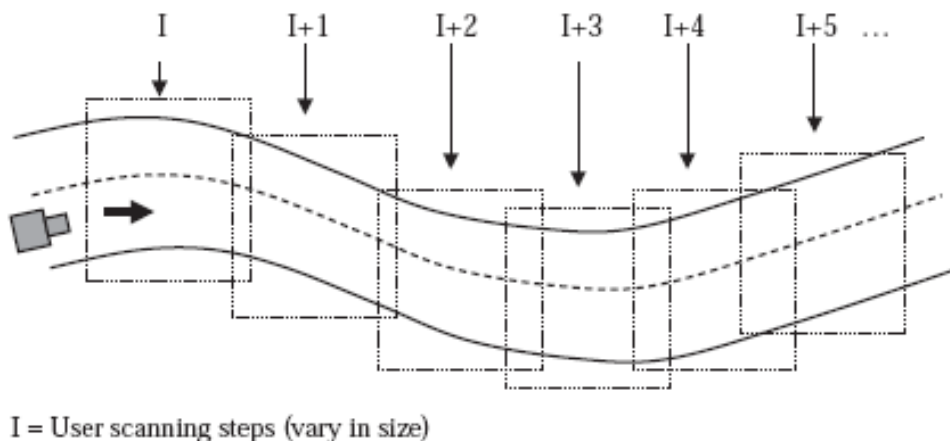


Figura 1-4 L'utente scansiona la strada in steps

Nella posizione (o al tempo) I, il conducente osserva l'ambiente stradale e le condizioni del traffico riconoscendo le informazioni significative (*meaningful information*) per quell'istante temporale ed in quella posizione spaziale (*Tignor, 2006*).

Tale processo si rigenera nella nuova posizione (o l'istante) I+1.

I motivi che possono portare ad una rigenerazione ed una conseguente acquisizione di nuove informazioni per la posizione I+1 sono i seguenti:

- La sezione può avere un aumento od una diminuzione delle corsie;

L'interazione strada-utente

- Il traffico a valle, nella corsia percorsa dal guidatore, può essere lento o fermo;
- Un pedone può camminare lungo il ciglio senza guardare il veicolo in avvicinamento;
- Ci può essere l'inserimento da una strada laterale di altro flusso veicolare;
- Il semaforo può cambiare da verde a rosso.

Le dimensioni degli *scanning steps* (passi di scansione) possono variare in funzione dell'utente, del tipo di manovra/operazione che si sta effettuando, delle caratteristiche stradali e dell'ambiente (Tabella 1-1).

Tutti gli utenti della strada campionano l'ambiente stradale per ottenere le informazioni, il tasso di campionamento (*sampling rate*) è definito in funzione di:

$$\text{Sampling rate} = f(\text{utente, operazioni, strada, ambiente})$$

Factor	Variable	
User	Age Vision Experience	Cognitive ability Road familiarity
Operations	Speed Vehicle type Traffic volume	One-way flow Two-way flow Control type
Highway	Functional class Lane width Shoulder width Sight distance Pavement type and condition	Condition Roadside Grades Curvature
Environment	Weather Land use Pedestrians Urban	Rural Time of day Light condition Scenic/interest attractions

Tabella 1-1 Scanning steps

È possibile dunque trattare l'utente come un computer: il soggetto scansionando la strada aggiorna il database delle informazioni (update) ed in base ad esse effettua le decisioni.

Tale processo è sintetizzato attraverso la seguente espressione:

$$\text{Informazione } (t) = \text{Informazione } (t - 1) + \text{variazioni durante } \Delta t$$

In cui:

- t è il tempo;
- Δt è il tempo di campionamento.

Ciò che è difficile è identificare le variazioni che si sono verificate durante l'intervallo di campionamento (Δt). Le variazioni riguardano gli elementi rilevati dall'utente all'interno della scansione visiva. L'importanza degli elementi può essere elevata o ridotta a seconda del rapporto che hanno con le esigenze dell'utente al tempo t e possono avere un impatto diretto sui compiti che il conducente deve gestire, come mantenere il controllo del veicolo, oppure servire come utili informazioni per definire la strada e l'ambiente che si avvicina.

Le dimensioni degli steps non sono le stesse per tutti gli ambienti stradali. Gli steps successivi devono sovrapporsi da una sezione a quella più prossima in modo da garantire la continuità del percorso di viaggio e in modo da non trascurare potenziali informazioni significative.

Infine nel progetto stradale dovranno essere integrati i principi legati agli *human factors* e quindi il progettista dovrà evitare soluzioni che comportino nell'utente un sovraccarico di compiti e decisioni.

1.4 Il ruolo delle intersezioni nella sicurezza stradale

Si definisce intersezione stradale l'area individuata da tre o più tronchi stradali (rami) che convergono in uno stesso punto.

Le intersezioni stradali vengono distinte in base alla tipologia in:

- Intersezioni a raso lineare: consentono le manovre di intersezione e i rami confluenti risultano complanari;
- Intersezione a livello sfalsati: eliminano i punti di intersezione e le correnti sono sfalsate almetricamente;
- Intersezione a raso con rotonda: eliminano i punti di intersezione.

Il deflusso dei veicoli nelle intersezioni a raso può essere regolato con uno dei seguenti sistemi: precedenza a destra, priorità per una strada principale con controllo tramite segnale di Stop o di "dare la precedenza", controllo semaforico, rotonda oppure zona di scambio.

Data un'intersezione a raso, qualunque sia la manovra da compiere, si verificano una o più interferenze fra correnti. Le interferenze rappresentano potenziali punti di conflitto (Figura 1-5) tra i veicoli, che dipendono da:

- numero di rami confluenti nell' intersezione;
- tipologia di intersezione;
- sistema di regolazione delle precedenze (segnale di STOP, semafori, ecc.).

I punti di conflitto si distinguono in: punti di conflitto di attraversamento, di diversione e di immissione.

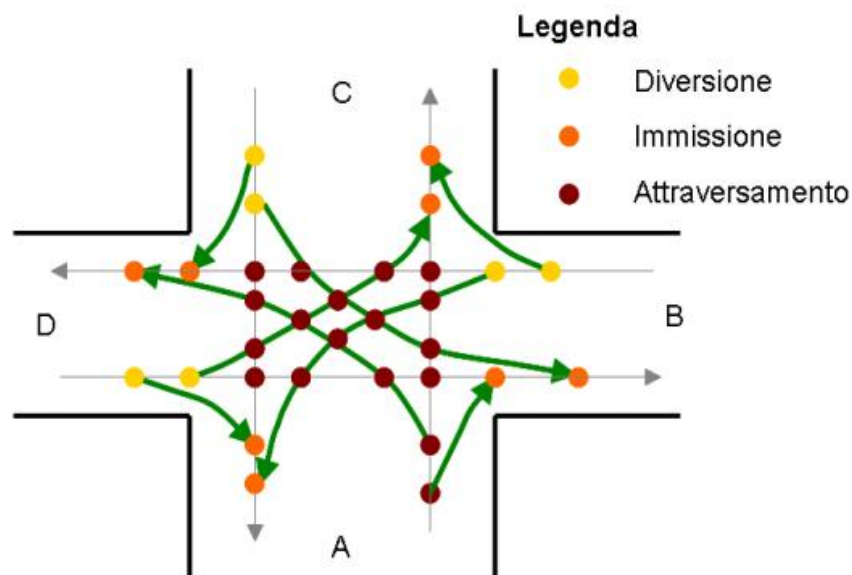


Figura 1-5 Punti di conflitto di un'intersezione a quattro rami

L'intersezione a livelli sfalsati invece è un'intersezione di due o più strade situate ad altezze diverse, il collegamento fra queste strade avviene attraverso infrastrutture quali rampe, sovrappassi o sottopassi. Questa tipologia è obbligatoria per tutte quelle strade (autostrade) che non ammettono intersezioni a raso, in quanto sono caratterizzate da flussi veicolari talmente sostenuti che non possono ammettere attraversamenti delle correnti di traffico in nessuno dei due sensi di percorrenza.

Per quanto riguarda le rotonde, esse vengono utilizzate come dispositivi di *traffic calming* ovunque si vogliano ridurre gli effetti negativi prodotti dal traffico e dalla velocità dei veicoli.

Le intersezioni stradali al fine di svolgere efficacemente la loro funzione, devono essere progettate in modo tale che gli utenti possano riconoscere l'itinerario programmato e attuare le conseguenti scelte circa la direzione da seguire. Lo schema dell'intersezione deve risultare congruente con le caratteristiche della strada e dei flussi che vi convergono.

Ogni corrente in entrata o in uscita si distribuisce in una corrente diretta e in una o più correnti di svolta. Le correnti dirette vengono definite principali rispetto a quelle di svolta che si definiscono secondarie. Ai fini della sicurezza le caratteristiche della zona di intersezione, che deve essere visibile da una determinata distanza, devono essere facilmente individuabili.

1.4.1 Intersezioni a raso di tipo lineare

L'intersezione a raso è un semplice incrocio fra due o più strade i cui flussi di traffico sono contrastanti.

Per una corretta progettazione delle intersezioni bisogna che siano verificate alcune condizioni:

- le interferenze devono essere funzionali con le intersezioni adiacenti;
- ci deve essere compatibilità con le condizioni plano-altimetriche degli assi confluenti;
- ci deve essere compatibilità con le caratteristiche della sede viaria.

- per quanto riguarda l'interferenza con nodi adiacenti, nel calcolo della distanza minima bisogna considerare anche l'affissione della segnaletica di preavviso.

Per le condizioni plano-altimetriche e le caratteristiche della sede, valgono le seguenti avvertenze:

- le intersezioni devono essere realizzate preferibilmente in corrispondenza di tronchi stradali rettilinei, possono essere realizzate anche in tratti curvilinei ma nel rispetto delle distanze minime di visibilità;
- per le intersezioni a raso gli assi delle strade convergenti non devono formare angoli inferiori a 70°.

Si intende mettere in risalto come le intersezioni stradali, pur costituendo la parte spazialmente meno estesa della rete stradale urbana, rappresentino punti singolari per i quali occorre prevedere studi approfonditi; i punti focali sui cui si concentra l'attenzione sono: numero e disposizione dei bracci, distanza tra le intersezioni, ottimizzazione delle condizioni di visibilità, accorgimenti per manovre di svolta a destra e a sinistra, accorgimenti a favore di utenti deboli.

Ai fini della sicurezza il numero di rami che convergono in un incrocio svolge un ruolo fondamentale.

Gli esempi riportati in Figura 1-6 mostrano come tale numero influenzi in modo direttamente proporzionale i punti di conflitto risultanti.

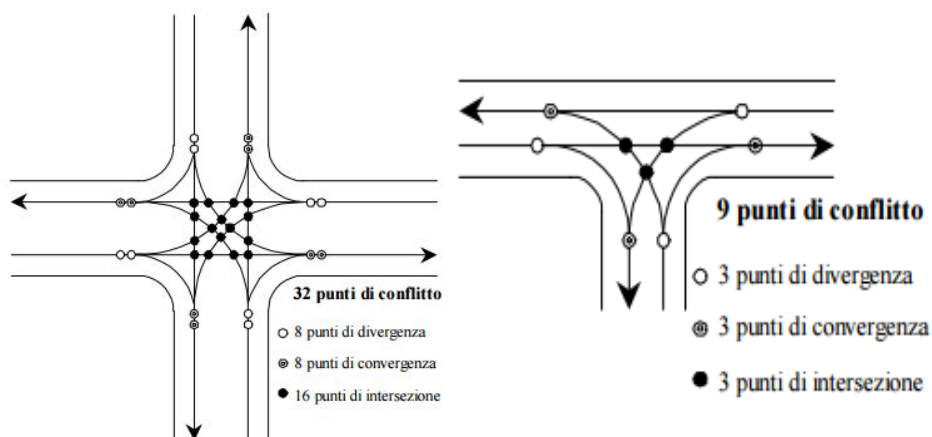


Figura 1-6 Punti di conflitto in una intersezione a quattro rami e in una intersezione a T

I progettisti devono tener conto di tutto ciò che possa garantire maggior sicurezza possibile, per esempio si è stabilito che il numero ottimale di bracci confluenti in un'intersezione è di quattro. Un numero più elevato di bracci renderebbe difficile un'immediata comprensione sia per quanto riguarda la direzione da intraprendere, sia per l'orientamento, inoltre se considerassimo un'intersezione con un volume di traffico elevato con l'aumentare del numero di bracci si avrebbe un rallentamento generale della mobilità.

Chiaramente, i quattro bracci che si intersecano saranno regolamentati da una gerarchia di precedenza o lanterne semaforiche, la scelta viene effettuata valutando le caratteristiche di ogni incrocio.

Per quanto riguarda invece la disposizione dei bracci nell'intersezione, è da valutare anzitutto l'entità dell'angolo con il quale i segmenti si incontrano. La soluzione maggiormente vantaggiosa sarebbe quella che fa intersecare i segmenti stradali con un angolo di 90° . Angoli più acuti creano un'area di intersezione più lunga e aumentano perciò il tempo di percorrenza dell'area dell'incrocio e quindi la permanenza dei veicoli in un'area pericolosa; l'angolo retto garantisce invece una minimizzazione dell'area dell'incrocio stesso. L'angolo di 90° migliora inoltre le condizioni di visibilità in quanto in un incrocio ad angolo retto si ha una buona visuale in tutte le direzioni, mentre un angolo maggiormente acuto garantirebbe un'ottima visione da un lato, ma una molto ridotta dal lato opposto.

Per la creazione di una corretta disposizione dei bracci in un'intersezione è opportuno mantenere un tratto di almeno 20 m in corrispondenza dell'intersezione, la quale come detto dovrà avere un angolo il più possibile vicino ai 90° . Se ciò non è possibile a causa per esempio della configurazione territoriale, l'angolo deve essere almeno compreso fra i 75° e i 105° .

La modalità di disposizione dei bracci può influenzare anche la percezione di precedenza di un tratto stradale su di un altro: una strada dotata di precedenza dovrebbe essere rettilinea, o comunque presentare meno variazioni strutturali rispetto ad una sua subordinata, anche per andare incontro alle regole percettive alle quali si è accennato parlando del nostro sistema cognitivo.

Analizzando la Figura 1-7 si evince come la situazione rappresentata in a) è inadeguata e disfunzionale, dato che il flusso AB è maggiore rispetto al tratto

AC, in quanto non solo il flusso più grande invece di essere facilitato nello scorrimento viene invece rallentato dalla curva, ma gli utenti sono portati intuitivamente a percepire il tratto AC come strada principale e potrebbero non notare la segnaletica di precedenza che vige in quel tratto, proprio perché contro intuitiva.

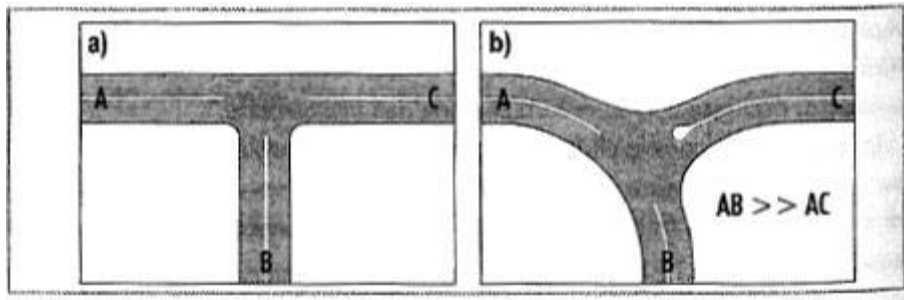


Figura 1-7 Differenze di adeguamento in funzione del flusso

La situazione b) rappresenta invece la soluzione progettuale più funzionale, a livello di gestione della posizione dei bracci nell'intersezione, in quanto rendendo più curvilineo il tratto AB elimina quella curva iniziale che può confondere l'utente. Inoltre in questa situazione il tronco C converge nell'incrocio con un angolo compreso tra i 75° e i 105°, presentandosi percettivamente agli individui alla guida come una strada secondaria, o comunque un tratto che converge in un punto pericoloso e sul quale è necessario porre attenzione.

1.4.2 Visibilità nelle intersezioni a raso

Nell'ambito della sicurezza alla guida la visibilità è una caratteristica importante.

Le intersezioni stradali devono consentire ai conducenti una visibilità sufficiente per:

- verificare la presenza di veicoli in arrivo sulla strada che si interseca;
- decidere quale manovra effettuare;

- compiere e completare la manovra in tutta sicurezza, riducendo al minimo il rischio di collisione con il veicolo che sopraggiunge sull'altra via.

Alla guida lo sguardo dell'utente è collocato in media ad una quota di 1,10 metri da terra, dunque bisogna evitare elementi, impedimenti progettuali o ambientali che possano ostruire la vista almeno in questo spazio.

La visuale può essere ostruita da alberi, cartelli pubblicitari o vegetazione bassa e fitta.

Per garantire visibilità si utilizza il metodo dei triangoli di visibilità. Il triangolo di visibilità è una zona sgombra da ostacoli, di altezza superiore al metro, che consente ai veicoli di vedersi reciprocamente.

La Figura 1-8 mostra un triangolo di visibilità in un'intersezione libera, dove vale cioè la regola della precedenza a destra.

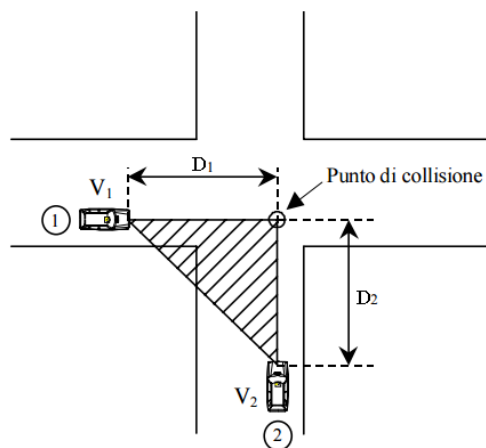


Figura 1-8 Area del triangolo di visibilità

Siano V_1 e V_2 due veicoli con distanza di arresto rispettivamente D_1 e D_2 .

Quest'ultima è pari allo spazio minimo necessario affinché un conducente possa arrestare il veicolo in condizioni di sicurezza davanti ad uno ostacolo imprevisto. Questa grandezza varia da strada a strada in funzione della conformazione della stessa (lunghezza del tratto, ampiezza della curvatura), l'espressione matematica che permette di valutarla tiene conto dei seguenti elementi: velocità di riferimento del ramo in questione, accelerazione di gravità

g, coefficiente di aderenza longitudinale che diminuisce all'aumentare della velocità di marcia, pendenza longitudinale del ramo di ingresso che può essere in salita o in discesa e, di maggiore interesse psicologico, il tempo di reazione complessivo.

Il tempo di reazione è definito come l'intervallo di tempo che separa uno stimolo da una reazione volontaria ad esso, in condizioni di normalità è circa 1 secondo. Il tempo di reazione è fondamentale per esempio per il calcolo della distanza di sicurezza. Si consideri la formula per il calcolo di quest'ultima:

$$\Delta sr = v \cdot (1s) \quad [m]$$

Dove:

- Δsr è lo spazio che viene percorso durante il processo che va dalla percezione del rischio all'attuazione del comportamento;
- v è la velocità di marcia moltiplicata per il tempo di reazione (1s).

Se l'ostacolo dista meno di Δsr metri dall'auto non si ha il tempo mentale di reagire e si urta contro l'ostacolo. Il tempo di reazione come processo, seppur rapidissimo non è immediato e comporta un'elaborazione da parte del nostro sistema cognitivo, la quale per definizione può essere errata e portare al verificarsi di errori di vario tipo.

Il tempo di reazione complessivo si divide nelle due fasi di percezione:

- La fase percettiva in cui il rischio viene riconosciuto generando la reazione, questa fase è preceduta da una fase psicologica, valutativa di una situazione potenzialmente rischiosa, durante la quale, anche se per pochi attimi, il soggetto riconosce il rischio e decide la reazione appropriata;
- La fase di reazione, durante la quale il soggetto frena, sterza, devia per evitare il pericolo, questa è una fase meccanica.

Le norme distinguono tre casi diversi di calcolo per i triangoli di visibilità:

- Intersezione libera;
- Intersezione regolata dal segnale di precedenza;
- Intersezione regolata dal segnale di Stop.

In questo processo si distinguono tre tipi di errori cognitivi, gerarchici. Percezioni errate o mancate portano ad un primo tipo di errore cognitivo chiamato *errore di percezione*.

Se invece dopo aver percepito correttamente lo stimolo si erra nel decidere sul da farsi (esempio: in presenza di un ostacolo si deve decidere velocemente se frenare o schivarlo) si ha, nella gerarchia degli errori cognitivi, il secondo tipo di errore chiamato *errore di decisione*.

L'ultimo tipo di errore, l'*errore di azione*, avviene quando dopo aver percepito correttamente lo stimolo e aver deciso adeguatamente come comportarsi (esempio supponiamo che in quella situazione la cosa migliore sia frenare per evitarlo) si pecca nell'azione vera e propria (azionando la frizione al posto del freno).

Quindi in situazioni di scarsa visibilità le probabilità di incorrere in errori di percezione, i primi a verificarsi, aumenta di molto e dunque la costruzione dei triangoli di visibilità, eseguita considerando sia i fattori fisici di spazio e velocità impiegati in un particolare ambiente, ma anche la componente psicologica umana implicata nella situazione, sia un'ottima soluzione progettuale volta a creare una migliore leggibilità complessiva in un incrocio.

È da sottolineare come in base al tipo di regolamentazione dell'incrocio, vari il criterio di costruzione dei triangoli di visibilità. A seconda del tipo di intersezione, nel caso in cui questa sia libera o regolamentata da segnali di precedenza, ci sono differenti triangoli di visibilità:

- Per l'intersezione libera (Figura 1-9), per la quale la precedenza viene data alla destra senza alcuna corrente privilegiata, la collisione può essere evitata se i veicoli che sopraggiungono si possono reciprocamente vedere ad una distanza pari per ciascuno a quella di arresto. Si trovano così quattro triangoli di visibilità le cui ipotenuse delimitano la zona tratteggiata che deve essere libera da ostacoli affinché l'intersezione risulti sicura.

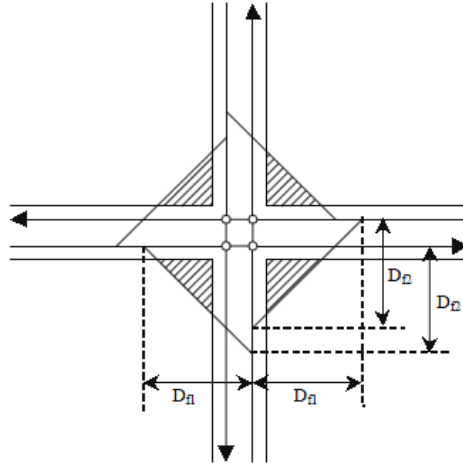


Figura 1-9 Triangolo di visibilità in una intersezione libera

- Per l'incrocio regolato dal segnale di "dare la precedenza" (Figura 1-10), la zona di visuale libera dovrà essere calcolata supponendo che il guidatore del veicolo che percorre a bassa velocità la strada secondaria, alla distanza di 30 metri dal ciglio della strada, possa vedere sull'asse della principale un tratto L .

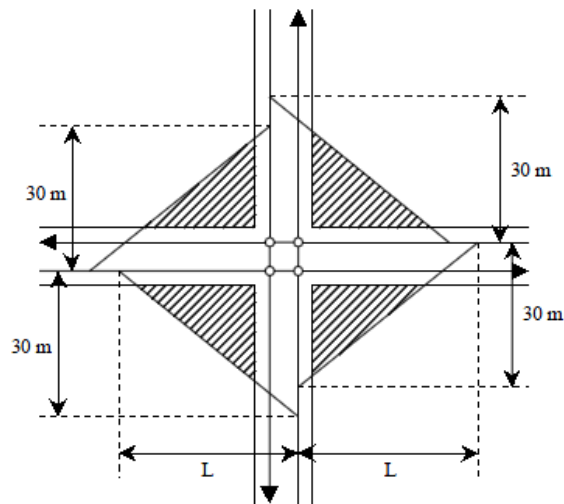


Figura 1-10 Triangolo di visibilità in una intersezione con vincolo di dare la precedenza

La lunghezza di L si ricava in funzione della velocità di riferimento dell'intersezione utilizzando la "curva A" dell'abaco in Figura 1-12. La

misura di L è tale che il conducente del veicolo proveniente dalla strada secondaria possa valutare la possibilità di immissione senza dover ridurre ulteriormente la velocità oppure considerare la necessità di arrestarsi.

- Infine nel caso di strada regolata dal "segnale di stop" (Figura 1-11) occorre assicurare al guidatore del veicolo su strada secondaria la visibilità di un tratto L' dell'asse principale sufficiente a consentirgli, partendo da fermo e da una distanza di 3 metri dal ciglio della strada principale, la manovra di immissione senza causare rallentamenti o altri condizionamenti nella corrente veicolare principale.

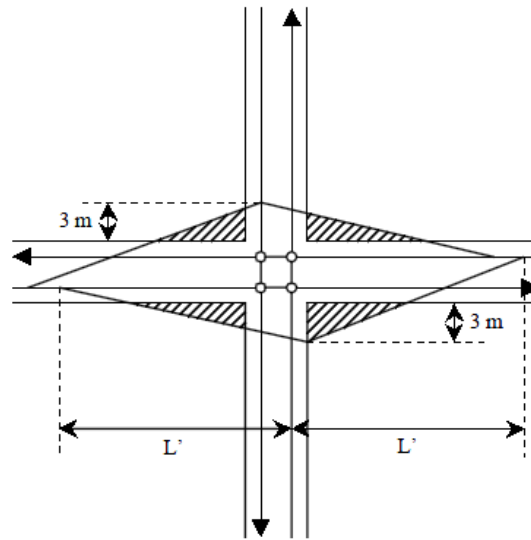


Figura 1-11 Triangoli di visibilità in un'intersezione regolata da Stop

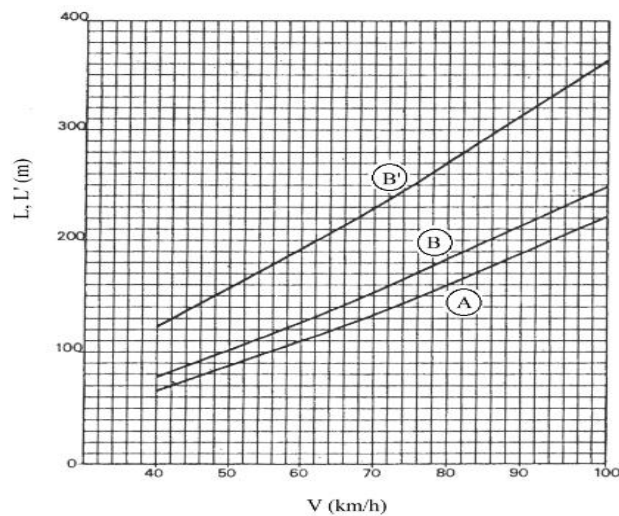


Figura 1-12 Abaco per il calcolo dei triangoli di visibilità

1.4.3 Manovre di svolta a destra e a sinistra

La svolta a destra avviene generalmente con una manovra diretta, i veicoli si trovano già sulla corsia di destra e per compiere una manovra nella stessa direzione non devono attraversare la carreggiata (cosa che avviene invece nella manovra a sinistra). Non ci sono punti di conflitto di intersezione in questo tipo di manovra, il che la rende abbastanza sicura.

Possono però esserci inconvenienti nell'effettuare la manovra di svolta nel caso di alto flusso di circolazione. L'alto traffico può portare a situazioni che minano la sicurezza stradale (code e conseguenti manovre di sorpasso di coda), perciò è necessario ottimizzare la geometria del raggio di svolta.

Una curva a destra (Figura 1-13), si pensi per esempio ad una strada a T, comporta una curva a 90° e dunque un significativo rallentamento da parte di chi intende svoltarvi. Il rallentamento è dato dal fatto che il raggio di svolta è molto corto. Se tale raggio venisse ampliato in lunghezza, la curva risultante diventerebbe più ampia e quindi affrontabile ad una velocità maggiore.

La possibilità di controllare le traiettorie dei veicoli, riducendo le frequenze delle manovre che possono degenerare in pericolosi conflitti tra veicoli, è garantita da particolari elementi progettuali delle intersezioni a raso: le isole di traffico. Queste hanno tre compiti:

- Canalizzazione: per il controllo e la gestione dei movimenti di traffico (solitamente quello che effettua la manovra di svolta);
- Divisione: per separare le correnti di traffico opposte o quelle marcianti nella medesima direzione (si tratta generalmente dei flussi veicolari in attraversamento);
- Rifugio: per la protezione dei pedoni.

La creazione di un'isola ha precise ed importanti funzioni progettuali:

- Interrompe l'impressione di continuità della via con obbligo di precedenza o stop;
- Induce al rallentamento o all'arresto dei veicoli;
- Determina le traiettorie di immissione o attraversamento della principale;
- Migliora la percezione dell'incrocio per gli utenti della principale;

- Governa le traiettorie in uscita dalla principale.

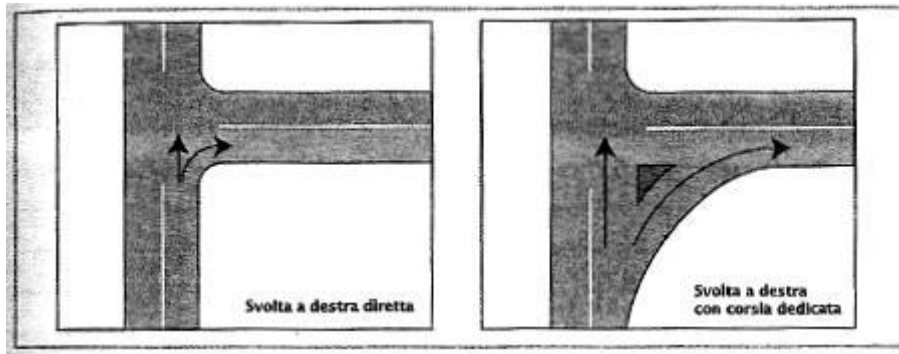


Figura 1-13 Creazione di una corsia dedicata con un più ampio raggio di curva per la manovra di svolta a destra. (Fonte: Canale, Distefano & Leonardi, 2009)

Le manovre di svolta a sinistra invece, sono più pericolose dato che implicano sia il fatto di dover dare la precedenza, sia l'attraversamento della carreggiata e quindi un conflitto con il flusso che sopraggiunge.

È opportuno quindi isolare fisicamente i veicoli che intendono svoltare a sinistra mediante la realizzazione di apposite canalizzazioni. E' possibile allargare in corrispondenza dell'intersezione la carreggiata della strada principale allo scopo di ricavare al centro di essa una corsia di accumulo, in cui i veicoli che devono svoltare a sinistra possano sostare in attesa di eseguire la manovra, senza intralciare i veicoli della loro stessa corrente che invece devono proseguire sulla strada principale.

Quando è necessario introdurre corsie di accumulo, di accelerazione o decelerazione, si devono impiegare gli schemi indicati nelle Figura 1-14 e Figura 1-15 rispettivamente per intersezioni a T e per quelle a quattro bracci.

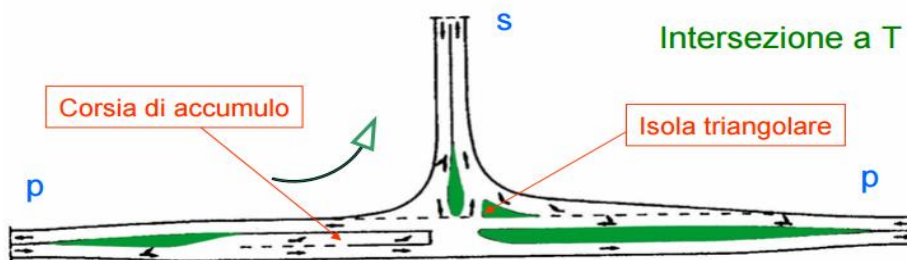


Figura 1-14 Schema di intersezione a raso T

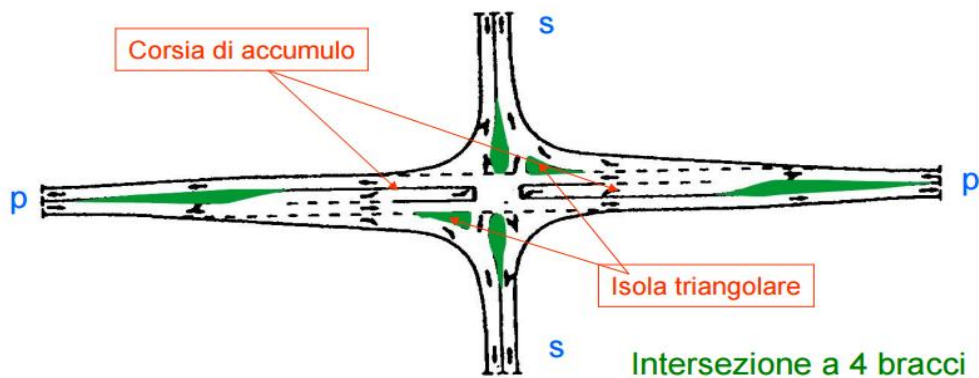


Figura 1-15 Schema di intersezione a raso a quattro bracci

1.4.4 Interventi a favore degli utenti deboli

Quando si parla di "utenza debole della strada" ci si riferisce usualmente a due categorie di utenti, pedoni e ciclisti.

Questa utenza sia perché non protetta da strutture esterne, sia perché composta in maniera cospicua da bambini e anziani risulta essere particolarmente esposta al rischio di riportare lesioni gravi o mortali come conseguenza di incidenti stradali. Va anche sottolineato che questa "debolezza" deriva anche dal comportamento degli altri utenti della strada che tendono decisamente ad ignorare bambini e anziani tra i fruitori dell'ambiente stradale. In Italia è stato stimato che il 96% degli incidenti pedonali avviene in ambito urbano e che di questi il 35% in prossimità di intersezioni stradali.

Le principali cause di insicurezza per i pedoni sono:

- Errati comportamenti degli utenti;
- Le caratteristiche geometriche delle intersezioni;
- L'elevata velocità dei veicoli.

In questo contesto assumono un ruolo fondamentale le procedure di analisi di sicurezza, cioè quelle tecniche di indagine mirate all'individuazione dei problemi di sicurezza e alla proposizione dei possibili interventi risolutivi. Sulla base degli studi nel settore della sicurezza stradale urbana è stato

possibile individuare gli aspetti che possono favorire la pericolosità delle intersezioni a danno delle utenze pedonali (Tabella 1-2).

Tipologia di intervento
Lunghezza degli attraversamenti pedonali maggiore di 10 m (senza interruzioni)
Possibilità di attraversare in ogni punto l'area di intersezione
Ridotta visibilità reciproca conducente/pedone a causa della conformazione geometrica dell'incrocio e/o per effetto di ostacoli alla visuale
Elevata velocità di approccio all'intersezione da parte dei veicoli motorizzati
Presenza di veicoli in sosta a ridosso dell'area d'incrocio
Attraversamenti pedonali distanti dal bordo dell'area d'intersezione
Scarsa visibilità degli attraversamenti pedonali durante le ore notturne
Attraversamenti pedonali non adeguatamente segnalati
Assenza di marciapiedi o presenza di marciapiedi di larghezza inadeguata
Presenza di numerosi poli attrattori per i pedoni (negozi, banche, uffici pubblici, etc.)
Attraversamenti pedonali distanti dalle fermate dei mezzi pubblici poste in corrispondenza dell'intersezione
Presenza di passi carrabili a ridosso degli attraversamenti pedonali

Tabella 1-2 Condizioni di insicurezza per i pedoni nelle intersezioni stradali

In Tabella 1-3 sono indicati tutti gli accorgimenti progettuali la cui presenza, nelle aree di intersezione, rappresenta un vantaggio per la salvaguardia delle utenze pedonali. Dalla combinazione ragionata di tali interventi si possono ottenere i cosiddetti schemi virtuali, ovvero quelle configurazioni ideali delle aree di incrocio in grado di soddisfare il principio di minimizzazione del rischio di incidente pedonale (Canale, Distefano, Leonardi 2008).

Tipologia di intervento
Attraversamenti pedonali rialzati
Attraversamenti pedonali disposti in corrispondenza dei poli attrattori di traffico
Attraversamenti vicini al bordo dell'area d'intersezione
Assenza di fermate dei bus disposte lontano dagli attraversamenti pedonali
Assenza di passi carrabili posti in corrispondenza degli attraversamenti pedonali
Elementi di dissuasione per l'attraversamento dei pedoni
Isole salvagente
Avanzamenti dei marciapiedi al fine di ridurre la lunghezza dell'attraversamento pedonale (< 10 m)
Dissuasori di sosta (fittoni dissuasori, avanzamenti dei marciapiedi, etc.)
Illuminazione artificiale
Marciapiedi di larghezza adeguata
Idonea segnaletica ed interventi sulla pavimentazione (vernici, rivestimenti, etc.)

Tabella 1-3 Accorgimenti progettuali per la sicurezza pedonale

Capitolo 2 Il concetto di self-explaining applicato alla progettazione stradale

2.1 Introduzione

Il *Traffic engineering*, ovvero “ingegneria del traffico” è la branca dell’ingegneria che applica tecnologie, scienza e fattori umani nella pianificazione, progettazione, manutenzione e gestione di strade, autostrade, piste ciclabili e delle loro reti (traduzione della definizione data da *Pline*, 1999).

Il risultato di tale complesso lavoro di progettazione è la strada, con tutte le caratteristiche che permettono all’utente di percorrerla in massima sicurezza e scorrevolezza, previa lettura e comprensione del comportamento da tenersi da parte dell’utente stesso nel modo indicato dai progettisti e dai *traffic engineers*. Un fattore che sicuramente influenza la sicurezza stradale è l’incomprensione che potrebbe esserci fra chi ha ideato la strada e chi la utilizza.

Si può quindi affermare che le decisioni più rilevanti non sono prese dai soggetti durante la guida bensì sono le scelte dei *traffic engineers* durante la progettazione.

2.2 Affordance: dal sistema cognitivo alla progettazione

Il termine *affordance* è stato introdotto dallo psicologo statunitense *James Gibson* nel 1979 nell’opera "Un approccio ecologico alla percezione visiva".

Con *affordance* si indica l’autoesplicazione insita in ogni oggetto o contesto.

L’affordance è la qualità dell’interazione fra oggetto/contesto e utente: se esprimere chiaramente le funzioni dell’oggetto l’interazione sarà valida e priva di errori, viceversa i comportamenti dell’utente saranno inadeguati e controproducenti.

Si dice quindi che un oggetto, pensiamo per esempio ad una forchetta, ha un’adeguata *affordance* in quanto senza sapere nulla su di esso, un utente è

immediatamente in grado di capirne lo scopo e le modalità di funzionamento. Si pensi ora alle norme stradali: esse impongono regole e sanzioni per le loro violazioni; queste ultime si verificano per molteplici cause: la mancata visione del segnale, l'ambiguità di una certa intersezione o situazione, scarsa visibilità ovvero tutti questi casi si possono considerare come situazioni in cui si ha una mancanza di *affordance*.

La progettazione ottimale va quindi oltre l'imposizione di regole e crea strumenti, ambienti e situazioni che da sole comunicano l'esatto modo di comportarsi e indicano l'approccio da seguire in ogni evenienza minimizzando i fraintendimenti e quindi il verificarsi di errori.

Studiando il comportamento umano si possono creare contesti stradali che siano immediatamente comprensibili. Di fatto esistono schemi del nostro sistema cognitivo che sono in grado di influenzare le scelte dell'utente, portandolo ad effettuare decisioni coerenti con quelle che il progettista aveva individuato. L'utente alla guida, utilizza principalmente la vista come senso di interazione con l'ambiente esterno, ma egli non è in grado di processare tutte le informazioni che gli arrivano. Il progettista dunque deve fare riferimento alle regole che governano la vista.

In uno dei lavori fondamentali della scuola gestalista, *Wertheimer* (1923) descrisse sette leggi dell'organizzazione percettiva:

- *Legge della vicinanza*: gli elementi del campo percettivo vengono uniti in forme con tanta maggiore coesione quanto minore è la distanza tra di loro;
- *Legge della somiglianza*: gli elementi vengono uniti in forme con tanta maggior coesione quanto maggiore è la loro somiglianza;
- *Legge del destino comune*: gli elementi che hanno un movimento solidale tra di loro, e differente da quello degli altri elementi, vengono uniti in forme;
- *Legge della chiusura*: le linee che formano delle figure chiuse tendono ad essere viste come unità formali;
- *Legge della continuità di direzione*: una serie di elementi posti uno di seguito all'altro, vengono uniti in forme in base alla loro continuità di direzione;

- *Legge della gravidanza*: la forma che si costituisce è tanto “buona” quanto le condizioni date lo consentono. In pratica ciò che determina fondamentalmente l’apparire delle forme è la caratteristica di “gravidanza” o “buona forma” da esse posseduta: quanto più regolari, simmetriche, coesive, omogenee, equilibrate, semplici, concise esse sono, tanto maggiore è la probabilità che hanno d’imporsi alla nostra percezione;
- *Legge dell’esperienza passata*: elementi che per la nostra esperienza passata sono abitualmente associati tra di loro tendono ad essere uniti in forme.

Quindi è fondamentale per il progettista creare situazioni che tengano conto di questi retroscena psicologici per chi utilizzerà la strada, poiché più uno stimolo si allontana da questi principi maggiore sarà la richiesta di attenzione da parte dell’osservatore e tanto maggiore sarà la probabilità di commettere un errore.

Infine, è importante considerare il rapporto che l’utente ha con la strada che sta percorrendo, cioè se essa è conosciuta o è nuova. Nel caso in cui la strada sia nota, l’utente assumerà un comportamento quasi automatico.

La lettura di un percorso stradale dovrebbe quindi creare comportamenti adeguati in funzione del tratto percorso.

Un tratto stradale che per esempio è caratterizzato da alti livelli di monotonia, comodità e bassa richiesta di attenzione è ideale da utilizzare in lunghi tratti stradali di collegamento, come autostrade o strade extraurbane, dove per molti chilometri non si devono effettuare svolte, rallentamenti e la velocità è elevata ma mantenuta costante e in cui si è poco influenzati dal comportamento degli altri automobilisti.

In un tratto a bassi livelli di monotonia e comodità, invece, è richiesta maggiore attenzione da parte degli utenti, in quanto le variabili da considerare sono molteplici. Facendo l’esempio di una strada urbana, essa molto probabilmente sarà più tortuosa, e inoltre le automobili sono molto più ravvicinate fra loro; perciò l’utente dovrà porre attenzione alla velocità, a causa di dossi e di irregolarità, attraversamenti stradali, pedoni ravvicinati e utenti deboli come ciclisti. Inoltre il comportamento di un utente sarà influenzato dal comportamento degli altri automobilisti.

Infine, coloro che conoscono molto bene la strada che stanno percorrendo, durante gli spostamenti “in casa”, presteranno meno prudenza in quanto hanno automatizzato certi spostamenti o manovre.

Dunque è evidente come la progettazione stradale debba occuparsi di una varietà di aspetti utili alla creazione dell'*affordance* più adeguata ad ogni contesto.

2.3 Self-explaining roads

Self-explaining roads è un termine inglese che letteralmente significa “strade autoesplicative”. Questo termine fa riferimento al design stradale, indica una strada in cui si ha una conformazione tale da evocare un corretto comportamento all'utente.

Ci sono tre principi chiave su cui l'approccio *self-explaining roads* fa riferimento per influenzare i guidatori:

- Funzionalità: prevenire un uso improprio dell'infrastruttura mediante una classificazione gerarchica delle strade;
- Omogeneità: garantire categorie stradali standard e ben definite, per evitare grosse variazioni di velocità fra i veicoli;
- Prevedibilità: prevenire le incertezze degli utenti attraverso situazioni stradali che supportino le loro aspettative attraverso un progetto coerente e continuo.

Tutto questo ha l'obiettivo di creare una rete che sia sicura e facilmente leggibile (*user friendly*).

Le strade sicure sono quelle in cui gli utenti riescono a capire il tipo di tracciato e la sua funzione grazie ad un aspetto ergonomico che non lasci dubbi riguardo al comportamento da tenere.

Il termine *self-explaining roads* fu usato per la prima volta all'inizio degli anni novanta per indicare il grado di comprensibilità che una strada comunica grazie al processo di categorizzazione (*Theeuwes & Godthelp, 1992*).

Il progettista deve rendere la strada autoesplicativa in modo che l'utente riconosca la tipologia di strada in base al suo aspetto. Quindi chi guida deve

sapere se si trova su una strada urbana, extraurbana, autostrada in base alla conformazione di essa.

Il concetto di strada autoesplicativa nacque in seguito allo studio della leggibilità stradale (Mazet *et al.*, 1987; Mazet & Dubois, 1988) e del ruolo dell'aspettativa e della prevedibilità come importanti variabili nel contesto di percorrenza di un tratto (Naataanen & Summala, 1976; Malaterre, 1990). Quindi una buona leggibilità delle informazioni che vogliono essere fornite dalla conformazione delle strade è data da un design semplice ed intuitivo, per fare questo, si creano delle categorie e si progettano strade simili fra loro in base alla categoria di appartenenza, in modo tale che l'utente individui immediatamente dove si trova, quali norme sono da rispettare e quali sono i comportamenti idonei da tenere.

Effettuando tale categorizzazione, si porta l'individuo ad agire per esperienza, quindi non dovrà ogni volta cercare le informazioni che gli servono leggendo ogni segnale stradale o cercando di capire quale sia il limite di velocità ma saprà già che trovandosi in una determinata tipologia di strada esso dovrà tenere un certo comportamento.

Nel caso in cui invece una strada sia difficilmente categorizzabile da parte dell'utente la probabilità che esso infranga qualche regola è molto più elevata. La progettazione di *self-explaining roads*, quindi, punta su:

- Immediatezza e chiarezza del design;
- Coerenza progettuale;
- Leggibilità del territorio;
- Componente psicologica per controllare la velocità e il traffico (*traffic calming*).

Chiaramente, è fondamentale fornire all'utente delle giuste aspettative, realizzando scelte coerenti in funzione della categorizzazione delle strade, in modo che l'utente non automatizzi un comportamento errato su strada.

Una *self-explaining road* deve avere:

- *Elementi esclusivi*;
- *Comportamento differente in ogni categoria stradale*: tale comportamento deve essere suggerito dagli elementi fisici della strada,

Il concetto di self-explaining applicato alla progettazione stradale

quindi gli attraversamenti, le sezioni e le curve devono essere evidenziate in maniera differente in ogni categoria;

- *Nessuna transizione da una categoria all'altra: il cambio deve essere indicato e percepito in modo evidente;*
- *Norme stradali e indicazioni che indichino il comportamento da tenere;*
- *Buona visibilità notturna degli elementi;*
- *Geometria stradale che faccia comprendere quale velocità il veicolo deve tenere.*

Per ottenere tutto ciò, gli studiosi cercano di adottare misure che siano capaci di influenzare psicologicamente l'utente, a livello di percezione sensoriale e cognitiva, in modo da ideare interventi di vario tipo che se realizzati renderebbero un tratto *self-explaining*.

2.3.1 Marcatori di pericolo

I marcatori di pericolo servono per avvertire l'utente in caso di situazioni di pericolo: si utilizzano segnali lungo il tratto per delinearne visivamente la lunghezza e l'inclinazione.

Il pericolo deve essere reso noto in tempo all'utente, in modo che egli riesca a prepararsi per affrontarlo. I marcatori posizionati ad una certa distanza attirano l'attenzione dell'individuo suscitando in lui prudenza, se posti a distanza adeguata permettono all'utente di trovare le risorse giuste per affrontare tale pericolo.

Nei marcatori è fondamentale l'uso di colori accesi per attirare maggiormente l'attenzione e per l'*effetto pop up* (individuazione immediata di un elemento unico e differente dallo sfondo/contesto), inoltre devono essere facilmente individuati anche nelle ore notturne: sono segnali catarifrangenti che riflettono la luce emanata dal veicolo attirando l'attenzione del guidatore (Figura 2-1).



Figura 2-1 Esempio di marcatori di pericolo

Chiaramente se si fa un uso eccessivo di marcatori, l'utente potrebbe essere portato a notarli di meno, ad abituarsi a tali segnali, e questi perderebbero la loro principale funzione.

La funzione principale dei marcatori è quella di attirare l'occhio dell'utente per attivare nel suo sistema cognitivo un allarme di pericolo imminente..

I marcatori sono posti in modo divergente sia in altezza (dal livello del suolo fino a tre metri), sia sul piano longitudinale, dando l'impressione che la curva sia più stretta rispetto a come invece è in realtà. Alcuni studi hanno mostrato l'evidenza di quest'illusione. Interrogando dei soggetti dopo aver fatto loro vedere alcune foto di questa soluzione, essi stimavano la curva molto più stretta di come fosse in realtà. In seguito tali soluzioni furono realmente applicate ad alcune strade nello stato dell'Ohio (USA) registrando significative riduzioni di velocità (*Hungerford & Rockwell, 1980*; citati in *Godley et al., 1999*). Studi successivi dimostrarono che i marcatori disposti all'esterno della curva siano più determinanti rispetto a quelli posti all'interno, provocando una riduzione di velocità maggiore (*Godley et al., 1999*).

2.3.2 Delineamento

Per delineamento si intende quella parte della segnaletica orizzontale atta a marcare i contorni di un tratto stradale.

La presenza di una linea continua, tratteggiata o di una doppia linea continua dà percezione del comportamento da tenere.

L'utilizzo delle linee tratteggiate in curva fa aumentare la curvatura e quindi l'utente tenderà a diminuire la velocità. A questo proposito, è fondamentale tener conto dell'importanza del design: a seconda della larghezza della linea tratteggiata ci sono percezioni differenti (Figura 2-2). Secondo alcuni esperimenti, se la linea tratteggiata è larga più di un metro si verificano considerevoli diminuzioni di velocità, se è larga 55 cm non ci sono variazioni di velocità significative, se è di soli 20 cm o meno si verifica addirittura un aumento di velocità nel tratto in curva (Godley et al., 1999).

Da ciò si deduce che l'utente è enormemente influenzato dall'ambiente stradale che lo circonda, i progettisti realizzando l'ambiente influenzano il sistema cognitivo del guidatore ed egli compie continuamente delle scelte di cui non è consapevole.

Un aspetto fondamentale nei processi di delineamento è la manutenzione. Appena la strada viene asfaltata ha un colore grigio molto scuro che crea contrasto con le linee bianche appena disegnate, chiaramente dopo qualche tempo l'asfalto e le linee sbiadiscono, e così creano meno contrasto fra di loro, determinando una perdita di funzionalità delle strisce. Tale fenomeno è molto evidente nelle strade extraurbane, ad esempio nelle strade di campagna o rurali, in cui la manutenzione è molto rara, si ha il 60% degli incidenti mortali. Questo perché gli interventi più frequenti si svolgono nelle autostrade, le quali, però, sono strade di facile leggibilità in cui ci sono pochi fattori a cui badare. Quindi bisognerebbe ancor di più ottimizzare il ruolo dell'autoesplicazione nei contesti più imprevedibili quali si rivelano essere quelli rurali o, se già presenti, mantenerli idonei al loro scopo.



Figura 2-2 Uso del tratteggio nella zona interna di una curva, l'effetto è quello di restringimento della carreggiata

2.3.3 Segnali attivati dal veicolo

Rientrano in questa categoria degli elementi di segnaletica verticale che si attivano se i veicoli in transito compiono una certa azione, spesso relativa alla velocità di marcia. La loro attivazione è di tipo luminoso, quindi sono immediatamente individuabili. Essi si illuminano per comunicare con l'utente nello specifico, ciò creerà in lui una maggiore sensazione di coinvolgimento e conseguentemente e una maggiore responsabilizzazione: infatti un normale cartello di velocità è generale e può essere ignorato, mentre un segnale attivato dal veicolo cattura l'attenzione ed in seguito comunica un'informazione all'utente (Figura 2-3).

Tali segnali possono essere di vario tipo:

- Possono marcare l'indicazione di una curva stretta se un'auto si avvicina ad essa con velocità eccessiva;
- Possono scoraggiare il superamento dei limiti di velocità con emoticons con espressioni negative;
- Possono calcolare la velocità di marcia del veicolo confrontandola coi limiti vigenti su quel tratto ed elaborando un risultato che funge da

Il concetto di self-explaining applicato alla progettazione stradale

feedback penale, cioè i punti che verrebbero sottratti dalla patente del guidatore in quel momento.

Questi messaggi creano nell'individuo un senso di infrazione, che probabilmente non percepirebbe in caso di normale segnaletica verticale.



Figura 2-3 Esempio di segnale che si attiva al superare del limite di velocità

Alcuni studi condotti in Inghilterra hanno indagato sull'efficacia di questo strumento ed è emerso che, dopo un mese dalla loro installazione, si registrava una riduzione di velocità compresa fra i 3 e gli 11 km/h sul tratto stradale considerato.

2.3.4 Trattamenti della superficie

Per trattamenti della superficie si intendono gli interventi atti a modificare la normale superficie stradale allo scopo di condizionare il comportamento dell'utente. Un esempio può essere la modifica del colore di un tratto stradale. Generalmente queste tipo di soluzioni si applicano in tratti pericolosi per segnalare all'utente una perdita di omogeneità o un'imminente transizione. Ci si affida a questi interventi soprattutto prima di una curva o comunque in occasioni in cui sarebbe necessario moderare la velocità.

In una stretta curva, per esempio, la superficie stradale che la comprende nel tratto precedente al suo ingresso può essere trattata con una colorazione rossa e migliorata nelle proprietà antiscivolo. Si ottiene così una maggiore allerta

dell'utente in quel punto, percependo immediatamente la presenza di una curva che magari poteva essere ignorata (Figura 2-4).



Figura 2-4 Trattamento di intervento della superficie mediante colorazione

Tale soluzione può avere però anche aspetti negativi: gli utenti che imparano che tali tratti sono migliorati in visibilità e stabilità e che sono antiscivolo, possono utilizzare questo aspetto in senso opposto, cioè potrebbero sentirsi più protetti e quindi aumentare la velocità di percorrenza della curva. Per questo motivo alcune autorità inglesi vietano tale soluzione.

Un altro tipo di utilizzo dei trattamenti della superficie per condizionare l'utente è quello di creare delle linee trasversali lungo la carreggiata con lo scopo di ridurre la velocità dell'utente. Disponendo infatti linee trasversali lungo la carreggiata si aumenta il flusso ottico dell'utente dandogli un'impressione di velocità. Più le linee sono vicine tra loro, più aumenta la velocità percepita.

In studi su simulatori di guida è stato riscontrato una diminuzione della velocità in approccio all'intersezione di 11 km/h modificando la superficie stradale con l'aggiunta di linee trasversali (Godley & al., 1999). Secondo questo studio, grazie a questo tipo di interventi, l'utente riesce a percepire la presenza di ostacoli sul tratto, rallentando di conseguenza la velocità. In un altro studio l'uso di linee disposte a lisca di pesce sembra avere un effetto a lungo termine sulla riduzione delle velocità (Martindale, in stampa). Si riscontra infatti una diminuzione di 2-3 km/h in approccio ad un'intersezione se le linee sono collocate ad una distanza di 410 m da questa a due settimane dall'installazione,

mantenendosi presente anche 6 mesi dopo e addirittura aumentando nell'efficacia della riduzione arrivando a 12,2 km/h.

Per ridurre la velocità di guida, si potrebbe variare progressivamente la distanza delle linee orizzontali in avvicinamento, per esempio avvicinandole sempre di più fra loro in modo progressivo.

Grande successo nell'impiego delle linee è stato riscontrato nel Regno Unito nell'approccio alle rotonde, su strade a doppia carreggiata ed elevata velocità di marcia (*Helliar-Symons, 1981*), in particolare sembrano mostrare un effetto efficace di riduzione della velocità negli utenti che hanno viaggiato a velocità costante per molto tempo, per esempio lungo autostrade. Seppure la riduzione della velocità è di entità modesta, l'occorrenza incidentale grazie a tale soluzione cala del 50% sui rami delle rotonde sui quali sono state adottate.

2.3.5 Strisce rumorose trasversali

Rientrano in questa categoria quelle aree che nell'utente provocano una sensazione, oltre che visiva, anche uditiva e di vibrazione.

Queste linee trasversali si trovano su una superficie stradale resa appositamente irregolare e trattata in modo da produrre forti vibrazioni nel veicolo se gli pneumatici ne vengono a contatto. L'utente che le incontra quindi percepisce un suono di raschiamento e una vibrazione ed è indotto immediatamente a rallentare (Figura 2-5).

Vengono utilizzate in:

- Curve;
- Intersezioni;
- Transizioni tra categorie stradali diverse;
- Nei casi in cui è opportuno scoraggiare un cambio di corsia lateralmente.

La loro efficacia però si perde con velocità più alte in quanto le vibrazioni sono più frequenti e si sentono di meno (*Wheeler, 2012*). Quindi il loro uso andrebbe riservato in aree dove la velocità ridotta è assicurata da altre misure. Un'osservazione della durata di un anno di un'installazione di queste linee in curva stabilì una riduzione della velocità di 5 km/h (*Barker, 1997*).



Figura 2-5 Bande sonore a sinistra e rallentatore ottico a destra

2.3.6 Barre Ottiche

Le barre ottiche sono una soluzione progettuale simile alle linee trasversali precedentemente analizzate: sono strisce trasversali disposte lungo la carreggiata al fine di aumentare il flusso ottico dell'utente per dargli una maggiore sensazione di velocità ed indurlo a rallentare. Esse possono essere di più tipi (Figura 2-6).

In uno studio condotto nel Regno Unito, l'applicazione di barre ottiche rosse lungo tratti stradali in curva ha determinato una riduzione di velocità tra i 2 e gli 11 km/h (Wheeler, 2002). Successivi studi condotti a New York, nel Mississippi e nel Texas sull'efficacia delle barre ottiche trasversali hanno riscontrato che il loro effetto porta ad una riduzione delle velocità fino a 8 km/h (Mcgee & Hanscom, 2006).

Le barre perimetrali sono indicate dall'amministrazione federale americana delle autostrade, sul manuale per i dispositivi di controllo di traffico, come soluzione che può essere applicata in prossimità di una curva inaspettata o di un cambiamento dell'allineamento verticale (MUTCD, 2009).

In Nuova Zelanda è stata proposta una soluzione che consiste nell'integrare, in uno studio al simulatore di guida, l'utilizzo delle barre ottiche con l'uso dei marcatori di pericolo (chevron signs) (Charlton, 2007). La coesistenza di queste due soluzioni assicura una riduzione della velocità in media di 5 km/h e

a seconda del raggio della curva l'utente è portato a disporsi nella zona più interna mentre curva, in maggiore sicurezza, per effetto delle barre.



Figura 2-6 Barre ottiche trasversali (immagine a sinistra) e perimetrali (immagine a destra).
Nota: guida a sinistra. (Fonte: Speed adaptation control by self-explaining roads project, 2010)

2.3.7 Transizioni e ingressi

Per transizione si intende quella situazione di cambiamento di funzione di una strada lungo il suo percorso.

Tale cambiamento può determinare variazioni dei limiti di velocità lungo il medesimo tratto e il cambiamento della categorizzazione stradale: per esempio entrando in un paese da una strada extraurbana si hanno entrambe le evenienze. Il maggior problema che si riscontra in situazioni di questo tipo, è che l'utente mostra in generale una certa inerzia nel comportamento di guida se l'ambiente non manifesta significative differenze, quindi si tenderà a mantenere sempre la stessa velocità se il cambiamento del contesto non è evidente.

Un esempio classico è il mantenimento di un'elevata velocità di marcia quando, dopo essere usciti dall'autostrada si imbecca una strada lunga e rettilinea.

Per agire nella gestione dei comportamenti di guida in prossimità di transizioni è quindi opportuno rendere evidenti i cambiamenti. Un tipico esempio di transizione è rappresentato dall'ingresso in aree abitate a partire da strade rurali. Si possono utilizzare varie proposte progettuali di tipo *self-explaining* combinandole tra loro per dare l'idea all'utente che è giunto ad un importante

punto di transizione e che quindi si deve adattare modificando la sua velocità. La Figura 2-7 mostra alcune soluzioni combinate.



Figura 2-7 Esempi di interventi negli ingressi

Nella figura precedente è possibile osservare i cosiddetti "denti di drago" costituiti da una serie di coppie di triangoli con l'effetto di ridurre maggiormente la larghezza della corsia approssimandosi al punto critico e indurre un aumento del rischio percepito dall'utente portandolo a modificare il comportamento di guida.

È stato riscontrato che l'utilizzo dei marcatori riduca la velocità di 2-3 km/h rispetto al solo utilizzo della segnaletica, mentre i trattamenti della superficie e i denti di drago creano una maggiore riduzione che va dagli 8 agli 11 km/h. Infine utilizzando misure fisiche quali restringimenti della carreggiata si ottengono i risultati migliori: una riduzione di 16 km/h (*Wheeler & Taylor, 1999*).

In ogni caso le soluzioni migliori sono quelle offerte dalla combinazione di più misure.

2.3.8 Visibilità e distanza dello sguardo

L'utente attraversando un tratto stradale deve essere in grado in ogni momento di arrestare il veicolo in tempo per evitare ostacoli e di percepire la geometria stradale nella sua globalità, anche nei tratti in curva (*PIARC, 2003*).

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. Più un veicolo procede velocemente e più il campo visivo dell'utente risulta ristretto e concentrato verso la zona centrale, perdendo di fatto la sensibilità a rilevare i dettagli dei movimenti delle parti laterali (Figura 2-8).



Figura 2-8 Comparazione del campo visivo a diverse velocità

Gli interventi di mitigazione delle velocità 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).

Tali dispositivi devono essere posizionati in maniera tale che non si inseriscano con "effetto sorpresa" nell'ambiente stradale, garantendo ampie distanze per la percezione e reazione che consentano ai veicoli di ridurre sufficientemente la velocità; in caso contrario si potrebbe non ottenere l'effetto desiderato, rendendo addirittura più pericoloso il punto in questione.

2.3.9 Oggetti ripetitivi lungo la strada

Diversi studi hanno dimostrato che la presenza di elementi fisici posti nelle vicinanze della strada possono influenzare la velocità in diversi modi.

La presenza di oggetti ripetuti, può produrre un aumento del flusso ottico percepito che potrebbe portare l'utente ad una sovrastima della propria velocità

Il concetto di self-explaining applicato alla progettazione stradale

di viaggio e di conseguenza ad una sua riduzione. Elementi posti a bordo strada possono essere percepiti come potenziali ostacoli dall'utente il quale sarebbe portato di conseguenza ad adattare la propria velocità: ad esempio i lampioni della luce sono isolati tra loro e danno l'impressione di maggior pericolo di scontro inducendo in modo passivo la diminuzione della velocità dell'utente.

Nel caso di mancanza di elementi il flusso ottico risulta di poco impatto, pertanto è verosimile pensare che l'utente aumenti la velocità: in una strada extraurbana circondata da soli campi è realistico pensare che l'utente percepisca una velocità leggermente inferiore a quella effettiva.

La mancanza di elementi "che scorrono" nelle immediate vicinanze dell'utente impedisce di capire realmente la velocità alla quale sta procedendo.

La presenza di alberi o altri elementi ripetuti potrebbe stimolare una migliore percezione ed interpretazione del flusso, e quindi una più corretta calibrazione della velocità. Invece la presenza di alberi alti e disposti in modo fitto potrebbe creare una sorta di tunnel in questo caso l'utente è paradossalmente portato ad aumentare la velocità perché percepisce una maggiore convergenza direzionale e "protezione ai lati" (Figura 2-9).

Tendenza generale è quella di percepire gli elementi naturali come meno pericolosi rispetto a quelli artificiali, ma di fatto in caso di collisioni i rischi sono gli stessi.



Figura 2-9 Oggetti ripetuti artificiali e naturali

2.4 Obiettivi della fase progettuale

Tutti gli interventi finora analizzati sono caratteristici delle *self-explaining roads*. Tale approccio alla costruzione stradale mira alla creazione di strade che spieghino direttamente a livello percettivo quale sia la loro funzione all'utente in modo da indurlo a comportarsi di conseguenza.

Attraverso la *self-explaining roads* ci si pone l'obiettivo di creare l'affordance ideale di un certo tratto stradale affinché esso sia leggibile a tutti gli utenti e facilmente interpretabile.

Ogni oggetto, situazione o ambiente è in sé autoesplicativa, ma può esserlo in modo sbagliato. Manipolando erroneamente un oggetto, non riuscire a decodificare correttamente le dinamiche di un evento o fallire nell'adattarsi ad un ambiente sono letture sbagliate da parte dell'utente che non riesce a cogliere l'invito giusto e riceve un'impressione sbagliata da parte dell'oggetto circa il suo adeguato modo di utilizzarlo.

Importante è l'immediatezza: chi, ad esempio, si avvicina ad un'intersezione deve essere in grado di comportarsi automaticamente di fronte ad essa, l'intersezione stessa deve guidare l'utente affinché la usi nel modo corretto senza indugi o fraintendimenti. Lo scopo dei progettisti è dunque quello di mettere a disposizione degli utenti tutti gli elementi che gli servono per leggere la strada, capirla e comportarsi di conseguenza. Nei capitoli seguenti verranno mostrati i risultati di uno studio sperimentale sul comportamento degli utenti in corrispondenza di un'intersezione autoesplicativa, denominata "di controllo" e di una non autoesplicativa, denominata "sperimentale".

Capitolo 3 La strumentazione utilizzata: Mobile Eye Tracker

3.1 Introduzione

L'occhio, l'organo di senso della vista, ha la funzione di captare i segnali luminosi e di trasformarli in segnali nervosi. Gli oggetti illuminati riflettono le radiazioni luminose che li colpiscono e l'occhio è in grado di raccogliere la luce e formando un'immagine sulla retina la trasforma in una serie di segnali elettrici che vengono inviati al cervello. L'occhio funziona come una macchina fotografica.

Tutto il globo oculare è avvolto da un tessuto bianco molto resistente, la sclera: è il cosiddetto "bianco dell'occhio" che, nella parte anteriore e centrale, per lasciare passare la luce diviene trasparente, si incurva a vetro da orologio e forma la cornea (Figura 3-1).

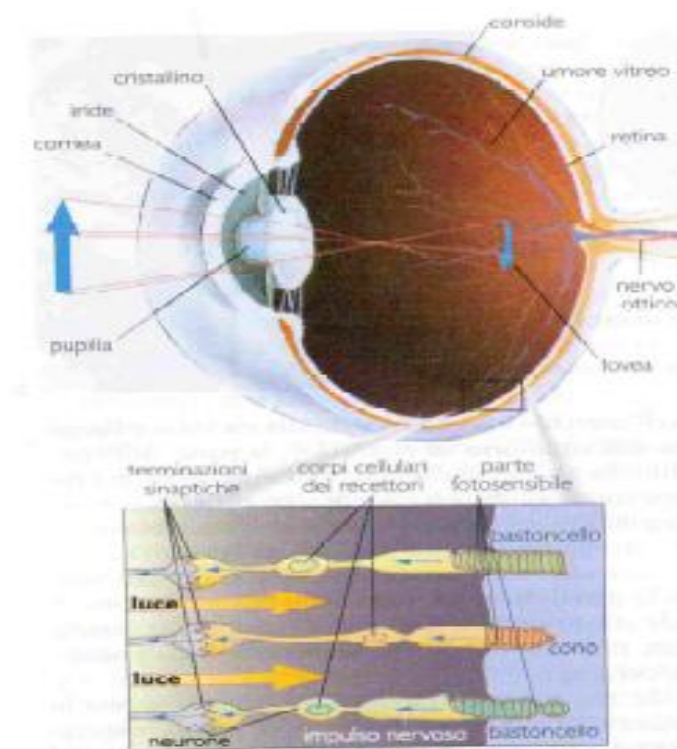


Figura 3-1 Struttura dell'occhio. Nel riquadro sottostante sono rappresentati i recettori della retina

La luce attraversa un foro, la pupilla, che come il diaframma della macchina fotografica si può dilatare o restringere ad opera di fibre muscolari disposte circolarmente “a ciambella” attorno ad essa, in modo da regolare la quantità di luce che entra. Quando per esempio entriamo in una stanza buia provenendo da un ambiente illuminato, la pupilla si dilata. Queste fibre, insieme al tessuto connettivo che le unisce, formano l’iride, la parte che dà colore agli occhi.

Più internamente si trova una vera e propria lente, il cristallino. Il cristallino si incurva o si appiattisce in modo da mettere a fuoco sulla retina l’immagine, capovolta come in una macchina fotografica. Lo spazio tra il cristallino e la retina è occupato da un liquido gelatinoso, l’umore vitreo, che mantiene la forma del globo oculare. Nelle persone ipermetropi il globo oculare è più corto del normale e l’immagine viene messa a fuoco dietro la retina. Nei miopi, invece, il globo è più lungo e l’immagine viene messa a fuoco davanti alla retina.

In sintesi, il percorso della luce che giunge alla retina è il seguente:

luce → cornea → pupilla → cristallo → retina

La retina, che registra l’immagine come una pellicola fotografica e la trasmette al cervello, è una membrana costituita da due tipi di ricettori della luce o fotorecettori: i coni e i bastoncelli.

I bastoncelli, sensibili alla luce di bassa intensità, sono circa 120 milioni. Essi sono distribuiti abbastanza uniformemente su tutta la retina, eccetto che nella zona, detta fovea centrale, dove è massima la concentrazione dei coni.

I coni, sensibili alla luce intensa, sono anche responsabili della visione dei colori e sono circa 6 milioni. Alcuni di essi sono sensibili alla luce rossa, altri alla luce verde, altri ancora a quella blu: variamente stimolati, ci consentono la percezione dei colori. Il daltonismo, una malattia genetica che comporta l’incapacità di distinguere alcuni colori, è dovuta generalmente alla mancanza dei recettori del rosso o del verde.

La luce che arriva sui fotorecettori li “impressiona” perché determina delle reazioni rapide e complesse dei pigmenti fotosensibili (cioè sensibili alla luce) in essi contenuti. Nei bastoncelli, per esempio, è contenuto un pigmento rosso, la rodopsina, che si forma a partire dalla vitamina A. Quando la luce colpisce le

La strumentazione utilizzata: Mobile Eye Tracker

molecole di rodopsina, queste si modificano generando impulsi nervosi che, tramite il nervo ottico, arrivano al cervello.

A differenza della pellicola fotografica, il pigmento dell'occhio non si esaurisce. Nell'occhio esiste infatti un sistema chimico complesso che riporta continuamente il pigmento alla struttura originaria. Durante il tempo necessario alla ricostituzione del pigmento l'occhio non è sensibile alla luce: è quello che succede quando restiamo abbagliati.

La visione è un processo complesso che richiede da parte del cervello un'elaborazione dell'informazione raccolta dall'occhio. Questa elaborazione ci consente di vedere come diritte, tridimensionali e ingrandite le immagini che sulla retina si formano capovolte, bidimensionali e piccole. La presenza di due occhi posti frontalmente consente, infine una visione stereoscopica. Essi percepiscono due immagini indipendenti della stessa scena e le inviano al cervello che, confrontandole, situa gli oggetti osservati in uno spazio tridimensionale.

3.2 Mobile Eye Tracker

Il Mobile Eye Tracker è una strumentazione progettata dalla Applied Science Laboratories (ASL) per il monitoraggio e il tracciamento dello sguardo dell'occhio umano (Figura 3-2).



Figura 3-2 Apparecchiatura mobile eye

L'apparecchiatura è costituita dalle seguenti componenti:

- *Occhiale Mobile Eye XG Spectacle Mounted Unit (SMU)*, il quale è dotato di due telecamere (Figura 3-3).

La prima telecamera (*eye camera*) è in grado di registrare i movimenti oculari. Questi ultimi sono registrati attraverso il riflesso di uno specchio caldo (*lente regolabile*) in grado di riflettere lo spettro dell'infrarosso ma non la luce visibile e dunque non oscurare il normale campo di vista del soggetto. La seconda telecamera rivolta direttamente in avanti per la ripresa della scena esterna (*scene camera*);



Figura 3-3 SMU

- *Display/Transmit Unit (DTU)* è un piccolo display con unità di trasmissione utilizzato per la registrazione dei filmati con dispositivo di memoria *SD card* (Figura 3-4);



Figura 3-4 DTU e SD card

La strumentazione utilizzata: Mobile Eye Tracker

- *Personal computer Mobile Eye* (ME PC Figura 3-5) utilizzato per elaborare i video attraverso il software *Eye Vision*. I dati registrati vengono campionati a 30 Hz e possono poi essere elaborati secondo differenti modalità: in tempo reale se il DTU è collegato al PC attraverso il *cavo CAT5* (Figura 3-6) o se questi sono collegati tramite wi-fi oppure attraverso un'elaborazione off-line dai dati salvati nella SD card;

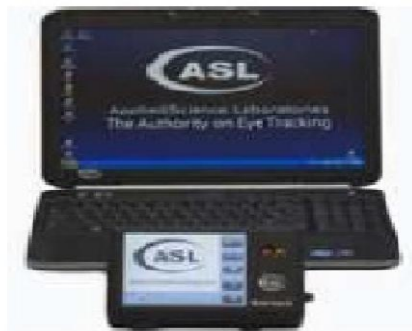


Figura 3-5 ME PC



Figura 3-6 Cavo CAT5

- *Batteria* (Figura 3-7 Batteria) per l'utilizzo del DTU durante le prove e *carica batterie* (Figura 3-8);



Figura 3-7 Batteria

La strumentazione utilizzata: Mobile Eye Tracker



Figura 3-8 Caricatore per le batterie

- *Trasformatore di corrente* (Figura 3-9) per il DTU;



Figura 3-9 Trasformatore di corrente

- *Chiave USB* (Figura 3-10) contenente la licenza per l'utilizzo del software *Eye Vision*;



Figura 3-10 USB

- Lo *zainetto* (Figura 3-11) per l'inserimento del DTU durante lo svolgimento delle prove.

La strumentazione utilizzata: Mobile Eye Tracker



Figura 3-11 Zaino per la prova

La Figura 3-12 riporta lo schema di collegamento dei vari componenti sopra elencati.

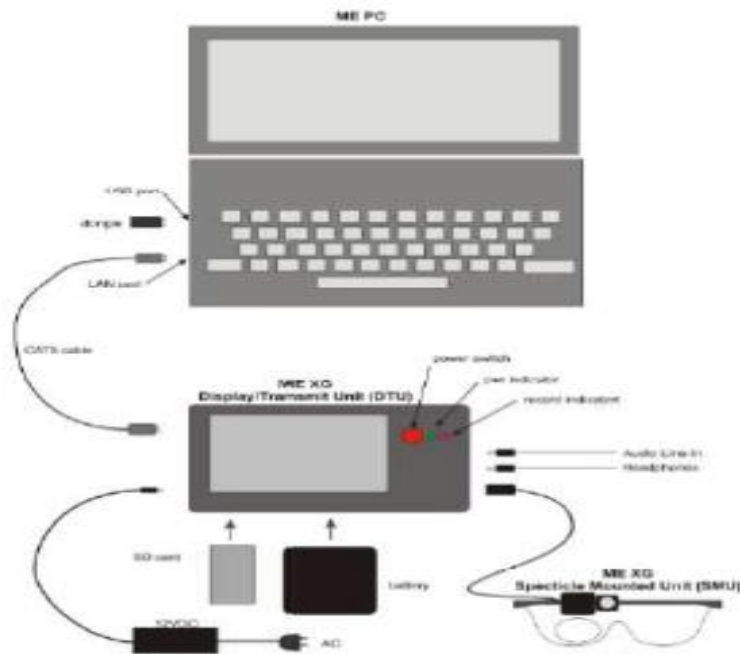


Figura 3-12 Collegamenti

3.3 Nozioni di base di eye tracking

Per calcolare il tracciamento dell'occhio viene utilizzata, dal Mobile Eye Tracker, la tecnica "pupil to CR".

Il metodo consiste nel relazionare tra loro il nero della pupilla con i riflessi speculari della superficie frontale della cornea (CRs).

Tre luci del vicino infrarosso (IR) vengono proiettate sull'occhio da un set di LEDs collocati nella *eye camera* della SMU (Figura 3-3), la luce vicino all'infrarosso non è visibile dall'utente che sta indossando la componente SMU ma risulta invece riconoscibile dalla telecamera dedicata all'occhio.

Il riflesso speculare delle tre luci dalla superficie frontale della cornea appare nel display del DTU, tali punti saranno posti a distanza fissa (spot cluster) tra loro (Figura 3-13).



Figura 3-13 Spot cluster

Quando l'occhio ruota nella sua cavità orbitaria, il centro della pupilla si muove in maniera relativa allo spot cluster.

Valutando il vettore (considerati i parametri polari: angolo e distanza) tra la pupilla ed una riflessione corneale (CRs) nello spot cluster, il sistema di tracciamento del movimento dell'occhio può calcolare la direzione di puntamento dell'occhio. Successivamente vengono relazionati questi angoli con l'immagine della seconda telecamera che registra l'ambiente esterno, la *scene camera*, in modo da computare il punto di sguardo rispetto al campo visivo di quest'ultima.

La luce utilizzata dal Mobile Eye è di tipo non coerente risultando policromatica e senza coerenza di fase. Non si utilizzano fasci di luce coerenti

(come quelli prodotti dai laser) in quanto essendo monocromatici, avendo coerenza di fase e elevata densità di energia possono produrre facilmente fenomeni di interferenza (Figura 3-14 e Figura 3-15).



Figura 3-14 Luce incoerente



Figura 3-15 Luce coerente

Una delle fonti più complete e autorevoli sulla sicurezza delle sorgenti di luce è il manuale intitolato *Safety with Lasers and Other Optical Sources*, di David Sliney e Myron Wolbarsht, pubblicato per la prima volta nel 1980 dalla Plenum Press. Citando la pagina 147 di questo libro: “Comunque, valori di esposizione oculari croniche sicuri, in particolare per IR-A, probabilmente sono dell’ordine 10 mW/cm^2 o inferiori”. IR-A si riferisce alla banda spettrale tra 760 e 1400 nanometri, l’intervallo in cui l’ASL Mobile Eye Optics Modules (telecamera relativa alla *eye camera*) operano (Figura 3-16).

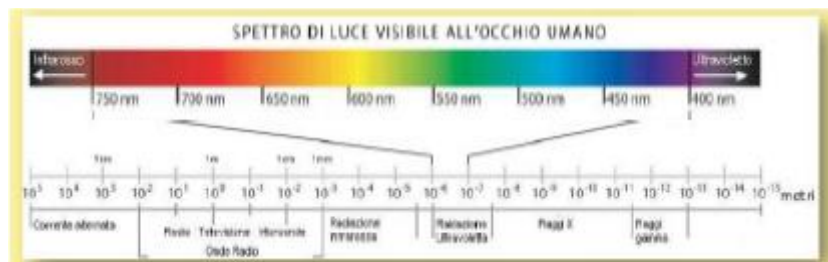


Figura 3-16 Spettro di luce

Per precauzione la Mobile Eye Optics Modules opera almeno un ordine di grandezza sotto questo livello. La potenza dei LEDs utilizzati può raggiungere al massimo il valore di $0,50 - 0,60 \text{ mW/cm}^2$ (lunghezza d'onda 880nm) nel piano dell'occhio.

3.4 Operazioni del Display/Transmit Unit

Il DTU è costituito da uno schermo touch screen sul quale è possibile eseguire tutte le operazioni relative alla realizzazione dei video.

All'accensione (Figura 3-17) appariranno: 5 pulsanti sul lato destro, le icone di informazione in basso a sinistra e il pannello principale nella parte centrale.



Figura 3-17 Schermata iniziale del DTU

Il pulsante *Eye/Scene display* permette di visualizzare sul pannello principale l'immagine delle telecamere poste nel SMU (Figura 3-3), premendo sul pulsante è possibile passare dalla schermata che visualizza i movimenti oculari a quella della scena esterna.

Il tasto *Live/Playback mode* concede di lavorare in due modalità: *Live* o *Playback*. La modalità *Live* è utilizzata per registrare i dati (registrazione del

video relativo ai movimenti oculari e del video della scena esterna), i video salvati appariranno con estensione “.avm” e saranno nominati con la data e l’ora.

La modalità *Playback* è utilizzata per gestire i video realizzati in *Live*, premendo sul pulsante *Display Files* si accede alla schermata in Figura 3-18. Selezionando il video è possibile riprodurlo (premendo il tasto *play* in alto a sinistra), eliminarlo (premendo il *pulsante X in rosso* in alto a sinistra) o tornare al pannello principale (premendo il *pulsante X in nero* in alto a destra).

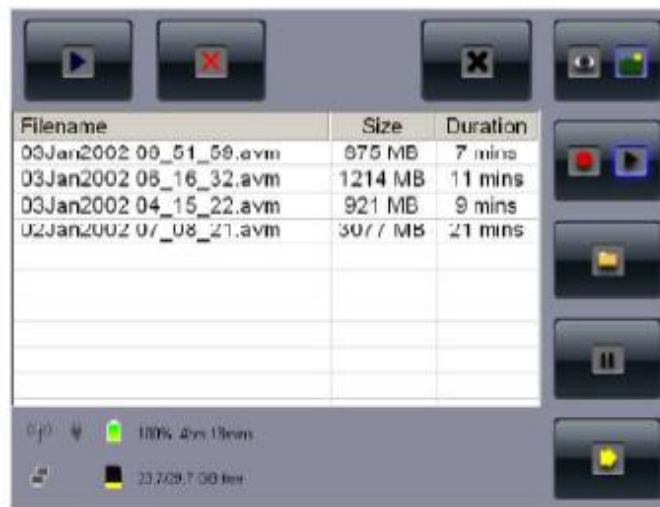


Figura 3-18 Schermata in modalità Playback

Il tasto *Pause recording* permette di interrompere una registrazione.

Infine il pulsante *Switch Screens* consente di accedere ad una nuova schermata (Figura 3-19) che permette di attivare e disattivare la connessione wi-fi, di regolare la luminosità dello schermo e di accedere al menu XG settings.



Figura 3-19 Schermata in modalità Switch Screens

3.5 Operazioni con il software Eye Vision

L'ASL fornisce, tramite chiavetta USB, il software *Eye Vision*.

I file che il software *Eye Vision* è in grado di generare e processare sono i seguenti:

- User File “.evi”: contiene i dati di sistema e di calibrazione per ogni utente;
- Logged Data Files “.csv”: accoglie i dati dell'occhio e della scena esterna generati dallo strumento *Track Record* presente nel software;
- Eye and Scene Video Data “.avm”: ospita i video originali relativi all'occhio e alla scena registrati sulla SD card del DTU;
- Video File “.avi”: registrazione del video e dell'audio generato durante l'uso degli occhiali SMU tramite l'applicazione *Video Record* in *Eye Vision*.

3.5.1 Registrazione dei movimenti oculari e della scena

Per effettuare la registrazione dei video preliminarmente si devono eseguire le seguenti operazioni:

- Inserire la batteria e la SD card nel DTU;
- Connettere l'occhiale SMU al DTU;

- Inserire la chiave USB contenente la licenza del software *Eye Vision* al computer ME PC;
- Collegare con il cavo CAT5 il DTU al ME PC.

Svolti i punti precedenti si procede con l'avviamento del software *Eye Vision* (Figura 3-20).



Figura 3-20 Schermata principale del programma Eye Vision

All'apertura si dovrà creare un nuovo profilo utente tramite la sezione *Subject Profile*. Immessi i dati dell'utente il profilo verrà creato premendo il pulsante *Save As*, nel caso in cui si voglia utilizzare un profilo già generato per caricarlo si dovrà premere *Load*.

I passi successivi sono propedeutici per la regolazione dell'immagine oculare e della scena esterna (devono essere svolti per ogni utente):

- Selezionando *Display* sotto la voce *Alignment*, la procedura di allineamento dell'immagine dell'occhio nel monitor può essere seguita guardando la schermata del computer o il pannello principale del DTU se su questo viene premuto il pulsante *Eye/Scene display*.

Per un buon posizionamento il soggetto deve vedere dritto davanti a se. L'operazione di regolazione termina quando tutti e tre i punti CR sono visibili e molto prossimi alla pupilla (Figura 3-21);



Figura 3-21 Regolazione punti CR

- Per centrare i punti si agisce sulla lente monoculare, alzandola ed abbassandola si cerca di centrare la pupilla (Figura 3-22);



Figura 3-22 Centramento verticale

- Si ruota la lente monoculare cercando di centrare sulla pupilla i tre punti riflessi (Figura 3-23);

La strumentazione utilizzata: Mobile Eye Tracker



Figura 3-23 Centramento orizzontale

- Si procede con queste due fasi fintantoché i tre punti riflessi appaiono quanto più centrati sulla pupilla (Figura 3-24);

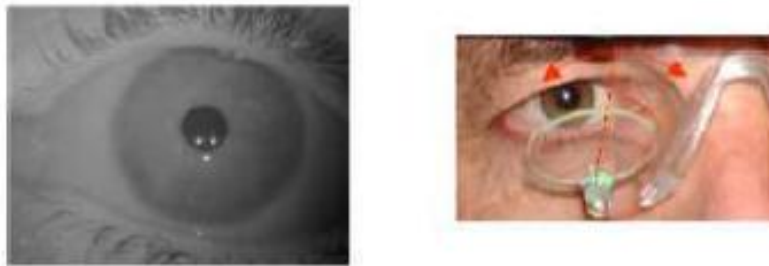


Figura 3-24 Centramento della pupilla

- Infine si controlla la messa a fuoco dell'immagine, regolando anche l'immagine della scena se necessario, alzando o abbassando la telecamera (*scene camera* Figura 3-25) rivolta direttamente in avanti.



Figura 3-25 ME Optics SMU

Realizzato il centramento si procede alla calibrazione dei tre punti CR.

Si seleziona *Display* sotto la voce *Spot* nel pannello della schermata di *Eye Vision* e cliccando su *Auto Threshold and Calibrate* il software automaticamente esegue la calibrazione dei tre punti CR, essi sono visibili su uno sfondo nero (Figura 3-26).

Due di questi sono cerchiati in viola, mentre il terzo punto è contrassegnato da una croce. Il punto con la croce è il *Master* o *Primary spot*, ci si deve assicurare che il punto selezionato come master sia quello con minore probabilità di essere oscurato durante le operazioni svolte dall'utente. Le cause più probabili di perdita del punto nelle normali operazioni sono da ricercare in un movimento dell'occhio tale da far "cadere" i punti nella sclera (parte bianca dell'occhio), oppure nelle palpebre troppo chiuse che occludono l'occhio. Il punto scelto come master può essere facilmente cambiato cliccando su *Settings*.

Per i più esperti c'è la possibilità di fare un settaggio manuale.

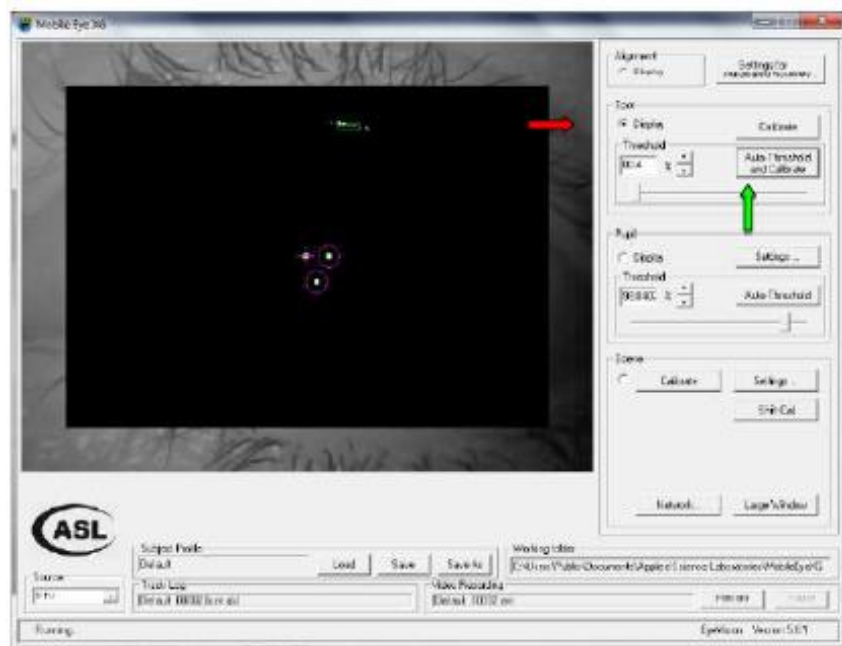


Figura 3-26 Calibrazione punti CR

Anche per la pupilla è necessaria una fase di ricognizione che si esegue cliccando su *Display* sotto la voce *Pupil* nel pannello del software.

Per eseguire un riconoscimento in automatico si clicca *Auto Threshold* sotto la voce *Pupil* (figura 3-27). Il bordo della pupilla verrà indicato da una linea bianca, formata da tanti punti bianchi di diverso spessore. Se l'oggetto descritto è riconosciuto come la pupilla, allora sarà indicato con un cerchio giallo, approssimativamente coincidente con il contorno bianco, e con una croce sempre gialla che indica il suo centro. Il punteggio in alto a sinistra nel display è una misura dell'affidabilità della posizione della pupilla, se si scende al di sotto di un determinato limite la posizione della pupilla per quel frame viene scartata.

Se l'uso del settaggio automatico non produce il risultato desiderato sono possibili regolazioni manuali.

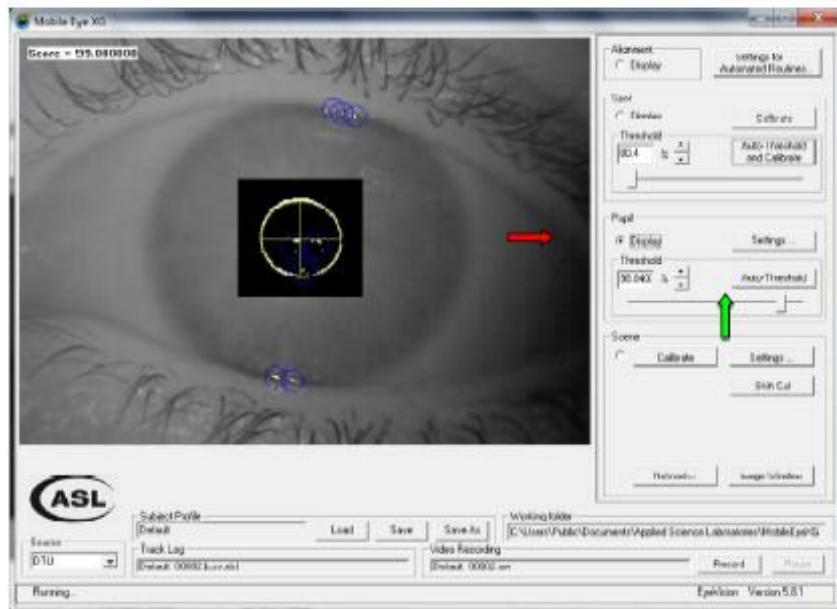


figura 3-27 Calibrazione della pupilla

Infine si procede con la calibrazione della scena.

La procedura di calibrazione del punto di sguardo è necessaria affinché il sistema riesca a relazionare i movimenti dell'occhio con la direzione dello sguardo. Il software richiede almeno tre punti calibrati.

Si procede selezionando *Scene* nel pannello del software ed il display mostrerà l'immagine proveniente dalla telecamera che riprende la scena (Figura 3-28).

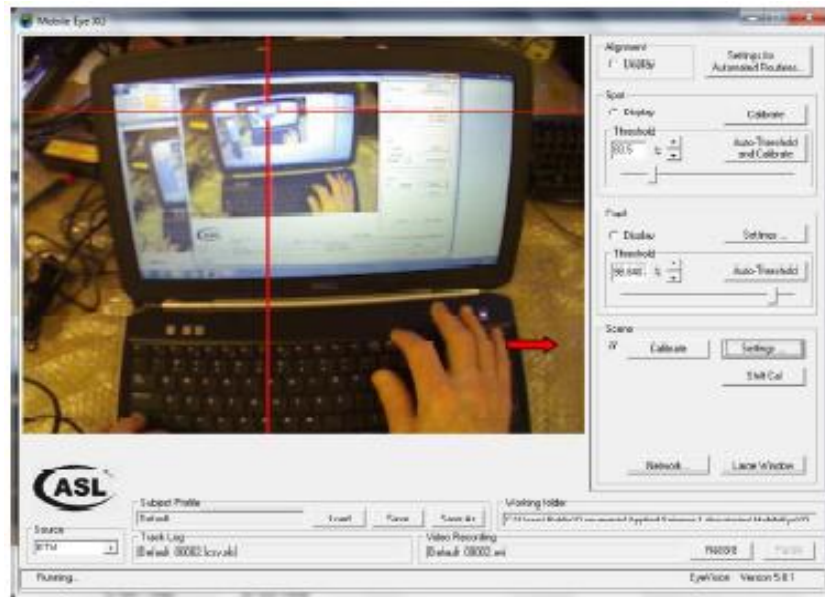


Figura 3-28 Calibrazione della scena

Per iniziare la calibrazione si dovrà cliccare il pulsante *Calibrate*.

Si inizia chiedendo all'utente di guardare un oggetto nell'ambiente circostante, mentre l'utente lo guarda l'operatore utilizzerà il mouse del computer per selezionare il corrispondente oggetto sull'immagine della scena (Figura 3-29).

Cliccando con il mouse sull'oggetto scelto apparirà un cursore a forma di più, il cursore diventerà giallo mentre i dati vengono raccolti e quando l'elaborazione del punto di calibrazione è terminata il cursore diventerà verde (esito positivo) o rosso (esito negativo).

Durante questo tempo l'utente deve mantenere la testa ferma e deve continuare a fissare l'oggetto.

Se l'elaborazione non va a buon fine significa che, probabilmente, una delle caratteristiche dell'occhio non è stata tracciata o che le posizioni delle caratteristiche oculari non erano coerenti nel periodo di raccolta dati.



Figura 3-29 Esito positivo per la calibrazione

Tale processo deve essere ripetuto fino ad ottenere un numero di punti di calibrazione che siano distribuiti su tutta la scena. Il numero minimo di punti è di tre, ma con più punti sarà possibile migliorare la precisione del tracciamento (l'ASL consiglia di utilizzare 5-10 punti). Durante la calibrazione le croci verdi, che indicano quindi l'avvenuto successo della calibrazione per quel dato oggetto, rimangono sullo schermo fino a quando la calibrazione termina.

Per terminare la calibrazione si seleziona il pulsante *Finish*.

Dunque la funzione di calibrazione della scena serve per mappare i punti di sguardo sui dati della scena correlando le posizioni delle caratteristiche dell'occhio con le posizioni note dentro alla scena.

Realizzata la calibrazione nel display della scena appare una marcata croce rossa che mostra la posizione dello sguardo (Figura 3-30).



Figura 3-30 Puntatore dello sguardo

Ottenuta l'immagine oculare è possibile iniziare con la registrazione dei movimenti oculari e della scena esterna, per far ciò si deve premere sul DTU il tasto *Record*. Durante la registrazione quest'ultimo diverrà il tasto *Stop*. La direzione dello sguardo, nel corrispondente campo della scena, è data dalla croce sovrapposta sul video della scena e dal file Logged Data File “.csv”.

3.5.2 ASL result software

L'ASL fornisce un ulteriore software chiamato *ASL Result*. Quest'ultimo è progettato per elaborare ed analizzare i dati raccolti con strumenti *Eye Tracker* del gruppo ASL, consentendo la visualizzazione dei dati in grafici e l'esportazione degli stessi in formato testo o Excel.

Il software è organizzato per sezioni di dati chiamati *eventi*, definiti da condizioni di inizio e fine specificate dall'utente.

3.5.3 Riproduzione della registrazione sul ME PC

Preliminarmente si devono eseguire le seguenti operazioni:

- Connettere il DTU al ME PC tramite il cavo CAT5 o il collegamento wi-fi;
- Aprire il software *Eye Vision*.

Selezionando la modalità *Playback* (par. 3.4) è possibile selezionare il file desiderato e premendo il tasto *Play* iniziare la riproduzione del video.

I video registrati possono essere messi in pausa, mandati avanti o indietro e dunque verranno poi utilizzati per l'analisi a posteriori.

Infine, il software, permette di ottenere file ".csv" contenenti informazioni riguardanti le riprese eseguite e file video ".avi" per le analisi.

3.5.4 Esempio di Logged Data File

Nell'esempio viene mostrato un *Logged Data File* ".csv" (Figura 3-31) in cui sono presenti i dati dell'occhio e della scena esterna generati durante le riprese eseguite con il SMU:

- Numero di frame;
- Coordinate x e y del punto master, in pixel dell'immagine occhio;
- Coordinate x e y del centro pupilla (se il dato risulta non disponibile viene sostituito con il valore "-2000"), in pixel dell'immagine occhio;
- Raggio pupilla, in pixel dell'immagine occhio;
- Direzione degli occhi rispetto all'immagine scena, in pixel dell'immagine scena;

Le immagini dell'occhio e della scena sono registrate con risoluzione pari a 640x480 pixel. L'origine del sistema di riferimento è in alto a sinistra dell'immagine con l'asse X positivo verso destra e l'asse Y positivo verso il basso.

Frame	Spot x	Spot y	Pupil x	Pupil y	Pupil r	Scene x	Scene y
292300	350.04	245.61	-2000	-2000	-2000	-33.2	901.3
292389	357.54	244.76	-2000	-2000	-2000	-36.28	906.93
292390	357.95	242.74	-2000	-2000	-2000	-35.53	921.08
292391	357.96	241.54	-2000	-2000	-2000	-36.27	929.41
292392	357.66	239.75	-2000	-2000	-2000	-38.93	941.64
292393	354.52	238.36	-2000	-2000	-2000	-55.59	949.8
292394	353.12	233.03	-2000	-2000	-2000	-66.14	986.03
292395	350.48	231.11	-2000	-2000	-2000	-79.34	984.3
292396	348.82	231.97	321.52	341.54	82.11	-25.07	774.89
292397	347.2	230.16	316.68	336.9	82.2	20.89	607.81
292398	344.7	230.5	314.55	336.8	80.23	57.91	460.16
292399	344.03	231	313.45	333.99	80.42	98.45	339.38
292400	345.16	228.93	312.87	328.86	80.4	137.63	262.33

Figura 3-31 Logged Data File

3.5.5 Copiare i video sull'hard disk

Inserendo la SD card (presente all'interno del DTU durante la registrazione dei video) all'interno del ME PC e utilizzando il software *Eye Vision* è possibile scaricare i file direttamente sull'hard disk.

Come alternativa a tale metodo si ha la possibilità di registrare i video e i dati direttamente sul ME PC utilizzando il programma *Eye Vision* a condizione che il DTU sia collegato con il wi-fi o il cavo CAT5 direttamente al ME PC.

3.5.6 Osservazione del video in tempo reale

Collegando il DTU al ME PC ed utilizzando *Eye Vision* in modalità *Live* (par. 3.5.1), successivamente alla fase di calibrazione, è possibile in tempo reale osservare i movimenti oculari degli utenti direttamente sul display del personal computer.

Capitolo 4 Descrizione del campo prova

4.1 Introduzione

L'obiettivo della ricerca è lo studio delle differenze nel comportamento degli utenti stradali in corrispondenza di intersezioni a T autoesplicative ed intersezioni a T non autoesplicative. In particolare, lo studio pone l'attenzione sulla condotta di guida degli utenti a seconda del tipo di intersezione percorsa. Essendo l'intersezione di tipo esplicativo individuata come quella standard, sarà identificata come quella di controllo, mentre quella non esplicativa sarà identificata come sperimentale.

Si sono scelte due intersezioni urbane a raso del tipo a T, localizzate in contesti con caratteristiche simili e dunque confrontabili.

L'analisi del comportamento è suddivisa in due fasi che saranno illustrate nel successivo capitolo 5:

- Monitoraggio delle intersezioni attraverso dispositivi elettronici e rilevamento diretto di dati caratteristici degli utenti in sito;
- Analisi del comportamento di un campione di utenti attraverso la strumentazione Mobile Eye.

Nel presente capitolo 4 è descritto il campo prove per il monitoraggio attraverso dispositivi elettronici sia nell'intersezione sperimentale che in quella di controllo (par. 4.2 e par. 4.3); si proseguirà poi con l'analisi attraverso il Mobile Eye in entrambe le intersezioni (par. 4.4).

4.2 Monitoraggio con dispositivi elettronici per l'intersezione sperimentale (non autoesplicativa)

L'intersezione scelta per lo studio è individuata nella zona urbana di Bologna, in particolare nell'incrocio tra Via Zamboni e Piazza Rossini (Figura 4-1).



Figura 4-1 Vista planimetrica dell'intersezione sperimentale

4.2.1 Caratteristiche

L'intersezione sopra descritta presenta, a differenza della tipologia standard, l'obbligo di dare precedenza su quello che normalmente sarebbe considerato il ramo principale (Via Zamboni), assegnando così il diritto di precedenza agli utenti provenienti dal ramo secondario (Piazza Rossini).

In tale contesto le regole basilari di una intersezione sono invertite: l'utente che percorre Via Zamboni la percepirà come ramo principale e quindi avrà la sensazione di godere del diritto di precedenza su Piazza Rossini. Viceversa, l'utente che percorre Piazza Rossini la percepirà come ramo secondario portandolo a dare precedenza agli utenti di Via Zamboni.

Queste percezioni errate sono riconducibili ai seguenti fattori:

- Un rettilineo come quello di Via Zamboni (Figura 4-2) è considerato dall'utente come unico, coerente e continuo, non considerando l'eventualità di dover prestare attenzione ad un segnale stradale di rallentamento come quello di precedenza;

Descrizione del campo prova



Figura 4-2 Via Zamboni

- A ridosso della precedenza sono presenti dei cassonetti i quali rendono poco visibile la segnaletica verticale ed orizzontale; inoltre la segnaletica orizzontale risulta poco evidenziata ed in parte errata (è ancora presente per tutta la carreggiata anche se la strada è divenuta a doppio senso);
- Il contesto presenta ulteriori elementi di distrazione quali pedoni, pista ciclabile, veicoli in sosta e la presenza di un parcheggio sul lato destro;
- La strada di Piazza Rossini (Figura 4-3) presenta una morfologia caratterizzata da una brusca curva in prossimità dell'intersezione, creando una sensazione di discontinuità ed inducendo un comportamento più prudente.



Figura 4-3 Piazza Rossini

4.2.2 Metodologia

Il rilievo è stato effettuato durante differenti giornate e diverse fasce orarie, in modo tale da ottenere un campione il più rappresentativo possibile. Le fasce orarie privilegiate sono state una mattutina 9:00-12:00 ed una pomeridiana 15:00-17:00.

Il metodo utilizzato ha previsto l'uso di dispositivi elettronici quali fotocamera digitale e smartphone, accompagnato da un rilevamento di tipo manuale che prevedeva una compilazione tabellare riguardante le caratteristiche degli utenti. Per l'acquisizione dei dati si è proceduto con uno stazionamento in diverse posizioni:

- una posizione che permettesse un campo visivo quanto più ortogonale possibile a Via Zamboni (Figura 4-4 e Figura 4-5); nota la distanza tra due punti fissi e il tempo di percorrenza del veicolo in transito tra essi, è possibile ricavare la velocità con cui l'utente giunge al segnale "dare precedenza" tramite la relazione $v = s/t$;

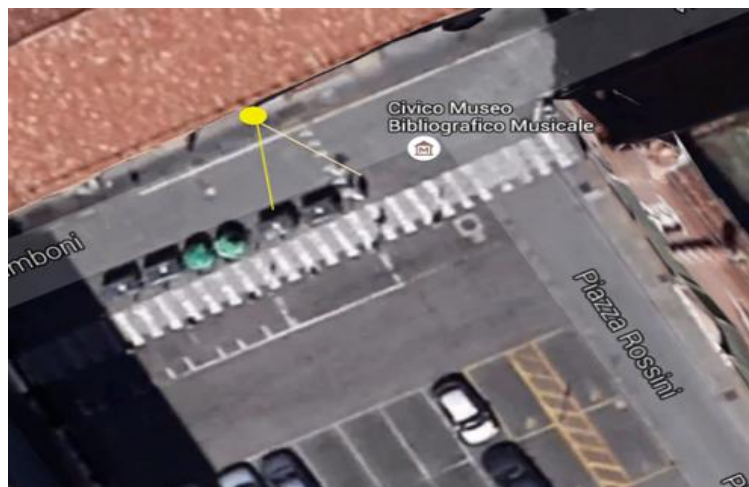


Figura 4-4 Planimetria nella posizione ortogonale

Descrizione del campo prova



Figura 4-5 Vista nella posizione ortogonale

- una posizione più frontale rispetto alla precedente (Figura 4-6): parte di questi filmati sono stati integrati con un'inquadratura posteriore (Figura 4-7) effettuata simultaneamente che permettesse di controllare l'accensione delle luci rosse di stop dei veicoli. In questo modo è stato possibile valutare la presenza o la mancanza dell'atto di frenatura degli utenti nei metri precedenti il segnale di precedenza;

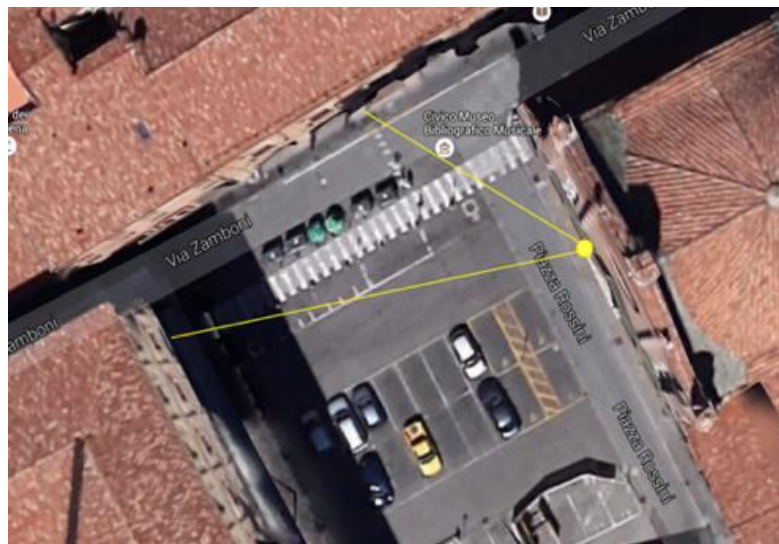


Figura 4-6 Planimetri nella posizione frontale

Descrizione del campo prova



Figura 4-7 Planimetria nella posizione posteriore

- una posizione laterale (Figura 4-8 e Figura 4-9), non ortogonale ma che permettesse un'ampia visuale sul ramo secondario. Ad essi sono stati integrate inquadrature posteriori (Figura 4-10) effettuate simultaneamente che permettessero di controllare l'accensione delle luci rosse di stop dei veicoli, come nel caso precedente. In particolare si è ritenuto opportuno inquadrare i 20 m precedenti l'intersezione e osservare l'avvenuta o la mancata frenatura da parte degli utenti che percorrono tale tratto;

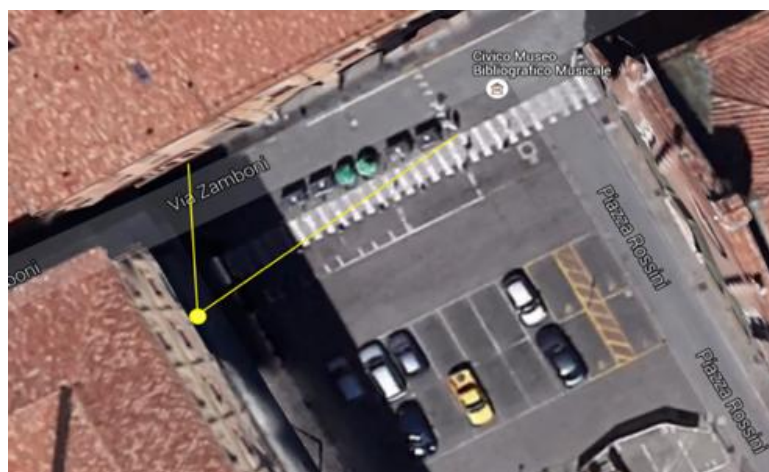


Figura 4-8 Planimetria nella posizione laterale

Descrizione del campo prova



Figura 4-9 Vista nella posizione laterale



Figura 4-10 Vista posteriore

- in corrispondenza della precedenza addetto (Figura 4-11) si è posizionato un alla compilazione tabellare delle caratteristiche degli utenti, i cui dati sono riportati nel paragrafo successivo.



Figura 4-11 Addetto per il rilevamento dei dati

4.2.3 Criteri di significatività del campione

Nella fase di acquisizione dei filmati si è rispettato il criterio secondo cui gli unici veicoli da considerare come significativi fossero quelli che:

- non risultassero ostacolati da pedoni o altre cause esterne;
- non si trovassero all'incrocio simultaneamente ad altri veicoli provenienti dal ramo principale (in questo caso la frenatura sarebbe infatti influenzata dalla presenza di tali veicoli);
- non fossero preceduti da altri veicoli;
- non stessero percorrendo la pista ciclabile (solo nel caso delle bici).

Si sono scartati gli autobus e i taxi in quanto considerati utenti usuali e quindi a conoscenza delle regole vigenti nell'intersezione.

4.2.4 Analisi descrittiva del campione

Il campione di questa fase dello studio è composto da 394 utenti, i quali sono stati identificati attraverso le seguenti caratteristiche:

- Mezzo di trasporto (auto, scooter, bicicletta);
- Sesso dell'utente;
- Comportamento dell'utente ("arresto" indica l'atto di arresto del veicolo da parte dell'utente, "rallentamento" indica l'atto di frenata del veicolo da parte dell'utente, "guarda" indica che l'utente abbia girato lo sguardo

Descrizione del campo prova

per verificare la presenza di altri utenti nel ramo principale di Piazza Rossini);

- Fascia di età (“giovane” per gli utenti di età inferiore ai 30 anni, “adulto” tra 30 e 60 anni, “anziano” oltre i 60 anni).

Le osservazioni sono riportate in Appendice; nella Figura 4-12 se ne riporta un estratto.

AUTO	SCOOTER	BICI	UOMO	DONNA	ARRESTA	RALLENTA	GUARDA	GIOVANE	ADULTO	ANZIANO
V				V	V	V	V	V		
V			V		F	V	V	V		
	V			V	F	V	V	V		
V			V		V	V	V		V	
V			V		F	V	V		V	
V				V	V	V	V		V	
		V		V	F	F	V		V	
V			V		V	V	V		V	
V				V	F	V	V		V	
	V		V		F	F	V		V	
V				V	F	V	V			V
	V			V	F	V	V			V
V			V		V	V	V		V	

Figura 4-12 Estratto dei dati

Nel dettaglio, si osserva una netta maggioranza di utenti che utilizzano la bicicletta (Figura 4-13): questo dato non sorprende in quanto la zona scelta è situata all'interno della zona a traffico limitato.

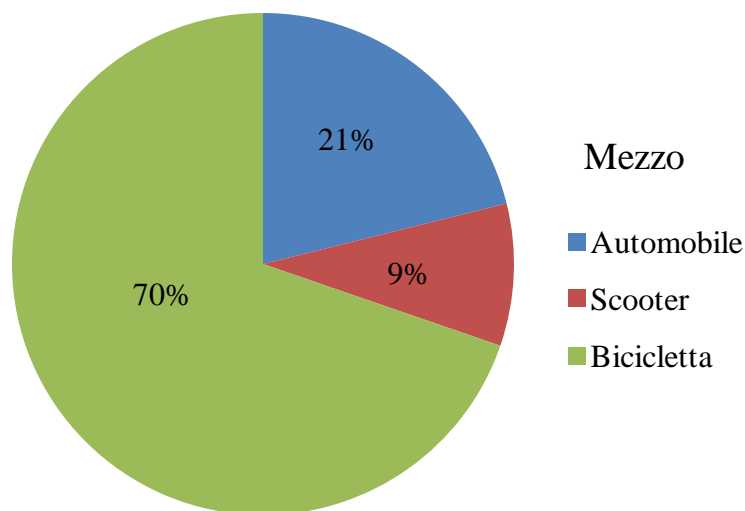


Figura 4-13 Intersezione non autoesplicativa: mezzo

Descrizione del campo prova

Il campione presenta una maggioranza di utenti di sesso maschile ed una componente minoritaria di sesso femminile (Figura 4-14).

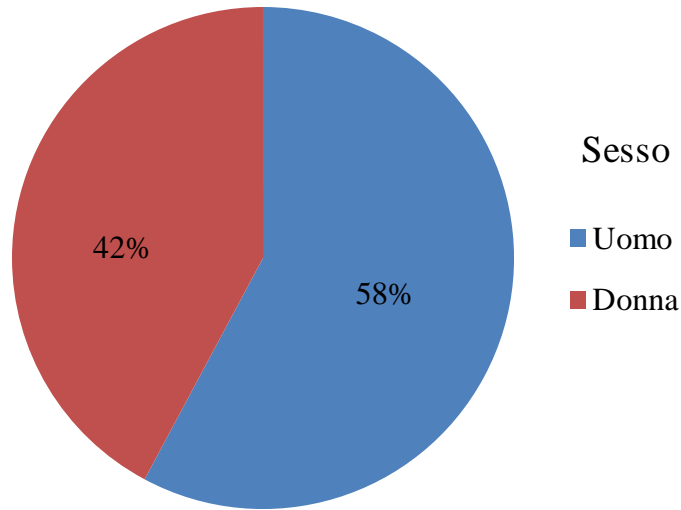


Figura 4-14 Intersezione non autoesplicativa: sesso degli utenti

Infine si riporta la composizione percentuale del campione per fascia d'età (Figura 4-15).

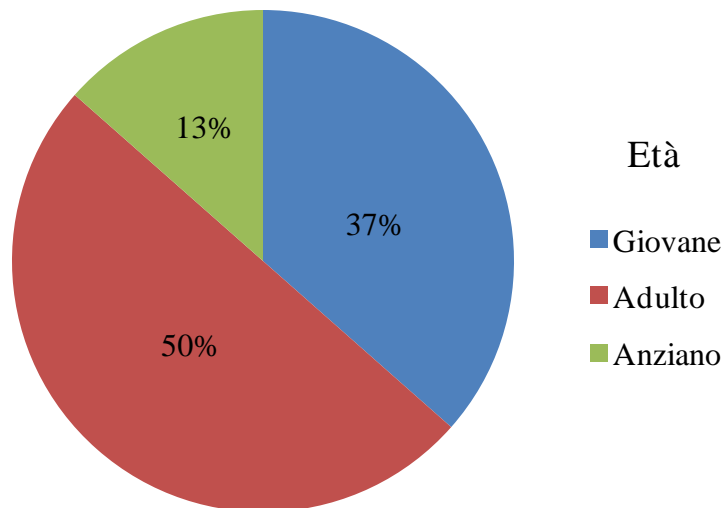


Figura 4-15 Intersezione non autoesplicativa: fascia d'età

4.3 Monitoraggio con dispositivi elettronici per l'intersezione di controllo
(autoesplicativa)

L'intersezione di controllo è individuata nella zona urbana di Bologna, in particolare nell'incrocio tra Via Augusto Righi e Via Federico Venturini (Figura 4-16).



Figura 4-16 Vista planimetrica dell'intersezione di controllo

4.3.1 Caratteristiche

L'intersezione sopra descritta è della tipologia standard: l'obbligo di dare precedenza è posto sul ramo secondario (Via Federico Venturini), mentre il diritto di precedenza si trova sul ramo principale (Via Augusto Righi).

La presente intersezione, in quanto standard, è immediatamente percepita dall'utente nel modo corretto. In aggiunta, un ulteriore rallentamento degli utenti nel ramo secondario è dovuto ad una poca visibilità che costringe il soggetto a dover avanzare con cautela verso il ramo principale oltrepassando la segnaletica orizzontale.

A differenza del caso sperimentale, quindi, le regole basilari di una intersezione a T sono soddisfatte.

4.3.2 Metodologia

Il rilievo è stato effettuato durante differenti giornate e un'unica fascia oraria, in modo tale da ottenere un campione il più rappresentativo possibile. La fascia oraria privilegiata è stata quella pomeridiana delle 15:00-18:00, poiché in tale periodo il flusso è risultato costante e non influenzato da incolonnamenti ed altri fattori che avrebbero alterato l'analisi.

Il metodo utilizzato ha previsto l'uso di dispositivi elettronici quali fotocamera digitale e smartphone, accompagnato da un rilevamento di tipo manuale che prevedeva una compilazione tabellare riguardante le caratteristiche degli utenti. Si è proceduto quindi con uno stazionamento in un'unica posizione:

- Lato destro di Via Federico Venturini (Figura 4-187 e Figura 4-18): in tale posizione è stato possibile filmare i veicoli posteriormente e controllare l'accensione delle luci rosse di stop dei veicoli ed inquadrare i 20 m precedenti l'intersezione in modo da osservare l'avvenuta o la mancata frenatura da parte degli utenti che percorrono tale tratto;



Figura 4-17 Vista planimetrica

Descrizione del campo prova



Figura 4-18 Vista frontale

- in corrispondenza della precedenza si è posizionato un addetto alla compilazione tabellare delle caratteristiche degli utenti, i dati ottenuti sono riportati nel capitolo successivo.

4.3.3 Criteri di significatività del campione

Nella fase di acquisizione dei filmati si è rispettato il criterio secondo cui gli unici veicoli da considerare come significativi fossero quelli che:

- non risultassero ostacolati da pedoni o altre cause esterne;
- non si trovassero all'incrocio simultaneamente ad altri veicoli provenienti dal ramo principale (in questo caso la frenatura sarebbe infatti influenzata dalla presenza di tali veicoli);
- non fossero preceduti da altri veicoli.

Si sono scartati gli autobus e i taxi in quanto considerati utenti usuali e quindi a conoscenza delle regole vigenti nell'intersezione.

4.3.4 Analisi descrittiva del campione

Il campione di questa fase dello studio è composto da 254 utenti, i quali sono stati identificati attraverso le medesime caratteristiche individuate per il campione relativo all'intersezione sperimentale.

Descrizione del campo prova

Per la tabella completa riguardante le osservazioni si rimanda all'Appendice.

A differenza di quanto osservato precedentemente, si osserva una maggioranza di utenti che utilizzano l'automobile (Figura 4-19): questo dato non sorprende in quanto la zona presenta un elevato flusso di mezzi motorizzati. Mentre la zona precedente era una zona di tipo "universitario", quest'ultima è caratterizzata dalla presenza di molte attività commerciali.

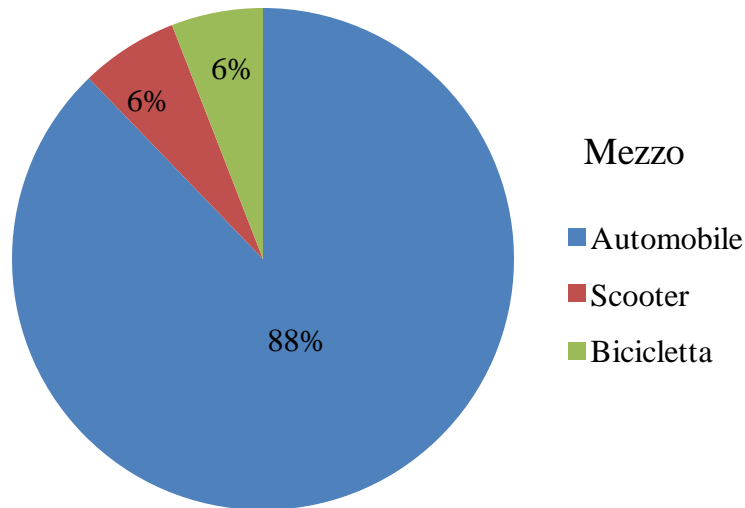


Figura 4-19 Intersezione autoesplicativa: mezzo

Permane una maggioranza di utenti di sesso maschile (Figura 4-20).

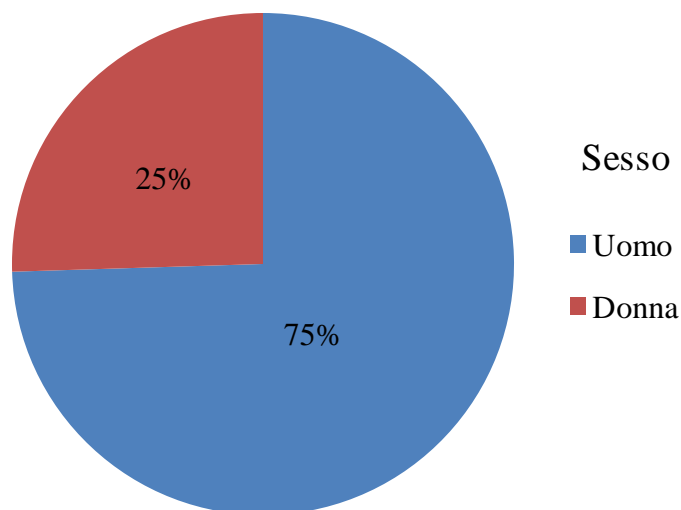


Figura 4-20 Intersezione autoesplicativa: sesso

Si riporta infine la suddivisione del campione per fascia d'età: anche in questo caso, la maggioranza di utenti è adulta (Figura 4-21).

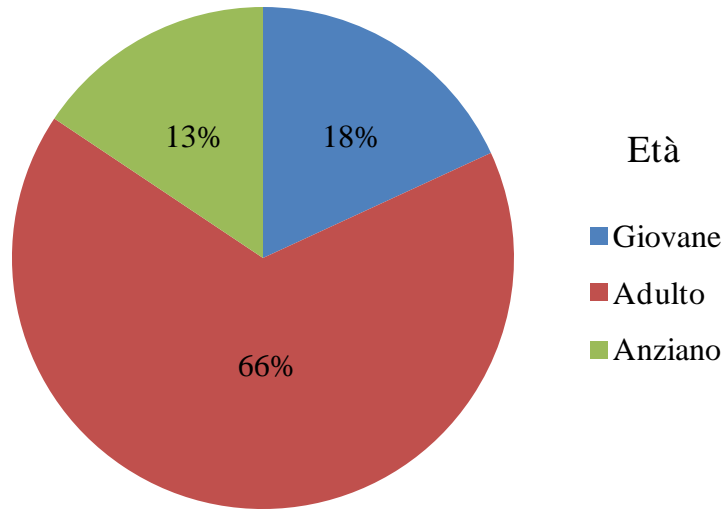


Figura 4-21 Intersezione autoesplicativa: fascia d'età

4.4 Analisi con Mobile Eye Tracker

Partendo dal dato secondo cui nell'intersezione non autoesplicativa la maggioranza degli utenti utilizzava come mezzo la bicicletta, si è proceduto con una ulteriore analisi di tipo sperimentale per questa tipologia di utenza.

L'esperimento consisteva nel dotare un campione di utenti di strumentazione Mobile Eye Tracker durante un percorso precedentemente assegnato, il quale comprendeva il passaggio presso l'intersezione soggetta allo studio.

4.4.1 Criteri di significatività del campione

Per evitare condizionamenti sul campione che avrebbero alterato la significatività dei risultati, si è scelto di comunicare agli utenti che l'obiettivo della ricerca fosse incentrato sullo studio dell'occhio attraverso la strumentazione Mobile Eye.

Descrizione del campo prova

In tal modo si è riusciti ad ottenere dati significativi sul comportamento in prossimità dell'intersezione.

Tutti i partecipanti presentavano capacità visive idonee per le prove con strumentazioni Mobile Eye e dunque non indossavano né occhiali né lenti a contatto che avrebbero potuto arrecare disturbi all'apparecchio.

4.4.2 Mezzo della prova

Il mezzo utilizzato per l'esperimento è stato una bicicletta da città (Figura 4-22).



Figura 4-22 Bicicletta per la prova

4.4.3 Calibrazione della strumentazione

Dopo aver dotato l'utente della strumentazione Mobile Eye (Figura 4-23), prima dell'inizio della prova si deve effettuare la fase di calibrazione dello strumento. Questa fase è descritta in dettaglio nel par. 3.5.1.

Si riportano solamente i punti principali:

- Calibrazione dell'immagine oculare;
- Calibrazione della scena, individuando una serie di punti presenti nell'ambiente esterno.



Figura 4-23 Utente con strumentazione mobile eye e operatore durante la calibrazione della scena

Terminate queste due fasi l'utente è pronto per iniziare la prova.

4.4.4 Metodologia e descrizione del campione per l'intersezione sperimentale

Il rilievo in Via Zamboni è stato effettuato in due giornate, privilegiando la fascia oraria 10:00-13:00 poiché tale periodo è risultato essere più soddisfacente per la calibrazione dei movimenti oculari rispetto a fasi giornaliere con luce più intensa.

Il percorso prevedeva la partenza presso Piazza di Porta Ravegnana e l'arrivo presso Piazza Antonio Scaravilli: in questo modo si è rilevato il comportamento dell'utente nel ramo secondario dell'intersezione, ovvero Via Zamboni.

Nella Figura 4-24 si riporta il percorso, evidenziando il passaggio nell'intersezione a T.



Figura 4-24 Percorso per l'intersezione sperimentale

Al termine della prova è stato somministrato ad ogni individuo un questionario di autovalutazione che intendesse determinare la conoscenza del percorso scelto per verificare se i soggetti fossero a conoscenza della segnaletica stradale (Tabella 4-1). In particolare è stato chiesto al campione:

- quanti km percorre in bicicletta in una settimana;
- di autovalutare la capacità di guida in bicicletta;
- se conosceva o no il percorso seguito;
- con quale frequenza utilizza il percorso oggetto di studio.

Dai dati ottenuti si può evincere che la maggioranza degli utenti percorre tale tragitto raramente.

Descrizione del campo prova

SOGGETTO	Km/SETTIMA IN BICI	CAPACITA' IN BICI	CONOSCENZA PERCORSO	FREQUENZA PERCORSO
Sogg. 1	0	Nella media	Si	-
Sogg. 2	10	Mediocri	No	-
Sogg. 3	10	Buone	No	-
Sogg. 4	0	Scarse	Si	Raramente, quasi mai
Sogg. 5	0	Nella media	No	-
Sogg. 6	10	Ottime	Si	Quotidiana
Sogg. 7	10	Nella media	Si	Una volta al mese
Sogg. 8	0	Nella media	Si	Raramente, quasi mai
Sogg. 9	-	Nella media	Si	Raramente, quasi mai
Sogg. 10	20	Buone	Si	Una volta alla settimana
Sogg. 11	20	Nella media	No	-
Sogg. 12	0	Buone	Si	Raramente, quasi mai
Sogg. 13	-	Ottime	Si	Raramente, quasi mai
Sogg. 14	15	Buone	Si	Raramente, quasi mai
Sogg. 15	1	Nella media	Si	Raramente, quasi mai
Sogg. 16	30	Nella media	Si	Una volta alla settimana
Sogg. 17	0	Buone	Si	Raramente, quasi mai

Tabella 4-1 Questionario per l'intersezione sperimentale

Il numero del campione è pari a 17 soggetti, di cui 10 di sesso maschile e 7 di sesso femminile, di età compresa tra i 19 e 32 anni.

Le caratteristiche degli utenti sono riportate nella Tabella 4-2 in termini di età, sesso e capacità visive.

SOGGETTO	SESSO	ETA'	VISUS DX	VISUS SX
Sogg. 1	Uomo	26	10	10
Sogg. 2	Donna	19	11	11
Sogg. 3	Uomo	21	10	10
Sogg. 4	Donna	24	10	10
Sogg. 5	Donna	24	10	10
Sogg. 6	Uomo	23	-	-
Sogg. 7	Uomo	26	10	10
Sogg. 8	Uomo	25	9	9
Sogg. 9	Uomo	26	-	-
Sogg. 10	Uomo	32	-	-
Sogg. 11	Uomo	19	11	11
Sogg. 12	Donna	19	8,25	8,75
Sogg. 13	Donna	20	-	-
Sogg. 14	Donna	21	-	-
Sogg. 15	Uomo	25	10	10
Sogg. 16	Donna	25	9,75	9,25
Sogg. 17	Uomo	27	10	7

Tabella 4-2 Caratteristiche utenti per l'intersezione sperimentale

4.4.5 Metodologia e descrizione del campione per l'intersezione di controllo

Il rilievo in Via Federico Venturini è stato effettuato in due giornate, privilegiando la fascia oraria 10:00-13:00.

L'esperimento consisteva nel dotare un campione di utenti della strumentazione Mobile Eye durante un percorso precedentemente assegnato, il quale comprendeva il passaggio presso l'intersezione soggetta allo studio.

Il percorso prevedeva la partenza e l'arrivo presso Piazza VIII Agosto: in questo modo si è rilevato il comportamento dell'utente nel ramo secondario dell'intersezione, ovvero Via Federico Venturini.

Nella Figura 4-25 si riporta il percorso, evidenziando il passaggio nell'intersezione a T.



Figura 4-25 Percorso per l'intersezione di controllo

Al termine della prova è stato somministrato ad ogni individuo un questionario di autovalutazione che intendesse determinare la conoscenza del percorso scelto per verificare se i soggetti fossero a conoscenza della segnaletica stradale (Tabella 4-3). In particolare è stato chiesto al campione:

- quanti km percorre in bicicletta in una settimana;
- di autovalutare la capacità di guida in bicicletta;

Descrizione del campo prova

- se conosceva o no il percorso seguito;
- con quale frequenza utilizza il percorso oggetto di studio.

Dai dati ottenuti si può evincere che la maggioranza degli utenti percorre tale tragitto raramente.

SOGGETTO	Km/SETTIMA IN BICI	CAPACITA' IN BICI	CONOSCENZA PERCORSO	FREQUENZA PERCORSO
Sogg. 1	0	Nella media	Si	-
Sogg. 2	15	Buone	Si	Raramente, quasi mai
Sogg. 3	0	Buone	Si	Raramente, quasi mai
Sogg. 4	0	Scarse	Si	Raramente, quasi mai
Sogg. 5	0	Nella media	No	-
Sogg. 6	10	Ottime	Si	Una volta alla settimana
Sogg. 7	10	Nella media	No	-
Sogg. 8	15	Buone	Si	Una volta alla settimana
Sogg. 9	20	Buone	Si	Raramente, quasi mai

Tabella 4-3 Questionario per l'intersezione di controllo

Il numero del campione è pari a 9 soggetti, di cui 5 di sesso maschile e 4 di sesso femminile, di età compresa tra i 21 e 32 anni.

Le caratteristiche degli utenti sono riportate nella Tabella 4-4 in termini di età, sesso e capacità visive.

SOGGETTO	SESSO	ETA'	VISUS DX	VISUS SX
Sogg. 1	Uomo	26	10	10
Sogg. 2	Donna	21	-	-
Sogg. 3	Uomo	27	10	7
Sogg. 4	Donna	24	10	10
Sogg. 5	Donna	24	10	10
Sogg. 6	Uomo	23	-	-
Sogg. 7	Uomo	26	10	10
Sogg. 8	Donna	21	10	9,75
Sogg. 9	Uomo	32	-	-

Tabella 4-4 Caratteristiche utenti per l'intersezione di controllo

Descrizione del campo prova

Capitolo 5 Analisi dei dati derivanti dal monitoraggio attraverso i dispositivi elettronici

5.1 Introduzione

In questo capitolo si analizzeranno i dati ricavati attraverso l'uso di dispositivi elettronici per l'acquisizione delle informazioni.

In generale, le fasi che si possono riscontrare in un'intersezione qualsiasi sono le seguenti: inizialmente durante l'approccio all'intersezione l'utente tenderà a rivolgere l'attenzione verso il ramo con diritto di precedenza guardando verso di esso, seguirà poi una fase di rallentamento (se necessaria) e infine una fase di arresto in prossimità della precedenza nel caso di condizioni di pericolo.

Gli aspetti sopracitati riguardanti le intersezioni saranno analizzati nel seguente capitolo, procedendo inoltre con l'analisi della velocità media tenuta dagli utenti.

Le analisi comportamentali saranno di due tipi: una aggregata e una per categoria.

I risultati ottenuti sono rappresentati attraverso istogrammi e la significatività delle osservazioni è testata attraverso il *test chi quadrato* χ^2 ed il *valore p* (*p-value*).

Il test chi quadrato è utilizzato per confrontare tra loro le frequenze dei valori osservati con le frequenze teoriche di una distribuzione di probabilità prefissata:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\text{frequenze osservate} - \text{frequenze teoriche})^2}{\text{frequenze teoriche}}$$

Se $\chi^2 = 0$ le frequenze coincidono, diversamente per $\chi^2 > 0$ esiste una discrepanza tra frequenze osservate e teoriche.

Fissando l'ipotesi nulla e l'errore tollerato (soglia $\alpha = 0,05$) è possibile determinare la significatività del test calcolando il *p-value* relativamente ai dati osservati:

- Se $p - value > \alpha$ l'ipotesi nulla non può essere rifiutata;
- Se $p - value \leq \alpha$ l'ipotesi nulla è rifiutata e i dati osservati sono statisticamente significativi.

La velocità media sarà trattata con l'analisi della varianza (ANOVA) che è una tecnica di analisi delle osservazioni che consente di verificare ipotesi relative a differenze tra le medie di due o più popolazioni.

L'analisi della varianza si può distinguere tra varianza interna ai gruppi (within) e varianza tra i gruppi (between): in questa tesi utilizzeremo la varianza between in quanto si vuole determinare se due o più gruppi siano statisticamente diversi tra loro tenendo in considerazione le loro caratteristiche specifiche e quindi l'eterogeneità tra campioni.

Per realizzare questi test si utilizza *R*, un ambiente di sviluppo utilizzato per l'elaborazione dei dati, per eseguire calcoli e per effettuare rappresentazioni grafiche. In particolare è composto da strumenti per l'analisi statistica dei dati. È definito come ambiente di programmazione e non come software poiché tutto è realizzato attorno al linguaggio di programmazione *R* a partire dagli oggetti: ogni oggetto (dataset, tabella, grafico ecc.) viene trattato dalle funzioni di *R* con un metodo specifico.

Il campione considerato nel seguente test è costituito da 394 utenti per l'intersezione sperimentale (non autoesplicativa) e da 254 utenti per l'intersezione di controllo (autoesplicativa).

Per entrambi i campioni il mezzo e il sesso sono noti mentre l'età è conosciuta per 119 utenti nella condizione non autoesplicativa (30% del dato totale) e per 159 utenti in quella autoesplicativa (63% del dato totale).

Si procederà in primo luogo con un'analisi aggregata sul comportamento dell'utente, analizzando in particolare i dati sull'attenzione, sul rallentamento ed infine sull'arresto da parte degli utenti. Ogni tipologia di comportamento verrà poi analizzata in funzione delle variabili mezzo, sesso ed età.

In secondo luogo si è svolta un'analisi della velocità media degli utenti.

5.2 Analisi aggregata sul comportamento dell'utente

5.2.1 Analisi sull'attenzione

Il seguente istogramma (Figura 5-1) rappresenta il comportamento di attenzione dell'utente in prossimità dell'intersezione, inteso come numero percentuale del campione di utenti che guarda in direzione del ramo con diritto di precedenza, nelle tabelle in appendice questo comportamento è identificato con la voce "guarda".

Nell'intersezione sperimentale solo il 31,8% degli utenti presta attenzione al ramo con diritto di precedenza mentre in quella di controllo si osserva come questa venga percepita come una vera e propria intersezione: infatti il 100% degli utenti presta attenzione.

L'analisi del χ^2 mostra che i dati sono statisticamente significativi:

$$\chi^2 = 86,25 \quad p < 0,001$$

INTERSEZIONE	GUARDA	NON GUARDA
Sperimentale	40 (126)	181 (267)
Controllo	254 (254)	0 (0)

Tabella 5-1 Dati attenzione

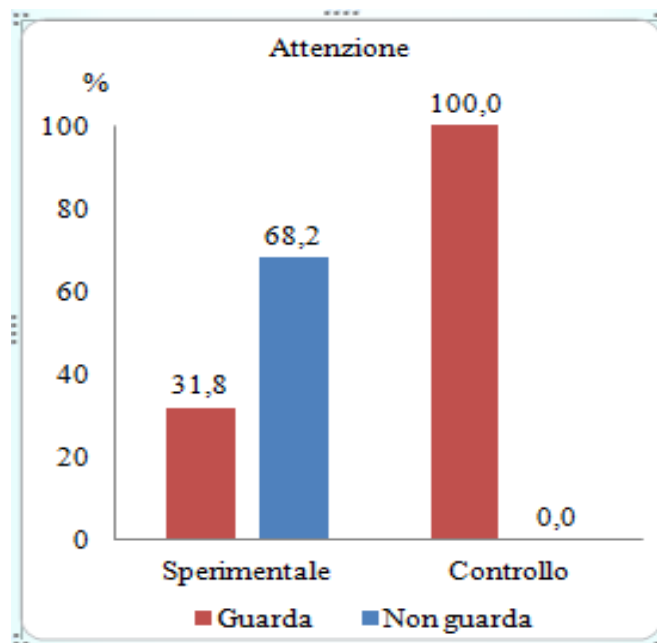


Figura 5-1 Istogramma relativo alla voce "guarda"

5.2.2 Analisi sul rallentamento

In prossimità dell'intersezione l'utente potrà decidere di ridurre la sua velocità in base alla personale percezione del pericolo. Dal seguente istogramma (Figura 5-2) si osserva che solo il 7,8% degli utenti nell'intersezione sperimentale rallenta mentre nell'intersezione di controllo si ha un valore del 90,6%.

Anche in questo caso l'analisi del χ^2 mostra che i dati sono statisticamente significativi:

$$\chi^2 = 168,03 \quad p < 0,001$$

INTERSEZIONE	RALLENTA	NON RALLENTA
Sperimentale	2 (31)	333 (362)
Controllo	208 (230)	2 (24)

Tabella 5-2 Dati rallenta

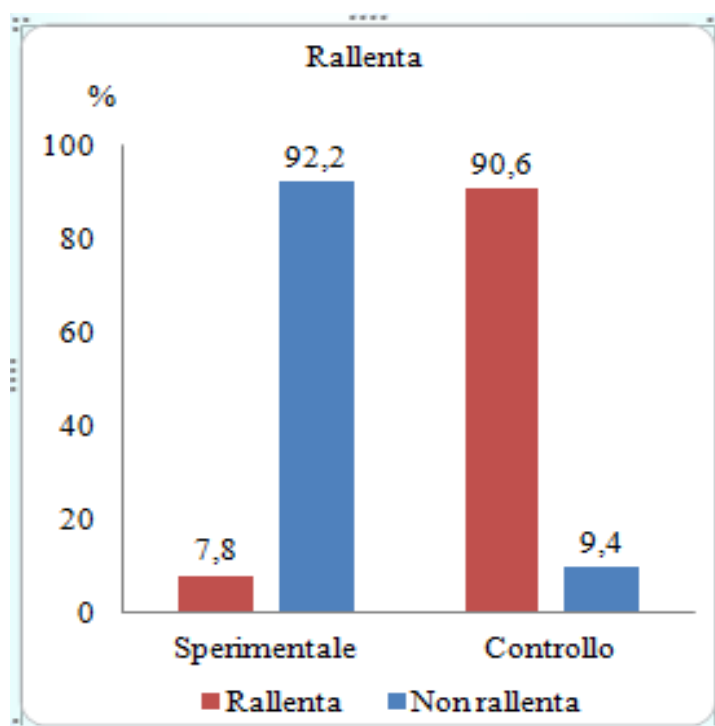


Figura 5-2 Istogramma relativo alla voce "rallenta"

5.2.3 Analisi sull'arresto

Infine si espongono i valori ottenuti per il caso di arresto del mezzo da parte dell'utente. Dall'istogramma (Figura 5-3) si può osservare che solo lo 0,2% di utenti nell'intersezione sperimentale si arresta, mentre per l'intersezione di controllo si ha un dato del 41,2%.

L'analisi del χ^2 mostra che i dati sono statisticamente significativi:

$$\chi^2 = 98,15 \quad p < 0,001$$

INTERSEZIONE	ARRESTA	NON ARRESTA
Sperimentale	0 (1)	391 (392)
Controllo	43 (105)	88 (149)

Tabella 5-3 Dati arresto

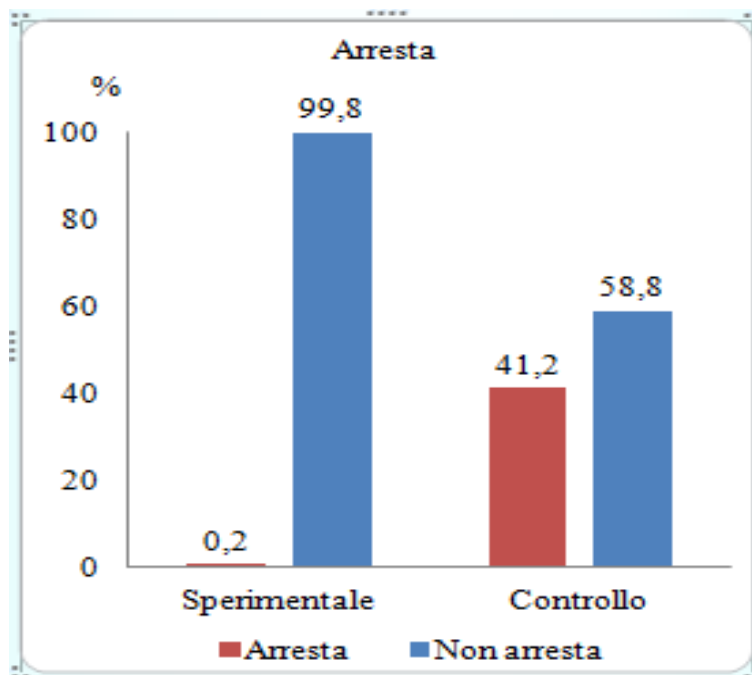


Figura 5-3 Istogramma relativo alla voce "arresta"

5.2.4 Considerazioni sulla visibilità e la leggibilità delle intersezioni

Incrociando i dati ottenuti si riscontra una particolare significatività sulle azioni “rallenta” e “arresta” (Figura 5-4).

Nel caso sperimentale la bassa percentuale di utenti che rallentano (7,8%) è dovuta principalmente alla scarsa visibilità dell’intersezione: l’utente infatti non è in grado di percepire la gerarchia del ramo che percorre e dunque percorre Via Zamboni come se godesse del diritto di precedenza. Il mancato rallentamento potrebbe causare possibili collisioni con veicoli provenienti dal ramo principale (Piazza Rossini) ed è quindi possibile affermare che l’intersezione sperimentale risulta poco percepibile e pericolosa.

Per quanto riguarda l’arresto, avendo escluso tutti i casi in cui si avevano veicoli preceduti da altri o presenza di pedoni che costringevano all’arresto, il dato risulta trascurabile (3,2%) per cui non è possibile esprimere un parere relativo a tale dato o in merito alla leggibilità globale dell’intersezione.

Nel caso dell’intersezione di controllo si ha un’alta percentuale di utenti che rallentano (90,6%) in quanto l’intersezione è subito percepita come tale. Il dato dell’arresto risulta invece molto elevato (45,7%); tale dato risulta particolare poiché una intersezione caratterizzata da precedenza non dovrebbe presentare un così elevato numero di arresti. Ciò diviene comprensibile se si analizza nel dettaglio l’intersezione: la visibilità risulta molto ridotta e porta gli utenti ad avanzare oltre la segnaletica orizzontale per potersi immettere nel ramo principale, in tale situazione gli utenti preferiscono arrestarsi per controllare le condizioni di traffico in Via Augusto Righi e poi solo successivamente procedere in essa. È possibile affermare quindi che l’intersezione di controllo è percepita come tale ma presenta una leggibilità che potrebbe essere migliorata.

INTERSEZIONE	RALLENTA	ARRESTA
Sperimentale	2 (31)	1 (31)
Controllo	208 (230)	105 (208)

Tabella 5-4 Dati incrociati

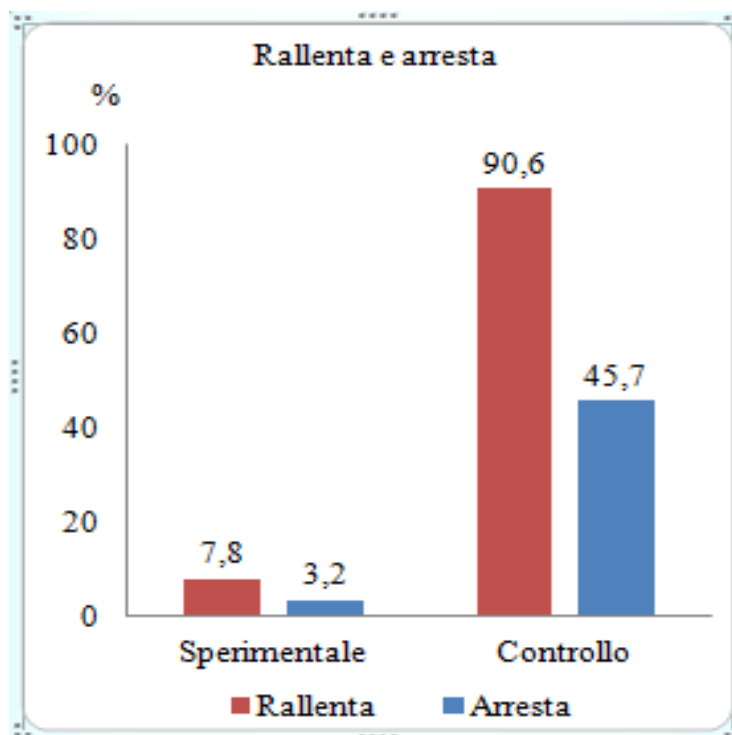


Figura 5-4 Istogramma rappresentativo degli utenti che rallentano e arrestano il mezzo in funzione del tipo di intersezione

5.3 Analisi per categoria sul comportamento dell'utente

5.3.1 Analisi dell'attenzione in funzione della categoria: mezzo di trasporto

Nell'intersezione sperimentale il 32% degli utenti presta attenzione. In particolare, l'attenzione in prossimità dell'intersezione è osservata da un automobilista su due; per scooteristi e ciclisti il dato scende a circa uno su quattro.

Nell'intersezione di controllo, invece, tutti gli utenti prestano attenzione, indipendentemente dal mezzo utilizzato (Figura 5-5).

INTERSEZIONE	AUTO	SCOOTER	BICICLETTA
Sperimentale	19 (40)	3 (10)	21 (76)
Controllo	223 (223)	16 (16)	15 (15)

Tabella 5-5 Dati attenzione – mezzo

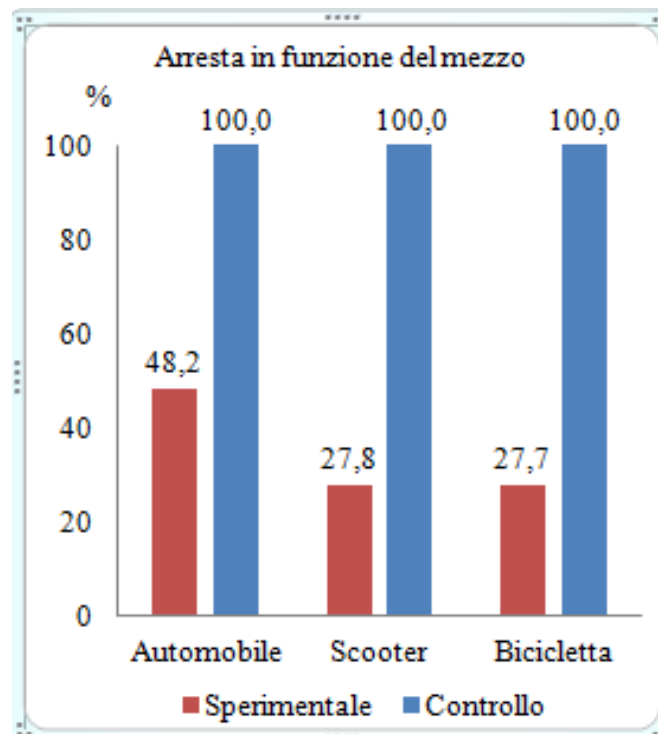


Figura 5-5 Istogramma dell'attenzione relativo al mezzo

5.3.2 Analisi dell'attenzione in funzione della categoria: sesso dell'utente

Nel caso sperimentale non si osserva nessuna relazione significativa tra il comportamento e il sesso dell'utente in quanto la percentuale di uomini e donne è praticamente uguale.

Per il controllo si era ottenuto un dato pari al 100% (Figura 5-6).

INTERSEZIONE	UOMO	DONNA
Sperimentale	24 (74)	17 (52)
Controllo	190 (190)	64 (64)

Tabella 5-6 Dati attenzione – sesso

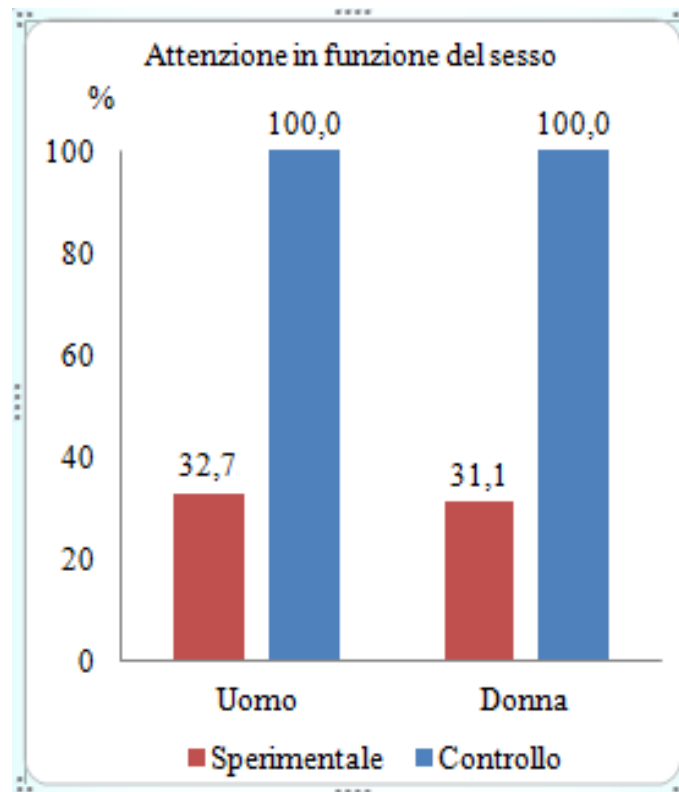


Figura 5-6 Istogramma dell'attenzione relativo al sesso

5.3.3 Analisi dell'attenzione in funzione della categoria: età dell'utente

Il dato ottenuto per questa categoria risulta molto interessante nel caso sperimentale: si osserva infatti che all'aumentare dell'età si ha una maggiore prudenza in prossimità di intersezioni non standard.

Per l'intersezione di controllo non si rileva alcuna significatività nella relazione tra le variabili attenzione ed età (Figura 5-7).

INTERSEZIONE	GIOVANE	ADULTO	ANZIANO
Sperimentale	1 (8)	6 (19)	3 (7)
Controllo	29 (29)	105 (105)	25 (25)

Tabella 5-7 Dati attenzione – età

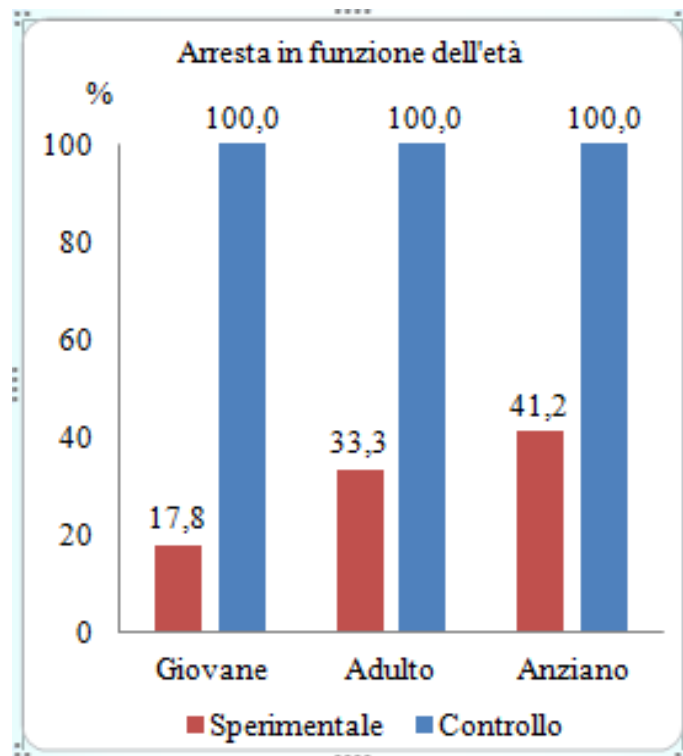


Figura 5-7 Istogramma dell'attenzione relativo all'età

5.3.4 Analisi del rallentamento in funzione della categoria: mezzo di trasporto

Nell'intersezione sperimentale il 7,8% degli utenti rallenta. In particolare, il rallentamento in prossimità dell'intersezione è effettuato da circa un automobilista su cinque; per scooteristi da circa uno su quattro; i ciclisti non effettuano alcun rallentamento (0,7%).

Per l'intersezione di controllo il 90,6% degli utenti rallenta (96,4% per automobilisti; 93,8% per scooteristi) (Figura 5-8).

INTERSEZIONE	AUTO	SCOOTER	BICICLETTA
Sperimentale	4 (19)	3 (10)	0 (2)
Controllo	207 (215)	14 (15)	0 (0)

Tabella 5-8 Dati rallentamento - mezzo

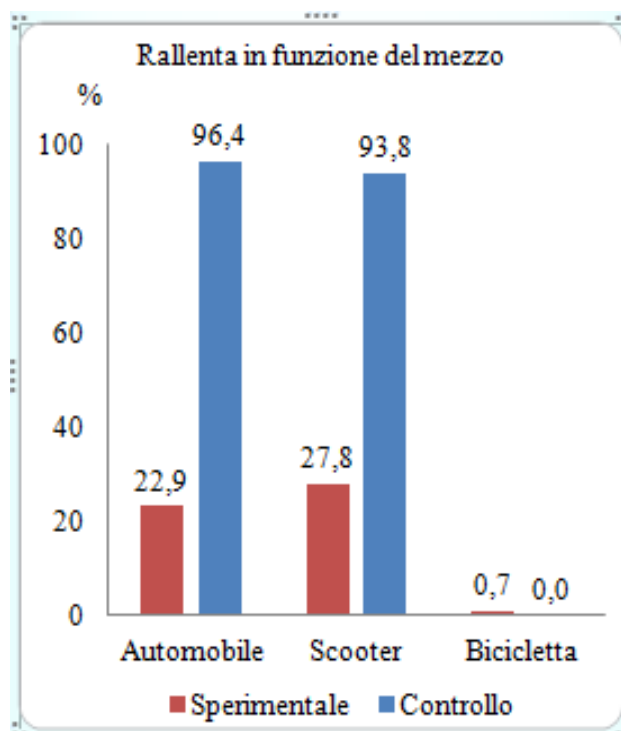


Figura 5-8 Istogramma del rallentamento relativo al mezzo

5.3.5 Analisi del rallentamento in funzione della categoria: sesso dell'utente

Anche in questo caso le percentuali di uomini e donne sono equiparabili e pertanto il sesso dell'utente non è una caratteristica statisticamente significativa sul comportamento dell'utente stesso (Figura 5-9).

INTERSEZIONE	UOMO	DONNA
Sperimentale	2 (19)	1 (12)
Controllo	158 (173)	51 (57)

Tabella 5-9 Dati rallentamento – sesso

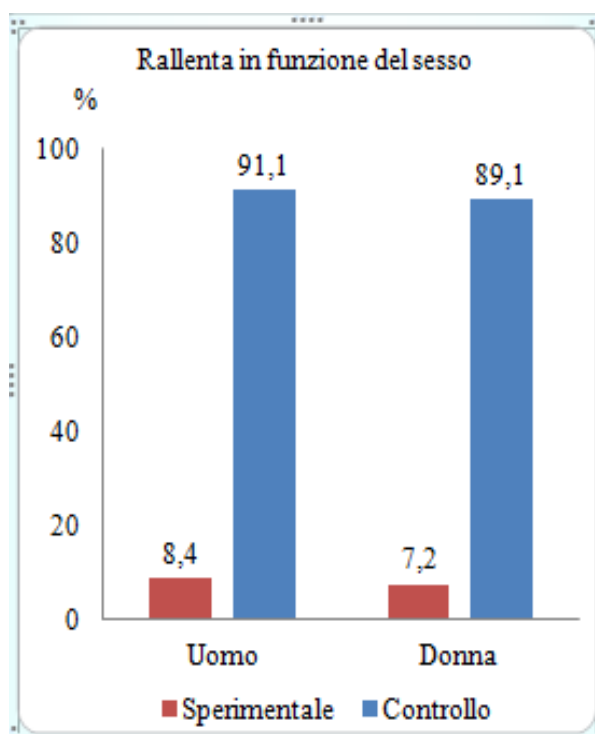


Figura 5-9 Istogramma del rallentamento relativo al sesso

5.3.6 Analisi del rallentamento in funzione della categoria: età dell'utente

Nel caso sperimentale, il rallentamento è rilevato per la fascia d'età denominata adulta. Il dato non sorprende poiché la percentuale di utenti automobilisti è composta principalmente da adulti.

Per il caso di controllo si ottengono valori molto simili tra le tre fasce d'età (Figura 5-10).

INTERSEZIONE	GIOVANE	ADULTO	ANZIANO
Sperimentale	0 (0)	2 (11)	0 (0)
Controllo	23 (26)	97 (101)	21 (23)

Tabella 5-11 Dati rallentamento – età

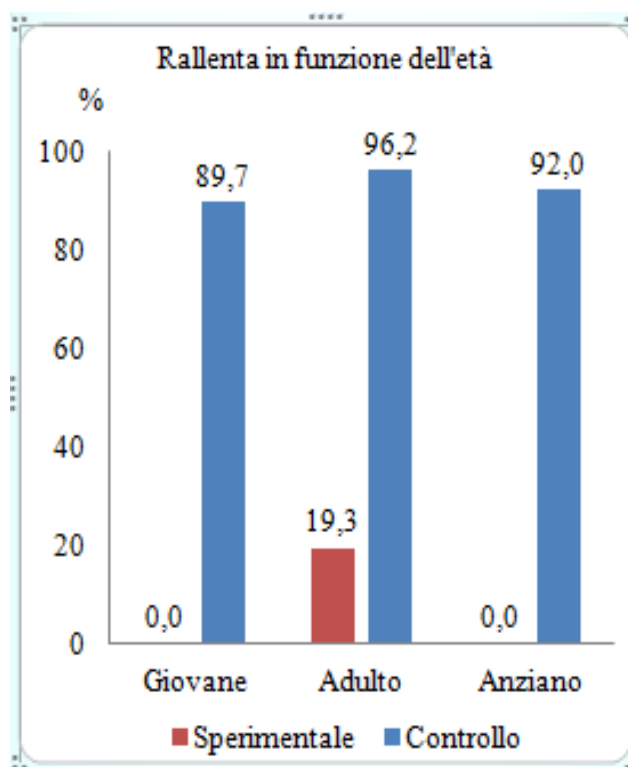


Figura 5-10 Istogramma del rallentamento relativo all'età

5.3.7 Analisi dell'arresto in funzione della categoria: mezzo di trasporto

La manovra di arresto è eseguita solamente nel caso di utenti alla guida di automobili, sia nel caso della intersezione sperimentale che in quella di controllo (Figura 5-11).

INTERSEZIONE	AUTO	SCOOTER	BICICLETTA
Sperimentale	0 (1)	0 (0)	0 (0)
Controllo	49 (105)	0 (0)	0 (0)

Tabella 5-12 Dati arresto - mezzo

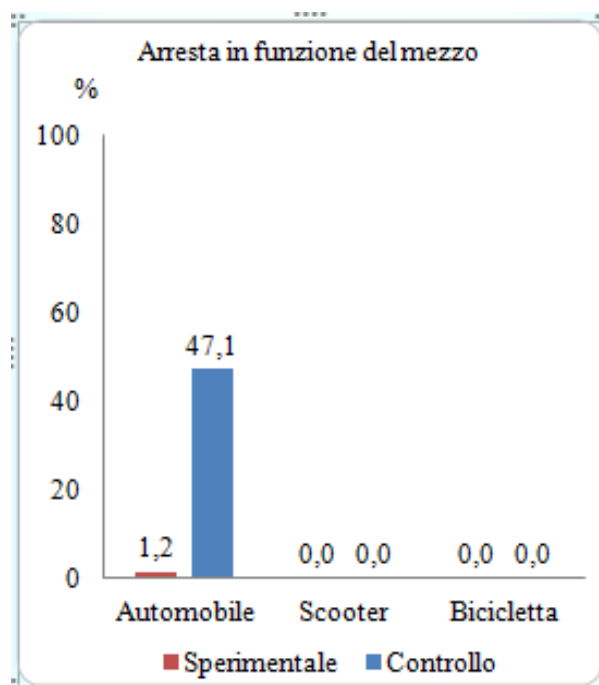


Figura 5-11 Istogramma dell'arresto relativo al mezzo

5.3.8 Analisi dell'arresto in funzione della categoria: sesso dell'utente

Nell'intersezione di controllo l'arresto non è influenzato dalla variabile sesso, in quanto le percentuali sono molto simili (Figura 5-12).

INTERSEZIONE	UOMO	DONNA
Sperimentale	0 (1)	0 (0)
Controllo	30 (76)	13 (29)

Tabella 5-13 Dati arresto – sesso

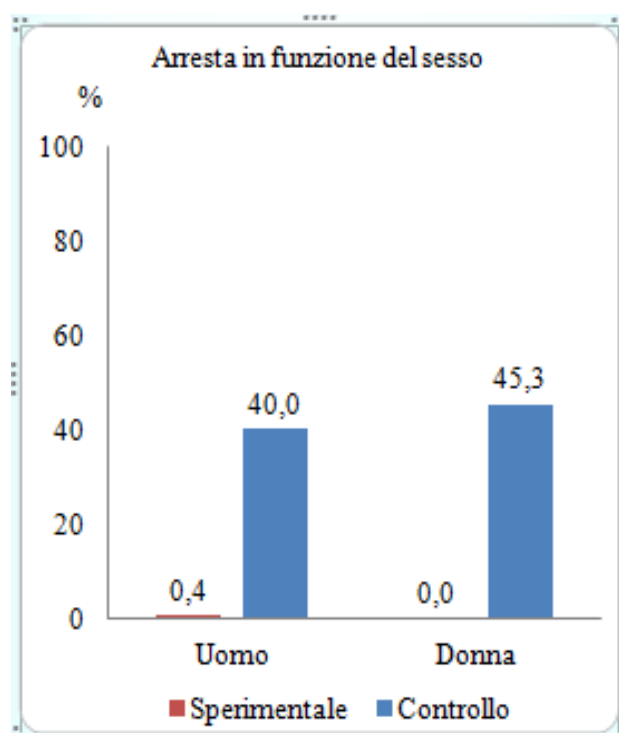


Figura 5-12 Istogramma dell'arresto relativo al sesso

5.1.1 Analisi dell'arresto in funzione della categoria: età dell'utente

Infine anche in questo caso il dato ottenuto non rileva nessuna relazione tra l'età e l'arresto. Nel caso sperimentale non si hanno casi di arresto mentre nel caso del controllo si ha una distribuzione equa dei valori (Figura 5-13).

INTERSEZIONE	GIOVANE	ADULTO	ANZIANO
Sperimentale	0 (0)	0 (1)	0 (0)
Controllo	6 (13)	19 (45)	8 (14)

Tabella 5-14 Dati arresto - età

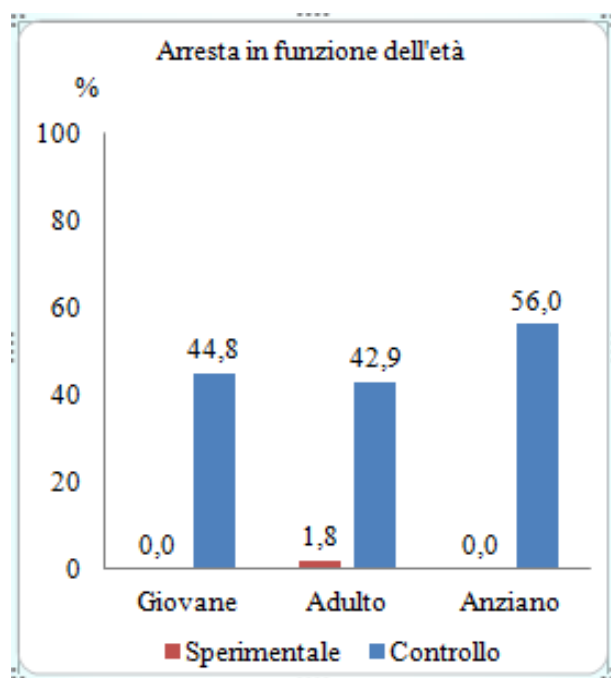


Figura 5-13 Istogramma dell'arresto relativo all'età

5.4 Analisi sulla velocità tenuta dagli utenti

Dai filmati ottenuti tramite l'uso dei dispositivi elettronici si sono determinate le velocità medie dei mezzi utilizzati.

È stato possibile ricavare la velocità media in 154 filmati per Via Zamboni (pari al 39% dei filmati totali: 394) e in 247 filmati per Via Federico Venturini (pari al 97% dei filmati totali: 254).

Le velocità sono riportate nelle tabelle in appendice.

I dati sono stati analizzati mediante una ANOVA con disegno *between* ponendo come variabile dipendente la velocità e come variabili indipendenti le seguenti:

- “condizione”, rappresentata da 2 livelli: autoesplicativa (intersezione di controllo) e non autoesplicativa (intersezione sperimentale);
- “mezzo”, rappresentato da 3 livelli: automobile, scooter e bicicletta;
- “sesso”, rappresentato da 2 livelli: uomini e donne;
- “età”, rappresentata da 3 livelli: giovane, adulto e anziano.

I valori ottenuti sono riportati nella Tabella 5-15:

VARIABILE	GRADI LIBERTA' DELL'EFFETTO	GRADI LIBERTA' DELL'ERRORE	F – VALUE	P – VALUE
Condizione	1	367	41,234	< 0,001
Mezzo	2	367	14,155	< 0,001
Sesso	1	367	1,904	0,168
Età	3	367	6,780	< 0,001

Tabella 5-15 Analisi con il software R

Dai risultati si può affermare che l'unico parametro non statisticamente significativo è il sesso dell'utente. Tuttavia, anche l'età è bene non considerarla in quanto in molte osservazioni l'età del conducente non è nota.

La condizione e il mezzo hanno una significatività elevata (Tabella 5-16 e Tabella 5-17).

CONDIZIONE	VELOCITA' MEDIA [km/h]	OSSERVAZIONI
Autoesplicativa	15,0	247
Non autoesplicativa	18,5	154

Tabella 5-16 Velocità media in funzione dell'intersezione

Nell'intersezione sperimentale la velocità media (Figura 5-14) tenuta dagli utenti è maggiore rispetto a quella osservata nell'intersezione di controllo, ciò è dovuto alla mancanza della fase di rallentamento nel caso non autoesplicativo (solo il 7,9% Figura 5-2).

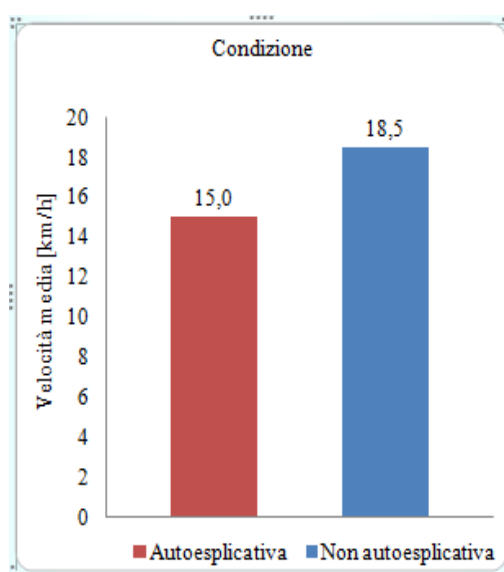


Figura 5-14 Velocità media nelle due intersezioni

MEZZO	VELOCITA' MEDIA [km/h]	OSSERVAZIONI
Automobile	16,7	246
Scoter	20,0	24
Bicicletta	15,0	131

Tabella 5-17 Velocità media in funzione del mezzo

La velocità media (Figura 5-15) degli automobilisti è minore rispetto a quella degli scooteristi in quanto si è verificato che in prossimità dell'intersezione un approccio più cauto è conseguito in parte maggiore dagli utenti che prediligono la guida dell'automobile (Figura 5-5).

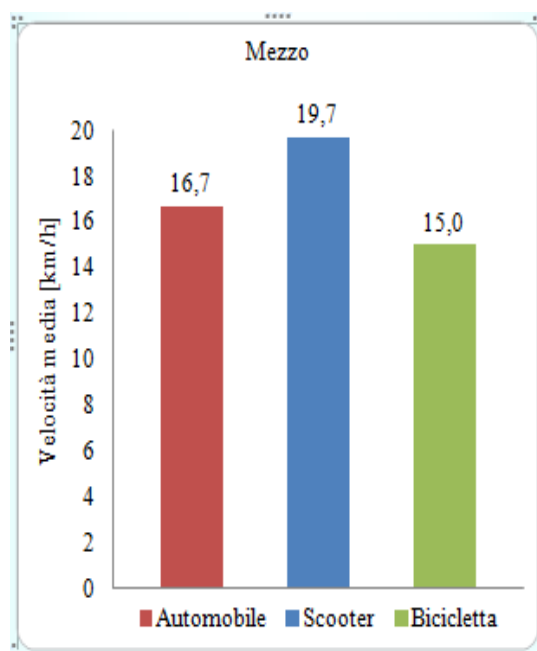


Figura 5-15 Velocità media in funzione del mezzo

Si riportano in Tabella 5-18 le interazioni tra le variabili indipendenti:

VARIABILE	GRADI LIBERTA' DELL'EFFETTO	GRADI LIBERTA' DELL'ERRORE	F – VALUE	P – VALUE
Condizione e mezzo	2	367	0,273	0,761
Condizione e sesso	1	367	0,690	0,407
Mezzo e sesso	2	367	3,130	0,045
Condizione e età	3	367	10,637	< 0,001
Mezzo e età	5	367	1,431	0,212
Sesso e età	3	367	0,909	0,437
Condizione, mezzo e sesso	2	367	1,483	0,228
Condizione, mezzo e età	4	367	3,674	< 0,001
Condizione, sesso e età	3	367	0,124	0,946
Mezzo, sesso e età	1	367	3,715	0,055

Tabella 5-18 Analisi con il software R

Le uniche interazioni che determinano una significatività sono dovute a *condizione - età* e *condizione - mezzo - età*. I risultati però non possono essere considerati affidabili in quanto sono affetti dalla mancanza di dati riguardanti l'età dei conducenti e dunque sono da considerare non significativi.

Anche se non risulta significativa si riporta l'interazione *mezzo – sesso* in Tabella 5-19, si osserva che le velocità tenute dagli utenti dipendono dal tipo di mezzo (chi viaggia con lo scooter tende ad avere una velocità media molto maggiore rispetto agli utenti che prediligono come mezzo l'automobile o la bicicletta) ma non dal sesso dell'utente (Figura 5-16):

MEZZO	SESSO	VELOCITA' MEDIA [km/h]	OSSERVAZIONI
Automobile	Uomo	16,6	174
	Donna	17,0	72
Scooter	Uomo	16,0	77
	Donna	14,0	54
Bicicletta	Uomo	20,0	18
	Donna	20,0	6

Tabella 5-19 Velocità media in funzione del mezzo e del sesso

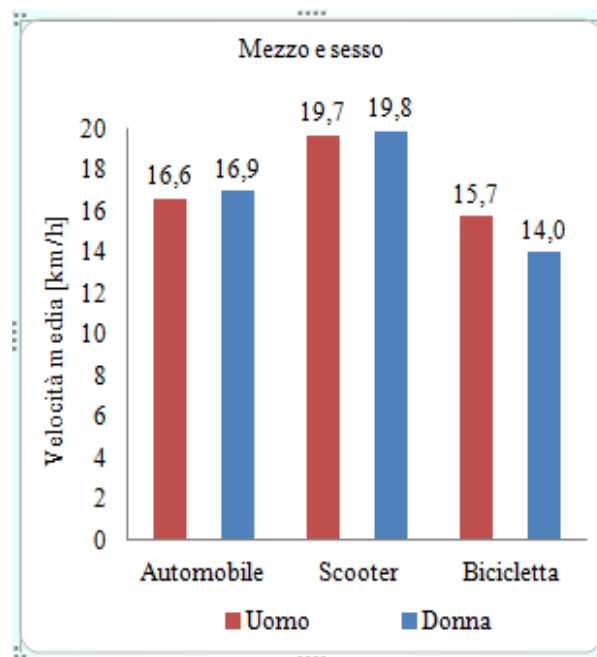


Figura 5-16 Velocità media in funzione del mezzo e del sesso dell'utente

Capitolo 6 Analisi dei dati ottenuti con strumentazione Mobile Eye Tracker

6.1 Introduzione

In questo capitolo si analizzeranno i dati ricavati attraverso la strumentazione Mobile Eye Tracker.

Dalle osservazioni dei filmati per ogni utente verranno ricavati il numero totale di fissazioni, definite come il numero di volte in cui l'utente volge lo sguardo in direzione del ramo con diritto di precedenza.

In particolare, lo studio considererà per ogni utente il numero di volte in cui fissa il segnale verticale di precedenza ed il numero di fissazioni prima e dopo l'intersezione.

La significatività delle osservazioni è testata attraverso il *test chi quadrato* χ^2 e il *test-t*. Il *test chi quadrato* è stato esposto nel par. 5. Il *test-t* è un test statistico utilizzato per verificare se il valore medio di una distribuzione si discosta significativamente dal valore di riferimento. Per realizzare questi test si utilizza il *programma R*.

6.2 Campione per l'analisi

Il numero del campione è pari a 9 utenti per entrambe le intersezioni. Inizialmente, per l'intersezione sperimentale il numero di utenti era pari a 17 soggetti: a causa di problematiche dovute alla calibrazione si è ottenuta una riduzione degli utenti che ha comunque permesso l'analisi dei dati.

Si riportano in Tabella 6-1 i dati caratteristici degli utenti relativi all'intersezione non autoesplicativa.

Per l'intersezione autoesplicativa i dati caratteristici dei soggetti sono riportati in Tabella 6-2.

SOGGETTO	SESSO	ETA'	CONOSCENZA PERCORSO	FREQUENZA PERCORSO
Utente 1	Uomo	26	Si	-
Utente 2	Donna	19	No	-
Utente 3	Uomo	21	No	-
Utente 5	Donna	24	No	-
Utente 6	Uomo	23	Si	Quotidiana
Utente 8	Uomo	25	Si	Raramente, quasi mai
Utente 9	Uomo	26	Si	Raramente, quasi mai
Utente 11	Uomo	19	No	-
Utente 15	Uomo	25	Si	Raramente, quasi mai

Tabella 6-1 Dati utenti in Via Zamboni

SOGGETTO	SESSO	ETA'	CONOSCENZA PERCORSO	FREQUENZA PERCORSO
Utente 1	Uomo	26	Si	-
Utente 2	Donna	19	Si	Raramente, quasi mai
Utente 3	Uomo	21	Si	Raramente, quasi mai
Utente 4	Donna	24	Si	Raramente, quasi mai
Utente 5	Donna	24	No	-
Utente 6	Uomo	23	Si	Una volta alla settimana
Utente 7	Uomo	26	No	-
Utente 8	Uomo	25	-	-
Utente 9	Uomo	26	Si	Raramente, quasi mai

Tabella 6-2 Dati utenti in Via Augusto Righi

6.3 Determinazione delle fissazioni

Ogni utente è stato dotato degli occhiali SMU e del DTU (Figura 6-1) in grado di registrare la posizione dello sguardo e di sovrapporlo con la scena esterna (Figura 6-2).

Il numero totale delle fissazioni per ogni utente viene ottenuto determinando il numero di fotogrammi in cui l'utente osserva il ramo con diritto di precedenza: il procedimento consiste nel bloccare il video e successivamente, frame per frame, individuare il punto in cui l'utente guarda attraverso il puntatore a croce che compare nelle riprese video. Le fissazioni sono determinate 15 metri prima (nelle tabelle verrà indicato con "Prima") della segnaletica orizzontale di precedenza e per i successivi 5 metri da essa (nelle tabelle verrà indicato con "Dopo").



Figura 6-1 Soggetto dotato dell'attrezzatura per la prova



Figura 6-2 Ripresa mediante Mobile Eye in Via Zamboni

Si è deciso di considerare come significative le fissazioni che, nel caso dell'intersezione non autoesplicativa, avvengono nel lato destro oltre la segnaletica orizzontale relativa al passaggio pedonale (tale segnaletica è presente in Piazza Rossini: Figura 6-3).

Per l'intersezione autoesplicativa si sono considerate come significative le fissazioni avvenute nel lato sinistro oltre il prolungamento immaginario di Via Augusto Righi (Figura 6-4).



Figura 6-3 Segnaletica orizzontale presente in Piazza Rossini



Figura 6-4 Linea immaginaria di prolungamento della Via Augusto Righi

Durante la visione del filmato si calcola anche il numero di frame in cui l'utente osserva il cartello di precedenza (segnaletica verticale). Per l'intersezione non autoesplicativa si ottengono i risultati riportati in Tabella 6-3.

SOGGETTO	FISSAZIONI			SEGNALETICA VERTICALE	
	PRIMA	DOPO	TOTALI	LA GUARDA?	N° FRAME
Utente 1	4	0	4	No	-
Utente 2	0	0	0	No	-
Utente 3	0	0	0	No	-
Utente 4	0	0	0	No	-
Utente 5	23	30	53	Si	7
Utente 6	6	0	6	No	-
Utente 7	0	0	0	No	-
Utente 8	0	0	0	No	-
Utente 9	5	28	33	No	-

Tabella 6-3 Fissazioni e osservazioni per Via Zamboni

Nella Figura 6-5 si riporta la planimetria ottenuta dall'osservazione del filmato relativo al "Soggetto 1", con i cerchi di colore rosso viene indicata la posizione dello sguardo dell'utente compresa tra i 15 metri prima dell'intersezione e la segnaletica orizzontale di precedenza. I cerchi di colore verde indicano la posizione dello sguardo dell'utente compresa tra il superamento dell'intersezione ed i 5 metri successivi.

Se l'utente ha posto lo sguardo più di una volta in una determinata posizione, all'interno del cerchio relativo alla medesima posizione comparirà il numero totale di frame.



Figura 6-5 Planimetria delle fissazioni del Soggetto 1 nell'intersezione sperimentale

Per l'intersezione autoesplicativa si ottiene la Tabella 6-4:

SOGGETTO	FISSAZIONI			SEGNALETICA VERTICALE	
	PRIMA	DOPO	TOTALI	LA GUARDA?	N° FRAME
Sogg. 1	31	0	31	No	-
Sogg. 2	5	0	5	Si	2
Sogg. 3	44	35	79	Si	1
Sogg. 4	16	0	16	No	-
Sogg. 5	17	18	35	Si	3
Sogg. 6	39	0	39	Si	12
Sogg. 7	24	9	33	Si	4
Sogg. 8	30	0	30	Si	7
Sogg. 9	58	35	93	Si	8

Tabella 6-4 Fissazioni e osservazioni per Via Federico Venturini

Nella Figura 6-6 si riporta la planimetria ottenuta dall'osservazione del filmato relativo al "Soggetto 1"; la simbologia utilizzata è la medesima della figura precedente. Tutte le planimetrie sono riportate nell'Appendice.



Figura 6-6 Planimetria delle fissazioni nell'intersezione di controllo

6.4 Analisi della visione della segnaletica verticale: risultati

Nell'intersezione non autoesplicitiva il segnale "dare precedenza" viene fissato da un unico utente (11%), mentre nel caso autoesplicitivo il numero di utenti che osservano il segnale è pari a sette (78%).

L'analisi del χ^2 mostra che i dati sono statisticamente significativi:

$$\chi^2 = 4,5 \quad p < 0,03$$

6.5 Analisi delle fissazioni: risultati

Dalle planimetrie ottenute e dalle tabelle sopra riportate si procede con l'analisi attraverso il *test-t* per le fissazioni.

6.5.1 Analisi delle fissazioni prima dell'intersezione

I gradi di libertà delle variabili sono pari a 11 ed attraverso il *test-t* si sono ottenuti i seguenti risultati:

$$t(11,271) = -4,24 \quad p < 0,01$$

Il dato è staticamente significativo.

6.5.2 Analisi delle fissazioni dopo l'intersezione

I gradi di libertà delle variabili sono pari a 15 ed attraverso il *test-t* si sono ottenuti i seguenti risultati:

$$t(15,600) = -0,66 \quad p = 0,5199$$

Il dato non è staticamente significativo.

6.5.3 Analisi delle fissazioni totali

I gradi di libertà delle variabili sono pari a 14 ed attraverso il *test-t* si sono ottenuti i seguenti risultati:

$$t(15,058) = -2,59 \quad p < 0,02$$

Il dato è staticamente significativo.

6.5.4 Significatività dei risultati

Per il caso “prima” si ottiene una significatività maggiore rispetto al caso “totale”, dunque gli utenti tendono maggiormente a prestare attenzione prima del loro arrivo all'intersezione. In Tabella 6-5 si riportano i risultati ottenuti.

FISSAZIONI	GRADI DI LIBERTA'	TEST-T	P-VALUE	SIGNIFICATIVITA'
Prima	11	-4,24	$p < 0,01$	Dato significativo
Dopo	15	-0,66	$p = 0,52$	Dato non significativo
Totali	14	-2,59	$p < 0,02$	Dato significativo

Tabella 6-5 Significatività dei risultati

6.6 Correlazioni tra l'analisi con dispositivi elettronici e strumentazione Mobile Eye Tracker

Le due metodologie, svolte entrambe con l'obiettivo di analizzare il comportamento dell'utente in corrispondenza delle intersezioni a T, mostrano dei risultati pressoché simili.

È possibile individuare delle somiglianze tra i risultati relativi all'analisi dell'attenzione degli utenti eseguita con i dispositivi elettronici e quelli relativi all'analisi delle fissazioni eseguita con il Mobile Eye Tracker.

Per quanto riguarda l'intersezione non autoesplicativa, l'analisi sull'attenzione mostra che solo il 31,8% volge lo sguardo verso il ramo con diritto di precedenza; l'analisi delle fissazioni mostra che l'11% degli utenti volge lo sguardo verso il cartello "dare precedenza". Come si può notare le due percentuali ottenute con metodologie differenti confermano la nostra ipotesi, ovvero che l'intersezione sperimentale non è percepita dall'utente nella modo adeguato.

Per quanto riguarda l'intersezione autoesplicativa, l'analisi sull'attenzione mostra che il 100% degli utenti volge lo sguardo verso il ramo con diritto di precedenza; l'analisi delle fissazioni mostra che il 78% degli utenti volge lo sguardo verso il cartello "dare precedenza". Anche nel caso dell'intersezione standard, i due dati sono simili e confermano che l'intersezione di controllo è percepita in modo corretto.

In conclusione, è possibile affermare che esiste una differenza significativa tra la percezione degli utenti in prossimità di un'intersezione standard e di una sperimentale.

Conclusioni

Questa tesi, volta ad indagare il comportamento degli utenti nelle intersezioni a T, ha confrontato la condotta di due campioni di utenti in approccio ad una intersezione di tipo autoesplicativo e ad un'altra di tipo non autoesplicativo.

In particolare si è scelta come intersezione autoesplicativa (standard o di controllo) quella in corrispondenza dell'incrocio tra Via Augusto Righi e Via Federico Venturini in cui il diritto di precedenza è posto sul ramo primario; si è scelto invece come esempio di intersezione non autoesplicativa (sperimentale) l'incrocio tra Via Zamboni e Piazza Rossini, in cui il diritto di precedenza è posto sul ramo secondario.

Il confronto ha rilevato come l'intersezione non autoesplicativa, se confrontata con quella autoesplicativa, non è percepita dagli utenti nel modo opportuno.

Infatti nell'intersezione sperimentale:

- Solo il 31,8% con la metodologia dei dispositivi elettronici e l'11% con il Mobile Eye Tracker presta attenzione all'intersezione e alla segnaletica;
- Solo il 7,8% del campione totale rallenta;
- Solo lo 0,2% del campione arresta il veicolo (il dato risulta comprensibile in quanto il segnale di precedenza non prevede un arresto ma solo un rallentamento).

I dati cambiano significativamente se rivolti all'intersezione di tipo standard.

Infatti nell'intersezione di controllo:

- Il 100% con la metodologia dei dispositivi elettronici e il 78% con il Mobile Eye Tracker presta attenzione all'intersezione e alla segnaletica;
- Il 90,6% del campione totale rallenta;
- Il 41,2% del campione arresta il veicolo (il dato risulta eccessivo ma è giustificato dal segnaletica è mal posta).

Dall'analisi delle percentuali è possibile affermare che entrambe le intersezioni presentano delle difficoltà che riflettono comportamenti sbagliati degli utenti.

Per l'intersezione non autoesplicativa la problematica maggiore riguarda la poca chiarezza della segnaletica, poiché quella orizzontale necessita di

Conclusioni

manutenzione e non è corretta perché è presente su tutta la carreggiata (ciò è dovuto al fatto che inizialmente era a senso unico, ma ora è diventata a doppio senso di circolazione). Anche la segnaletica verticale è inadeguata poiché è parzialmente coperta dai cassonetti per la raccolta dei rifiuti.

Un ulteriore fattore non trascurabile è la presenza del passaggio pedonale in corrispondenza del ramo primario (Piazza Rossini), il quale induce gli utenti del ramo principale a frenare e di conseguenza quelli in corrispondenza del ramo secondario (Via Zamboni) a percepire un diritto di precedenza sbagliato.

Infine il contesto ricco di elementi come la presenza di un parcheggio a lato di Piazza Rossini, i pedoni e la presenza di una pista ciclabile, tende a distrarre l'utente che nei pressi dell'intersezione presterà più attenzione agli elementi e non alla segnaletica.

Per quanto riguarda l'intersezione autoesplicativa, invece, la problematica maggiore è dovuta al collocamento della segnaletica orizzontale: essa infatti è posta in una posizione che costringe gli utenti a superarla per poter verificare la presenza di eventuali veicoli nella corsia principale.

Di fatto la posizione della segnaletica non è errata, poiché è posta al limite della carreggiata di Via Federico Venturini: ciò che costringe gli utenti all'avanzamento è la presenza di parcheggi posti in corrispondenza dell'incrocio, i quali impediscono una buona visibilità.

Anche se ciò causa un numero troppo elevato di arresti, la presenza dei parcheggi è inevitabile data la natura commerciale della zona: si può affermare quindi che questo compromesso sia la soluzione migliore per questa tipologia di intersezione.

In conclusione, si può affermare che l'intersezione di controllo sia molto più efficiente di quella sperimentale, la quale richiede un completo riassetto.

I possibili interventi sono altamente vincolati dal contesto poiché l'intersezione si trova in un ambito urbano e storico.

Si potrebbero realizzare:

- bande sonore, le quali però arrecherebbero rumore;
- inserimento del segnale di stop, che causerebbe l'aumento dello smog;

Conclusioni

- rimozione degli elementi di distrazione, come i cassonetti dei rifiuti, il parcheggio e il passaggio pedonale (in Piazza Rossini), che però richiederebbero maggiore attenzione sul nuovo ricollocamento.

Tutte le soluzioni proposte non raggiungono un netto miglioramento della situazione esistente, in quanto o sono caratterizzate da negativi risvolti di impatto ambientale, o sono difficilmente integrabili nel contesto esistente.

Quindi, la soluzione migliore sarebbe quella di invertire il diritto di precedenza, trasformando l'intersezione in una di tipo standard in cui il diritto di precedenza è posto in Via Zamboni: questa sembra la soluzione migliore poiché la ricerca mostra che un'intersezione standard è percepita in modo corretto dagli utenti. Inoltre tale decisione non riporta grandi cambiamenti strutturali e dunque presenta costi minori.

Conclusioni

Bibliografia

- AASHTO (2011). A policy on Geometric Design of Highway and Streets. Washington DC.
- Anund, A., Kecklund, G., Vadeby, A., Hjalmdahl, M. and Åkerstedt, T. The alerting effect of hitting a rumble strip – a simulator study. *Accident Analysis and Prevention*, 2008c, 40: 1970- 76.
- Anund, A., Kircher, A. and Tapani, A. The effect of milled rumble strips versus virtual rumble strips on sleepy drivers – a driving simulator study. *Industrial Health* 2009, 47.
- Cafiso, S., La Cava, G., Montella, A., Pappalardo, G.(2007). Manuale per le ispezioni di sicurezza delle strade extraurbane secondarie e locali. I.A.S.P., project tren-03-st-s07.31286.
- Canale, N. Distefano, S. Leonardi. “Analisi comparativa del rischio di incidentalità pedonale in corrispondenza delle intersezioni stradali urbane”. XVII Convegno Nazionale S.I.I.V. Università Kore di Enna. 10/12 Settembre 2008.
- Charlton, S. G. and de Pont J. J. (2007). Curve speed management. Research Report 323. Land Transport New Zealand.
- Charlton, S.G. (2007b). The role of attention in horizontal curves: A comparison of advance warning, delineation, and road marking treatments. *Accident Analysis and Prevention*, 39(5), 873-885.
- Dingus, T.A., Antin, J.F., Hulse, M.C., Wierwille, W.W. (1989). Attentional demand requirements of an automobile moving-map navigation system. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 23A(4), 301–315.
- Drakopoulos, A. and Vergou, G. (2003). Evaluation of the Converging Chevron Pavement Marking Pattern at One Wisconsin Location. Washington DC: American Automobile Association Foundation for Traffic Safety.
- Elliott, M., McColl, V. and Kennedy, J. (2003). Road design measures to reduce drivers’ speed via ‘psychological’ processes: a literature

Bibliografia

- review. TRL Report TRL564. Crowthorne: Transport Research Laboratory. Elsevier Science. *Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 1163–1174. *Factors*, 50, 173–182.
- Fuller, R., Santos, J.A. (2002). *Human Factors for Highway Engineers*. Elsevier Science Ltd.
 - Godley S.T., Fildes B.N., Triggs T.J. and Brown, L.J., (1999). *Perceptual Countermeasures: Experimental Research*. Road Safety Research Report, Department of Transport and Regional Services, Australian Transport Safety Bureau.
 - Harbluk, J.L., Noy, Y.I., and Eizenman, M. (2002). *The Impact of Cognitive Distraction on Driver Visual Behavior and Vehicle Control (TP 13889E)*. Ottawa, ON: Transport Canada. Retrieved December 18, 2006.
 - Hartman, E. (1970). *Driver visual requirements*. Proceedings of the International Automobile Safety Conference, New York.
 - Helman, S., Grayson, G. B., and Parkes, A. (2010). *How can we produce safer new drivers? A review of the effects of experience, training and limiting exposure on the collision risk of new drivers*. TRL Report INS005. Crowthorne: Transport Research Laboratory.
 - Helman, S., Kennedy, J. and Gallagher, A. (2010). *Bend treatments on the A377 between Cowley and Bishops Tawton: final report*. Published Report, RPN1279, Transport Research Laboratory. Crowthorne.
 - Johansson, C., Rumar, K. (1971). *Driver brake reaction time*. *Human Factors*, 13(1), 23–27.
 - Martindale, A. (in press). *Effectiveness of transverse road markings on reducing vehicle speeds*. NZTA report TAR 08/24. New Zealand Transport Agency.
 - Mazet, C. and Dubois, D. (1988). *Mental organisation of road situations: theory of cognitive categorisation and methodological consequences*. Proceedings of the Conference on Road Safety Theory and Research Methods. Leischendam: SWOV.

Bibliografie

- Mazet, C., Dubois, D. and Fleury, D. (1987). Catégorisation et interprétation de scènes visuelles: le cas de l'environnement urbain et routier. *Psychologie Française*, Numéro Spécial, 85-96.
- McGee, H.W. and Hanscom, F.R. (2006). *Low-Cost Treatments for Horizontal Curve Safety*.
- Mourant, R.R., and Rockwell, T.H. (1972). Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors*, 14, 325–335.
- Mourant, R.R., Rockwell, T.H., Rackoff, N.J. (1969). Drivers' eye movements and visual workload. *Highway Research Record*, 299, 1-10.
- Näätänen, R. and Summala, H. (1976). *Road User Behaviour and Traffic Accidents*. Amsterdam: North Holland.
- Robinson, G.H., Erickson, D.J., Thurston, G.L., Clark, R.L. (1972). Visual search by automobile drivers. *Human Factors*, 14(4), 315–323.
- SafetyNet., 2007. Annual Statistical Report 2006 (SafetyNet: EC-Contact no.: TREN-04- FP6TRSI2.395465/506723, Project Number: 1.3.2), from http://www.erso.eu/safetynet/fixed/WP1/2006/SN_1_3_ASR_2006final.pdf. scenes. In R. P. G. van Gompel, M. H. Fischer, W. S. Murray, & R. L. Hill (Eds.), *Eye movements: A window on mind and brain* (pp. 537–562).
- Theeuwes, J., Diks, G. (1995). *Subjective Road Categorization and Speed Choice* (TNO-TM 1995 B-16). Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors Research Institute.
- Theeuwes, J., Godthelp, J. (1992). *Self-Explaining Roads* (IZF 1992 C-8 (in Dutch)). Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors Research Institute.
- Tignor, S. (2006). Driver visual search of objects in and near the roadway. Transportation Research Board 85th Annual Meeting, Compendium of Papers.
- Wheeler, A. (2002). Review of rural traffic calming measures. TRL Report 513. Crowthorne: Transport Research Laboratory.

Bibliografia

- Wheeler, A. and Taylor, M. (1999). Traffic calming in villages on major roads: final report. TRL Report 385. Crowthorne: Transport Research Laboratory.
- Winnett, M.A. and Wheeler, A.H. (2003). Vehicle activated signs: a large scale evaluation. TRL Report 548. Crowthorne: Transport Research Laboratory.

Normativa di riferimento:

- Decreto legislativo 30/04/1992 n.285 – Nuovo Codice della Strada.
- Decreto Presidente della Repubblica 16/12/1992 n.495 (aggiornato al D.P.R. 06/03/2006 n.153) – Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada.
- Decreto ministeriale 05/11/2001 n.6792 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.

Webgrafia:

- www.german-autobahn.eu
- www.it.wikipedia.org
- www.maps.google.it

Appendice

Appendice

Tabelle dati:

CAMPIONE	CONDIZIONE	MEZZO	SESSO	Arresta	Rallenta	Guarda	ETA'	VELOCITA'
1	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
2	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
3	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V		
4	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
5	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
6	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
7	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
8	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
9	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
10	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V		
11	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V		
12	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
13	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F		
14	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
15	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V		
16	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
17	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
18	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
19	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
20	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
21	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
22	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V		
23	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
24	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V		
25	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
26	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
27	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
28	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
29	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
30	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
31	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
32	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
33	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
34	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
35	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V		
36	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		

Appendice

37	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V		
38	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V		
39	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V		
40	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V		
41	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
42	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V		
43	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F		
44	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
45	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
46	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
47	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F		
48	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
49	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
50	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
51	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V		
52	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
53	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
54	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
55	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
56	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
57	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
58	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
59	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
60	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V		
61	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
62	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
63	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
64	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
65	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V		
66	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
67	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V		
68	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
69	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V		
70	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V		
71	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
72	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
73	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
74	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
75	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	F	F		
76	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
77	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	F	V		
78	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		

Appendice

79	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V		
80	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
81	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V		
82	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
83	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
84	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V		
85	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
86	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
87	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V		
88	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V		
89	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V		
90	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
91	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F		
92	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
93	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
94	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V		
95	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
96	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
97	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
98	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V		
99	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V		
100	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
101	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
102	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
103	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V		
104	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
105	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
106	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
107	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
108	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
109	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
110	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
111	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
112	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
113	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
114	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F		
115	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	V	V		
116	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
117	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
118	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
119	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
120	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V		

Appendice

121	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V		
122	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	F	F		
123	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
124	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
125	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F		
126	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V		
127	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
128	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V		
129	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
130	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F		
131	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
132	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
133	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V		
134	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V		
135	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F		
136	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	V	F		
137	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	F	F		
138	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
139	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F		
140	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V		
141	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
142	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V		
143	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
144	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F		
145	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F		
146	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	
147	NON AUTOESPLICATIVA	TAXI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	
148	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
149	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	12,5
150	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ANZIANO	14,9
151	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	11,6
152	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	ADULTO	12,7
153	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F	ADULTO	
154	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	26,6
155	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ADULTO	11,9
156	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	20,5
157	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ADULTO	12,0
158	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ADULTO	7,4
159	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ADULTO	8,4
160	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	24,4
161	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	12,1
162	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	ADULTO	15,0

Appendice

163	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ADULTO	11,7
164	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ADULTO	11,6
165	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ADULTO	
166	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	ADULTO	
167	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	ADULTO	12,7
168	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	ADULTO	14,9
169	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	22,8
170	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	ANZIANO	
171	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	
172	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	GIOVANE	20,5
173	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	GIOVANE	20,5
174	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	V	F	ADULTO	
175	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	
176	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	10,1
177	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	ADULTO	
178	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	12,5
179	NON AUTOESPLICATIVA	TAXI	DONNA	F	V	V	0	21,7
180	NON AUTOESPLICATIVA	TAXI	DONNA	F	V	V	0	19,4
181	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	0	
182	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	0	32,4
183	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	0	25,5
184	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	0	25,8
185	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	24,8
186	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	
187	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
188	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	0	
189	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	17,5
190	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	25,8
191	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	22,0
192	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	0	22,8
193	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	F	F	0	
194	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	25,5
195	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	20,5
196	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	
197	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	
198	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	0	33,0
199	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	21,2
200	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	22,3
201	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	22,8
202	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
203	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	17,6
204	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	24,8

Appendice

205	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	13,4
206	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	
207	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	24,4
208	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	33,6
209	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	23,1
210	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	18,6
211	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
212	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	22,6
213	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	15,0
214	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
215	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
216	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
217	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
218	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
219	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
220	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	
221	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	
222	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	24,1
223	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	33,0
224	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	12,2
225	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
226	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	20,7
227	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	16,1
228	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	
229	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	16,1
230	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	16,1
231	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
232	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	
233	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
234	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	F	0	
235	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	0	
236	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	
237	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	25,1
238	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	25,8
239	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	21,5
240	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
241	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
242	NON AUTOESPLICATIVA	TAXI	DONNA	F	V	V	0	23,4
243	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	32,4
244	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	17,1
245	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
246	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	17,3

Appendice

247	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
248	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
249	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	17,6
250	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
251	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	24,4
252	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F	0	
253	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	0	37,1
254	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	12,3
255	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	0	
256	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	17,0
257	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
258	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	41,4
259	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	22,8
260	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	25,8
261	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
262	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	15,0
263	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	17,1
264	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F	0	24,1
265	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	
266	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	
267	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	0	24,8
268	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	16,5
269	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	F	0	
270	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	F	F	0	23,1
271	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	0	17,5
272	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	
273	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	17,8
274	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	
275	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	
276	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	25,1
277	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	42,4
278	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	
279	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	52,4
280	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	22,6
281	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	17,1
282	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	16,1
283	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	0	25,5
284	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	25,8
285	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	0	44,6
286	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
287	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
288	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	

Appendice

289	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	12,6
290	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	
291	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	16,3
292	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	0	12,5
293	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	14,7
294	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	14,7
295	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	6,5
296	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	11,6
297	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
298	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
299	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	16,8
300	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	12,3
301	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	9,8
302	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F	0	
303	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	9,6
304	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	0	10,1
305	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	0	
306	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	
307	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
308	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	0	
309	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	0	
310	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	
311	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ANZIANO	12,4
312	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	23,4
313	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
314	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	ADULTO	46,9
315	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	10,7
316	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	12,0
317	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	10,4
318	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	16,8
319	NON AUTOESPLICATIVA	TAXI	UOMO	F	F	F	ADULTO	21,2
320	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	ADULTO	10,4
321	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	
322	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	11,7
323	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ANZIANO	12,7
324	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	16,3
325	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	16,3
326	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	10,6
327	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	17,3
328	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	17,0
329	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	9,0
330	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	

Appendice

331	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ANZIANO	15,9
332	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F	ANZIANO	
333	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ANZIANO	9,5
334	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F	ADULTO	16,5
335	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	ADULTO	15,0
336	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F	ADULTO	16,5
337	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ADULTO	
338	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V	ADULTO	13,0
339	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	17,6
340	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	12,5
341	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
342	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	ADULTO	
343	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
344	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	12,6
345	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	12,1
346	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	GIOVANE	15,5
347	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	
348	NON AUTOESPLICATIVA	TAXI	UOMO	F	F	F	ADULTO	14,7
349	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
350	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	
351	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	
352	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V	ANZIANO	23,4
353	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ANZIANO	16,3
354	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	GIOVANE	15,8
355	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
356	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	GIOVANE	
357	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	F	ADULTO	39,6
358	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	ADULTO	
359	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V	ADULTO	15,4
360	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	V	ADULTO	24,4
361	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	V	ADULTO	17,1
362	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ADULTO	14,9
363	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
364	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	
365	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ADULTO	13,1
366	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ANZIANO	16,3
367	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	12,8
368	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	ANZIANO	8,6
369	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	GIOVANE	20,3
370	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	ADULTO	16,2
371	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	ANZIANO	12,0
372	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	

Appendice

373	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	F	GIOVANE	16,8
374	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	F	ADULTO	
375	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
376	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	GIOVANE	
377	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	V	V	ADULTO	21,7
378	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	GIOVANE	12,5
379	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V	ANZIANO	16,5
380	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	
381	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	16,3
382	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	17,3
383	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ANZIANO	16,2
384	NON AUTOESPLICATIVA	TAXI	UOMO	F	V	V	ADULTO	16,1
385	NON AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	F	ADULTO	16,5
386	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
387	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ADULTO	
388	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	ADULTO	16,1
389	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
390	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	ANZIANO	10,7
391	NON AUTOESPLICATIVA	TAXI	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,8
392	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	ANZIANO	16,7
393	NON AUTOESPLICATIVA	TAXI	UOMO	F	V	V	ADULTO	16,8
394	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	10,4
395	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	F	GIOVANE	
396	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
397	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	
398	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	12,6
399	NON AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	8,8
400	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	ADULTO	13,3
401	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	F	GIOVANE	17,6
402	NON AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	ANZIANO	13,3
403	NON AUTOESPLICATIVA	TAXI	UOMO	F	V	V	ADULTO	21,2
1	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	0	13,6
2	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	11,8
3	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	V	V	0	
4	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	11,8
5	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	10,9
6	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	0	11,9
7	AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	7,0
8	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	13,9
9	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	11,5
10	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	F	V	0	14,1
11	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	13,8

Appendice

12	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	V	V	0	22,4
13	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	14,0
14	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	27,0
15	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	14,0
16	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	17,1
17	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	V	V	0	17,1
18	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	11,6
19	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	0	13,7
20	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	13,9
21	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	V	V	0	20,3
22	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	21,0
23	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	16,7
24	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	
25	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	14,1
26	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	23,1
27	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	14,1
28	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	9,5
29	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	14,1
30	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	0	22,0
31	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	13,6
32	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	0	18,9
33	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	11,5
34	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	13,3
35	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	0	17,9
36	AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	11,3
37	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	11,0
38	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	13,6
39	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	
40	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	0	17,0
41	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	11,4
42	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	0	
43	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	0	
44	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	0	13,8
45	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	0	10,1
46	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V	0	
47	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	20,5
48	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	20,5
49	AUTOESPLICATIVA	BICI	DONNA	F	F	V	0	11,4
50	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	13,7
51	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	0	13,2
52	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	20,0
53	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	22,4

Appendice

54	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	12,8
55	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	15,6
56	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	15,6
57	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	0	11,4
58	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	15,6
59	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	13,1
60	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	11,6
61	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	8,5
62	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	10,1
63	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	16,7
64	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	0	13,9
65	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	0	15,8
66	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	0	14,2
67	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	20,8
68	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	16,4
69	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	16,4
70	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	7,9
71	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	17,0
72	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	13,6
73	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	13,6
74	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	0	16,6
75	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	14,0
76	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	14,3
77	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	17,3
78	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	7,8
79	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V	0	11,5
80	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	
81	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	0	11,9
82	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	7,9
83	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	11,5
84	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	11,6
85	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	15,5
86	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	22,2
87	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	11,6
88	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	13,1
89	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	12,8
90	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	0	16,2
91	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	0	9,4
92	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	15,0
93	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	0	15,9
94	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	15,6
95	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	0	16,7

Appendice

96	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	13,8
97	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	GIOVANE	13,8
98	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	20,3
99	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	11,1
100	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	GIOVANE	16,5
101	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	GIOVANE	16,2
102	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ANZIANO	20,0
103	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ANZIANO	12,7
104	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	ADULTO	14,2
105	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	GIOVANE	15,9
106	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	21,6
107	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	22,2
108	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	23,3
109	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	29,3
110	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	17,5
111	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	17,1
112	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	21,8
113	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	16,2
114	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	16,3
115	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	GIOVANE	17,5
116	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	GIOVANE	14,2
117	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	21,4
118	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	ADULTO	11,2
119	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	17,7
120	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V	ADULTO	21,6
121	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	20,0
122	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,0
123	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	19,5
124	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	14,0
125	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	16,7
126	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	16,7
127	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	22,6
128	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	15,5
129	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	GIOVANE	16,2
130	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,7
131	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	21,4
132	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	32,5
133	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ANZIANO	21,6
134	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	GIOVANE	14,0
135	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	GIOVANE	13,9
136	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	15,4
137	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	17,3

Appendice

138	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	11,6
139	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	F	V	GIOVANE	13,2
140	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ANZIANO	11,7
141	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	15,5
142	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	11,5
143	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	20,5
144	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	8,7
145	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ANZIANO	14,1
146	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	GIOVANE	17,3
147	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	GIOVANE	14,0
148	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	10,0
149	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	13,6
150	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	DONNA	F	V	V	GIOVANE	13,3
151	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	GIOVANE	22,2
152	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	19,6
153	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	GIOVANE	9,9
154	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,2
155	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ANZIANO	20,8
156	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	ANZIANO	8,8
157	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	GIOVANE	12,8
158	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	ADULTO	16,2
159	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	16,2
160	AUTOESPLICATIVA	TAXI	DONNA	F	V	V	ADULTO	21,8
161	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	9,9
162	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	9,9
163	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	12,8
164	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	14,0
165	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ANZIANO	21,2
166	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	15,9
167	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	10,1
168	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	GIOVANE	11,6
169	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	11,8
170	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	11,1
171	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	GIOVANE	13,7
172	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ANZIANO	9,9
173	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,2
174	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	15,9
175	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	21,2
176	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	15,6
177	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ANZIANO	27,3
178	AUTOESPLICATIVA	BICI	UOMO	F	F	V	ANZIANO	7,4
179	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ANZIANO	15,9

Appendice

180	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ANZIANO	15,6
181	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	11,1
182	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ANZIANO	15,1
183	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,2
184	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	13,0
185	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	GIOVANE	14,1
186	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	15,6
187	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	14,1
188	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ANZIANO	10,2
189	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	19,6
190	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	16,7
191	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	12,8
192	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ANZIANO	10,8
193	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	8,3
194	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	15,3
195	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	14,0
196	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,3
197	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	14,0
198	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	GIOVANE	15,4
199	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ANZIANO	12,7
200	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	13,7
201	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,5
202	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	F	V	ADULTO	7,9
203	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ANZIANO	15,8
204	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ANZIANO	17,6
205	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	GIOVANE	11,7
206	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	14,0
207	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ANZIANO	11,8
208	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	8,7
209	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	22,0
210	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ANZIANO	12,8
211	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	GIOVANE	11,4
212	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	10,9
213	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	16,9
214	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,3
215	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	15,6
216	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	17,5
217	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	14,1
218	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,6
219	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	8,0
220	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	11,8
221	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	13,7

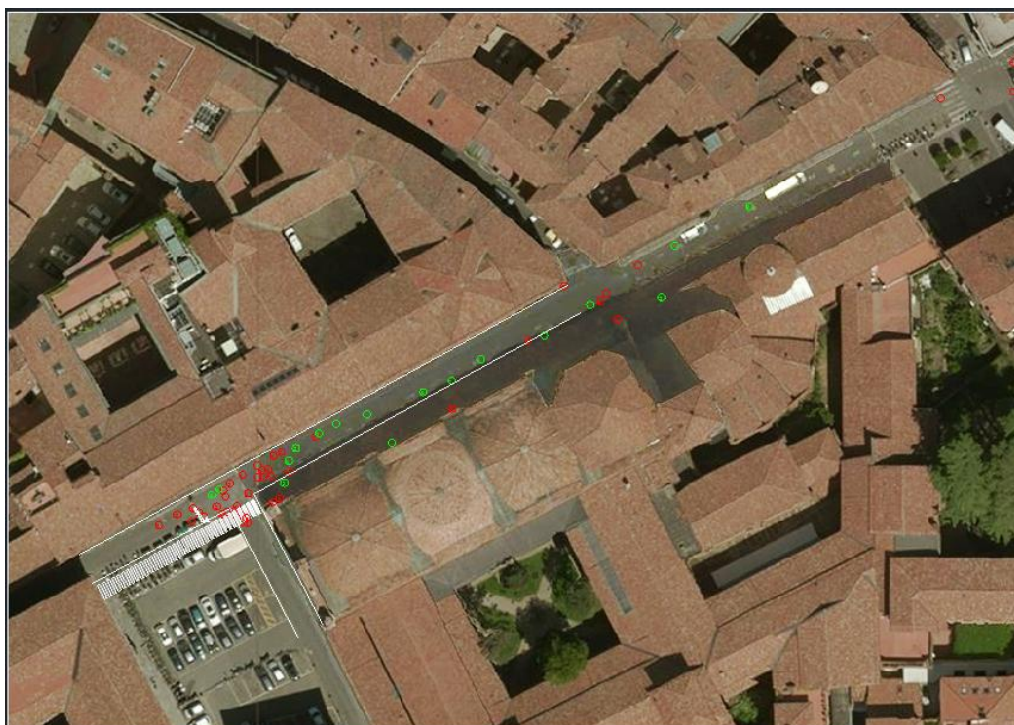
Appendice

222	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,5
223	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	15,4
224	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	13,0
225	AUTOESPLICATIVA	SCOOTER	UOMO	F	V	V	ADULTO	20,3
226	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	11,9
227	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	13,5
228	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	GIOVANE	7,7
229	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	20,8
230	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	10,1
231	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	11,5
232	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	15,8
233	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ANZIANO	13,3
234	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	13,7
235	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ANZIANO	11,5
236	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	17,0
237	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ADULTO	14,1
238	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	GIOVANE	8,5
239	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	GIOVANE	13,8
240	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	17,1
241	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	17,2
242	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ANZIANO	9,9
243	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	15,7
244	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	ANZIANO	16,3
245	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	13,2
246	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	GIOVANE	16,7
247	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	GIOVANE	13,0
248	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	20,0
249	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	13,3
250	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	GIOVANE	13,6
251	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	F	V	V	ADULTO	13,0
252	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	8,8
253	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	F	V	V	ADULTO	19,6
254	AUTOESPLICATIVA	AUTO	DONNA	V	V	V	ADULTO	11,3
255	AUTOESPLICATIVA	AUTO	UOMO	V	V	V	GIOVANE	12,8

Appendice

Via Zamboni:

Soggetto 1



Soggetto 2



Soggetto 3



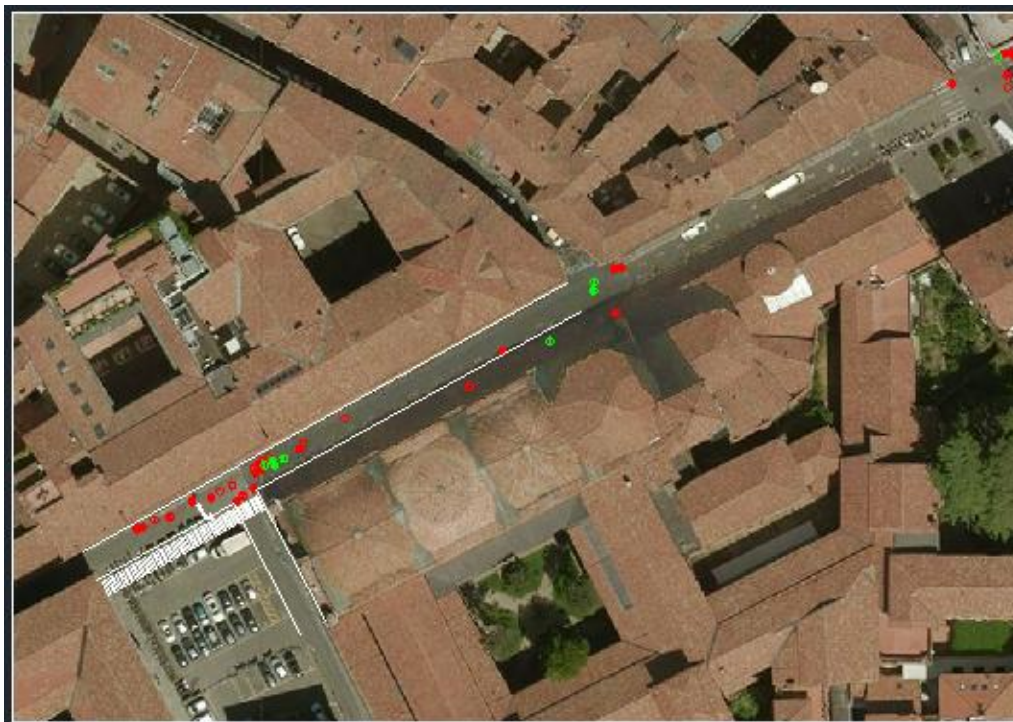
Soggetto 4



Soggetto 5



Soggetto 6



Soggetto 7



Soggetto 8



Soggetto 9



Via Augusto Righi:

Soggetto 1



Soggetto 2



Soggetto 3



Soggetto 4



Soggetto 5



Soggetto 6



Soggetto 7



Soggetto 8



Soggetto 9

