

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA IN

Ingegneria Geomatica e dei Trasporti

Ciclo XXIII°

Settore Concorsuale di afferenza: 08/A3

Settore Scientifico disciplinare: ICAR 05

**Un approccio innovativo alla pianificazione della
mobilità ciclabile**

Presentata da: Dott. Ing. Bertoni Silvia

Coordinatore Dottorato

Chiar.mo Prof. Ing. Bitelli Gabriele

Relatore

Chiar.mo Prof. Ing. Rupi Federico

Esame finale anno 2012

Indice

Indice.....	3
Introduzione.....	5
Capitolo 1	
Lo strumento di pianificazione ciclabile:il biciplan.....	9
1. Il Biciplan.....	10
1.1 Pianificazione.....	11
1.2 Progettazione.....	12
1.2.1. Analisi della normativa americana.....	13
1.2.2. Analisi della normativa italiana.....	18
1.3 Promozione.....	31
1.4 Finanziamento.....	32
1.5 Monitoraggio / verifica.....	32
Capitolo 2	
Il Livello di Servizio nella mobilità ciclabile.....	35
1. L'evoluzione del Livello di Servizio nella mobilità ciclabile.....	36
1.1 Roadway Segment Index e Intersection Evaluation Index.....	36
1.2 Roadway Condition Index.....	39
1.3 Bicycle Stress Level e Interaction Hazard Score.....	40
1.4 Bicycle Level of Service.....	44
1.5 Bicycle Compatibility Index.....	46
2. Altri sviluppi del Livello di Servizio Ciclabile.....	51
2.1 IDOT Bicycle Map Criteria.....	51
2.2 CBF Bicycle Map Criteria.....	53
2.3 Bicycle Environmental Quality Index (BEQI).....	54
2.4 Livello di Servizio dei Sidepath.....	56
2.5 Bicycle Intersection Safety Index (BISI).....	61
3. Il Livello di Servizio de "Highway Capacity Manual" 2010.....	66
3.1 Infrastrutture a flusso ininterrotto.....	67
3.2 Infrastrutture a flusso interrotto.....	69
3.2.1 LOS delle infrastrutture ciclabili su strade urbane.....	70
3.2.2 LOS dei segmenti ciclabili su strade urbane.....	72
3.2.3 LOS delle infrastrutture ciclabili "off-street".....	78
4. Applicazione di alcuni indicatori alla rete ciclabile di Bologna.....	85
4.1 Applicazione del <i>Bicycle Compatibility Index</i> (BCI).....	86
4.2 Applicazione del <i>Bicycle Intersection Safety Index</i> (BISI).....	93
Capitolo 3	
Il monitoraggio dei flussi ciclabili.....	100
1. Il monitoraggio dei flussi ciclabili.....	101
1.1 Analisi della rete ciclabile di Bologna.....	101
1.2 Rilevazione dei flussi ciclabili.....	105
1.2.1 Rilevazione strumentale.....	108

1.2.2 Rilevazione manuale.....	119
1.3 Elaborazione dati.....	119
2. Outputs e conclusioni	125
2.1 Dati di output e loro elaborazione	125
2.2 Limiti strumenti e soluzione dei problemi.....	125
Capitolo 4	
La scelta dell'itinerario ciclabile.....	133
1. Scelta dell'itinerario ciclabile	133
2. Principali modelli di scelta del percorso.....	142
2.1 Modelli basati su interviste SP	143
2.2 Modelli basati su rilievi GIS	156
3. Rischio percepito.....	161
3.1 Rischio percepito sull'arco	164
3.2 Rischio percepito nelle intersezioni.....	168
3.3 Rischio percepito nelle rotatorie	171
4. Rischio percepito a Bologna: studio-pilota	175
4.1 I luoghi delle interviste.....	176
4.2 Il questionario.....	180
4.3 Analisi dei dati.....	183
4.4 Conclusioni e studi futuri	188
Appendici.....	192
Appendice A	193
Appendice B	198
Appendice C	200
Appendice D	204
Appendice E	205
Bibliografia.....	227

Introduzione

Nell'ultimo decennio, i crescenti problemi connessi agli effetti della congestione, dell'inquinamento e della crisi economica nazionale hanno generato un maggiore interesse verso la mobilità sostenibile, in particolare verso l'utilizzo della bicicletta, come mezzo alternativo o integrato all'uso dell'auto privata.

Le pubbliche amministrazioni pongono sempre più attenzione a questa tematica, cercando di attuare delle politiche di interventi a favore della mobilità ciclabile, che comprendono lo sviluppo di questa forma di mobilità attraverso il miglioramento e la realizzazione di piste ciclabili che incentivino l'uso della bicicletta per gli spostamenti medio-lunghi (di lunghezza inferiore ai 5 km, fig.1) e che migliorino il livello di accessibilità del territorio.

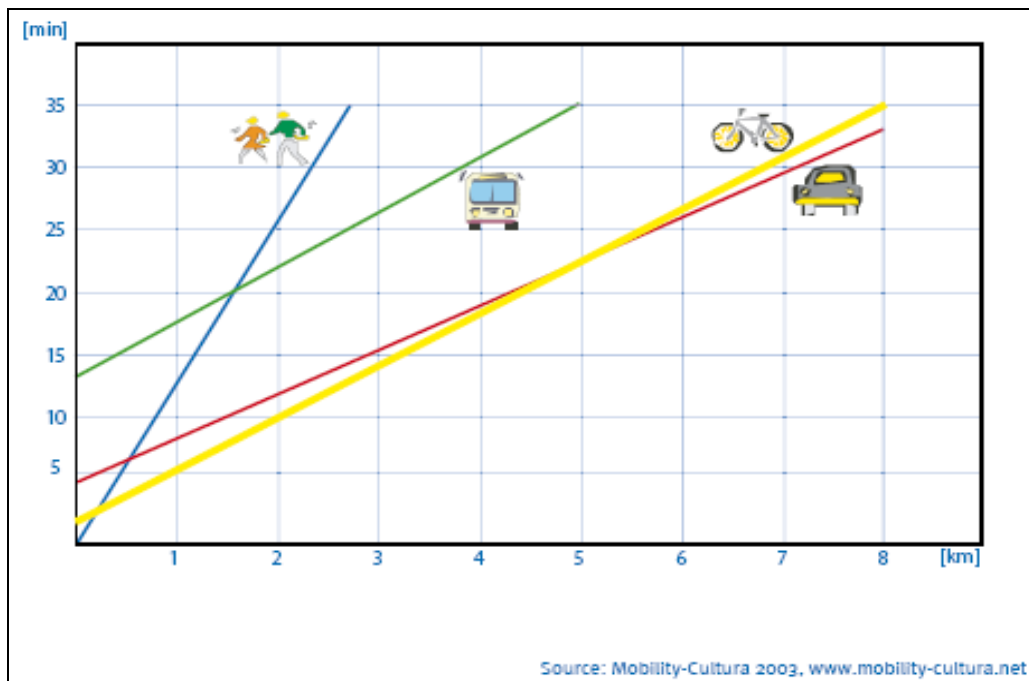


Fig. 1 Tempo medio di spostamento per ogni mezzo – Fonte UE 2009

Questa tesi si focalizza in particolare sulla pianificazione delle rete ciclabile.

L'approccio innovativo alla pianificazione ciclabile, al quale si fa riferimento nel titolo, consiste nell'aver integrato le linee guida per la redazione di un biciplan, ormai consolidate e riconosciute da tutti i tecnici, con una serie di aspetti, metodologie e strumenti nuovi da utilizzare per rendere più efficace la programmazione di interventi in materia di mobilità dolce.

Il biciplan è a tutti gli effetti considerato alla stregua di un PUT per il traffico veicolare, tuttavia, si basa su un numero di informazioni limitate e difficilmente reperibili, rispetto a quelle possedute per i flussi veicolari e perciò la sua redazione è influenzata sostanzialmente dalla sensibilità e dalle conoscenze del tecnico. Per questo motivo si è ritenuto utile elaborare uno strumento che analizzasse le fasi principali di realizzazione di un biciplan, ne cogliesse i limiti e cercasse di colmare i vuoti esistenti.

Nella fase di progettazione il progettista dovrebbe scegliere la tipologia di pista ciclabile più adatta, per questo motivo, nel 1° capitolo, sono state esaminate le differenze esistenti tra la normativa americana e quella italiana in materia di progettazione di infrastrutture ciclabili, i limiti del D.P.R. 557/99 ed è stata introdotta una nuova e più precisa classificazione delle piste ciclabili, prendendo in considerazione tutte le tipologie di piste esistenti nelle principali città italiane.

I limiti del biciplan risiedono principalmente nella fase di pianificazione e di monitoraggio e verifica.

In particolare la fase di monitoraggio dovrebbe essere eseguita mediante l'utilizzo di indicatori. Dall'analisi degli indicatori più utilizzati, emerge che questi siano esclusivamente indicatori di stato, che valutano solo quantitativamente le infrastrutture ciclabili. Dal momento che manca una valutazione qualitativa delle infrastrutture, nel 2° capitolo è stata realizzata una panoramica sull'evoluzione degli indicatori che hanno portato alla definizione degli odierni indici per la determinazione del Livello di Servizio delle infrastrutture ciclabili: il Bicycle LOS e il Bicycle Compatibility Index.

L'analisi è stata inoltre integrata dagli sviluppi che tali indici hanno avuto nello studio sull'idoneità delle infrastrutture viarie ad essere percorse dai ciclisti e dallo studio del LOS dell' "Highway Capacity Manual" 2010.

Infine sono stati applicati alla rete della città di Bologna due indicatori, per capire se esistessero problemi di trasferibilità nell'uso di questi indici, in contesti diversi da quelli nei quali sono stati sviluppati, e per cercare di fornire ai tecnici degli strumenti atti a risolvere alcune problematiche della rete ciclabile della città, in particolare legate alla pianificazione di nuove piste e alla valutazione della pericolosità di una intersezione.

Tutti gli indici studiati si limitano a prendere in considerazione solo il lato offerta del sistema di trasporto ciclabile e manca quindi un giudizio sul lato interazione domanda-offerta cioè sui flussi, mediante i quali è possibile testare l'efficacia delle iniziative a favore della mobilità ciclabile ed effettuare analisi before and after.

Perciò il 3° capitolo è stato dedicato alla metodologia da noi messa a punto sul monitoraggio dei flussi, mediante l'utilizzo di comuni traffic counter utilizzati per le rilevazioni dei flussi dei veicoli a motore.

Dal monitoraggio dei flussi è possibile ricavare molte informazioni, utili ai progettisti, sulla circolazione delle biciclette, individuando non solo il numero di passaggi ma anche i periodi di punta, l'esistenza di percorsi preferiti, l'influenza delle condizioni climatiche, inoltre si possono creare serie storiche di dati per controllare l'evoluzione della mobilità ciclabile e determinare l'esistenza di criticità dell'infrastruttura.

Il problema fondamentale, legato all'efficacia della pianificazione della rete ciclabile, è legato al grado di soddisfazione dell'utente e all'appetibilità delle infrastrutture nei confronti degli utenti e della domanda potenziale, perciò il progettista deve essere in grado di assecondare le loro preferenze e desideri. Per fare ciò egli deve essere a conoscenza di quali siano gli elementi e gli aspetti che influenzano le scelte del ciclista.

Nel 4° capitolo sono state quindi analizzate le tecniche e gli studi sulle scelte dell'itinerario dei ciclisti, al fine di determinare quali fossero le variabili che influenzano le loro decisioni. Una volta individuate tali variabili, è stato messo a

punto un questionario, in collaborazione con la Facoltà di Psicologia di Cesena, per definire se influenzassero realmente le scelte dei ciclisti e quale fosse il loro peso.

Lo studio-pilota, opportunamente migliorato e integrato da ulteriori campagne di interviste, può rivelarsi anch'esso un mezzo utile alla pianificazione delle infrastrutture ciclabili, al fine di progettare una rete che risponda alle esigenze dei ciclisti di potersi spostare in tempi rapidi all'interno di un ambiente sicuro.

Capitolo 1

Lo strumento di pianificazione ciclabile: il biciplan

Il problema principale della mobilità urbana è la congestione del traffico che ha un impatto negativo sul piano economico, sociale, sanitario, ambientale e del degrado edilizio. Nell'ultimo decennio si è sviluppato un nuovo approccio verso la soluzione di questo problema che ha contribuito a realizzare e rafforzare il concetto di "MOBILITA' SOSTENIBILE".

Con tale espressione si intende indicare l'esigenza di avere un sistema di mobilità urbana che, pur consentendo a ciascun individuo l'esercizio del proprio diritto alla mobilità, sia tale da non gravare eccessivamente sul sistema sociale soprattutto in termini di:

- Inquinamento atmosferico ed emissioni di gas serra;
- Inquinamento acustico;
- Congestione dovuta al traffico veicolare;
- Incidentalità.

Il problema della mobilità urbana deve essere affrontato con urgenza: si valuta che gli ingorghi cittadini in Europa producano costi esterni pari allo 0,7% del Prodotto Interno Lordo (Fonte:Unione Europea).

Comuni e Regioni pongono sempre più attenzione a queste tematiche cercando di attuare una gamma di interventi quali:

- Politiche di tariffazione e pricing;
- Interventi di gestione della domanda: moderazione del traffico, limitazioni della circolazione veicolare, car-sharing e car-pooling;
- Utilizzo di sistemi ITS (information technology system);

- Introduzione di figure come il mobility manager di area e azienda;
- Redazione di piani di spostamento casa – lavoro e casa – scuola;
- Sviluppo del trasporto pubblico collettivo;
- Sviluppo della mobilità ciclabile con miglioramento e costruzione di piste ciclabili che incentivino l'uso della bicicletta per gli spostamenti medio-lunghi e che migliorino il livello di accessibilità del territorio.

In questa tesi si prende in considerazione proprio quest'ultimo punto ed in particolare si vuole porre l'attenzione sulla necessità di una corretta e strategica pianificazione della mobilità ciclabile al fine di utilizzare al meglio le sempre più scarse risorse economiche disponibili.

1. Il Biciplan

La pianificazione è il primo passo e la chiave di volta affinché ogni modo di trasporto risulti appetibile ai potenziali utenti e si inserisca in modo efficace e organico nel tessuto urbano esistente.

Nella pianificazione della mobilità ciclabile il BICIPLAN è lo strumento principale attraverso il quale Comuni e Regioni espongono in che modo organizzare, incoraggiare e promuovere gli spostamenti in bicicletta.

La prima forma di biciplan fu inizialmente adottata in alcune città della Virginia e successivamente anche da altre città di differenti stati americani, con contenuti e forme anche molto differenti tra loro ed in continua evoluzione. Nonostante ciò in tutti i biciplan sono presenti alcuni elementi comuni che hanno ispirato le linee guida alla redazione di questi elaborati.

Ogni biciplan quindi dovrebbe prevedere le seguenti fasi:

1. Pianificazione;
2. Design;
3. Promozione ed educazione;
4. Ricerca di finanziamenti;
5. monitoraggio e verifica.

L'adozione di un biciplan quindi permette di stabilire politiche e strategie a medio e lungo termine, individuando i percorsi ciclabili da realizzare con la loro

tipologia, priorità e gerarchia e i principali ciclo-servizi (parcheggi, noleggi, intermodalità). Inoltre promuove il marketing dell'uso della bicicletta, individua obiettivi, strategie, azioni e forme di monitoraggio.

1.1 Pianificazione

La fase di pianificazione vera e propria risulta essere quella più articolata ed importante in quanto prevede l'analisi dettagliata della rete e la ricerca di dati sulla domanda.

Una volta individuati gli obiettivi che si vogliono raggiungere con la redazione del biciplan (diminuzione del traffico veicolare, riduzione della congestione in certe aree, aumento della mobilità ciclabile, creazione di percorsi sicuri casa-scuola, diminuzione dell'incidentalità, ecc.), si prosegue con un'analisi del territorio urbano e delle sue criticità (es. presenza di barriere naturali, punti neri) e si individuano le risorse per la mobilità ciclabile.

Successivamente la conoscenza della rete si focalizza sulle infrastrutture ciclabili esistenti ed anche in questo caso si studiano le criticità presenti in fatto ad esempio di continuità, sicurezza e comfort.

A questo punto si cerca di analizzare la domanda di trasporto ciclabile. Questa tipologia di dato è difficilmente reperibile perciò è preferibile effettuare una previsione della domanda partendo da dati tangibili quali l'estensione della rete ciclabile, l'individuazione di poli attrattori e la ripartizione modale. Anche se in maniera approssimata, in questo modo è possibile definire una serie di itinerari di progetto, articolati secondo una gerarchia funzionale (principali urbani, locali, di riqualificazione urbana, ricreativi). Si individua anche la tempistica e la tipologia degli interventi su ogni singolo tracciato.

Esistono comunque alcuni modelli di previsione della domanda ciclabile i quali in genere sono correlati principalmente alla presenza di infrastrutture ciclabili ed ai principali fattori che influenzano l'uso della bicicletta: sicurezza, uso del territorio, tempo di viaggio, sforzo fisico, disponibilità di attrezzature, condizioni meteorologiche, caratteristiche socio-economiche e geografiche, ecc (Davis, 2001; Barners et alii, 1939).

I limiti di questi modelli generalmente sono dovuti al fatto che le infrastrutture vengono rappresentate in maniera diversa da come vengono percepite dagli utenti e non sempre sono presenti alcuni fattori correlati alla “sensibilità” del ciclista che si rivelano avere un peso significativo nella scelta modale.

Tuttavia, nonostante i numerosi sforzi compiuti da vari studiosi in materia, non esiste un modello o un set di parametri univoci per la determinazione della domanda di trasporto ciclabile. Infatti vengono utilizzati anche altri metodi di valutazione della domanda che si basano sulle informazioni provenienti o dai censimenti, spesso combinati con altri dati (Epperson, 1996 e Goldsmith, 1996) oppure da questionari compilati dai ciclisti.

1.2 Progettazione

Nella fase di pianificazione si è provveduto a definire le aree di progetto e le tipologie di intervento da adottare. Il biciplan quindi costituisce per certi versi una sorta di piano particolareggiato, per la ricchezza e la quantità di informazioni di tipo progettuale e tecniche che contiene.

Generalmente per una scelta ottimale della tipologia di infrastruttura ciclabile da adottare vengono presi in considerazione una serie di criteri qualitativi, correlati tra loro:

- Gerarchia: si distinguono itinerari extraurbani, principali urbani, di quartieri;
- Continuità;
- Capillarità: capacità della rete di collegare in modo sicuro e veloce i luoghi principali delle diverse aree urbane;
- Riconoscibilità dell’infrastruttura;
- Realizzabilità dell’intervento;
- Globalità/intermodalità;
- Sicurezza;
- Capacità delle rete di avere un tracciato il più rettilineo possibile;
- Attrattività/comfort.

Concorrono alla scelta del tipo di intervento anche la considerazione della tipologia di utenti, dell'ambiente nel quale la pista si collocherà e delle caratteristiche geometrico-funzionale degli archi viari adiacenti.

Le soluzioni progettuali sono presenti in normativa; successivamente si analizzeranno la normativa americana e quella italiana in materia di progettazione delle infrastrutture ciclabili.

1.2.1. Analisi della normativa americana

Negli Stati Uniti le soluzioni progettuali adottabili sono riportate in maniera molto dettagliata all'interno delle linee guida AASHTO "Guide for the development of bicycle facilities".

Le tipologie di infrastrutture ciclabili utilizzabili sono suddivise in:

- piste all'interno della carreggiata stradale:
 1. Shared roadway (fig. 1);
 2. Paved shoulder;
 3. Wide outside lane;
 4. Signed shared roadway (fig. 2);
 5. Bike lane (fig. 3);

- piste separate dalla carreggiata:
 1. Shared use path (fig. 4)

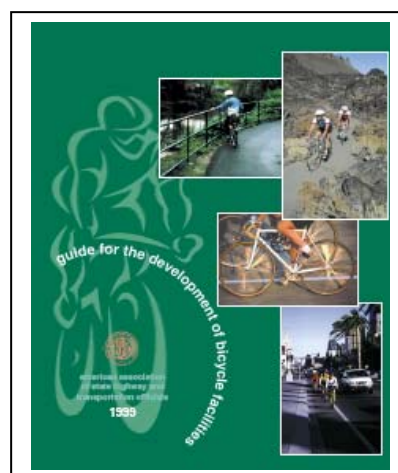




Fig.1 Shared Roadway



Fig. 2 Signed Shared Roadway



Fig. 3 Bike lane



Fig. 4 Shared Use Path

In tale normativa vengono esplicitati i criteri da prendere in considerazione nella scelta del tipo di infrastruttura ciclabile da realizzare: tipo di utente, tipologia e caratteristiche dei parcheggi veicolari, presenza di barriere fisiche, rischio di incidenti, immediatezza del percorso, accessibilità, presenza di punti di conflitto tra correnti veicolari, manutenzione dell'opera, velocità e composizione del traffico veicolare, caratteristiche delle intersezioni presenti e costi di realizzazione.

Per ogni tipologia di pista ciclabile sono fornite le sezioni stradali, indicanti precisamente le larghezze di ogni componente (Fig.5) così come per le intersezioni vengono riportate in dettaglio la segnaletica orizzontale e verticale da prevedere (Figg.6, 7, 8).

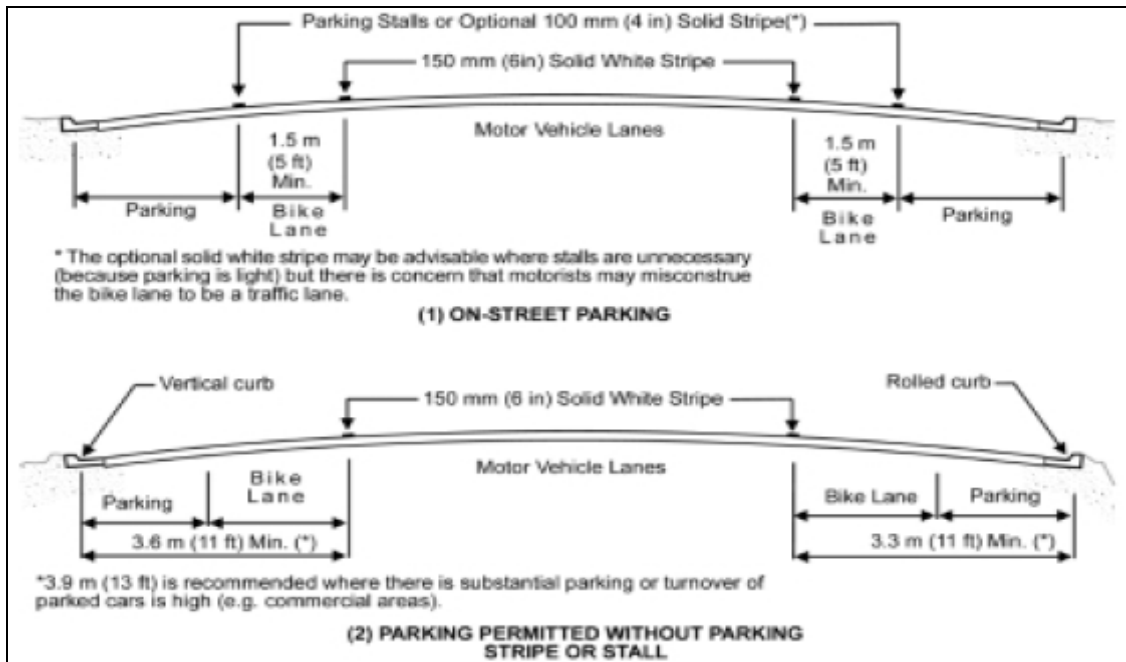


Fig. 5 Esempio di sezione stradale

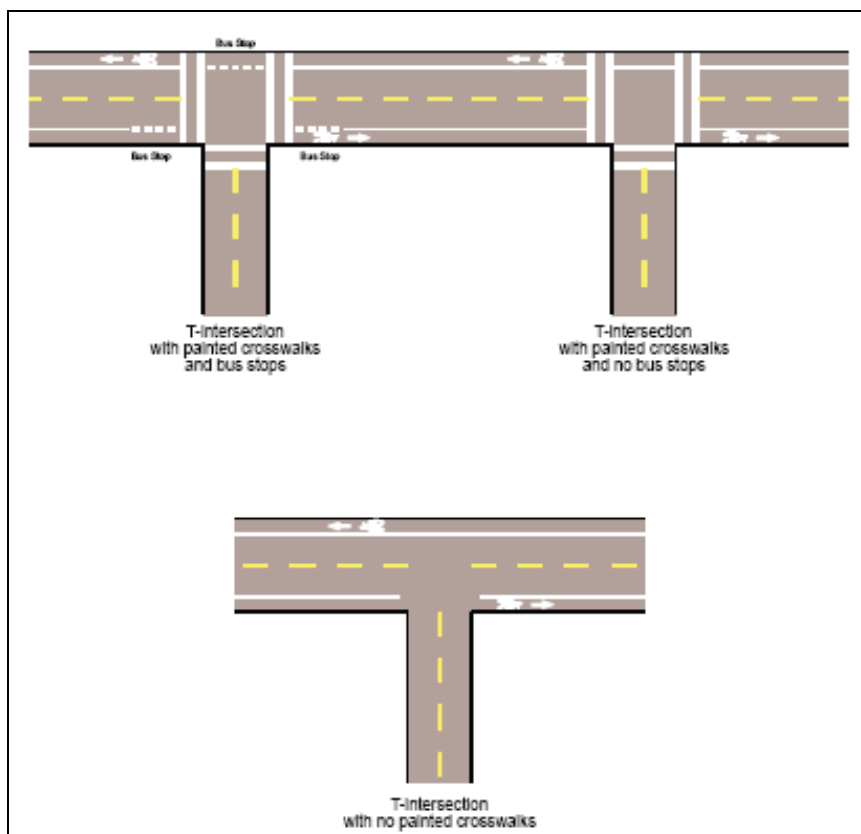


Fig. 6 Esempio di segnaletica in presenza di intersezioni

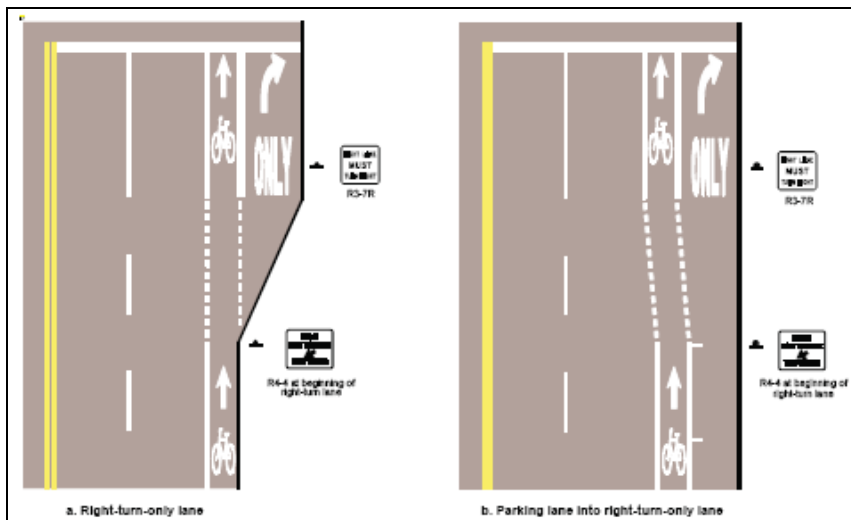


Fig. 7 Esempio di segnaletica in presenza di intersezioni

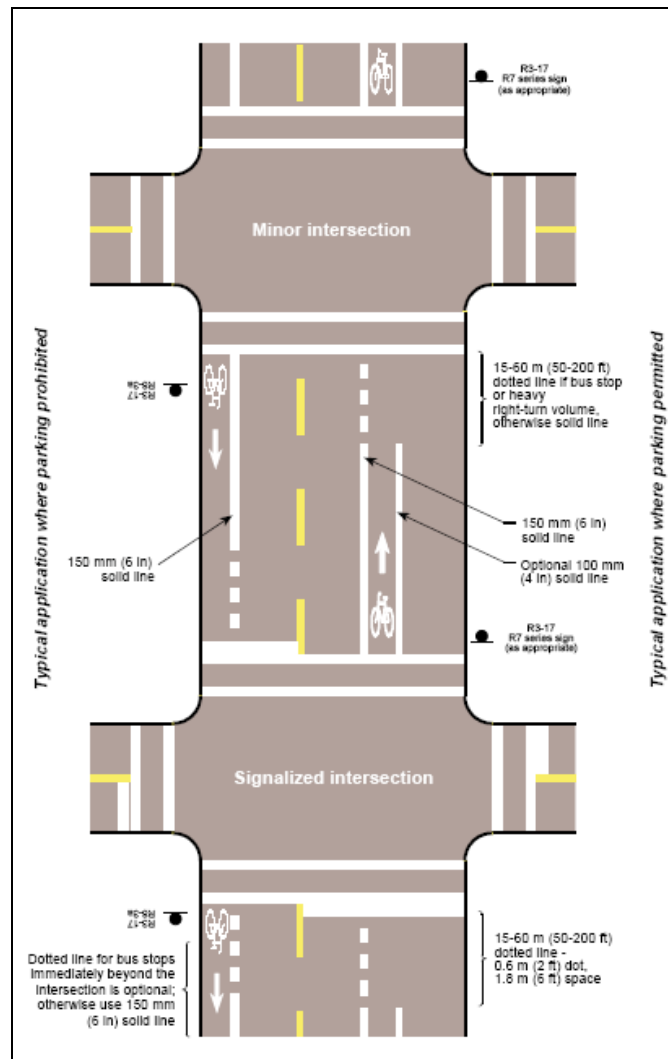


Fig. 8 Esempio di segnaletica orizzontale in presenza di diverse intersezioni

In particolare per i percorsi definiti *share use path*, cioè per i percorsi separati dalle carreggiate stradali, in genere utilizzati per scopi ricreativi, vengono fornite ulteriori indicazioni sulla velocità di progetto (circa 30 km/h), l'andamento plano-altimetrico, il raggio di curvatura, il tipo di pavimentazione e la geometria delle intersezioni con le altre infrastrutture viarie (Figg.9, 10, 11).

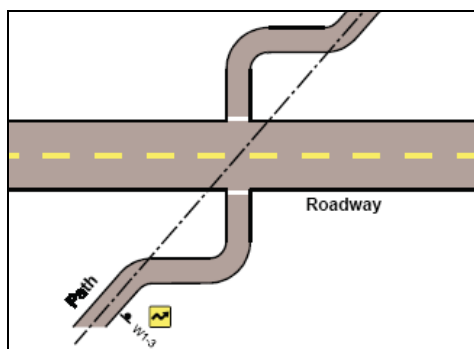


Fig. 9 Esempio di soluzione progettuale

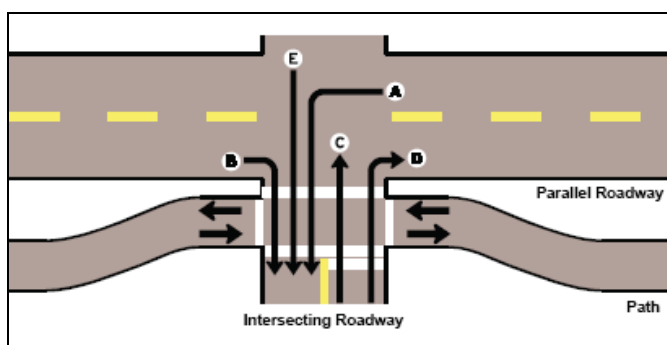


Fig. 10 Esempio di soluzione progettuale

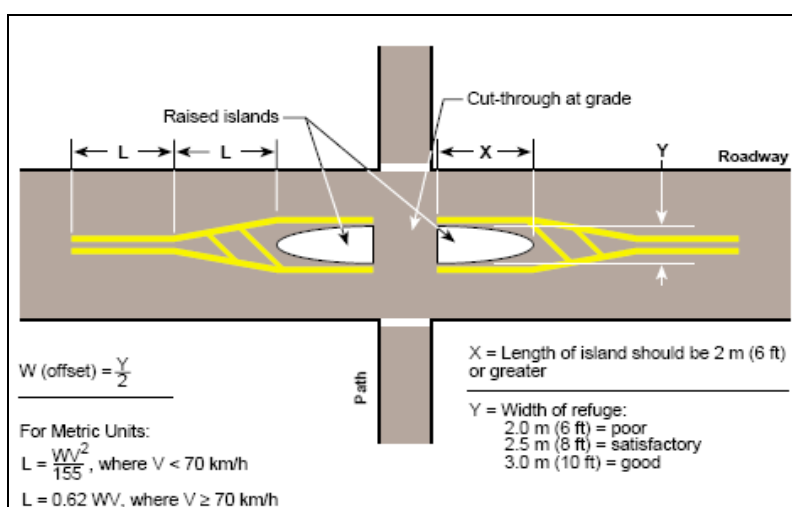


Fig. 11 Esempio di soluzione progettuale

Tutte le infrastrutture ciclabili devono garantire una adeguata visibilità notturna, mediante illuminazione artificiale, che deve essere compresa tra 5 e 20 lux a seconda della localizzazione del tracciato.

Anche il ciclo semaforico deve essere regolato in maniera tale da salvaguardare la sicurezza dei ciclisti, lasciando loro il tempo necessario per lo sgombero dell'intersezione e tutelandoli nelle manovre in conflitto con le altre correnti veicolari. Per questo esistono delle indicazioni che permettono di determinare il tempo di ciclo e di sgombero, in funzione della larghezza dell'intersezione, tempo di reazione e velocità del ciclista e lunghezza della pista.

Infine vengono stabilite anche una serie di attrezzature e servizi aggiuntivi che dovrebbero essere presenti lungo le piste per rendere più agevoli e allettanti gli spostamenti in bicicletta: luoghi di ristoro e parcheggi attrezzati per la riparazione dei mezzi, punti di informazione su percorsi e reti ciclabili, luoghi attrezzati per l'accesso dei diversamente abili.

1.2.2. Analisi della normativa italiana

In Italia le caratteristiche strutturali e funzionali delle piste ciclabili sono regolate dal Codice della Strada e dal suo regolamento di attuazione unitamente al Decreto Ministeriale n. 557 del 30 novembre 1999 "*Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili*". Tale decreto fissa le linee guida per la progettazione degli itinerari ciclabili e i principali standard progettuali da adottare al fine di garantire un livello di sicurezza e funzionalità che permetta un aumento del tasso di spostamenti in bicicletta come alternativa all'uso dei veicoli a motore, necessario per migliorare i problemi di congestione del traffico urbano e raggiungere gli obiettivi di sostenibilità ambientale.

Il decreto stabilisce che gli itinerari ciclabili possono comprendere quattro tipologie di infrastrutture, riportate in ordine decrescente rispetto alla sicurezza che offrono per l'utenza ciclistica:

1. Piste ciclabili in sede propria;

2. Piste ciclabili su corsia riservata (ricavata dalla carreggiata stradale o dal marciapiede);
3. Percorsi promiscui pedonali e ciclabili;
4. Percorsi promiscui ciclabili e veicolari.

La **pista ciclabile in sede propria** può essere realizzata ad unico o doppio senso di marcia ed è separata dalla sede destinata ai veicoli a motore e ai pedoni attraverso spartitraffico longitudinali fisicamente invalicabili (fig.12). Il decreto impone per gli spartitraffico una larghezza di almeno 50 cm ma non specifica altri requisiti quali altezza, materiale o continuità e questo può dare adito a dubbi sul concetto di invalicabilità dell'elemento separatore e dunque sul considerare una certa pista in sede propria o su corsia riservata. Inoltre non si specifica se l'invalicabilità vale solo per i veicoli a motore o anche per i pedoni.



Fig. 12 Esempi di piste ciclabili con spartitraffico invalicabile

La pista ciclabile su corsia riservata ricavata dalla carreggiata stradale (fig.13) è separata da quest'ultima solo attraverso strisce di delimitazione longitudinale o delimitatori di corsia. Può essere realizzata solo ad unico senso di marcia, concorde a quello della contigua corsia riservata ai veicoli a motore, e di norma deve essere ubicata alla sua destra tuttavia il suo posizionamento sul lato destro della carreggiata non è tassativo anche se non viene specificato in quali situazioni si possono prevedere collocazioni diverse.

Per quanto riguarda i delimitatori di corsia cui si riferisce la normativa, è necessario rifarsi alle indicazioni del Regolamento di esecuzione e attuazione del nuovo Codice della Strada per conoscere le loro caratteristiche; essi sono manufatti in materiale plastico o gomma di colore giallo, saldamente fissati alla pavimentazione, di larghezza compresa tra i 15 e i 30 cm e altezza compresa tra i 5 e i 15 cm, con una consistenza e un profilo tale da consentirne il sormonto in caso di necessità.



Fig. 13 Esempi di piste ciclabili su corsia riservata, su carreggiata stradale

La **pista ciclabile su corsia riservata** ricavata dal marciapiede (fig. 14) può essere realizzata, ad unico oppure doppio senso di marcia, qualora l'ampiezza ne consenta la realizzazione senza pregiudizio per la circolazione dei pedoni e sia ubicata sul lato adiacente alla carreggiata stradale. Non vengono però specificate quali sono le condizioni che possono pregiudicare la circolazione del traffico pedonale e non risulta chiaro se per la parte di

marciapiede riservata ai pedoni si debba fare riferimento alla larghezza minima prevista da un'altra normativa del 2001 e pari a 1,5 m.



Fig. 14 Esempio di pista ciclabile su corsia riservata, su marciapiede

Nella normativa si specifica che, salvo casi particolari, per i quali occorre dimostrare la validità tecnica della loro adozione ai fini della sicurezza, non è consentita la realizzazione di piste ciclabili a doppio senso di marcia con corsie ubicate entrambe sullo stesso lato della piattaforma stradale. Poiché le “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*” del 2001 specificano che la piattaforma stradale non comprende il margine esterno della sede stradale, dove si trovano i marciapiedi, il divieto di realizzare piste ciclabili bidirezionali è indirizzato esclusivamente alle piste ciclabili su corsia riservata ricavata dalla carreggiata.

Il decreto ammette quindi la realizzazione di piste ciclabili formate da due corsie contigue, su marciapiede e in sede propria ma anche sulle strade pedonali, qualora l'intensità del traffico ciclistico, in rapporto a quello pedonale, ne richieda la realizzazione e sulla carreggiata stradale, e qualora l'intensità del traffico ciclistico sia molto elevata (soluzione obbligatoria se il flusso di biciclette supera le 1200 unità/ora per almeno due periodi di punta non inferiori ai quindici minuti). Nel caso di strade pedonali le corsie ciclabili devono essere di opposto senso di marcia e ubicate in genere al centro della strada mentre le corsie

ciclabili su carreggiata devono essere dello stesso senso di marcia e ubicate sulla destra rispetto alla contigua corsia veicolare.

Il decreto inoltre obbliga la realizzazione di:

- Piste ciclabili in sede propria o su corsia riservata su marciapiede su strade extraurbane secondarie e su strade urbane di scorrimento;
- Piste ciclabili in sede propria o su corsia riservata su strade urbane di quartiere e strade locali extraurbane;
- Piste ciclabili su corsia riservata su strade locali urbane.

Per quanto riguarda la larghezza delle corsie viene imposto un minimo di 1,50 m (per tenere conto degli ingombri dei ciclisti e delle biciclette, dello spazio per l'equilibrio e di un opportuno franco laterale libero da ostacoli), comprese le strisce di margine, riducibile a 1,25 m nel caso di due corsie contigue, dello stesso o opposto senso di marcia. Inoltre per le piste ciclabili in sede propria e su corsia riservata la larghezza può essere ridotta fino a 1,00 m, purché questa condizione si protragga per un tratto limitato della pista e sia opportunamente segnalata, tuttavia non vengono indicate né l'estensione massima del tratto interessato dalla riduzione di larghezza, né in che modo debba essere segnalata.

I **percorsi promiscui pedonali e ciclabili** (nei quali non vi è una separazione tra gli spazi dedicati alle due categorie di utenti) possono essere realizzati all'interno di parchi o di zone a traffico prevalentemente pedonale, nel caso in cui l'ampiezza della carreggiata o la ridotta entità di traffico ciclistico non richiedano la presenza di specifiche piste ciclabili. Tali percorsi possono essere realizzati anche su parti esterne alla carreggiata, usualmente destinate ai pedoni, qualora non ci sia lo spazio necessario per la compresenza di una pista ciclabile e un contiguo percorso pedonale ma i percorsi si rendano necessari per dare continuità alla rete ciclabile.

In questi casi la normativa richiede che la parte della strada che si intende adibire a percorso promiscuo ciclopedonale abbia larghezza incrementata rispetto ai minimi fissati per le piste ciclabili, flusso di pedoni ridotto e assenza

di poli attrattori di traffico pedonale, quali attività commerciali o insediamenti ad alta densità abitativa. Non vengono tuttavia specificati in termini numerici né la larghezza minima del percorso ciclopedonale né il flusso di pedoni massimo ammissibile per poter adottare questa soluzione.

I **percorsi promiscui ciclabili e veicolari** sono considerati gli itinerari a maggiore rischio per l'utenza ciclistica e pertanto sono ammessi solo per dare continuità alla rete ciclabile esclusivamente nelle situazioni in cui non sia possibile, per motivi economici o di insufficienza degli spazi stradali, realizzare piste ciclabili; in tal caso è necessario intervenire su tali percorsi con provvedimenti che mirino a ridurre il differenziale di velocità tra biciclette e veicoli a motore, ma non si specificano in normativa quali di preciso, lasciando al tecnico libertà di scelta.

Successivamente vengono fornite indicazioni sulla velocità di progetto e sulle caratteristiche plano-altimetriche che devono essere adottate nella progettazione di piste ciclabili. La velocità di progetto deve essere definita per ciascun tronco delle piste ciclabili, considerando una velocità media del ciclista in pianura di 20÷25 Km/h e in discesa con pendenza del 5% di 40 Km/h. In base a tali standard di velocità si devono quindi valutare la distanza di visuale libera e di arresto, tenendo conto di un tempo di percezione pari ad 1 secondo in ambito urbano e 2,5 secondi in ambito extraurbano e di un coefficiente di aderenza longitudinale non superiore a 0,35.

La pendenza longitudinale media delle piste ciclabili non deve superare il 2% e quella massima delle singole livellette il 5%, fatta eccezione per le rampe degli attraversamenti ciclabili a livelli sfalsati sulle quali può arrivare fino al 10%.

I raggi di curvatura orizzontale devono risultare superiori a 5,00 m ma possono essere ridotti fino a 3,00 m in aree di intersezione o punti particolarmente vincolati, purché venga rispettata la distanza di visuale libera e la curva sia opportunamente segnalata.

Ove gli standard progettuali non sono rispettati il decreto indica di adottare specifiche limitazioni di velocità, al fine di evitare situazioni pericolose per i ciclisti.

Gli attraversamenti devono essere realizzati con le stesse modalità di quelli pedonali (tenendo conto di un comportamento dei ciclisti analogo a quello dei pedoni), inserendo però i dovuti adattamenti richiesti dall'utenza ciclistica. Non vengono tuttavia fornite specifiche indicazioni sugli interventi da realizzare ma è possibile ricavare queste informazioni dal Codice della Strada e dal DPR 495/92.

Per quanto riguarda le soluzioni progettuali adottabili in corrispondenza dei diversi tipi di intersezioni, vengono date indicazioni di massima.

In merito alla pavimentazione e alla segnaletica orizzontale e verticale il decreto impone che le piste ciclabili siano sempre provviste di appositi simboli e scritte orizzontali che ne distinguano l'uso specialistico e che la pavimentazione si presenti con una superficie regolare e senza elementi trasversali o griglie di scolo. Le specifiche in materia sono anche in questo caso presenti nel Codice della Strada e nel DPR 495/92.

Nella parte finale della normativa si fa inoltre riferimento in maniera molto rapida e senza indicazioni vincolanti ad alcune attrezzature che devono essere presenti lungo gli itinerari ciclabili: adeguata illuminazione, rastrelliere (situate nei nodi principali ed in numero sufficiente), fontanelle di acqua potabile ogni 5 km, ecc.

Anche per quanto riguarda l'analisi di fattibilità tecnico-economica si lascia una certa libertà ai tecnici, i quali dovrebbero corredare i progetti di "*specifiche valutazioni della redditività degli interventi previsti*" ma in assenza di questi si può ricorrere all'uso di un indicatore di redditività pari al rapporto tra "euro investiti/ciclisti per km". Mentre il computo dell'investimento monetario è calcolabile, per quanto riguarda il numero di ciclisti per km che percorreranno l'infrastruttura ciclabile si può fare solamente una stima.

Questo decreto si presenta poco chiaro ed esaustivo su certi aspetti e tematiche, che quindi sono soggette a libera interpretazione del tecnico, mentre alcune norme sono molto vincolanti e poco condivise dalle amministrazioni

locali, soprattutto in relazione alla limitatezza degli spazi urbani; perciò molti interventi riguardanti la mobilità ciclabile sono realizzati in deroga rispetto ai dettami della normativa.

In mancanza di una normativa che fissi in maniera rigorosa gli interventi progettuali adottabili, come nel caso delle AASHTO americane, le pubbliche amministrazioni sono ricorse all'utilizzo di soluzioni già adottate e collaudate dalle cosiddette "città virtuose" e spesso raccolte in pubblicazioni edite da organizzazioni come la FIAB (Federazione Italiana Amici della Bicicletta).

Analizzando le diverse tipologie di itinerari ciclabili presenti nel territorio nazionale abbiamo stilato una classificazione delle piste ciclabili più rigorosa rispetto a quella presente nel D.M. 557/99.

Ordinandole in base al livello di sicurezza che esse offrono (come avviene in normativa), possiamo classificarle in questo modo:

▫ **Piste ciclabile in sede propria**

- Non adiacenti alla carreggiata



- Protette da spartitraffico invalicabile



- Protette da spartitraffico discontinuo



- **Piste ciclabili su corsia riservata ricavata dal marciapiede**

- Pavimentazione diversa per pedoni e ciclisti



- Separazione tra ciclisti e pedoni tramite semplice striscia longitudinale



▫ **Piste ciclabili su corsia riservata ricavata dalla carreggiata**

- Protette da delimitatori di corsia



- In aree semipedonali



- Protette dalla sede carrabile attraverso stalli di sosta



- Parallele alle corsie preferenziali destinate alla circolazione di autobus



- Separate dalla corsia di marcia tramite segnaletica orizzontale da normativa



- Uso promiscuo delle corsie preferenziali destinate alla circolazione di autobus



- Di larghezza ridotta (< 1 m: “cycle strip”)



- A doppio senso di marcia con le due corsie ubicate sullo stesso lato della carreggiata



- In controsenso rispetto all’adiacente corsia di marcia e separate da questa tramite strisce longitudinali sulla pavimentazione



□ **Percorsi promiscui ciclabili e pedonali**

- Con segnaletica dedicata



- Percorsi in aree esclusivamente pedonali senza segnaletica

□ **Percorsi promiscui ciclabili e veicolari**

- Zone 30



- Circolazione delle biciclette in entrambe le direzioni nelle strade a senso unico in modo promiscuo con i veicoli a motore



1.3 Promozione

Il successo di un sistema di trasporto su bici, integrato nella rete viaria, non dipende solamente da una corretta fase di pianificazione e progettazione ma necessita delle cosiddette “3E”: Education, Encouragement, Enforcement. Con questi termini si indica la necessità di creare dei programmi specifici per avvicinare la popolazione a questo modo di trasporto, promuovendo i benefici che può comportare un uso regolare della bicicletta sia sul singolo individuo che sull'intera comunità, ad esempio in termini di riduzione della congestione del traffico o di miglioramento dello stato psico-fisico del ciclista.

In genere le campagne di educazione alla mobilità ciclabile mirano da un lato a migliorare le capacità dei ciclisti a muoversi in sicurezza nel traffico cittadino e dall'altro a sensibilizzare i guidatori verso una guida più rispettosa nei confronti dell'utenza debole. Uno degli obiettivi principali è quindi fare in modo che ciclisti e guidatori conoscano e applichino le regole del Codice della Strada.

Altre forme educative puntano l'attenzione sulla sicurezza del ciclista promuovendo l'uso di dispositivi di sicurezza (come il casco) o che aumentano la visibilità dell'utente (giubbotti fluorescenti, luci anteriori e posteriori fisse, catadiottri su ruote e pedali).

Anche i programmi e le iniziative di incoraggiamento sono molto importanti. Uno dei metodi di promozione più adottati si propone di fornire a tutti i ciclisti (esperti, occasionali e potenziali) una gamma di informazioni il più ampia possibile: mappe degli itinerari ciclabili urbani e cicloturistici, brochures e siti web dove reperire notizie su eventi promozionali, gite, itinerari consigliati, punti di interscambio modale, associazioni cicloturistiche. Risultano essere molto efficaci anche le manifestazioni a favore della mobilità ciclabile che prevedono lo stop alla circolazione delle auto private in certe aree cittadine o la loro limitazione.

Al fine di creare un ambiente favorevole alla mobilità ciclabile è necessario che tutte queste attività siano supportate dalla presenza sia di leggi e norme che regolino gli spostamenti degli utenti all'interno della rete viaria e che

riducano il rischio di incidenti, sia di sanzioni applicabili in caso di non rispetto delle regole.

1.4 Finanziamento

Tutti gli aspetti considerati finora necessitano di finanziamenti per poter essere applicati. Il costo totale dell'infrastruttura e della sua manutenzione possono variare in maniera sensibile secondo il tipo pista, la complessità del progetto, l'ambiente nel quale si opera e molti altri aspetti. A questi è necessario aggiungere tutte le spese sostenute per le attività di promozione dell'uso della bicicletta.

I costi di realizzazione e manutenzione in genere sono sostenuti dalle casse comunali o provinciali, ma è possibile anche attingere a fondi pubblici regionali, statali o di altro tipo.

In Italia lo sviluppo della mobilità ciclabile è stata incentivata da diverse forme di finanziamento regolate rispettivamente dal D.P.R. 366/98 "*Norme per il finanziamento della mobilità ciclistica*" e dal DEC. GAB/DEC/131/07 "*Programma di finanziamenti per il miglioramento della qualità dell'aria nelle aree urbane*" del 2007. Inoltre molti Paesi aderenti alla Comunità Europea si sono avvalsi anche di fondi erogati all'interno di progetti europei a favore della mobilità sostenibile.

Per quanto riguarda le attività collaterali di propaganda, comunicazione e istruzione è necessario prevedere una serie di partner interessati o "stakeholder" che possano finanziare o trarre benefici dai programmi messi a punto.

1.5 Monitoraggio / verifica

La realizzazione del biciplan è finalizzata al conseguimento di una serie di obiettivi che vengono identificati nelle prime fasi di studio.

Indipendentemente dagli obiettivi che si vogliono raggiungere, è necessario prevedere una serie di indicatori che ci forniscano informazioni sulla validità delle azioni programmate con il biciplan.

Gli indicatori sono variabili quantitative o parametri qualitativi che registrano un certo fenomeno ritenuto “indicativo” di un fattore di qualità.

Essi devono avere le seguenti caratteristiche:

- **Realizzabilità:** possibilità di generare l'indicatore a basso costo e secondo dati disponibili o facilmente ricavabili;
- **Affidabilità:** capacità di rilevare le variazioni del fenomeno;
- **Comprensibilità e condivisibilità:** nei confronti degli altri operatori;
- **Assenza di ambiguità.**

Un indicatore ha un significato di sintesi ed è elaborato con il preciso obiettivo di dare un “peso” quantitativo a parametri caratteristici presi in esame; è un indice che mostra quantitativamente le condizioni del sistema.

Possiamo individuare, in base al modello Pressione - Stato - Risposta proposto in ambito nazionale dal OECD (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico), tre tipi di indicatori ambientali:

- **Indicatori di stato:** fanno riferimento alla qualità dell'ambiente in tutte le sue componenti ed evidenziano situazioni di fatto in un preciso momento temporale;
- **Indicatori di pressione:** misurano la pressione esercitata dalle attività umane sull'ambiente;
- **Indicatori di risposta:** sono necessari per prevenire o mitigare gli impatti negativi dell'attività umana e riassumono la capacità e l'efficienza delle azioni intraprese per il conseguimento degli obiettivi assunti.

Gli indicatori più frequentemente utilizzati in letteratura per valutare gli obiettivi delle politiche ciclabili adottate sono:

$$\text{➤ Indice di ciclabilità (cycling index)} = \frac{m \text{ - piste - ciclabili}}{n^{\circ} \text{ - abi tan ti}}$$

Nel computo della lunghezza della dotazione ciclabile non si esplicita se la lunghezza della pista debba essere calcolata per corsia o se non esistano differenze tra piste monodirezionali e bidirezionali.

➤ Indice di continuità della rete =
$$\frac{Km_rete_reale}{km_rete_ideale_connessa}$$

Dove la rete ideale è ottenuta connettendo tutte le piste ciclabili della rete reale con archi di lunghezza inferiore ai 3 km.

➤ Indice di copertura della rete (network coverage index) =

$$\frac{Km_strade}{Km_piste_ciclabili}$$

➤ Indice di densità della rete (network density index) =

$$\frac{Km_piste_ciclabili}{Km^2_area}$$

Questi indicatori sono puramente indicatori di stato che prendono in considerazione solamente le dotazioni infrastrutturali esistenti e quindi risultano interessanti solo per valutare tali infrastrutture quantitativamente e non qualitativamente.

Nonostante ciò questo tipo di indicatore è frequentemente utilizzato nelle fasi di verifica del raggiungimento degli obiettivi e soprattutto nelle valutazioni della qualità ambientale urbana (ad esempio in Italia Ecosistema Urbano – Legambiente).

Esistono altri tipi di indicatori che cercano di fornire un giudizio non soltanto quantitativo ma anche qualitativo dell'infrastruttura ciclabile, utilizzando una serie di parametri legati alle caratteristiche funzionali dell'infrastruttura stessa.

Questi indici, trattati nel capitolo successivo, sono in continuo cambiamento e miglioramento ma rimane aperto il dibattito su quali siano quelli più efficaci.

Capitolo 2

Il Livello di Servizio nella mobilità ciclabile

In questo capitolo verrà effettuata un'analisi di una serie di indicatori e della loro evoluzione nel corso degli anni, evidenziandone i pregi e i difetti e i loro campi di applicazione.

Principalmente si tratta di indicatori che quantificano numericamente la qualità delle dotazioni ciclabili dal punto di vista dell'utente e che quindi esprimono il Livello di Servizio.

Partendo da indici che cercavano di trovare una correlazione tra le caratteristiche geometriche e funzionali degli archi e l'uso della bicicletta, si è giunti all'odierno BLOS (*bicycle LOS*), che ha dato origine ad una serie di indici che prendono in considerazione anche gli aspetti legati alla sicurezza dell'utente e risultano essere molto utili in fase di pianificazione degli itinerari e limitatamente anche in fase di verifica.

Si può notare che in questi indicatori sono presenti solo parametri riconducibili al lato offerta di infrastrutture e mancano totalmente riferimenti all'interazione domanda-offerta cioè ai flussi. Questi ultimi sono molto importanti perché ci danno informazioni sull'utilizzo dell'attrezzatura ciclabile e ci possono indicare la presenza di criticità lungo la pista stessa o lungo degli itinerari.

1. L'evoluzione del Livello di Servizio nella mobilità ciclabile

1.1 Roadway Segment Index e Intersection Evaluation Index

Nel 1965 ingegneri e pianificatori del traffico iniziarono ad utilizzare uno strumento di misura chiamato *Level of Service (LOS)*, definito come “misura quantitativa che caratterizza le condizioni operative della corrente di traffico e la loro percezione da parte degli utenti”, i cui standards comparivano nell’ *Highway Capacity Manual*.

All’interno di questo manuale, la parte riservata alla mobilità ciclabile era molto sintetica e verteva principalmente sugli effetti che il flusso ciclabile aveva su quello veicolare in corrispondenza delle intersezioni.

Il primo tentativo di sviluppare uno strumento di misura, che mettesse in relazione le caratteristiche strutturali e operative delle infrastrutture viarie con l’uso della bicicletta, fu effettuato da Davis nel 1987 alla Auburn University. Egli sviluppò il “*Roadway Segment Index*” (RSI):

$$RSI = \frac{ADT}{2500L} + \frac{S}{56} + 1.635 * (4.25 - W) + \sum PF + \sum LF$$

ADT: traffico medio giornaliero (veic/giorno)

L: numero corsie

S: limite di velocità (km/h)

W: larghezza banchina (m)

PF: fattori di pavimentazione

LF: fattori di luogo

Un basso punteggio di RSI indica che l’infrastruttura viaria possiede delle buone caratteristiche per permettere al ciclista di muoversi in sicurezza.

I fattori di pavimentazione tengono conto degli ammaloramenti della pavimentazione (fessurazioni, rattoppi, buche) e delle situazioni che possono comportare rischi al ciclista (passaggi a livello, grate di scolo) e ad ognuno viene assegnato un punteggio compreso tra 0.25 e 0.75.

I fattori di luogo sono relativi alle caratteristiche dell'ambiente come la presenza e la tipologia dei parcheggi presenti, la pendenza e la tortuosità del tracciato, la presenza di banchina pavimentata, la destinazione d'uso del suolo e si assegna un punteggio tra -0.25 e 0.75.

Nella tabella sottostante (tab. 1) si riportano i valori relativi ai fattori caratteristici della pavimentazione e di luogo:

VALORE	FATTORI RELATIVI ALLA PAVIMENTAZIONE
0.50	incrinata
0.25	rattoppata
0.25	segnata dalle intemperie
0.25 – 0.50	con buche, dipende dalla gravità
0.25 – 0.50	con ciglio rugoso, dipende dalla gravità
0.25	presenza di passaggio a livello
0.50	presenza di passaggio a livello con cunette o obliquo
0.50	presenza di grate di scolo
	FATTORI RELATI AL LUOGO
0.75	parcheggio obliquo
0.25	parcheggio parallelo alla carreggiata
0.25	presenza corsia svolta a destra
-0.50	presenza di spartitraffico sopraelevato
-0.35	presenza di spartitraffico sopraelevato (per la svolta a sinistra)
-0.75	presenza di banchina pavimentata o pista ciclabile
0.50	presenza di salita importante
0.20	presenza di salita moderata
0.35	presenza di frequenti curve
0.50	limitata visuale
0.25	presenza di numerose strade di accesso
0.25	uso industriale del territorio
0.25	uso commerciale del territorio

Tab.1 Valori assegnati ai fattori presenti in RSI

Analogamente Davis trovò un indice per le intersezioni a raso più importanti chiamato “*Intersection Evaluation Index*” (IEI) :

$$IEI = \frac{VC + VR}{10000} + \frac{2VR}{VC + VR} + \sum GF + \sum SF$$

VC: volume di traffico che interessa l'intersezione (ADT) (veic/giorno)

VR: volume di traffico del segmento interessato(veic/giorno/corsia)

GF: fattori geometrici

SF: fattori dell'impianto semaforico

I fattori geometrici prendono in considerazione gli aspetti geometrici dell'intersezione quali ad esempio la presenza o meno di corsia per le svolte a destra e sinistra, cui vengono assegnati punteggi compresi tra 0.25 e 0.75.

Mentre i fattori dell'impianto semaforico contemplano la presenza di fasi per la svolta protetta o la durata del tempo di sgombero, assegnando anche in questo caso punteggi tra 0.25 e 0.75.

Facendo una media pesata dei due indici, Davis ottenne il "*Bicycle Safety Index Rating*" (BSIR).

valori BSIR			
0 - 4	4 - 5	5 - 6	> 6
eccellente	buono	discreto	scarso

Questo metodo di valutazione delle infrastrutture viarie presentò alcuni limiti come ad esempio quello di considerare solamente il numero delle intersezioni e non la loro distanza, oppure fare la media pesata sul numero di segmenti considerati senza tener conto della loro lunghezza. Inoltre il peso dei fattori geometrici e dell'impianto (nell'IEI) e di luogo e pavimentazione (nell'RSI) risultò troppo elevato rispetto al peso delle variabili giudicate più importanti (velocità, flusso e larghezza corsia).

Il limite più grande di questo indice fu quello di non essere in grado rappresentare verosimilmente la pericolosità dell'infrastruttura. Tuttavia Davis fu il primo ad identificare i 3 fattori critici che influenzano la percezione della sicurezza, il comfort e la convenienza dei ciclisti (volume di traffico per corsia, velocità e larghezza della corsia), fornendo comunque degli indici in grado di descrivere la percezione dei ciclisti sulle "*condizioni operative della corrente di traffico*" cioè il LOS.

1.2 Roadway Condition Index

Intorno al 1991 il Florida Department of Transportation (FDOT) utilizzò nuovamente gli indici di Davis, apportando delle modifiche:

- Furono considerati come segmenti i tratti dell'infrastruttura compresi tra 2 intersezioni e non gli archi aventi stesse caratteristiche geometrico-funzionali;
- I valori dei fattori di luogo e di pavimentazione furono modificati in modo da avere un peso minore nella determinazione dell'indicatore;
- Il termine contenente la larghezza della corsia fu moltiplicato per il limite di velocità, creando una doppia penalizzazione per quei tratti caratterizzati da alte velocità e corsie strette.
- Il denominatore del limite di velocità fu diminuito per aumentare il contributo della velocità;
- Per compensare l'aumento globale del valore dell'indice, fu aumentato il valore al denominatore del traffico medio giornaliero.

Il nuovo indicatore così ottenuto fu chiamato "*Roadway Condition Index*" (RCI) per indicare che non aveva il compito di determinare la pericolosità dell'infrastruttura:

$$RCI = \frac{ADT}{3100L} + \frac{S}{48} + \frac{S}{48} * [1.635 * (4.25 - W)] + \sum \overline{LF} + \sum \overline{PF}$$

I risultati ottenuti con quest'ultimo indice non differirono in modo significativo da quelli ottenuti con RSI ma il nuovo indicatore risultò più sensibile alle variazioni di velocità e di larghezza di corsia e meno alle variazioni di flusso.

valori RCI			
0 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
eccellente	buono	discreto	scarso

Anche in questo caso, l'indicatore non era in grado di fornire indicazioni verosimili sul grado di sicurezza dell'infrastruttura.

Nel 1993 il Dipartimento di Pianificazione metropolitana della Florida utilizzò l'RCI come strumento di pianificazione (RCI modificato Epperson – Davis), stabilendo in anticipo se sulla rete esistessero le condizioni favorevoli allo sviluppo di piani a favore della mobilità ciclabile.

Anche in questo caso vennero apportate delle modifiche all'indice esistente:

- I fattori furono moltiplicati tra loro e non sommati come in precedenza;
- I valori dei fattori di luogo e pavimentazione furono semplificati e fissati in una scala da 0 a 3 e successivamente moltiplicati per un valore pesato rispettivamente pari a 0.02 e 0.03. quest'ultima operazione fece in modo che i fattori non pesassero troppo su segmenti con buone caratteristiche di flusso, velocità e larghezza;
- La larghezza della pista ciclabile o della banchina pavimentata fu conteggiata nella larghezza della corsia e non nei fattori di pavimentazione, dando maggior peso alla presenza di strutture a favore della mobilità ciclabile.

$$RCI = \frac{ADT}{3100L} * \frac{S}{48} * \frac{4.25}{W} * 1.8(1 + HV) * [1 + 0.03PF + 0.02LF]$$

HV:% veicoli pesanti

valori RCI			
0 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
eccellente	Buono	discreto	scarso

1.3 Bicycle Stress Level e Interaction Hazard Score

Nel 1994 Sorton e Walsh svilupparono un metodo per determinare il livello di stress dei ciclisti, in funzione delle caratteristiche dell'infrastruttura.

Il concetto di "*bicycle stress level*" fu introdotto già nel 1978 dal Geelong Bikeplan Team in Australia per meglio definire l'idoneità delle strade ad essere percorse in bici, dal punto di vista del ciclista.

Il concetto nasce, in parte, dall'aver assunto che i ciclisti non solo vogliono minimizzare lo sforzo fisico richiesto da un certo percorso, ma vogliono anche minimizzare lo sforzo mentale, cioè lo stress, causato da:

- Contatto con traffico veicolare;
- Interazione con i veicoli pesanti e autobus;

Dal momento che il concetto di “*bicycle stress level*” esprime il punto di vista dell’utente, può essere utilizzato per esprimere il LOS.

Gli autori fecero visionare a dei volontari, suddivisi in ciclisti esperti, casuali e giovani, dei video nei quali si ritraevano delle infrastrutture viarie in diverse condizioni e chiesero loro di esprimere un giudizio numerico da 1 a 5 sul comfort/livello di rischio in funzione di alcune variabili quali: volume di traffico dell’ora di punta, velocità del traffico veicolare e larghezza della corsia di marcia.

Dalla combinazione delle tre variabili si ottenne un punteggio compreso tra 1 (infrastruttura sicura per ogni ciclista) e 5 (infrastruttura inadatta al traffico ciclabile).

Sempre nel 1994 Landis mise a punto un modello in grado di simulare i rischi potenziali dei ciclisti che condividono la carreggiata con i veicoli a motore, considerando le componenti di interazione longitudinali e trasversali. Lungo la direzione longitudinale della strada sono presenti molte forme di interazioni che influenzano il rischio percepito dal ciclista come il volume di traffico, la velocità e la tipologia dei veicoli, la distanza bici – veicolo e le condizioni del manto stradale. Lungo la direzione trasversale invece sono i movimenti imprevedibili che creano insicurezza nel ciclista, come gli spostamenti laterali dei veicoli per parcheggiare lungo la carreggiata stradale.

Mediante la compilazione di questionari da parte di ciclisti volontari, si riuscì a calibrare il modello e si ottenne l’indicatore *Interaction Hazard Score* (IHS) che metteva in luce il grado di rischio percepito dai ciclisti sulle strade:

$$IHS = \frac{1}{10} \left\{ \frac{ADT}{L} * \left(\frac{14}{W} \right)^2 * \left[0.01 * \frac{S}{30} * (1 + \%HV)^2 + 0.01PF \right] + 0.024(LU * CCF) \right\}$$

ADT: traffico medio giornaliero (veic/giorno)

L: numero totale delle corsie

W: larghezza dal centro della strada allo scolo (m)

S: limite di velocità (km/h)

PF: fattore relativo alla condizione della pavimentazione

LU: uso del suolo confinante (commerciale=1.5; non commerciale=1)

CCF: frequenza delle intersezioni o dei parcheggi

La qualità di questo indicatore sta nella semplicità con la quale è possibile ottenere i dati necessari al calcolo, utilizzando data base oppure mediante misurazione diretta (tab. 2).

Inoltre partendo dal valore ottenuto per una certa infrastruttura, è possibile notare come varia l'indicatore se le vengono apportate modifiche geometriche o funzionali: in questo modo è possibile valutare la bontà di certi interventi a priori.

W=	Useable width of outside through lane [includes width of any bike lanes; measured from pavement edge, or gutter pan, to center of road, yellow stripe or lane line, whichever is less]
Bike Lane=	(Y or N) Only indicate "Yes" if there is a bona fide bike lane OR if the paved shoulder is 1.2 meters (4 feet) wide or greater
Comm. Land Use =	Indicate "Yes" only if there is at least thirty (30) percent of commercial uses adjoining the road segment. For the purposes of a windshield survey and this data's use in the Interaction Hazard scoring, "Commercial" land use is defined as any land uses other than single family residential (or agricultural).
Total Curb Cuts =	Record the number of non-controlled access points and on-street parking spaces of each segment
PAVECON =	Evaluate the pavement condition according to the FDOT's Roadway characteristics Inventory Feature 230 - Surface Description). If a bike lane is present, record that surface condition, not that of the auto lane.
	5.0 Very good - Only new or nearly new pavements are likely to be smooth enough and free of cracks and patches to qualify for this category.
	4.0 Good - Pavement, although not as smooth as those described above, gives a first class ride and exhibits signs of surface deterioration.
	3.0 Fair - Riding qualities are noticeably inferior to those above, may be barely tolerable for high speed traffic. Defects may include rutting, map cracking, and extensive patching.
	2.0 Poor - Pavements have deteriorated to such an extent that they affect the speed of the free-flow traffic. Flexible pavement has distress over 50 percent or more of the surface. Rigid pavement distress includes joint spalling, patching, etc.
	1.0 Very Poor - Pavements that are in an extremely deteriorated condition. Distress occurs over 75 percent or more of the surface.

Tab. 2 Indicazioni sulla variabili presenti nell'indicatore IHS

Nel 1996 Dixon, all'interno del piano della mobilità di Gainesville, introdusse un nuovo strumento di misura del livello di servizio per le strutture ciclabili e pedonali.

L'indicatore prendeva in considerazioni diverse variabili quali il tipo di infrastruttura, i punti di conflitto, il differenziale di velocità, il LOS del traffico veicolare e la manutenzione, ognuno con un punteggio specifico, indicato nella tabella sottostante (tab.3):

BICYCLE			PEDESTRIAN		
CATEGORY	CRITERION	POINTS	CATEGORY	CRITERION	POINTS
BICYCLE FACILITY PROVIDED (Max Value = 10)	Outside Lane 3.66m (12')	0	PEDESTRIAN FACILITY PROVIDED (Max Value = 10)	Not Continuous or Non-existent	0
	Outside Lane >3.66m-4.27m (>12'-14')	5		Continuous on One Side	4
	Outside Lane >4.27m (>14')	6		Continuous on Both Sides	6
	Off-Street / Parallel Alternative Facility	4		Min. 1.53m (5') Wide & Barrier Free	2
			Sidewalk Width >1.53m (5')	1	
			Off-Street / Parallel Alternative Facility	1	
CONFLICTS (Max Value = 4)	Driveways & Sidestreets	1	CONFLICTS (Max Value = 4)	Driveways & Sidestreets	1
	Barrier Free	0.5		Ped Signal Delay 40 Sec. or Less	0.5
	No On-Street Parking	1		Reduced Turn Conflict Implementation	0.5
	Medians Present	0.5		Crossing Width 18.3m (60') or Less	0.5
	Unrestricted Sight Distance	0.5		Posted Speed	0.5
	Intersection Implementation	0.5	Medians Present	1	
SPEED DIFFERENTIAL (Max Value = 2)	>48 KPH (>30 MPH)	0	AMENITIES (Max Value = 2)	Buffer Not Less Than 1m (3.5')	1
	40-48 KPH (25-30 MPH)	1		Benches or Pedestrian Scale Lighting	0.5
	24-32 KPH (15-20 MPH)	2		Shade Trees	0.5
MOTOR VEHICLE LOS (Max Value = 2)	LOS = E, F, OR 6 or More Travel Lanes	0	MOTOR VEHICLE LOS (Max Value = 2)	LOS = E, F, OR 6 or More Travel Lanes	0
	LOS = D and < 6 Travel Lanes	1		LOS = D and < 6 Travel Lanes	1
	LOS = A, B, C, and < 6 Travel Lanes	2		LOS = A, B, C, and < 6 Travel Lanes	2
MAINTENANCE (Max Value = 2)	Major or Frequent Problems	-1	MAINTENANCE (Max Value = 2)	Major or Frequent Problems	-1
	Minor or Infrequent Problems	0		Minor or Infrequent Problems	0
	No Problems	2		No Problems	2
TDM / MULTI-MODAL (Max Value = 1)	No Support	0	TDM / MULTI-MODAL (Max Value = 1)	No Support	0
	Support Exists	1		Support Exists	1
CALCULATIONS	Segment Score ¹	21	CALCULATIONS	Segment Score ¹	21
	Segment Weight ²	1		Segment Weight ²	1
	Adjusted Segment Score ³	21		Adjusted Segment Score ³	21
	Corridor Score ⁴	21 = LOS A		Corridor Score ⁴	21 = LOS A

¹ Segment Score = sum of points in the six categories
² Segment Weight = segment length / corridor length
³ Adjusted Segment Score = Segment Score x Segment Weight
⁴ Corridor Score = sum of the Adjusted Segment Scores in the corridor

Tab. 3 Valori assunti dalle variabili presenti nell'indicatore

Per il calcolo dell'indicatore finale (Corridor Score) si prevedeva il computo di indici intermedi:

- Segment Score: somma di tutti i punteggi;
- Segment Weight: lunghezza del segmento/lunghezza dell'arco;
- Adjusted Segment Score: Segment score x Segment Weight
- Corridor Score: somma di Adjusted Score dei vari segmenti che fanno parte dell'arco.

L'indicatore finale poteva assumere valori da 1 a 21, cui corrispondevano diversi livelli di servizio.

INDICATORE	21 - 18	17 - 15	14 - 12	11 - 8	7 - 4	< 3
LOS	A	B	C	D	E	F

1.4 Bicycle Level of Service

Nel 1997 Landis e i suoi collaboratori svilupparono il *Bicycle Level of Service* (BLOS) calibrando il modello sulle reazioni del ciclista di fronte a condizioni reali sul campo.

Più di 150 ciclisti, appartenenti ad un campione molto vario per sesso, età, provenienza, esperienza, ecc, furono chiamati ad esprimere un giudizio numerico da 1 a 6 (molto sicuro – molto insicuro) sul grado di sicurezza percepito durante la percorrenza in bici di alcune strade.

Le variabili utilizzate furono il livello, la composizione e la velocità del flusso veicolare, la larghezza della corsia ma anche le condizioni della pavimentazione e la presenza di parcheggi lungo la carreggiata.

Il modello calibrato ebbe un discreto coefficiente di correlazione ($R^2=0.73$) e l'indicatore si presenta nella forma:

$$BLOS = a_1 \ln(Vol_{15} / L_n) + a_2 SP_i (1 + 10.38 HV)^2 + a_3 (1 / PR_s)^2 + a_4 W_e^2 + C$$

$$Vol_{15} : \text{volume di traffico nei 15 min, per direzione} = (ADT * D * K_d) / (4 * PHF)$$

ADT traffico medio giornaliero (veic/giorno)

D fattore direzionale

K_d fattore di punta giornaliero

PHF fattore dell'ora di punta

L_n : numero di corsie per direzione

$$SP_t : \text{limite effettivo di velocità} = 1.1199 \ln(SP_d - 20) + 0.8103$$

Sp_d : limite fissato di velocità

HV : percentuale di veicoli pesanti

PR_s : punteggio pavimentazione:

PUNTEGGIO	CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE	DESCRIZIONE
5	eccellente	nuovissima
4	buona	Nuova con primi segni di deterioramento
3	discreta	qualità inferiori alla precedente
2	scarsa	più del 50% deteriorata
1	molto scarsa	circa 75% rovinata

W_e : larghezza media effettiva della corsia esterna =

- $W_V - (10 ft * OSPA)$ con $W_I = 0$
- $W_V + W_L (1 ft - 2 * OSPA)$ con $W_I > 0$ e $W_{ps} = 0$
- $W_V + W_L - 2(10 ft * OSPA)$ con $W_I > 0$, $W_{ps} > 0$ e pista ciclabile

dove :

W_I : larghezza della pavimentazione tra linea della corsia esterna e ciglio stradale

OSPA : % del tratto occupato dai parcheggi in strada

W_{ps} : larghezza della pavimentazione segnalata per il parcheggio

W_V : larghezza effettiva in funzione del flusso di traffico =

- W_t se $ADT > 4000$ veic/giorno
- $W_t (2 - 0.00025 * ADT)$ se $ADT \leq 4000$ veic/giorno e la strada non è protetta e segnalata.

W_t : larghezza totale della corsia esterna pavimentata

$$a_1 = 0.507; \quad a_2 = 0.199; \quad a_3 = 7.066; \quad a_4 = -0.005; \quad C = 0.760$$

LOS	A	B	C	D	E	F
BLOS	≤ 1.50	1.51 – 2.50	2.51 – 3.50	3.51 – 4.50	4.51 – 5.50	> 5.50

1.5 Bicycle Compatibility Index

Nel frattempo la ricerca di Sorton e collaboratori proseguì, migliorando i risultati ottenuti dal primo studio nel 1994, fino ad ottenere nel 1998 il “ *Bicycle Compatibility Index*” (BCI).

Per determinare il valore del BCI, furono scelti 202 partecipanti suddivisi in:

- Ciclisti esperti che effettuano spostamenti sistematici;
- Ciclisti esperti che utilizzano la bici per scopo ricreativo;
- Ciclisti occasionali che utilizzano la bici per scopo ricreativo.

Ciò fu fatto poiché nello studio-pilota emerse la dipendenza tra livello di esperienza e valutazione delle variabili (in particolare i ciclisti più esperti tolleravano meglio, rispetto ai più inesperti, situazioni meno confortevoli come elevati volumi di traffico o larghezze ridotte di corsia).

I partecipanti, anche in questo caso, furono chiamati a visionare dei video che riprendevano determinate sezioni stradali in diverse condizioni.

Le sezioni filmate furono scelte in città differenti, appartenenti a stati diversi (Oregon, California, Florida, North Carolina e Wisconsin) e con caratteristiche diverse (tab. 4 e figg. 1, 2):

Tipo di infrastruttura	Pista ciclabile / banchina pavimentata (m)				Corsia laterale al marciapiede standard / più larga (m)			
	≤ 56 km/h		> 56 km/h		≤ 56 km/h		> 56 km/h	
85_imo %ile velocità	≤ 1.2	>1.2	≤ 1.2	>1.2	< 4.3	≥4.3	< 4.3	≥4.3
Larghezza corsia (m)	≤ 1.2	>1.2	≤ 1.2	>1.2	< 4.3	≥4.3	< 4.3	≥4.3
# strade a 2 corsie	5	6	4	5	4	3	3	3
# strade a più corsie	1	2	7	9	4	3	4	4

Tab. 4 Caratteristiche geometrico-funzionali delle sezioni monitorate



Fig. 1 Alcune tipologie di sezioni considerate



Fig. 2 Alcune tipologie di sezioni considerate

In primo luogo furono distinte le piste ciclabile/banchine pavimentate dalle corsie laterali al marciapiede con larghezza standard o maggiore poiché:

- le piste ciclabili e le banchine non erano facilmente distinguibili dal video, se non veniva inquadrata la segnaletica orizzontale o verticale,
- le interazioni tra automobilisti e ciclisti su entrambe le strutture (piste ciclabili e banchine) erano identiche.

Le sezioni furono filmate per 15 minuti, tra le 9.00 e le 16.00, e, per ogni sezione, i partecipanti visionarono video della durata di 40 secondi che meglio rappresentavano le condizioni geometrico-funzionali della infrastruttura (traffico dell'ora di punta, passaggio di veicoli pesanti o bus, parcheggio di veicoli, ecc).

I video vennero realizzati posizionando la videocamera sul marciapiede (fig. 3) il più possibile vicino alla carreggiata stradale, parallelamente all'asse stradale, con l'obiettivo ad un'altezza di 1.4/1.5m (circa l'altezza degli occhi di un ciclista) e si registrarono anche i rumori, in modo che il video riproducesse in maniera più fedele possibile la realtà. In questo modo vennero ripresi la strada, la pista ciclabile, i marciapiedi e le case circostanti. Durante le riprese furono effettuati anche dei rilievi di traffico e di velocità e si prese nota della larghezza della corsia e dello stato della pavimentazione.



Fig. 3 Posizionamento videocamera

Durante la visione dei video, i partecipanti espressero un giudizio numerico sul comfort/livello di rischio da 1 (ottimo) a 6 (scarso), in base a:

- Volume di traffico;
- Velocità del flusso veicolare;
- Larghezza della pista o spazio disponibile al transito ciclabile.

Infine assegnarono un giudizio globale che tenesse conto delle precedenti variabili, più altri fattori che influenzavano il livello di comfort (presenza/assenza di segnaletica, volume di traffico che svolta a destra, presenza di parcheggi, presenza di spartitraffico, ecc).

Questo procedimento di valutazione venne ripetuto in modo analogo portando i partecipanti sul posto dove erano stati effettuati i video (fig. 4).



Fig. 4 Indagine sul posto

Infine si fece una media dei risultati ottenuti durante l'indagine video e quella sul posto.

Attraverso delle regressioni lineari si giunse alla formula utilizzata per calcolare il valore del BCI:

$$BCI = 3.67 - 0.966 BL - 0.410 BLW - 0.498 CLW + 0.002 CLV + \\ + 0.0004 OLV + 0.022 SPD + 0.506 PKG - 0.264 AREA + AF$$

BL : presenza di piste ciclabili o banchina asfaltata > 0.9m no=0 sì=1

BLW: larghezza pista o banchina asfaltata (m, arrotondata al decimetro)

CLW: larghezza corsia vicina al marciapiede (m, arrotondata al decimetro)

CLV: volume di traffico nella corsia vicina al marciapiede (veic/h/direzione)

OLV: volume di traffico nelle altre corsie (veic/h nella stessa direzione)

SPD: 85° percentile di velocità (km/h)

PKG: presenza di spazio dedicato al parcheggio > 30% no=0 sì=1

AREA: residenziale=1 altro=0

AF = ft + fp + frt

ft: fattore correttivo per veicoli pesanti

fp: fattore correttivo per la durata del parcheggio

frt: fattore correttivo per la svolta a destra

hourly curb lane large truck volume	ft	parking time limit (min)	fp	hourly right turn volume	frt
>= 120	0,5	< 15	0,6	>= 270	0,1
60 - 119	0,4	16 - 30	0,5	< 270	0
30 - 59	0,3	31 - 60	0,4		
20 - 29	0,2	61 - 120	0,3		
10 - 19	0,1	121 - 240	0,2		
<10	0	241 - 480	0,1		
		> 480	0		

Infine comparando i valori del BCI con i valori del LOS, si ottenne:

BCI	<= 1,50	1,51 - 2,30	2,31 - 3,40	3,41 - 4,40	4,41 - 5,30	>5,30
LOS	A	B	C	D	E	F

Il BCI così ottenuto si riferisce a sezioni stradali lontane dalle intersezioni.

Il secondo obiettivo della ricerca fu quindi di ampliare lo studio alle intersezioni e non di sviluppare un indice specifico ma piuttosto di testare se il metodo utilizzato per le sezioni fosse estendibile anche alle intersezioni. Perciò nello studio pilota si prese in considerazione solo la manovra di attraversamento dell'intersezione da parte dei ciclisti (fig. 5).

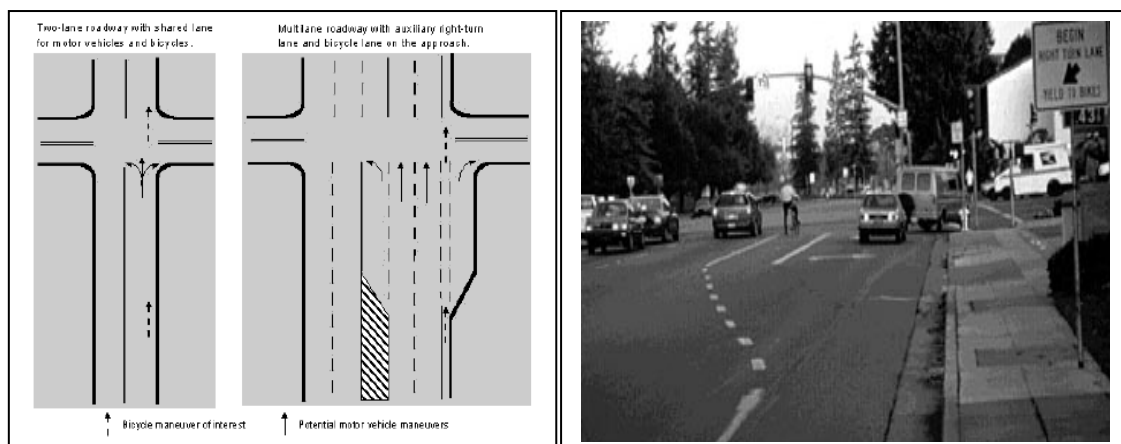


Fig. 5 Alcune tipologie di intersezioni considerate

Anche in questo caso vennero considerate diverse tipologie di intersezioni, in varie situazioni di traffico, separando le infrastrutture aventi piste ciclabili dedicate da quelle con sola banchina pavimentata.

Le tecniche di ripresa utilizzate furono le medesime dello studio pilota, posizionando la telecamera a monte dell'intersezione per permettere ai candidati di poter osservare la velocità di avvicinamento all'intersezione e il comportamento degli utenti in corrispondenza della corsia di svolta a destra dedicata. L'unica differenza era rappresentata dal volume di traffico: nel caso delle sezioni stradali il volume di traffico era quello che interessava la corsia più vicina al marciapiede, mentre nel caso delle intersezioni si faceva riferimento al volume di traffico che svoltava a destra.

A metà dei partecipanti allo studio fu chiesto di esprimere un giudizio globale sul grado di comfort percepito nell'attraversamento dell'intersezione; l'altra metà invece dovette fornire, oltre al giudizio globale sul comfort, anche una valutazione di quest'ultimo in base ad alcune variabili: volume di traffico che svolta a destra, velocità di avvicinamento all'intersezione, spazio disponibile per l'attraversamento dell'intersezione e chiarezza della segnaletica. In questo modo si poté valutare il comfort in maniera complessiva e in funzione delle diverse variabili, stimando il peso di ciascuna di esse.

Il nuovo indicatore valido per le intersezioni fu chiamato *BCI Intersection*:

$$BCI_{(INT)} = 2.22 - 0.76 BL + 0.49 SHIFT + 0.003 RVOL + 0.001 TVOL$$

BL: bicycle lane (1 se presente; 0 altrimenti)

SHIFT: presenza di ciclisti che devono spostarsi a sinistra per attraversare l'intersezione (vedi fig.5. Vale 1 se i ciclisti devono spostarsi a sinistra; 0 altrimenti)

RVOL: volume orario di traffico che svolta a destra

TVOL: volume orario totale in arrivo all'intersezione

La variabile di maggior impatto è la presenza di una pista ciclabile che riduce il valore dell'indicatore di 0.76 punti. Un altro fattore rilevante sulla percezione del comfort per i ciclisti che devono attraversare una intersezione è

lo spostamento verso sinistra, che fa aumentare il punteggio dell'indicatore di 0.49 punti e maggiore è il valore dell'indicato, peggiore è il LOS.

La regressione fornì un valore di $R^2 = 0.81$, indicando che le variabili considerate nel modello erano consone a spiegare la realtà.

Confrontando il BLOS con il BCI possiamo affermare che sono simili per le variabili che entrano in gioco, soprattutto per l'importanza che viene assegnata alla larghezza della corsia.

Il valore del BLOS dipende in maniera logaritmica dal volume di traffico: i cambiamenti a livelli di traffico medi e bassi aumentano l'impatto che hanno sull'indice.

La presenza della pista ciclabile o della banchina pavimentata inoltre influenzano maggiormente il BLOS del BCI.

Nel BLOS infine si tiene conto delle condizioni della pavimentazione e della presenza di traffico veicolare pesante mentre non si fa alcun riferimento al numero di manovre di parcheggio e al volume di traffico che svolta a destra.

2. Altri sviluppi del Livello di Servizio Ciclabile

Il Bicycle Level of Service e il Bicycle Compatibility Index rappresentano un punto di partenza per la ricerca di nuovi metodi di valutazione delle infrastrutture e di promozione della mobilità ciclistica: infatti attualmente i modelli esistenti valutano le infrastrutture ciclabili in base alla loro idoneità, comfort e sicurezza.

2.1 IDOT Bicycle Map Criteria

Questo metodo fu creato dal Dipartimento di Trasporti dell'Illinois prima che fossero sviluppati altri algoritmi. Venne utilizzato per la prima volta nel 1994 per costruire una mappa che rendesse visibile l'idoneità delle infrastrutture viarie alla mobilità ciclistica.

Le variabili considerate vennero decise insieme a gruppi di ciclisti esperti e discretizzate in 3 macrogruppi:

superficie stradale	alta qualità 0,054	bassa qualità 0,019	scivolosa/rovinata 0,006
larghezza corsia	≥ 12 ft 0,189	10 ft - 11,9 ft 0,052	< 10 ft 0,019
larghezza banchina pavimentata	≥ 4 ft 0,132	1 ft - 3 ft 0,033	assente 0,012
ADT/corsia	< 750 0,374	750 - 2000 0,082	> 2000 0,028

La somma dei valori delle variabili considerate può valere al massimo 1.

Una volta quantificato il valore dell'indicatore dell'infrastruttura, si procedette alla realizzazione delle mappe, colorando i rami di colori diversi in base alla sottostante classificazione:

Valore IDOT	≤ 0.150	0.150 – 0.420	> 0.420
valutazione	Scarso / rosso	Discreto / giallo	Buono / verde

Per ADT/corsia < 2000 veicoli o 200 trucks

Valore IDOT	≤ 0.300	> 0.300
valutazione	Scarso / rosso	Discreto / giallo

Per ADT/corsia > 2000 veicoli o 200 trucks

Il colore verde indica che le strade sono adatte alla circolazione di tutti i tipo di ciclisti, esperti e non.

Il colore giallo indica che su queste strade bisogna fare attenzione ma possono essere adatte per coloro che sono ciclisti esperti e sono abituati ad andare in bici in condizioni di traffico abbastanza elevate.

Infine il colore rosso indica che queste strade dovrebbero essere evitate dai ciclisti.

Creando una mappa nella quale ogni strada è contrassegnata da un colore, è possibile visualizzare il loro livello di adeguatezza ad essere percorse dai ciclisti.

2.2 CBF Bicycle Map Criteria

Questo metodo fu sviluppato nel 2000 a Chicago mediante l'aiuto dei membri delle federazioni ciclistiche, i quali raccolsero i dati utili alla classificazione delle infrastrutture.

Le variabili considerate furono il volume di traffico, la velocità e la larghezza della corsia più esterna (più la larghezza della pista ciclabile o della banchina pavimentata).

A differenza del metodo precedente, le variabili sono raggruppate in 4 categorie.

Il valore complessivo dell'indicatore dipende fortemente dalla velocità del traffico veicolare e dalla larghezza della corsia.

Le strade contrassegnate con il colore verde sono caldamente consigliate; quelle gialle sono mediamente consigliate infine quelle rosse sono raccomandate con cautela (tab. 5).

ADT/CORSIA VELOCITA'	Molto basso < 500	Basso 500 - 1250	Medio 1250 - 5000	Alto > 5000
bassa < 35 mph	Tutte le larghezze VERDE	Tutte le larghezze VERDE	≥12ft VERDE <12ft GIALLO	≥12ft GIALLO <12ft ROSSO
Media 35 – 40 mph	Tutte le larghezze VERDE	≥12ft VERDE <12ft GIALLO	≥12ft GIALLO <12ft ROSSO	≥12ft ROSSO <12ft non racc.
Alta 45 – 50 mph	≥12ft VERDE <12ft GIALLO	≥14ft VERDE 12 – 13ft GIALLO <12 ROSSO	≥14ft GIALLO 13ft ROSSO <13 non racc.	≥14ft ROSSO < 14ft non raccomandato
Molto alta ≥ 51 mph	≥12ft VERDE <12ft GIALLO	≥14ft VERDE 12 – 13ft GIALLO <12ft ROSSO	≥14ft ROSSO < 14ft non raccomandato	Non raccomandato, senza banchina asfaltata

Tab. 5 Valore dell'indicatore CBF Bicycle Map Criteria

2.3 Bicycle Environmental Quality Index (BEQI)

Nel Giugno 2007 il Dipartimento della Salute Pubblica di San Francisco (SFDPH) sviluppò il *Bicycle Environmental Quality Index* per valutare le condizioni dei ciclisti sulle strade e definire gli interventi a favore della mobilità ciclabile.

Come si può notare (vedi tab. 6) questo indicatore include una serie di parametri già presi in considerazione da indici esistenti e altri di nuova concezione ma ritenuti influenti, per un totale di 22 elementi.

Questi furono raggruppati in 5 categorie che meglio rappresentavano i principali fattori fisico-ambientali: caratteristiche costruttive dell'intersezione e dell'infrastruttura viaria, traffico veicolare, sicurezza e uso del territorio circostante (tab. 7).

	Index	BSIR	RCI	IHS	BLOS	BCI	Bike ISI	Stress Level	Dade BFP
SFDPH BEQI Indicators									
Bicycle Lane Markings									
Bicycle Lane Slope									
Bicycle Parking									
Bicycle/Pedestrian Scale Lighting									
Connectivity of Bicycle Lanes									
Dashed Intersection Bicycle Lane									
Driveway Cuts		X		X	X	X			
Left Turn Bicycle Lane							X		
Line of Sight		X	X						
No Turn on Red Sign(s)									
Number of Vehicle Lanes		X		X	X		X		
Parallel Parking Adjacent to Bike Lane/Route		X	X	X	X	X	X		
Pavement Type/Condition		X	X	X	X				X
Percentage of Heavy Vehicles			X	X	X	X			X
Presence of a Marked Area for Bicycle Traffic			X			X	X		
Presence of Bicycle Lane Sign									
Presence of Trees									
Retail Use				X					
Traffic Calming Features									
Traffic Volume: Average Number of Vehicles Per Day		X	X	X	X	X	X	X	X
Vehicle Speed		X	X	X	X	X	X	X	X
Width of Bike Lane		X	X	X	X	X		X	X
Not in SFDPH BEQI									
Angled Parking		X	X						
Intersection Crossing Distance					X				
Paved Shoulder		X	X			X		X	
Presence of Buses						X			
Right Turn Lane		X					X		
Traffic Signal							X		
Vehicle Lane Width			X		X				
Width of Outside Lane		X		X	X	X		X	

Tab. 6 Confronto tra variabili presenti in BEQI e altri indicatori

INTERSECTION	STREET SEGMENT			
Intersection Safety	Vehicle Traffic	Street Design	Safety	Land Use
Left Turn Bicycle Lane	Number of Vehicle Lanes	Presence of a Marked Area for Bicycle Traffic	Bicycle/Pedestrian Scale Lighting	Line of Sight
Dashed Intersection Bicycle Lane	Vehicle Speed	Width of Bike Lane	Presence of Bicycle Lane Signs	Bicycle Parking
No Turn on Red Sign(s)	Traffic Calming Features	Bicycle Lane Markings		Retail Use
	Parallel Parking Adjacent to Bicycle Lane/Route	Trees		
	Traffic Volume	Connectivity of Bicycle Lanes		
	Percentage of Heavy Vehicle	Pavement Type/Condition		
		Driveway Cuts		
		Street Slope		

Tab. 7 Categorie di variabili presenti in BEQI

La raccolta dei dati fu effettuata mediante la compilazione di un questionario basato sulla valutazione visiva di sezioni e intersezioni stradali, da parte dei membri delle associazioni ciclistiche, precedentemente istruiti dal personale. Alcuni dati furono ricavati da altre fonti (es. dati traffico) o con l'utilizzo di software (es. larghezze corsie, ecc.).

Per ogni indicatore, si chiese agli intervistati di:

- Indicare la rilevanza globale della categoria nella determinazione della qualità: le risposte variavano da non importante ad essenziale, con un punteggio assegnato da 1 a 5. Il punteggio fu poi rivalutato secondo una scala da 1 a 3 e pesato sul valore medio del punteggio ottenuto dall'indagine.
- Indicare l'importanza relativa ad una variabile appartenente ad una certa categoria, nella determinazione della qualità: ad ognuna fu assegnato un punteggio compreso tra 1 e 11 (da estremamente pericoloso ad ideale per il ciclista), pesato sul valor medio del punteggio ottenuto dall'indagine.

Dall'aggregazione dei vari punteggi relativi alle diverse variabili, si ottenne il valore dell'indicatore corrispondente a :

BEQI	valutazione
100 - 81	eccellente qualità, sono presenti molte condizioni importanti per il ciclista
80 - 61	alta qualità, sono presenti alcune condizioni importanti per il ciclista
60 - 41	media qualità, sono presenti alcune condizioni ma c'è margine di miglioramento
40 - 21	bassa qualità, sono presenti le condizioni minime per la circolazione in bici
< 20	insufficiente qualità, non sono presenti le condizioni minime per la circolazione in bici

Questo indicatore ha comunque delle limitazioni, non considerando tutti quegli aspetti che possono influenzare le scelte di percorso del ciclista, come ad esempio la presenza di impianti semaforici.

Utilizzando i risultati ottenuti da questo indicatore è possibile ottenere delle mappe nelle quali ogni arco assume una colorazione diversa, in base al proprio punteggio di BEQI, che si possono rivelare utili in fase di pianificazione di nuove infrastrutture ciclabili e adatte a consigliare itinerari sicuri e confortevoli ai ciclisti (fig. 6).



Fig. 6 Esempio di mappa della rete stradale indicante il valore di BEQI

2.4 Livello di Servizio dei Sidepath

I *sidepath* sono infrastrutture ciclabili separate dalla strada e parallele ad essa, ricavate in genere sui marciapiedi.

Poiché negli Stati Uniti si verificò che il tasso di incidentalità sui sidepath fosse più alto che sulle piste lungo la carreggiata, l'associazione AASHTO (American

Association of State Highway and Transportation Officials), nella propria “Guida allo sviluppo delle infrastrutture ciclabili”, raccomandò di ricorrere il meno possibile all'utilizzo di questa attrezzatura ciclabile.

In assenza di fattori misurabili del rischio sui sidepath, l'AASHTO tentò di quantificarli nel piano dei trasporti non motorizzati del North Aurora (Illinois) del 2001.

Si cercò di misurare il valore della idoneità del sidepath come attrezzature ciclabili mediante la stima di alcune variabili significative:

- Valutazione del traffico nell'intersezione (ITS)

$$ITS = \frac{Spd * Vol * (R + 2A + 4B)}{M}$$

Spd: fattore di limite di velocità = 1 se $v \leq 30$ mph

= 2 se $35 \leq v \leq 40$ mph

= 3 se $v \geq 45$ mph

Vol: Fattore del ADT

= 1 se $ADT \leq 2000$ veh/day

= 2 se $2000 < ADT < 10000$ veh/day

= 3 se $ADT \geq 10000$ veh/day

R: numero delle intersezioni con strade private lungo il segmento

A: numero di intersezioni e strade commerciali secondarie ($ADT < 1000$)

B: numero di intersezioni e strade commerciali principali ($ADT \geq 1000$)

M: lunghezza del segmento in miglia

Dalla seguente tabella si ricavano i punteggi relativi ai diversi valori di ITS:

ITS	0	1 - 40	41 - 80	81 - 120	121 - 160	161 - 200	201 - 240	> 240
punti	0	1	2	3	4	5	6	7

- Continuità: valuta la presenza di gap o discontinuità che portano il ciclista a non utilizzare il sidepath. Aggiungere 4 punti se sono presenti gravi discontinuità;

- Rampe sui marciapiedi: la loro assenza compromette i movimenti dei ciclisti e la loro attenzione alle intersezioni. Aggiungere 3 punti se le intersezioni ne sono prive;
- Uso pedonale: una larghezza insufficiente aumenta i conflitti tra ciclisti e pedone, d'altra parte una larghezza eccessiva spinge i ciclisti a muoversi con velocità alte con conseguenze negative per la sicurezza degli utenti. Aggiungere il punteggio indicato nella tabella che tiene in considerazione la frequenza dei conflitti (rari, a volte, spesso) e la larghezza del sidepath, espressa in piedi:

Basso (raramente)	Medio (a volte)	Alto (spesso)
0 – 5 ft = 1 punto	0 – 5 ft = 2 punti	0 – 5 ft = 4 punti
> 5 ft = 0 punti	6 – 7 ft = 1 punto	6 – 7 ft = 2 punti
	> 7 ft = 0 punti	> 7 ft = 1 punto

- Attraversamenti pedonali: la presenza di idonei attraversamenti possono far aumentare il livello di attenzione degli automobilisti verso gli utenti deboli. Aggiungere 2 punti se non ci sono attraversamenti ma sarebbero necessari; 1 punto se ci sono attraversamenti ma si dovrebbe garantire maggiore visibilità agli utenti deboli; 0 punti se gli attraversamenti sono idonei. Considerare la media sull'intero segmento.
- Separazione dell'intersezione tra sidepath e strada: le normative AASHTO suggeriscono che il sidepath, in prossimità delle intersezioni, si sviluppino parallelamente e molto vicino alle sezioni stradali, in modo che il ciclista sia facilmente visibile in anticipo. Inoltre la linea di arresto del traffico veicolare dovrebbe essere posta prima dell'attraversamento del sidepath, in modo che i ciclisti non debbano insinuarsi tra i veicoli fermi. Se ciò non avviene aggiungere 5 punti; 3 punti se l'attraversamento non è abbastanza vicino e parallelo alla carreggiata; 1 punto se invece lo è. Anche in questo caso fare la media sull'intero segmento.

Sommando tutti i contributi si ottiene un punteggio cui equivale la idoneità del sidepath:

Punti	0 - 7	8 - 9	10 - 11	≥ 12
Idoneità sidepath	Molto idoneo	Abbastanza idoneo	Poco idoneo	Non idoneo

Il modello non fu calibrato perciò fu semplicemente utilizzato per la stima delle variabili chiave nello studio del rischio per i ciclisti.

Nel 2005 lo Sprinkle Consulting Inc. della Florida presentò un metodo per valutare passo dopo passo la fattibilità dell'infrastruttura. Il sistema sviluppato metteva in relazione la necessità di costruzione di un side sidepath con le condizioni operative e di progettazione e con la sicurezza. In primo luogo si valutava se il sidepath fosse in grado di ospitare in modo adeguato gli utenti, poi si verificava il suo tasso di incidentalità e lo si confrontava con quello relativo ad un'altra alternativa; successivamente si prendevano in considerazione le forme di precedenza più adatte, gli accessi alle destinazioni, la lunghezza della pista e i punti di inizio e di fine.

Giunti a questo punto si calcolava il vero e proprio livello di servizio come:

$$SidepathLOS = BLOS \text{ mod} + C + E + D$$

BLOS mod è la formula FDOT dove sono modificati i valori di:

- L_n : numero totale di corsie della carreggiata stradale (e non per direzione)
- W_e : larghezza media effettiva della corsia esterna =
 - $W_t - (10 \text{ ft} * OSPA) + 1.277 \ln(f_b w_b + f_{sp} w_{sp})$ con $W_l = 0$
 - $W_t + W_L (1 \text{ ft} - 2 * OSPA) + 1.277 \ln(f_b w_b + f_{sp} w_{sp})$ con $W_l > 0$
 - $W_t + W_L - 2(10 \text{ ft} * OSPA) + 1.277 \ln(f_b w_b + f_{sp} w_{sp})$ con $W_l > 0, W_{ps} > 0$ e pista ciclabile

dove :

W_l : larghezza della pavimentazione tra linea della corsia esterna e ciglio stradale

OSPA : % del tratto occupato dai parcheggi in strada

w_{ps} : larghezza del sidepath

W_t : larghezza totale della corsia esterna e della banchina asfaltata

w_b : larghezza della zona di divisione tra corsia esterna e sidepath

f_b : coefficiente per la zona cuscinetto

f_{sp} : fattore di correzione presenza del sidepath

LOS	A	B	C	D	E	F
BLOS	≤ 1.50	1.51 – 2.50	2.51 – 3.50	3.51 – 4.50	4.51 – 5.50	> 5.50

C termine di congestione

$$F = 0.5F_m + F_p$$

F: numero degli eventi totali (passaggi/ora)

F_m : numero dei passaggi nel verso opposto

$$F_m = 5v_{po} + 2v_{bo}$$

v_{po} : tasso di flusso dei pedoni nella direzione opposta

v_{bo} : tasso di flusso di bici nella direzione opposta

F_p : numero dei passaggi nella direzione in oggetto

$$F_p = 3v_{ps} + 0.188v_{bs}$$

v_{ps} : tasso di flusso dei pedoni nella direzione in oggetto

v_{bs} : tasso di flusso di bici nella direzione in oggetto

Dal numero di eventi è possibile ricavare il livello di servizio del sidepath:

LOS	Frequenza eventi (ev/h) Pista a 2 corsie e 2 sensi di marcia	Frequenza eventi (ev/h) Pista a 3 corsie e 2 sensi di marcia
	A	≤ 40
B	41-60	91-140
C	61-100	141-210
D	101-150	211-300
E	151-195	301-375
F	> 195	> 375

Incrociando il valore del BLOS con il LOS dovuto al numero di passaggi, si ottiene un valore numerico di C:

		Shared Off-Street Path LOS					
		A	B	C	D	E	F
Safety / Comfort Sidepath LOS	A	-	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
	B	-	-	0.75	1.25	1.75	2.25
	C	-	-	-	1.0	1.5	2.0
	D	-	-	-	-	1.25	1.75
	E	-	-	-	-	-	1.5
	F	-	-	-	-	-	-

E fattore di esposizione ai conflitti con il traffico motorizzato.

$$E = \left(1 - \frac{1}{e^n}\right) (0.1d_{ch} + 0.01d_{cl} + 0.001d_r)$$

d_r : strade residenziali/miglio (<20ADT)

d_{cl} : strade commerciali a bassi volumi di traffico/miglio (<1000 ADT)

d_{ch} : strade commerciali ad elevato traffico/miglio (> 1000ADT)

$n = V_{sp}/600$

V_{sp} : volume di utenti del sidepath

D fattore per ritardo addizionale (rappresenta il ritardo effettivo subito dal ciclista):

$$D = \frac{L_{sp}}{L_{pr}} + \frac{142N_s}{L_{pr}} - 1$$

L_{sp} : lunghezza del sidepath (ft)

L_{pr} : lunghezza della strada (ft)

N_s : numero di fermate addizionali

È necessario sottolineare però che anche questo metodo di misurazione del livello di servizio non è stato validato sul campo ma è stato solo proposto come metodo di valutazione sulla idoneità delle strutture attuali, per studiare la fattibilità di percorsi nuovi, in relazione ad alternative diverse, e per apportare miglioramenti in materia di sicurezza sulle attrezzature esistenti e previste.

2.5 Bicycle Intersection Safety Index (BISI)

Nel 2007 gli operatori della Federal Highway Administration misero a punto un nuovo indice in grado di definire il grado di pericolosità delle varie manovre effettuate dai ciclisti nelle intersezioni: il Bicycle Intersection Safety Index (BISI).

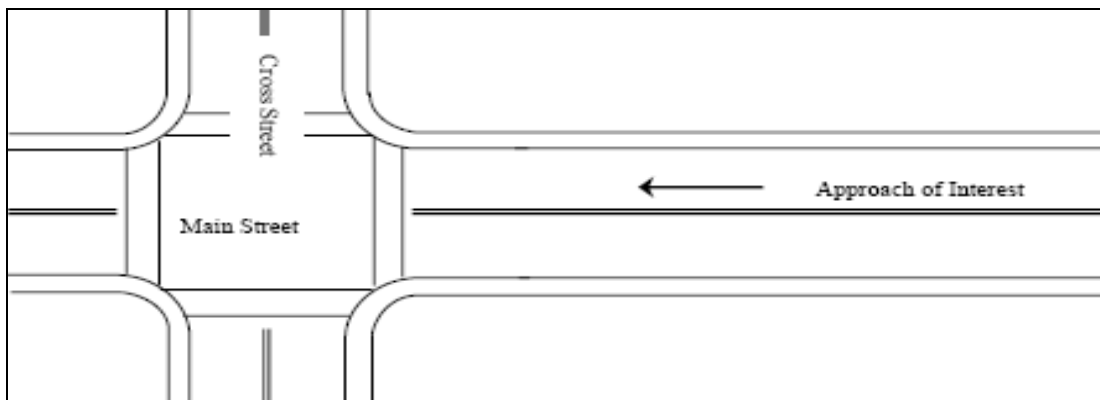
Partendo dalla visione di video che ritraevano il comportamento dei ciclisti in varie situazioni e in differenti tipologie di intersezioni, i ricercatori furono in grado di calibrare il peso delle variabili prese in considerazione per il calcolo dell'indicatore.

L'indicatore BISI è costituito da 3 equazioni, ognuna delle quali determina il valore dell'indice di sicurezza per ogni singola manovra, riferita ad un determinato braccio dell'intersezione:

$$\mathbf{Bike_ISI_attr} = 1.13 + 0.019MAINADT + 0.81MAINHISPD + 0.650TURNVEH + 0.470(RTLANES * BL) + 0.023(CROSSADT * NOBL) + 0.428(SIGNAL * NOBL) + 0.200PARKING$$

$$\mathbf{Bike_ISI_dx} = 1.02 + 0.027MAINADT + 0.519RTCROSS + 0.151CROSSLNS + 0.200PARKING$$

$$\mathbf{Bike_ISI_sx} = 1.10 + 0.025MAINADT + 0.836BL + 0.485SIGNAL + 0.200PARKING + 0.736(MAINHISPD * BL) + 0.380(LTCROSS * NOBL)$$



Considerando di volta in volta ogni singolo braccio dell'intersezione (*approach of interest*) e i rami che lo intersecano (*cross street*), possiamo andare ad inserire i valori delle variabili che compaiono nell'equazione del BISI:

BL: presenza di pista ciclabile

= 0 se non è presente o se c'è banchina asfaltata;

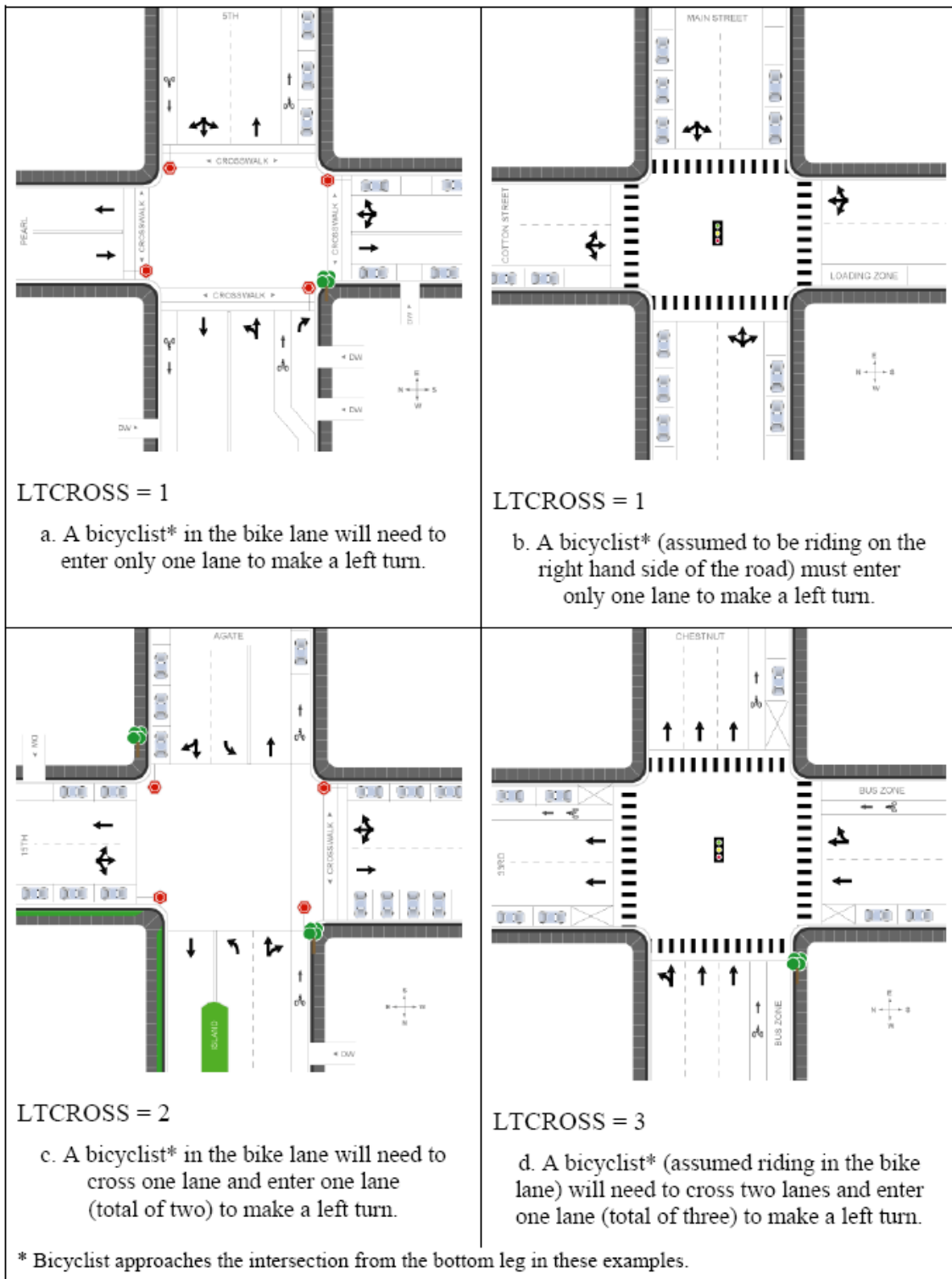
= 1 se è presente.

CROSSADT: volume di traffico nel ramo che interseca il braccio considerato, espresso in migliaia;

MAINADT: volume di traffico sul braccio considerato, espresso in migliaia;

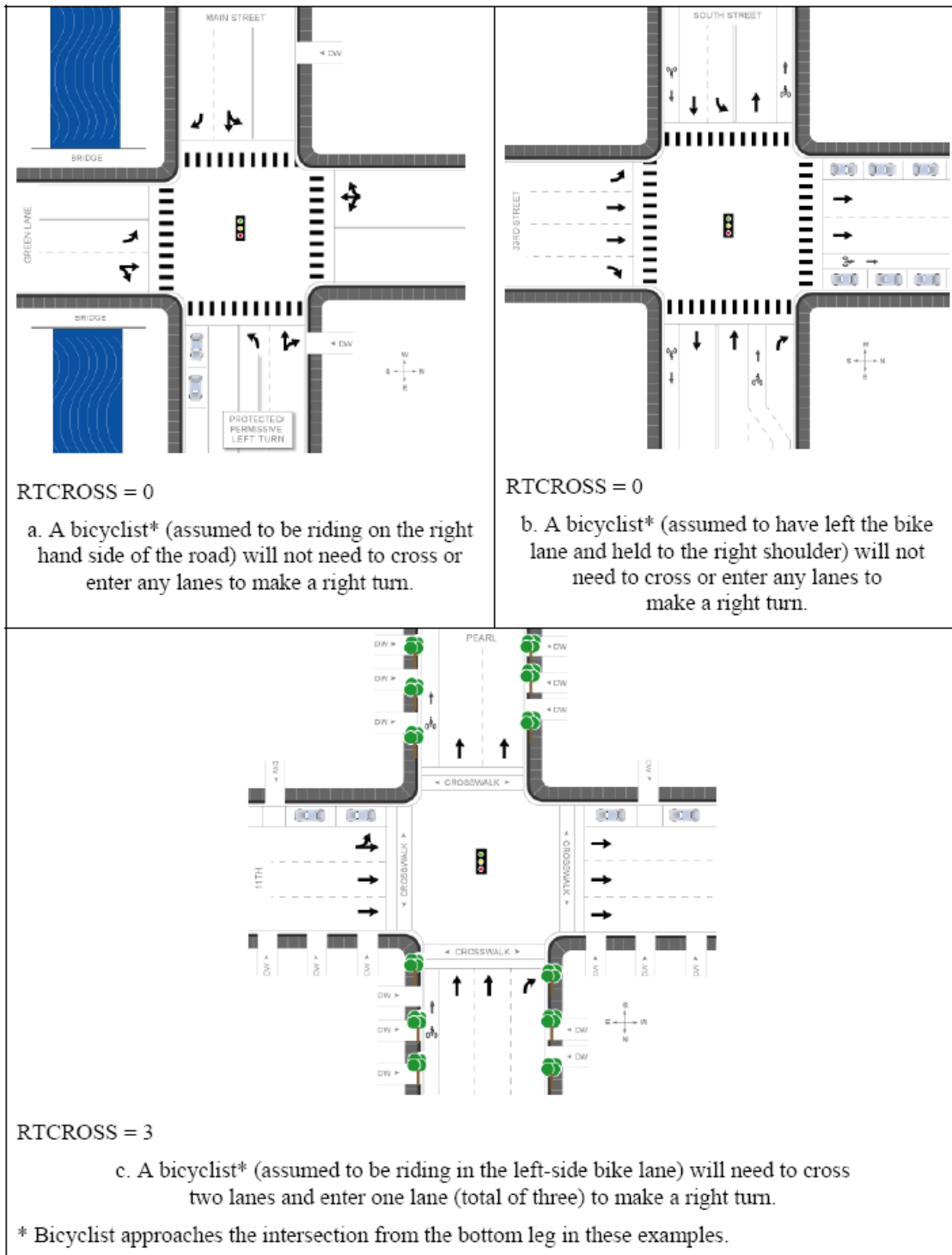
CROSSLNS: numero delle corsie che intersecano il braccio considerato;

LTCROSS: numero di corsie che il ciclista deve attraversare per svoltare a sinistra;



RTLANES: numero delle corsie dedicate alla svolta a destra sul braccio considerato;

RTXCROSS: numero di corsie che il ciclista deve attraversare per svoltare a destra;



MAINHISPD: limite di velocità sul braccio considerato ≥ 56.3 km/h:

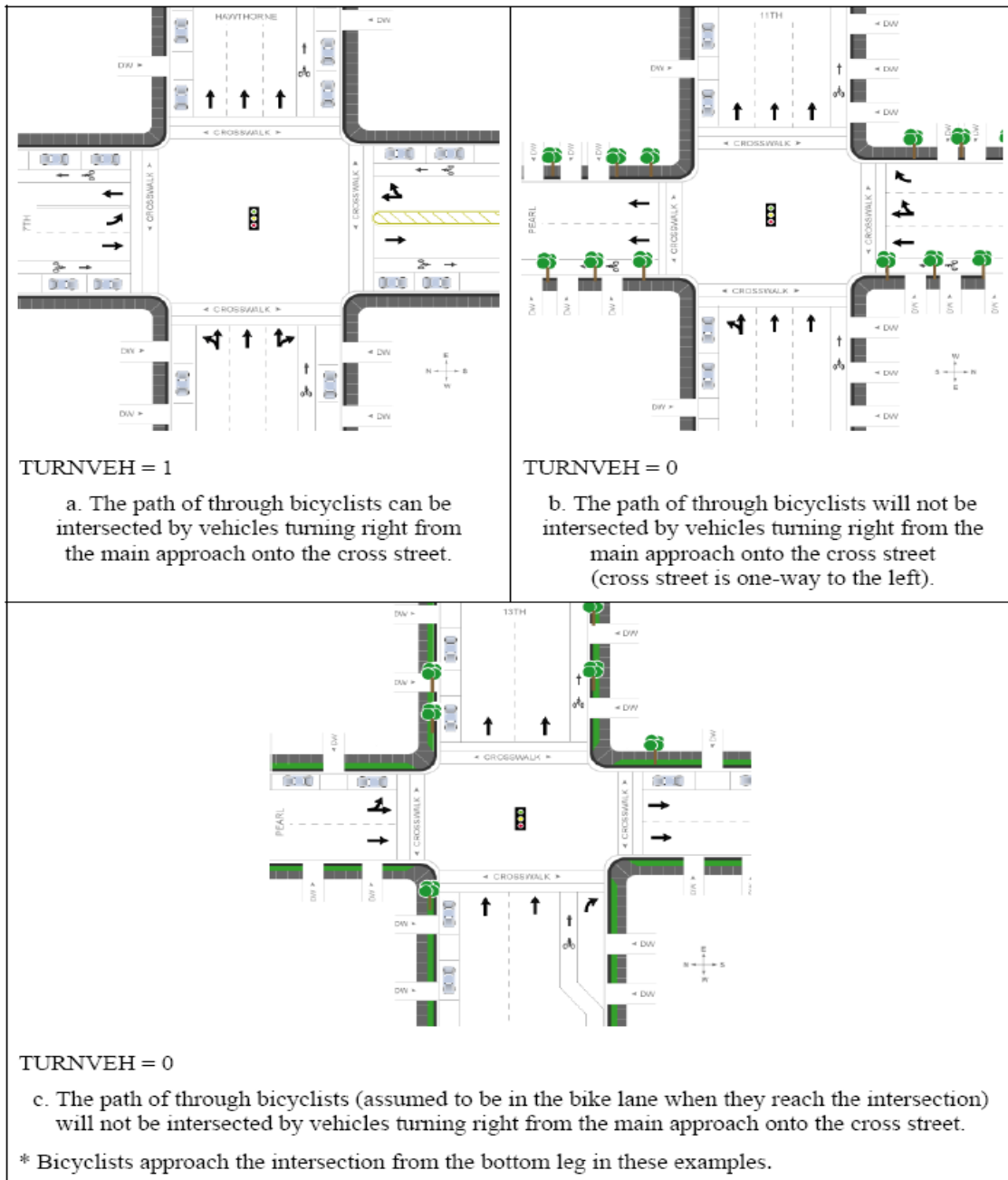
= 0 se no;

= 1 se sì.

TURNVEH: presenza di veicoli che per svoltare intersecano la pista ciclabile dedicata alla manovra di l'attraversamento dei ciclisti (Fig.3):

= 0 se no;

= 1 se sì.



NOBL: assenza di pista ciclabile:

= 0 se è presente la pista ciclabile;

= 1 se non è presente la pista o c'è banchina pavimentata.

PARKING: presenza di parcheggi sulla carreggiata nel braccio considerato:

= 0 se no;

= 1 se sì.

SIGNAL: presenza di intersezione semaforizzata:

= 0 se no;

= 1 se sì.

È possibile calcolare il valore del BISI mediante le formule, per ottenere un valore preciso dell'indicatore, oppure si possono utilizzare delle tabelle riferite alle diverse tipologie di intersezioni (semaforizzate o meno) e alle manovre considerate (vedi appendice C).

Il Bicycle Intersection Safety Index può assumere valori compresi tra 1 e 6, dove 1 significa che la manovra considerata, in quella intersezione e in quel determinato braccio di essa, è la più sicura e 6 significa che è la più pericolosa da svolgere e c'è urgente bisogno di prendere provvedimenti per renderla più sicura.

I risultati ottenuti per le differenti manovre nei diversi bracci dell'intersezioni possono essere combinati tra loro per dare una valutazione complessiva dell'intersezione, facendo la media di ogni braccio e poi tra tutti i bracci. Tuttavia questa operazione richiede cautela nel caso i valori siano molto differenti tra loro poiché in questo modo non viene dato risalto alle criticità esistenti nell'intersezioni, anzi esse tendono a scomparire nel momento in cui sono presenti anche bassi valori di BISI negli altri archi.

3. Il Livello di Servizio de “Highway Capacity Manual” 2010

Ne “Highway Capacity Manual” 2010 il tema del livello di servizio, relativo alle infrastrutture viarie, viene ampliato, rispetto alla versione precedente del 2000, prendendo in considerazione anche la mobilità pedonale e ciclabile in maniera più approfondita.

Le infrastrutture ciclabili americane vengono suddivise in:

- Infrastrutture ciclabili a flusso ininterrotto (cioè piste ciclabili esclusive o promiscue, fisicamente separate dalla carreggiata stradale o prive di punti fissi di interruzione, ad eccezione dei punti terminali).
- Infrastrutture ciclabili a flussi interrotto (cioè piste ciclabili che attraversano qualunque tipo di intersezione).

3.1 Infrastrutture a flusso ininterrotto

Il concetto di Livello di Servizio per le infrastrutture ciclabili a flusso ininterrotto è correlato per la prima volta alle caratteristiche geometrico-funzionali della pista stessa e della carreggiata stradale adiacente.

Si utilizzano le variabili presenti nella formula del BLOS (vedi par 1.4 di questo capitolo) ed è quindi necessario conoscere la larghezza della carreggiata e della banchina, il volume orario di traffico motorizzato per corsia, il numero delle corsie, la percentuale di veicoli pesanti, il limite di velocità e le condizioni della pavimentazione. In questo modo è possibile calcolare il BLOS come :

$$BLOS = a_1 \ln(Vol_{15} / L_n) + a_2 SP_t (1 + 10.38 HV)^2 + a_3 (1 / PR_s)^2 + a_4 W_e^2 + C$$

Cui corrisponde un valore del LOS pari a :

LOS	A	B	C	D	E	F
BLOS	<= 1.50	1.51 – 2.50	2.51 – 3.50	3.51 – 4.50	4.51 – 5.50	> 5.50

L'utilizzo di queste nuove variabili (volume di traffico, larghezza pista, velocità del flusso veicolare e sua composizione, ecc) e delle tecniche di regressione lineare per ottenere i relativi pesi rappresentano un aspetto innovativo poiché nella versione precedente del manuale (HCM 2000) il concetto di Livello di Servizio era strettamente collegato al concetto di intralcio tra gli utenti che utilizzano la pista, misurato come la percentuale degli utenti

che, su un tratto di pista di 1 km, subiscono intralcio dalle manovre eseguite dagli altri ciclisti che si muovono nella stessa direzione e nella direzione opposta (tab. 8).

LOS	INTRALCIO (%)
A	≤ 10
B	11 – 20
C	21 – 40
D	41 – 70
E	71 – 100
F	100

Tab. 8 LOS piste ciclabili a flusso ininterrotto (HCM 2000)

Tuttavia la variabile “intralcio” era difficile da quantificare in quanto la percentuale di volte in cui un ciclista è coinvolto in un evento dipende dalle ipotesi sulla durata dell’evento stesso.

Inoltre il LOS E presentava un limite superiore della variabile intralcio pari al 100%, uguale a quello del LOS F che risulta quindi difficile da definire. Al raggiungimento del valore massimo 100, ciò che differenziava i due casi era il numero degli eventi in cui il ciclista è coinvolto (maggiore nel caso del LOS F).

Per questo motivo si preferì utilizzare come criterio per la valutazione del Livello di Servizio delle infrastrutture ciclabili a flusso ininterrotto la frequenza degli eventi cioè numero totale di eventi per unità di tempo (tab. 9).

LOS	FREQUENZA EVENTI (eventi/h)	
	Pista a doppio senso, a 2 corsie	Pista a doppio senso, a 3 corsie
A	≤ 40	≤ 90
B	41 – 60	91 – 140
C	61 – 100	141 – 210
D	101 – 150	211 – 300
E	151 – 195	301 – 375
F	> 195	> 375

Tab. 9 LOS piste ciclabili a flusso ininterrotto (HCM 2000)

Nel caso di piste ciclabili fuori dalla carreggiata stradale tale valore era dato dalla somma del numero di sorpassi effettuati (nei confronti degli utenti che si muovono nella stessa direzione di marcia considerata) e del numero di utenti

che, muovendosi nella direzione opposta, si incontrano. Mentre nelle piste all'interno della carreggiata, tale valore risentiva dell'influenza che le caratteristiche geometriche dell'infrastruttura e le condizioni del traffico esercitavano sulla velocità dei ciclisti, provocando variazioni anche consistenti della deviazione standard.

3.2 Infrastrutture a flusso interrotto

Il grado di dettaglio nello studio del Livello di Servizio delle piste ciclabili a flusso interrotto è maggiore nell'edizione 2010 del manuale, rispetto alla precedente versione. Infatti nell'edizione 2000 venivano trattate solamente le piste ciclabili all'interno della carreggiata stradale, sottolineando che quelle all'esterno della carreggiata non erano state studiate in maniera approfondita poiché in genere non presentavano intersezioni semaforizzate o a precedenza e non erano comuni negli Stati Uniti.

Nell'HCM 2000 il concetto di Livello di Servizio per gli archi urbani dotati di una qualsiasi infrastruttura ciclabile era ancora legato alla frequenza degli eventi, ma già si avvertivano i limiti di tale approccio in fase di analisi e progettazione e quindi si preferì adottare come parametro il valore del "Control Delay", come avveniva nel caso del traffico veicolare (tab. 10).

Si percepì quindi che il ritardo poteva causare disagi per il ciclista, portandolo a modificare le proprie scelte sull'itinerario da percorrere.

LOS	CONTROL DELAY (sec/bici)
A	< 10
B	10 – 20
C	21 – 30
D	31 – 40
E	41 – 60
F	> 60

Tab. 10 LOS per i ciclisti alle intersezioni semaforizzate (HCM 2000)

Storicamente le diverse versioni del manuale hanno sempre utilizzato una sola variabile per la misurazione delle prestazioni delle infrastrutture, traducibile in Livello di Servizio, tuttavia numerose ricerche hanno evidenziato che gli utenti

prendono in considerazione una grande quantità di variabili e aspetti per valutare la qualità del servizio offerto loro. Alcuni di questi elementi possono essere descritti mediante misure di prestazione (es. velocità), altri mediante semplice descrizione delle caratteristiche dell'infrastruttura (es. dimensioni dell'attraversamento pedonale). L'innovazione più consistente presente nell'edizione 2010 del manuale consiste quindi nel fornire una metodologia che considera tutti questi fattori e li combina in un unico valore (*LOS score*) che viene successivamente utilizzato per determinare il LOS offerto.

Nella tabella sottostante (tab.11) si riportano i range di *LOS score* e il LOS ad essi associati.

LOS	LOS SCORE
A	≤ 2.00
B	> 2.00 – 2.75
C	> 2.75 – 3.50
D	> 3.50 – 4.25
E	> 4.25 – 5.00
F	> 5.00

Tab. 11 Criteri di valutazione del LOS per i ciclisti e pedoni (HCM 2010)

I valori forniti valgono per il sistema di trasporto su bici e a piedi e sono stati valutati mediante ricerche sulla percezione degli utenti, ai quali è stato chiesto di valutare la qualità del servizio di uno specifico itinerario.

3.2.1 LOS delle infrastrutture ciclabili su strade urbane

Il Livello di Servizio ci fornisce in questo caso le performance dell'infrastruttura in termini di servizio offerto ai ciclisti.

Dal punto di vista del ciclista, la valutazione delle prestazioni della rete si riferiscono a una sola direzione, cioè a quella di marcia e quindi tutte le variabili presenti sono specifiche della direzione presa in considerazione.

Inoltre la metodologia presente si riferisce ad itinerari composti da segmenti, cioè da porzioni di infrastruttura viaria comprese tra 2 intersezioni, semaforizzate o a precedenza con diritto di precedenza sull'arco principale; non è applicabile invece in caso di intersezioni a precedenza con segnale di stop su tutti i rami e rotatorie.

Per determinare il LOS è necessario calcolare prima la velocità dei mezzi (*bicycle travel speed*):

$$S_{TB,F} = \frac{\sum_{i=1}^m L_i}{\sum_{i=1}^m \frac{L_i}{S_{TB,SEG,i}}}$$

$S_{TB,F}$: velocità di tutte le biciclette sull'infrastruttura (mi/h)

L_i : lunghezza del segmento i (ft)

m : numero di segmenti che compongono l'infrastruttura

$S_{TB,SEG,i}$: velocità di tutte le biciclette sul segmento i (mi/h)

A questo punto è possibile definire il *LOS score* come media pesata sulla lunghezza dei segmenti del LOS score di tutti i segmenti che compongono l'itinerario:

$$I_{b,F} = \frac{\sum_{i=1}^m I_{b,SEG,i} * L_i}{\sum_{i=1}^m L_i}$$

$I_{b,F}$: LOS score dell'itinerario

$I_{b,SEG,i}$: LOS score dei segmenti che compongono l'itinerario

L_i : lunghezza dell'arco i (ft)

Una volta definito il valore del LOS score, si ricava il valore del LOS per l'itinerario, riferito alla specifica direzione di marcia, dalla tabella 11.

Il Livello di Servizio così ottenuto deve essere letto con opportuna cautela poiché un valore del LOS dell'itinerario accettabile può nascondere le criticità presenti su alcuni segmenti che lo compongono; perciò è necessario che l'analista verifichi sempre che ogni segmento offra sufficienti garanzie operative.

3.2.2 LOS dei segmenti ciclabili su strade urbane

La determinazione del Livello di Servizio dei segmenti in ambito urbano si applica anche in questo caso a porzioni di infrastruttura viaria comprese tra 2 intersezioni, semaforizzate o a precedenza con diritto di precedenza sull'arco principale ma non in presenza di intersezioni a precedenza con segnale di stop su tutti i rami e rotatorie.

La metodologia applicata prevede una serie di 8 step che portano alla determinazione del LOS:

1. determinazione della velocità di transito delle biciclette: in questa fase si stima la velocità media S_b con la quale si muovono le biciclette. Il metodo migliore per effettuare una stima corretta consisterebbe in una campagna di misurazioni sul campo della velocità con la quale transitano le bici, su una sezione che non risente delle perturbazioni create da intersezioni. In mancanza di informazioni di questo genere, si consiglia di utilizzare una velocità media pari a 15 mi/h (circa 24 km/h) su segmenti compresi tra intersezioni semaforizzate. È noto che esistano diversi fattori che influenzano la velocità quali la vicinanza al traffico veicolare e la sua intensità, la presenza di parcheggi a lato della carreggiata stradale, di ostacoli o passi carrai, ma non esistono studi approfonditi che forniscano precise indicazioni sugli effetti che questi elementi hanno sulla velocità.
2. determinare il ritardo subito dal ciclista all'intersezione: si calcola il ritardo d_b subito dal ciclista che supera l'intersezione.
Per quanto riguarda le intersezioni a precedenza, con diritto di precedenza sull'arco principale (*two-way-stop-controlled intersection*) il ritardo è nullo se il ciclista proviene dalla direzione con diritto di precedenza, negli altri casi si specifica che non viene fornita una metodologia in quanto non esistono abbastanza dati per determinare e calibrare un modello. A seconda delle proprie abilità, livello di comfort e sicurezza, delle condizioni geometriche dell'intersezione, dal tipo di traffico e sue caratteristiche, il ciclista

può attraversare l'intersezione o come un pedone (scendendo dal mezzo e attraversando a piedi) oppure come un veicolo a motore. Nel secondo caso il ciclista è soggetto agli stessi tipi di ritardo dei veicoli a motore e quindi il *control delay* dipende dal *critical gap* e dal tempo di scalamiento in coda. Tuttavia trattare il ciclista come un veicolo a motore non è corretto in quanto le variabili che influiscono sul ritardo hanno valori diversi per i ciclisti, i quali in genere non si allineano in coda uno dietro l'altro come avviene per le automobili ma tendono a raggrupparsi tra gli spazi liberi presenti tra le automobili in fila. In questo modo è facile capire come il tempo di scalamiento in coda sia differente. Per questi motivi il manuale non fornisce specifiche indicazioni sul metodo da utilizzare per la valutazione del ritardo nelle intersezioni a precedenza e soprattutto per quelle con segnale di stop su tutti i rami (*all-way-stop-controlled intersection*).

Anche per le intersezioni con rotatorie non si indica un metodo rigoroso da seguire, tuttavia si può approssimare il comportamento del ciclista a quello veicolare utilizzando un *passenger-car-equivalent-factor* pari a 0.5.

In entrambi i casi se il ciclista si comporta come un pedone, per valutare il ritardo subito si applicano i metodi indicati dal manuale riferiti alla mobilità pedonale. Si deve quindi calcolare il tempo al disotto del quale il pedone non tenterà di attraversare (*critical headway*); se il tempo che trascorre tra il passaggio di due veicoli consecutivi è maggiore del *critical headway* il pedone attraverserà. Successivamente si stabilisce la probabilità che il pedone possa subire un ritardo all'intersezione e quindi si determina il ritardo medio all'intersezione, considerando anche le riduzioni di tempo di attesa dovute alle auto che danno la precedenza al pedone che attraversa.

Per calcolare il ritardo subito dal ciclista ad una intersezione semaforizzata, occorre prima determinare la capacità della pista ciclabile (o banchina pavimentata).

Esistono vari range di valori di capacità e di flusso di saturazione delle piste ciclabili in prossimità di intersezioni, riportati da diverse ragioni e città, ma le ricerche evidenziano che il flusso di saturazione dovrebbe aggirarsi intorno al valore di 2600 biciclette/h. Tuttavia risultano poche le infrastrutture che garantiscono tale valore e pochi sono anche i dati disponibili per calibrare una serie di fattori correttivi, perciò si consiglia di utilizzare un valore di 2000 biciclette/h quando le auto che svoltano a destra danno la precedenza ai ciclisti che proseguono dritto. In caso contrario questo valore non è raggiungibile. In ogni caso si consiglia di eseguire delle rilevazioni in loco per ottenere dati verosimili.

La capacità di una pista ciclabile in corrispondenza di una intersezione semaforizzata è:

$$c_b = s_b * \frac{g_b}{C}$$

s_b : flusso di saturazione della pista (2000 biciclette/h)

g_b : effettivo tempo di verde per la pista (sec)

C : lunghezza del ciclo semaforico (sec)

A questo punto è possibile calcolare il ritardo come:

$$d_b = \frac{0.5C(1 - g_b / C)^2}{1 - \min\left[\frac{v_{bic}}{c_b}, 1.0\right] \frac{g_b}{C}}$$

v_{bic} : flusso ciclabile (biciclette/h)

Si ipotizza che non ci siano presenti per i ciclisti *incremental delay* e *initial queue delay*.

Il valore del ritardo trovato mediante questa equazione può in realtà essere superiore quando la precedenza al transito delle

biciclette non viene rispettato dai veicoli a motore (es. bicicletta che esegue manovra di attraversamento e automobile che svolta a destra).

I ciclisti in genere hanno la stessa soglia di tolleranza del ritardo dei pedoni, oltre i 30 secondi di attesa per bicicletta, il ritardo non è più tollerato mentre lo è un'attesa inferiore ai 10 secondi per bicicletta.

3. determinare la velocità di viaggio delle biciclette: la velocità di viaggio è una misura complessiva delle velocità sui segmenti. Combina il valore del ritardo all'intersezione a monte con il tempo di viaggio lungo tutta la lunghezza del segmento e per questo risulta minore della velocità media di transito.

La velocità di viaggio si calcola mediante:

$$S_{TB,seg} = \frac{3600L}{5.280(t_{Rb} + d_b)}$$

$$t_{Rb} = \frac{3600L}{5.280S_b}$$

L: lunghezza del segmento (ft)

S_b: velocità di transito delle biciclette (mi/h)

t_{Rb}: tempo di percorrenza del segmento di tutte le biciclette (s)

d_b: ritardo (s/bicicletta)

4. determinare il LOS score dell'intersezione: se le intersezioni sono a precedenza, con diritto di precedenza sull'arco principale, tale valore è pari a 0, altrimenti in caso di intersezioni semaforizzate, si procede seguendo la metodologia indicata dal manuale.

Calcolato il ritardo all'intersezione semaforizzata, è possibile definire il LOS score relativo ad essa, per ogni ramo:

$$I_{b,int} = 4.1324 + F_w + F_v$$

$$F_w = 0.0153W_{cd} - 0.2144W_t$$

$$F_v = 0.0066 \frac{v_{lt} + v_{th} + v_{rt}}{4N_{th}}$$

$$W_t = W_{ol} + W_{bl} + I_{pk} W_{os}^*$$

W_{cd} : larghezza del ramo da attraversare, da ciglio a ciglio (ft)

W_t : larghezza totale della corsia di destra, pista e banchina pavimentata (ft)

v_{lt} : flusso di svolta a sinistra (veh/h)

v_{rt} : flusso di svolta a destra (veh/h)

v_{th} : flusso di attraversamento (veh/h)

N_{th} : numero di tutte le corsie (condivise o dedicate)

W_{ol} : larghezza fuori dalla carreggiata (ft)

P_k : percentuale di parcheggi occupati sulla carreggiata

I_{pk} : indicatore del livello di occupazione dei parcheggi lungo la carreggiata, =0 se $p_k > 0$, 1 altrimenti

W_{os} : larghezza banchina pavimentata di destra (ft)

W_{os}^* : larghezza banchina pavimentata di destra corretta Se è presente il ciglio

$W_{os}^* = W_{os} - 1.5 \geq 0$, altrimenti $W_{os}^* = W_{os}$

Ora , conoscendo il valore del *LOS score*, è possibile ricavare il *LOS* dell'intersezione attraverso la tabella 11.

5. determinare il *LOS score* dell'arco:

$$I_{b,link} = 0.760 + F_w + F_v + F_s + F_p$$

$$F_w = -0.005 W_e^2$$

$$F_v = 0.507 \ln\left(\frac{v_{ma}}{4N_{th}}\right)$$

$$F_s = 0.199[1.1199 \ln(S_{Ra} - 20) + 0.8103]^* (1 + 0.1038 P_{HVa})^2$$

$$F_p = \frac{7.066}{P_c^2}$$

F_w : fattore correttivo per la sezione trasversale

F_v : fattore correttivo per volume di traffico motorizzato

F_s : fattore correttivo per la velocità del traffico motorizzato

F_w : fattore correttivo per le condizioni della pavimentazione stradale

N_{th} : numero totale di corsie sul segmento, nella direzione di marcia considerata

v_{ma} : tasso di flusso corretto nella zona centrale del segmento (veh/h) (vedi tab.

12)

W_e : larghezza effettiva della corsia di destra (ft) (vedi tab. 13)

S_{Ra} : velocità di transito dei veicoli a motore corretta (mi/h) (vedi tab. 13)

P_{HVa} : % corretta dei veicoli pesanti nella zona centrale del segmento (%) (vedi tab. 12)

Condition	Variable When Condition Is Satisfied	Variable When Condition Is Not Satisfied
$p_{pk} = 0.0$	$W_t = W_{ol} + W_{bl} + W_{os}^*$	$W_t = W_{ol} + W_{bl}$
$v_m > 160$ veh/h or street is divided	$W_v = W_t$	$W_v = W_t (2 - 0.005 v_m)$
$W_{bl} + W_{os}^* < 4.0$ ft	$W_e = W_v - 10 p_{pk} \geq 0.0$	$W_e = W_v + W_{bl} + W_{os}^* - 20 p_{pk} \geq 0.0$
$v_m (1 - 0.01 P_{HV}) < 200$ veh/h and $P_{HV} > 50\%$	$P_{HVa} = 50\%$	$P_{HVa} = P_{HV}$
$S_R < 21$ mi/h	$S_{Ra} = 21$ mi/h	$S_{Ra} = S_R$
$v_m > 4 N_{th}$	$v_{ma} = v_m$	$v_{ma} = 4 N_{th}$
Notes: W_t = total width of the outside through lane, bicycle lane, and paved shoulder (ft); W_{ol} = width of outside through lane (ft); W_{os}^* = adjusted width of paved outside shoulder; if curb is present $W_{os}^* = W_{os} - 1.5 \geq 0.0$, otherwise $W_{os}^* = W_{os}$ (ft); W_{os} = width of paved outside shoulder (ft); W_{bl} = width of bicycle lane = 0.0 if bicycle lane not provided (ft); W_v = effective total width of outside through lane, bicycle lane, and shoulder as a function of traffic volume (ft); p_{pk} = proportion of on-street parking occupied (decimal); v_m = midsegment demand flow rate (veh/h); P_{HV} = percent heavy vehicles in the midsegment demand flow rate (%), and S_R = motorized vehicle running speed (mi/h).		

Tab. 12 Valori della variabili del LOS score per l'arco (HCM 2010)

P_c : punteggio associato alle condizioni della pavimentazione:

PUNTEGGIO	CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE	DESCRIZIONE
4 - 5	eccellente	nuovissima
3 - 4	buona	nuova con primi segni di deterioramento
2 - 3	discreta	qualità inferiori alla precedente
1 - 2	scarsa	più del 50% deteriorata
0 - 1	molto scarsa	circa 75% rovinata

- determinare il LOS dell'arco: una volta valutato il LOS score dell'arco, è possibile ricavare il LOS dell'arco stesso mediante i valori presenti nella tabella 11.
- determinare il LOS score del segmento:

$$I_{b,seg} = 0.160 I_{b,link} + 0.011 F_{bi} e^{I_{b,int}} + 0.035 \frac{N_{ap,s}}{L / 5280} + 2.85$$

$l_{b,link}$: LOS score dell'arco

F_{bi} : indicatore del tipo di controllo presente all'intersezione =1 per intersezioni semaforizzate, 0 per intersezioni TWSC

$l_{b,int}$: LOS score dell'intersezione

$N_{ap,s}$: numero di punti di accesso a destra della direzione di marcia considerata (include i passi carrai e le strade di accesso)

8. determinare il Los del segmento: come nei casi precedenti, individuato il valore del LOS score si è in grado di specificare il valore del LOS mediante l'utilizzo della tabella 11.

3.2.3 LOS delle infrastrutture ciclabili “*off-street*”

Un'ulteriore innovazione presente nel manuale HCM 2010, rispetto all'edizione 2000, è la trattazione in maniera estensiva delle infrastrutture ciclabili fuori dalla carreggiata stradale.

Non esiste una definizione univoca per questo tipo di infrastrutture ma in genere sono considerate tali tutte le strutture che sono utilizzate solamente da pedoni o veicolo non motorizzati e che, per le loro caratteristiche, non risentono dell'influenza del traffico motorizzato, il quale non condiziona la qualità del servizio offerto. In genere le infrastrutture *off-street* sono posizionate a più di 35 piedi (circa 12,5 metri) ma esistono molte eccezioni a seconda ad esempio della presenza o meno di uno separatore fisico e delle sue caratteristiche.

Le infrastrutture ciclabili separate dalla carreggiata stradale possono essere ad uso esclusivo del ciclista o promiscuo con altri modi di trasporto non motorizzati.

La metodologia proposta dal manuale per la valutazione del LOS si riferisce solamente ad infrastrutture ciclabili (promiscue e non) pavimentate.

Inoltre nel computo del LOS per le piste promiscue, si prendono in considerazione gli effetti sull'andatura del ciclista dovuti alla presenza di altri ciclisti, pedoni, corridori, pattinatori e bambini in bicicletta. Anche in questo caso il fondo deve essere pavimentato e la larghezza minima della corsia deve essere di 20 piedi (7 metri circa). Il metodo si basa sull'analisi dei dati raccolti

su piste a doppio senso di marcia ma può essere applicata in caso di unico senso di marcia, ponendo uguale a 0 il volume di traffico in opposizione.

Nei **percorsi promiscui fuori dalla carreggiata stradale** (*shared use path*), le biciclette hanno un effetto negativo sulla capacità dei pedoni e sul Livello di Servizio dell'infrastruttura stessa a causa della loro velocità, più elevata di quella dei ciclisti. Tuttavia è difficile stabilire un'equivalenza pedone-ciclista perché le relazioni che esistono tra questi 2 gruppi di utenti dipendono dai loro rispettivi flussi, dalla loro ripartizione nelle due direzioni e altri fattori.

Per questi motivi si è solito calcolare il LOS dell'infrastruttura relativo ai pedoni. Il valore del Livello di Servizio si basa sul concetto di intralcio, come avveniva nel manuale del 2000 per le infrastrutture ciclabili a flusso ininterrotto. Anche in questo caso ci si basa sulla frequenza degli incontri e dei sorpassi ma, dal momento che i pedoni raramente sorpassano altri pedoni, il Livello di Servizio per i pedoni su una percorso ad uso promiscuo dipende dalla quantità di pedoni che i ciclisti incontrano e sorpassano e non si considerano altri tipi di utenti (es. pattinatori). Tuttavia è sempre necessario che l'analista verifichi sul posto che l'interazione tra pedoni non sia significativa.

Il numero di incontri e di sorpassi viene calcolato mediante:

$$F_p = \frac{Q_{sb}}{PHF} \left(1 - \frac{S_p}{S_b} \right)$$

$$F_m = \frac{Q_{ob}}{PHF} \left(1 + \frac{S_p}{S_b} \right)$$

F_p : numero di sorpassi (eventi/h)

F_m : numero di incontri (eventi/h)

Q_{sb} : domanda ciclabile nella direzione di marcia (bici/h)

Q_{ob} : domanda ciclabile nella direzione opposta a quella di marcia (bici/h)

PHF: fattore dell'ora di punta

S_p : velocità media dei pedoni (mi/h)

S_b : velocità media dei ciclisti (mi/h)

In queste equazioni non si tiene conto della reale gamma di velocità delle biciclette, tuttavia, a causa del basso grado di sovrapposizione tra le distribuzioni delle velocità di pedoni e ciclisti, l'errore in cui si incorre è

irrilevante. Inoltre, dal momento che gli incontri consentono una visione diretta tra gli utenti, i ciclisti che provengono dalla direzione opposta a quella del pedone provocano un intralcio minore agli stessi pedoni. Perciò si applica un fattore di riduzione dell'intralcio pari a 0.5 al valore di F_m per il conteggio del numero totale di eventi:

$$F = F_p + 0.5F_m$$

Per il calcolo del LOS ci si rifà ai dati della tabella sottostante (tab. 13):

LOS	EVENTI/H	TASSO DI FLUSSO (BICI/H/DIR)	COMMENTO
A	≤ 38	≤ 28	Ottime condizioni, rari conflitti con biciclette
B	39 – 60	29 – 44	Buone condizioni, pochi conflitti con biciclette
C	61 – 103	45 – 75	Difficoltà a camminare affiancati
D	104 – 144	76 – 105	Frequenti conflitti con biciclette
E	145 – 180	106 – 131	Conflitti frequenti con biciclette, che creano molto disturbo
F	> 180	> 131	Un numero significativo di utenti entra in contatto

Tab. 13 Valori del LOS per shared-use path (HCM 2010)

Nelle **infrastrutture ciclabili fuori dalla carreggiata** (*off-street bicycle facilities*) i ciclisti condividono il tracciato con altri utenti che utilizzano altri modi di trasporto. Gli utenti considerati sono: ciclisti, bambini ciclisti, pattinatori, corridori e pedoni.

Per il calcolo del LOS è necessario conoscere la probabilità di sorpasso di un utente:

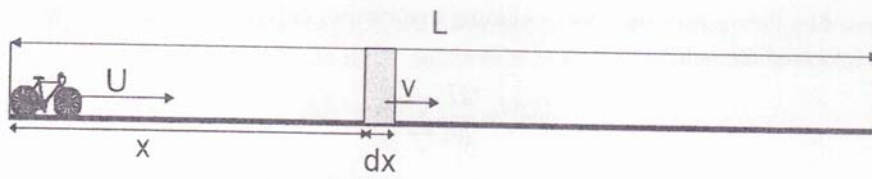
$$P(v_i) = P\left[v_i < U\left(1 - \frac{x}{L}\right)\right]$$

U: velocità costante del ciclista medio (mi/h)

v_i : velocità di un utente (mi/h)

L: lunghezza del segmento (mi)

x: distanza tra il ciclista medio e l'utente



La variabile U dovrebbe essere calcolato sulla base di rilevazioni effettuate sul campo, ma in mancanza di queste informazioni si può scegliere un valore di 12.8 mi/h (circa 20 km/h).

Dividendo la lunghezza totale L del segmento in n parti uguali di lunghezza dx , la probabilità media di effettuare un sorpasso, in un qualsiasi tratto j è pari alla probabilità media calcolata all'inizio e alla fine di ogni tratto:

$$P(v_j) = 0.5[F(x - dx) + F(x)]$$

dove $F(x)$ è la probabilità cumulata di una distribuzione normale.

Perciò il numero di volte in cui il ciclista medio sorpassa un altro utente lungo l'intero segmento è ottenuto dalla somma su tutti tratti del prodotto tra la probabilità di sorpasso e la densità di utenti.

Dividendo tale valore per il tempo impiegato dal ciclista per percorrere il segmento si ottiene il numero di sorpassi al minuto effettuati dal ciclista medio:

$$A_i = \sum_{j=1}^n P(v_j) * \frac{q_i}{\mu_i} * dx_j * \frac{1}{t}$$

q_i : tasso di flusso orario per direzione del modo i (utenti/h o bici/h)

μ_i : velocità media del modo i (mi/h)

t : tempo di percorrenza del segmento da parte del ciclista medio (min)

dx_j : lunghezza dei tratti j (mi)

Analogamente è necessario valutare il numero di incontri lungo il segmento nel caso di utenti già all'interno del tracciato (M_1) e per utenti che stanno per utilizzare il segmento (M_{21}):

$$M_1 = \frac{U}{60} \sum_i \frac{q_i}{\mu_i}$$

$$M_{2i} = \sum_{j=1}^n P(v_{0i}) * \frac{q_i}{\mu_i} * dx_j * \frac{1}{t}$$

U: velocità del ciclista medio (mi/h)

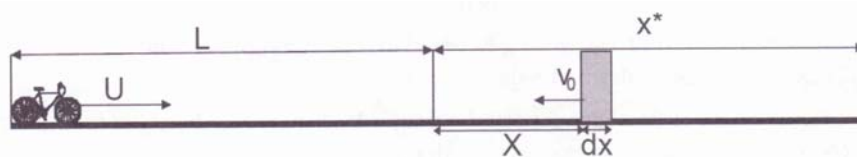
q_i: tasso di flusso orario per direzione del modo i (utenti/h o bici/h)

μ_i: velocità media del modo i (mi/h)

t: tempo di percorrenza del segmento da parte del ciclista medio (min)

dx_j: lunghezza dei tratti j (mi)

v_{0i}: velocità utente che proviene da direzione opposta al ciclista medio (mi/h)



Quindi il numero totale di incontri è dato da:

$$M_t = \left(M_1 + \sum_i M_{2i} \right)$$

A questo punto si deve calcolare la probabilità di subire ritardi nell'effettuare la manovra di sorpasso nella direzione di marcia e in quella opposta, mediante la determinazione della probabilità di trovare la corsia di sorpasso bloccata da un utente che si muove con un modo di trasporto *i*:

$$P_{ni} = 1 - e^{-p_i k_i}$$

dove k_i è la densità di utenti del modo di trasporti *i* e p_i è la distanza necessaria al sorpasso dell'utente del modo *i*, che viene definita dalla seguente tabella (tab.14):

MEZZO CHE SORPASSA	UTENTE SORPASSATO	DISTANZA DI SORPASSO NECESSARIA (ft)
bicicletta	ciclista	100
bicicletta	pedone	60
bicicletta	pattinatore	100
bicicletta	corridore	70
bicicletta	bambino ciclista	70

Tab. 14 Distanza necessaria al sorpasso tra diversi modi di trasporto (HCM 2010)

Quindi per tracciati a 2 corsie:

$$P_{ds} = P_{no} P_{ns} + P_{no} (1 - P_{ns}) (1 - P_{do})$$

$$P_{do} = P_{no} P_{ns} + P_{ns} (1 - P_{no}) (1 - P_{ds})$$

P_{ds} : probabilità di subire ritardi per sorpassare nella direzione di marcia

P_{do} : probabilità di subire ritardi per sorpassare nella direzione opposta a quella di marcia

P_{no} : probabilità di corsia bloccata in direzione opposta a quella di marcia

P_{ns} : probabilità di corsia bloccata in direzione di marcia

Mentre per tracciati a corsie vale:

$$P_{ds} = P_{ns} [P_{bo} + P_{no} (1 - P_{do})] + P_{bs}$$

$$P_{do} = P_{no} [P_{bs} + P_{ns} (1 - P_{ds})] + P_{bo}$$

P_{bs} : probabilità che 2 corsie siano bloccate nella direzione di marcia

P_{bo} : probabilità che 2 corsie siano bloccate nella direzione opposta a quella di marcia

Questo metodo richiede di determinare 4 parametri (per senso di marcia): P_b e P_n . Sono state quindi effettuate delle ricerche che hanno permesso di stabilire i valori di tali parametri, mediante analisi video di più di 4000 utenti: con questo studio si è stati in grado di valutare la frequenza (F_i) con la quale si verifica un'ostruzione, per ogni modo di trasporto (tab. 15):

MODO DI TRASPORTO	FREQUENZA (%) F_i
ciclista	5
pedone	36
pattinatore	8
corridore	12
bambino ciclista	1

Tab. 15 Frequenza di blocco per i diversi modi di trasporto (HCM 2010)

Per ottenere i valori relativi ai percorsi a 3 corsie si utilizzano:

$$P_{bs} = \sum_i P_{bsi}$$

$$P_{bo} = \sum_i P_{boi}$$

$$P_{bsi} = F_i * P_{nsi}$$

$$P_{boi} = F_i * P_{noi}$$

P_{boi} : probabilità che l'utente del modo i blocchi le 2 corsie in direzione opposte al senso di marcia

P_{bsi} : probabilità che l'utente del modo i blocchi le 2 corsie in direzione di marcia

F_i : vedi tabella 15

La probabilità che solo una delle due corsie sia bloccata da un utente del modo i è data dalla differenza tra la probabilità che almeno una delle corsie sia bloccata (P_{ni}) e la probabilità che le 2 corsie siano bloccate (P_{boi}, P_{bsi}):

$$P_{no} = \sum_i P_{noi}$$

$$P_{ns} = \sum_i P_{nsi}$$

$$P_{noi} = 1 - e^{-P_i k_{oi}} - P_{boi}$$

$$P_{nsi} = 1 - e^{-P_i k_{si}} - P_{bsi}$$

Dove K_{si} e k_{oi} rappresentano la densità di utenti del modo i (per miglia) rispettivamente nella stessa direzione di marcia e in quella opposta.

Il parametro P_{ds} si applica solamente a coppie di utenti cioè ad esempio ciclisti che sorpassano pedoni e che si muovono in direzione opposta a quella di corridori, perciò, per valutare la probabilità totale di subire un ritardo dovuto ad un sorpasso, è necessario calcolare questa variabile per tutte le coppie di utenti.

$$P_{Tds} = 1 - \prod_m (1 - P_{mds})$$

P_{Tds} : probabilità totale di subire un ritardo dovuto ad un sorpasso

P_{mds} : probabilità di subire un ritardo dovuto ad un sorpasso per il modo m

Infine il ritardo dovuto al sorpasso per minuto si trova moltiplicando il numero di sorpassi al minuto effettuati da tutti gli utenti (A_T) per il fattore dell'ora di punta e per la probabilità totale di subire un ritardo dovuto alle manovre di sorpasso (P_{Tds})

A questo punto è possibile determinare il *Bicycle LOS score*:

$$bicyLOS_score = 5.446 - 0.00809E - 15.86RW - 0.287CL - 05DP$$

E: eventi pesati al minuto = numero di incontri al minuto + 10Ai

RW = 1/ larghezza pista (ft)

CL: variabile =1 se la linea di mezzeraia è al centro, 0 altrimenti

DP: min[Pds, 1.5]

Ottenuto questo valore, possiamo definire il Livello di Servizio delle infrastrutture ciclabili fuori dalla carreggiata mediante i dati presente nella seguente tabella (tab.16):

LOS	bicycle LOS score	COMMENTO
A	> 4.0	ottime condizioni, grande capacità di contenere molti utenti
B	> 3.5 – 4.0	buone condizioni, presenti le capacità di contenere molti utenti
C	> 3.0 – 3.5	soddisfa domanda, poca capacità di contenere molti utenti
D	>2.5 – 3.0	molti conflitti, può verificarsi riduzione della velocità dei ciclisti
E	> 2.0 – 2.5	affollamento, significativa riduzione della velocità dei ciclisti
F	≤ 2.0	troppi conflitti

Tab. 16 Valore del LOS per infrastrutture ciclabile off-street (HCM 2010)

4. Applicazione di alcuni indicatori alla rete ciclabile di Bologna

Dopo aver analizzato i vari indicatori sintetici più comunemente utilizzati negli Stati Uniti, si è pensato di applicarne alcuni nello studio della rete ciclabile della città di Bologna, al fine di capire se fosse possibile impiegarli in realtà diverse dal contesto nel quale sono nati ed eventualmente quali fossero i loro limiti d'uso (problemi di trasferibilità).

In particolare ci siamo serviti di 2 indicatori per risolvere alcune problematiche emerse all'interno della rete ciclabile della città, e segnalate dai

tecnici comunali, legate alla pianificazione di nuove infrastrutture e al numero di conflitti in un'intersezione dotata di pista ciclabile.

4.1 Applicazione del *Bicycle Compatibility Index* (BCI)

Nello studio in questione, è stata presa in considerazione un'area del quartiere Savena a Bologna, la quale si presenta circondata da alcune piste ciclabili importanti e abbastanza connesse tra loro (radiale Est, "Lungo Savena" e "San Ruffillo"), ma ne è totalmente priva al suo interno. Si è reso quindi necessario uno studio finalizzato all'individuazione di percorsi ciclabili che fossero veloci, sicuri e connessi alle infrastrutture esistenti.

E' noto che l'appetibilità di una pista ciclabile dipende fortemente dalle sue caratteristiche strutturali e funzionali, le quali sono strettamente correlate al grado di sicurezza percepito dagli utenti, perciò, per pianificare il tracciato di nuove piste ciclabili, abbiamo eseguito delle valutazioni sul grado di idoneità delle infrastrutture viarie ad essere percorse dai ciclisti.

Per fare ciò si è deciso di utilizzare l'indicatore sintetico *Bicycle Compatibility Index* (BCI) e una delle sue applicazioni grafiche. Il valore del BCI, compreso tra 1 e 6, fornisce indicazioni sul comfort e la sicurezza percepiti dal ciclista su un arco; più questo valore si avvicina a 6, maggiore è la sensazione di insicurezza nel ciclista che percorre un determinato arco stradale.

Anche l'indice BLOS fornisce indicazioni analoghe ma si è preferito non utilizzarlo in quanto, a differenza del Bicycle Compatibility Index, non compaiono fattori che tengano conto delle interferenze che producono le manovre di parcheggio a lato della carreggiata e del flusso di svolta a destra dei veicoli a motore. Inoltre, nel calcolo del BLOS, è presente la variabile We , cioè la larghezza effettiva della corsia più vicina al marciapiede, che dipende dalle caratteristiche della banchina pavimentata, struttura che in Italia possiede caratteristiche geometrico - funzionali molto diverse da quelle americane.

L'indicatore può essere anche impiegato nella fase di verifica di un'alternativa di progetto: infatti ricalcolando il valore del BCI, considerando le variazioni progettuali, si può notare se ci sono stati o meno miglioramenti sensibili del valore del LOS e quindi delle condizioni degli utenti; si possono fare

confronti tra scenari alternativi oppure valutare altri provvedimenti da affiancare alla costruzione di una nuova pista ciclabile, quali ad esempio politiche di interventi sulla circolazione.

Si è quindi proceduto con un'analisi approfondita dell'assetto viario della zona di studio, la quale è caratterizzata dalla presenza di un comparto ambientale nella parte centrale e da un sistema di strade a traffico prevalentemente locale, non totalmente connesse tra loro (fig. 7).



Fig. 7 Area di studio

Per la pianificazione di nuovi itinerari ciclabili all'interno dell'area di studio, abbiamo rivolto la nostra attenzione prevalentemente al comparto ambientale per vari motivi:

- Il comparto presenta una densità abitativa maggiore rispetto alle aree contigue;
- Il comparto è delimitato da strade di scorrimento che risultano più pericolose per il ciclista rispetto a quelle locali;
- si è ipotizzato che i residenti delle aree contigue al comparto ambientale, per raggiungere il centro della città, utilizzino le infrastrutture ciclabili presenti al contorno attraverso le strade locali.

A questo punto sono stati raccolti i dati necessari al computo del BCI per i rami appartenenti al comparto ambientale, escludendo gli archi senza uscita.

Per la raccolta di tali dati si è ricorsi ad un'analisi sul campo per valutare la composizione del traffico, la presenza di piste ciclabili, la loro larghezza, la presenza di parcheggi e la loro durata; tramite Google Maps siamo risaliti alle larghezze delle corsie e mediante il portale del Comune di Bologna CISIUM (Centro di Integrazione e Supervisione per le Informazioni Urbane sulla Mobilità) e il PGTU della città si sono ottenute le informazioni relative ai flussi veicolari sugli archi principali, mentre per quelli secondari, prevalentemente a traffico locale, sono stati effettuati dei rilievi manuali.

Una volta calcolato il valore dell'indicatore, è stata redatta una mappa indicante il Livello di Servizio corrispondente ad ogni arco, nel nostro caso si è deciso di raggrupparlo per semplicità in 3 gruppi, a ciascuno dei quali viene assegnato un colore (tab. 17):

BCI	<= 1,50	1,51 - 2,30	2,31 - 3,40	3,41 - 4,40	4,41 - 5,30	>5,30
LOS	A	B	C	D	E	F

Tab. 17 Corrispondenza LOS - BCI

Come ci si aspettava, viste le caratteristiche funzionali del comparto ambientale, gli archi di scorrimento presentano dei Livelli di Servizio molto

bassi, mentre per le strade al loro interno si riscontra una situazione molto omogenea, con un LOS intermedio (fig. 8):



Fig. 8 Mappa LOS dell'area di studio

Al fine di aumentare il grado di comprensione della mappa grafica, è possibile differenziare in maniera più dettagliata i Livelli di Servizio. Nel caso in questione, dal momento che la mappa forniva una visione un po' appiattita del contesto, il LOS D è stato indicato diversamente dal Livello di Servizio C (tab. 18), per poter valutare in maniera più esatta il grado di comfort e sicurezza fornita dei singoli rami (fig. 9):

:

BCI	<= 1,50	1,51 - 2,30	2,31 - 3,40	3,41 - 4,40	4,41 - 5,30	>5,30
LOS	A	B	C	D	E	F

Tab. 18 Corrispondenza LOS - BCI con maggiore differenziazione

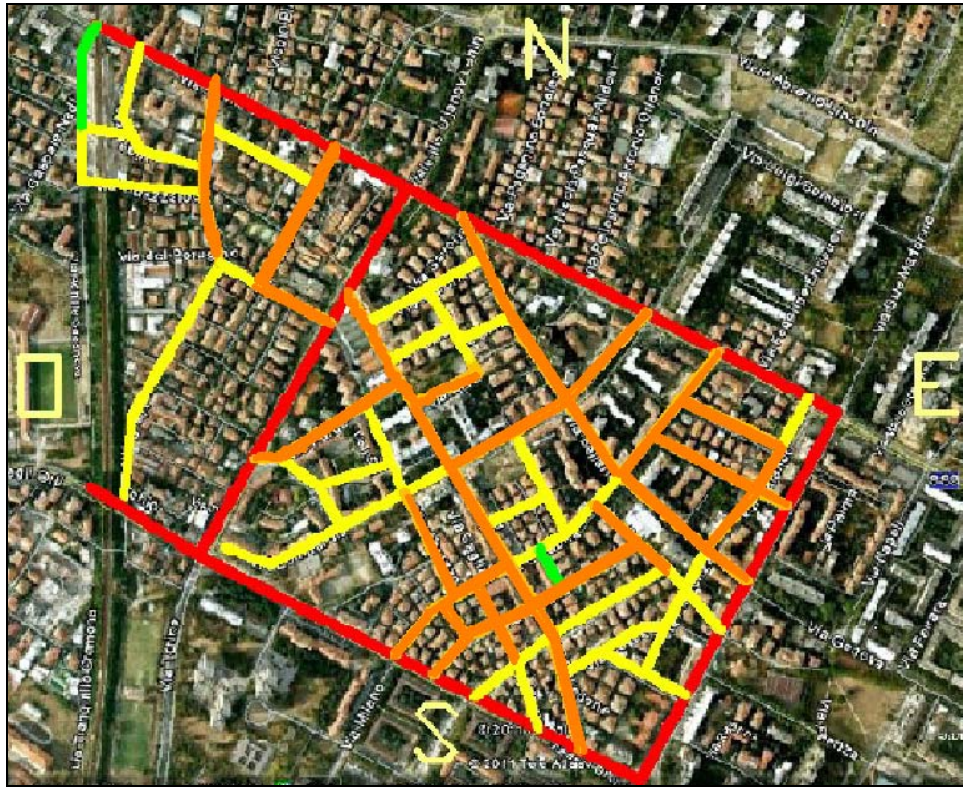


Fig. 9 Mappa LOS corretto dell'area di studio

A questo punto, basandosi sulle indicazioni fornite dalla mappa, è possibile studiare delle alternative di progetto.

Nella città di Bologna il layout della rete ciclabile prevede una serie piste “portanti”, disposte in maniera radiale, che collegano i vari quartieri al centro, seguendo il tracciato dei principali assi stradali presenti. In questa maniera si cerca di attrarre gli utenti mettendo a loro disposizione itinerari rapidi e diretti. Queste radiali sono collegate tra loro mediante una maglia più o meno fitta, a seconda della densità abitativa, della conformazione delle preesistenti infrastrutture viarie, ecc, di piste ciclabili “secondarie” che hanno il compito di rendere la rete il più connessa possibile e di servire in maniera più estesa l’utenza (fig. 10).

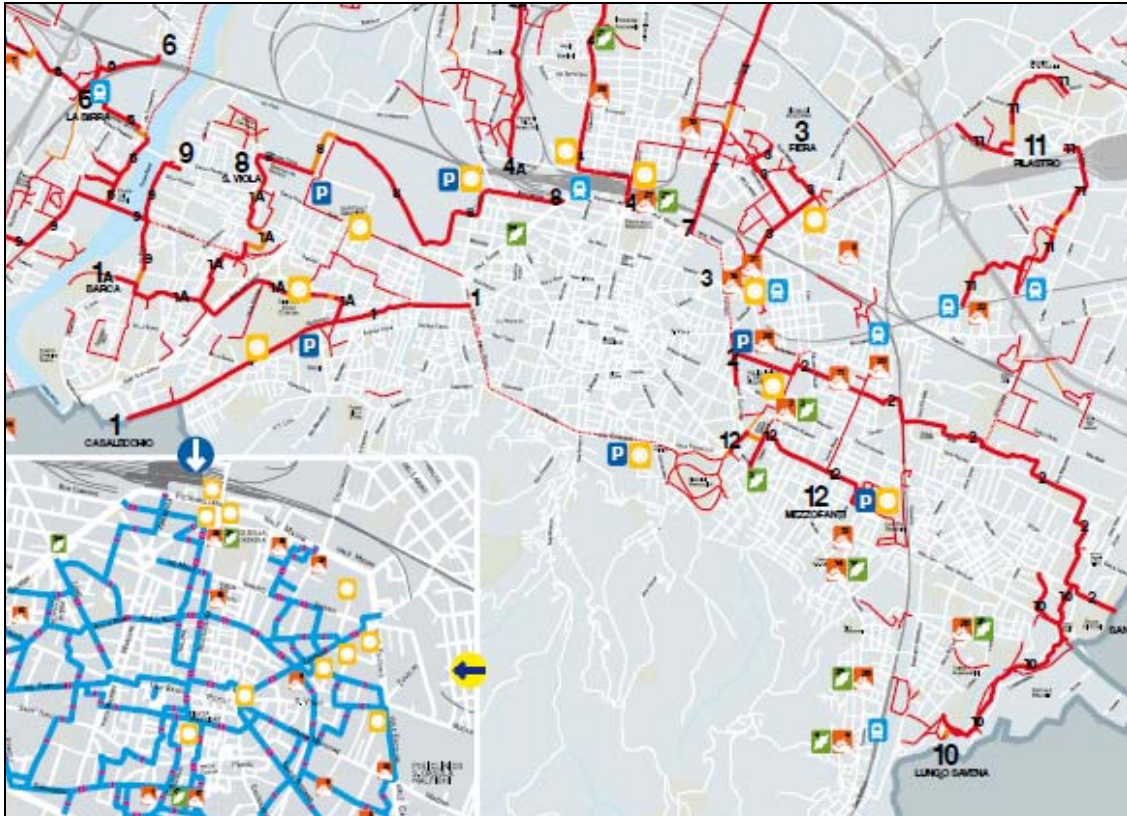


Fig. 10 Layout rete ciclabile della città di Bologna

Nell'area presa in esame, esiste un unico arco stradale che possiede le caratteristiche di una radiale (Via Mazzini) ma questo tipo di "schema" dei tracciati delle piste ciclabili sopra descritto non è applicabile. Come possiamo vedere dalla figura 3 via Mazzini possiede un Livello di Servizio molto basso, ciò non indica che l'arco non possa essere percorso da ciclisti ma implica che debba essere dotato di infrastrutture ciclabili di alto livello e che garantiscano un elevato grado di sicurezza al ciclista. Sarebbe quindi necessaria la costruzione di una pista ciclabile in sede propria, dotata di spartitraffico invalicabile, oppure di una pista ciclabile su corsia riservata, ricavata sul marciapiede, per garantire una certa separazione tra il flusso veicolare e quello ciclabile. Tuttavia, da un'analisi sul campo delle caratteristiche geometriche dell'infrastruttura viaria, emerge che non vi sia lo spazio sufficiente per la costruzione di nessuna delle due tipologie di pista perciò questa ipotesi di progetto non è realizzabile. A questo punto sono state valutate altre ipotesi di progetto, pianificando itinerari passanti per gli archi che possedevano i Livelli di Servizio migliori. Per ognuno

di questi itinerari sono stati illustrati gli interventi da effettuare, in relazione alle caratteristiche geometriche dell'infrastruttura viaria e privilegiando interventi a basso impatto economico.

L'uso dell'indicatore sintetico BCI nella pianificazione di nuovi itinerari ciclabili si dimostra essere un metodo analitico molto utile in quanto, dalla rappresentazione grafica che ne scaturisce, possiamo ottenere in maniera diretta, con una visualizzazione chiara e semplice da comprendere, informazioni sul grado di idoneità dell'arco ad essere percorso dai ciclisti e sulla tipologia di pista da progettare. In questo modo si hanno i mezzi affinché la progettazione risponda ai reali bisogni dei ciclisti, in quanto il Livello di Servizio associato ad ogni arco prende in considerazione quelle variabili che maggiormente influiscono sul grado di percezione della sicurezza del ciclista stesso.

Inoltre la raccolta dei dati sul campo, indispensabile per il calcolo dell'indice, permette di prendere conoscenza del reale funzionamento della rete, delle criticità esistenti, nonché dei pericoli presenti per il ciclista e consente di definire l'effettiva fattibilità di un'ipotesi di progetto. Con un'attenta conoscenza dell'area è possibile sfruttare i punti di forza delle infrastrutture esistenti, senza dover realizzare tutto ex-novo ma limitandosi ad effettuare interventi di adeguamento (ad es. modifica di un attraversamento pedonale, facendolo diventare anche ciclabile mediante segnaletica orizzontale e verticale; redistribuzione degli spazi senza sacrificare la sosta) che risultano economicamente più vantaggiosi.

Tuttavia è necessario sottolineare che il reperimento dei dati non è sempre facile e possibile o richiede un consistente dispendio di tempo e di energie.

Nonostante le infrastrutture ciclabili americane siano in certi casi anche molto differenti da quelle italiane, l'indicatore fornisce risultati plausibili anche se applicato al contesto nazionale, tuttavia bisogna tenere presente che il peso delle variabili è stato calcolato in base agli studi riferiti solo a piste ciclabili all'interno della carreggiata stradale, perciò l'uso del BCI richiede cautela nel caso venga applicato a piste ciclabili su corsia riservata sul marciapiede o in sede propria, poiché non viene preso in considerazione l'aumento di sicurezza

nel ciclista che ne deriva dalla separazione tra flusso ciclabile e flusso veicolare.

4.2 Applicazione del *Bicycle Intersection Safety Index* (BISI)

In questo studio l'indicatore *Bicycle Intersection Safety Index* è stato utilizzato per verificare le prestazioni di un'intersezione semaforizzata, lungo il tracciato di una pista ciclabile.

Si tratta di una intersezione semaforizzata a 4 bracci (fig. 11), tra le vie Pelagio Palagi e Carlo Alberto Pizzardi.

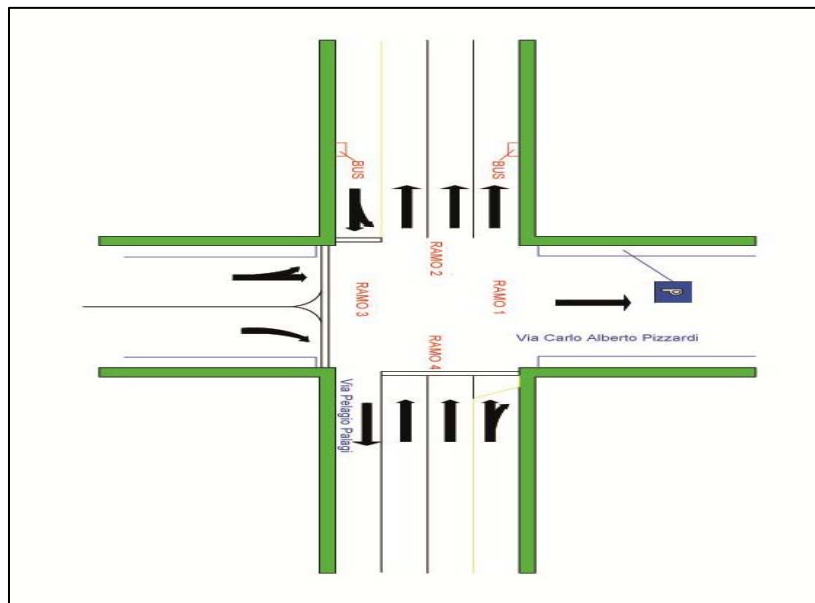


Fig. 11 Schema strutturale intersezione Palagi-Pizzardi

Gli archi presentano caratteristiche geometriche molto diverse tra loro: via Pizzardi (figg. 12 e 13) è una strada a senso unico, a due corsie, fiancheggiata da parcheggi su entrambi i lati, con un flusso veicolare di circa 2600 veicoli al giorno; via Palagi (figg. 14 e 15) è una strada di scorrimento a doppio senso di marcia, ad una sola corsia in direzione sud e tre in direzione nord (una delle quali occupata da corsia preferenziale), rispettivamente con flussi di 5000 e 17700 veicoli al giorno. I flussi elevati sono in parte da imputare alla vicinanza

al polo ospedaliero Sant'Orsola-Malpighi e alla presenza di più linee di trasporto pubblico ad elevata frequenza.



Figg. 12 e 13 Ramo 3 e ramo 1 di Via Pizzardi



Figg. 14 e 15 Ramo 2 e ramo 4 di Via Palagi

Lungo via Pizzardi è presente una pista ciclabile monodirezionale, su corsia propria ricavata sul marciapiede, su entrambi i lati della carreggiata. I flussi ciclabili, misurati nell'ora di punta del mattino, sono più consistenti in direzione ovest, cioè verso il centro della città, e si aggirano intorno ai 130 ciclisti/h, mentre nella direzione opposta sono circa la metà. Anche la componente pedonale risulta significativa (circa 80 pedoni/h in entrambe le direzioni) a

causa dell'elevato numero di attività commerciali presenti, alla vicinanza al polo ospedaliero e alla zona universitaria. Nell'intersezione, l'attraversamento ciclabile e quello pedonale sono contigui e ben visibili, grazie all'utilizzo della texture rossa sulla pavimentazione stradale.

Si è posta attenzione su questa intersezione poiché il numero di sinistri che coinvolgevano i ciclisti risultava superiore ai valori medi riscontrati nelle altre intersezioni. I tecnici della Pubblica Amministrazione erano interessati a capire quali potessero essere le cause di un così elevato tasso di incidentalità, poiché la risposta che emergeva dai verbali dei sinistri era molto generica. In questi verbali infatti nella maggioranza dei casi veniva indicata come causa dell'incidente "*la guida distratta e/o l'andamento indeciso*" di uno o di entrambi i conducenti; solamente per una piccola percentuale si riportava, come causa precisa dell'incidente, il mancato rispetto della segnaletica.

In primo luogo si sono analizzati anche altri aspetti contenuti nelle verbalizzazioni, quali l'orario del sinistro e le condizioni meteo per provare che non avessero alcuna influenza sulle cause degli incidenti: infatti tutti i sinistri erano avvenuti con condizioni meteorologiche buone e nelle ore centrali del giorno.

Ci si è quindi chiesto se le cause dei sinistri fossero correlate al solo errore umano e quindi al comportamento errato degli utenti, o ad altri fattori, in particolare alla geometria dell'intersezione stessa.

Per effettuare questa valutazione abbiamo applicato l'indicatore BISI ad ogni ramo dell'intersezione e ad ogni manovra possibile del ciclista. Questo indice definisce il grado intrinseco di sicurezza relativo alle varie manovre effettuate dai ciclisti, mettendolo in relazione con le caratteristiche geometriche dell'intersezione e con il flusso veicolare che la interessa.

Il Bicycle Intersection Safety Index può assumere valori compresi tra 1 e 6, dove 1 significa che la manovra considerata, in quella intersezione e in quel determinato braccio, è la più sicura e 6 significa che è la più pericolosa da svolgere e c'è urgente bisogno di prendere provvedimenti strutturali, o di moderazione del traffico, per renderla più sicura.

Anche in questo caso i dati sono stati raccolti in parte sul campo (larghezza piste, fasi semaforiche, numero delle corsie, presenza di parcheggi) e in parte mediante l'utilizzo del portale del Comune di Bologna CISIUM (flussi veicolari e limiti di velocità). L'analisi sul campo ci ha permesso inoltre di studiare il comportamento di ciclisti, pedoni e guidatori, anche in relazione alle fasi semaforiche.

I valori ottenuti dal computo dell'indicatore, in una scala da 1 a 6, sono medio - bassi (tab. 19) perciò possiamo affermare che il grado di pericolosità legato alle caratteristiche geometriche - funzionali dell'infrastruttura è basso.

Le manovre che presentano un grado di sicurezza minore sono quelle di svolta a sinistra e di attraversamento lungo via Palagi (ramo 4) e quella di svolta a sinistra da via Pizzardi (ramo 3). Al ramo 1 non è stato applicato l'indicatore perché a senso unico, in direzione uscente dell'intersezione.

BISI			
	RAMO 2	RAMO 3	RAMO 4
Svolta a destra	1.9	1.9	2
Attraversamento	2	2.5	3.5
Svolta a sinistra	2.5	2.7	3.3

Tab. 19 Valore dell'indicatore BISI per tutte le manovre, su tutti i rami

Per interpretare in maniera più soddisfacente i risultati ottenuti, per le manovre meno sicure sono stati fatti due tipi di analisi: una sul comportamento di tutti gli utenti dell'intersezione e una sulle caratteristiche geometrico - funzionali dell'infrastruttura.

In questa maniera è stato possibile ottenere due risultati significativi: in primo luogo, mediante l'analisi comportamentale, sono state individuate le manovre scorrette eseguite da ciclisti, pedoni ed automobilisti e le più ricorrenti infrazioni al Codice della Strada; in seconda battuta, con l'analisi geometrico - funzionale, si è determinato quali fossero le variabili che pesavano maggiormente sul valore dell'indice. Facendo ciò è stato possibile individuare quali fossero i provvedimenti progettuali da adottare, effettuare delle ipotesi di modifica dell'infrastruttura e ricalcolare il risultato dell'indicatore per verificare la bontà delle stesse soluzioni progettuali.

Ad esempio sul ramo 4 di via Palagi, le manovre meno sicure erano quella di attraversamento e svolta a sinistra (fig. 16).

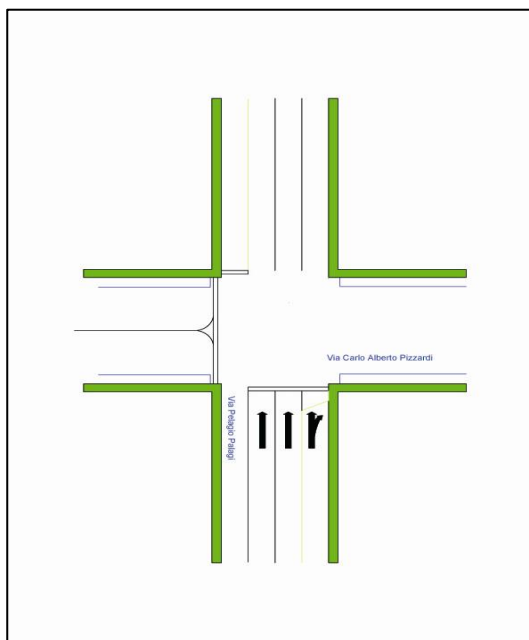


Fig. 16 Manovre del ramo 4 di Via Palagi

Dall'analisi della geometria dell'infrastruttura emergeva che il valore elevato del BISI era dovuto principalmente all'assenza della pista ciclabile, all'elevato traffico veicolare ed alla sua velocità sostenuta, inoltre per la manovra di svolta a sinistra influiva anche il numero elevato di corsie da attraversare. Per questo motivo, e dal momento che la larghezza delle corsie lo consentiva, si è pensato, come prima ipotesi progettuale, di allargare la corsia riservata agli autobus facendola diventare una pista ciclabile in promiscuo con i bus, restringendo leggermente le altre corsie, ma lasciando invariato il loro numero. Ricalcolando il valore dell'indice si sono ottenuti grandi miglioramenti (tab. 20):

ramo 4	BISI attuale	BISI con pista ciclabile
Svolta a destra	2.0	2.0
Attraversamento	3.5	2.6
Svolta a sinistra	3.3	3.1

Tab. 20 Valore dell'indicatore BISI per tutte le manovre, con modifiche di progetto

Ovviamente è possibile ripetere l'operazione ipotizzando alternative di progetto che prevedano la modifica delle variabili che influiscono sul valore dell'indicatore, in modo tale da verificare quale sia la soluzione migliore da adottare.

Inoltre, con la valutazione del comportamento degli utenti, si possono prevedere altre possibili soluzioni progettuali le quali vadano a mitigare gli effetti negativi di alcuni comportamenti errati: ad esempio è possibile prevedere una *bike boxe* davanti alla linea di arresto, in modo da rendere più visibili i ciclisti fermi all'intersezione e facilitarli nella manovra di svolta a sinistra (fig. 17).

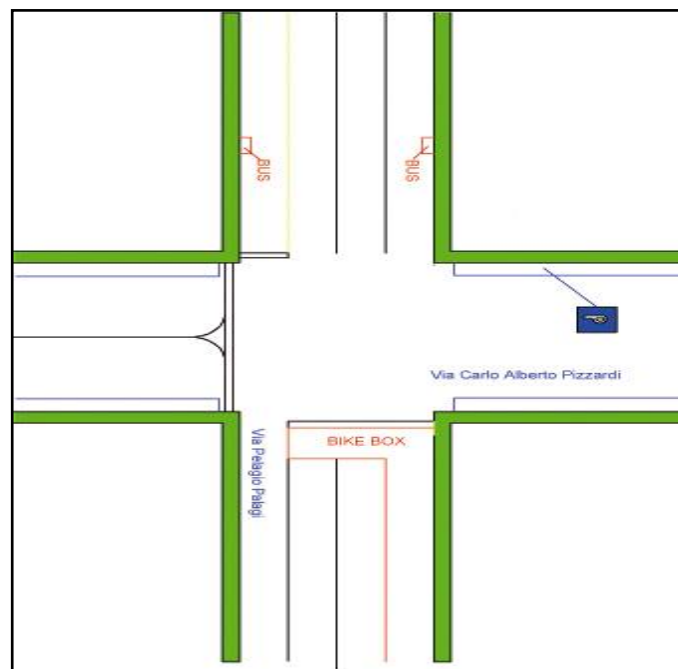


Fig. 17 Posizionamento bike boxe del ramo 4 di Via Palagi

Senza entrare ulteriormente nel dettaglio delle alternative di progetto che si possono prevedere, possiamo comunque affermare che l'indicatore si è dimostrato uno strumento utile per poter affermare l'esistenza o meno di carenze strutturali e per poter individuare facilmente su quali aspetti operare delle modifiche.

Tuttavia essendo calibrato sulle infrastrutture americane, l'indicatore presenta dei grossi limiti nell'applicazione alla realtà italiana: in primo luogo è difficilmente applicabile a piste ciclabili su corsia riservata ricavata sul

marciapiede perché calibrato per piste su carreggiata stradale; non tiene quindi conto dell'influenza esercitata dalla presenza dei pedoni ma solo dalla componente veicolare che, in questo caso, è separata fisicamente da quella ciclabile. Inoltre non si considerano i benefici, in termini di visibilità e sicurezza, degli attraversamenti ciclo – pedonali, i quali possono contare su fasi semaforiche dedicate.

Nelle formule per il calcolo dell'indicatore si fa riferimento alla presenza dell'impianto semaforico ma non se ne considerano le fasi, soprattutto in presenza di manovre di svolta protette, le quali limitano i conflitti tra correnti veicolari.

Per quanto riguarda i flussi che vengono contemplati nel conteggio dell'indicatore, si utilizzano i TGM per direzione, senza considerarne la ripartizione nelle varie corsie, in caso di più corsie dedicate alla stessa manovra, in questo modo si tende a sovrastimare il flusso con il quale il ciclista entra realmente in contatto.

Infine è necessario sottolineare che non è lecito applicare l'indicatore a tutta l'intersezione bensì a tutte le manovre dei singoli rami. Questa operazione è possibile solo nel caso in cui i risultati relativi a tutti i bracci dell'intersezione siano omogenei tra loro perché, in caso contrario, il valore complessivo del BISI può nascondere o appiattare delle criticità e problematiche presenti per alcune manovre di certi rami.

Capitolo 3

Il monitoraggio dei flussi ciclabili

Come già sottolineato in precedenza, gli indicatori analizzati finora, e utilizzati largamente in letteratura, possono essere o indicatori di stato oppure indicatori del Livello di Servizio di una infrastruttura ciclabile. In entrambi i casi questi indici non assicurano una correlazione con l'uso della bicicletta e quindi non sono in grado di testare l'efficacia delle policy a favore della mobilità ciclabile o gli effetti di un biciplan. Infatti, come si può notare dalla tabella 1, alcune città presentano alti valori degli indicatori a fronte di share modali scarsi.

	Ferrara	Graz	Praga	Velenje
Network coverage index [km pista /km strada]	0.128	0.920	0.142	0.143
Cycling index [km pista/abitanti]	0.940	3.552	0.432	0.904
Density index [km pista/km ²]	0.313	7.211	1.089	0.359
Bike share [%]	27	16	1	7
Piste ciclabili [km]	126.404	920.000	540.000	30.000
Popolazione	134464	259038	1249000	33175

Tab.1 Valori dei principali indicatori e share modale. Fonte: European Project BICY – 2011

Sono quindi necessari indicatori di risposta i quali riassumono la capacità e l'efficienza delle azioni intraprese per il conseguimento degli obiettivi assunti.

Quest'ultimi, a differenza degli altri indici, non devono pendere in considerazione solamente il lato offerta del sistema ciclabile ma anche l'interazione domanda – offerta, cioè i flussi ciclabili, i quali forniscono indicazioni oggettive sul grado di utilizzo della rete ciclabile, sull'appetibilità dei percorsi, sull'esistenza di criticità e forniscono informazioni sul tipo di spostamenti effettuati in bicicletta.

In realtà nel computo del LOS delle infrastrutture ciclabili *off street*, presente nell'HCM 2010, si fa riferimento ai flussi ciclabili e pedonali ma questi si riferiscono ad una certa ora di punta, quest'ultima desumibile dai flussi veicolari, e sono correlati al concetto di intralcio e non al grado di utilizzo della pista.

In quest'ottica nasce il nostro lavoro per mettere a punto una metodologia in grado di fornire gli strumenti per il monitoraggio dei flussi ciclabili sulla rete di Bologna.

1. Il monitoraggio dei flussi ciclabili

1.1 Analisi della rete ciclabile di Bologna

A Bologna, come nella maggior parte delle grandi città, la promozione dell'uso della bicicletta come alternativa ai veicoli a motore rappresenta uno dei più significativi impegni per uno sviluppo sostenibile, concorrendo alla riduzione di emissione di gas inquinanti nell'atmosfera e al decongestionamento del traffico urbano.

Il Comune di Bologna, nell'ambito della attuazione degli interventi a favore della mobilità sostenibile, considera rilevante la definizione di una fitta rete di percorsi ciclabili o ciclo pedonali, tali da costituire elemento di consolidamento della domanda di trasporto ciclistica. Per incoraggiare la riduzione dell'uso dell'auto è fondamentale creare una rete di collegamenti ciclabili continui, sicuri e ben riconoscibili, nonché integrati con altre forme di mobilità, perciò il PGTU di Bologna individua alcuni criteri che saranno realizzati nell'attività di pianificazione di breve-medio periodo:

- completamento e continuità degli itinerari, a partire dal centro storico e prima periferia, anche in funzione delle fermate del Servizio Ferroviario Metropolitano;
- alternative ciclabili nel centro storico, secondo un modello di ciclabilità diffusa e dell'utilizzo di zone pedonali e/o a traffico pedonale privilegiato e "isole ambientali";
- creazione di nuovi percorsi;
- collegamento con la rete dei comuni limitrofi;
- manutenzione straordinaria della rete per garantire sicurezza e maggiore fruibilità.

La rete complessiva di percorsi ciclabili ad oggi si estende complessivamente per oltre 92 km ed è articolata sostanzialmente lungo i seguenti assi principali (fig. 1):

- Radiale Ovest (Centro - Casalecchio);
- Radiale Est (Centro - San Lazzaro);
- Radiale Nord (Centro - Corticella; Centro - Arcoveggio (incompleta));
- Radiale Fiera (Centro - Quartiere Fieristico - Parco Nord).

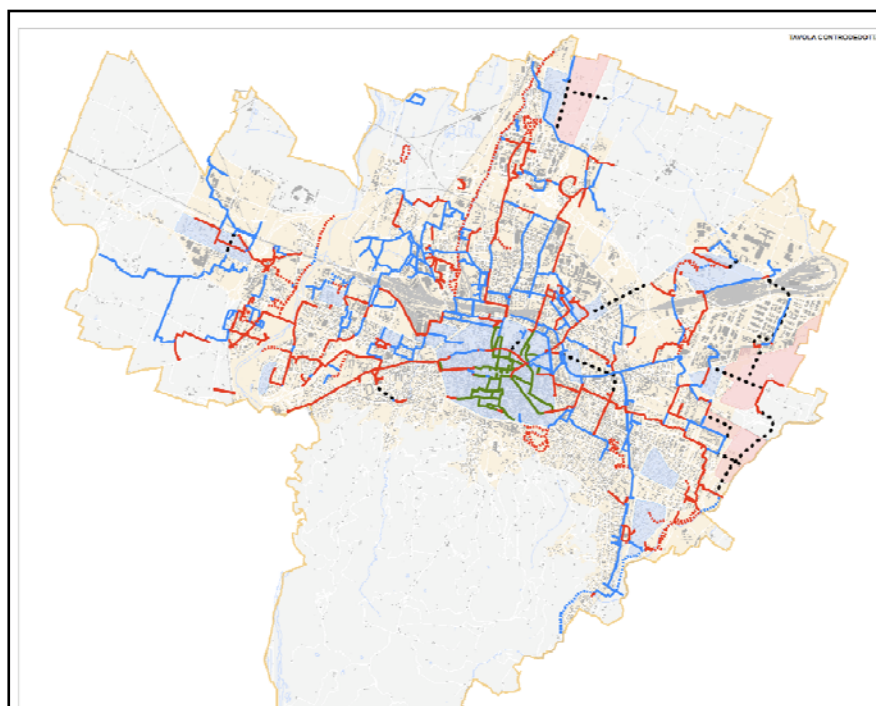


Fig. 1 Layout rete ciclabile della città di Bologna

(Rosso: piste ciclabili esistenti; Blu: piste ciclabili in fase di realizzazione)

A questa si aggiungono una serie di percorsi ciclabili (fig. 2), presenti all'interno del centro storico, dotati di una segnaletica d'indirizzamento lungo il tracciato e selezionati in modo da evitare i punti della rete viaria che presentano caratteristiche di maggior rischio per l'utenza ciclabile e promuovere l'utilizzo di una serie di strade minori, caratterizzate da una minore pressione veicolare ed una migliore fruibilità da parte del ciclista, che in tal modo può riscoprire ed apprezzare la città in tutte le sue parti.

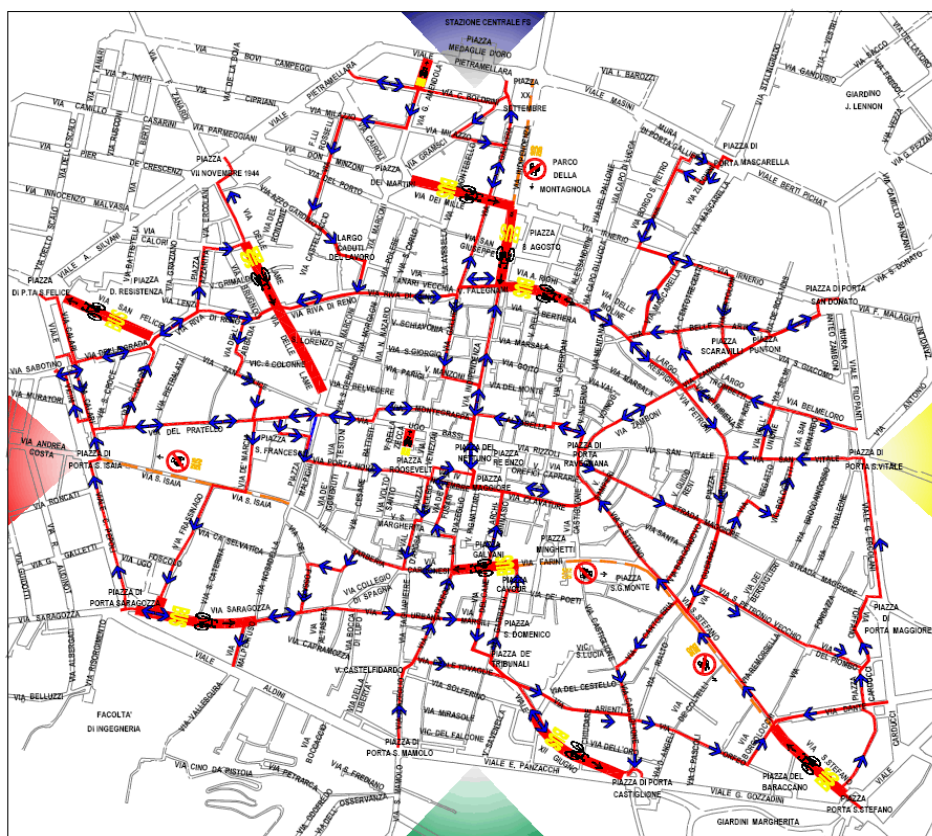


Fig. 2 Percorsi ciclabili del centro storico

Secondo rilievi effettuati annualmente da alcuni enti (tra il 2003 e il 2008), della durata di un solo giorno per ogni sezione e suddivisi in due intervalli temporali (8:30 – 10:30 e 16:30 – 17:30), i flussi ciclabili in transito sulla rete rivelavano un apprezzabile grado di utilizzo dei percorsi ciclabili, con una tendenza all'aumento lungo le Radiali caratterizzate da una buona continuità fisica della rete mentre gli itinerari discontinui (Radiale Nord, Fiera) mostravano nel tempo una diminuzione dell'utilizzo da parte dell'utenza.

Tuttavia i dati in possesso all'Amministrazione Pubblica mostravano un andamento altalenante dei flussi (figg. 3,4,5) nonostante l'assenza di alcuna perturbazione lungo gli itinerari monitorati. La causa era da imputarsi verosimilmente al fatto che si trattava di rilevazioni spot, poco rappresentative del reale funzionamento dell'infrastruttura ciclabile perché effettuate per solamente per 3 ore di un unico giorno all'anno. I valori dei flussi quindi venivano viziati dalla scelta del giorno di rilevazione e degli intervalli temporali, i quali non sempre si sono rivelati quelli di punta.

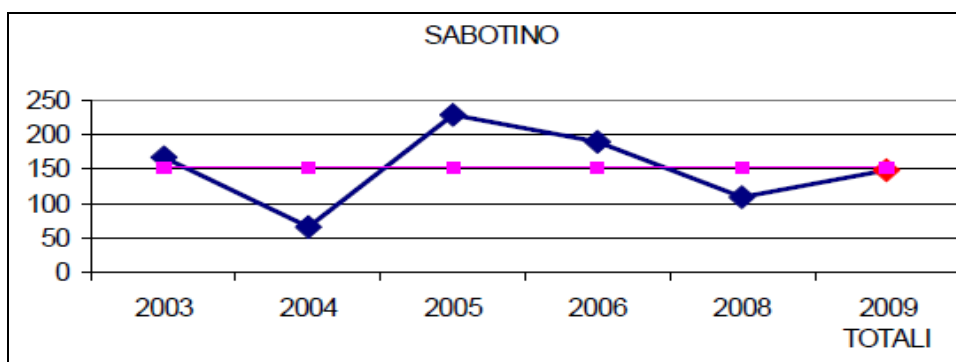


Fig. 3 Andamento dei flussi ciclabili - sezione via Sabotino

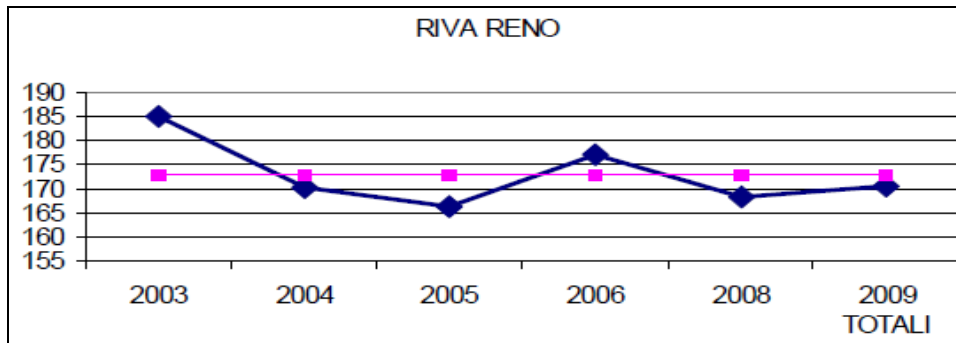


Fig. 4 Andamento dei flussi ciclabili - sezione via Riva Reno

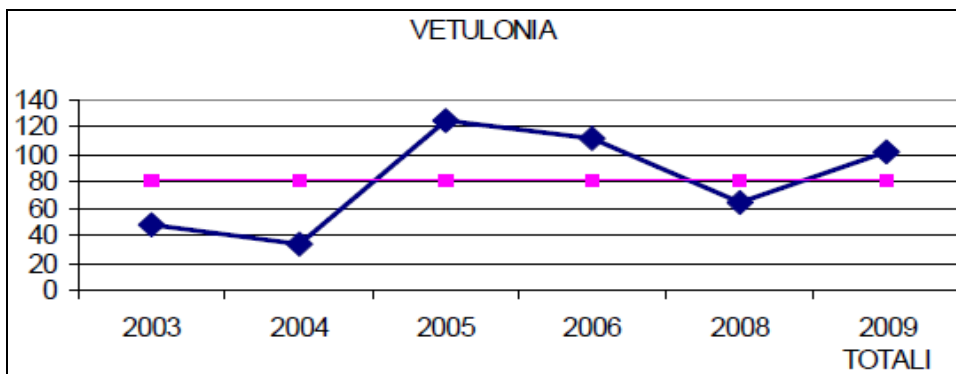


Fig. 5 Andamento dei flussi ciclabili - sezione via Vetulonia

Per questi motivi si è cercato di mettere a punto un sistema che fornisse dei risultati più realistici sui flussi ciclabili e per ottenere questo risultato si è puntato sulla continuità della rilevazione, come nel caso dei flussi veicolari.

1.2 Rilevazione dei flussi ciclabili

La necessità di raccogliere con continuità e accuratezza dati di traffico, su lunghi periodi ed a tutte le ore, ha indotto la ricerca tecnologica del settore a produrre strumenti e sistemi automatici di rilevamento sempre più raffinati. Ognuno di essi ha limitazioni di utilizzo più o meno importanti, nonché un'affidabilità ed un livello di precisione assai variabile.

Le più diffuse tecnologie di rilevamento possono essere distinte in rapporto al tipo di rilevatore adoperato, che può essere posto sulla pavimentazione (intrusivo) oppure in prossimità della carreggiata (non intrusivo).

Il rilevamento con cordoni pneumatici rappresenta uno tra i più antichi sistemi di monitoraggio. Esso fa ricorso ad un sensore costituito da tubi in gomma cavi, disposti sulla carreggiata perpendicolarmente all'asse stradale, collegati a apparecchi contatori. Il passaggio di un veicolo, provoca lo schiacciamento del tubo e la conseguente propagazione di un'onda di pressione che aziona il contatore, detto air switch. L'apparecchio a tubi pneumatici effettua il conteggio associando a due schiacciamenti del tubo (uno per ogni asse del veicolo), il transito di un veicolo. Questa tecnica può produrre errori di misura abbastanza consistenti, nel caso di traffico intenso, e non è in grado di segnalare il transito di veicoli multi asse.

La tecnica di rilevamento con cavi triboelettrici è molto simile a quella con cordoni pneumatici, in termini d'installazione e di rilevamento del passaggio del veicolo ma in questo caso il sensore invia il segnale attraverso un impulso elettrico, generato dallo contatto tra due conduttori in rame, uno centrale e uno esterno, disposti in maniera concentrica l'uno rispetto all'altro e separati da un materiale dielettrico. Tale sistema di monitoraggio è più costoso, ma, al contempo, più preciso e resistente all'usura.

Il sistema di rilevamento a spire ad induzione magnetica è, ad oggi, uno tra i più diffusi. Tale sistema è basato sul fenomeno dell'induzione che si genera al passaggio di una massa metallica (un autoveicolo) in una spira conduttrice attraversata da una corrente elettrica d'intensità costante, prodotta da un generatore. Il transito di un veicolo genera una variazione del campo magnetico presente, il quale provoca un aumento temporaneo dell'intensità di corrente circolante nella spira. Questo fenomeno permette ad un apparecchio registratore di registrare il transito del veicolo.

I sensori magneto – dinamici V.M.I. (vehicle magnetic imaging) sono i più moderni sensori di tipo intrusivo capaci di rilevare una vasta gamma di dati di traffico. Questi sensori rilevano il passaggio dei veicoli basandosi sull'analisi della variazione del campo magnetico terrestre, indotta dall'interferenza delle componenti metalliche di cui il veicolo transitante è composto. I circuiti G.M.R. (Giant Magneto Ratio), presenti all'interno del rilevatore, producono un segnale elettrico direttamente proporzionale alla massa magnetica del veicolo che lo ha provocato. Tale segnale elettrico viene registrato nella memoria interna al sensore in modo da poter essere trasferito su un computer in un secondo momento.

In alternativa ai tradizionali sensori installati sulla pavimentazione, il rilevamento del passaggio e della velocità dei veicoli può essere condotto mediante l'impiego di sensori a microonde o microwave radar. Questi possono essere di due tipi: radar ad effetto Doppler e *"true-presence microwave radar"*. I rilevatori che si basano sull'effetto Doppler emettono, mediante un'antenna direzionale, un fascio ristretto di onde elettromagnetiche con frequenza costante, le quali, quando incontrano un veicolo, vengono in parte riflesse con frequenza variata e rilevate dal ricevitore. La differenza tra le frequenze dell'onda emessa e quella riflessa è proporzionale alla velocità del veicolo. Questi strumenti non sono in grado di rilevare oggetti fermi o viaggianti a velocità inferiori a circa 3 km/h.

La seconda tipologia di sensori a microonde è rappresentata dal *"true-presence microwave radar"*, questo, a differenza del *"Doppler microwave radar"*, non

emette un'onda con frequenza costante ma un'onda continua a frequenza modulata, perciò può rilevare anche oggetti fermi.

I sensori a raggi infrarossi costituiscono delle possibili alternative ai tradizionali rilevatori intrusivi. Tali sensori si distinguono in passivi ed attivi: i dispositivi passivi consentono esclusivamente il rilevamento del passaggio dei veicoli, registrando un'energia radiante nel campo dell'infrarosso diversa da quella emessa dalla superficie stradale in assenza del veicolo; mentre quelli attivi misurano anche la velocità di passaggio dei mezzi. Bisogna tenere presente che la differenza di energia rilevata dei sensori, per effetto del transito di un veicolo, risulta proporzionale alla temperatura assoluta del veicolo ed alla emissività della superficie metallica del veicolo stesso.

Analogamente ai sensori ad infrarossi, i rilevatori acustici possono essere attivi o passivi.

Nel primo caso si tratta di strumenti ad ultrasuoni in grado di rilevare gli stessi parametri di traffico delle spire magnetiche: portata, tasso di occupazione e velocità di transito. Sono costituiti da un sensore montato su un portale o un cavalcavia che emette fasci ristretti di onde ultrasonore in direzione perpendicolare alla superficie stradale. La rilevazione si basa sul fenomeno della riflessione delle onde sonore, in questo modo è possibile misurare la distanza tra il sensore e la superficie riflettente e, sulla base di tale distanza, riconosce il passaggio dei veicoli.

Nel secondo caso invece i rilevatori acustici si basano sulla misura del rumore prodotto da ogni singolo veicolo per effetto dell'azionamento delle sue parti meccaniche e dell'interazione dei pneumatici con la superficie stradale. Questi rilevatori sono adatti a riconoscere la presenza di veicoli su un certo tratto di strada ma sono poco impiegati nel rilevamento del traffico veicolare.

Nella seconda metà del Novecento si è andato diffondendo l'uso della fotografia aerea come particolare tecnica di osservazione ed analisi dei flussi di traffico di una porzione di territorio anche molto ampia. Essa consente di risalire al valore dei principali parametri del flusso veicolare (densità, velocità media e portata) e di valutare, con metodi specifici, ulteriori parametri di interesse (ritardi alle intersezioni, % di manovre di svolta). Le difficoltà di utilizzo di questa

tecniche di rilevamento stanno nei costi elevati, nella dipendenza dalle condizioni atmosferiche, nella durata limitata delle ricognizioni e nella non sempre facile interpretazione dei dati.

Le tradizionali tecnologie di rilevamento automatico del traffico veicolare analizzate offrono i vantaggi di consentire rilevazioni prolungate nel tempo e con un buon livello di affidabilità ma presentano l'inconveniente di poter rilevare solo pochi parametri di deflusso (in genere portata e velocità) e di riferirsi ad un'area spaziale limitata alla sola sezione stradale nella quale sono stati posti i sensori di rilevamento. Per superare questi limiti la ricerca si sta indirizzando verso l'uso di sistemi di monitoraggio video, i quali, con le loro telecamere, sono in grado di rilevare con continuità le scene di traffico. Il trattamento delle immagini può avvenire tramite un operatore o tramite software che provvedono alla manipolazione delle immagini e alla valutazione delle variabili di traffico di interesse. Questo tipo di strumentazione fornisce una grande quantità di dati, è semplice da utilizzare ed ha una alta percentuale di precisione, tuttavia si tratta di operazioni molto onerose che possono essere influenzate negativamente dalle condizioni atmosferiche ed ambientali e dagli effetti distorcenti derivanti dalla visione prospettica.

1.2.1 Rilevazione strumentale

Una volta analizzati tutti i sistemi di rilevamento utilizzabili per il monitoraggio veicolare, si è proceduto nella scelta della strumentazione più idonea alla rilevazione dei flussi ciclabili.

In primo luogo sono stati scartate le strumentazioni a spire magnetiche e i sensori magneto – dinamici a causa della massa ridotta delle biciclette, le quali non sono tali da indurre variazioni sensibili dei campi magnetici.

Anche i sensori ad infrarossi non sono sembrati idonei poiché la differenza di energia rilevata, che determina il conteggio del veicolo, è direttamente proporzionale alla temperatura assoluta del veicolo ed alla emissività della superficie metallica, che non si presentano come fattori rilevanti per il veicolo bicicletta.

Analogamente i sensori acustici ed ad ultrasuoni non possono essere utilizzati nella rilevazione del passaggio di biciclette a causa delle ridotte dimensioni del mezzo e dell'assenza di qualunque impatto sonoro dovuto al transito.

Infine sono state scartate anche le foto aeree e l'uso della strumentazione video in quanto i flussi da rilevare non sono tali da giustificare i costi elevati dovuti all'impiego di tali strumentazioni, inoltre la visuale di buona parte delle piste ciclabili risulterebbe compromessa dalla presenza di vegetazione e caseggiati.

La scelta è stata quindi ristretta alla strumentazione radar e ai tubi pneumatici, in particolare sono stati utilizzati due tipi di strumenti "Doppler microwave radar" (Viacount traffic counter e Wavetech traffic counter) e un tipo di strumentazione a tubi pneumatici opportunamente modificati per la rilevazione dei flussi ciclabili.

Grazie alla possibilità di occupare la pista ciclabile in tutta la sua larghezza, i tubi pneumatici rappresentano un'ottima scelta strumentale per il rilievo dei flussi di biciclette. Il rilevatore "Apollo Diamond" (fig. 6), sviluppato negli Stati Uniti, ha come pregio il facile funzionamento, le dimensioni compatte, una buona precisione e la facilità di installazione.



Fig. 6 "Apollo" traffic counter

E' composto da tubi in gomma disposti sulla carreggiata perpendicolarmente all'asse stradale e collegati ad un apparecchio contatore.

Lo strumento consta di una scatola metallica con un coperchio dotato di celle fotovoltaiche per l'alimentazione elettrica e quindi non necessita di collegamenti elettrici. All'interno sono presenti un display LCD, una tastiera, un interruttore ed una presa per il collegamento ad un personal computer.

I tubi pneumatici vanno collegati nella parte posteriore dello strumento ove sono presenti 4 vie (nello specifico dei rilievi effettuati ne sono state utilizzate solo 2). Per assicurarsi che siano ben ancorati e tesi, i tubi vengono fissati con staffe e chiodi d'acciaio al manto stradale ad una distanza tra loro che varia a seconda del tipo di veicolo da rilevare (per rilevare i flussi ciclabili sono stati posti a 15 centimetri di distanza). I tubi originali, utilizzati per il monitoraggio del traffico veicolare, hanno uno spessore di circa 1 cm poiché devono resistere all'usura dovuta allo schiacciamento da parte di mezzi molto pesanti, perciò durante il monitoraggio dei flussi ciclabili, questi sono stati sostituiti con tubi di gomma più sottili che potessero essere facilmente schiacciati dal peso della bicicletta, risultando in tal modo più sensibili al loro passaggio e quindi riducendo gli errori di misurazione.

Lo strumento viene generalmente fissato ad un palo per evitare il furto e, una volta acceso, s'imposta la macchina inserendo una serie di dati: luogo, data e ora dell'inizio del rilievo, direzione *line 1* e direzione *line 3*.

L'installazione quindi avviene in maniera molto veloce e gli operatori possono verificare istantaneamente sul display LCD se è stata eseguita in maniera idonea o meno; in particolare si attende il transito di un veicolo per ogni direzione e si verifica che le direzioni impostate siano corrette. Lo strumento raccoglie i dati *Per-veicolo*, *Per-direzione*, *Per-volume*, li memorizza in un database interno e successivamente gli stessi dati vengono scaricati ed elaborati su un pc per mezzo del software *Centurion*.

All'interno dello stesso file, i dati vengono suddivisi tra le giornate di rilievo. Ogni riga rappresenta il singolo evento rilevato ed è composta da una stringa di lettere e numeri, come quella di seguito riportata:

1: 13:04:43.00 71.2kph, 2 Axles, Length= 684cm, A#5 S#6 L#5 G#2 H#2 ,
684cm

Nell'ordine vengono visualizzate la direzione, l'orario, la velocità in kph, il numero di assi del veicolo, la lunghezza del veicolo in centimetri e una serie di

dati di default riguardanti gli assi, la velocità, la lunghezza e il distanziamento temporale tra passaggi successivi.

A differenza dei tubi pneumatici, gli strumenti radar utilizzati sono in grado di rilevare posizione e velocità di oggetti mobili tramite l'emissione di radioonde e la ricezione delle stesse una volta riflesse dall'oggetto ricercato.

Sono composti da quattro elementi fondamentali: l'emettitore, l'antenna, il ricevitore e l'indicatore.

L'emettitore è un generatore di onde radio che, una volta prodotto, trasferisce l'impulso all'antenna tramite la guida d'onda.

L'antenna ha una duplice funzione: da un lato diffonde la radioonda convogliandola verso il bersaglio, minimizzando le perdite, dall'altro riceve l'onda eventualmente riflessa dal bersaglio trasmettendola al ricevitore.

Il ricevitore ha il compito di decodificare l'onda riflessa facendola emergere rispetto all'eventuale rumore di fondo.

L'indicatore deve consentire all'operatore di apprendere le informazioni decodificate, visualizzandole in formato analogico o digitale.

Il funzionamento dei nostri radar sfrutta il principio dell'effetto Doppler: la sorgente-antenna emette un impulso di frequenza f che raggiunge l'oggetto in movimento, il quale percepisce un'onda di frequenza f' , maggiore o minore rispetto a f a seconda che esso rispettivamente si avvicini o allontani dalla sorgente. L'entità rilevata riflette quindi l'onda incidente, che in parte, sottoforma di onda riflessa, viene registrata nuovamente dall'antenna con una frequenza f'' differente dalle precedenti. Note la velocità di propagazione dell'onda nell'aria (simile a quella nel vuoto), la frequenza dell'onda emessa e quella dell'onda riflessa, il tempo intercorso tra l'invio dell'impulso e la ricezione della sua parziale riflessione, è quindi possibile risalire alla velocità dell'oggetto rilevato, nonché la sua distanza dalla sorgente e, di conseguenza, la sua posizione.

Durante le nostre rilevazioni sono stati utilizzati due tipi di strumenti radar:

- Viacount traffic-counter;
- Wavetech traffic-counter.

Il Viacount traffic counter (fig. 7) consente il rilevamento dei singoli veicoli in una o entrambe le direzioni di marcia.



Fig. 7 “Viacount” traffic counter

L'apparecchiatura emette un campo di onde radar ed ogni movimento all'interno di tale campo provoca una modifica della frequenza del segnale riflesso. Il risultato dell'analisi combinata dei segnali emessi e riflessi è un segnale a bassa frequenza proporzionale alla velocità degli oggetti in movimento. I movimenti radiali, ovvero ortogonali ai vettori del campo di onde radar, non provocano modifiche di frequenza del segnale riflesso e pertanto non vengono rilevati.

Il transceiver del rilevatore di traffico (trasmettitore e ricevitore ad alta frequenza) è composto da due ricevitori, la cui posizione è sfasata di $\frac{1}{4}$ di lunghezza d'onda. Attraverso il cambio di fase dei segnali dei due ricevitori viene ottenuta la direzione dell'oggetto all'interno del campo radar. Un segnale privo di cambio di fase viene identificato come disturbo e non considerato. Il rilevatore effettua il controllo sul campo radar costantemente: qualsiasi oggetto, che penetri per un tempo sufficiente all'interno del campo radar, viene rilevato e se ne calcola la direzione e velocità (da 0,7 Km/h a 225 Km/h); il tempo impiegato dall'operazione di elaborazione varia a seconda della velocità dell'oggetto tra 1 secondo e 5 millisecondi.

È dotato di una batteria ricaricabile da 12 Volt che consente un'autonomia dichiarata dalla casa costruttrice di circa 14 giorni, ma che in realtà è direttamente proporzionale ai volumi di traffico rilevati ed alle prestazioni delle batterie.

Il raggio di rilevazione può raggiungere i 250 metri per la rilevazione degli autoveicoli in condizioni ottimali ma è possibile modificare il raggio di azione del radar mediante il software di gestione "Viaterm". Con questo software siamo in grado di modificare altri parametri quali la direzione di rilevamento (mono o bidirezionale), la larghezza del cono d'azione del radar e la sua precisione e verificare in tempo reale il corretto funzionamento dello strumento.

L'installazione avviene tramite ancoraggio dello strumento su pali esistenti a lato carreggiata mediante fascette metalliche, è quindi rapida, veloce e non invasiva. Le dimensioni contenute dello strumento permettono di limitare l'ingombro a lato del marciapiede o della pista ciclabile, evitando la creazione di strettoie pericolose per il passaggio. Lo strumento è in grado di funzionare anche durante il periodo invernale, contrariamente ai tradizionali traffic-counter con installazione sulla superficie stradale.

Nel caso specifico del rilievo di flussi ciclabili lo strumento va posizionato a circa 60 cm da terra e con un'inclinazione variabile a seconda delle esigenze di rilevazione anche se il valore di riferimento è di 45 gradi rispetto all'asse viario della pista ciclabile. Per il corretto funzionamento sarebbe opportuno porre lo strumento in maniera tale da limitare o comunque eliminare al massimo le interferenze degli altri mezzi sul flusso ciclabile.

I dati sui rilievi di flusso vengono registrati nella memoria interna dello strumento e, una volta scaricati su un supporto magnetico, possono essere elaborati da qualunque personal computer.

L'elaborazione avviene attraverso il software *Wats* che suddivide gli eventi in due files di testo secondo la direzione di marcia (+ se il veicolo è incoming ovvero in avvicinamento al radar, - se il veicolo è outcoming ovvero in allontanamento rispetto allo strumento). Ogni file è composto da tante righe quante il numero degli eventi rilevati ed ogni riga si presenta come una stringa di numeri che si riferiscono, nell'ordine, alla data (giorno, mese, anno), l'orario di passaggio del veicolo (in ore, minuti e secondi), la sua velocità in km/h ed il numero di punti di riflessione.

Quest'ultimi rappresentano l'ampiezza dell'onda riflessa e quindi sono associabili alla dimensione del veicolo: maggiore è il numero di punti di riflessione, maggiore è la dimensione del veicolo.

Come il Viacount, il Wavetec Traffic Counter (fig.8) è uno strumento in grado di fornire un'analisi del traffico senza entrare in contatto diretto con i veicoli.

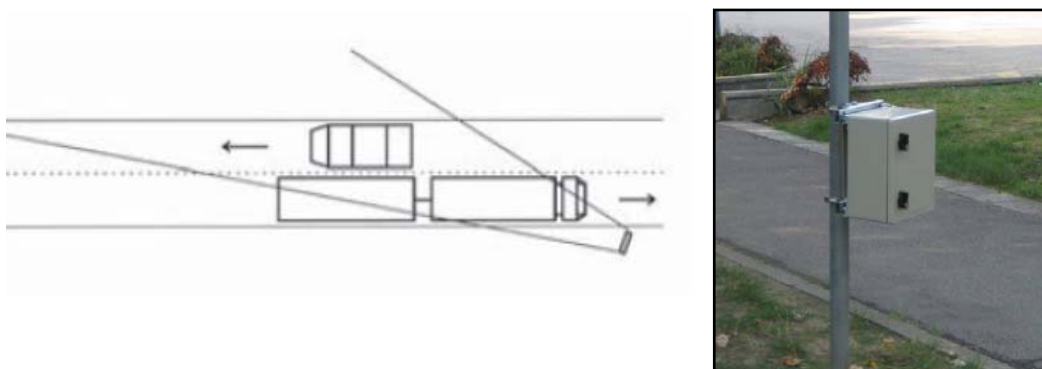


Fig. 8 "Wavetech" traffic counter

Lo strumento si presenta come un contenitore di materiale plastico, in grado di resistere alle intemperie, di dimensioni 30x25x16 centimetri e del peso di circa 7 chilogrammi, dotato di uno sportello collocato nella parte anteriore. All'interno sono riconoscibili tre entità distinte.

Nella zona superiore è posizionato il radar, collegato ad una scheda di memoria rimovibile di 32 MB, e due led luminosi: il primo di colore rosso, indica se lo strumento è acceso o meno, il secondo di colore arancione s'illumina nel momento in cui viene rilevato e registrato il transito di un veicolo. Il radar produce un fascio conico di onde radio di ampiezza al vertice pari a 13 gradi.

Nella parte centrale è presente la leva di accensione (di tipo on/off) con la quale è possibile avviare il macchinario e una presa cui collegare il Control-Terminal, ovvero lo strumento, con monitor a cristalli liquidi, per mezzo del quale è possibile visualizzare in tempo reale la misurazione in corso e settare lo strumento.

I parametri modificabili possono essere ad esempio la direzione di rilevazione (mono o bidirezionale), i limiti inferiori e superiori delle velocità da considerare (per permettere l'esclusione dalla rilevazione di alcune categorie di veicoli),

l'unità di misura della velocità e la precisione dello strumento. A differenza del Viacount, non è possibile effettuare modifiche sul settaggio del radar.

Infine nella parte inferiore è collocata la batteria di alimentazione da 6 Volt.

Anche in questo caso la procedura d'installazione del macchinario prevede il suo fissaggio, mediante fascette, ad un elemento verticale posto in prossimità della sezione su cui effettuare il rilievo. La casa costruttrice, per garantirne il corretto funzionamento, consiglia di posizionare il macchinario a una distanza compresa tra 0,5 e 4 metri dal flusso veicolare, ad un'altezza dal suolo di circa 60 centimetri e con un'angolazione rispetto alla direzione del flusso di circa 45 gradi.

Terminata la fase d'installazione, è necessario avviare lo strumento, collegarlo al Control-Terminal e verificarne il funzionamento corretto.

I dati raccolti in una memoria removibile, una volta scaricati, vengono suddivisi automaticamente in tanti files di testo quante sono le giornate di rilievo. Ogni file è composto da tante righe quanti sono il numero di eventi rilevati e riporta una stringa di numeri come la seguente:

15.10.09 17:53 005 001 007

Le informazioni visualizzate rappresentano nell'ordine data (giorno, mese, anno), orario di rilevazione del passaggio del veicolo (ore e minuti), velocità (km/h), direzione (000 in caso il veicolo sia in allontanamento rispetto al radar, 001 nel caso il veicolo sia in avvicinamento rispetto all'apparecchio) e classe di lunghezza cioè il numero di punti di riflessione, un valore proporzionale alla quantità e all'intensità delle onde radio riflesse e quindi alle dimensioni del veicolo.

Tutti gli strumenti sono stati posizionati nelle diverse sezioni per un periodo tale da garantire 7 giorni di rilevazione completa dalle 0:00 alle 24:00.

La scelta dello strumento da posizionare dipendeva dalle caratteristiche geometrico-strutturali della pista. In particolare si è fatta attenzione alla larghezza dell'infrastruttura, alla sua eventuale promiscuità, alla vicinanza a strade ad elevato traffico motorizzato, alla presenza di idonei supporti di

fissaggio e al grado di precisione degli strumenti, in relazione all'entità dei flussi ciclabili.

Sarà utile al coordinatore dei lavori redigere una worksheet ove indicare, per ogni sezione monitorata, il tipo di strumento utilizzato, le direzioni di rilevamento, la durata dell'installazione ed alcune informazioni relative alle piste (tab. 2).

N° SEZ	POSTAZIONE	APPARECCHIO	ORA INSTALL	01-ott gio	02-ott ven	03-ott sab	04-ott dom	05-ott lun	06-ott mart	07-ott merc	08-ott gio	09-ott ven	10-ott sab	11-ott dom	12-ott lun
1	via Sabotino 37	DISTART 02	12.33					R1		R1					
2	via Zamboni 13	GR 01	10.50	R2	R1				R1 R2						
6	via Fioravanti 23	SCF 01	11.10												
7	via Riva Reno 77	GR 01	14.20												R1 R2
9	viale Ercolani	TUBO1													
10	via S. Donato	TUBO 2 3													
11	via Vetulonia	DISTART 01	10.00		R1			R1 R2		R2					
12	via Matteotti														
14	via Falegnami 10	SCF 01	15.30												R1 R2
15	via Chiù	DISTART 02	15.34												
16	via Dante	DISTART 01	15.15												
17	via Moline 14														
20	via Galliera 62	DISTART 01	15.55												
25	via Bovi Campeggi 21	GR 01	10.42												
27	via Mezzofanti 16	SCF 01	16.45						R2	R1 R2	R1				

13-ott mart	14-ott merc	15-ott gio	16-ott ven	17-ott sab	18-ott dom	19-ott lun	20-ott mart	21-ott merc	22-ott gio	23-ott ven	24-ott sab	25-ott dom	26-ott lun	27-ott mart	28-ott merc	29-ott gio	30-ott ven	31-ott sab
													R2		R1 R2			
							R1 R2			R1 R2								
R2	R1																	
	R1 R2	R1 R2																
	R1 R2	R2	R1															
													R1 R2	R1 R2				
R1 R2																		
										R1 R2			R1 R2					
										R1 R2			R1 R2					
	R1 R2													R1 R2				
							R1 R2	R1							R2			

Tab. 2 Esempio di worksheet rilevazione strumentale

Dal 2009 sono state effettuate 3 campagne di monitoraggio dei flussi ciclabili sulla rete di Bologna, tutte eseguite nello stesso periodo dell'anno in modo da ottenere dati confrontabili per la creazione di una serie storica. A mano a mano che il lavoro procedeva e si ricavano i primi risultati, le sezioni da monitorare sono aumentate (figg. 9,10) e nel 2011 sono state monitorate manualmente anche le principali corsie preferenziali degli autobus (fig. 11).



Fig. 9 Sezioni monitorate 2009

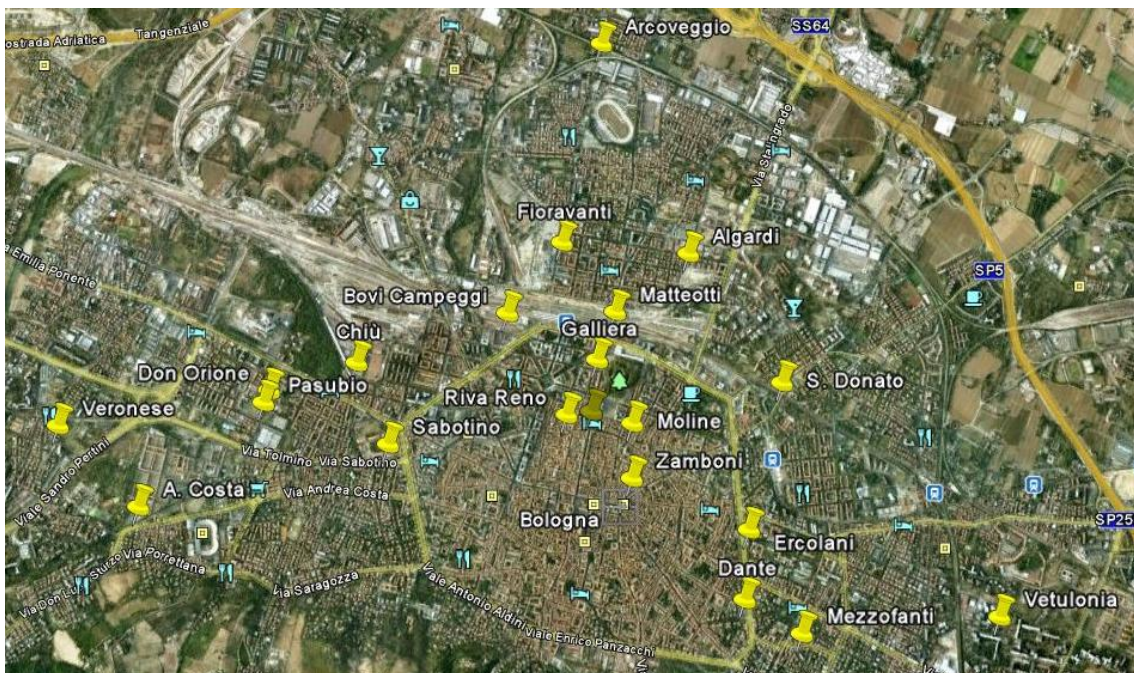


Fig. 10 Sezioni monitorate 2010

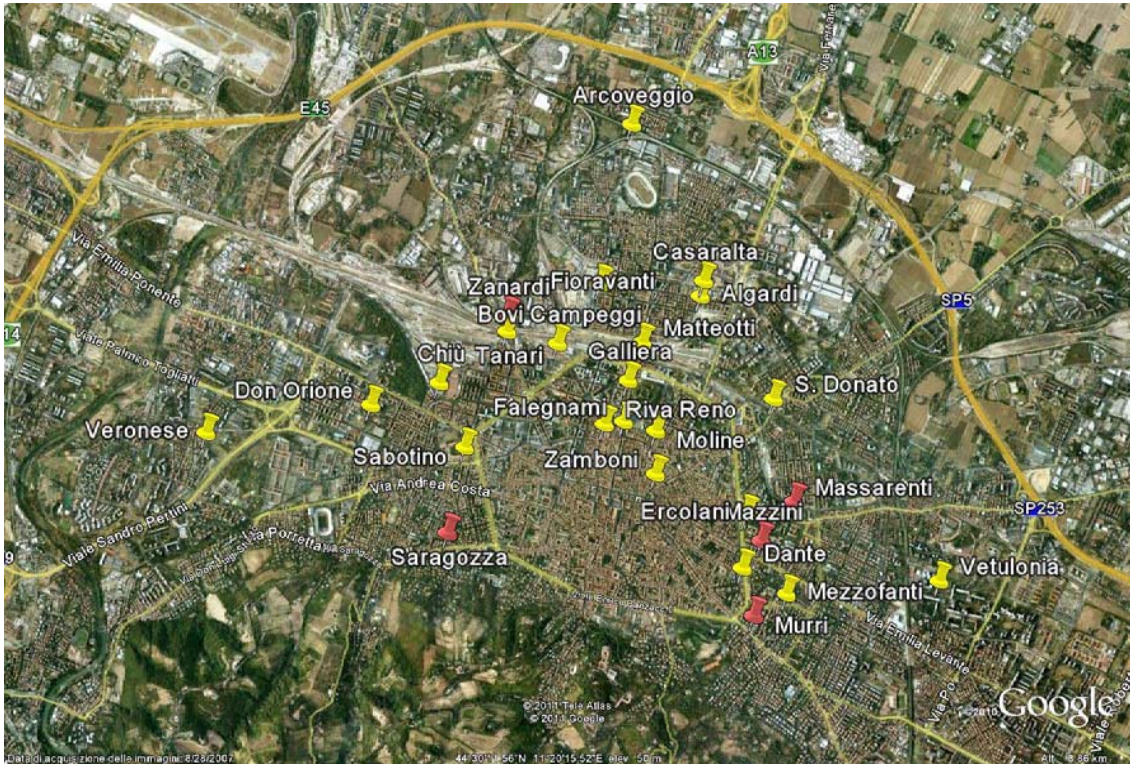


Fig. 11 Sezioni monitorate 2011

Come possiamo notare dalle immagini si è passati dal monitoraggio di 15 sezioni nel 2009, alle 21 del 2010 per finire con le 26 del 2011.

Inoltre per testare la precisione degli strumenti nelle stesse condizioni geometrico-strutturali, si sono posizionati diverse tipologie di macchinari nella stessa sezione.

Durante il periodo di installazione degli strumenti radar è stata eseguita in loco una prima calibrazione di massima: in questa fase il rilevatore annotava, in tempo reale, i dati rilevati dallo strumento, indicando il tipo di veicolo rilevato, il numero di punti di riflessione e la velocità ad esso associati. Considerando un numero di eventi sufficiente, il rilevatore è in grado di stabilire un primo ordine di grandezza di punti di riflessione associabili alle diverse categorie di veicoli.

Si stabiliscono così range di valori di punti di riflessione che identificano i pedoni, le biciclette, i veicoli a motore a due e a quattro ruote, utili alla calibrazione dello strumento.

Questa procedura non è necessaria per i tubi pneumatici dal momento che questi non risentono delle interferenze create dal flusso veicolare e dai pedoni.

1.2.2 Rilevazione manuale

Contestualmente alla rilevazione strumentale in una determinata sezione, sono stati eseguiti una serie di rilevazioni manuali.

I rilievi manuali sono stati effettuati per due giornate, tra le 8:30/10:30 e le 16:30/17:30. La scelta di tali intervalli temporali era dettata dalla presenza di alcuni rilievi spot che erano stati realizzati dall'amministrazione comunale di Bologna negli anni '90 nei medesimi orari.

I rilevatori, opportunamente addestrati, dovevano sincronizzare il proprio orologio a quello del macchinario e annotare, su tabelle prestampate, l'ora in cui avveniva il passaggio di un determinato veicolo e in quale direzione.

A margine veniva riportato anche il numero di biciclette che non utilizzavano la pista ciclabile e la loro direzione.

I rilievi manuali hanno varie funzione:

- Di confronto con i flussi rilevati in passato nelle stesse sezioni e durante gli stessi intervalli temporali;
- Di analisi del grado di utilizzo della pista (valutando la % di coloro che preferiscono non utilizzarla, sebbene presente);
- Di valutazione del grado di affidabilità degli strumenti;
- Di affinamento della calibrazione dello strumento.

1.3 Elaborazione dati

In primo luogo si è proceduto con l'affinamento della calibrazione dei vari strumenti radar, poiché il numero di eventi considerati nella prima calibrazione è limitato rispetto al numero di eventi registrati dagli strumenti.

I dati raccolti sono stati scaricati mediante gli specifici software. Per ogni sezione e per ogni direzione sono stati elaborati dei fogli excell, nei quali ogni riga corrispondeva ad un evento rilevato.

Per ogni evento, nelle varie colonne, sono stati indicati:

- Data;
- Ora;
- Velocità;

- Punti di riflessione.

I dati dei rilievi manuali vengono confrontati con quelli strumentali, relativi ai medesimi giorni ed intervalli temporali, mediante fogli di calcolo: nei rilievi manuali i rilevatori avevano indicato l'ora di passaggio (sincronizzato con l'orologio dello strumento) e il tipo di veicolo, in questo modo è possibile risalire al valore dei punti di riflessione delle varie tipologie di veicolo.

A questo punto si perfezionano gli intervalli di valore dei punti di riflessione e si vanno a scartare le rilevazioni strumentali relative al passaggio di pedoni e di veicoli a motore.

Ipotizzando che l'errore dei rilievi manuali sia nettamente minore rispetto a quello dei rilievi strumentali, se la calibrazione è stata eseguita correttamente, il numero degli eventi residui conteggiati dallo strumento si avvicina il più possibile a quello dei rilievi manuali. Nel nostro studio l'errore rimaneva inferiore al 10%.

L'ampiezza degli intervalli di punti di riflessione relativi alle diverse tipologie di veicoli non è la stessa nelle due direzioni: aumenta in direzione outcoming poiché, a causa della inclinazione dello strumento rispetto alla direzione del moto, il veicolo permane per un tempo maggiore all'interno del cono d'azione del radar rispetto alla direzione incoming. Perciò è opportuno effettuare calibrazioni ad hoc per le diverse direzioni.

Se, dopo la calibrazione, l'errore dovesse essere rilevante, si consiglia di intervenire sui valori delle velocità, scartando quelle più verosimilmente inadeguate. A riguardo non vengono riportate specifiche ma si lascia al buon senso del rilevatore l'individuazione dei criteri più opportuni per lo scarto di certi valori di velocità.

Successivamente vengono trattati in modo simile i dati raccolti dai tubi pneumatici.

Questi vengono scaricati su pc mediante software più complessi i quali generano automaticamente un report che può essere esportato in excell.

Anche in questo caso ad ogni riga corrisponde un evento, caratterizzato da :

- Direzione;
- Data e ora;

- Velocità del mezzo;
- Numero di assi conteggiato;
- Lunghezza del mezzo; ecc...

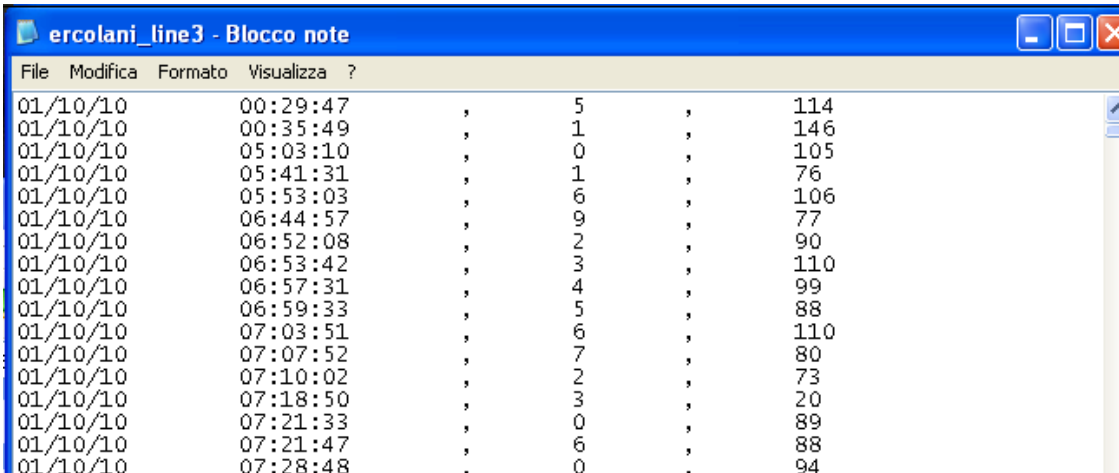
I dati ottenuti sulla lunghezza del veicolo sono tarati su una distanza tra i tubi di 122 centimetri (che è la distanza normalmente utilizzata per i rilievi del traffico motorizzato). Quindi tali dati necessitano di una rielaborazione in modo tale da ottenere delle lunghezze di veicoli facenti riferimento alla distanza tra i tubi utilizzata per i rilievi di biciclette che è di 15 cm.

Analogamente ai punti di riflessione, si creano quindi delle classi di lunghezza di veicoli caratteristiche di ogni elemento rilevato. Si determina quindi un valore limite inferiore della lunghezza per le biciclette, al di sotto del quale i dati si riferiscono al passaggio di pedoni, ed un valore limite superiore, al di sopra del quale i dati si riferiscono al passaggio simultaneo di più biciclette.

In questo caso si è ipotizzato di conteggiare il passaggio di due cicli nella stessa direzione.

A questo punto si procede con l'introduzione dei dati in appositi template creati ad hoc.

L'elaborazione dei dati avviene per ogni sezione e per ogni direzione e prevede in primo luogo la creazione di files di testo da introdurre nel template (fig. 12).



File	Modifica	Formato	Visualizza	?	
01/10/10	00:29:47	,	5	,	114
01/10/10	00:35:49	,	1	,	146
01/10/10	05:03:10	,	0	,	105
01/10/10	05:41:31	,	1	,	76
01/10/10	05:53:03	,	6	,	106
01/10/10	06:44:57	,	9	,	77
01/10/10	06:52:08	,	2	,	90
01/10/10	06:53:42	,	3	,	110
01/10/10	06:57:31	,	4	,	99
01/10/10	06:59:33	,	5	,	88
01/10/10	07:03:51	,	6	,	110
01/10/10	07:07:52	,	7	,	80
01/10/10	07:10:02	,	2	,	73
01/10/10	07:18:50	,	3	,	20
01/10/10	07:21:33	,	0	,	89
01/10/10	07:21:47	,	6	,	88
01/10/10	07:28:48	,	0	,	94

Fig. 12 Esempio di file da introdurre nel template

Successivamente si riportano i valori limite dei punti di riflessione relativi alle varie tipologie di veicolo e le indicazioni sulle velocità (fig. 13). Nel caso non vi siano indicazioni sulla velocità si utilizza un valore di default pari a 100 km/h.

Suddivisione per tipologia di veicolo e numerazione progressiva					8	velocità minima da considerare	17	velocità massima c
< 229	< 500	< 600	< 700	< 10000	149	numero minimo riflessioni		

Fig. 13 Template punti di riflessione dei vari mezzi

In questo modo il programma scarta i passaggi di tutti i veicoli e riporta gli eventi conteggiati suddivisi per giorni (fig. 14).

RIEPILOGO GIORNALIERO DEI PASSAGGI VEICOLARI					
Giorno	Due ruote	Automobili	Autocarri	Pesanti	Autoarticolati
5/09/10 00.29.3	87	41	-	4	2
16/09/10	120	85	9	4	16
17/09/10	59	25	2	1	6
18/09/10	52	30	3	1	11
19/09/10	64	34	2	2	6
20/09/10	98	64	3	1	6
21/09/10	52	12	2	1	1
22/09/10	-	-	-	-	-
23/09/10	-	-	-	-	-
24/09/10	-	-	-	-	-
25/09/10	-	-	-	-	-
totale	532	291	21	14	48
906	59%	32%	2%	2%	5%

Fig. 14 Tabella riassuntiva dei passaggi dei vari mezzi

Attraverso delle macro si creano le tabelle e i grafici relativi al numero dei passaggi giornalieri, suddivisi per quarti d'ora (fig. 15).

	Media	27/09/11 00.03.28	mercoledì 28 settembre 2011	giovedì 29 settembre 2011
	<i>totali</i>	<i>biciclette</i>	<i>biciclette</i>	<i>biciclette</i>
00.00	4	3	5	0
00.15	2	2	1	5
00.30	3	4	3	1
00.45	2	0	2	4
01.00	4	1	5	2
01.15	2	0	0	1
01.30	1	0	1	1
01.45	2	0	0	1

Capitolo 3: Il monitoraggio dei flussi ciclabili

02.00	2	0	4	1
02.15	1	0	1	0
02.30	1	0	0	0
02.45	2	2	0	2
03.00	1	1	1	1
03.15	1	1	0	1
03.30	0	0	0	0
03.45	1	0	0	0
04.00	0	0	0	0
04.15	0	0	0	0
04.30	0	0	0	0
04.45	0	0	0	0
05.00	0	1	1	0
05.15	0	0	0	1
05.30	0	0	0	0
05.45	0	0	0	0
06.00	1	1	1	1
06.15	0	0	0	0
06.30	0	0	0	0
06.45	1	1	1	1
07.00	1	1	4	2
07.15	3	9	3	2
07.30	8	7	11	15
07.45	11	14	9	15
08.00	13	18	16	15
08.15	9	13	17	9
08.30	10	15	13	11
08.45	9	12	12	9
09.00	7	5	11	8
09.15	8	12	5	9
09.30	8	11	8	9
09.45	11	12	11	14
10.00	9	16	9	8
10.15	8	9	10	9
10.30	12	13	15	9
10.45	14	12	21	13
11.00	12	10	9	13
11.15	12	10	14	17
11.30	16	25	10	18
11.45	15	13	16	17
12.00	14	14	10	13
12.15	15	19	23	10
12.30	14	15	15	10
12.45	17	12	27	22
13.00	19	19	21	23
13.15	24	27	27	32
13.30	18	19	23	13
13.45	14	11	14	16
14.00	13	12	12	13

14.15	17	12	25	24
14.30	12	15	16	14
14.45	15	19	19	18
15.00	12	10	11	11
15.15	11	7	16	10
15.30	12	6	10	8
15.45	14	7	22	22
16.00	14	6	10	11
16.15	14	9	10	19
16.30	16	6	6	16
16.45	17	25	2	23
17.00	19	33	6	24
17.15	22	33	6	23
17.30	21	30	4	29
17.45	23	34	5	27
18.00	23	23	10	27
18.15	26	30	6	27
18.30	28	39	34	26
18.45	30	37	30	34
19.00	27	32	35	35
19.15	25	22	27	31
19.30	20	29	24	20
19.45	18	31	21	25
20.00	14	19	18	16
20.15	10	10	11	11
20.30	7	4	10	10
20.45	5	8	3	9
21.00	4	6	4	4
21.15	3	3	2	7
21.30	4	7	3	5
21.45	4	2	7	3
22.00	4	7	4	3
22.15	4	2	10	6
22.30	5	4	3	7
22.45	4	4	7	4
23.00	5	7	11	9
23.15	3	6	5	4
23.30	3	3	1	5
23.45	2	1	3	4
24.00	-	-	-	-
00-24	890	990	879	1008
08-20	754	849	724	844

Fig. 15 Esempio tabella riassuntiva dei passaggi dei vari mezzi, per 15 minuti

2. Outputs e conclusioni

2.1 Dati di output e loro elaborazione

Come detto in precedenza, la prima elaborazione del foglio di calcolo fornisce delle tabelle relative ai 7 giorni di monitoraggio, nelle quali vengono riassunti tutti i passaggi delle sole biciclette, suddivisi in intervalli di 15 minuti. In queste tabelle è già presente anche il numero medio di passaggi settimanali, compresi i giorni festivi, relativi anche in questo caso ad intervalli di 15 minuti. Nelle ultime due righe invece sono presenti il numero di passaggi totali giornalieri relativi agli intervalli 0 - 24 e 8 - 20.

Da queste tabelle è possibile ricavare dei grafici a barre che riportano il numero di passaggi giornalieri di biciclette, suddivisi per quarti d'ora, all'interno di ogni ora di rilevazione (fig. 16).

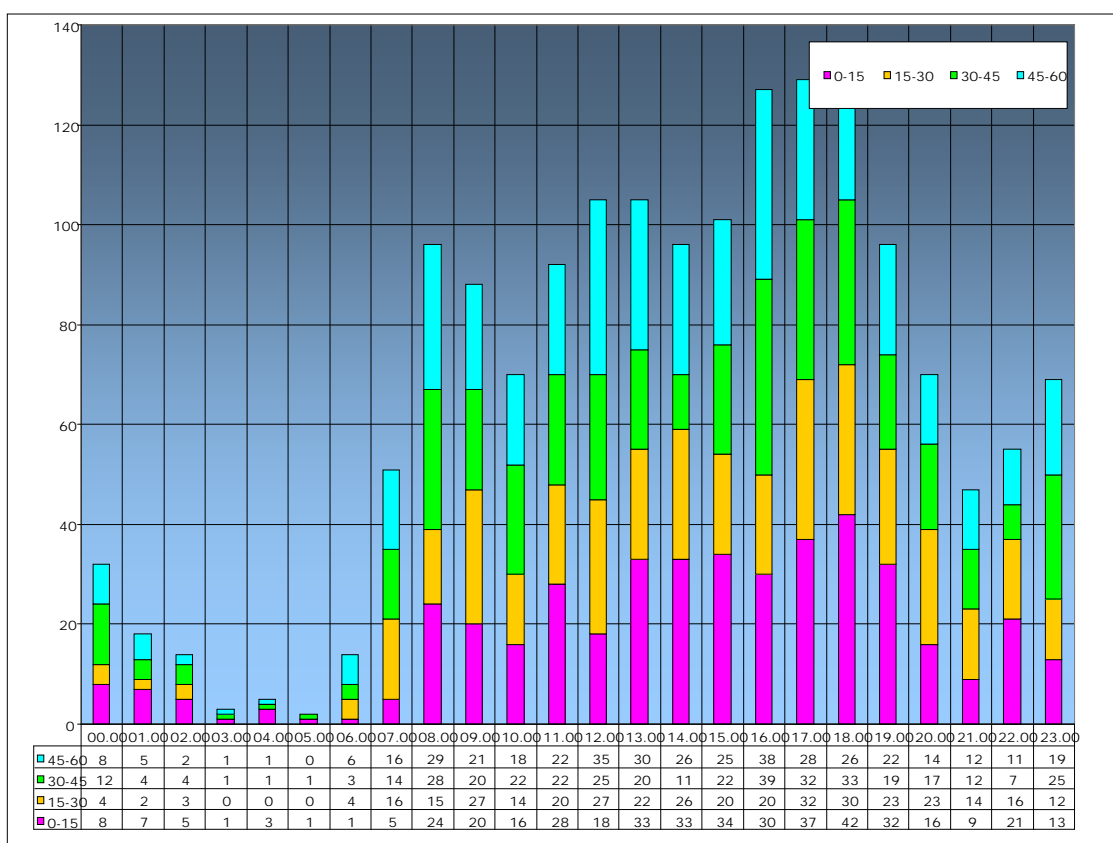


Fig. 16 Esempio grafico a barre dei passaggi dei vari mezzi

Le applicazioni di tale studio possono essere molteplici, come elevati possono essere il numero e il tipo di informazioni che si possono ottenere dall'elaborazione dei dati raccolti sia manualmente che strumentalmente.

Dai rilievi manuali è stato possibile ad esempio ricavare il PHF ovvero il fattore dell'ora di punta, il quale fornisce indicazioni sulla uniformità della distribuzione dei flussi (maggiore è il PHF maggiore è l'uniformità). Inoltre, poiché i flussi rilevati sono stati mantenuti distinti per direzione di marcia, si è potuto calcolare la ripartizione percentuale dei flussi nelle due direzioni di marcia.

Tra le informazioni raccolte dai rilevatori, si chiedeva di annotare il numero e la direzione delle biciclette che non utilizzavano la pista ciclabile, sebbene presente, così è stato possibile fornire la % di coloro che non usufruivano dell'infrastruttura (flusso fuori pista/flusso totale pista e strada) e cercare di capire, in presenza di % elevate, quali fossero le criticità presenti (fig. 17).

Pista ciclabile	8,30-10,30	16,30-17,30
Via Bovi Campeggi	73%	64%
Via Dante	68%	55%
Viale Ercolani	60%	55%
dir. Porta Mazzini	50%	56%
dir. Porta S. Vitale	68%	55%
Via Fioravanti	73%	n.d.
Via Galliera	94%	94%
Via Matteotti	44%	34%
dir. Periferia	40%	28%
dir. Centro	53%	40%
Via Riva Reno	100%	92%
Via San Donato	61%	71%
dir. Periferia	71%	76%
dir. Centro	53%	59%

Fig. 17 Grado di utilizzo delle principali piste ciclabili

Infine i dati da noi raccolti sono stati confrontati con quelli relativi agli anni precedenti, relativi alle medesime sezioni: in breve ci si è resi conto delle variazioni di utilizzo di certe direttrici, anche in funzione della realizzazione di nuove piste e collegamenti e nuove strutture insediative e commerciali.

Dai rilievi strumentali è stato possibile ottenere, per ogni sezione e per ogni direzione, dei grafici relativi ai flussi giornalieri, per le 24 ore, suddivise in

intervalli 15 minuti e riferiti a 7 giorni della settimana. Da questi grafici possiamo ricavare una serie di altre informazioni quali:

- Media feriale per le 24 ore e relativi ai 15 minuti (totale e per direzione);
- Media festiva per le 24 ore e relativa ai 15 minuti (totale e per direzione);
- Flusso medio giornaliero e il flusso medio nella fascia orario 8 – 20 (totale e per direzione);
- Flussi giornalieri, medie feriali e festive per i giorni di pioggia e per i giorni di bel tempo (totali e per direzione);
- L'incidenza delle condizioni meteo sui flussi ciclabili e quali fossero le sezioni più sensibili al fenomeno (fig.18);

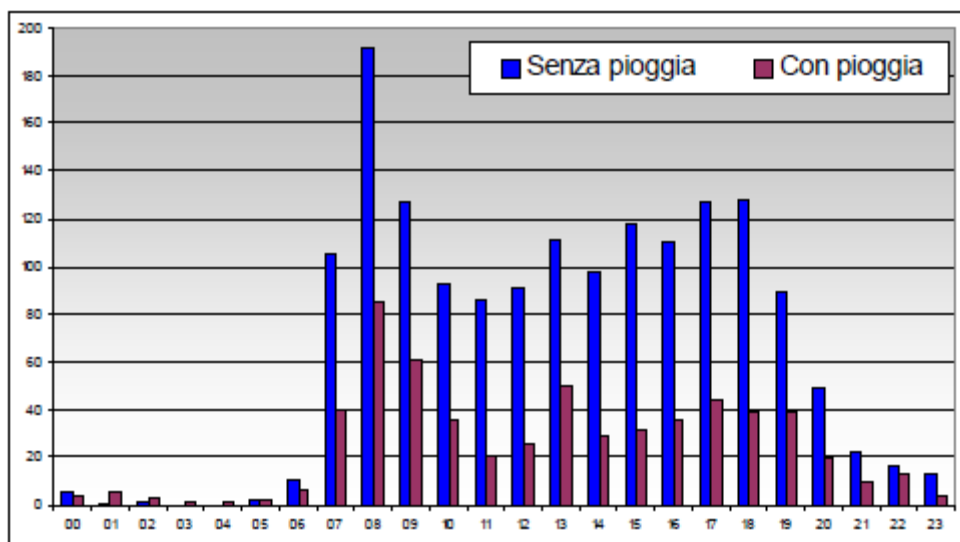


Fig. 18 Esempio di influenza meteo sui flussi – sezione via Sabotino

- Individuazione delle ore di punta del mattino e del pomeriggio e la loro frequenza (fig. 19);

	Bovi Campeggi	Dante	Ercolani	Falegnami
ora di punta mattina	7,15-8,15 (40%)	8,15-9,15 (60%)	8,15-9,15 (100%)	8,15-9,15 (80%)
periodo di punta mattina	7,15-9,15 (75%)	7,45-9,45 (100%)	7,45-9,45 (100%)	8,15-10,15 (50%)
ora di punta pomeriggio	15,30-16,30 (20%)	16,15-17,15 (40%)	17,00-18,00 (40%)	18,00-19,00 (40%)

Moline	Riva Reno	Sabotino	Vetulonia	Zamboni
8,30-9,30 (100%)	8,15-9,15 (40%)	8,15-9,15 (50%)	8,00-9,00 (67%)	8,30-9,30 (60%)
8,15-10,15 (50%)	8,15-10,15 (40%)	7,45-9,45 (50%)	7,30-9,30 (100%)	8,15-10,15 (60%)
17,45-18,45 (100%)	18,15-19,15 (40%)	17,00-18,00 (25%)	17,00-18,00 (20%)	17,00-18,00 (40%)

Fig. 19 Esempio di frequenza ore e periodi di punta

- Calcolo della variazione assoluta (data dalla differenza tra il flusso massimo ed il flusso minimo) e della variazione percentuale calcolata rispetto alla media (data dal rapporto tra la variazione assoluta ed il flusso medio). Da tali dati è stato possibile ricavare informazioni sul tipo di utenza che usufruisce dell'infrastruttura (sistematica o no) e se esistano degli itinerari preferenziali per spostarsi tra determinati punti della città.
- Confronto e serie storica dei dati (figg. 20,21,22), dai quali si possono ricavare informazioni utili sull'andamento nel tempo dei flussi, individuare le variazioni di utilizzo e le motivazioni ad esse collegate, nonché si possono aggiornare i dati con i quali calcolare lo split modale relativo all'uso della bicicletta.

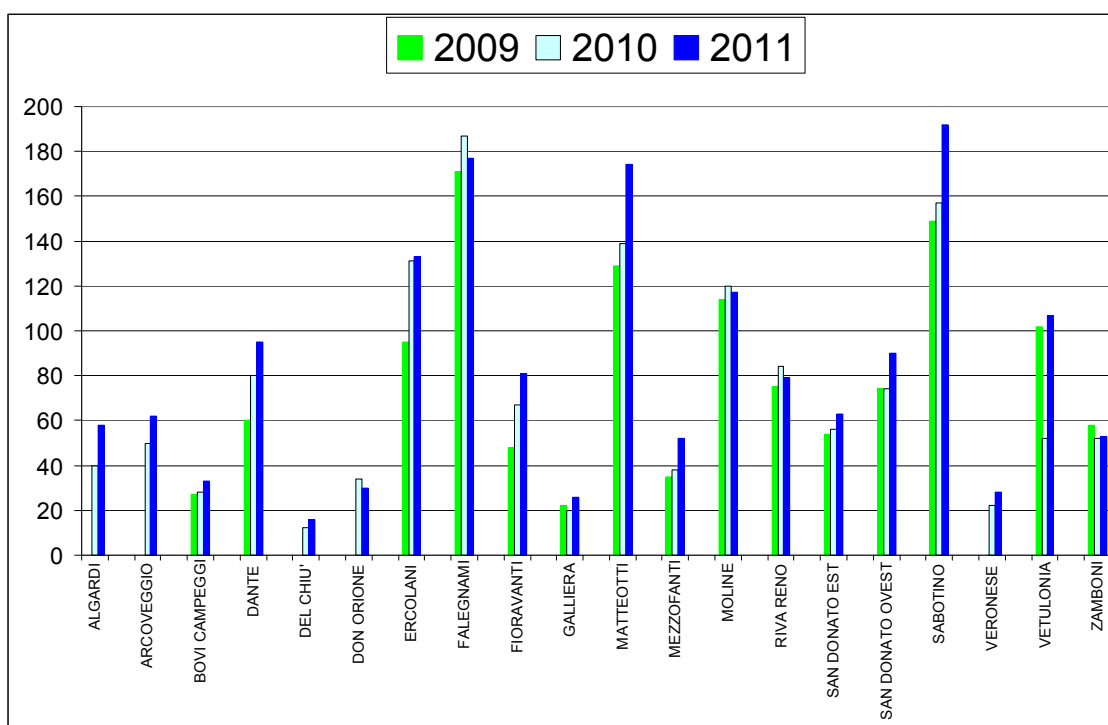


Fig. 20 Esempio confronto flussi orari medi bidirezionali

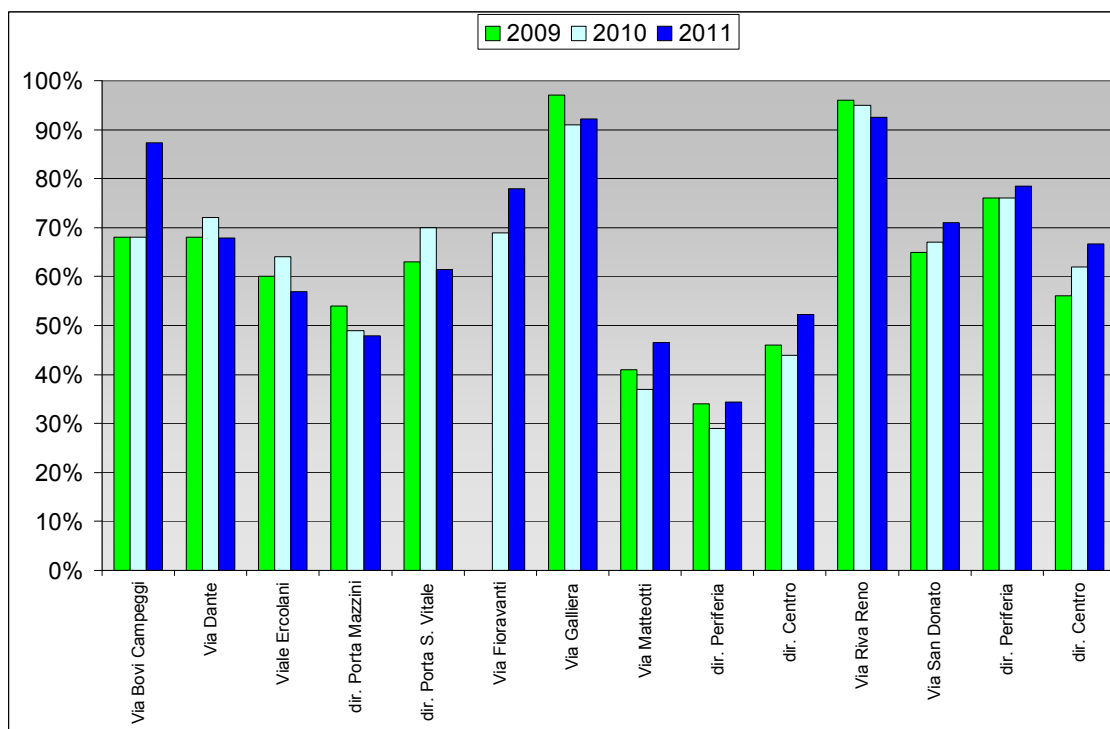


Fig. 21 Esempio confronto storico grado di utilizzo delle piste

POSTAZIONE	2011			2010			2009			2011-2010	2011-2009
	flussi giornalieri			flussi giornalieri			flussi giornalieri				
	dir 1	dir 2	tot	dir 1	dir 2	tot	dir 1	dir 2	tot	var%(tot)	var%(tot)
Via Algardi	268	245	513	228	196	424	-	-	-	21%	-
Via dell' Arcoveggio	266	374	640	269	273	542	-	-	-	18%	-
via Bovi Campeggi 21	245	244	489	255	249	504	166	170	336	-3%	46%
Casaralta	270	210	480	-	-	-	-	-	-	-	-
via del Chiu	63	81	144	63	68	131	-	-	-	10%	-
via Dante	674	341	1015	270	587	857	480	194	674	18%	51%
Via Don Orione	146	114	260	141	102	243	-	-	-	7%	-
viale Ercolani	490	966	1456	411	779	1190	418	764	1182	22%	23%
via Falegnami 10	1380	1231	2611	1227	1228	2455	1112	979	2091	6%	25%
via Fioravanti 23	431	582	1013	401	459	860	364	310	674	18%	50%
via Galliera 62	299	-	299	267	-	267	282	-	282	12%	6%
via Matteotti	839	1225	2064	794	1148	1942	572	924	1496	6%	38%
via Mezzofanti 16	385	226	611	306	131	437	306	114	420	40%	45%
via Moline 14	1304	1640	2944	1397	1591	2988	1430	1526	2956	-1%	0%
via Riva Reno	1089	-	1089	1031	-	1031	956	-	956	6%	14%
via S. Donato	916	1062	1978	778	941	1719	683	841	1524	15%	30%
via Sabotino 37	991	1148	2139	936	1023	1959	773	823	1596	9%	34%
Via Tanari	188	248	436	-	-	-	-	-	-	-	-
Via Veronese	176	158	334	155	120	275	-	-	-	21%	-
via Vetulonia	619	551	1170	389	356	745	490	587	1077	57%	9%
via Zamboni 13	-	765	765	-	777	777	-	942	942	-2%	-19%
tot	11039	11411	22450	9318	10028	19346	8032	8174	16206		
tot 2011 sezioni monitorate anche 2010 e 2009			19643			17731			16206	11%	21%
tot 2011 sezioni monitorate anche 2010			21534			19346				11%	
tot 2011 sezioni monitorate 2010 - Vetulonia			20364			18601				9%	

Fig. 22 Esempio confronto storico andamento flussi delle piste

Questa è solo una parte delle informazioni che si possono ricavare dall'utilizzo dei dati relativi ai flussi ciclabili.

La duttilità di questa metodologia di lavoro fa sì che possa essere modificata ed adattata alle finalità di studio e alle esigenze dei tecnici, senza che se ne stravolgano i principi, la facilità di applicazione in campo pratico e l'affidabilità dei risultati.

L'utilizzo di traffic counter comunemente impiegati per le rilevazioni di traffico, non invasivi e di facile e rapido montaggio permette di limitare i costi dell'operazione

Con i dati ottenuti si possono creare serie storiche di dati, monitorare lo sviluppo della mobilità ciclabile, valutare l'efficacia degli interventi, l'attrattività dell'infrastruttura e fare analisi before and after.

2.2 Limiti strumenti e soluzione dei problemi

Durante il monitoraggio dei flussi ciclabili è stato possibile definirne la metodologia da utilizzare, la quale comprende anche un'analisi dei limiti e dei punti di forza dei vari strumenti, nonché una serie di raccomandazioni relative alla corretta installazione dei macchinari.

La nostra esperienza sul campo ci ha permesso inoltre di constatare quali fossero i problemi tangibili di una rilevazione strumentale di flussi ciclabili: oltre alla non sempre facile individuazione del percorso ciclabile, il problema più rilevante è stato la scelta dell'ubicazione dello strumento e del tipo di dispositivo da utilizzare a causa della conformità dell'infrastruttura e dei problemi di interferenze con i movimenti degli altri soggetti presenti.

In particolare parliamo di:

- Interferenza con il traffico veicolare motorizzato;
- Interferenza con i flussi pedonali.

Nel primo caso, soprattutto lungo piste ciclabili a lato della carreggiata stradale, il passaggio del mezzo a motore a velocità elevate creava vibrazioni e riflessioni del segnale radar. In tale caso è stato opportuno fissare lo strumento di spalle alla carreggiata stradale e ruotarlo in modo tale da escludere

totalmente il traffico veicolare dal cono di azione del radar. Si è fatta attenzione anche al fatto che lo strumento non fosse rivolto verso muri o cartelloni pubblicitari che si trovassero a distanza inferiore a 1,5 metri, in modo tale da evitare i fenomeni di riflessione delle onde.

Se nonostante questi accorgimenti non si era in grado di eliminare questo tipo di interferenza, si optava per l'installazione di strumenti a tubi pneumatici.

Nel caso di interferenza tra bici e pedoni, che si verificava in presenza di piste ciclabili promiscue o all'interno di zone pedonali, il problema poteva essere risolto mediante opportuna rotazione dello strumento, atta ad escludere il traffico pedonale, oppure settando lo strumento (come diminuire il raggio di azione del cono del radar) o fissando delle velocità minime di rilevazione.

In questi casi si è anche ricorso ad una calibrazione sul posto più precisa, per avere un range di punti di riflessione dei pedoni più esatto possibile.

Soprattutto nel caso di piste ciclabili riservate, ricavate sul marciapiede, ci siamo avvalsi dell'utilizzo di "Apollo", poiché questo permetteva di posizionare i tubi esclusivamente sulla corsia riservata al transito ciclabile, escludendo la mobilità pedonale quasi nella sua totalità. Inoltre posizionando i tubi a circa 15 cm di distanza il pedone o li evitava di proposito oppure ne schiacciava solamente uno, facendo registrare al contatore un evento "nullo" o errore.

Dall'utilizzo dei vari apparecchi siamo stati in grado di ricavarne i loro punti di forza e quelli deboli: in particolare possiamo affermare che i tubi pneumatici posseggono un grado di precisione più elevato rispetto agli strumenti radar, anche se è doveroso precisare che la potenza e le capacità del radar dipendono direttamente anche dal suo valore economico.

Durante lo studio in questione la maggiore affidabilità dei tubi pneumatici deriva dal fatto che, se posizionati correttamente, è praticamente impossibile evitare il loro schiacciamento (a meno che non lo si faccia di proposito) e quindi il passaggio del veicolo è sempre conteggiato; negli strumenti radar invece è più frequente che il passaggio non venga valutato quando il veicolo permane per troppo tempo entro il cono d'azione del radar oppure non vi entra o esce totalmente.

Inoltre gli strumenti radar hanno una durata di rilevazione proporzionale al traffico veicolare presente perciò maggiore è il traffico conteggiato, minore sarà la durata delle batterie; mentre i tubi pneumatici presentano un'alimentazione a celle fotovoltaiche che assicura rilevazioni in sicurezza prolungate nel tempo e permettono di rimontare il macchinario su un'altra sezione, risparmiando i tempi di ricarica delle batterie.

Tra gli strumenti radar è da preferire, per la rilevazione dei flussi ciclabili, il Viacount traffic counter in quanto, rispetto al Wavetech, fornisce un numero di punti di riflessione maggiore perciò la calibrazione risulta essere più precisa e quindi più efficace.

Inoltre questo tipo di macchinario permette il settaggio delle configurazioni del radar e quindi la calibrazione e l'esclusione delle interferenze sono più efficaci, rispetto agli altri strumenti.

Infine segnaliamo che i tubi pneumatici presentano un limite non trascurabile nel caso di passaggio simultaneo di più veicoli. Essi infatti forniscono la direzione di passaggio del primo veicolo che schiaccia i tubi perciò non siamo in grado di discernere la direzione dei veicoli che passano nel medesimo istante sulla sezione.

Lo stesso accade nel caso in cui avvenga lo schiacciamento sincrono dei tubi da parte di una bicicletta e pedone: mentre il passaggio di un pedone solitario che schiaccia un solo tubo non viene conteggiato, in concomitanza con un altro veicolo il passaggio viene memorizzato.

In entrambi i casi si è ipotizzato di considerare il movimento di due biciclette nella stessa direzione, fornita dal primo passaggio sui tubi. Tale semplificazione è accettabile in quanto, in fase di calibrazione, l'errore permane contenuto.

Capitolo 4: La scelta dell'itinerario ciclabile

1. I fattori che influenzano la scelta dell'itinerario ciclabile

Nella scelta dell'itinerario ciclabile, i ciclisti sono influenzati da una serie di variabili, più o meno note.

Queste variabili possono essere classificate in 2 grandi categorie:

- Fattori relativi all'arco (*link-level factors*);
- Fattori relativi all'intero percorso (*route-level factors*).

Inoltre esistono fattori di tipo socio-economico, come ad esempio l'età o il sesso, che sono in grado di influire sulla scelta del percorso.

I fattori relativi all'arco possono includere la presenza di piste ciclabili, le caratteristiche del traffico veicolare e dei parcheggi, la qualità della pavimentazione e la pendenza del tracciato.

Molti studi hanno quantificato l'influenza che la combinazione di questi fattori ha sul Livello di Servizio dell'infrastruttura, fornendo una serie di indicatori sintetici: IHS Intersection Hazard Score, BCI Bicycle Compatibility Index, Bicycle Stress Level Index, ecc. Questi indici forniscono informazioni importanti sulla sicurezza, comfort e livello di servizio dal punto di vista del ciclista.

I fattori relativi al percorso si riferiscono agli attributi che risultano essere significativi quando si prende in considerazione l'intero spostamento. Essi includono il tempo di viaggio, la continuità dell'infrastruttura ciclabile (l'assenza di interruzioni brusche della pista lungo l'arco stradale ed in particolare nel tratto precedente e successivo l'intersezione stradale) e il ritardo complessivo alle intersezioni, dovuto anche alle varie forme di regolazione del traffico (semafori, incroci a precedenza).

Analizzando brevemente gli studi più importanti sull'argomento, si riportano nelle tabelle sottostanti (tabb.1,2) le variabili maggiormente prese in esame, le quali possono essere raggruppate in 6 sottocategorie:

1. caratteristiche dei ciclisti (età, sesso, esperienza ciclabile, reddito, possesso auto, ecc);
2. presenza e tipologia di parcheggi sulla carreggiata stradale;
3. caratteristiche fisiche della strada (condizioni della pavimentazione, pendenza, utilizzo del suolo, ecc);
4. caratteristiche funzionali della strada (volume di traffico e relativa velocità) ;
5. caratteristiche operative della strada (lunghezza dei percorsi, tempo di viaggio, accessibilità ai mezzi pubblici);
6. tipo di attrezzatura ciclabile e servizi (tipologia e continuità dell'infrastruttura ciclabile, presenza di parcheggi, rastrelliere).

Nelle tabelle vengono inoltre riportate le informazioni relative all'autore dello studio, l'anno di pubblicazione, le caratteristiche del questionario (RP o SP) e dei partecipanti (pendolari o meno), l'obiettivo dello studio e il tipo di analisi effettuata per l'elaborazione dei dati (analisi descrittiva o utilizzo di modelli comportamentali).

Study	Data Source			Bicycling purpose considered	Focus of the analysis (dependent variable)	Analysis framework employed	Attributes considered				
	Respondents targeted	Date of data collection	Data elicitation approach				Individual and Household	On-Street parking	Bicycle facility type and amenities	Roadway physical characteristics	Roadway functional characteristics
Antonakos 1994	Questionnaire distributed to cyclists in Michigan	1992	Revealed preference survey (based on an overall perception of bicyclists)	Leisure travel	Environmental and travel preferences of bicyclists (bicycling facilities and on-road facility characteristics)	Descriptive analysis	Age, gender, auto bicycle availability, cycling experience	---	Pavement surface, terrain, scenery, traffic stops, road signs	Traffic volume and speed	Distance, travel time
Aultman-Hall 1996	Bicyclists in Ontario, Canada	1993	GIS database of 397 commuter bicycle routes; a Revealed Preference survey	Commuting	Bicycle route characteristics of commute routes (proportion of bicycle routes with different route attributes)	Descriptive analysis	Age, gender	---	Intersection spacing and configuration	---	---
Ashausen and Smith 1986	2 civil engineering classes and Bombay bicycle club members	1984	Stated Preference survey	All purposes	Bicycle route choice (bicycle route)	Descriptive analysis and linear regression	Cycling experience	---	Pavement surface, route surrounding land-use characteristics	Traffic volume	---
Bovy and Bradley 1984	Employees of Delft University, The Netherlands	---	Stated Preference survey	Commuting	Bicycle route choice (bicycle route)	Ordinary least squares, multinomial logit	---	---	Pavement surface	Traffic volume	Travel time
Calgary 1993	Bicyclists in Calgary	1992	Revealed preference survey	Commuting	To obtain a better understanding of bicycle facility needs (bicycle route characteristics)	Descriptive analysis	---	---	---	Traffic volume, weather	---
Davis 1995	Bicyclists in 8 test segments in Atlanta, Georgia	1995	Revealed preference questionnaires	All purposes	Evaluate the effect of roadway conditions on bicycling route suitability for bicycling based on preferences of bicyclists	Descriptive analysis	---	Presence of on-street parking	Intersection spacing and configuration, route surrounding land-use characteristics, grades	Traffic speed	---
Guttenplan and Patten 1995	Bicyclists near Pnelias Trail, Florida	1993	Revealed preference survey	All purposes	Use of bicycle trail for bicycling (factors influencing trail use)	Descriptive analysis	---	---	---	---	Travel time
Harris and Associates 1991	Nationwide survey	1991	Revealed preference survey	All purposes	Bicycle facilities and bicyclist characteristics (bicycle use information for last year, month and bicycle facility characteristics)	Descriptive analysis	---	---	---	---	---

Tab.1 Variabili presenti nei principali studi sul rischio percepito dai ciclisti

Study	Data Source			Bicycling purposes considered	Focus of the analysis (dependent variable)	Analysis framework employed	Attributes considered					
	Respondents targeted	Date of data collection	Data elicitation approach				Individual and Household	On-Street parking	Bicycle facility type and amenities	Roadway physical characteristics	Roadway functional characteristics	Roadway operational characteristics
Hopkinson and Wardman <i>et al.</i> 1996	Current and potential bicyclists in an urban transport corridor in Bradford, UK	1994	Household and Stated preference survey	All purposes	Estimating the demand for and valuation of cycling facilities. (bicycle route choice)	Descriptive analysis and logit model	Age, gender, auto/bicycle availability, cycling experience, reasons of cycling	---	---	---	---	Travel time, travel cost
Hunt and Abraham 2006	Bicyclists in Edmonton, Canada	1994	Stated preference survey	Non-recreational travel purpose	Factors influencing bicycle use (bicycle route choice)	Multinomial logit model	Age, bicycling experience	---	Traffic volume	---	---	Travel time
Landis <i>et al.</i> 1997	A test course located in Tampa, Florida	1997	Experimental data from test course	Experiment study with all participants of varied cycling experience	Develop a bicycle level of service variable (quality of service)	Regression analysis	---	---	Traffic speed, traffic volume	---	Pavement surface, route surrounding land-use characteristics	---
Lott <i>et al.</i> 1978	Bicyclists in Davis, California	1974	Revealed preference data before and after the new facility construction	All purposes	Attitudes of bicyclists toward a new bicycle facility (bicycle route choice)	Descriptive analysis	---	---	---	---	---	Safety concerns
Ortiz <i>et al.</i> 2000	Potential bicycle users in Santiago, Chile	1999	Household and Stated preference survey	All purposes	Identifying the factors conditioning bicycling (choice of cycling, mode choice)	Logit model	Age, gender, household size and income, auto/bicycle ownership, education/employment level, frequency/reason of bicycling, weather	---	---	---	---	Travel time, travel cost, accessibility to public transport
Sacks 1994	Bicyclists on greenways in Baltimore	1993	Revealed preference questionnaire	All purposes	Examining the use of greenways for bicycling (bicyclist and bicycle facility characteristics)	Descriptive analysis	Age, gender, vehicle ownership, work flexibility, personal security	---	---	---	---	---
Stinson and Bhat 2003	Commuter bicyclists in the US	2002	Web based stated preference survey	Commuting	Factors affecting commuter bicyclist route choice (bicycle route choice)	Multinomial logit model	Age, gender and income	Presence of parallel parking	---	Roadway class, pavement surface, bridge type, terrain grade, traffic stops, red lights and cross streets	---	---
Tilahun <i>et al.</i> 2007	Employees of the University of Minnesota, excluding students and faculty	2004	Adaptive Stated Preference Survey	Commuting	To understand the tradeoffs between different bicycling facility features (bicycle route choice)	Binomial linear utility models	Age, gender, bicycling season, household size, household income	Presence of side-street parking	---	---	---	Travel time

Tab.2 Variabili presenti nei principali studi sul rischio percepito dai ciclisti

Come si può notare dalle tabelle, nessuno degli studi ha considerato tutte e sei le categorie di variabili contemporaneamente; tuttavia sono sempre presenti il tipo di infrastruttura ciclabile e la sua continuità.

Per le elaborazioni dei dati sono state utilizzate in moltissimi casi tecniche di analisi descrittive e non regressioni o modelli di tipo comportamentale. In questo modo i dati raccolti vengono elaborati e sintetizzati mediante strumenti grafici (grafici a barre, a torta, ecc) e indicatori che descrivono gli aspetti salienti dei dati osservabili sul campione in esame. Solamente se si è in grado di raggiungere un tasso di campionamento significativo, è possibile estendere i risultati ottenuti alla popolazione. In genere ciò non accade a causa dei costi elevati che un'operazione di raccolta dati su larga scala comporta. Utilizzando delle regressioni è possibile invece capire quale peso abbiano le variabili analizzate e se siano statisticamente significative; inoltre si è in grado di mettere in relazione 2 o più variabili tra loro, per meglio capire quale impatto abbiano sul fenomeno in esame.

Dalle tabelle emerge, inoltre, che pochi autori hanno considerato gli impatti del tempo di viaggio e della lunghezza del percorso, nonostante queste variabili risultino essere molto importanti per la categoria dei ciclisti sistematici (Sener et alii, 2007; Stinson and Bhat, 2003; Heinen et alii, 2011).

Infine è necessario sottolineare che nessuno studio ha considerato le potenziali variazioni di sensibilità verso alcune variabili (quali il tempo di viaggio o la sicurezza), dovute alle caratteristiche "individuali" soggettive, non osservabili direttamente (esperienza nel traffico, esperienze vissute come traumi, incidenti o furti, ecc); perciò può accadere ad esempio che un ciclista sia meno interessato di altri alla sicurezza e quindi si ponga con atteggiamento differente di fronte ad alcune situazioni, come la presenza di traffico intenso; oppure sia poco sensibile al tempo di viaggio e perciò effettui scelte dell'itinerario diverse da quelle che ci aspetteremmo.

Rispetto agli studi analizzati finora (e presenti nelle tabelle precedenti), i limiti sopra esposti sono in genere stati superati dagli studi più recenti che spesso hanno preso in considerazione tutte e sei le categorie di attributi ed

utilizzato modelli comportamentali per l'elaborazione dei dati ottenuti (Texas 2007, Zurigo 2010, Copenhagen 2009, etc.).

Le conclusioni alle quali spesso giungono queste ricerche sono le seguenti:

- I ciclisti preferiscono strade dove non ci siano parcheggi lungo la carreggiata poiché impediscono una visuale completa e sono di intralcio ai movimenti. In caso di parcheggio consentito vengono preferiti quelli obliqui rispetto alla carreggiata poiché il ciclista ha più tempo per reagire e si può spostare più facilmente quando l'auto lascia il posteggio; mentre nei parcheggi paralleli alla carreggiata il tempo di esposizione al conflitto è maggiore rispetto al caso precedente quando l'automobilista parcheggia e c'è un rischio molto elevato di essere colpiti durante l'apertura di uno sportello. La presenza di parcheggi lungo la carreggiata è un deterrente nella scelta del percorso per ciclisti che compiono spostamenti sistematici di lunghezza superiore alle 5 miglia rispetto a coloro che compiono sistematicamente percorsi più brevi o ai ciclisti occasionali, i quali effettuano spostamenti più brevi a causa del maggiore sforzo richiesto per mantenere costante l'attenzione sui lunghi tragitti (Sener et alii, 2007).
- I ciclisti preferiscono infrastrutture ciclabili continue, specialmente nei lunghi percorsi ed in prossimità delle intersezioni in modo da aumentare, anche in maniera sensibile, il senso di sicurezza percepito. Le interruzioni dell'infrastruttura ciclabile infatti lasciano al ciclista un senso di incertezza su come comportarsi soprattutto nei confronti del traffico veicolare, provenendo da una situazione fisica e mentale nella quale la pista ciclabile separa fisicamente la marcia dei ciclisti dagli altri veicoli (Krizek and Roland, 2005).
- I ciclisti esperti e sistematici, che circolano sulle carreggiate stradali, preferiscono archi caratterizzati da media velocità di percorrenza del flusso veicolare rispetto a quelli a bassa velocità; ma evitano quelli dove si transita ad alta velocità. Tuttavia il tempo di viaggio e la presenza di veicoli pesanti sembrano essere le variabili che maggiormente influiscono sulle scelte di questa categoria di ciclisti a causa della

durata del tempo di esposizione al traffico e del conseguente senso di insicurezza (Sener et alii, 2007; Sorton and Walsh, 1994; Forester,1996).

Da molte ricerche (Axhansen e Smith1986; Epperson et alii 1995; Forester 1986; Sorton e Walsh 1994) inoltre emerge come siano diverse, e a volte discordanti, tra i ciclisti le percezioni e le preferenze verso differenti tipi di infrastrutture ciclabili.

In letteratura, gli studi che si sono occupati di analizzare quali fossero le caratteristiche infrastrutturali delle piste che influenzassero le scelte del percorso nei ciclisti sono suddivisi in :

- Studi a livello aggregato: analizzano le relazioni tra le caratteristiche delle piste ciclabili e gli indici di misura aggregati sull'uso della bicicletta (ad esempio il cambiamento di flusso ciclabile su una pista dopo opere di miglioria);
- Studi a livello disaggregato: analizzano i problemi a livello del singolo ciclista, cogliendo meglio le relazioni tra variabili e scelte del ciclista stesso.

Per studiare i fattori che influenzano la scelta dell'itinerario sono più efficaci gli studi a livello disaggregato che raccolgono informazioni sulle preferenze e sulle scelte di viaggio del ciclista mediante la compilazione di questionari.

I questionari utilizzati sono di 2 tipi:

1. *revealed preference surveys* (RP);
2. *stated preference surveys* (SP).

Dalle interviste RP si ottengono informazioni sulle scelte realmente compiute dai ciclisti ma la raccolta dei dati è problematica, lunga, con un campione e un'area geografica di interesse limitata e inoltre vengono considerati solo i fattori relativi all'arco e al percorso. Infatti questo tipo di intervista è effettuato in genere sulle strade, spesso in prossimità di intersezioni, dove è più semplice intervistare gli utenti che sono in attesa, durante i loro spostamenti.

Gli studi che hanno utilizzato questo metodo di indagine in genere hanno cercato di capire l'importanza che riveste il percorso più breve nella scelta del percorso: il principale risultato ottenuto è che i ciclisti sistematici preferiscono i percorsi più brevi ma sono disposti ad effettuare lievi deviazioni di percorso (nell'ordine del 10% della lunghezza del percorso abituale) per utilizzare eventuali piste ciclabili; evitano i tracciati tortuosi, in salita, molto trafficati o esterni alla carreggiata stradale e preferiscono le strade con intersezioni semaforizzate rispetto a strade con intersezioni a precedenza o rotatorie.

I questionari SP presentano all'intervistato domande a risposta multipla, con un set di opzioni scelta da chi ha ideato il questionario. In questo modo è possibile effettuare molte interviste in tempi ridotti ma la capacità di comprensione delle domande da parte degli utenti può rappresentare un limite al numero delle variabili da analizzare per caratterizzare la scelta del percorso. Molte ricerche condotte in questo modo (Hunt and Abraham, 2006; Meneghini et alii, 2010; Bhat and Stinson, 2003, 2005) hanno evidenziato che il tempo di viaggio gioca un ruolo molto importante, seguito dall'entità di traffico veicolare sull'arco e dal tipo di infrastruttura ciclabile soprattutto tra i ciclisti sistematici (Sener et alii, 2007; Hochmair, 2009), i quali sono disposti ad aumentare il loro tempo di viaggio per utilizzare una pista ciclabile. Uno studio empirico effettuato da Harvey nel 2008 mostra che i ciclisti pendolari sono disposti a deviazioni di percorso del 10%, per tragitti di lunghezza media di 10 km. Ciò conferma quanto emerso da ricerche effettuate da Thompson in precedenza (2007), mediante interviste a ciclisti sistematici e ciclisti che utilizzavano la bici solo per motivi di svago: era stato messo in evidenza che gli utenti erano disposti a percorrere una media del 67% in più del tragitto, per utilizzare una pista ciclabile non contigua alla sede stradale. Rispetto a quest'ultimi, l'ordine di grandezza delle deviazioni di percorso, che i ciclisti sistematici sono disposti ad accettare per percorrere tragitti con livelli di servizio appena superiori a quelli degli itinerari consueti, varia sensibilmente. Ciò può essere attribuito alla presenza, tra gli intervistati, di ciclisti occasionali e alle diverse caratteristiche del tragitto alternativo (pista separata fisicamente dalla carreggiata e percorso con attributi appena migliori del tragitto abituale).

La sicurezza del ciclista, reale o percepita, è un problema emotivo che è stato spesso preso in considerazione in letteratura. Sono varie le posizioni riguardanti l'influenza di alcune variabili sul rischio reale e percepito e spesso sono in contrasto tra loro, tuttavia si è concordi nel sostenere che la sicurezza è uno dei fattori che influenza sensibilmente le scelte e i comportamenti dei ciclisti.

Nonostante molti studi abbiano evidenziato come il tempo di viaggio e la lunghezza del percorso siano variabili cruciali nella scelta del percorso per gli altri modi di trasporto (Moritz, 1998; Zacharias, 2005) ed in particolare per coloro che eseguono spostamenti sistematici (Cervero, 1996; Dickinson et alii, 2003; Parkin et alii, 2008), tuttavia la stessa affermazione non sembra essere sempre valida nel caso degli spostamenti effettuati in bicicletta o meglio queste variabili non sembrano assumere la stessa rilevanza.

Ad esempio in Olanda alcuni studi (Martens, 2004; Rietveld and Daniel, 2004) hanno evidenziato che le piccole e medie città hanno quote modali relative all'uso della bicicletta più alte rispetto alle grandi città, probabilmente a causa della vicinanza tra origine e destinazione degli spostamenti; mentre altri studi (Cervero and Duncan, 2003; Pikora et al., 2003; Pucher and Buehler, 2006; Litman, 2007) sostengono che le grandi città con un alto numero di infrastrutture viarie ben distribuite sul territorio, un'alta densità abitativa e un uso vario del territorio abbiano effetti positivi sull'uso della bicicletta.

Resta comunque il fatto che i ciclisti con più esperienza preferiscono tragitti con tempi di viaggio brevi (Stinson and Bhat, 2007; Hunt and Habraham, 2006); ciò può essere dovuto anche alla maggiore disutilità che il ciclista associa al tempo di viaggio in bici, rispetto ad altri modi di trasporto: Wardman (2007) ad esempio sostenne che tale disutilità, per i ciclisti, fosse 3 volte superiore a quella associata ad un qualsiasi altro modo di trasporto.

La convenienza percepita nel muoversi in bicicletta diminuisce in maniera sensibile all'aumentare del tempo di viaggio, cosa che non sempre accade per gli altri modi di trasporto (Noland and Kunreuther, 1995) poiché ad esso si associa anche un aumento dello sforzo fisico e psichico del ciclista.

Alla luce di quanto esposto siamo indotti a pensare che le scelte di percorso del ciclista siano dettate da un connubio di variabili che tengono in considerazione sia il tempo di viaggio, e indirettamente la lunghezza del percorso, che la sicurezza percepita (o rischio percepito) dall'utente stesso. All'interno di queste due macro-variabili si ritrovano anche molti degli aspetti che si ritiene influenzino le scelte di percorso del ciclista: caratteristiche funzionali, operative e fisiche dell'infrastruttura viaria, esistenza e tipologia di pista ciclabile, ecc. Tuttavia in letteratura i modelli di scelta dell'itinerario ciclabile in prevalenza tendono a considerare separatamente questi due fattori. Attualmente si stanno studiando modelli basati su rilevazioni GPS, le quali permettono di avere un gran numero di informazioni sui percorsi utilizzati tra origine e destinazione, tuttavia il parametro presente nella probabilità di scelta del percorso rimane esclusivamente la lunghezza dell'arco e del percorso (Hyodo et al. 2000, Menghini et al. 2010).

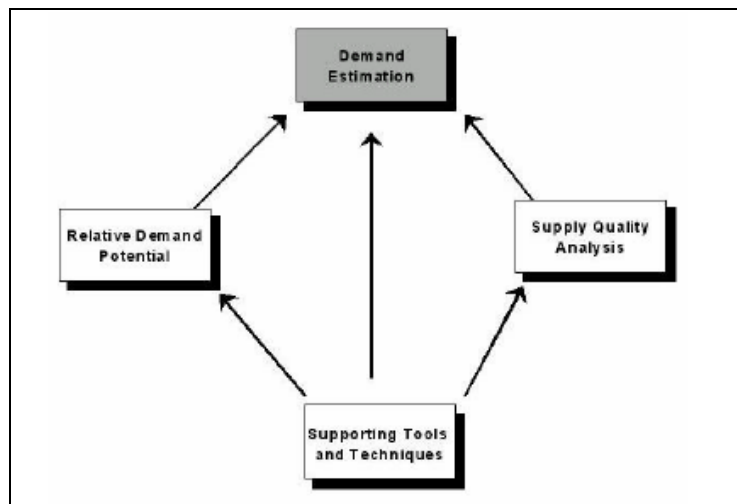
2. Principali modelli di scelta del percorso

I principali metodi di stima della domanda del trasporto ciclabile (tab. 3) sono suddivisi in:

- Metodi e modelli di stima vera e propria della domanda:
 - a. Comparison studies;
 - b. Aggregate behavior studies;
 - c. Sketch plan methods;
 - d. Discrete choice models;
- Metodi e modelli di valutazione della domanda potenziale:
 - a. Market analysis;
 - b. Facility demand potential;
- Metodi di analisi sulla qualità delle infrastrutture:
 - a. Bicycle compatibility measures;
 - b. Environment factors;
- Tecniche e strumenti di supporto:
 - a. Geographic information systems;

b. Preference surveys.

Questi metodi, modelli e strumenti sono tutti correlati tra loro secondo le relazioni presenti nella tabella seguente (tab. 3) e concorrono tutti alla stima della domanda di trasporto del traffico non motorizzato.



Tab. 3 Metodi, modelli e strumenti e loro relazione

In questa sezione verranno esposte le principali applicazioni di questi strumenti, di supporto per la stima della domanda, ai modelli di scelta dell'itinerario ciclabile. Come già sottolineato, i dati ricavati dalle interviste SP si sono resi efficaci per ottenere informazioni sulle principali variabili che influenzano la scelta del ciclista nella pianificazione del suo spostamento; mentre attraverso le informazioni relative al territorio, ricavate GIS, è possibile ricavare in maniera rapida ed esatta i vari itinerari alternativi tra coppie O/D e di conoscere le loro caratteristiche geometriche con precisione.

2.1 Modelli basati su interviste SP

Nel 2003 Stinson e Bhat cercarono di determinare quali fossero le variabili che maggiormente influenzavano le scelte sul percorso dei ciclisti, mediante una campagna di interviste del tipo *stated preference*, effettuata mediante il web.

Si chiedeva ai ciclisti di immaginare un ipotetico spostamento casa-lavoro effettuato in bicicletta. Veniva poi fornito ai ciclisti un percorso-base, con determinate caratteristiche, il quale doveva essere confrontato con altri percorsi (fig. 2). Chiedendo loro quale fosse l'itinerario per loro più conveniente, fu possibile verificare il peso dei diversi attributi che caratterizzavano il percorso.

Question 3-1.

<p><u>Route 1</u></p> <p>Minor arterial Wide (14') right-hand lane Continuous 1 or 2 red lights</p>	<p><u>Route 2</u></p> <p>Residential street Wide (14') right-hand lane Discontinuous No red lights</p>
---	--

Which route would you choose?

Route 1
Route 2

Fig. 2 Esempio di questionario

Per stimare le variabili principali e gli effetti delle loro interazioni fu utilizzato un modello Logit binario dove l'utilità associata dall'individuo n al percorso i è data dalle seguente funzione:

:

$$U_{in} = \beta X_{in} + \varepsilon_{in}$$

i : indica il percorso scelto (=1 o 2 poiché per ogni scenario l'utente ha a disposizione due percorsi alternativi);

n : individuo;

X_{in} : vettore delle variabili specifiche dell'individuo n e del percorso i

β : vettore dei parametri da stimare

ε_{in} : errore casuale identicamente e indipendentemente distribuito secondo una variabile di Gumbell

La probabilità che un individuo scelga il percorso i rispetto a j è:

$$P(U_{in} > U_{jn}) = \frac{e^{\beta X_{in}}}{e^{\beta X_{in}} + e^{\beta X_{jn}}}$$

Il processo di specificazione delle variabili (caratteristiche dell'arco, tipo di parcheggio, tipo di infrastruttura ciclabile, pendenza, pavimentazione, tempo di viaggio, ritardo, continuità) è avvenuto per passi: in primo luogo si è stimato il modello che esamina solamente i principali effetti senza prendere in considerazione le interazioni tra caratteristiche del tracciato e gli attributi demografici degli individui e gli effetti delle interazioni di questi attributi. Successivamente sono stati studiati gli effetti delle interazioni tra caratteristiche del percorso e sesso, età, uso del suolo. Infine sono state analizzate le interazioni di secondo ordine tra le stesse caratteristiche delle infrastrutture. Per concludere sono stati sommati tra loro i coefficienti delle variabili connesse tra loro, con effetti statisticamente simili.

Come possiamo notare dalla tabella (tab. 4) tutti e 6 gli attributi relativi all'arco risultano statisticamente significativi nelle scelte del ciclista: in estrema sintesi i ciclisti preferiscono le strade locali rispetto agli assi di scorrimento; scelgono le strade pianeggianti, con pavimentazione liscia, dove non siano presenti parcheggi lungo la carreggiata ma esista una pista ciclabile.

Variable Types	Variable Class	Variable Level	Coefficient	t-ratio
Link-Level	Roadway Class (base: residential street)	Major arterial	-1.78	-33.92
		Minor arterial	-0.57	-16.67
	Parking (base: parking not permitted)	Parallel parking permitted	-0.47	-13.03
	Bicycle Facility Type (base: no facility)	Separate path	1.59	32.14
		Bicycle lane	1.86	39.28
		Wide right-hand lane	1.09	31.10
	Bridge Type (base: no bicycle facility)	Bicycle lane	1.01	19.57
		Barrier separation	1.28	17.59
		Non-motorized bridge	1.46	22.02
	Terrain (base: flat ground)	Mountainous	-0.78	-11.66
Hilly		0.20	4.31	
Pavement Type (base: rough pavement)	Smooth Pavement	1.35	31.20	
	Coarse Sand Surface	-1.47	-22.61	
Route-Level	Travel time	Travel time (minutes)	-0.11	-33.09
	Continuity	Continuous facility	0.71	18.58
	Delays	Stop signs per mile	-0.35	-18.67
		#Red lights	-0.10	-5.42
	Cross-streets	#Major cross streets	-0.44	-17.13
Log-likelihood value at equal shares			-23,885.16	
Log-likelihood value at convergence			-21,300.40	
Number of parameters			18	
Number of route choice observations			34,459	

Tab. 4 Risultati statistici sulle variabili di arco e itinerario

Nella stessa tabella 4 troviamo indicazioni anche sulle variabili relative al percorso: ad esempio si può notare come il tempo di viaggio influisca in

maniera sensibile sulle scelte di percorso, infatti i ciclisti preferiscono brevi tempi di spostamento. Inoltre si preferisce che il percorso ciclabile sia continuo e intersechi il minor numero possibile di intersezioni, specialmente quelle a precedenza.

Per determinare l'impatto relativo delle variabili si è moltiplicato il valore medio di ogni variabile per il relativo coefficiente statistico della tabella 4 (tab. 5).

Variable Class	Variable Level	Average Value When Present	Parameter Estimate	Average Contribution to Utility
Travel Time	Travel time (minutes)	21	-0.11	-2.40
Bike Facility	Bike lane	1	1.86	1.86
Roadway Class	Major arterial	1	-1.78	-1.78
Bike Facility	Separate path	1	1.59	1.59
Riding Surface	Coarse sand surface	1	-1.47	-1.47
Bridge Type	Non-motorized bridge	1	1.46	1.46
Riding Surface	Smooth pavement	1	1.35	1.35
Bridge Type	Barrier separation	1	1.28	1.28
Bike Facility	Wide right-hand lane	1	1.09	1.09
Bridge Type	Bike lane	1	1.01	1.01
Cross Streets	#Major cross streets	2	-0.44	-0.89
Hilliness	Mountainous	1	-0.78	-0.78
Continuity	Continuous facility	1	0.71	0.71
Delays	Stop signs per mile	1.9	-0.35	-0.67
Roadway Class	Minor arterial	1	-0.57	-0.57
Parking	Parallel parking permitted	1	-0.47	-0.47
Delays	#Red lights	2.5	-0.10	-0.26
Hilliness	Hilly	1	0.20	0.20

Tab. 5 Impatti relativi delle variabili di arco e itinerario

Anche in questo modo la variabile che ha il maggior impatto risulta il tempo di viaggio, seguito dalla presenza/assenza dell'infrastruttura ciclabile.

Nel 2006 fu la volta di Hunt e Abraham che sottoposero a circa 1200 ciclisti un questionario del tipo SP. In questo questionario si chiedeva ai ciclisti di scegliere tra 2 itinerari con caratteristiche specifiche, scelte a caso da un software tra un set di opzioni precedentemente identificato dai ricercatori (fig. 3); inoltre erano presenti domande atte ad ottenere informazioni specifiche

dell'utente (sesso, età, impiego, tipo di bicicletta, grado di esperienza nell'uso della bici, grado di comfort nel muoversi nel traffico misto).

Il set di opzioni conteneva:

- Tempo speso in bici su strade a traffico misto: da 0 a 60 minuti;
- Tempo speso in bici su piste ciclabili sulla carreggiata stradale: da 0 a 60 minuti;
- Tempo speso in bici su piste ciclabili in promiscuo con i pedoni: da 0 a 60 minuti;
- Disponibilità di docce a destinazione;
- Disponibilità di parcheggi sicuri a destinazione.

Option A: []		Option B []	
* Showers for cyclists at destination	Yes	* Showers for cyclists at destination	Yes
* Secure bicycle parking at destination	Yes	* Secure bicycle parking at destination	No
* Total cycling time:	40 min	* Total cycling time:	30 min
which is made up of		which is made up of	
Time on bike paths shared with pedestrians	15 min	Time on bike paths shared with pedestrians	20 min
Time on roadways shared with cars	25 min	Time on roadways shared with cars	10 min

Fig. 3 Esempio di questionario

Anche in questo caso fu utilizzato un modello Logit dove la probabilità di scelta dell'alternativa a è espressa come:

$$P_a = \exp(U_a) / [\exp(U_a) + \exp(U_b)]$$

dove U_a e U_b sono le utilità associate all'alternativa a e b .

La funzione di utilità attribuita alle alternative è:

$$U_i = \phi_1 X_{1i} + \phi_2 X_{2i} + \dots + \phi_n X_{ni}$$

n : indice che rappresenta l'attributo;

X_{ni} : valore dell'attributo n per l'alternativa i ;

ϕ_n : coefficiente della funzione utilità associato all'attributo n .

I valori delle funzioni di utilità sono mostrate nella seguente tabella (tab. 6): la funzione 1 è la più semplice e la rappresentazione più diretta delle preferenze del campione. Tutti i coefficienti sono statisticamente significativi e con il segno atteso, ad esempio il coefficiente di ROAD è negativo e ciò è coerente a ciò che avviene in realtà quando un aumento di tempo di spostamento in bici su un arco stradale comporta una diminuzione dell'attrattività di quella alternativa.

Parameter	Function 1		Function 2		Function 3		Function 4		Function 5	
	Coeff	t-ratio	Coeff	t-ratio	Coeff	t-ratio	Coeff	t-ratio	Coeff	t-ratio
SHWR	0.1967	2.10	0.1824	1.90	0.2104	2.20	0.1953	2.00	0.1992	2.10
PARK	1.459	13.60	1.472	13.50	1.495	13.50				
PARK-A1							2.143	4.80		
PARK-A2							1.596	10.30		
PARK-A3							1.244	7.30		
PARK-A4							1.288	5.40		
PARK-C1									1.253	8.90
PARK-C2									1.684	9.60
PARK-C3									1.803	4.70
PARK-C4									1.518	4.70
ROAD	-0.05507	10.40					-0.05541	10.40	-0.05573	10.50
ROAD-HE			-0.04594	3.50						
ROAD-ME			-0.05857	7.80						
ROAD-MI			-0.09511	4.90						
ROAD-HI			-0.04924	1.80						
ROAD-HC					-0.02354	2.00				
ROAD-MC					-0.05356	6.80				
ROAD-MU					-0.08081	7.20				
ROAD-HU					-0.06694	5.20				
LANE	-0.01347	3.10					-0.01374	3.10	-0.01348	3.10
LANE-HE			-0.00218	0.30						
LANE-ME			-0.01288	2.00						
LANE-MI			-0.04153	3.50						
LANE-HI			-0.03998	1.90						
LANE-HC					-0.01256	2.00				
LANE-MC					-0.00682	0.90				
LANE-MU					-0.01166	1.50				
LANE-HU					-0.02333	2.40				
PATH	-0.01952	4.50					-0.01977	4.50	-0.01986	4.50
PATH-HE			-0.02305	3.40						
PATH-ME			-0.01877	2.90						
PATH-MI			-0.02516	1.90						
PATH-HI			-0.00557	0.30						
PATH-HC					-0.02021	1.70				
PATH-MC					-0.03091	4.30				
PATH-MU					-0.01721	2.20				
PATH-HU					-0.00737	0.80				
$\rho^2(0)$	0.200		0.201		0.206		0.200		0.200	

Tab. 6 Coefficienti delle variabili e significatività statistica

La funzione 2 definisce le esperienze del ciclista e le sue preferenze verso i diversi tipi di piste ciclabili. Si basa sull'ipotesi che l'atteggiamento dei ciclisti nei confronti dei diversi tipi di infrastrutture ciclabili cambi in base al proprio livello di esperienza nel muoversi in bici all'interno del traffico misto. Dai dati risulta infatti che il tempo speso in bici è più oneroso per coloro che hanno più esperienza nel muoversi in bici rispetto a coloro che sono inesperti.

La funzione 3 rapporta il comfort al tipo di infrastruttura ciclabile: come si può notare dai risultati l'attrattività della pista ciclabile aumenta al diminuire del livello di comfort del ciclista nel traffico, ma non dipende in maniera sensibile dal grado di esperienza del ciclista stesso.

Le funzioni 4 e 5 rapportano la sensibilità verso la presenza dei parcheggi a destinazione con l'età dei ciclisti e con il valore del proprio mezzo.

Anche Sener e Bhat nel 2007 fecero compilare via web ai ciclisti del Texas circa 1700 questionari atti a specificare una serie di attributi ritenuti importanti nella scelta dell'itinerario ciclabile.

Il set di attributi fu scelto in base ai risultati di studi precedenti presenti in letteratura e comprendeva le caratteristiche dei ciclisti e delle infrastrutture ciclabili, la tipologia di parcheggi e le caratteristiche geometriche, funzionali e operative degli archi stradali.

Furono concepiti due tipi di questionari, contenenti attributi diversi: 11 attributi se si rivolgevano a ciclisti sistematici, 10 attributi se i ciclisti erano occasionali.

A tutti gli attributi furono assegnati dei valori predefiniti, tranne al tempo di viaggio, al quale ogni ciclista pendolare associava un proprio valore (tab. 7). Ogni utente doveva rispondere a 4 domande, all'interno di ognuna delle quali erano presenti 3 alternative.

L'analisi dei dati fu compiuta mediante l'utilizzo di un modello Logit Multinomiale, secondo il quale l'utilità che l'individuo q associa all'alternativa i nello scenario k è:

$$U_{qik} = (\beta' + v'_q) x_{qik} + \varepsilon_{qik}$$

q: individuo (1...Q)

i: alternativa di scelta (1...I)

k: scenario (1...K)

i = 3, k = 4 $\forall q$ in questo studio

X_{qik} : vettore degli attributi del percorso

β': media dei valori di X_{qik}

v'_q: vettore dei fattori caratteristici non osservabili dell'utente e del suo ambiente di spostamento (si assume che le variabili siano indipendenti tra loro) (Mx1)

ε_{qik} : errore indipendente da X_{qik} identicamente e indipendentemente distribuito secondo una variabile di Gumbell

Attribute Category	Attribute	Attribute	Attribute levels
On-street parking	Parking type	The parking configuration on a shared roadway (for instance, parallel parking)	1. None 2. Parallel 3. Angle
	Parking turnover rate	The likelihood of a cyclist encountering a car leaving a parking spot along the route	1. Low (A cyclist very occasionally encounters a car leaving a parking spot) 2. Moderate (A cyclist sometimes encounters a car leaving a parking spot) 3. High (A cyclist usually encounters a vehicle leaving a parking spot)
	Length of parking area	The length of the motor vehicle parking facility on the bicycle route	1. Short (1/4-1 city block) 2. Moderate (2-4 city blocks) 3. Long (5-7 city blocks)
	Parking occupancy rate	The percentage of parking spots occupied in a motor vehicle parking facility	1. Low (0-25%) 2. Moderate (26-75%) 3. High (76-100%)
Bikeway facility	Facility continuity	A bicycle route is considered to be <i>continuous</i> if the whole route has a bicycle facility (a bike lane or wide outside lane) and <i>discontinuous</i> otherwise	1. continuous – the whole route has a bicycle facility 2. discontinuous – the whole route does not have a bicycle facility
	Bikeway facility type and width	The width of the bike lane when it is present; otherwise the roadway width	1. A bicycle lane 1.5 bicycle width wide (or 3.75 feet wide) 2. A bicycle lane 2.5 bicycle width wide (or 6.25 feet wide) 3. No bicycle lane and a 1.5 car width (10.5 feet) wide outside lane 4. No bicycle lane and a 2.0 car width (14.0 feet) wide outside lane 5. No bicycle lane and a 2.5 car width (17.5 feet) wide outside lane
Roadway physical characteristics	Roadway grade	The terrain grade of the bicycle route (for instance, moderate hills)	1. Flat – no hills 2. Some moderate hills 3. Some steep hills
	Number of stop signs, red lights and cross streets	Number of stop signs and red lights encountered on the bicycle route	1. 1-2 2. 3-5 3. More than 5
Roadway functional characteristics	Traffic volume	Traffic volume on the roadways encountered on the bicycle route	1. Light 2. Moderate 3. Heavy
	Speed limit	Speed limit of the roadways encountered on the bicycle route	1. Less than 20 mph 2. 20-35 mph 3. More than 35 mph
Roadway operational characteristics	Travel time	Travel time to destination (for commuting bicyclists only)	1. Stated travel time for commute – y 2. Stated travel time for commute – x 3. Stated travel time for commute 4. Stated travel time for commute + x 5. Stated travel time for commute + y If stated travel time ≤ 25 minutes x = 5, y = 10; If stated travel time > 25 and ≤ 45 minutes x = 5, y = 15; If stated travel time > 45 minutes x = 10, y = 20; The travel time obtained after the operations is rounded off to the nearest multiple of 5

Tab. 7 Attributi presenti e loro valori

Noto v'_q si calcola la probabilità condizionata P_{qik} :

$$P_{qik} \mid v_q = \frac{e^{\beta' x_{qik} + v'_q x_{qik}}}{\sum_{j=1}^I e^{\beta' x_{qjk} + v'_q x_{qjk}}}$$

La probabilità di scelta incondizionata risulta:

$$P_{qik} = \int_{v_q} (P_{qik} \mid v_q) dF(v_q \mid \sigma)$$

Dove F è la distribuzione normale cumulata multivariata e σ è un vettore che raccoglie tutti i σ_m elementi su tutte le m (cioè su tutte le variabili che compongono il vettore colonna v_q). Da questa formula si ricavano β e σ .

La funzione di verosimiglianza per la sequenza di scelte osservate dall'individuo q è:

$$L_q(\beta \mid v_q) = \prod_{k=1}^K \left[\prod_{i=1}^I \{P_{qik} \mid v_q\}^{\delta_{qik}} \right]$$

Dove δ_{qik} è una variabile di comodo che assume valore 1 se l'individuo q sceglie il percorso i nell'alternativa k , 0 altrimenti.

La funzione di verosimiglianza incondizionata per la sequenza di scelte osservate dall'individuo q è:

$$L_q(\beta, \sigma) = \int_{v_q} L_q(\beta \mid v_q) dF(v_q \mid \sigma)$$

Con il logaritmo della funzione di verosimiglianza che vale:

$$L_q(\beta, \sigma) = \sum_q \ln L_q(\beta, \sigma)$$

Fu applicato Monte-Carlo per approssimare l'integrale e massimizzare il logaritmo della risultante funzione di verosimiglianza, simulata su tutti gli individui e nel rispetto dei parametri β e σ .

I risultati mostrati nella tabella sottostante (tabb. 8 e 9) mostrano gli effetti delle interazioni tra le caratteristiche del percorso e quelle dei ciclisti, mentre le interazioni tra attributi del percorso non risultano statisticamente significative, tranne l'interazione tra il volume del traffico dei mezzi pesanti e la continuità della pista ciclabile.

I coefficienti di questa tabella inoltre furono utilizzati per determinare il peso relativo degli effetti degli attributi del percorso sulla scelta dell'itinerario ciclabile, dal momento che tutte le variabili sono discrete e hanno valori predefiniti, tranne il tempo di viaggio.

Come possiamo notare tutti i ciclisti prediligono archi senza parcheggio, rispetto a qualunque tipologia di parcheggio consentito. Nel caso di presenza di parcheggi, preferiscono aree di sosta di breve lunghezza, con un basso tasso di occupazione.

A differenza di altri studi, emerge che i ciclisti preferiscano delle corsie larghe (anche ad uso promiscuo) piuttosto che delle strette piste ciclabili. Di contro si privilegia l'uso di infrastrutture ciclabili, se sono continue e soprattutto per i lunghi spostamenti.

La pendenza del tracciato influenza in maniera più rilevante le scelte dei ciclisti occasionali, i quali risultano più sensibili anche nei confronti del volume di traffico veicolare e della sua velocità.

Infine si può notare come i ciclisti preferiscano tempi di viaggio brevi: sono più influenzati da questa variabile i giovani di età compresa tra i 18 e i 24 anni, rispetto a coloro che hanno più di 35 anni.

Le applicazioni di questo metodo e dei risultati ottenuti possono essere molteplici ad esempio nella pianificazione di nuovi itinerari ciclabili, per valutare la potenziale crescita di domanda a fronte di miglioramenti della rete ciclabile o per determinare l'efficacia dell'applicazione di nuove policy a favore della mobilità ciclabile.

	Attribute	Attribute Level and Interactions	Coefficient	t-statistics
On-street Parking Characteristics	Parking type (base: absence of parking)	<i>Parallel parking permitted</i>	-0.422	-4.35
		Male	-0.125	-1.77
		Age		
		18-24 years	0.281	2.60
		Long commute distance		
		5 miles or longer	-0.230	-2.45
		<i>Angle parking permitted</i>	-0.190	-2.98
		Male	-0.125	-1.77
	Long commute distance			
	5 miles or longer	-0.230	-2.45	
	Parking turnover rate (base: low parking turnover)	<i>Moderate</i>	-0.264	-3.15
		<i>High</i>	-0.490	-3.09
Female		-0.401	-2.22	
Length of parking area (base: short -1/2-1 city block)	<i>Moderate (2-4 city blocks)</i>	-0.564	-4.37	
	<i>Long (5-7 city blocks)</i>	-0.631	-5.30	
Parking occupancy rate (base: low -0-25%)	<i>Moderate (26-75%)</i>	-0.290	-2.29	
	<i>High (76-100%)</i>	-0.959	-7.04	
Bicycle Facility Characteristics	Bikeway facility width/type (base: bicycle lane "3.75 ft-6.25 ft")	No bicycle lane and a 10.5 feet wide outside lane	0.089	1.56
		No bicycle lane and a ≥ 14 feet wide outside lane	0.097	2.23
	Continuous bicycle facility (base: discontinuous)	<i>Continuous facility</i>	0.859	9.72
		Long commute distance		
5 miles or longer	0.322	2.44		
Parallel parking permitted	-0.249	-3.08		
Roadway Physical Characteristics	Terrain grade (base: flat-no hills)	<i>Moderate Hills</i>	0.226	1.68
		Non-commuting bicycling	0.376	2.59
		<u>Standard deviation</u>	0.683	7.06
		<i>Steep Hills</i>	-0.353	-2.37
		Male	0.447	5.01
		Non-commuting bicycling	0.376	2.59
		<u>Standard deviation</u>	0.683	7.06

Tab. 8 Attributi presenti e loro valori

	Attribute	Attribute Level and Interactions	Coefficient	t-statistics
Roadway Physical Characteristics	# Stop signs, red lights and cross streets (base: low- 1-2)	<i>Moderate (3-5)</i>	-0.513	-6.22
		Male	0.202	2.04
		<i>High (more than 5)</i>	-1.702	-6.46
		Male	0.190	1.83
		Experience in bicycling	0.869	3.43
Roadway Functional Characteristics	Traffic volume (base: light)	<i>Moderate</i>	-0.726	-5.99
		Male	-0.239	-2.15
		Non-commuting bicycling	0.390	3.73
		<u>Standard deviation</u>	1.041	15.58
		<i>Heavy</i>	-2.128	-16.58
		Male	-0.239	-2.15
		Non-commuting bicycling	0.390	3.73
		Long commute distance 5 miles or longer	-0.493	-3.08
		Discontinuous bicycle facility	-0.512	-2.93
		<u>Standard deviation</u>	1.041	15.58
	Speed limit (base: low- less than 20 mph)	<i>Moderate (20-35 mph)</i>	-0.742	-3.00
		Experience in bicycling	0.605	2.36
		Long commute distance 5 miles or longer	0.455	3.29
		<i>High (more than 35 mph)</i>	-1.559	-6.65
Experience in bicycling		0.642	2.65	
Long commute distance 5 miles or longer		0.423	3.05	
Roadway Operational Characteristics	Travel time	<i>Travel time (minutes)</i>	-0.068	-7.21
		Age		
		18-34 years	-0.052	-4.07
		<u>Standard deviation</u>	0.081	10.66

Tab. 9 Attributi presenti e loro valori

Recentemente (2010) alcuni ricercatori giapponesi hanno messo a punto un nuovo metodo di studio sulle variabili che influenzano le decisioni del ciclista, in materia di scelta dell'itinerario, per superare i limiti dei modelli di assegnazione che generalmente vengono utilizzati per traffico veicolare ma che non trovano riscontro se applicati alla mobilità ciclabile.

In primo luogo si è utilizzata la formula che determina la lunghezza attuale del tragitto (X_n) per l'individuo n:

$$X_n = \sum_a \delta_{na} * l_a$$

δ_{na} : variabile casuale =1 se l'individuo n utilizza l'arco a , 0 altrimenti;

l_a : lunghezza dell'arco a .

Assumendo che la lunghezza percepita dell'arco sia influenzata dalle caratteristiche dell'arco stesso:

$$l_{an}^*(\theta) = l_a * \exp \left[- \sum_k \theta_k z_{ank} \right]$$

$l_{an}^*(\theta)$: lunghezza dell'arco a percepita dall'individuo n ;

z_{ank} : attributo k -esimo per l'arco a scelto dall'individuo n ;

θ_k : parametro incognito per il k -esimo attributo.

Quindi gli attributi fisici dell'arco influiscono sulla percezione della lunghezza dell'arco stesso, perciò quest'ultima può essere differente per ogni utente.

Si definisce allora la lunghezza dell'itinerario percepito come il più breve da parte dell'individuo n è:

$$Y_n(\theta) = \sum_a \delta_{an}^*(\theta) * l_a$$

dove $\delta_{na}^*(\theta)$ è una variabile casuale che assume valore 1 se il percorso più breve percepito dall'individuo n comprende l'arco a , 0 altrimenti. Se tutti i parametri θ sono nulli allora Y_n diventa il percorso più breve

Il parametro θ è incognito e può essere calcolato in vari modi ad esempio introducendo un valore (compreso tra 0 e 1):

$$D_n(\theta) = \frac{\sum_a \delta_{an} * \delta_{an}^*(\theta) * l_a}{X_n}$$

Al numeratore troviamo la somma delle lunghezza degli archi inclusi sia nell'itinerario attuale preso in considerazione sia l'itinerario percepito come il più breve, ottenuto utilizzando alcuni valori di θ ; mentre al denominatore è presente la lunghezza dell'attuale itinerario dell'individuo n .

Se il valore di D assume valore 1 il modello descrive perfettamente la realtà.
 Il valore di D pesato come:

$$D(\theta) = \frac{\sum_n X_n * D_n(\theta)}{\sum_n X_n} = \frac{\sum_n \sum_a \delta_{an} * \delta_{an}^*(\theta) * l_a}{\sum_n X_n}$$

Massimizzando D si ottiene il valore di θ , cioè il peso della variabili in esame.
 Questo studio, ancora in via di sviluppo, è stato applicato in primo luogo all'analisi sull'accessibilità in bicicletta ad una stazione ferroviaria, facendo riferimento ad un particolare arco, dotato di nuove infrastrutture ciclabili e pedonali.

2.2 Modelli basati su rilievi GIS

Landis e Toole nel 1996 svilupparono un modello (LDG: GIS based Latent Demand Score) che utilizzava le funzioni base del GIS, come la memoria spaziale, per stimare la probabilità che uno spostamento in bicicletta avvenisse su certi archi, in base all'importanza dei poli generatori/attrattori di spostamenti in bici e alla loro vicinanza a questi archi.

Il modello non necessitava di codifiche di rete o del computo del numero di spostamenti, ma non prendeva neppure in considerazione l'esistenza nelle vicinanze di strade alternative con Livelli di Servizio alti e questo poteva comportare una sovrastima della domanda potenziale. Inoltre questo modello non aveva una struttura definita e quindi non era possibile metterlo in relazione con altri metodi di analisi delle infrastrutture ciclabili, come ad esempio la misura del LOS, per identificare le aree che necessitavano di migliorie.

Per superare questi limiti Hochmair propose un modello che partiva dalla conoscenza della matrice O/D, contenente il numero dei potenziali spostamenti tra differenti zone di analisi. Questo tipo di informazione può essere ricavata dalla combinazione di modelli di generazione degli spostamenti e informazioni demografiche e relative al territorio.

Per modellizzare la domanda reale e quella potenziale tra diverse coppie O/D, si cercò di determinare un set di itinerari che andassero a soddisfare quelle esigenze che il ciclista considera nelle sue scelte di viaggio. Ad esempio in questo caso alla rete di studio era già stato applicato l'indicatore sintetico RCI e quindi si scelsero un certo numero di alternative che garantissero buoni valori di LOS (compreso tra 3 e 6). Tuttavia, in assenza di dati di questo tipo, si può utilizzare il criterio del percorso più breve, dove il costo di viaggio lungo un arco varia in base alla sua lunghezza e al suo Livello di Servizio:

$$c = \sum_{i=1}^N d_i (m - s * sLOS_i)$$

m : valore massimo del LOS (6 in questo caso) per ogni arco i ;

s : peso del LOS (compreso tra 0 e 1);

N : numero di archi sull'itinerario;

d : lunghezza del segmento

Il set di alternative, tra la medesima coppia O/D, che si veniva a creare era in genere composto dal percorso più breve (A), da 2 percorsi alternativi più lunghi ma con stesso LOS (B e C) e da un quarto itinerario ancora più lungo dei precedenti ma con LOS migliore (fig. 4)

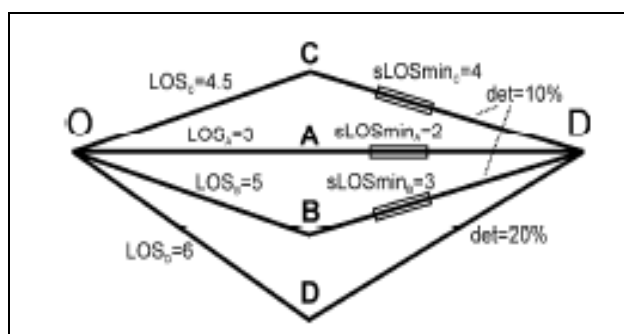


Fig. 4 Set di percorsi alternativi

Per ognuno di questi percorsi era inoltre indicata la deviazione subita dal ciclista rispetto al percorso più breve, espressa in % e il valore del LOS percepito

dall'utente (LOSmin), cioè i parametri che nello studio si ipotizza influiscano sulla scelta del percorso.

Poiché il valore assunto dalle soglie del LOS per il ciclista può variare anche nelle medesime situazioni di scelta, si è ipotizzato che il suo valore medio sia distribuito normalmente, all'interno di un gruppo omogeneo di ciclisti (fig. 5).

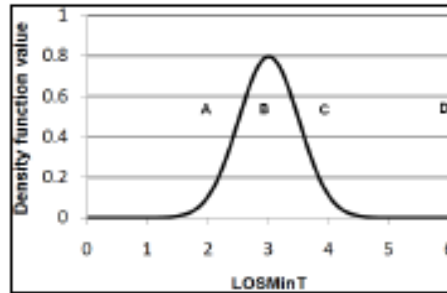


Fig. 5 Funzione densità di probabilità di una distribuzione normale, per LOS=3

Inoltre, poiché la funzione di distribuzione normale non ha forma chiusa, spesso si utilizza una distribuzione logistica come sua approssimazione.

Posto :

$$\Delta LOS = sLOS \min_R$$

e assumendo che il valore minimo del LOS percepito dal ciclista e delle deviazioni varino tra gli utenti, un elevato ΔLOS comporterà un'alta percentuale di ciclisti che considerano l'alternativa R utilizzabile. Questa percentuale è pari a:

$$P(\Delta LOS, s) = \frac{1}{1 + e^{-\Delta LOS / s}}$$

dove s è la deviazione standard della regressione logistica.

Al contrario del valore percepito del LOS, la deviazione di percorso non è distribuita normalmente (fig. 6):

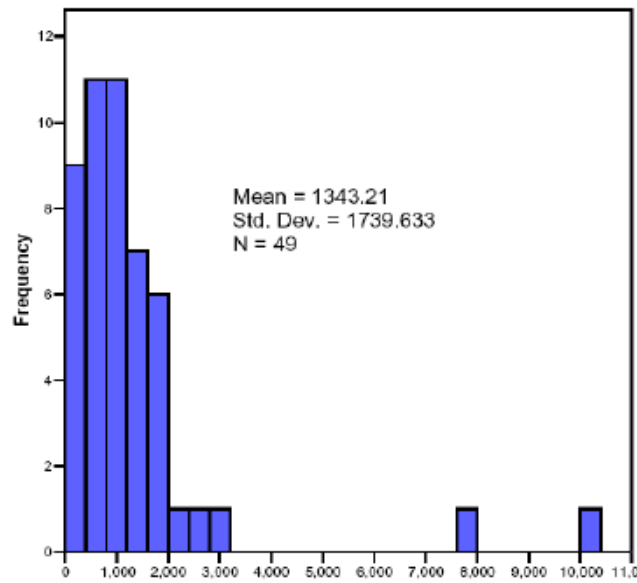


Fig. 6 Distribuzione della funzione deviazione di percorso (Harvey et al. 2008)

Le variazioni del valore della deviazione di percorso, riscontrabili tra i ciclisti, possono essere spiegate con il fatto che la disponibilità di alti valori del LOS può variare tra gli utenti a causa della distribuzione irregolare delle infrastrutture ciclabili nella rete. In ogni caso la curva della probabilità che un ciclista accetti delle deviazioni di percorso minori o uguali ad un valore limite ($P(\text{det})$) denota come ad un alto valore della deviazione corrisponda una piccola percentuale di ciclisti che considerano accettabile quell'alternativa (fig. 7).

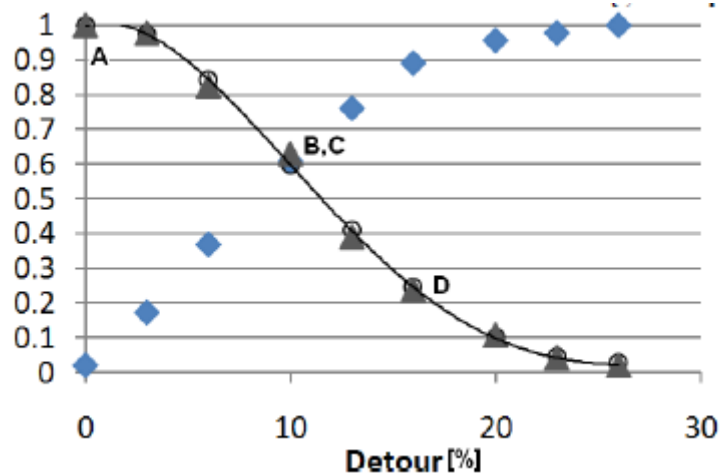


Fig. 7 Curva della probabilità di accettare una certa deviazione

Conoscendo l'andamento delle curve di probabilità $P(\Delta LOS)$ e $P(det)$ fu possibile ricavare la probabilità combinata $P(R)$, come loro prodotto. Quest'ultima rappresenta la percentuale di ciclisti che considerano accettabile l'alternativa R . Analogamente $P(C)$ rappresenta la probabilità di scelta del ciclista, tra gli itinerari appartenenti al sottogruppo del set di alternative di partenza.

Moltiplicando il valore della domanda nota tra una coppia O/D e il valore di $P(C)$ si ottiene il valore della domanda potenziale sugli itinerari appartenenti al sottogruppo di scelta.

Uno studio effettuato nella città di Milwaukee dagli studiosi Rybarczyk e Wu nel 2010 si proponeva di utilizzare i dati del sistema di informazione geografico per fornire una metodologia a supporto della pianificazione ciclabile. Essi individuarono, dagli studi più rilevanti in materia, quali fossero i principali fattori che influenzavano gli spostamenti in bicicletta (luoghi generatori ed attrattori, fattori che scoraggiavano l'uso della bici, popolazione) e ad ognuno di essi attribuirono un punteggio (tab. 10):

Fattori	Punteggio	Punteggio norm.
Criminalità	1	6/21
Attività commerciali	2	5/21
Scuole	3	4/21
Aree ricreative	4	3/21
Parchi	5	2/21
Popolazione	6	1/21

Tab. 10 Attributi presenti e loro punteggi

Dopo aver calcolato il valore normalizzato di ogni fattore (x_i), in modo da rendere confrontabili tra loro attributi diversi, si è quantificato il peso di ogni variabile in base al proprio punteggio secondo la formula:

$$w_i = \frac{n - r_i + 1}{n(n + 1) / 2}$$

w_i : peso normalizzato dell'attributo i

n : numero dell'attributo in considerazione;

r_i : punteggio dell'attributo

noti i valori normalizzati e i pesi normalizzati degli attributi si potè calcolare, per ogni arco di una infrastruttura ciclabile, un indice di domanda potenziale:

$$DEMAND = \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

In questo modo fu possibile redigere delle mappe contenenti i dati sugli indici di domanda potenziale relativi ai vari archi stradali e utilizzare questi dati per la pianificazione di nuove infrastrutture.

3. Rischio percepito

Come abbiamo notato dall'analisi degli studi e dei modelli sulla scelta dell'itinerario, tra i fattori che influenzano la scelta del percorso del ciclista è presente il rischio percepito o una serie di variabili che tendono ad influenzare la percezione del grado di sicurezza dell'utente (velocità del traffico veicolare, larghezza della corsia, presenza dell'infrastruttura ciclabile, la presenza di intersezioni e la loro tipologia).

È possibile definire il rischio come *la possibilità (o probabilità) che una persona sia danneggiata da un particolare pericolo.*

Nel 1994 Zuckerman descrive il rischio in parte come funzione di una situazione oggettiva ed in parte come funzione di una valutazione individuale di una situazione. La valutazione individuale del rischio, cioè della probabilità che un evento, più o meno grave, possa verificarsi e dell'entità delle conseguenze che ne comporterebbe è detta *rischio percepito*.

La differenza tra rischio reale e rischio percepito rappresenta la soddisfazione dell'utente.

Per gli utenti l'uso della bicicletta per gli spostamenti quotidiani rappresenta il modo meno sicuro di muoversi (Lohmann and Rolle, 2005; Johansson et al., 2005; Pucher and Buehler, 2006; Noland, 1995) nonostante il rischio reale per la bicicletta, confrontato con gli altri modi di trasporto, sia tra i più bassi.

Come si può notare dal grafico (fig. 8) in Italia soltanto il 3% degli incidenti hanno coinvolto un velocipede, anche se il numero di feriti risulta comunque consistente (tab. 11), se rapportato agli altri mezzi di trasporto.

Da ciò, e dal fatto che durante gli spostamenti i ciclisti hanno una esposizione maggiore nei confronti degli altri veicoli, rispetto agli altri modi di trasporto, si presume che dipenda la sensazione di vulnerabilità provata dagli utenti che si spostano in bicicletta all'interno del traffico veicolare delle nostre città; tuttavia è anche necessario considerare che il numero dei morti tra i ciclisti rimane comunque tra i più bassi, rispetto agli altri modi di trasporto.

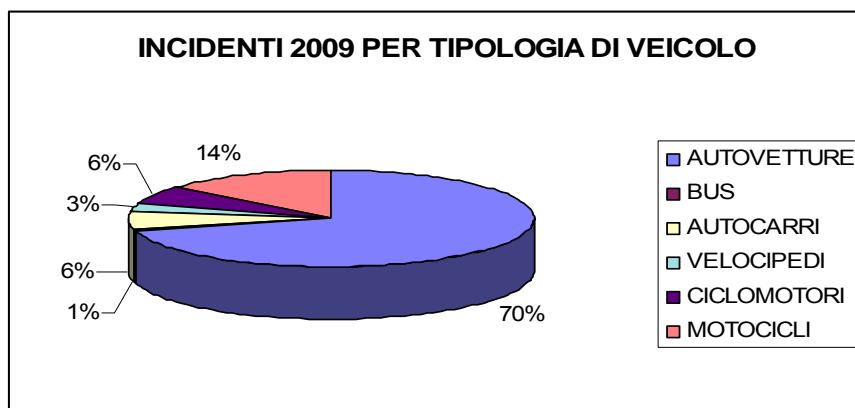


Fig. 8 Percentuale di incidenti per tipologia di veicolo, dato nazionale – Fonte ISTAT 2009

CATEGORIE DEI VEICOLI COINVOLTI			
Velocipedi con	Incidenti	Morti	Feriti
Autovetture	10.771	178	10.989
Autobus	106	5	111
Tram	9	-	9
Autocarro	1.042	63	1.010
Velocipede	314	5	421
Ciclomotori	496	2	699
Motocicli	799	18	1.156
Motocarri	19	-	21
Quadricicli	16	-	16
Altri veicoli	130	1	129

Tab. 11 Incidenti , morti e feriti per tipologia di veicolo – Fonte ISTAT 2009

Analogamente, confrontando il numero di morti per categoria di utenti, tra i vari paesi dell'Unione Europea (fig. 9 e tab. 12), emerge che il numero delle vittime tra i ciclisti è sensibilmente inferiore a quello di conducenti e trasportati da veicoli a motore (a 2 o 4 ruote) e al numero di pedoni deceduti.

Tuttavia l'Italia permane al terzo posto per numero di decessi tra i ciclisti, preceduta solamente da Polonia e Germania.

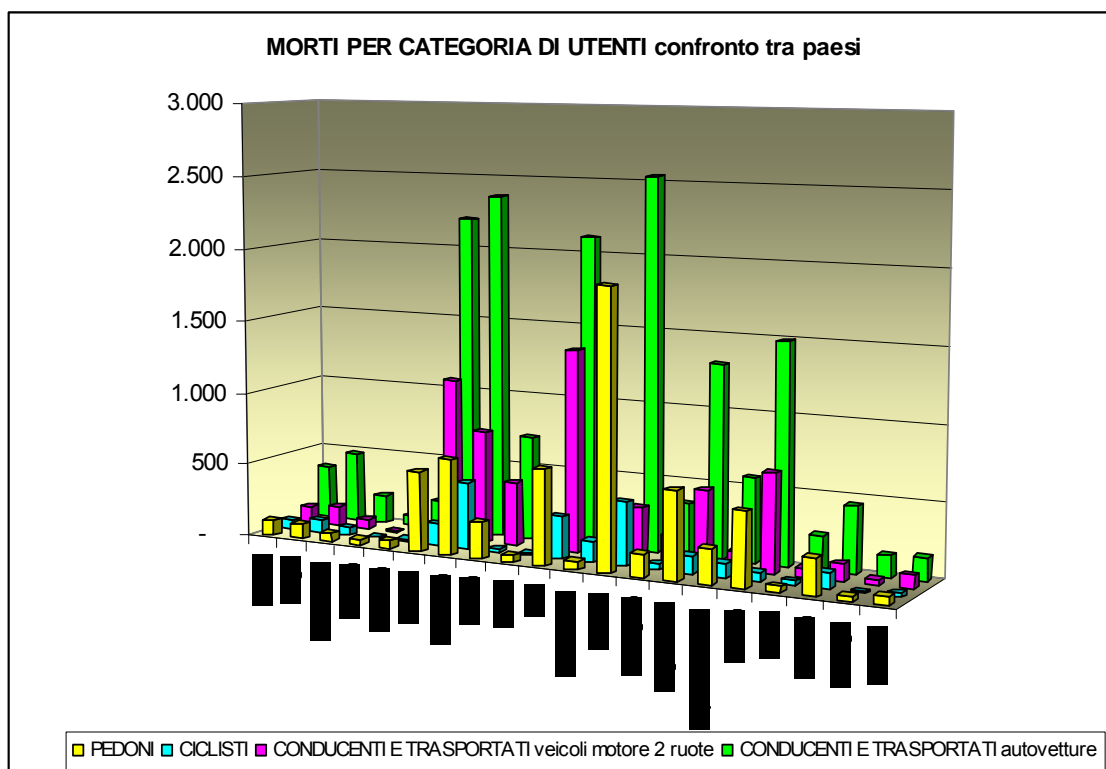


Fig. 9 Morti per categoria di utenti – Fonte ISTAT 2009

Il rischio percepito gioca quindi un ruolo strategico nelle scelte del percorso: sembra infatti che le persone ricordino meglio e più a lungo un arco che abbia dato l'impressione di essere pericoloso rispetto ad un arco qualsiasi, ove questa sensazione non si sia manifestata (Shankwiler, 2006).

Inoltre da alcuni studi effettuati sulla elasticità dei coefficienti di rischio percepito, effettuati da Noland in Pennsylvania (1995), si evince che ad un aumento del rischio per gli spostamenti effettuati in bicicletta corrisponda una diminuzione dell'uso della bicicletta per gli spostamenti sistematici, che è maggiore rispetto alla percentuale di aumento del rischio stesso.

Infine è utile sottolineare che non tutte le persone hanno la stessa percezione del rischio: ad esempio sembra che la sicurezza incida meno nelle scelte di coloro che hanno redditi elevati (Johansson et alii, 2005) e negli gli uomini rispetto alle donne (Lohmann and Rolle, 2005). In ogni caso può esserci una certa dipendenza dalle caratteristiche socio-economiche degli utenti.

STATI MEMBRI DELL'UE	Pedoni	Ciclisti	Conducenti e trasportati da veicoli a motore a due ruote	Conducenti e trasportati da autovetture
Austria	102	62	116	367
Belgio	99	86	140	479
Danimarca	58	54	70	196
Estonia	41	9	7	69
Finlandia	53	18	49	202
Francia	548	148	1.108	2.205
Germania	653	456	766	2.368
Grecia	248	22	435	708
Irlanda	49	13	29	160
Italia	646	288	1.377	2.115
Paesi Bassi	56	145	118	299
Polonia	1.882	433	349	2.540
Portogallo	155	42	187	358
Regno Unito	591	117	509	1.312
Repubblica Ceca	238	93	123	573
Spagna	502	59	665	1.495
Svezia	45	30	62	230
Ungheria	251	109	117	448
Norvegia	33	10	37	149
Svizzera	59	27	92	156

Tab. 12 Morti per categoria di utenti – Fonte ISTAT 2009

3.1 Rischio percepito sull'arco

Il rischio percepito è fortemente correlato con le caratteristiche funzionali e fisiche dell'infrastruttura viaria: condizione della pavimentazione, pendenza del tracciato, volume di traffico e sua velocità, presenza e tipo di pista ciclabile.

Molte ricerche confermano infatti che ai ciclisti interessa la presenza e il tipo di pista ciclabile; la preferenza verso un tipo di infrastruttura rispetto ad un'altra dipende molto dalle caratteristiche socio-economiche degli utenti (Stinson and Bhat, 2003, 2005; Krizek et alii, 2004; Garret et alii, 2008; Hunt and Abraham,

2006). Per Taylor e Mahmassani (1996) i potenziali ciclisti preferiscono le piste ciclabili in sede propria rispetto a quelle promiscue al traffico veicolare su corsia riservata; mentre per i ciclisti che si muovono sistematicamente in bicicletta questa preferenza non sembra essere così netta. Inoltre i ciclisti inesperti, i giovani e le donne tendono a considerare molto più importante la presenza di una infrastruttura ciclabile lungo il proprio tragitto, rispetto ad altre categorie di utenti (Stinson e Bath, 2003 e 2005; Krizek et al., 2004; Garrard et al., 2008).

Il tipo di infrastruttura ciclabile è strettamente correlato con la percezione del rischio per i ciclisti. Per Klobucar e Fricker (2007) la percezione della sicurezza risulta essere elevata in presenza di un pista ciclabile riservata. Anche la presenza di una corsia riservata agli autobus gioca a favore della sicurezza percepita dal ciclista in quanto aumenta il distanziamento spaziale tra traffico veicolare e ciclabile (Paking et al., 2007).

Lungo gli archi inoltre risultano essere pericolosi i parcheggi delle automobili, i quali non solo sono rischiosi a causa delle aperture degli sportelli e delle stesse manovre di parcheggio, ma riducono la larghezza della corsia costringendo i ciclisti a viaggiare a stretto contatto con il flusso motorizzato che procede a velocità più elevate (Stinson e Bath, 2003; Noland e Kunreuther, 1995). Per questo motivo i ciclisti apprezzano molto tutte le forme e gli accorgimenti per la moderazione della velocità del traffico veicolare (*traffic calming*) e preferiscono strade a 2 corsie per senso di marcia rispetto a quelle a 4 corsie poiché nel secondo caso i guidatori prestano maggiore attenzione agli altri guidatori rispetto ai ciclisti (Petritsch et al., 2006; Shankwiler, 2006). La velocità di circolazione del flusso veicolare rappresenta un elemento determinante nella percezione del rischio da parte del ciclista a causa delle conseguenze dei possibili impatti tra bici ed automobile. Come possiamo notare dalla figura sottostante (fig. 10), un impatto a 30km/h non ha quasi conseguenze ma a 50km/h si ha il 50% di probabilità di morte, probabilità che aumenta al 90% in caso di impatto a 70km/h.

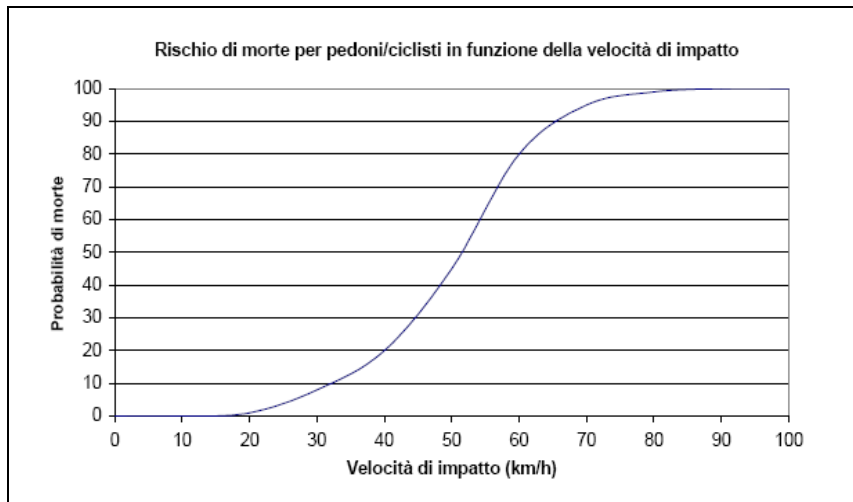


Fig. 10 Rischio di morte in funzione della velocità di impatto – Fonte: SlowResearch.org

Infine un fattore che tende ad aumentare la percezione del rischio lungo un arco è rappresentato dalla discontinuità dell'infrastruttura ciclabile.

Stinson e Bath (2003) accertarono che i ciclisti preferivano strade con infrastrutture ciclabili continue poiché una brusca interruzione di queste ultime provocava una impressione negativa e un senso di disorientamento nell'utente.

Esistono vari tipi di discontinuità distinte in (Roland e Krizek, 2005):

- Left side loser (fig. 11): in genere questo tipo di discontinuità si verifica quando la pista ciclabile si trova sul lato sinistro della carreggiata stradale. In questo caso, in corrispondenza di intersezioni o raccordi, la conformità della pista obbliga il ciclista a spostarsi a destra, dove di norma sono posizionate le altre piste ciclabili. Il senso di confusione aumenta quando sono presenti situazioni che creano disagi alla guida dei ciclisti, come ad esempio lavori in corso, intersezioni, ecc...

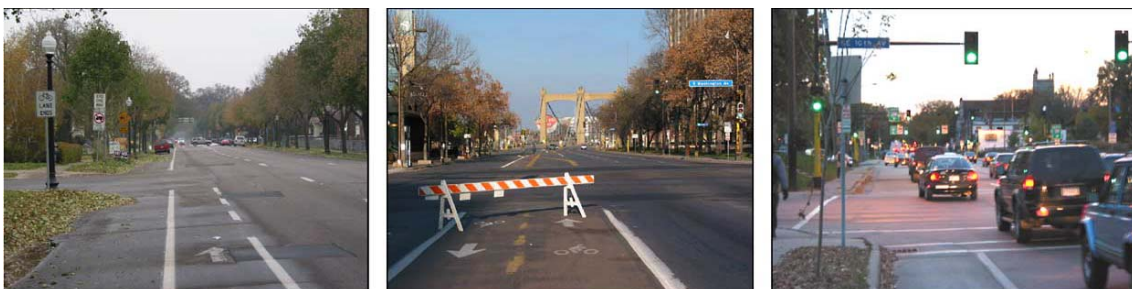


Fig. 11 Esempio di "left side loser"

- Intersection inconsistencies (fig. 12): si realizzano quando le piste ciclabili si interrompono o finiscono bruscamente in prossimità di una intersezione piuttosto rilevante. Può accadere che la pista termini anche per altri motivi: presenza di parcheggi sul lato destro della carreggiata, variazione delle caratteristiche geometriche e strutturali dell' arco stradale o per mancanza di spazio sul lato destro della carreggiata.



Fig. 12 Esempio di “intersection inconsistencies”

- Lapsing lanes (fig. 13): si trovano principalmente su strade con un basso volume di traffico e in zone urbane. Il loro termine è sempre ben segnalato e non si conclude mai in prossimità di un'intersezione o di una corsia con un flussi elevati. Questa risulta essere la condizione meno problematica rispetto alle altre, tuttavia il ciclista è costretto a modificare comunque lo stile della sua marcia.



Fig. 13 Esempio di “lapin lanes”

3.2 Rischio percepito nelle intersezioni

Numerosi studi (Dill et alii, 2010; Phillips et alii, 2011; Summala et alii, 1998) sul tasso di incidentalità in corrispondenza delle intersezioni dimostrano che questo varia, anche in maniera molto sensibile, da intersezione ad intersezione e anche tra intersezioni simili.

In particolare l'influenza che la presenza di una pista ciclabile può avere sul numero di incidenti nelle intersezioni non è chiara. Secondo un'analisi condotta su 14 studi effettuati in Europa sull'argomento, l'introduzione di una pista ciclabile genera effetti discordanti sul numero dei sinistri che coinvolgono ciclisti e guidatori (Elvik et alii, 2009).

Perciò si è arrivati a concludere che ogni pista e i suoi effetti debbono essere studiati caso per caso e dipendono dal contesto nel quale le piste sono inserite e da come sono state progettate.

In particolare la variazione del tasso di incidentalità può variare in base al tipo di utenti, al volume di traffico e alla sua composizione, alle leggi locali che regolano le interazioni (diritto di precedenza) ciclisti-guidatori. Inoltre può dipendere dal fatto che la pista sia a senso unico o doppio senso di marcia, dalla sua ubicazione (sulla carreggiata o fuori da essa), dal tipo di demarcazione utilizzata (che a sua volta influisce sulla sua visibilità e percezione da parte degli utenti) e dal numero di archi che la pista interseca. Recentemente si stanno studiando anche gli effetti del comportamento dell'utente e della sua adattabilità di fronte a cambiamenti sia della geometria dell'intersezione che delle regole di precedenza (Phillips et alii, 2011).

Generalmente il numero di sinistri è più elevato in corrispondenza delle intersezioni a precedenza rispetto a quelle semaforizzate, a causa del minor grado di controllo delle manovre: mentre nelle intersezioni semaforizzate le manovre vengono regolamentate dalle lanterne, in quelle a precedenza si lascia molta libertà all'utente di agire secondo le proprie capacità, percezioni, reattività, abitudini e comportamento.

Nelle intersezioni (semaforizzate e non) il tipo di incidente più frequente coinvolge ciclisti e guidatori che debbono svoltare a destra, il cosiddetto fenomeno del "*right hook*", dove i ciclisti vengono come schiacciati dalla

manovra di svolta dell'auto che chiude la curva. Ciò avviene quando ciclisti e veicoli a motore si muovono parallelamente oppure quando, giunti all'intersezione, le bici affiancano la fila delle auto in attesa. In entrambi i casi i guidatori prestano attenzione maggiore alle altre auto, soprattutto a quelle che provengono da sinistra, senza accorgersi della presenza dei ciclisti..

Questo problema è stato ridimensionato con successo con l'introduzione, nelle intersezioni semaforizzate, delle "bike boxes" (fig. 14). Queste hanno il pregio di ridurre i conflitti tra bici e veicoli a motore, creando delle aree esclusive per i ciclisti, ben percepibili dai guidatori. I ciclisti si pongono quindi dinanzi alla fila di automobili e, rendendosi più visibili ai loro occhi, aumenta il loro livello di sicurezza.

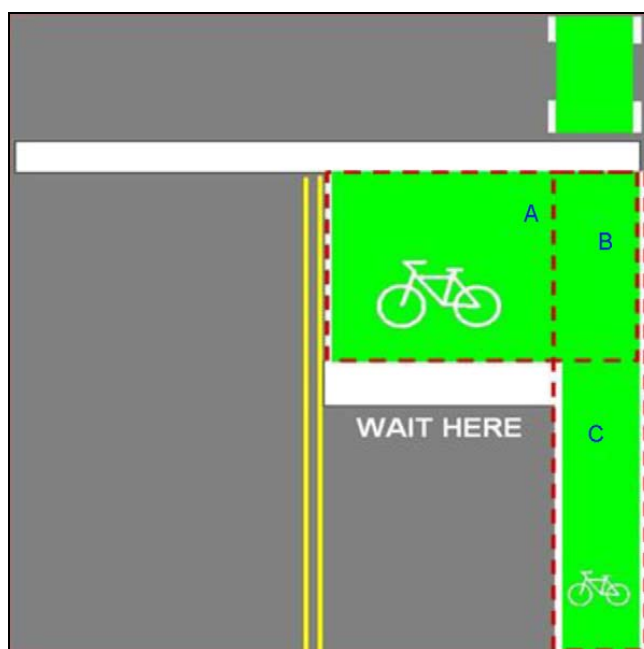


Fig. 14 Bike box

Questo accorgimento comporta una diminuzione del fenomeno del right hook in quanto i guidatori, non potendo occupare quell'area, sono costretti ad attendere che le bici effettuino le loro manovre di svolta prima di eseguirle loro stessi; inoltre permette di ridurre la discontinuità alla pista ciclabile anche nell'intersezione (fig. 15) e riduce i conflitti tra ciclisti che vogliono svoltare a sinistra e flusso veicolare che procede dritto.



Fig. 15 Bike box con corsia ciclabile segnalata dopo intersezione

Nel caso di intersezioni a T con pista ciclabile separata dalla carreggiata, molti studi hanno confermato che in assoluto la tipologia di sinistro più frequente è quella che coinvolge i ciclisti che provengono da destra sulla pista e i guidatori che debbono svoltare a destra dalla strada minore (fig. 16).

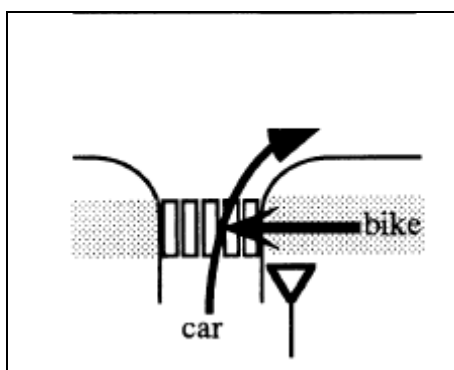


Fig. 16 Tipologia di incidente più frequente in intersezioni a T

Gli studi effettuati con l'ausilio di telecamere (Summala et alii, 1998; Schepers et al., 2011; ecc.) confermano che i guidatori, svoltando, rivolgono la loro attenzione semplicemente verso le auto che provengono da sinistra e non vedono il ciclista sopraggiungere dalla parte opposta.

Le misure rivolte alla diminuzione della velocità di approccio all'intersezione da parte dei veicoli a motore, mediante soluzioni progettuali che modifichino la visuale del guidatore, riducendola, hanno prodotto in alcuni casi dei benefici imputabili presumibilmente all'aumento del tempo necessario al guidatore per mettere a fuoco ogni direzione di marcia. Tuttavia è necessario che queste

soluzioni progettuali siano tali da impedire che il comportamento del guidatore si adatti alla nuova conformazione dell'intersezione, adottando una sorta di “*strategia di scansione*” ovvero si concentri sui pericoli maggiori e più frequenti, ignorando e mascherando le informazioni relative a quelli meno frequenti. Inoltre è necessario sottolineare l'esistenza di correnti di pensiero opposte (Rasasen et al, 1999) che sostengono che la riduzione della visibilità crei situazioni ancora più pericolose.

3.3 Rischio percepito nelle rotatorie

La tipologia di incidente più frequente nelle rotatorie coinvolge un ciclista e un'auto che entra o esce dalla rotatoria. Questo fenomeno è conosciuto come “*looked-but-failed-to-see*” e indica il comportamento del guidatore che vede il ciclista ma non lo percepisce correttamente e quindi si muove come se il ciclista non fosse presente.

Per tentare di comprendere e descrivere la percezione del rischio da parte del ciclista nelle rotatorie e quali fossero i fattori che influenzavano tale percezione, furono condotti vari studi.

In Danimarca Moller ed Hels (2008), ricercatori dell'Istituto di Ricerca dei Trasporti (DTU), cercarono di descrivere la percezione del rischio in rotatoria in diverse condizioni di traffico, di trovare quali altri fattori potessero influenzare questa percezione e di accertarsi se i ciclisti conoscessero o meno le norme di circolazione stradale nelle rotatorie.

Attraverso la compilazione di questionari, si scoprì che la situazione che veniva percepita dai ciclisti come la più pericolosa era quella in cui il ciclista si trovava nella rotatoria e un'auto usciva dall'anello e che il livello di rischio percepito era maggiore nelle rotatorie senza piste ciclabili rispetto a quelle nelle quali erano presenti.

Si dedusse quindi che la percezione del rischio fosse influenzata fortemente da una combinazione di fattori, quali le caratteristiche di progetto della rotatoria

(esistenza di piste ciclabili, pavimentazione, ecc), l'intensità di traffico e le caratteristiche dei ciclisti (sesso, età, aver avuto un incidente, ecc).

Confrontando però questi risultati con i dati riguardanti l'incidentalità delle rotatorie prese in esame dallo studio, si notò che il maggior numero di incidenti coinvolgevano ciclisti che circolavano nella rotatoria e auto che entravano nell'anello, perciò, a differenza di quanto percepito dagli intervistati, questa doveva essere la situazione più pericolosa. La percezione del rischio influiva quindi in maniera rilevante sul giudizio critico dell'utente.

La sottostima della percezione del rischio da parte dell'utente può portare alla diminuzione del suo livello di attenzione, creando situazioni nelle quali il ciclista mal interpreta le intenzioni del guidatore e facendo aumentare la probabilità di incidenti.

Il livello di rischio percepito aumenta in situazioni nelle quali il grado di controllo percepito e di prevedibilità dei comportamenti degli utenti appare basso ed è per questo motivo che le rotatorie dotate di infrastrutture ciclabili sono considerate più sicure, in quanto la separazione tra flusso veicolare e ciclabile produce un senso di controllo e di prevedibilità delle manovre, nel caso i diritti di precedenza siano chiari e rispettati.

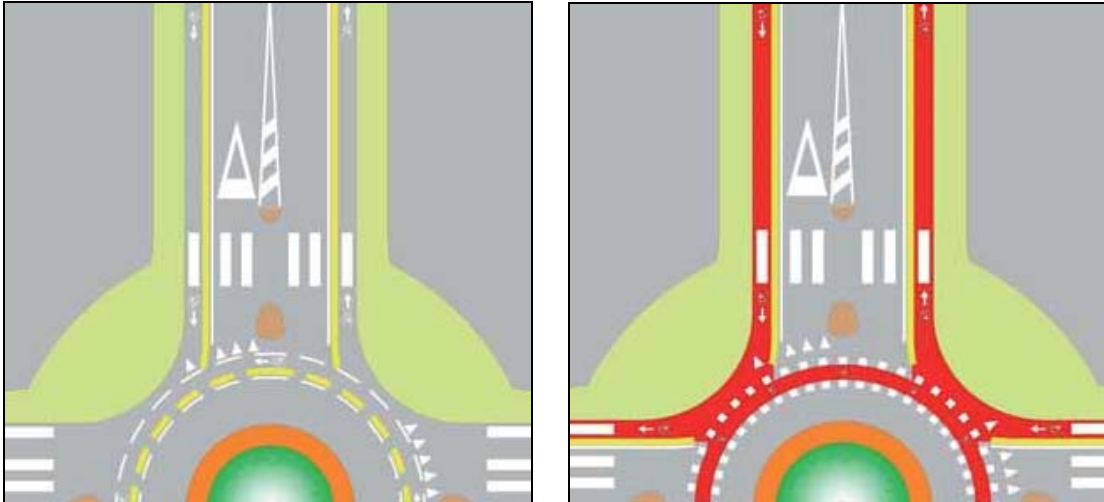
Esistono varie soluzioni progettuali a favore della sicurezza della mobilità ciclabile nelle rotatorie, le quali possono essere suddivise in:

- Corsia ciclabile ed attraversamento ciclabile in anello (figg. 17, 18): in questo caso la pista ciclabile può essere realizzata solo in corrispondenza dell'anello, senza che sia presente prima o dopo la rotatoria; nel caso invece di attraversamento ciclabile, in quanto elemento di continuità della pista, si richiede la presenza della pista prima e dopo la rotatoria.

Il ciclista, nell'inserimento deve dare la precedenza a chi già transita nell'anello, procedere all'interno della corsia riservata e segnalare l'intenzione di uscire.

Questa soluzione è da preferire in ambito urbano, su strade a carattere residenziale, con velocità di inserimento in rotatoria non superiori ai 25 km/h. La rotatoria deve essere a singola corsia di

attraversamento, con portate fino a 8000 veicolo/giorno poiché con flussi superiori è stato riscontrato un aumento sensibile del numero di incidenti che coinvolgono i ciclisti (Schoon and Van Minnen, 1994).



Figg. 17 e 18 Rotatoria con corsia ciclabile e attraversamento ciclabile in anello

- Pista ciclabile contigua al marciapiede con precedenza all'intersezione (fig. 19): è la soluzione preferibile in caso di flussi veicolari e ciclabili consistenti. Si può applicare su rotatorie a singola o multipla corsia di attraversamento (anche con diametri ≥ 25 metri). Nell'attraversamento dei rami di uscita della rotatoria, il ciclista ha la precedenza ma deve prestare attenzione prima ai veicoli che escono dall'anello e poi a quelli che si avvicinano ad esso. Se il veicolo ha impegnato l'attraversamento, il ciclista deve rallentare e dare la precedenza.

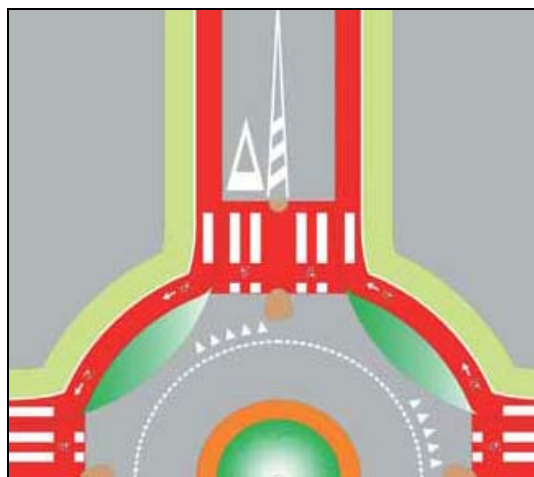


Fig. 19 Rotatoria con corsia ciclabile contigua al marciapiede e precedenza

- Pista ciclabile contigua al marciapiede senza precedenza all'intersezione (fig. 20): a differenza della soluzione precedente, il ciclista deve fermarsi per accertarsi che nessun veicolo abbia impegnato il ramo di uscita, successivamente deve ripetere l'operazione in corrispondenza dell'isola spartitraffico. La realizzazione di questa tipologia di pista è da preferirsi in ambito extraurbano, in presenza di traffico pesante e modesto flusso ciclabile.

Spesso si applica su rotatorie a corsia multipla di attraversamento e con velocità di inserimento di circa 50 km/h.

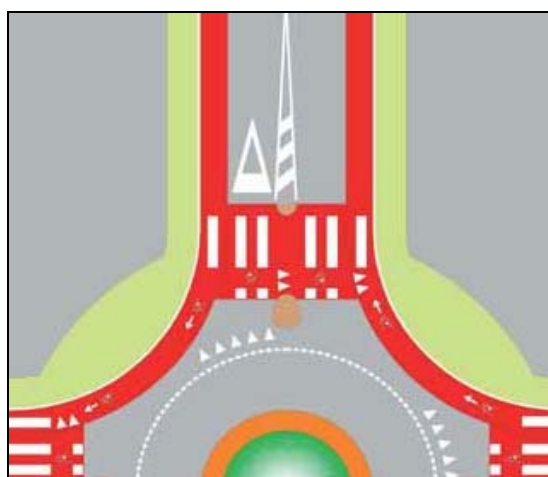


Fig. 20 Rotatoria con corsia ciclabile contigua al marciapiede senza precedenza

Nelle ultime due soluzioni progettuali il conflitto tra i flussi veicolari e quelli ciclabili avviene in direzione ortogonale, in prossimità degli archi di uscita e ingresso, in questo modo si verificano le condizioni migliori di visibilità tra utenti e ciò induce uno dei due a fermarsi. Tuttavia questo non significa che siano note e rispettate le regole sul diritto di precedenza, le quali, se ignorate, spesso comportano dei rischi soprattutto tra gli utenti deboli.

Inoltre in queste tipologie di piste si cerca di evitare che le correnti veicolari e ciclabili si muovano parallelamente. Questa condizione crea delle situazioni di pericolo soprattutto per il ciclista che, seppur colpito con un angolo di impatto modesto, può subire urti violenti; mentre i guidatori non la percepiscono come pericolosa in quanto prestano più attenzione agli altri mezzi a motore (Sakshaug et al., 2010). Inoltre spesso i ciclisti tendono a muoversi lungo traiettorie irregolari per evitare le automobili ma così facendo diminuisce la loro visibilità e la capacità del guidatore di interpretare le loro manovre, andando ad innescare delle situazioni di incomprensione che sono alla base dei sinistri.

4. Rischio percepito a Bologna: studio-pilota

Tutti gli studi analizzati finora sul rischio percepito e sulla scelta dell'itinerario sono stati sviluppati principalmente negli Stati Uniti e in altri stati nord europei e asiatici.

In Italia i dati e gli studi su tali argomenti sono scarsi e difficilmente reperibili, soprattutto se si pensa che l'interesse verso la mobilità ciclabile è recente, nonostante vi siano realtà, come ad esempio la città di Ferrara, che vengono da tempo riconosciute e studiate anche all'estero.

Si è quindi pensato di svolgere uno studio sulle variabili che influenzano maggiormente la percezione del rischio e le scelte dell'itinerario ciclabile, nella città di Bologna.

Lo studio – pilota prevede due campagne di indagini, da effettuare nei mesi di Settembre e Ottobre 2011, in due punti della città: nell'intersezione

semaforizzata tra via Sabotino e via Vicini e in quella tra via Matteotti e viale Masini, su cui erano stati registrati elevati flussi ciclabili.

4.1 I luoghi delle interviste

Per individuare le aree nelle quali effettuare le interviste, sono stati considerati numerosi aspetti: in primo luogo si è pensato alla necessità di intercettare un buon numero di ciclisti in tempi ragionevoli. Perciò abbiamo ritenuto opportuno, in prima battuta, eseguire le interviste lungo il tracciato di alcune piste ciclabili, particolarmente utilizzate.

Per scegliere le piste ciclabili più idonee, ci siamo avvalsi dei dati sui flussi in nostro possesso, individuando le sezioni che presentavano i flussi maggiori.

Al fine di rendere poi più agevoli le operazioni degli intervistatori e per ottenere il maggior numero di adesioni da parte dei ciclisti, si è deciso di compiere le interviste in corrispondenza di intersezioni semaforizzate, con cicli sufficientemente lunghi, per poter sfruttare il tempo di attesa al semaforo dei ciclisti, senza far loro subire ulteriori ritardi.

In questo modo la scelta è caduta sulle intersezioni semaforizzate tra le piste ciclabili di via Sabotino (A) e di via Matteotti (B) e i viali che circondano il centro urbano (fig. 21).

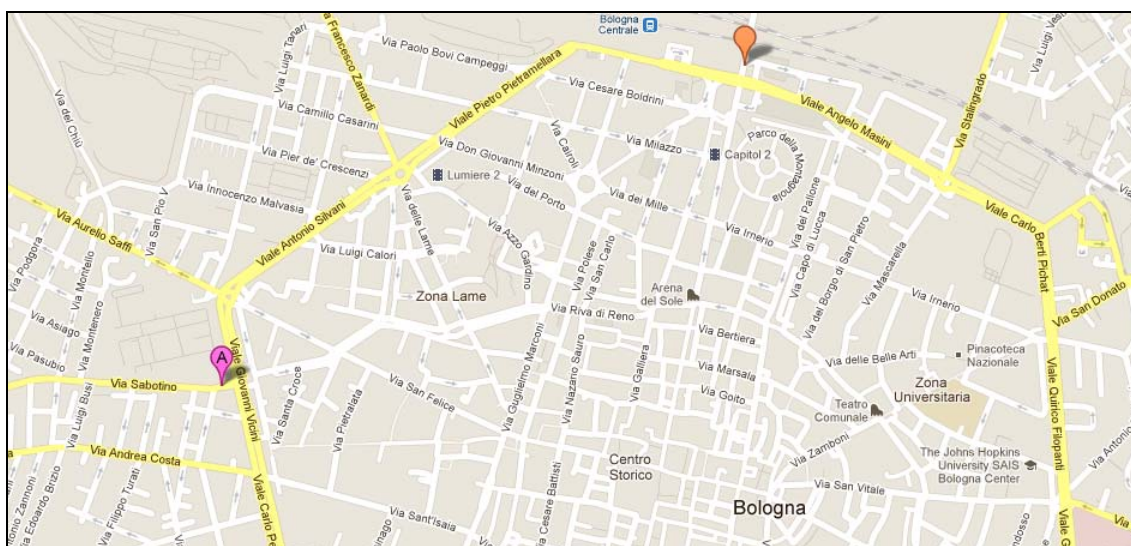


Fig. 21 Sezioni monitorate

Entrambe le sezioni possiedono un ciclo semaforico tale da permettere di sottoporre interamente il questionario all'utente; inoltre sono presenti spazi sufficientemente ampi nei quali si raccolgono i ciclisti in attesa del segnale di via e nei quali è possibile compiere l'intervista senza intralcio alla circolazione dei ciclisti stessi (figg. 22, 23, 24).



Fig. 22 Pista ciclabile Via Sabotino



Fig. 23 Pista ciclabile e attraversamento ciclabile Via Sabotino



Fig. 24 Pista ciclabile Via Matteotti

Nonostante in entrambi i casi si tratti di piste ciclabili su corsia riservata ricavata dal marciapiede, sono tuttavia presenti sostanziali differenze funzionali tra le due sezioni in esame.

In primo luogo la pista di via Sabotino è un tratto della cosiddetta "radiale ovest" che collega Bologna a Casalecchio (fig. 25); è parte quindi di una infrastruttura continua e ben visibile lungo tutto l'intero tracciato, il quale in parte si estende all'interno di aree verdi e in parte risulta fisicamente separato e lontano dalla carreggiata stradale.

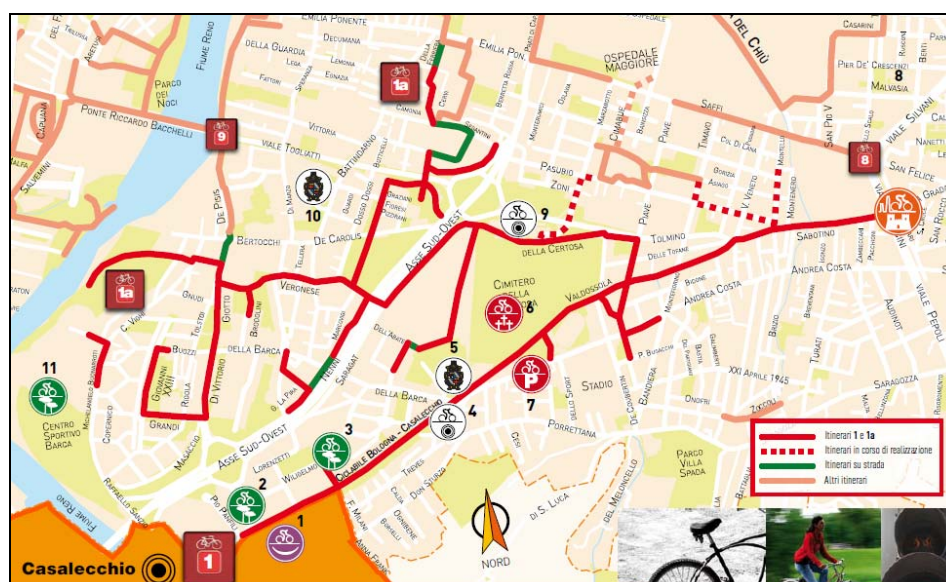


Fig. 25 Tracciato "Radiale ovest"

Al contrario la pista di via Matteotti, nonostante faccia parte anch'essa di una radiale ("radiale nord"), risulta non connessa in maniera soddisfacente alla rete esistente e nemmeno comoda e sicura per i ciclisti, soprattutto a causa dei lavori lungo la pista di via de' Carracci (fig. 26 freccia rossa).



Fig. 26 Tracciato "Radiale nord"

Un'altra sostanziale differenza è data dall'influenza esercitata dal flusso pedonale su quello ciclabile: nel caso di via Sabotino, lo scarso flusso pedonale non produce interferenze su quello ciclabile, mentre in via Matteotti, il traffico pedonale è tale da creare intralcio e rallentamenti nei movimenti dei ciclisti, i quali spesso preferiscono non utilizzare la pista, ma la carreggiata stradale. Infatti mentre su via Sabotino si registrano i valori più alti del grado di utilizzo della pista ciclabile (circa il 100%), in via Matteotti si riscontrano i più bassi (intorno al 40%).

Queste due sezioni, così simili dal punto di vista strutturale, ma così differenti sotto il profilo funzionale, sono state scelte appositamente per verificare se le diverse caratteristiche funzionali di una pista siano in grado di influenzare e in che modo le scelte del ciclista e la percezione del rischio.

4.2 Il questionario

Il questionario è stato redatto in collaborazione con alcuni docenti della Facoltà di Psicologia di Cesena, al fine di ottenere uno strumento di facile utilizzo e comprensione per l'utente e dal quale si potessero ricavare il maggior numero di informazioni in tempi contenuti.

Il questionario sottoposto ai ciclisti si divide in due parti: la prima ha le caratteristiche di un questionario di tipo *revealed preference* (RP) poiché si chiede all'utente di individuare su una cartina il percorso effettivamente scelto fino a quel momento; la seconda parte è di tipo *stated preference* (SP) dal momento che l'utente deve assegnare un punteggio ad un set di variabili.

Per ovviare ai problemi di perdita di tempo nella ricostruzione dell'itinerario, si è pensato di far tracciare solamente la porzione di tragitto effettuato fino a quel momento e di chiedere successivamente di esplicitare la destinazione dello spostamento; inoltre sono state utilizzate delle piantine che riportavano ben visibili i percorsi ciclabili esistenti, i nomi delle vie principali e i maggiori poli attrattori (parchi, scuole, ospedali). Infine, poiché è noto che l'uso della bicicletta è vantaggioso per gli spostamenti fino a 5 km, si è considerata una porzione di territorio all'interno di tale raggio (fig. 27).

La scelta di far tracciare solamente il percorso già effettuato (intercettando solamente gli spostamenti in entrata al centro urbano), escludendo la parte del tragitto all'interno del centro urbano, racchiuso dalla cerchia dei viali, è stata dettata non solo da questioni legate al risparmio di tempo ma anche dalle caratteristiche dello stesso centro urbano di Bologna. Infatti all'interno di tale area sono presenti numerosi itinerari ciclabili consigliati e un'ampia zona pedonale e la circolazione dei mezzi è regolamentata dal sistema SIRIO, che controlla telematicamente gli accessi, perciò il traffico veicolare risulta assai ridotto rispetto alle aree circostanti. Sussistendo tali condizioni, vengono a mancare molti di quei fattori che abbiamo ritenuto importanti nella percezione del rischio da parte del ciclista.

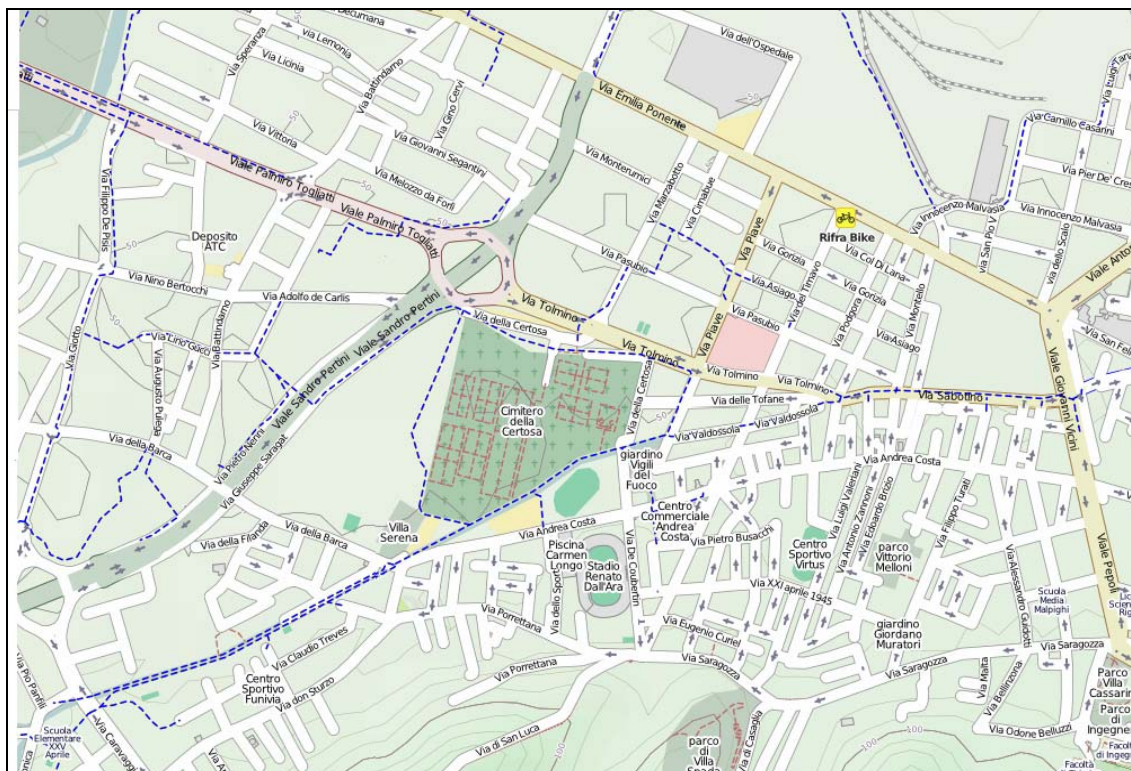


Fig. 27 Esempio di piantina utilizzata nei questionari

Le interviste, per ognuna delle due sezioni di studio, sono state realizzate dal Lunedì al Venerdì tra le 8:00 e 11:00, in maniera da intercettare il maggior numero di utenti che si muove sistematicamente in bici. La scelta dell'intervallo temporale è avvenuta in base ai dati monitorati dei flussi ciclabili, dai quali sono stati ricavati i periodi di punta.

Dopo aver domandato ai ciclisti quanto spesso utilizzassero la bicicletta, per ottenere informazioni sul loro livello di esperienza nel muoversi in bici nel traffico, abbiamo chiesto loro di esprimere un giudizio sulla propria soddisfazione, relativa ad alcune caratteristiche della pista che avevano percorso (continuità, pavimentazione, velocità).

Successivamente abbiamo chiesto quanto avessero influito nella scelta di quel determinato percorso le variabili sicurezza, rapidità dello spostamento, lunghezza del percorso e presenza della pista ciclabile.

In seguito le domande si sono focalizzate sulle generiche esperienze degli utenti durante i propri spostamenti con la bicicletta e abbiamo domandato loro di assegnare, alle seguenti variabili, un punteggio relativo al grado di

pericolosità percepita: intensità e velocità del traffico veicolare, presenza di intersezioni semaforizzate, a precedenza e con rotatoria, presenza di pedoni sulla pista, di passi carrai e di parcheggi lato pista.

Per ogni set di domande, per non creare confusione nell'utente, la scala di valutazione utilizzata è stata la medesima, dove al valore 1 corrisponde il giudizio "pochissimo", mentre al valore 10 corrisponde il giudizio "moltissimo".

Infine abbiamo caratterizzato l'utente mediante il sesso, l'età e alcuni attributi quali l'uso del casco o della bici sportiva, ecc.

RIGUARDO AL PERCORSO CHE STA EFFETTUANDO			
quanto è soddisfatto da 1 a 10 di:			
POCHISSIMO	CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	VELOCITA' SULLA PISTA ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
quanto hanno influito nella scelta del percorso:			
POCHISSIMO	RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	SICUREZZA ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	LUNGHEZZA DEL PERCORSO ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	PRESENZA PISTA CICLABILE ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
IN GENERALE			
quanto considera rischiose da 1 (per niente) a 10 (moltissimo)			
POCHISSIMO	TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	PRESENZA DI ROTATORIE ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	PRESENZA PEDONI SULLA PISTA ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	PRESENZA PASSI CARRAI ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
POCHISSIMO	PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙	MOLTISSIMO	
In generale quanto ritiene rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?			
⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙			
Sarebbe disposto ad aumentare il tragitto per usufruire di una o più piste ciclabili?			
SI' <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	se sì, di quanti minuti? _____	
Conosce la rete ciclabile del Comune di Bologna?			
MOLTO <input type="checkbox"/>	ABBASTANZA <input type="checkbox"/>	POCO <input type="checkbox"/>	
SESSO	F <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	ANZIANO <input type="checkbox"/>
ETA'	RAGAZZO/A <input type="checkbox"/>	ADULTO <input type="checkbox"/>	
PORTA BORSE O ZAINO	SI' <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
TRASPORTA PASSEGGERO	SI' <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
INDOSSA CASCO	SI' <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
MOUNTAIN BIKE/BICI SPORTIVA	SI' <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	

Fig. 28 Esempio di questionario

4.3 Analisi dei dati

I dati dei questionari sono stati elaborati mediante il software SPSS (Statistic Package for Social Sciences).

Sono stati compilati circa 300 questionari, equamente raccolti nelle due sezioni in esame. Occorre sottolineare che il campione, seppur non rappresentativo della intera popolazione di ciclisti, tuttavia costituisce un elemento di partenza per la ricerca.

Il campione intervistato è composto per il 52% da uomini e per il restante 48% da donne; in prevalenza si tratta di persone adulte (56%), seguono i ragazzi (28%) e gli anziani (16%).

La quasi totalità degli intervistati (94%) utilizza la bicicletta quasi ogni giorno per i suoi spostamenti, ma solamente una piccola percentuale (14%) dichiara di conoscere molto bene la rete ciclabile di Bologna: prevale invece una discreta conoscenza delle infrastrutture ciclabili (66%).

È da notare che solo il 3% dei ciclisti intervistati indossa il casco e tutti percorrevano la pista di via Matteotti.

La quasi totalità del campione non trasporta passeggeri ma porta con sé borse o zaini.

In generale possiamo affermare che il grado di soddisfazione nei confronti delle caratteristiche della pista ciclabile è più elevato per i ciclisti che percorrono via Sabotino, rispetto a quelli che transitano in via Matteotti.

Nello specifico vengono apprezzate la continuità e la velocità che si riesce a mantenere sulla pista mentre le condizioni della pavimentazione risultano meno soddisfacenti, indipendentemente dal gruppo di utenti.

Tali dati inoltre sono indipendenti dal sesso dell'utente, dal grado di utilizzo della bicicletta e di conoscenza della rete, a conferma del fatto che siano le caratteristiche geometrico – funzionali delle piste ad esercitare una influenza maggiore sulla soddisfazione dell'utente, rispetto alle caratteristiche socio – economiche del campione intervistato.

Nella scelta del percorso effettuato, le variabili che hanno condizionato maggiormente le decisioni dell'utente sono state, nell'ordine, la presenza della

pista ciclabile e la rapidità dello spostamento; mentre la sicurezza lungo il tragitto e la lunghezza del percorso assumono sostanzialmente lo stesso peso.

In particolare la presenza della pista ciclabile ha influenzato in maniera più rilevante le scelte degli utenti di via Sabotino, rispetto agli utenti di via Matteotti, infatti il valore medio per il primo gruppo è pari a 8,74, mentre per il secondo assume il valore di 6,96.

Esiste inoltre una differenza significativa nel grado di influenza che la presenza della pista ciclabile esercita sulle scelte dei ciclisti, appartenenti alle diverse classi di età: questa differenza è rilevante tra il gruppo dei ragazzi e degli adulti, tra il gruppo dei ragazzi e degli anziani, ma non lo è tra quello degli adulti e degli anziani. Possiamo quindi affermare che questa variabile pesa in maniera più consistente sulle scelte degli utenti anziani e adulti, in egual misura, rispetto a quanto avvenga nelle decisioni prese dai ragazzi.

I ciclisti che percorrono via Sabotino, inoltre, associano un punteggio alto, e simile a quello delle variabili precedenti, anche al fattore sicurezza percepita lungo l'itinerario, avvalorando la tesi che le peculiarità dell'infrastruttura ciclabile vadano ad incidere sulle priorità di scelta del percorso.

La rapidità dello spostamento invece si dimostra più importante per le donne rispetto agli uomini e, come ci si poteva aspettare, per coloro che non intendono allungare il proprio percorso per poter usufruire di una pista ciclabile continua. Quest'ultima categoria inoltre viene condizionata nella scelta dell'itinerario in modo più marcato dalla lunghezza del percorso, rispetto alle altre categorie di utenti.

Per quanto riguarda il rischio percepito, notiamo che in generale gli utenti considerano mediamente rischioso per la propria incolumità muoversi in bicicletta, indipendentemente dal gruppo di appartenenza, dal sesso e dall'età (voto medio 6,5).

Il traffico intenso sull'arco stradale e l'elevata velocità dei veicoli a motore si rivelano essere gli elementi percepiti come i più rischiosi dai ciclisti. Queste due variabili assumono gli stessi pesi per i differenti gruppi di utenti e non vengono influenzati dal grado di esperienza di utilizzo della bici, contrariamente a quanto riscontrato in alcuni studi.

Il traffico intenso inoltre è considerato più pericoloso dalle donne, rispetto agli uomini, e dagli anziani, rispetto ai giovani, mentre non esistono sostanziali differenze tra adulti e anziani.

Anche la velocità elevata dei veicoli a motore è percepita come elemento di rischio maggiormente dalle donne. Emerge inoltre che il grado di pericolosità di questa variabile dipenda dal livello di conoscenza della rete: coloro che affermano di conoscere molto bene la rete ciclabile della città risentono in maniera più sensibile del passaggio dei veicoli a velocità sostenuta, rispetto a coloro che ne possiedono una conoscenza scarsa o insufficiente. Ciò è verosimilmente da imputare al fatto che la conoscenza dei tracciati ciclabili porta l'utente a scegliere con maggior frequenza percorsi sicuri e confortevoli e quindi privi di molti elementi che possono creare situazioni di insicurezza nello stesso ciclista.

Infine un'altra categoria di utenti che considera pericolosa l'alta velocità dei veicoli a motore è quella costituita da coloro che dichiarano di essere disposti ad effettuare deviazioni, rispetto al tragitto abituale, per poter usufruire di una o più piste ciclabili. Una possibile chiave di lettura a questa correlazione è fornita dal fatto che gli utenti, che hanno una elevata percezione del rischio, nei confronti di alcune situazioni che aumentano la sensazione di insicurezza, proprio per riuscire ad evitarle, preferiscono modificare e allungare il percorso abituale, per poter utilizzare una infrastruttura ciclabile ritenuta più sicura.

Nel questionario si chiedeva inoltre di esprimere un giudizio sulla pericolosità di 3 tipi di intersezioni: semaforizzata, a precedenza e con rotatoria. I dati relativi alla città di Bologna sono in linea con quanto emerge dagli studi presenti in letteratura: gli incroci dotati di rotatorie sono ritenuti molto pericolosi dai ciclisti, seguono le intersezioni a precedenza, verso le quali c'è una percezione del rischio maggiore per le donne; infine le intersezioni semaforizzate sono considerate le più sicure. Ciò conferma che maggiore è il controllo sulle manovre dei veicoli (e minore è la libertà di decisione lasciata al conducente), maggiore è la sensazione di sicurezza percepita dal ciclista, indipendentemente dal gruppo di appartenenza e dalle proprie caratteristiche socio – economiche.

Tra i fattori di rischio compaiono infine i principali elementi che costituiscono intralcio alla circolazione dei ciclisti: la presenza di parcheggi lungo la carreggiata, di pedoni e di passi carrai. Queste variabili hanno riportato in assoluto i punteggi più bassi di percezione del rischio tra tutti gli elementi presenti. Tali valori inoltre rimangono sostanzialmente simili per tutte le categorie di utenti, i quali concordano nel ritenere che la forma più pericolosa di intralcio alla circolazione in bicicletta siano i pedoni; al contrario quella che genera meno situazioni di rischio è la presenza dei parcheggi lungo la carreggiata. In questo caso notiamo come l'imprevedibilità dei movimenti dei pedoni giochi un ruolo predominante nella percezione del rischio per i ciclisti.

Una volta analizzati i punteggi assegnati ai vari elementi, i dati sono stati elaborati in maniera tale da cercare se esistessero o meno delle correlazioni tra i vari elementi, soprattutto tra le variabili che influenzano la scelta dell'utente e i fattori di rischio o il grado di soddisfazione dell'utente.

Dal valore del coefficiente di correlazione di Pearson possiamo dedurre l'intensità della relazione esistente tra le variabili; nel caso in cui il coefficiente assuma valori pari all'unità si parla di relazioni lineari perfette, mentre tanto più il valore si avvicina a zero, quanto più debole è la correlazione. Nel caso in esame, la variabile di Pearson, per le relazioni statisticamente significative, assume valori molto inferiori all'unità, compresi tra 0.1 e 0.5, perciò possiamo confermare l'esistenza di una relazione, anche se non molto forte, tra gli elementi della matrice di correlazione bivariata.

In primo luogo emerge che il grado di soddisfazione del ciclista, nei confronti delle caratteristiche geometrico – funzionali della pista ciclabile, influisce sulle scelte dell'itinerario, più di quanto non facciano i fattori di rischio.

Infatti notiamo che, nella scelta dell'itinerario, la rapidità dello spostamento assume un'importanza maggiore, se aumenta il grado di soddisfazione nei confronti della continuità della pista.

Esiste inoltre una relazione che lega la rapidità dello spostamento alla lunghezza del percorso, e quest'ultima a sua volta con la sicurezza; infatti man mano che aumenta l'importanza della lunghezza dell'itinerario nelle scelte del ciclista, questi prende in considerazione parallelamente anche la rapidità dello

spostamento e il livello di sicurezza lungo il tragitto, in quanto tenderà a minimizzare non solo il tempo di viaggio ma anche la propria esposizione a fattori di stress psicofisico. Quest'ultimo aspetto è confermato dall'esistenza di una relazione tra lunghezza del tragitto e rischio dovuto a traffico intenso: se aumenta la sensibilità dell'utente nei confronti del pericolo derivante dall'intensità del traffico, aumenterà anche l'influenza della lunghezza del percorso sulle scelte del ciclista, il quale cercherà di spostarsi lungo gli itinerari più brevi.

Man mano che aumenta il livello di soddisfazione dell'utente nei confronti della continuità della pista e della velocità con la quale ci si può muovere, la sicurezza diventa l'elemento più importante nella scelta dell'itinerario, poiché il ciclista percepisce di potersi spostare all'interno di un ambiente favorevole e sicuro. Abbiamo quindi la conferma della necessità di un'attenta pianificazione ciclabile che preveda infrastrutture tali da assicurare un buon livello di prestazioni e una certa continuità nel tracciato. È interessante notare che, nel nostro studio, non emergono relazioni significative tra i fattori di rischio e l'influenza esercitata dalla sicurezza nella scelta dell'itinerario.

La preferenza del ciclista a scegliere percorsi dotati di piste ciclabili aumenta all'incremento della soddisfazione nei confronti della continuità della pista e della sua velocità di percorrenza.

L'esistenza di una correlazione tra la presenza di una pista e la sicurezza dimostra come i ciclisti associno all'infrastruttura ciclabile l'idea di poter effettuare uno spostamento senza rischi, rispetto a quanto avvenga in sua assenza. Ciò viene confermato anche dalla presenza di una connessione tra l'intensità del rischio dovuto al traffico intenso e la presenza della pista ciclabile. L'influenza che esercita la presenza dell'infrastruttura ciclabile nella scelta del percorso è legata all'insicurezza generata dalle intersezioni con rotatoria e a precedenza, poiché la pista tende a rendere più visibili i ciclisti, a separare e indirizzare i flussi ciclabili e veicolari.

Come ci si aspettava, l'incolumità dei ciclisti è correlata a tutte le variabili di rischio, ma in maniera più significativa all'intensità di traffico e alla velocità sostenuta dei veicoli a motore.

A sua volta il rischio dovuto all'intensità di traffico veicolare aumenta in maniera sensibile al crescere del rischio percepito nelle rotatorie, nelle intersezioni a precedenza e in presenza di traffico ad elevata velocità.

4.4 Conclusioni e studi futuri

Lo studio – pilota ci ha permesso in primo luogo di testare il questionario, rilevando le problematiche che potevano insorgere durante le interviste, come ad esempio la difficoltà di comprensione di alcune domande e del metodo di valutazione. Dopo una breve fase di pre-indagini, è stato possibile modificare il questionario, soprattutto per quanto riguarda la grafica, rendendolo più snello e comprensibile per gli utenti.

Dall'analisi dei risultati emerge che le caratteristiche geometriche e funzionali dell'infrastruttura ciclabile influiscono in maniera rilevante sulla soddisfazione del ciclista e sulla percezione del rischio.

A sua volta il grado di soddisfazione determina le priorità di scelta del percorso del ciclista, più di quanto non faccia la percezione stessa del rischio.

Dai dati risulta anche che le variabili socio – economiche e il grado di esperienza del ciclista nel muoversi in bicicletta sono significative solo su certi elementi di rischio, in particolare nei confronti del traffico intenso, dell'elevata velocità di transito dei veicoli a motore e delle intersezioni a precedenza.

Come possiamo notare dalle risposte del campione, il grado di conoscenza della rete ciclabile può e deve essere migliorato dal momento che, verosimilmente, se il ciclista è a conoscenza della dotazione infrastrutturale della città, sarà più propenso ad utilizzarla (ovviamente se il tracciato interessa il suo tragitto), poiché oltre l'80% degli intervistati ha dichiarato di essere propenso ad aumentare la lunghezza del proprio spostamento per poter utilizzare una pista ciclabile.

La presenza della pista ciclabile è la variabile maggiormente presa in considerazione nella scelta dell'itinerario e migliori sono le performance garantite dall'infrastruttura, tanto più elevata sarà la probabilità che il ciclista la percorra.

Le piste ottimali dovrebbero essere continue e assicurare collegamenti rapidi, in termini di tempo complessivo di spostamento. Perciò il pianificatore dovrebbe tener conto non solo della velocità che i ciclisti possono sostenere lungo la pista ma anche di tutti i fattori che generano ritardi, ad esempio intersezioni, interferenze con i pedoni, ostacoli e restringimenti.

In letteratura spesso il percorso più rapido è fatto coincidere con quello più diretto tra un'origine e una destinazione. Tuttavia, per ovviare a questo problema, nel questionario abbiamo esplicitato le due variabili chiedendo separatamente quanto avessero influito sulla scelta dell'itinerario la rapidità dello spostamento e la lunghezza del tracciato.

In questo modo abbiamo notato l'importanza che acquista il tempo di percorrenza per i ciclisti, soprattutto rispetto alla variabile sicurezza.

Esiste una correlazione tra il livello di rischio percepito dai ciclisti in alcune circostanze e la presenza della pista ciclabile: se aumenta la percezione del rischio, cresce anche l'importanza assunta dalla pista nella scelta del percorso. Alla pista ciclabile si associa quindi l'idea della sicurezza, molto probabilmente perché è in grado di rendere meglio visibili i ciclisti, i quali "conquistano" una collocazione all'interno del flusso veicolare; inoltre la pista molto spesso separa le correnti veicolari da quelle ciclabili e quindi fa diminuire la percezione del rischio dovuta al differenziale della velocità di transito e alla vicinanza ai veicoli di dimensioni maggiori.

La sicurezza, al contrario di quanto emerge in altri studi, non è la prima causa di influenza sulle scelte dell'itinerario. Ciò può dipendere in parte dal fatto che i ciclisti bolognesi ritengano mediamente pericoloso muoversi in bicicletta nel traffico urbano, ma più verosimilmente è dovuto al fatto che l'importanza della sicurezza sia già racchiusa all'interno della variabile "presenza della pista ciclabile": l'esistenza della pista e la sicurezza quindi non sono variabili indipendenti, come confermato dalla matrice di correlazione bivariata.

Lo studio - pilota ha fatto emergere una prima serie di dati sul comportamento e le percezioni dei ciclisti; in parte i risultati collimano con le teorie di studi precedenti, in parte vi si discostano. Una possibile spiegazione si ritrova nei limiti stessi dello studio, in quanto sono stati intervistati solamente

ciclisti che si trovavano lungo il tracciato di una pista ciclabile e che quindi avevano utilizzato tale infrastruttura, escludendo coloro che invece non l'avevano usata. Perciò gli sviluppi di questo studio prevedono di quantificare il peso delle variabili in esame anche per gli utenti che si muovono su strada, in maniera tale da rilevare quali siano le differenze e quantificarle.

Si prevedono inoltre delle campagne di rilevamento sulla velocità dei ciclisti che utilizzano la pista, confrontandola con i valori registrati per i ciclisti che invece utilizzano la sede stradale adiacente.

Si prenderà inoltre in considerazione l'idea di modificare il questionario per svincolare le variabili presenza della pista e sicurezza, per fare emergere l'importanza di quest'ultima nelle scelte dell'utente e per rilevare le preferenze degli utenti nei confronti delle differenti tipologie di piste ciclabili, in relazione al grado di rischio percepito.

Attualmente si stanno elaborando i dati sui percorsi, contenuti nelle mappe: essi verranno tracciati su un'unica cartografia, mediante l'utilizzo di software GIS. Le mappe ottenute dalla sovrapposizione di tutti i tracciati, nonostante la limitatezza del campione, potranno essere un primo supporto alla pianificazione, soprattutto quando verranno integrate con i dati relativi ai ciclisti intervistati su strada, dal momento che si otterranno informazioni sulle principali direttrici utilizzate.

I dati contenuti in tali mappe potranno essere integrati con quelli contenuti nella piattaforma di Endomondo (sito specializzato nel tracciamento GPS delle attività sportive), che collabora con il Comune di Bologna all'interno del progetto CIVITAS MIMOSA.

I dati sugli spostamenti, una volta informatizzati, si presteranno a molteplici elaborazioni: si cercherà ad esempio di utilizzarli per calibrare modelli di assegnazione della domanda ciclabile; forniranno informazioni utili sull'ubicazione dei principali centroidi; si potrebbero effettuare delle calibrazioni del modello di assegnazione per verificare che i fattori che influenzano le scelte dell'itinerario diano luogo a dei flussi simulati sufficientemente vicino a quelli misurati.

Appendici

Appendice A

Indicatori e loro componenti

Bicycle Stress Level

$\text{Bicycle Stress Level} = \frac{\text{stress level}}{(\text{traffic volume})} + \frac{\text{stress level}}{(\text{lane width})} + \frac{\text{stress level}}{(\text{vehicle speed})} \quad (1)$			
Stress Level	Interpretation		
1 (Very Low)	Street is reasonably safe for all types of bicyclists (except for children under 10).		
2 (Low)	Street can accommodate experienced and casual bicyclists, and/or may need altering ^a or have compensating conditions ^b to fit youth bicyclists.		
3 (Moderate)	Street can accommodate experienced bicyclists, and/or contains compensating conditions ^b to accommodate casual bicyclists. Not recommended for youth bicyclist.		
4 (High)	Street may need altering ^a and/or have compensating conditions ^b to accommodate experienced bicyclists. Not recommended for casual or youth bicyclists.		
5 (Very High)	Street may not be suitable for bicycle use.		
Curb Lane Traffic Volume (vehicles per hour per lane)	Curb Lane Width (meters)	Curb Lane Vehicle Speed (kph)	Stress Level Component
≤ 50	≥ 4.6	≤ 40	1
150	4.3	50	2
250	4.0	60	3
350	3.7	65	4
≥ 450	≤ 3.3	≥ 75	5

Intersection Evaluation Index (IEI)

Intersection Evaluation Index (IEI)			
$IEI = \left[\frac{VC + VR}{10,000} \right] + \left[\frac{VR \times 2}{VC + VR} \right] + \sum [GF] + \sum [SF] \quad (3)$			
where: IEI = Intersection Evaluation Index; VC = cross street volume (ADT); VR = traffic volume on route being indexed (ADT); GF = geometric factors (see below); and SF = signalization factors (see below).			
Geometric Factor Values		Signalization Factor Values	
Factor	Value	Factor	Value
No left-turn lane	0.50	Traffic-actuated signal	0.50
Dual left-turn lane	0.50	Substandard clearance interval	0.75
Right-turn lane	0.75	Permissive left-turn arrow	0.25
Two through lanes	0.25	Right-turn arrow	0.50
Three or more through lanes	0.50		
Substandard curb radii	0.25		
Restricted sight distance	0.50		

Bicycle Safety Index Rating (BSIR)

<p>Bicycle Safety Index Rating (BSIR) = Weighted Average of Roadway Segment Index and Intersection Evaluation Index</p>		
Safety Index Range	Classification	Description
0 to 4	Excellent	Denotes a roadway extremely favorable for safe bicycle operation.
4 to 5	Good	Refers to roadway conditions still conducive to safe bicycle operation but not quite as unrestricted as in the excellent case.
5 to 6	Fair	Pertains to roadway conditions of marginal desirability for safe bicycle operations.
6 or above	Poor	Indicates roadway conditions of questionable desirability for bicycle operation.
<p>Roadway Segment Index (RSI)</p> $RSI = \left[\frac{ADT}{L \times 2,500} \right] + \left[\frac{S}{56} \right] + [(4.25 - W) \times 1.635] + \sum [PF] + \sum [LF] \quad (2)$ <p>where: RSI = Roadway Segment Index; ADT = average daily traffic (vehicles); L = number of traffic lanes; S = speed limit (kph); W = width of outside traffic lane (m); PF = pavement factors (see below); and LF = location factors (see below).</p>		

Pavement Factor Values		Location Factor Values	
Factor	Value	Factor	Value
Cracking	0.50	Angled parking	0.75
Patching	0.25	Parallel parking	0.50
Weathering	0.25	Right-turn lanes	0.25
Potholes	0.75	Raised median	-0.25
Rough road edge	0.75	Center turn lane	-0.25
Curb and gutter	0.25	Paved shoulder	-0.75
Rough railroad crossing	0.50	Grades, severe	0.50
Drainage grates	0.75	Grades, moderate	0.25
		Curves, frequent	0.25
		Restricted sight distance	0.50
		Numerous drives	0.50
		Industrial land use	0.50
		Commercial land use	0.25

Epperson – Davis RCI

Epperson-Davis RCI			
$\text{Modified RCI} = \left[\frac{ADT}{L \times 3,100} \right] + \left[\frac{S}{48} \right] + \left[\left(\frac{S}{48} \right) \times (4.25 - W) \times 1.635 \right] + \sum [PF] + \sum [LF] \quad (4)$			
<p>where: RCI = Roadway Condition Index; ADT = average daily traffic (vehicles); L = number of traffic lanes; S = speed limit (kph); W = width of outside traffic lane (m); PF = pavement factors (see below); and LF = location factors (see below).</p>			
Safety Index Range		Classification	
0 to 3		Excellent	
3 to 4		Good	
4 to 5		Fair	
5 or above		Poor	
Pavement Factor Values		Location Factor Values	
Factor	Value	Factor	Value
Cracking	0.50	Angle parking	0.75
Patching	0.25	Parallel parking	0.25
Weathering	0.25	Right-turn lane (full length)	0.25
Potholes	0.25 to 0.50*	Raised median (solid)	-0.50
Rough road edge	0.25 to 0.50*	Raised median (left turn bays)	-0.35
Curb and gutter	0.25	Center turn lane (scramble lane)	-0.20
Rough railroad crossing	0.50	Paved shoulder or bike shoulder	0.75
Drainage grates	0.50	Severe grades	0.50
		Moderate grades	0.20
		Horizontal curves, frequent	0.35
	* Depends upon severity	Restricted sight distance	0.50
		Numerous drives	0.25
		If industrial land use, add OR	0.25
		If commercial land use, add	0.25

Interaction Hazard Score

Interaction Hazard Score

$$IHS = \left[\left(\frac{ADT}{L} \right) \times \left(\frac{14}{W} \right)^2 \times \left[a_1 \frac{S}{30} \times (1 + \%HV)^2 + a_2 PF \right] + a_3 LU \times CCF \right] \times \frac{1}{10} \quad (5)$$

- Where: IHS = Interaction Hazard Score;
 ADT = average daily traffic (vehicles);
 L = total number of through lanes;
 W = usable width of outside through lane (includes width of any bike lanes; measured from pavement edge, or gutter pan, to center of road, yellow stripe, or lane line, whichever is less);
 S = speed limit;
 %HV = presence of heavy vehicles (e.g., trucks) expressed as a decimal;
 PF = pavement factor (the reciprocal of FHWA Highway Performance Monitoring System (HPMS) PAVECON factor, see below);
 LU = land use intensity adjoining the road segment (commercial value=15, noncommercial value=1);
 CCF = curb cut (or on-street parking) frequency, a measure of uncontrolled access (i.e., turbulence per unit of distance); and
 a₁, a₂, a₃ = calibration coefficients initially equal to unity.

PAVECON (Pavement Condition Rating)

- 5.0 **Very good** - only new or nearly new pavements are likely to be smooth enough and free of cracks and patches to qualify for this category.
- 4.0 **Good** - Pavement, although not as smooth as those described above, gives a first class ride and exhibits signs of surface deterioration.
- 3.0 **Fair** - Riding qualities are noticeably inferior to those above, may be barely tolerable for high speed traffic. Defects may include rutting, map cracking, and extensive patching.
- 2.0 **Poor** - Pavements have deteriorated to such an extent that they affect the speed of free-flow traffic. Flexible pavement has distress over 50 percent or more of the surface. Rigid pavement distress includes joint spalling, patching, etc.
- 1.0 **Very Poor** - Pavements that are in an extremely deteriorated condition. Distress occurs over 75 percent or more of the surface.

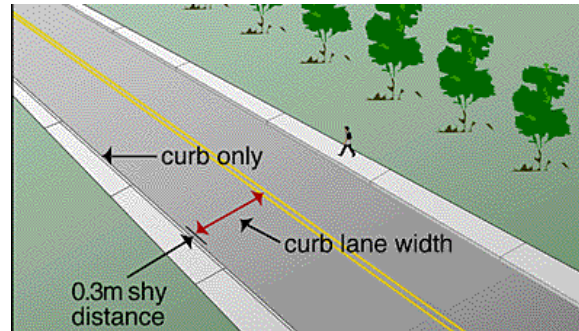
Landis' Bicycle Level of Service (BLOS)

Landis' Bicycle Level of Service (BLOS)	
$ \begin{aligned} BLOS = & a_1 \ln\left(\frac{Vol_{15}}{L}\right) + a_2 \ln(SPD_p(1 + \%HV)) + a_3 \ln(COM15 \times NCA) \\ & + a_4(PC_5)^{-2} + a_5(W_e)^2 + C \end{aligned} \tag{6} $	
Where:	BLOS = bicycle level of service, or perceived hazard of the shared roadway environment; VOL ₁₅ = volume of directional traffic in 15-minute time period; L = total number of through lanes; SPD _p = posted speed limit (a surrogate for average running speed); %HV = percentage of heavy vehicles (as defined in the 1994 Highway Capacity Manual); COM15 = trip generation intensity of the land use adjoining the road segment (stratified to a commercial trip generation of "15," multiplied by the percentage of the segment with adjoining commercial land development); NCA = effective frequency per mile of non-controlled vehicular access (e.g., driveways and/or on-street parking spaces); PC ₅ = FHWA's five point pavement surface condition rating; W _e = average effective width of outside through lane: = $W_t + W_1 - \sum W_r$ where W _t = total width of outside lane (and shoulder) pavement; W ₁ = width of paving between the outside lane stripe and the edge of pavement; W _r = width (and frequency) of encroachments in the outside lane; = $W_p \times \% \text{ of segment with on-street parking} + W_g$ where W _p = width of pavement occupied by on-street parking activity; W _g = combined width and frequency factor of other encroachments; and, a ₁ = 0.589 (calibration coefficient) a ₂ = 0.826 (calibration coefficient) a ₃ = 0.019 (calibration coefficient) a ₄ = 6.406 (calibration coefficient) a ₅ = 0.005 (calibration coefficient) C = 1.579 (calibration coefficient)
Bicycle Level of Service	Level of Service
≤ 1.5	A
> 1.5 and ≤ 2.5	B
> 2.5 and ≤ 3.5	C
> 3.5 and ≤ 4.5	D
> 4.5 and ≤ 5.5	E
> 5.5	F

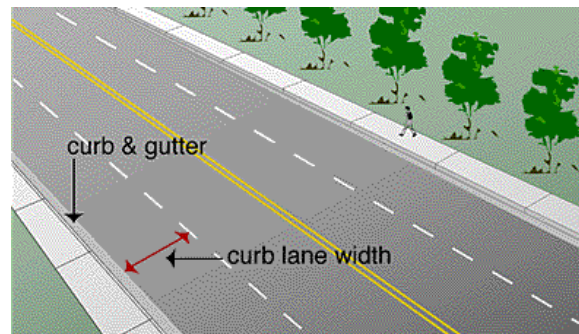
Appendice B

BCI: larghezza della corsia adiacente al marciapiede

- Strada senza pista ciclabile, banchina pavimentata e parcheggio

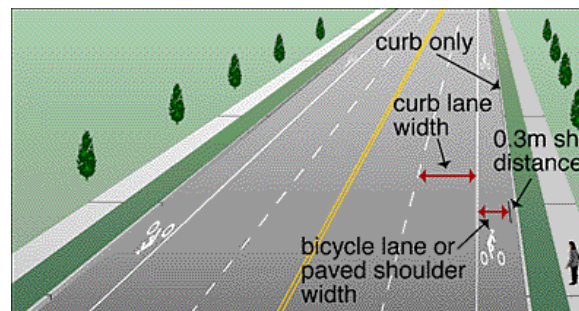


Senza scolo

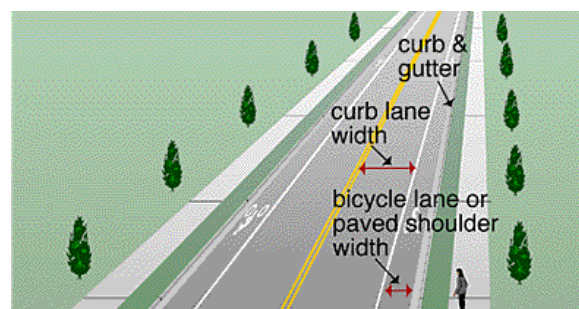


Con scolo

- Strada con pista ciclabile o banchina pavimentata, senza parcheggio

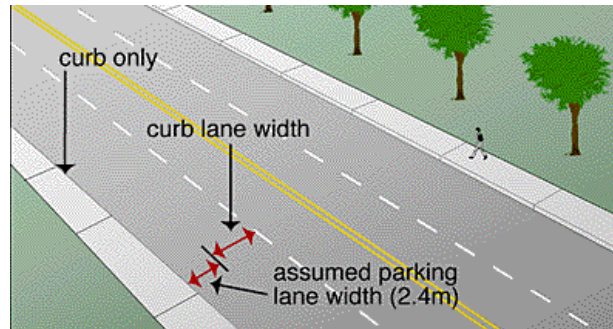


Senza scolo

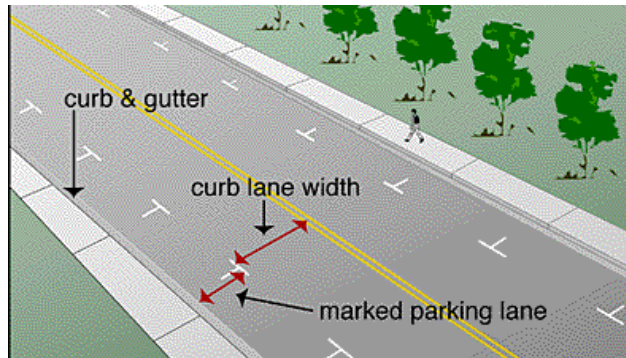


Con scolo

- Strada senza pista ciclabile o banchina pavimentata, con parcheggio

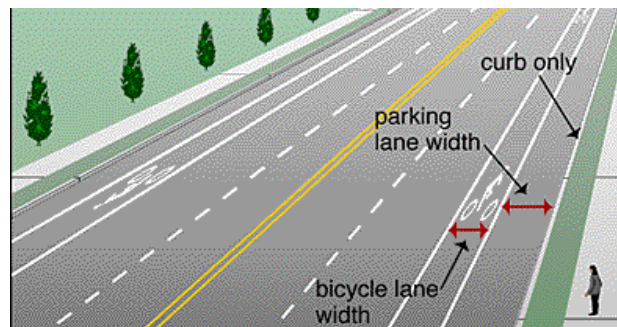


Senza scolo

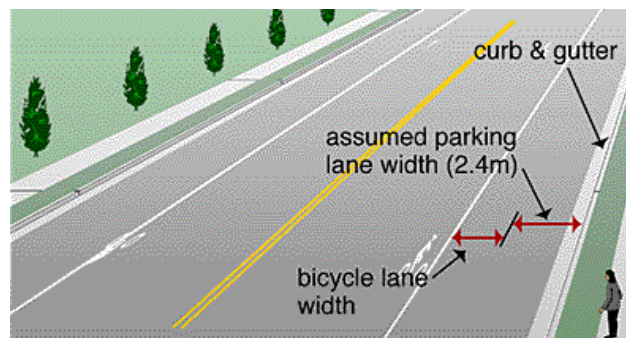


Con scolo

- Strada con pista ciclabile e parcheggio



Senza scolo



Con scolo

Appendice C

Calcolo tabulare del Bicycle Intersection Safety Index

In questa appendice si riportano le tabelle utili al calcolo del Bicycle Intersection Safety Index per le diverse manovre, in corrispondenza di differenti tipologie di intersezioni e in presenza o meno di infrastrutture ciclabili.

Una volta stabilita la tipologia di intersezione e di pista presente (o meno), è sufficiente incrociare i dati relativi ai flussi veicolari con i valori della velocità e le caratteristiche delle corsie che convergono nell'intersezione (presenza o meno di corsie riservate alla svolta a destra o a sinistra).

Main Rd Spd Lmt		Less than 35 mph								35 mph or more							
Parking		Yes				No				Yes				No			
RT Lanes		No RT Lane		1 RT Lane		No RT Lane		1 RT Lane		No RT Lane		1 RT Lane		No RT Lane		1 RT Lane	
Turning Vehicle		Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
Main ADT	Cross ADT																
1,000	1,000	2.0	1.3	2.5	1.8	1.8	1.1	2.3	1.6	2.8	2.2	3.3	2.6	2.6	2.0	3.1	2.4
	5,000	2.0	1.3	2.5	1.8	1.8	1.1	2.3	1.6	2.8	2.2	3.3	2.6	2.6	2.0	3.1	2.4
	10,000	2.0	1.3	2.5	1.8	1.8	1.1	2.3	1.6	2.8	2.2	3.3	2.6	2.6	2.0	3.1	2.4
	20,000	2.0	1.3	2.5	1.8	1.8	1.1	2.3	1.6	2.8	2.2	3.3	2.6	2.6	2.0	3.1	2.4
	30,000	2.0	1.3	2.5	1.8	1.8	1.1	2.3	1.6	2.8	2.2	3.3	2.6	2.6	2.0	3.1	2.4
5,000	40,000	2.0	1.3	2.5	1.8	1.8	1.1	2.3	1.6	2.8	2.2	3.3	2.6	2.6	2.0	3.1	2.4
	1,000	2.1	1.4	2.5	1.9	1.9	1.2	2.3	1.7	2.9	2.2	3.4	2.7	2.7	2.0	3.2	2.5
	5,000	2.1	1.4	2.5	1.9	1.9	1.2	2.3	1.7	2.9	2.2	3.4	2.7	2.7	2.0	3.2	2.5
	10,000	2.1	1.4	2.5	1.9	1.9	1.2	2.3	1.7	2.9	2.2	3.4	2.7	2.7	2.0	3.2	2.5
	20,000	2.1	1.4	2.5	1.9	1.9	1.2	2.3	1.7	2.9	2.2	3.4	2.7	2.7	2.0	3.2	2.5
10,000	30,000	2.1	1.4	2.5	1.9	1.9	1.2	2.3	1.7	2.9	2.2	3.4	2.7	2.7	2.0	3.2	2.5
	40,000	2.1	1.4	2.5	1.9	1.9	1.2	2.3	1.7	2.9	2.2	3.4	2.7	2.7	2.0	3.2	2.5
	1,000	2.2	1.5	2.6	2.0	2.0	1.3	2.4	1.8	3.0	2.3	3.5	2.8	2.8	2.1	3.3	2.6
	5,000	2.2	1.5	2.6	2.0	2.0	1.3	2.4	1.8	3.0	2.3	3.5	2.8	2.8	2.1	3.3	2.6
	10,000	2.2	1.5	2.6	2.0	2.0	1.3	2.4	1.8	3.0	2.3	3.5	2.8	2.8	2.1	3.3	2.6
20,000	20,000	2.2	1.5	2.6	2.0	2.0	1.3	2.4	1.8	3.0	2.3	3.5	2.8	2.8	2.1	3.3	2.6
	30,000	2.2	1.5	2.6	2.0	2.0	1.3	2.4	1.8	3.0	2.3	3.5	2.8	2.8	2.1	3.3	2.6
	40,000	2.2	1.5	2.6	2.0	2.0	1.3	2.4	1.8	3.0	2.3	3.5	2.8	2.8	2.1	3.3	2.6
	1,000	2.4	1.7	2.8	2.2	2.2	1.5	2.6	2.0	3.2	2.5	3.6	3.0	3.0	2.3	3.4	2.8
	5,000	2.4	1.7	2.8	2.2	2.2	1.5	2.6	2.0	3.2	2.5	3.6	3.0	3.0	2.3	3.4	2.8
30,000	10,000	2.4	1.7	2.8	2.2	2.2	1.5	2.6	2.0	3.2	2.5	3.6	3.0	3.0	2.3	3.4	2.8
	20,000	2.4	1.7	2.8	2.2	2.2	1.5	2.6	2.0	3.2	2.5	3.6	3.0	3.0	2.3	3.4	2.8
	30,000	2.4	1.7	2.8	2.2	2.2	1.5	2.6	2.0	3.2	2.5	3.6	3.0	3.0	2.3	3.4	2.8
	40,000	2.4	1.7	2.8	2.2	2.2	1.5	2.6	2.0	3.2	2.5	3.6	3.0	3.0	2.3	3.4	2.8
	1,000	2.6	1.9	3.0	2.4	2.4	1.7	2.8	2.2	3.4	2.7	3.8	3.2	3.2	2.5	3.6	3.0
40,000	5,000	2.6	1.9	3.0	2.4	2.4	1.7	2.8	2.2	3.4	2.7	3.8	3.2	3.2	2.5	3.6	3.0
	10,000	2.6	1.9	3.0	2.4	2.4	1.7	2.8	2.2	3.4	2.7	3.8	3.2	3.2	2.5	3.6	3.0
	20,000	2.6	1.9	3.0	2.4	2.4	1.7	2.8	2.2	3.4	2.7	3.8	3.2	3.2	2.5	3.6	3.0
	30,000	2.6	1.9	3.0	2.4	2.4	1.7	2.8	2.2	3.4	2.7	3.8	3.2	3.2	2.5	3.6	3.0
	40,000	2.6	1.9	3.0	2.4	2.4	1.7	2.8	2.2	3.4	2.7	3.8	3.2	3.2	2.5	3.6	3.0
50,000	1,000	2.7	2.1	3.2	2.6	2.5	1.9	3.0	2.4	3.6	2.9	4.0	3.4	3.4	2.7	3.8	3.2
	5,000	2.7	2.1	3.2	2.6	2.5	1.9	3.0	2.4	3.6	2.9	4.0	3.4	3.4	2.7	3.8	3.2
	10,000	2.7	2.1	3.2	2.6	2.5	1.9	3.0	2.4	3.6	2.9	4.0	3.4	3.4	2.7	3.8	3.2
	20,000	2.7	2.1	3.2	2.6	2.5	1.9	3.0	2.4	3.6	2.9	4.0	3.4	3.4	2.7	3.8	3.2
	30,000	2.7	2.1	3.2	2.6	2.5	1.9	3.0	2.4	3.6	2.9	4.0	3.4	3.4	2.7	3.8	3.2
	40,000	2.7	2.1	3.2	2.6	2.5	1.9	3.0	2.4	3.6	2.9	4.0	3.4	3.4	2.7	3.8	3.2
	1,000	2.9	2.3	3.4	2.8	2.7	2.1	3.2	2.6	3.7	3.1	4.2	3.6	3.5	2.9	4.0	3.4
	5,000	2.9	2.3	3.4	2.8	2.7	2.1	3.2	2.6	3.7	3.1	4.2	3.6	3.5	2.9	4.0	3.4
	10,000	2.9	2.3	3.4	2.8	2.7	2.1	3.2	2.6	3.7	3.1	4.2	3.6	3.5	2.9	4.0	3.4
	20,000	2.9	2.3	3.4	2.8	2.7	2.1	3.2	2.6	3.7	3.1	4.2	3.6	3.5	2.9	4.0	3.4
	30,000	2.9	2.3	3.4	2.8	2.7	2.1	3.2	2.6	3.7	3.1	4.2	3.6	3.5	2.9	4.0	3.4
	40,000	2.9	2.3	3.4	2.8	2.7	2.1	3.2	2.6	3.7	3.1	4.2	3.6	3.5	2.9	4.0	3.4

BISI per attraversamento, intersezione semaforizzata, con pista ciclabile

Appendice C

Main Rd Spd Lmt		Less than 35 mph								35 mph or more							
Parking		Yes				No				Yes				No			
RT Lanes		No RT Lane		1 RT Lane		No RT Lane		1 RT Lane		No RT Lane		1 RT Lane		No RT Lane		1 RT Lane	
Turning Vehicle		Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
Main ADT	Cross ADT																
1,000	1,000	2.0	1.4	2.0	1.4	1.8	1.2	1.8	1.2	2.8	2.2	2.8	2.2	2.6	2.0	2.6	2.0
	5,000	2.1	1.5	2.1	1.5	1.9	1.3	1.9	1.3	2.9	2.3	2.9	2.3	2.7	2.1	2.7	2.1
	10,000	2.2	1.6	2.2	1.6	2.0	1.4	2.0	1.4	3.0	2.4	3.0	2.4	2.8	2.2	2.8	2.2
	20,000	2.5	1.8	2.5	1.8	2.3	1.6	2.3	1.6	3.3	2.6	3.3	2.6	3.1	2.4	3.1	2.4
	30,000	2.7	2.0	2.7	2.0	2.5	1.8	2.5	1.8	3.5	2.9	3.5	2.9	3.3	2.7	3.3	2.7
5,000	1,000	2.9	2.3	2.9	2.3	2.7	2.1	2.7	2.1	3.7	3.1	3.7	3.1	3.5	2.9	3.5	2.9
	5,000	2.1	1.4	2.1	1.4	1.9	1.2	1.9	1.2	2.9	2.3	2.9	2.3	2.7	2.1	2.7	2.1
	10,000	2.2	1.5	2.2	1.5	2.0	1.3	2.0	1.3	3.0	2.4	3.0	2.4	2.8	2.2	2.8	2.2
	20,000	2.3	1.7	2.3	1.7	2.1	1.5	2.1	1.5	3.1	2.5	3.1	2.5	2.9	2.3	2.9	2.3
	30,000	2.5	1.9	2.5	1.9	2.3	1.7	2.3	1.7	3.4	2.7	3.4	2.7	3.2	2.5	3.2	2.5
10,000	1,000	2.8	2.1	2.8	2.1	2.6	1.9	2.6	1.9	3.6	2.9	3.6	2.9	3.4	2.7	3.4	2.7
	5,000	3.0	2.3	3.0	2.3	2.8	2.1	2.8	2.1	3.8	3.2	3.8	3.2	3.6	3.0	3.6	3.0
	10,000	2.2	1.5	2.2	1.5	2.0	1.3	2.0	1.3	3.0	2.4	3.0	2.4	2.8	2.2	2.8	2.2
	20,000	2.3	1.6	2.3	1.6	2.1	1.4	2.1	1.4	3.1	2.5	3.1	2.5	2.9	2.3	2.9	2.3
	30,000	2.4	1.8	2.4	1.8	2.2	1.6	2.2	1.6	3.2	2.6	3.2	2.6	3.0	2.4	3.0	2.4
20,000	1,000	2.6	2.0	2.6	2.0	2.4	1.8	2.4	1.8	3.4	2.8	3.4	2.8	3.2	2.6	3.2	2.6
	5,000	2.9	2.2	2.9	2.2	2.7	2.0	2.7	2.0	3.7	3.0	3.7	3.0	3.5	2.8	3.5	2.8
	10,000	3.1	2.4	3.1	2.4	2.9	2.2	2.9	2.2	3.9	3.3	3.9	3.3	3.7	3.1	3.7	3.1
	20,000	2.4	1.7	2.4	1.7	2.2	1.5	2.2	1.5	3.2	2.5	3.2	2.5	3.0	2.3	3.0	2.3
	30,000	2.5	1.8	2.5	1.8	2.3	1.6	2.3	1.6	3.3	2.6	3.3	2.6	3.1	2.4	3.1	2.4
30,000	1,000	2.6	1.9	2.6	1.9	2.4	1.7	2.4	1.7	3.4	2.8	3.4	2.8	3.2	2.6	3.2	2.6
	5,000	2.8	2.1	2.8	2.1	2.6	1.9	2.6	1.9	3.6	2.9	3.6	2.9	3.4	2.7	3.4	2.7
	10,000	2.7	2.0	2.7	2.0	2.5	1.8	2.5	1.8	3.5	2.8	3.5	2.8	3.3	2.6	3.3	2.6
	20,000	3.0	2.4	3.0	2.4	2.8	2.2	2.8	2.2	3.8	3.2	3.8	3.2	3.6	3.0	3.6	3.0
	30,000	3.2	2.6	3.2	2.6	3.0	2.4	3.0	2.4	4.1	3.4	4.1	3.4	3.9	3.2	3.9	3.2
40,000	1,000	3.5	2.8	3.5	2.8	3.3	2.6	3.3	2.6	4.3	3.6	4.3	3.6	4.1	3.4	4.1	3.4
	5,000	2.8	2.1	2.8	2.1	2.6	1.9	2.6	1.9	3.6	2.9	3.6	2.9	3.4	2.7	3.4	2.7
	10,000	2.9	2.2	2.9	2.2	2.7	2.0	2.7	2.0	3.7	3.0	3.7	3.0	3.5	2.8	3.5	2.8
	20,000	3.0	2.3	3.0	2.3	2.8	2.1	2.8	2.1	3.8	3.1	3.8	3.1	3.6	2.9	3.6	2.9
	30,000	3.2	2.6	3.2	2.6	3.0	2.4	3.0	2.4	4.0	3.4	4.0	3.4	3.8	3.2	3.8	3.2
50,000	1,000	3.4	2.8	3.4	2.8	3.2	2.6	3.2	2.6	4.2	3.6	4.2	3.6	4.0	3.4	4.0	3.4
	5,000	3.7	3.0	3.7	3.0	3.5	2.8	3.5	2.8	4.5	3.8	4.5	3.8	4.3	3.6	4.3	3.6
	10,000	3.0	2.3	3.0	2.3	2.8	2.1	2.8	2.1	3.8	3.1	3.8	3.1	3.6	2.9	3.6	2.9
	20,000	3.0	2.4	3.0	2.4	2.8	2.2	2.8	2.2	3.9	3.2	3.9	3.2	3.7	3.0	3.7	3.0
	30,000	3.2	2.5	3.2	2.5	3.0	2.3	3.0	2.3	4.0	3.3	4.0	3.3	3.8	3.1	3.8	3.1
50,000	40,000	3.4	2.7	3.4	2.7	3.2	2.5	3.2	2.5	4.2	3.6	4.2	3.6	4.0	3.4	4.0	3.4
	30,000	3.6	3.0	3.6	3.0	3.4	2.8	3.4	2.8	4.4	3.8	4.4	3.8	4.2	3.6	4.2	3.6
	40,000	3.9	3.2	3.9	3.2	3.7	3.0	3.7	3.0	4.7	4.0	4.7	4.0	4.5	3.8	4.5	3.8

BISI per attraversamento, intersezione non semaforizzata, senza pista ciclabile

Cross Lanes		1 Cross Street Through Lane				2 Cross Street Through Lanes				4 Cross Street Through Lanes			
Parking		Yes		No		Yes		No		Yes		No	
RT Cross Lns		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Main ADT	1,000	1.4	1.9	1.2	1.7	1.5	2.1	1.3	1.9	1.9	2.4	1.7	2.2
	5,000	1.5	2.0	1.3	1.8	1.7	2.2	1.5	2.0	2.0	2.5	1.8	2.3
	10,000	1.6	2.2	1.4	2.0	1.8	2.3	1.6	2.1	2.1	2.6	1.9	2.4
	20,000	1.9	2.4	1.7	2.2	2.1	2.6	1.9	2.4	2.4	2.9	2.2	2.7
	30,000	2.2	2.7	2.0	2.5	2.3	2.9	2.1	2.7	2.6	3.2	2.4	3.0
	40,000	2.5	3.0	2.3	2.8	2.6	3.1	2.4	2.9	2.9	3.4	2.7	3.2
50,000	2.7	3.2	2.5	3.0	2.9	3.4	2.7	3.2	3.2	3.7	3.0	3.5	

BISI per svolta a destra

Main Street Spd Lmt		Less than 35 mph						35 mph or more					
LT Cross Lns		1		2		3		1		2		3	
Parking		Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
Main ADT	1,000	2.6	2.4	2.6	2.4	2.6	2.4	3.4	3.2	3.4	3.2	3.4	3.2
	5,000	2.7	2.5	2.7	2.5	2.7	2.5	3.5	3.3	3.5	3.3	3.5	3.3
	10,000	2.9	2.7	2.9	2.7	2.9	2.7	3.6	3.4	3.6	3.4	3.6	3.4
	20,000	3.1	2.9	3.1	2.9	3.1	2.9	3.9	3.7	3.9	3.7	3.9	3.7
	30,000	3.4	3.2	3.4	3.2	3.4	3.2	4.1	3.9	4.1	3.9	4.1	3.9
	40,000	3.6	3.4	3.6	3.4	3.6	3.4	4.4	4.2	4.4	4.2	4.4	4.2
50,000	3.9	3.7	3.9	3.7	3.9	3.7	4.6	4.4	4.6	4.4	4.6	4.4	

BISI per svolta a sinistra, intersezione semaforizzata, con pista ciclabile

Main Street Spd Lmt		Less than 35 mph						35 mph or more					
LT Cross Lns		1		2		3		1		2		3	
Parking		Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
Main ADT	1,000	2.2	2.0	2.6	2.4	3.0	2.8	2.2	2.0	2.6	2.4	3.0	2.8
	5,000	2.3	2.1	2.7	2.5	3.1	2.9	2.3	2.1	2.7	2.5	3.1	2.9
	10,000	2.4	2.2	2.8	2.6	3.2	3.0	2.4	2.2	2.8	2.6	3.2	3.0
	20,000	2.7	2.5	3.0	2.8	3.4	3.2	2.7	2.5	3.0	2.8	3.4	3.2
	30,000	2.9	2.7	3.3	3.1	3.7	3.5	2.9	2.7	3.3	3.1	3.7	3.5
	40,000	3.2	3.0	3.5	3.3	3.9	3.7	3.2	3.0	3.5	3.3	3.9	3.7
50,000	3.4	3.2	3.8	3.6	4.2	4.0	3.4	3.2	3.8	3.6	4.2	4.0	

BISI per svolta a sinistra, intersezione semaforizzata, senza pista ciclabile

Appendice C

Main Street Spd Lmt	Less than 35 mph						35 mph or more						
LT Cross Lns	1		2		3		1		2		3		
Parking	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	
Main ADT	1,000	2.2	2.0	2.2	2.0	2.2	2.0	2.9	2.7	2.9	2.7	2.9	2.7
	5,000	2.3	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	3.0	2.8	3.0	2.8	3.0	2.8
	10,000	2.4	2.2	2.4	2.2	2.4	2.2	3.1	2.9	3.1	2.9	3.1	2.9
	20,000	2.6	2.4	2.6	2.4	2.6	2.4	3.4	3.2	3.4	3.2	3.4	3.2
	30,000	2.9	2.7	2.9	2.7	2.9	2.7	3.6	3.4	3.6	3.4	3.6	3.4
	40,000	3.1	2.9	3.1	2.9	3.1	2.9	3.9	3.7	3.9	3.7	3.9	3.7
	50,000	3.4	3.2	3.4	3.2	3.4	3.2	4.1	3.9	4.1	3.9	4.1	3.9

BISI per svolta a sinistra, intersezione non semaforizzata, con pista ciclabile

Main Street Spd Lmt	Less than 35 mph						35 mph or more						
LT Cross Lns	1		2		3		1		2		3		
Parking	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	
Main ADT	1,000	1.7	1.5	2.1	1.9	2.5	2.3	1.7	1.5	2.1	1.9	2.5	2.3
	5,000	1.8	1.6	2.2	2.0	2.6	2.4	1.8	1.6	2.2	2.0	2.6	2.4
	10,000	1.9	1.7	2.3	2.1	2.7	2.5	1.9	1.7	2.3	2.1	2.7	2.5
	20,000	2.2	2.0	2.6	2.4	2.9	2.7	2.2	2.0	2.6	2.4	2.9	2.7
	30,000	2.4	2.2	2.8	2.6	3.2	3.0	2.4	2.2	2.8	2.6	3.2	3.0
	40,000	2.7	2.5	3.1	2.9	3.4	3.2	2.7	2.5	3.1	2.9	3.4	3.2
	50,000	2.9	2.7	3.3	3.1	3.7	3.5	2.9	2.7	3.3	3.1	3.7	3.5

BISI per svolta a sinistra, intersezione non semaforizzata, senza pista ciclabile

Appendix D

Bicycle worksheet Highway Manual Capacity 2000

BICYCLE WORKSHEET									
General Information					Site Information				
Analyst _____					Path or Bicycle Lane _____				
Agency or Company _____					Jurisdiction _____				
Date Performed _____					Analysis Year _____				
Analysis Time Period _____									
<input type="checkbox"/> Operational (LOS)		<input type="checkbox"/> Design (v_b)			<input type="checkbox"/> Planning (LOS)			<input type="checkbox"/> Planning (v_b)	
Input					Planning Input				
Bicycle path and lane width <input type="checkbox"/> 2.4 m					<input type="checkbox"/> 3.0 m		<input type="checkbox"/> Other _____ m		
Bicycle peak-hour volume, V_b _____ bicycles/h					Average annual daily traffic, AADT = _____ bicycles/day				
Pedestrian peak-hour volume, V_p _____ p/h					Proportion of AADT during peak-hour, K = _____				
Bicycle peak-hour factor, PHF _____					Design hour volume, DHV = _____ bicycles/h				
Pedestrian peak-hour factor, PHF _____									
Bicycle directional split, P _____ / _____ (EB or NB/WB or SB)									
Pedestrian directional split, P _____ / _____ (EB or NB/WB or SB)									
Directional Flow Rate									
					EB or NB		WB or SB		
Peak 15-min bicycle flow rate, v_b (bicycles/h) $v_b = (V_b/PHF) \times P$									
Peak 15-min pedestrian flow rate, v_p (p/h) $v_p = (V_p/PHF) \times P$									
Exclusive Off-Street Path and On-Street Lane (One-Way)									
					EB or NB		WB or SB		
$F_p = 0.188v_s$ (Equation 19-1)									
$F_m = 2v_o$ (Equation 19-2)									
$F = 0.5F_m + F_p$ (Equation 19-3 or Exhibit 19-3)									
LOS (Exhibit 19-1 or 19-3)									
Shared Off-Street Paths									
					EB or NB		WB or SB		
$F_p = 3v_{ps} + 0.188v_{bs}$ (Equation 19-5)									
$F_m = 5v_{po} + 2v_{bo}$ (Equation 19-6)									
$F = 0.5F_m + F_p$ (events/h) (Equation 19-7)									
LOS (Exhibit 19-2)									
Bicycle Lane at Signalized Intersections and Urban Streets (One-Way)									
Intersection									
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Bicycle flow rate, v_b (bicycles/h)									
Capacity, c_b (bicycles/h)									
$c_b = 2000(g/C)$ (Equation 19-9)									
v_b/c_b Ratio, X_b									
Cycle length, C (s)									
g/C Ratio									
Delay, d_b (Equation 19-10)									
$d_b = \frac{0.5C(1 - g/C)^2}{1 - (g/C)\min(\frac{v_b}{c_b}, 1.0)}$									
LOS for lanes at signals (Exhibit 19-4)									
Length of link, L (km)									
Average travel speed, S_{ats} (km/h)									
(Equation 19-11) $S_{ats} = \frac{L_t}{(\sum \frac{L_i}{S_i} + \frac{\sum d_i}{3600})}$									
LOS urban street bicycle facility (Exhibit 19-5)									

Appendice E

Studio-pilota scelta itinerario: risultati statistici

Tabella di frequenza

		Sezione			
		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulata
Validi	Via Sabotino	141	49,5	49,5	49,5
	Via Matteotti	144	50,5	50,5	100,0
	Totale	285	100,0	100,0	

		quanto spesso utilizza la bicicletta?			
		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulata
Validi	quasi ogni giorno	266	93,3	93,7	93,7
	saltuariamente	18	6,3	6,3	100,0
	Totale	284	99,6	100,0	
Mancanti	Mancante di sistema	1	,4		
Totale		285	100,0		

		SESSO			
		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulata
Validi	Donna	146	51,2	51,2	51,2
	Uomo	139	48,8	48,8	100,0
	Totale	285	100,0	100,0	

		eta'			
		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulata
Validi	Ragazzo	81	28,4	28,4	28,4
	Adulto	159	55,8	55,8	84,2
	Anziano	45	15,8	15,8	100,0
	Totale	285	100,0	100,0	

		Conosce la rete ciclabile del Comune di Bologna?			
		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulata
Validi	Molto	28	9,8	13,7	13,7
	Abbastanza	134	47,0	65,7	79,4
	Poco	42	14,7	20,6	100,0
	Totale	204	71,6	100,0	
Mancanti	Mancante di sistema	81	28,4		
Totale		285	100,0		

		aumentare il tragitto per usufruire di una o più piste ciclabili?			
		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulata
Validi	SI	182	63,9	88,8	88,8
	NO	23	8,1	11,2	100,0
	Totale	205	71,9	100,0	
Mancanti	Mancante di sistema	80	28,1		
Totale		285	100,0		

PORTA BORSE O ZAINO

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulata
Validi	SI	235	82,5	82,5	82,5
	NO	50	17,5	17,5	100,0
	Totale	285	100,0	100,0	

TRASPORTA PASSEGGERO

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulata
Validi	SI	1	,4	,4	,4
	NO	284	99,6	99,6	100,0
	Totale	285	100,0	100,0	

INDOSSA CASCO

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulata
Validi	SI	10	3,5	3,5	3,5
	NO	275	96,5	96,5	100,0
	Totale	285	100,0	100,0	

MOUNTAIN BIKE/BICI SPORTIVA

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulata
Validi	SI	42	14,7	14,7	14,7
	NO	243	85,3	85,3	100,0
	Totale	285	100,0	100,0	

Statistiche descrittive

	N	Minimo	Massimo	Media		Deviazione std.	Varianza
	Statistica	Statistica	Statistica	Statistica	Errore std	Statistica	Statistica
Quanti minuti ha impiegato ad arrivare fino qui?	272	1	45	7,82	,370	6,109	37,319
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	272	1	10	6,24	,160	2,642	6,978
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	272	1	10	5,59	,121	1,992	3,970
VELOCITA' SULLA PISTA	272	1	10	6,46	,123	2,029	4,116
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	252	1	10	7,74	,136	2,162	4,672
SICUREZZA	252	1	10	6,74	,171	2,715	7,373
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	249	1	10	6,71	,147	2,325	5,406
PRESENZA PISTA CICLABILE	249	1	10	7,79	,165	2,602	6,771
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	228	1	10	8,86	,095	1,432	2,051
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	228	1	10	8,65	,112	1,683	2,834
PRESENZA DI ROTATORIE	225	1	10	7,67	,165	2,473	6,116
PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	223	1	10	5,00	,158	2,357	5,554
PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	220	1	10	7,25	,151	2,243	5,031
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	220	1	10	6,65	,150	2,225	4,951
PRESENZA PASSI CARRAI	218	1	10	6,02	,169	2,501	6,253
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	218	1	10	5,96	,179	2,648	7,012
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	221	1	10	6,51	,127	1,894	3,587

Statistiche di gruppo - SEZIONE					
Sezione		N	Media	Deviazion e std.	Errore std. Media
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	Via Sabotino	132	7,17	2,153	,187
	Via Matteotti	140	5,35	2,759	,233
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	Via Sabotino	133	5,61	1,992	,173
	Via Matteotti	139	5,57	2,000	,170
VELOCITA' SULLA PISTA	Via Sabotino	133	7,26	1,623	,141
	Via Matteotti	139	5,68	2,082	,177
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	Via Sabotino	118	7,89	2,163	,199
	Via Matteotti	134	7,60	2,159	,187
SICUREZZA	Via Sabotino	118	7,42	2,606	,240
	Via Matteotti	134	6,13	2,675	,231
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	Via Sabotino	115	6,73	2,385	,222
	Via Matteotti	134	6,70	2,281	,197
PRESENZA PISTA CICLABILE	Via Sabotino	116	8,74	1,925	,179
	Via Matteotti	133	6,96	2,830	,245
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	Via Sabotino	109	8,90	1,677	,161
	Via Matteotti	119	8,82	1,169	,107
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	Via Sabotino	107	8,48	1,935	,187
	Via Matteotti	119	8,80	1,412	,129
PRESENZA DI ROTATORIE	Via Sabotino	107	7,39	2,907	,281
	Via Matteotti	118	7,92	1,981	,182
PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	Via Sabotino	105	4,92	2,377	,232
	Via Matteotti	118	5,06	2,347	,216
PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	Via Sabotino	102	7,19	2,399	,238
	Via Matteotti	118	7,31	2,107	,194
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	Via Sabotino	102	6,64	2,119	,210
	Via Matteotti	118	6,65	2,322	,214
PRESENZA PASSI CARRAI	Via Sabotino	101	6,06	2,420	,241
	Via Matteotti	117	5,99	2,578	,238
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	Via Sabotino	101	5,54	2,744	,273
	Via Matteotti	117	6,32	2,518	,233
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	Via Sabotino	100	6,50	2,072	,207
	Via Matteotti	121	6,52	1,742	,158

Appendice E

T TEST Test per campioni indipendenti - SEZIONI										
		Test di Levene di uguaglianza delle varianze		Test t di uguaglianza delle medie						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-code)	Differenza fra medie	Differenza errore standard	Intervallo di confidenza per la differenza al 95%	
									Inferiore	Superiore
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	Assumi varianze uguali	19,129	,000	6,055	270	,000	1,824	,301	1,231	2,417
	Non assumere varianze uguali			6,099	269,998	,000	1,824	,299	1,235	2,413
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	Assumi varianze uguali	,324	,569	,168	270	,867	,041	,242	-,436	,517
	Non assumere varianze uguali			,168	269,567	,867	,041	,242	-,436	,517
VELOCITA' SULLA PISTA	Assumi varianze uguali	13,133	,000	6,958	270	,000	1,580	,227	1,133	2,027
	Non assumere varianze uguali			6,996	259,537	,000	1,580	,226	1,135	2,024
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	Assumi varianze uguali	,001	,977	1,046	250	,297	,285	,273	-,252	,823
	Non assumere varianze uguali			1,046	245,865	,297	,285	,273	-,252	,823
SICUREZZA	Assumi varianze uguali	,555	,457	3,864	250	,000	1,289	,334	,632	1,947
	Non assumere varianze uguali			3,871	247,433	,000	1,289	,333	,633	1,945
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	Assumi varianze uguali	,302	,583	,098	247	,922	,029	,296	-,554	,612
	Non assumere varianze uguali			,097	237,677	,922	,029	,297	-,556	,614
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	Assumi varianze uguali	1,841	,176	,397	226	,692	,076	,190	-,299	,450
	Non assumere varianze uguali			,391	190,901	,696	,076	,193	-,305	,457
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	Assumi varianze uguali	7,909	,005	-1,438	224	,152	-,322	,224	-,763	,119
	Non assumere varianze uguali			-1,414	192,223	,159	-,322	,227	-,770	,127
PRESENZA DI ROTATORIE	Assumi varianze uguali	15,348	,000	-1,589	223	,114	-,523	,329	-1,171	,126
	Non assumere varianze uguali			-1,560	184,455	,120	-,523	,335	-1,184	,138
PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	Assumi varianze uguali	,042	,838	-,428	221	,669	-,136	,317	-,760	,489
	Non assumere varianze uguali			-,428	217,342	,669	-,136	,317	-,760	,489
PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	Assumi varianze uguali	,463	,497	-,419	218	,676	-,127	,304	-,726	,472
	Non assumere varianze uguali			-,415	202,754	,679	-,127	,307	-,732	,477
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	Assumi varianze uguali	,799	,372	-,051	218	,960	-,015	,302	-,610	,579
	Non assumere varianze uguali			-,051	217,341	,959	-,015	,300	-,606	,575
PRESENZA PASSI CARRAI	Assumi varianze uguali	2,137	,145	,200	216	,842	,068	,340	-,603	,739
	Non assumere varianze uguali			,201	214,466	,841	,068	,339	-,600	,736
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	Assumi varianze uguali	,519	,472	-2,188	216	,030	-,780	,357	-1,483	-,077
	Non assumere varianze uguali			-2,174	204,896	,031	-,780	,359	-1,488	-,073
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	Assumi varianze uguali	2,622	,107	-,081	219	,936	-,021	,257	-,526	,485
	Non assumere varianze uguali			-,079	193,879	,937	-,021	,261	-,535	,494

Statistiche di gruppo - USO BICI					
	quanto spesso utilizza la bicicletta?	N	Media	Deviazion e std.	Errore std. Media
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	quasi ogni giorno saltuariamente	254 17	6,25 6,06	2,655 2,561	,167 ,621
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE	quasi ogni giorno saltuariamente	254 17	5,61 5,18	2,010 1,776	,126 ,431
VELOCITA' SULLA PISTA	quasi ogni giorno saltuariamente	254 17	6,43 6,82	2,045 1,811	,128 ,439
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	quasi ogni giorno saltuariamente	236 15	7,72 7,93	2,207 1,387	,144 ,358
SICUREZZA	quasi ogni giorno saltuariamente	237 14	6,75 6,50	2,700 3,156	,175 ,844
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	quasi ogni giorno saltuariamente	234 14	6,76 5,93	2,326 2,303	,152 ,615
PRESENZA PISTA CICLABILE	quasi ogni giorno saltuariamente	234 14	7,81 7,71	2,597 2,673	,170 ,714
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	quasi ogni giorno saltuariamente	215 12	8,90 8,25	1,437 1,288	,098 ,372
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	quasi ogni giorno saltuariamente	215 11	8,64 8,82	1,693 1,537	,115 ,464
PRESENZA DI ROTATORIE	quasi ogni giorno saltuariamente	214 11	7,62 8,55	2,505 1,572	,171 ,474
PRESENZA INTERSEZIONI	quasi ogni giorno saltuariamente	212 11	5,02 4,55	2,379 1,916	,163 ,578
PRESENZA INTERSEZIONI A	quasi ogni giorno saltuariamente	209 11	7,23 7,64	2,282 1,286	,158 ,388
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	quasi ogni giorno saltuariamente	209 11	6,59 7,64	2,247 1,502	,155 ,453
PRESENZA PASSI CARRAI	quasi ogni giorno saltuariamente	207 11	6,00 6,55	2,544 1,440	,177 ,434
PRESENZA PARCHEGGI LATO	quasi ogni giorno saltuariamente	207 11	5,96 6,08	2,633 3,048	,183 ,919
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	quasi ogni giorno saltuariamente	210 11	6,54 5,91	1,915 1,375	,132 ,415

Appendice E

T TEST Test per campioni indipendenti - USO BICI										
		Test di Levene di uguaglianza delle varianze		Test t di uguaglianza delle medie						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-code)	Differenza fra medie	Differenza errore standard	Intervallo di confidenza per la differenza al 95%	
									Inferiore	Superiore
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	Assumi varianze uguali	,462	,497	,291	269	,771	,193	,664	-1,114	1,500
	Non assumere varianze uguali			,300	18,379	,767	,193	,643	-1,156	1,542
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	Assumi varianze uguali	,282	,596	,875	269	,382	,438	,500	-,547	1,423
	Non assumere varianze uguali			,975	18,852	,342	,438	,449	-,502	1,378
VELOCITA' SULLA PISTA	Assumi varianze uguali	,739	,391	-,783	269	,435	-,398	,509	-1,401	,604
	Non assumere varianze uguali			-,871	18,839	,395	-,398	,458	-1,357	,560
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	Assumi varianze uguali	3,226	,074	-,361	249	,718	-,209	,578	-1,347	,929
	Non assumere varianze uguali			-,541	18,841	,595	-,209	,386	-1,017	,599
SICUREZZA	Assumi varianze uguali	1,318	,252	,335	249	,738	,251	,750	-1,225	1,728
	Non assumere varianze uguali			,291	14,147	,775	,251	,862	-1,595	2,097
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	Assumi varianze uguali	,116	,734	1,294	246	,197	,828	,640	-,432	2,088
	Non assumere varianze uguali			1,306	14,633	,212	,828	,634	-,526	2,182
PRESENZA PISTA CICLABILE	Assumi varianze uguali	,011	,917	,136	246	,892	,098	,716	-1,312	1,507
	Non assumere varianze uguali			,133	14,508	,896	,098	,734	-1,472	1,667
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	Assumi varianze uguali	,079	,779	1,527	225	,128	,648	,424	-,188	1,483
	Non assumere varianze uguali			1,684	12,578	,117	,648	,385	-,186	1,481
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	Assumi varianze uguali	,008	,929	-,347	224	,729	-,181	,521	-1,209	,847
	Non assumere varianze uguali			-,379	11,278	,712	-,181	,478	-1,229	,867
PRESENZA DI ROTATORIE	Assumi varianze uguali	1,507	,221	-1,210	223	,228	-,924	,764	-2,429	,581
	Non assumere varianze uguali			-1,833	12,768	,090	-,924	,504	-2,015	,167
PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	Assumi varianze uguali	,475	,492	,649	221	,517	,473	,730	-,965	1,912
	Non assumere varianze uguali			,788	11,659	,446	,473	,600	-,839	1,786
PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	Assumi varianze uguali	3,306	,070	-,578	218	,564	-,402	,695	-1,771	,968
	Non assumere varianze uguali			-,960	13,571	,354	-,402	,419	-1,303	,499
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	Assumi varianze uguali	1,738	,189	-1,520	218	,130	-1,043	,686	-2,396	,310
	Non assumere varianze uguali			-2,179	12,489	,049	-1,043	,479	-2,081	-,005
PRESENZA PASSI CARRAI	Assumi varianze uguali	4,614	,033	-,710	216	,478	-,550	,775	-2,077	,976
	Non assumere varianze uguali			-1,174	13,575	,261	-,550	,469	-1,559	,458
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	Assumi varianze uguali	,409	,523	-,164	216	,870	-,134	,821	-1,753	1,484
	Non assumere varianze uguali			-,143	10,808	,889	-,134	,937	-2,201	1,933
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	Assumi varianze uguali	,821	,366	1,082	219	,280	,634	,586	-,520	1,788
	Non assumere varianze uguali			1,456	12,128	,171	,634	,435	-,313	1,581

Statistiche di gruppo - DEVIAZIONI					
aumentare il tragitto per usufruire di una o più piste ciclabili?		N	Media	Deviazion e std.	Errore std. Media
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	SI	182	5,88	2,808	,208
	NO	22	7,32	2,715	,579
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE	SI	182	5,43	2,188	,162
	NO	22	5,86	1,457	,311
VELOCITA' SULLA PISTA	SI	182	6,20	2,166	,161
	NO	22	6,59	1,968	,420
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	SI	181	7,49	2,205	,164
	NO	21	8,38	2,061	,450
SICUREZZA	SI	182	6,64	2,767	,205
	NO	21	5,81	2,732	,596
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	SI	180	6,51	2,405	,179
	NO	21	8,00	1,924	,420
PRESENZA PISTA CICLABILE	SI	181	7,77	2,675	,199
	NO	21	6,81	2,926	,639
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	SI	178	8,99	1,271	,095
	NO	21	8,33	2,106	,459
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	SI	179	8,86	1,479	,111
	NO	21	7,71	2,432	,531
PRESENZA DI ROTATORIE	SI	179	7,91	2,239	,167
	NO	21	7,24	2,809	,613
PRESENZA INTERSEZIONI	SI	179	5,09	2,292	,171
	NO	21	3,62	2,459	,537
PRESENZA INTERSEZIONI A	SI	179	7,35	2,048	,153
	NO	21	6,86	3,198	,698
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	SI	179	6,63	2,226	,166
	NO	21	7,10	2,567	,560
PRESENZA PASSI CARRAI	SI	178	6,06	2,482	,186
	NO	21	6,00	2,881	,629
PRESENZA PARCHEGGI LATO	SI	178	6,12	2,662	,200
	NO	21	5,33	2,652	,579
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	SI	180	6,57	1,885	,141
	NO	23	6,70	1,769	,369

Appendice E

T TEST Test per campioni indipendenti - DEVIAZIONI										
		Test di Levene di uguaglianza delle varianze		Test t di uguaglianza delle medie						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-code)	Differenza fra medie	Differenza errore standard	Intervallo di confidenza per la differenza al 95%	
									Inferiore	Superiore
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	Assumi varianze uguali	,778	,379	-2,278	202	,024	-1,439	,632	-2,685	-,193
	Non assumere varianze uguali			-2,340	26,732	,027	-1,439	,615	-2,702	-,176
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	Assumi varianze uguali	5,674	,018	-,908	202	,365	-,435	,479	-1,380	,510
	Non assumere varianze uguali			-1,241	33,717	,223	-,435	,350	-1,148	,277
VELOCITA' SULLA PISTA	Assumi varianze uguali	,353	,553	-,800	202	,425	-,388	,485	-1,343	,568
	Non assumere varianze uguali			-,863	27,535	,396	-,388	,449	-1,309	,533
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	Assumi varianze uguali	,199	,656	-1,771	200	,078	-,895	,505	-1,891	,101
	Non assumere varianze uguali			-1,869	25,615	,073	-,895	,479	-1,879	,090
SICUREZZA	Assumi varianze uguali	,324	,570	1,308	201	,192	,833	,637	-,423	2,089
	Non assumere varianze uguali			1,322	24,977	,198	,833	,630	-,465	2,132
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	Assumi varianze uguali	1,427	,234	-2,735	199	,007	-1,489	,544	-2,562	-,415
	Non assumere varianze uguali			-3,262	27,854	,003	-1,489	,456	-2,424	-,554
PRESENZA PISTA CICLABILE	Assumi varianze uguali	1,169	,281	1,539	200	,125	,958	,623	-,270	2,186
	Non assumere varianze uguali			1,433	24,042	,165	,958	,669	-,422	2,339
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	Assumi varianze uguali	5,244	,023	2,060	197	,041	,655	,318	,028	1,283
	Non assumere varianze uguali			1,397	21,752	,177	,655	,469	-,318	1,629
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	Assumi varianze uguali	10,212	,002	3,103	198	,002	1,146	,369	,418	1,875
	Non assumere varianze uguali			2,114	21,769	,046	1,146	,542	,021	2,271
PRESENZA DI ROTATORIE	Assumi varianze uguali	1,333	,250	1,266	198	,207	,673	,531	-,375	1,720
	Non assumere varianze uguali			1,058	23,079	,301	,673	,635	-,642	1,987
PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	Assumi varianze uguali	,051	,822	2,770	198	,006	1,476	,533	,425	2,527
	Non assumere varianze uguali			2,620	24,257	,015	1,476	,563	,314	2,638
PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	Assumi varianze uguali	14,676	,000	,979	198	,329	,495	,506	-,502	1,492
	Non assumere varianze uguali			,693	21,966	,496	,495	,715	-,987	1,977
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	Assumi varianze uguali	,208	,649	-,889	198	,375	-,464	,522	-1,493	,565
	Non assumere varianze uguali			-,794	23,662	,435	-,464	,584	-1,671	,743
PRESENZA PASSI CARRAI	Assumi varianze uguali	,740	,391	,106	197	,916	,062	,583	-1,087	1,211
	Non assumere varianze uguali			,094	23,635	,926	,062	,656	-1,292	1,416
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	Assumi varianze uguali	,000	,993	1,278	197	,203	,785	,614	-,426	1,996
	Non assumere varianze uguali			1,282	24,998	,212	,785	,612	-,476	2,045
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	Assumi varianze uguali	,099	,754	-,298	201	,766	-,123	,415	-,941	,694
	Non assumere varianze uguali			-,313	28,770	,757	-,123	,395	-,931	,684

Statistiche di gruppo - SESSO					
SESSO		N	Media	Deviazion e std.	Errore std. Media
CONTINUITA' DELLA	Donna	142	6,17	2,644	,222
PISTA CICLABILE	Uomo	130	6,31	2,647	,232
CONDIZIONE	Donna	142	5,51	1,945	,163
PAVIMENTAZIONE	Uomo	130	5,68	2,047	,180
VELOCITA' SULLA	Donna	142	6,38	1,956	,164
PISTA	Uomo	130	6,54	2,110	,185
RAPIDITA' DI	Donna	132	8,01	2,120	,185
SPOSTAMENTO	Uomo	120	7,44	2,176	,199
SICUREZZA	Donna	131	6,70	2,963	,259
	Uomo	121	6,78	2,431	,221
LUNGHEZZA DEL	Donna	131	6,78	2,444	,214
PERCORSO	Uomo	118	6,64	2,194	,202
PRESENZA PISTA	Donna	130	7,85	2,672	,234
CICLABILE	Uomo	119	7,73	2,533	,232
TRAFFICO INTENSO	Donna	120	9,05	1,263	,115
SULLA STRADA	Uomo	108	8,65	1,579	,152
ELEVATA VELOCITA'	Donna	119	8,87	1,447	,133
AUTO/MOTO	Uomo	107	8,39	1,887	,182
PRESENZA DI	Donna	118	7,77	2,433	,224
ROTATORIE	Uomo	107	7,55	2,522	,244
PRESENZA	Donna	117	5,09	2,352	,217
INTERSEZIONI	Uomo	106	4,89	2,368	,230
PRESENZA	Donna	114	7,64	2,223	,208
INTERSEZIONI A	Uomo	106	6,84	2,200	,214
PRESENZA PEDONI	Donna	114	6,83	2,128	,199
SULLA PISTA	Uomo	106	6,44	2,318	,225
PRESENZA PASSI	Donna	113	6,23	2,482	,233
CARRAI	Uomo	105	5,80	2,513	,245
PRESENZA	Donna	113	6,15	2,609	,245
PARCHEGGI LATO	Uomo	105	5,76	2,687	,262
rischioso per la sua	Donna	115	6,50	1,975	,184
incolumità spostarsi in	Uomo	106	6,52	1,811	,176
bicicletta?					

Appendice E

T TEST Test per campioni indipendenti - SESSO										
		Test di Levene di uguaglianza delle varianze		Test t di uguaglianza delle medie						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-code)	Differenza fra medie	Differenza errore standard	Intervallo di confidenza per la differenza al 95%	
									Inferiore	Superiore
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	Assumi varianze uguali	,056	,812	-,432	270	,666	-,139	,321	-,771	,494
	Non assumere varianze uguali			-,432	267,851	,666	-,139	,321	-,771	,494
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	Assumi varianze uguali	,133	,716	-,702	270	,483	-,170	,242	-,647	,307
	Non assumere varianze uguali			-,700	264,855	,484	-,170	,243	-,648	,308
VELOCITA' SULLA PISTA	Assumi varianze uguali	,772	,380	-,642	270	,522	-,158	,247	-,644	,327
	Non assumere varianze uguali			-,639	262,933	,523	-,158	,247	-,645	,329
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	Assumi varianze uguali	,167	,683	2,090	250	,038	,566	,271	,033	1,099
	Non assumere varianze uguali			2,087	246,354	,038	,566	,271	,032	1,100
SICUREZZA	Assumi varianze uguali	10,762	,001	-,217	250	,828	-,075	,343	-,750	,601
	Non assumere varianze uguali			-,219	246,615	,827	-,075	,340	-,745	,596
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	Assumi varianze uguali	,726	,395	,455	247	,649	,135	,296	-,448	,717
	Non assumere varianze uguali			,458	246,998	,647	,135	,294	-,444	,713
PRESENZA PISTA CICLABILE	Assumi varianze uguali	,190	,663	,348	247	,728	,115	,331	-,536	,766
	Non assumere varianze uguali			,349	246,687	,728	,115	,330	-,535	,765
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	Assumi varianze uguali	3,947	,048	2,132	226	,034	,402	,188	,030	,773
	Non assumere varianze uguali			2,108	204,675	,036	,402	,191	,026	,778
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	Assumi varianze uguali	7,941	,005	2,164	224	,032	,481	,222	,043	,920
	Non assumere varianze uguali			2,134	197,998	,034	,481	,226	,037	,926
PRESENZA DI ROTATORIE	Assumi varianze uguali	,075	,784	,665	223	,507	,220	,331	-,432	,871
	Non assumere varianze uguali			,664	219,057	,508	,220	,331	-,433	,872
PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	Assumi varianze uguali	,053	,817	,655	221	,513	,207	,316	-,416	,831
	Non assumere varianze uguali			,655	218,560	,513	,207	,317	-,417	,831
PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	Assumi varianze uguali	,000	,997	2,683	218	,008	,801	,298	,213	1,389
	Non assumere varianze uguali			2,684	217,140	,008	,801	,298	,213	1,389
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	Assumi varianze uguali	,831	,363	1,301	218	,195	,390	,300	-,201	,981
	Non assumere varianze uguali			1,297	212,692	,196	,390	,301	-,203	,983
PRESENZA PASSI CARRAI	Assumi varianze uguali	,004	,947	1,271	216	,205	,430	,338	-,237	1,097
	Non assumere varianze uguali			1,270	214,408	,205	,430	,339	-,237	1,098
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	Assumi varianze uguali	,598	,440	1,083	216	,280	,389	,359	-,319	1,096
	Non assumere varianze uguali			1,082	213,722	,281	,389	,359	-,319	1,097
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	Assumi varianze uguali	,434	,511	-,057	219	,955	-,015	,256	-,518	,489
	Non assumere varianze uguali			-,057	218,995	,955	-,015	,255	-,517	,487

Descrittivi - CONOSCENZA RETE							
		N	Media	Deviazione std.	Errore std.	Intervallo di confidenza 95% per la media	
						Limite inferiore	Limite superiore
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	Molto	28	6,43	3,024	,571	5,26	7,60
	Abbastanza	134	5,99	2,822	,244	5,51	6,47
	Poco	42	6,05	2,650	,409	5,22	6,87
	Totale	204	6,06	2,806	,196	5,68	6,45
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	Molto	28	4,79	2,713	,513	3,73	5,84
	Abbastanza	134	5,62	1,938	,167	5,29	5,95
	Poco	42	5,69	2,113	,326	5,03	6,35
	Totale	204	5,52	2,104	,147	5,23	5,81
VELOCITA' SULLA PISTA	Molto	28	6,21	2,114	,400	5,39	7,03
	Abbastanza	134	6,31	2,191	,189	5,93	6,68
	Poco	42	6,17	2,071	,320	5,52	6,81
	Totale	204	6,26	2,147	,150	5,97	6,56
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	Molto	28	6,89	2,807	,530	5,80	7,98
	Abbastanza	133	7,64	1,990	,173	7,30	7,98
	Poco	41	8,02	2,115	,330	7,36	8,69
	Totale	202	7,61	2,158	,152	7,31	7,91
SICUREZZA	Molto	28	6,71	3,029	,572	5,54	7,89
	Abbastanza	133	6,47	2,690	,233	6,00	6,93
	Poco	42	6,64	2,827	,436	5,76	7,52
	Totale	203	6,54	2,754	,193	6,16	6,92
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	Molto	27	6,44	2,750	,529	5,36	7,53
	Abbastanza	132	6,68	2,235	,195	6,30	7,07
	Poco	42	6,88	2,520	,389	6,10	7,67
	Totale	201	6,69	2,361	,167	6,36	7,02
PRESENZA PISTA CICLABILE	Molto	27	8,37	2,544	,490	7,36	9,38
	Abbastanza	133	7,45	2,814	,244	6,97	7,93
	Poco	42	7,86	2,425	,374	7,10	8,61
	Totale	202	7,66	2,709	,191	7,28	8,03
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	Molto	28	9,18	1,786	,337	8,49	9,87
	Abbastanza	131	8,90	1,347	,118	8,67	9,13
	Poco	40	8,78	1,209	,191	8,39	9,16
	Totale	199	8,91	1,388	,098	8,72	9,11
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	Molto	28	9,39	1,370	,259	8,86	9,92
	Abbastanza	132	8,72	1,659	,144	8,43	9,01
	Poco	40	8,25	1,691	,267	7,71	8,79
	Totale	200	8,72	1,654	,117	8,49	8,95
PRESENZA DI ROTATORIE	Molto	28	7,68	1,982	,375	6,91	8,45
	Abbastanza	132	7,71	2,398	,209	7,30	8,12
	Poco	40	8,45	1,880	,297	7,85	9,05
	Totale	200	7,86	2,258	,160	7,54	8,17
PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	Molto	28	5,32	2,294	,434	4,43	6,21
	Abbastanza	132	4,83	2,299	,200	4,44	5,23
	Poco	40	5,13	2,544	,402	4,31	5,94
	Totale	200	4,96	2,344	,166	4,63	5,29
PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	Molto	28	7,68	2,178	,412	6,83	8,52
	Abbastanza	132	7,17	2,243	,195	6,79	7,56
	Poco	40	7,53	1,961	,310	6,90	8,15
	Totale	200	7,32	2,179	,154	7,01	7,62
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	Molto	28	7,00	2,177	,411	6,16	7,84
	Abbastanza	132	6,54	2,243	,195	6,15	6,92
	Poco	40	7,00	2,276	,360	6,27	7,73
	Totale	200	6,70	2,240	,158	6,38	7,01
PRESENZA PASSI CARRAI	Molto	28	6,75	2,367	,447	5,83	7,67
	Abbastanza	132	5,98	2,515	,219	5,54	6,41
	Poco	39	5,95	2,492	,399	5,14	6,76
	Totale	199	6,08	2,493	,177	5,73	6,43
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	Molto	28	7,00	2,434	,460	6,06	7,94
	Abbastanza	131	5,78	2,579	,225	5,33	6,22
	Poco	40	6,48	2,746	,434	5,60	7,35
	Totale	199	6,09	2,621	,186	5,72	6,46
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	Molto	28	6,96	2,349	,444	6,05	7,88
	Abbastanza	132	6,50	1,904	,166	6,17	6,83
	Poco	42	6,43	1,500	,231	5,96	6,90
	Totale	202	6,55	1,895	,133	6,29	6,81

ANOVA univariata - CONOSCENZA RETE

		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	Fra gruppi	4,417	2	2,209	,279	,757
	Entro gruppi	1593,754	201	7,929		
	Totale	1598,172	203			
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	Fra gruppi	17,642	2	8,821	2,012	,138
	Entro gruppi	881,280	201	4,384		
	Totale	898,922	203			
VELOCITA' SULLA PISTA	Fra gruppi	,703	2	,352	,076	,927
	Entro gruppi	935,003	201	4,652		
	Totale	935,706	203			
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	Fra gruppi	21,550	2	10,775	2,345	,098
	Entro gruppi	914,331	199	4,595		
	Totale	935,881	201			
SICUREZZA	Fra gruppi	2,018	2	1,009	,132	,877
	Entro gruppi	1530,455	200	7,652		
	Totale	1532,473	202			
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	Fra gruppi	3,168	2	1,584	,282	,754
	Entro gruppi	1111,708	198	5,615		
	Totale	1114,876	200			
PRESENZA PISTA CICLABILE	Fra gruppi	21,059	2	10,530	1,441	,239
	Entro gruppi	1454,371	199	7,308		
	Totale	1475,431	201			
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	Fra gruppi	2,756	2	1,378	,713	,491
	Entro gruppi	378,792	198	1,933		
	Totale	381,548	198			
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	Fra gruppi	21,513	2	10,756	4,053	,019
	Entro gruppi	522,807	197	2,654		
	Totale	544,320	199			
PRESENZA DI ROTATORIE	Fra gruppi	17,727	2	8,864	1,751	,176
	Entro gruppi	997,068	197	5,061		
	Totale	1014,795	199			
PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	Fra gruppi	6,865	2	3,432	,622	,538
	Entro gruppi	1086,815	197	5,517		
	Totale	1093,680	199			
PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	Fra gruppi	8,080	2	4,040	,849	,429
	Entro gruppi	937,075	197	4,757		
	Totale	945,155	199			
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	Fra gruppi	9,584	2	4,792	,955	,387
	Entro gruppi	988,811	197	5,019		
	Totale	998,395	199			
PRESENZA PASSI CARRAI	Fra gruppi	14,634	2	7,317	1,179	,310
	Entro gruppi	1216,079	198	6,204		
	Totale	1230,714	198			
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	Fra gruppi	41,817	2	20,908	3,108	,047
	Entro gruppi	1318,555	198	6,727		
	Totale	1360,372	198			
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	Fra gruppi	5,755	2	2,877	,799	,451
	Entro gruppi	716,250	199	3,599		
	Totale	722,005	201			

I test post hoc

Confronti multipli - CONOSCENZA RETE							
Variabile dipendente	(I) Conosce la rete ciclabile del Comune di Bologna?	(J) Conosce la rete ciclabile del Comune di Bologna?	Differenza fra medie (I-J)	Errore std.	Sig.	Intervallo di confidenza 95%	
						Limite inferiore	Limite superiore
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	Molto	Abbastanza	,438	,585	,839	-,97	1,84
		Poco	,381	,687	,925	-1,27	2,03
	Abbastanza	Molto	-,438	,585	,839	-1,84	,97
		Poco	-,055	,498	,999	-1,25	1,14
	Poco	Molto	-,381	,687	,925	-2,03	1,27
		Abbastanza	,055	,498	,999	-1,14	1,25
	Molto	Abbastanza	,438	,621	,764	-1,08	1,95
		Poco	,381	,703	,851	-1,31	2,08
	Abbastanza	Molto	-,438	,621	,764	-1,95	1,08
		Poco	-,055	,476	,993	-1,19	1,08
	Poco	Molto	-,381	,703	,851	-2,08	1,31
		Abbastanza	,055	,476	,993	-1,08	1,19
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	Molto	Abbastanza	-,834	,435	,160	-1,88	,21
		Poco	-,905	,511	,216	-2,13	,32
	Abbastanza	Molto	,834	,435	,160	-,21	1,88
		Poco	-,071	,370	,996	-,96	,82
	Poco	Molto	,905	,511	,216	-,32	2,13
		Abbastanza	,071	,370	,996	-,82	,96
	Molto	Abbastanza	-,834	,539	,283	-2,16	,49
		Poco	-,905	,608	,305	-2,37	,56
	Abbastanza	Molto	,834	,539	,283	-,49	2,16
		Poco	-,071	,366	,979	-,95	,81
	Poco	Molto	,905	,608	,305	-,56	2,37
		Abbastanza	,071	,366	,979	-,81	,95
VELOCITA' SULLA PISTA	Molto	Abbastanza	-,092	,448	,996	-1,17	,99
		Poco	,048	,526	1,000	-1,22	1,31
	Abbastanza	Molto	,092	,448	,996	-,99	1,17
		Poco	,139	,381	,977	-,78	1,06
	Poco	Molto	-,048	,526	1,000	-1,31	1,22
		Abbastanza	-,139	,381	,977	-1,06	,78
	Molto	Abbastanza	-,092	,442	,977	-1,17	,98
		Poco	,048	,512	,995	-1,18	1,28
	Abbastanza	Molto	,092	,442	,977	-,98	1,17
		Poco	,139	,371	,925	-,75	1,03
	Poco	Molto	-,048	,512	,995	-1,28	1,18
		Abbastanza	-,139	,371	,925	-1,03	,75
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	Molto	Abbastanza	-,746	,446	,260	-1,82	,33
		Poco	-1,132	,526	,094	-2,40	,13
	Abbastanza	Molto	,746	,446	,260	-,33	1,82
		Poco	-,385	,383	,678	-1,31	,54
	Poco	Molto	1,132	,526	,094	-,13	2,40
		Abbastanza	,385	,383	,678	-,54	1,31
	Molto	Abbastanza	-,746	,558	,385	-2,11	,62
		Poco	-1,132	,625	,177	-2,64	,38
	Abbastanza	Molto	,746	,558	,385	-,62	2,11
		Poco	-,385	,373	,558	-1,28	,51
	Poco	Molto	1,132	,625	,177	-,38	2,64
		Abbastanza	,385	,373	,558	-,51	1,28
SICUREZZA	Molto	Abbastanza	,248	,575	,963	-1,14	1,63
		Poco	,071	,675	,999	-1,55	1,70
	Abbastanza	Molto	-,248	,575	,963	-1,63	1,14
		Poco	-,177	,490	,978	-1,36	1,00
	Poco	Molto	-,071	,675	,999	-1,70	1,55
		Abbastanza	,177	,490	,978	-1,00	1,36
	Molto	Abbastanza	,248	,618	,915	-1,26	1,76
		Poco	,071	,720	,995	-1,66	1,80
	Abbastanza	Molto	-,248	,618	,915	-1,76	1,26
		Poco	-,177	,495	,932	-1,36	1,01
	Poco	Molto	-,071	,720	,995	-1,80	1,66
		Abbastanza	,177	,495	,932	-1,01	1,36

Appendice E

LUNGHEZZA DEL PERCORSO	Molto	Abbastanza	-,237	,500	,951	-1,44	,97
		Poco	-,437	,584	,838	-1,84	,97
	Abbastanza	Molto	,237	,500	,951	-,97	1,44
		Poco	-,199	,420	,951	-1,21	,81
	Poco	Molto	,437	,584	,838	-,97	1,84
		Abbastanza	,199	,420	,951	-,81	1,21
	Molto	Abbastanza	-,237	,584	,907	-1,62	1,15
		Poco	-,437	,657	,785	-2,02	1,15
	Abbastanza	Molto	,237	,584	,907	-1,15	1,62
		Poco	-,199	,435	,891	-1,24	,84
	Poco	Molto	,437	,657	,785	-1,15	2,02
		Abbastanza	,199	,435	,891	-,84	1,24

PRESENZA PISTA CICLABILE	Molto	Abbastanza	,919	,571	,291	-,45	2,29
		Poco	,513	,667	,826	-1,09	2,12
	Abbastanza	Molto	-,919	,571	,291	-2,29	,45
		Poco	-,406	,478	,780	-1,56	,75
	Poco	Molto	-,513	,667	,826	-2,12	1,09
		Abbastanza	,406	,478	,780	-,75	1,56
	Molto	Abbastanza	,919	,547	,225	-,41	2,25
		Poco	,513	,616	,684	-,97	2,00
	Abbastanza	Molto	-,919	,547	,225	-2,25	,41
		Poco	-,406	,447	,636	-1,47	,66
	Poco	Molto	-,513	,616	,684	-2,00	,97
		Abbastanza	,406	,447	,636	-,66	1,47
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	Molto	Abbastanza	,278	,289	,709	-,42	,97
		Poco	,404	,343	,560	-,42	1,23
	Abbastanza	Molto	-,278	,289	,709	-,97	,42
		Poco	,126	,251	,943	-,48	,73
	Poco	Molto	-,404	,343	,560	-1,23	,42
		Abbastanza	-,126	,251	,943	-,73	,48
	Molto	Abbastanza	,278	,357	,719	-,60	1,15
		Poco	,404	,388	,556	-,54	1,34
	Abbastanza	Molto	-,278	,357	,719	-1,15	,60
		Poco	,126	,224	,841	-,41	,66
	Poco	Molto	-,404	,388	,556	-1,34	,54
		Abbastanza	-,126	,224	,841	-,66	,41
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	Molto	Abbastanza	,673	,339	,138	-,14	1,49
		Poco	1,143	,401	,015	,18	2,11
	Abbastanza	Molto	-,673	,339	,138	-1,49	,14
		Poco	,470	,294	,298	-,24	1,18
	Poco	Molto	-1,143	,401	,015	-2,11	-,18
		Abbastanza	-,470	,294	,298	-1,18	,24
	Molto	Abbastanza	,673	,296	,070	-,05	1,39
		Poco	1,143	,372	,009	,25	2,04
	Abbastanza	Molto	-,673	,296	,070	-1,39	,05
		Poco	,470	,304	,277	-,26	1,20
	Poco	Molto	-1,143	,372	,009	-2,04	-,25
		Abbastanza	-,470	,304	,277	-1,20	,26
PRESENZA DI ROTATORIE	Molto	Abbastanza	-,034	,468	1,000	-1,16	1,09
		Poco	-,771	,554	,418	-2,11	,56
	Abbastanza	Molto	,034	,468	1,000	-1,09	1,16
		Poco	-,738	,406	,197	-1,72	,24
	Poco	Molto	,771	,554	,418	-,56	2,11
		Abbastanza	,738	,406	,197	-,24	1,72
	Molto	Abbastanza	-,034	,429	,997	-1,07	1,01
		Poco	-,771	,478	,249	-1,92	,38
	Abbastanza	Molto	,034	,429	,997	-1,01	1,07
		Poco	-,738	,363	,111	-1,61	,13
	Poco	Molto	,771	,478	,249	-,38	1,92
		Abbastanza	,738	,363	,111	-,13	1,61

PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	Molto	Abbastanza	,488	,489	,683	-,69	1,66	
		Poco	,196	,579	,981	-1,20	1,59	
	Abbastanza	Molto	-,488	,489	,683	-1,66	,69	
		Poco	-,292	,424	,868	-1,31	,73	
	Poco	Molto	-,196	,579	,981	-1,59	1,20	
		Abbastanza	,292	,424	,868	-,73	1,31	
	Molto	Abbastanza	,488	,478	,567	-,67	1,65	
		Poco	,196	,591	,941	-1,22	1,62	
	Abbastanza	Molto	-,488	,478	,567	-1,65	,67	
		Poco	-,292	,449	,794	-1,37	,79	
	Poco	Molto	-,196	,591	,941	-1,62	1,22	
		Abbastanza	,292	,449	,794	-,79	1,37	
	PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	Molto	Abbastanza	,504	,454	,606	-,59	1,60
			Poco	,154	,537	,989	-1,14	1,45
Abbastanza		Molto	-,504	,454	,606	-1,60	,59	
		Poco	-,351	,394	,754	-1,30	,60	
Poco		Molto	-,154	,537	,989	-1,45	1,14	
		Abbastanza	,351	,394	,754	-,60	1,30	
Molto		Abbastanza	,504	,456	,515	-,60	1,61	
		Poco	,154	,515	,952	-1,09	1,40	
Abbastanza		Molto	-,504	,456	,515	-1,61	,60	
		Poco	-,351	,366	,606	-1,23	,53	
Poco		Molto	-,154	,515	,952	-1,40	1,09	
		Abbastanza	,351	,366	,606	-,53	1,23	
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA		Molto	Abbastanza	,462	,466	,688	-,66	1,58
			Poco	,000	,552	1,000	-1,33	1,33
	Abbastanza	Molto	-,462	,466	,688	-1,58	,66	
		Poco	-,462	,404	,584	-1,44	,51	
	Poco	Molto	,000	,552	1,000	-1,33	1,33	
		Abbastanza	,462	,404	,584	-,51	1,44	
	Molto	Abbastanza	,462	,455	,572	-,65	1,57	
		Poco	,000	,547	1,000	-1,31	1,31	
	Abbastanza	Molto	-,462	,455	,572	-1,57	,65	
		Poco	-,462	,409	,500	-1,44	,52	
	Poco	Molto	,000	,547	1,000	-1,31	1,31	
		Abbastanza	,462	,409	,500	-,52	1,44	
	PRESENZA PASSI CARRAI	Molto	Abbastanza	,773	,518	,358	-,48	2,02
			Poco	,801	,617	,478	-,68	2,29
Abbastanza		Molto	-,773	,518	,358	-2,02	,48	
		Poco	,029	,454	1,000	-1,06	1,12	
Poco		Molto	-,801	,617	,478	-2,29	,68	
		Abbastanza	-,029	,454	1,000	-1,12	1,06	
Molto		Abbastanza	,773	,498	,278	-,44	1,98	
		Poco	,801	,599	,381	-,64	2,24	
Abbastanza		Molto	-,773	,498	,278	-1,98	,44	
		Poco	,029	,455	,998	-1,06	1,12	
Poco		Molto	-,801	,599	,381	-2,24	,64	
		Abbastanza	-,029	,455	,998	-1,12	1,06	
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA		Molto	Abbastanza	1,221	,540	,072	-,08	2,52
			Poco	,525	,639	,796	-1,01	2,06
	Abbastanza	Molto	-1,221	,540	,072	-2,52	,08	
		Poco	-,696	,469	,360	-1,82	,43	
	Poco	Molto	-,525	,639	,796	-2,06	1,01	
		Abbastanza	,696	,469	,360	-,43	1,82	
	Molto	Abbastanza	1,221	,512	,056	-,02	2,47	
		Poco	,525	,633	,686	-,99	2,04	
	Abbastanza	Molto	-1,221	,512	,056	-2,47	,02	
		Poco	-,696	,489	,335	-1,87	,48	
	Poco	Molto	-,525	,633	,686	-2,04	,99	
		Abbastanza	,696	,489	,335	-,48	1,87	
	rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	Molto	Abbastanza	,464	,395	,561	-,49	1,41
			Poco	,536	,463	,574	-,58	1,65
Abbastanza		Molto	-,464	,395	,561	-1,41	,49	
		Poco	,071	,336	,995	-,74	,88	
Poco		Molto	-,536	,463	,574	-1,65	,58	
		Abbastanza	-,071	,336	,995	-,88	,74	
Molto		Abbastanza	,464	,474	,594	-,70	1,62	
		Poco	,536	,501	,538	-,68	1,75	
Abbastanza		Molto	-,464	,474	,594	-1,62	,70	
		Poco	,071	,285	,966	-,61	,75	
Poco		Molto	-,536	,501	,538	-1,75	,68	
		Abbastanza	-,071	,285	,966	-,75	,61	

Descrittivi - ETA'							
		N	Media	Deviazione std.	Errore std.	Intervallo di	
						Limite inferiore	Limite superiore
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	Ragazzo	78	5,88	2,682	,304	5,28	6,49
	Adulto	152	6,41	2,595	,210	6,00	6,83
	Anziano	42	6,24	2,730	,421	5,39	7,09
	Totale	272	6,24	2,642	,160	5,92	6,55
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	Ragazzo	78	5,87	1,685	,191	5,49	6,25
	Adulto	152	5,53	2,042	,166	5,20	5,85
	Anziano	42	5,29	2,298	,355	4,57	6,00
	Totale	272	5,59	1,992	,121	5,35	5,83
VELOCITA' SULLA PISTA	Ragazzo	78	6,24	2,133	,242	5,76	6,72
	Adulto	152	6,48	1,987	,161	6,16	6,80
	Anziano	42	6,76	1,985	,306	6,14	7,38
	Totale	272	6,46	2,029	,123	6,21	6,70
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	Ragazzo	70	7,63	2,323	,278	7,07	8,18
	Adulto	143	7,80	2,174	,182	7,44	8,16
	Anziano	39	7,72	1,835	,294	7,12	8,31
	Totale	252	7,74	2,162	,136	7,47	8,01
SICUREZZA	Ragazzo	70	6,10	2,834	,339	5,42	6,78
	Adulto	142	6,99	2,612	,219	6,55	7,42
	Anziano	40	6,98	2,750	,435	6,10	7,85
	Totale	252	6,74	2,715	,171	6,40	7,07
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	Ragazzo	70	6,70	2,440	,292	6,12	7,28
	Adulto	142	6,66	2,324	,195	6,28	7,05
	Anziano	37	6,95	2,147	,353	6,23	7,66
	Totale	249	6,71	2,325	,147	6,42	7,01
PRESENZA PISTA CICLABILE	Ragazzo	70	6,57	3,165	,378	5,82	7,33
	Adulto	141	8,13	2,264	,191	7,75	8,50
	Anziano	38	8,79	1,742	,283	8,22	9,36
	Totale	249	7,79	2,602	,165	7,47	8,12
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	Ragazzo	65	8,40	1,529	,190	8,02	8,78
	Adulto	130	8,95	1,432	,126	8,70	9,19
	Anziano	33	9,42	,902	,157	9,10	9,74
	Totale	228	8,86	1,432	,095	8,67	9,05
ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	Ragazzo	65	8,57	1,667	,207	8,16	8,98
	Adulto	127	8,82	1,535	,136	8,55	9,09
	Anziano	34	8,15	2,134	,366	7,40	8,89
	Totale	226	8,65	1,683	,112	8,43	8,87
PRESENZA DI ROTATORIE	Ragazzo	65	7,55	2,345	,291	6,97	8,14
	Adulto	126	7,62	2,459	,219	7,19	8,05
	Anziano	34	8,06	2,785	,478	7,09	9,03
	Totale	225	7,67	2,473	,165	7,34	7,99
PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	Ragazzo	65	5,29	2,269	,261	4,73	5,85
	Adulto	124	4,97	2,320	,208	4,56	5,38
	Anziano	34	4,53	2,631	,451	3,61	5,45
	Totale	223	5,00	2,357	,158	4,68	5,31
PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	Ragazzo	64	7,36	2,291	,286	6,79	7,93
	Adulto	123	7,07	2,338	,211	6,65	7,48
	Anziano	33	7,76	1,698	,295	7,16	8,36
	Totale	220	7,25	2,243	,151	6,96	7,55
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	Ragazzo	64	6,97	2,115	,264	6,44	7,50
	Adulto	123	6,59	2,157	,195	6,20	6,97
	Anziano	33	6,24	2,634	,459	5,31	7,18
	Totale	220	6,65	2,225	,150	6,35	6,94
PRESENZA PASSI CARRAI	Ragazzo	63	6,00	2,578	,325	5,35	6,65
	Adulto	122	6,02	2,446	,221	5,58	6,45
	Anziano	33	6,09	2,626	,457	5,16	7,02
	Totale	218	6,02	2,501	,169	5,69	6,36
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	Ragazzo	64	5,95	2,716	,340	5,27	6,63
	Adulto	121	5,88	2,613	,238	5,41	6,35
	Anziano	33	6,30	2,698	,470	5,35	7,26
	Totale	218	5,96	2,648	,179	5,61	6,32
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	Ragazzo	64	6,53	1,480	,185	6,16	6,90
	Adulto	123	6,59	2,032	,183	6,23	6,96
	Anziano	34	6,18	2,081	,357	5,45	6,90
	Totale	221	6,51	1,894	,127	6,26	6,76

ANOVA univariata - ETA'						
		Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	Fra gruppi	14,472	2	7,236	1,037	,356
	Entro gruppi	1876,469	269	6,976		
	Totale	1890,941	271			
CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	Fra gruppi	10,698	2	5,349	1,351	,261
	Entro gruppi	1065,184	269	3,960		
	Totale	1075,882	271			
VELOCITA' SULLA PISTA	Fra gruppi	7,539	2	3,769	,915	,402
	Entro gruppi	1107,932	269	4,119		
	Totale	1115,471	271			
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	Fra gruppi	1,355	2	,678	,144	,866
	Entro gruppi	1171,359	249	4,704		
	Totale	1172,714	251			
SICUREZZA	Fra gruppi	39,467	2	19,734	2,713	,068
	Entro gruppi	1811,247	249	7,274		
	Totale	1850,714	251			
LUNGHEZZA DEL PERCORSO	Fra gruppi	2,388	2	1,194	,220	,803
	Entro gruppi	1338,367	246	5,441		
	Totale	1340,755	248			
PRESENZA PISTA CICLABILE	Fra gruppi	157,980	2	78,990	12,774	,000
	Entro gruppi	1521,161	246	6,184		
	Totale	1679,141	248			
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	Fra gruppi	25,225	2	12,613	6,445	,002
	Entro gruppi	440,284	225	1,957		
	Totale	465,509	227			

ELEVATA VELOCITA' AUTO/MOTO	Fra gruppi	12,644	2	6,322	2,255	,107
	Entro gruppi	625,038	223	2,803		
	Totale	637,681	225			
PRESENZA DI ROTATORIE	Fra gruppi	6,342	2	3,171	,516	,597
	Entro gruppi	1363,658	222	6,143		
	Totale	1370,000	224			
PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	Fra gruppi	13,208	2	6,604	1,191	,306
	Entro gruppi	1219,788	220	5,544		
	Totale	1232,996	222			
PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	Fra gruppi	13,471	2	6,735	1,343	,263
	Entro gruppi	1088,275	217	5,015		
	Totale	1101,745	219			
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	Fra gruppi	12,494	2	6,247	1,265	,284
	Entro gruppi	1071,852	217	4,939		
	Totale	1084,345	219			
PRESENZA PASSI CARRAI	Fra gruppi	,191	2	,095	,015	,985
	Entro gruppi	1356,694	215	6,310		
	Totale	1356,885	217			
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	Fra gruppi	4,737	2	2,368	,336	,715
	Entro gruppi	1516,970	215	7,056		
	Totale	1521,706	217			
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	Fra gruppi	4,668	2	2,334	,649	,524
	Entro gruppi	784,553	218	3,599		
	Totale	789,222	220			

Test post hoc

Confronti multipli - ETA'							
Variabile dipendente	(I) eta'	(J) eta'	Differenza fra medie (I-J)	Errore std.	Sig.	Intervallo di confidenza 95%	
						Limite inferiore	Limite superiore
CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	Ragazzo	Adulto	-,530	,368	,387	-1,41	,35
		Anziano	-,353	,505	,863	-1,57	,86
	Adulto	Ragazzo	,530	,368	,387	-,35	1,41
		Anziano	,176	,460	,973	-,93	1,28
	Anziano	Ragazzo	,353	,505	,863	-,86	1,57
		Adulto	-,176	,460	,973	-1,28	,93
	Ragazzo	Adulto	-,530	,370	,326	-1,40	,34
		Anziano	-,353	,519	,775	-1,59	,89
	Adulto	Ragazzo	,530	,370	,326	-,34	1,40
		Anziano	,176	,471	,926	-,95	1,31
Anziano	Ragazzo	,353	,519	,775	-,89	1,59	
	Adulto	-,176	,471	,926	-1,31	,95	

CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	Ragazzo	Adulto	,345	,277	,513	-,32	1,01
		Anziano	,586	,381	,329	-,33	1,50
	Adulto	Ragazzo	-,345	,277	,513	-1,01	,32
		Anziano	,241	,347	,866	-,59	1,07
	Anziano	Ragazzo	-,586	,381	,329	-1,50	,33
		Adulto	-,241	,347	,866	-1,07	,59
	Ragazzo	Adulto	,345	,253	,360	-,25	,94
		Anziano	,586	,403	,319	-,38	1,55
	Adulto	Ragazzo	-,345	,253	,360	-,94	,25
		Anziano	,241	,391	,813	-,70	1,18
Anziano	Ragazzo	-,586	,403	,319	-1,55	,38	
	Adulto	-,241	,391	,813	-1,18	,70	
VELOCITA' SULLA PISTA	Ragazzo	Adulto	-,237	,283	,787	-,92	,44
		Anziano	-,518	,388	,454	-1,45	,41
	Adulto	Ragazzo	,237	,283	,787	-,44	,92
		Anziano	-,282	,354	,811	-1,13	,57
	Anziano	Ragazzo	,518	,388	,454	-,41	1,45
		Adulto	,282	,354	,811	-,57	1,13
	Ragazzo	Adulto	-,237	,290	,694	-,92	,45
		Anziano	-,518	,390	,383	-1,45	,41
	Adulto	Ragazzo	,237	,290	,694	-,45	,92
		Anziano	-,282	,346	,696	-1,11	,55
Anziano	Ragazzo	,518	,390	,383	-,41	1,45	
	Adulto	,282	,346	,696	-,55	1,11	
RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	Ragazzo	Adulto	-,169	,316	,933	-,93	,59
		Anziano	-,089	,433	,996	-1,13	,95
	Adulto	Ragazzo	,169	,316	,933	-,59	,93
		Anziano	,079	,392	,996	-,86	1,02
	Anziano	Ragazzo	,089	,433	,996	-,95	1,13
		Adulto	-,079	,392	,996	-1,02	,86
	Ragazzo	Adulto	-,169	,332	,868	-,96	,62
		Anziano	-,089	,404	,973	-1,05	,87
	Adulto	Ragazzo	,169	,332	,868	-,62	,96
		Anziano	,079	,345	,971	-,75	,91
Anziano	Ragazzo	,089	,404	,973	-,87	1,05	
	Adulto	-,079	,345	,971	-,91	,75	
SICUREZZA	Ragazzo	Adulto	-,886	,394	,074	-1,83	,06
		Anziano	-,875	,535	,277	-2,16	,41
	Adulto	Ragazzo	,886	,394	,074	-,06	1,83
		Anziano	,011	,483	1,000	-1,15	1,17
	Anziano	Ragazzo	,875	,535	,277	-,41	2,16
		Adulto	-,011	,483	1,000	-1,17	1,15
	Ragazzo	Adulto	-,886	,403	,076	-1,84	,07
		Anziano	-,875	,551	,257	-2,19	,44
	Adulto	Ragazzo	,886	,403	,076	-,07	1,84
		Anziano	,011	,487	1,000	-1,16	1,18
Anziano	Ragazzo	,875	,551	,257	-,44	2,19	
	Adulto	-,011	,487	1,000	-1,18	1,16	

LUNGHEZZA DEL PERCORSO	Ragazzo	Adulto	,038	,341	,999	-,78	,86
		Anziano	-,246	,474	,938	-1,39	,89
	Adulto	Ragazzo	-,038	,341	,999	-,86	,78
		Anziano	-,284	,431	,882	-1,32	,75
	Anziano	Ragazzo	,246	,474	,938	-,89	1,39
		Adulto	,284	,431	,882	-,75	1,32
	Ragazzo	Adulto	,038	,351	,994	-,79	,87
		Anziano	-,246	,458	,853	-1,34	,85
	Adulto	Ragazzo	-,038	,351	,994	-,87	,79
		Anziano	-,284	,403	,762	-1,25	,69
	Anziano	Ragazzo	,246	,458	,853	-,85	1,34
		Adulto	,284	,403	,762	-,69	1,25
PRESENZA PISTA CICLABILE	Ragazzo	Adulto	-1,556*	,364	,000	-2,43	-,68
		Anziano	-2,218*	,501	,000	-3,42	-1,01
	Adulto	Ragazzo	1,556*	,364	,000	,68	2,43
		Anziano	-,662	,455	,378	-1,75	,43
	Anziano	Ragazzo	2,218*	,501	,000	1,01	3,42
		Adulto	,662	,455	,378	-,43	1,75
	Ragazzo	Adulto	-1,556*	,424	,001	-2,56	-,55
		Anziano	-2,218*	,472	,000	-3,34	-1,10
	Adulto	Ragazzo	1,556*	,424	,001	,55	2,56
		Anziano	-,662	,341	,134	-1,48	,15
	Anziano	Ragazzo	2,218*	,472	,000	1,10	3,34
		Adulto	,662	,341	,134	-,15	1,48
TRAFFICO INTENSO SULLA STRADA	Ragazzo	Adulto	-,546*	,213	,032	-1,06	-,04
		Anziano	-1,024*	,299	,002	-1,74	-,31
	Adulto	Ragazzo	,546*	,213	,032	,04	1,06
		Anziano	-,478	,273	,223	-1,13	,18
	Anziano	Ragazzo	1,024*	,299	,002	,31	1,74
		Adulto	,478	,273	,223	-,18	1,13
	Ragazzo	Adulto	-,546*	,227	,047	-1,09	-,01
		Anziano	-1,024*	,246	,000	-1,81	-,44
	Adulto	Ragazzo	,546*	,227	,047	,01	1,09
		Anziano	-,478	,201	,051	-,96	,00
	Anziano	Ragazzo	1,024*	,246	,000	,44	1,61
		Adulto	,478	,201	,051	,00	,96
ELEVATA VELOCITA' AUTOMOTO	Ragazzo	Adulto	-,250	,255	,697	-,86	,36
		Anziano	,422	,354	,551	-,43	1,27
	Adulto	Ragazzo	,250	,255	,697	-,36	,86
		Anziano	,672	,323	,112	-,11	1,45
	Anziano	Ragazzo	-,422	,354	,551	-1,27	,43
		Adulto	-,672	,323	,112	-1,45	,11
	Ragazzo	Adulto	-,250	,248	,573	-,84	,34
		Anziano	,422	,420	,577	-,59	1,43
	Adulto	Ragazzo	,250	,248	,573	-,34	,84
		Anziano	,672	,390	,209	-,28	1,62
	Anziano	Ragazzo	-,422	,420	,577	-1,43	,59
		Adulto	-,672	,390	,209	-1,62	,28
PRESENZA DI ROTATORIE	Ragazzo	Adulto	-,065	,378	,997	-,98	,85
		Anziano	-,505	,525	,707	-1,77	,76
	Adulto	Ragazzo	,065	,378	,997	-,85	,98
		Anziano	-,440	,479	,736	-1,59	,71
	Anziano	Ragazzo	,505	,525	,707	-,76	1,77
		Adulto	,440	,479	,736	-,71	1,59
	Ragazzo	Adulto	-,065	,364	,982	-,93	,80
		Anziano	-,505	,559	,641	-1,85	,84
	Adulto	Ragazzo	,065	,364	,982	-,80	,93
		Anziano	-,440	,525	,682	-1,71	,83
	Anziano	Ragazzo	,505	,559	,641	-,84	1,85
		Adulto	,440	,525	,682	-,83	1,71
PRESENZA INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE	Ragazzo	Adulto	,325	,361	,748	-,54	1,19
		Anziano	,763	,498	,334	-,44	1,96
	Adulto	Ragazzo	-,325	,361	,748	-1,19	,54
		Anziano	,438	,456	,708	-,66	1,53
	Anziano	Ragazzo	-,763	,498	,334	-1,96	,44
		Adulto	-,438	,456	,708	-1,53	,66
	Ragazzo	Adulto	,325	,350	,624	-,51	1,15
		Anziano	,763	,532	,330	-,52	2,04
	Adulto	Ragazzo	-,325	,350	,624	-1,15	,51
		Anziano	,438	,497	,654	-,76	1,64
	Anziano	Ragazzo	-,763	,532	,330	-2,04	,52
		Adulto	-,438	,497	,654	-1,64	,76

PRESENZA INTERSEZIONI A PRECEDENZA	Ragazzo	Adulto	,294	,345	,777	-,54	1,12
		Anziano	-,398	,480	,791	-1,55	,76
	Adulto	Ragazzo	-,294	,345	,777	-1,12	,54
		Anziano	-,693	,439	,309	-1,75	,36
	Anziano	Ragazzo	,398	,480	,791	-,76	1,55
		Adulto	,693	,439	,309	-,36	1,75
	Ragazzo	Adulto	,294	,355	,686	-,55	1,14
		Anziano	-,398	,411	,599	-1,38	,58
	Adulto	Ragazzo	-,294	,355	,686	-1,14	,55
		Anziano	-,693	,363	,144	-1,56	,18
	Anziano	Ragazzo	,398	,411	,599	-,58	1,38
		Adulto	,693	,363	,144	-,18	1,56
PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	Ragazzo	Adulto	,383	,343	,601	-,44	1,21
		Anziano	,726	,476	,338	-,42	1,87
	Adulto	Ragazzo	-,383	,343	,601	-1,21	,44
		Anziano	,343	,436	,816	-,71	1,39
	Anziano	Ragazzo	-,726	,476	,338	-1,87	,42
		Adulto	-,343	,436	,816	-1,39	,71
	Ragazzo	Adulto	,383	,328	,474	-,39	1,16
		Anziano	,726	,529	,363	-,55	2,00
	Adulto	Ragazzo	-,383	,328	,474	-1,16	,39
		Anziano	,343	,498	,771	-,87	1,55
	Anziano	Ragazzo	-,726	,529	,363	-2,00	,55
		Adulto	-,343	,498	,771	-1,55	,87

PRESENZA PASSI CARRAI	Ragazzo	Adulto	-,016	,390	1,000	-,95	,92
		Anziano	-,091	,540	,998	-1,39	1,21
	Adulto	Ragazzo	,016	,390	1,000	-,92	,95
		Anziano	-,075	,493	,998	-1,26	1,11
	Anziano	Ragazzo	,091	,540	,998	-1,21	1,39
		Adulto	,075	,493	,998	-1,11	1,26
	Ragazzo	Adulto	-,016	,393	,999	-,95	,92
		Anziano	-,091	,561	,986	-1,44	1,25
	Adulto	Ragazzo	,016	,393	,999	-,92	,95
		Anziano	-,075	,508	,988	-1,30	1,15
	Anziano	Ragazzo	,091	,561	,986	-1,25	1,44
		Adulto	,075	,508	,988	-1,15	1,30
PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	Ragazzo	Adulto	,077	,411	,997	-,91	1,06
		Anziano	-,350	,569	,902	-1,72	1,02
	Adulto	Ragazzo	-,077	,411	,997	-1,06	,91
		Anziano	-,427	,522	,798	-1,68	,83
	Anziano	Ragazzo	,350	,569	,902	-1,02	1,72
		Adulto	,427	,522	,798	-,83	1,68
	Ragazzo	Adulto	,077	,414	,981	-,91	1,06
		Anziano	-,350	,580	,819	-1,74	1,04
	Adulto	Ragazzo	-,077	,414	,981	-1,06	,91
		Anziano	-,427	,526	,698	-1,70	,84
	Anziano	Ragazzo	,350	,580	,819	-1,04	1,74
		Adulto	,427	,526	,698	-,84	1,70
rischioso per la sua incolumità spostarsi in bicicletta?	Ragazzo	Adulto	-,062	,292	,995	-,77	,64
		Anziano	,355	,403	,760	-,61	1,32
	Adulto	Ragazzo	,062	,292	,995	-,64	,77
		Anziano	,417	,368	,590	-,47	1,30
	Anziano	Ragazzo	-,355	,403	,760	-1,32	,61
		Adulto	-,417	,368	,590	-1,30	,47
	Ragazzo	Adulto	-,062	,260	,969	-,68	,55
		Anziano	,355	,402	,654	-,62	1,33
	Adulto	Ragazzo	,062	,260	,969	-,55	,68
		Anziano	,417	,401	,556	-,55	1,39
	Anziano	Ragazzo	-,355	,402	,654	-1,33	,62
		Adulto	-,417	,401	,556	-1,39	,55

Appendice E

	CONTINUITA' DELLA PISTA CICLABILE	CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE	VELOCITA' SULLA PISTA	RAPIDITA' DI SPOSTAMENTO	SICUREZZA	LUNGHEZZA DEL PERCORSO	PRESENZA PISTA CICLABILE	TRAFFICO INCLINATO SULLA STRADA	ELEVATA VELOCITA' AUTOMOTO	PRESENZA DI ROTATORIE	PRESENZA SEMAFORIZZATE	PRESENZA INTERSEZIONI PRECEDENZA	PRESENZA PEDONI SULLA PISTA	PRESENZA PASSI CARRAI	PRESENZA PARCHEGGI LATO PISTA	rischio per la sua incolumita' spostarsi in bicicletta?
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	1	,450**	,552**	,169**	,423**	,164**	,415**	-,064	-,089	,005	-,057	-,055	,014	-,036	-,134**	-,131
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,272	,000	,000	,007	,000	,010	,000	,333	,304	,935	,400	,420	,836	,594	,049	,053
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,450**	1	,449**	,115	,161**	,167**	,106	-,163**	-,014	,794	,995	,873	,701	,043	-,084	-,152
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,271	,272	,272	,251	,251	,248	,248	,228	,228	,225	,223	,220	,220	,218	,218	,220
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,552**	,449**	1	,098	,323**	,100	,381**	-,117	-,137**	-,068	-,062	-,034	-,046	-,090	-,133	-,091
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,271	,272	,272	,251	,251	,248	,248	,228	,228	,225	,223	,220	,220	,218	,218	,220
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,169**	,098	,098	1	,071	,307**	-,054	-,123	-,045	-,109	-,074	-,051	-,034	-,023	-,024	-,110
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,007	,088	,120	,263	,263	,000	,398	,068	,508	,108	,274	,459	,816	,737	,730	,107
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,250	,251	,251	,252	,251	,248	,248	,223	,221	,220	,219	,217	,215	,215	,215	,215
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,423**	,161**	,323**	,071	,270**	1	,451**	,074	,145**	-,017	,112	,007	-,045	,026	-,001	,061
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,164**	,167**	,100	,307**	,270**	1	-,034	,057	,093	,093	-,073	,094	,068	,055	,048	,024
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,010	,009	,116	,000	,000	,000	,596	,006	,403	,171	,285	,167	,320	,421	,484	,732
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,247	,248	,248	,248	,248	,248	,248	,221	,219	,218	,217	,215	,215	,213	,213	,214
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,247	,248	,248	,248	,248	,248	,248	,222	,220	,219	,218	,216	,216	,214	,214	,215
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	-,064	-,163**	-,117	-,123	,074	,184**	,176**	1	,594**	,323**	,021	,315**	,087	,235**	,221**	,312**
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,333	,014	,077	,068	,074	,006	,009	,000	,000	,000	,760	,000	,201	,000	,001	,000
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,228	,228	,228	,223	,223	,221	,222	,228	,225	,224	,222	,219	,219	,217	,217	,210
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	-,069	-,163**	-,137**	-,045	,145**	,057	,106	,594**	1	,261**	,150**	,290**	,103	,277**	,219**	,442**
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,304	,014	,040	,508	,031	,403	,118	,000	,000	,000	,025	,000	,127	,000	,001	,000
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,226	,226	,226	,221	,221	,219	,220	,225	,226	,225	,223	,220	,220	,218	,218	,211
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,005	,017	-,068	-,109	-,017	,093	,068	,323**	,261**	1	,121	,360**	-,168**	,314**	,315**	,168**
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,935	,794	,309	,108	,798	,171	,317	,000	,000	,000	,071	,000	,012	,000	,000	,014
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,225	,225	,225	,220	,220	,218	,219	,224	,224	,225	,223	,220	,220	,218	,218	,211
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	-,057	,000	-,062	-,074	,112	-,073	,165**	,021	,150**	,121	1	,412**	,112	,334**	,240**	,170**
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,400	,985	,356	,274	,100	,285	,015	,760	,025	,071	,000	,000	,097	,000	,000	,013
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,223	,218	,223	,219	,219	,217	,218	,222	,223	,223	,223	,220	,220	,218	,218	,211
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	-,055	,011	-,034	-,051	,007	,094	,172**	,315**	,290**	,360**	,412**	1	,279**	,424**	,341**	,261**
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,420	,873	,617	,459	,922	,167	,011	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,220	,220	,220	,217	,217	,215	,216	,219	,220	,220	,220	,220	,220	,218	,218	,211
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,014	-,026	-,046	,034	-,045	,068	,066	,087	,103	,189	,112	,279**	1	,399**	,296**	,178**
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,836	,701	,499	,616	,509	,320	,334	,201	,127	,012	,097	,000	,000	,000	,000	,010
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,220	,220	,220	,217	,217	,215	,216	,219	,220	,220	,220	,220	,220	,218	,218	,211
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	-,036	-,137**	-,090	-,023	,026	,055	,156**	,235**	,277**	,314**	,334**	,424**	,399**	1	,380**	,202**
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,594	,043	,188	,737	,709	,421	,022	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,003
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,218	,218	,218	,215	,215	,213	,214	,217	,218	,218	,218	,218	,218	,218	,217	,208
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	-,134**	-,084	-,133	-,024	-,001	,048	-,030	,221**	,219**	,315**	,240**	,341**	,296**	,380**	1	,228**
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,049	,214	,051	,730	,989	,484	,865	,001	,001	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,218	,218	,218	,215	,215	,213	,214	,214	,218	,218	,218	,218	,218	,217	,218	,208
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	-,131	-,152**	-,091	-,110	,061	,024	,089	,312**	,442**	,168**	,170**	,261**	,178**	,202**	,228**	1
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,053	,024	-,178	,107	,371	,732	,194	,000	,000	,014	,013	,000	,010	,003	,001	,001
Correlazione di Pearson Sig. (2-code) N	,220	,220	,220	,215	,216	,214	,214	,210	,211	,211	,211	,211	,211	,209	,209	,221

** La correlazione è significativa al livello 0,01 (2-code).
* La correlazione è significativa al livello 0,05 (2-code).

Bibliografia

CAPITOLO 1

- AA.VV. (2008), *Reti Ciclabili in area Mediterranea*, Progetto Europeo CY.RO.N.MED
- AA.VV. (2007), *La Bicicletta in Città – Progettare Percorsi Ciclabili per Migliorare l'Ambiente*, CODICE ISBN: 88-7504-109-1
- AA.VV. (2002), *Bici Plan Guide*, Virginia Department of Transportation, Virginia
- AA.VV. (1999), *Guida Europea all'Agenda 21 Locale*, The International Council for Local Environmental Initiatives
- Barnes et al. (1939), *Estimating Bicycling Demand*, Transportation Research Record, Washington D.C.
- Davis, G.A. and Wicklatz, T. (2001), *Sample Based Estimation of Bicycle Miles of Travel*, University of Minnesota, Minneapolis
- Decreto Legislativo 30 aprile 1992, n. 285 *Nuovo Codice della Strada*
- Decreto Ministeriale 30 novembre 1999, n. 557 *Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili*
- Decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495 *Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada*
- Decreto Ministeriale 5 novembre 2001, n. 6972 *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*
- Epperson, B. (1996), *Demographic and Economic Characteristics of Bicyclists Involved in bicycle-Motor Vehicle Accidents*, Transportation Research Record 1502, pp. 58 – 64, Washington D.C.
- Goldsmith, S. (1996), *Estimating the Effects of Bicycle Facilities on VMT and Emissions*, Seattle Engineering Department, Seattle
- Hopkinson, P. and Wardman, M. (1996), *Evaluating the Demand for New Cycle Facilities*, Transport Policy, vol.3, No. 4, pp. 241 – 249, Great Britain
- Kevin J. Krizek et alii (2006), *Guidelines for Analysis of Investment in Bicycle Facilities*, Transportation Research Board, Washington D.C.
- Legge 19 ottobre 1998, n. 366 *Norme per il finanziamento della mobilità ciclistica*
- Litmann, T. et alii (2005), *Pedestrian and Bicycle Planning – A Guide to Best Practices*, www.ricerchetrasporti.com
- Noland, R.B. and Kunreuter, H. (1995), *Short-run and Long-run Policies for increasing Bicycle Transportation for Daily Commuter Trips*, Transport Policy, vol.2, No. 1, pp. 67 – 79, Great Britain

CAPITOLO 2

- American Association of State Highway and Transportation Officials (2001), *Guide for the Development of bicycle Facilities*, Washington D.C.
- AA.VV. (1995), *Guida Europea all'Agenda Locale 21*, I.C.L.A.I. International Council for Local Environmental Initiatives

- AA. VV. (2002), *Verso un Profilo di Sostenibilità Ambientale – Indicatori Comuni Europei*, Commissione Europea
- Carter, Daniel L. et al. (2007), *Pedestrian and Bicyclist Intersection Safety Indices*, FHWA-HRT-06-130, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration
- Davis, J. (1987), *Bicycle Safety Evaluation*, Auburn University, Country Regional Planning Commission, Chattanooga, Tenn.
- Dixon, Linda B. (1996), *Bicycle and Pedestrian Level of Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems*, Transportation Research Record 1538, Washington D.C.
- Epperson, B. (1994), *Evaluating Suitability of Roadways for Bicycle Use: Toward a Cycling Level of Service Standard*, Transportation Research Record 1438, Washington D.C.
- Florida Department of Transportation (2009), *Quality / Level of service Handbook*, Tallahassee, Florida
- Florida Department of Transportation (2005), *Sidepath Facility Selection and Design*, Project Report, Florida
- Harkey, D. L. et al. (1998), *Development of the Bicycle Compatibility Index: a Level of Service Concept, Final Report*, FHWA-RD-98-072, U.S. Department of Transportation
- Harkey, D.L. et al. (1998), *Development of the Bicycle Compatibility Index: a Level of Service Concept, Implementation Manual*, FHWA-RD-98-095, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration
- Kilgore, G. and Barsotti, E. (2001), *The Road Network is in Bicycle Network: Bicycle Suitability Measures for Roadways and Sidepath*, Chicago Transport
- Landis, Bruce, W. et al. (1997), *Real-time Human Perceptions: Toward a Bicycle Level of Service*, Transportation Research Record 1578, Washington D.C.
- Landis, Bruce, W. (1994), *Bicycle Interaction Hazard Score: a Theoretical Model*, Transportation Research Record 1438, Washington D.C.
- League of Illinois Bicyclists (2001), *North Aurora Non-Motorized Transportation Plan*, Illinois
- San Francisco Department of Public Health (2009), *Bicycle Environmental Quality Index: Draft Report*, Report, Program on Health, Equity and Sustainability Environmental Health Section, San Francisco
- Sorton, A. and Walsh, T. (1994), *Stress Level as a Tool To Evaluate Urban and Suburban Bicycle Compatibility*, Transportation Research Record 1438, Washington D.C.
- Special Report 209 (1985): *Highway Capacity Manual*, TRB, National Research Council, Washington D.C.
- Transportation Research Board (2000), *Highway Capacity Manual*, Washington D.C.
- Transportation Research Board (2010), *Highway Capacity Manual*, Washington D.C.
- Turner, Shawn, M. et al. (1997), *Bicycle Suitability Criteria: Literature Review and State of the Practice Survey*, Research Report 3988-1,7, Texas Transportation Institute

- Tesi (2011): *Valutazione del rischio percepito dai ciclisti e applicazione di un indicatore ad un'area di Bologna*, Candidato: Riccardo Giamboni, Relatore: Prof. Ing. Federico Rupi, Correlatore: Dott. Ing. Silvia Bertoni;
- Tesi (2010): *Studio sull'incidentalità ciclabile: un' applicazione ad una intersezione semaforizzata di Bologna*, Candidato: Chiara Marulli, Relatore: Prof. Ing. Federico Rupi, Correlatore: Dott. Ing. Silvia Bertoni;
- Wolfram, M. and Buhrmann, S. (2007), *Sustainable Urban Transport Planning*, Rupprecht Counsult, Colonia

CAPITOLO 3

- AA.VV. (2008), *Reti Ciclabili in area Mediterranea*, Progetto Europeo CY.RO.N.MED
- AA.VV. (2003), *Sistemi di Monitoraggio del Traffico – Linee Guida per la Progettazione*, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Ispettorato Generale per la Circolazione e la sicurezza Stradale
- Barnes et al. (1939), *Estimating Bicycling Demand*, Transportation Research Record, Washington D.C.
- Davis, G.A. and Wicklatz, T. (2001), *Sample Based Estimation of Bicycle Miles of Travel*, University of Minnesota, Minneapolis
- Decreto Legislativo 30 aprile 1992, n. 285 *Nuovo Codice della Strada* ;
- Decreto Ministeriale 30 novembre 1999, n. 557 *Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili*;
- Decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495 *Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada*;
- Decreto Ministeriale 5 novembre 2001, n. 6972 *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*;
- FIAB Federazione Italiana Amici della Bicicletta, sito web: <http://www.fiab-onlus.it>;
- Hyodo, T. et al. (2000), *Modelling of Bicycle Route and Destination Choice Behaviour for Bicycle Road Network Plan*, Transportation Research Record 1705, pp. 70 – 76
- Hopkinson, P. and Wardman, M. (1996), *Evaluating the Demand for New Cycle Facilities*, Transport Policy, vol.3, No. 4, pp. 241 – 249
- Kevin J. Krizek et al. (2006), *Guidelines for Analysis of Investment in Bicycle Facilities*, Transportation Research Board, Washington D.C
- Noland, R.B. and Kunreuter, H. (1995), *Short-run and Long-run Policies for increasing Bicycle Transportation for Daily Commuter Trips*, Transport Policy, vol.2, No. 1, pp. 67 – 79
- Rilievi flussi ciclabili 2010
http://www.comune.bologna.it/media/files/flussi_ciclabili_2011_relazione_universit_bologna.pdf
- Rilievi flussi ciclabili 2011
http://www.comune.bologna.it/media/files/flussi_ciclabili_2010_relaz_universit_di_bologna_v2.pdf

CAPITOLO 4

- AA.VV. (1999), *Guidebook on Methods to Estimate Non-Motorized Travel: Overview of Methods*, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, FHWA-RD-98-165
- AA.VV. (2009), *Road safety and Perceived Risk of Cycle Facilities in Copenhagen*, City of Copenhagen
- Axhausen K.W. and Smith, R.L. (1986), *Bicyclist Link Evaluation: a Stated-preference Approach*, Transportation Research Record 1085, pp. 7 – 15, Washington D.C.
- Cervero, R. (1996), *Mixed Land-use and Commuting: Evidence from the American Housing Survey*, Transportation Research Part A 30, pp. 361 – 377, Washington D.C.
- Daniels, S. et al. (2009), *Injury Crashes with Bicyclists at Roundabouts: Influence of Some Location Characteristics and the Design of Cycle Facilities*, Journal of Safety Research Vol. 40, pp. 141 – 148
- Daniels, S. et al. (2010), *Explaining Variation in Safety Performance of Roundabouts* Accident Analysis & Prevention, Vol. 42, pp. 393 – 402
- Dickinson, J. E. et al. (2003), *Employer Travel Plans, Cycling and Gender: Will Travel Plan Measures Improve the Outlook for Cycling to Work in the UK?*, Transportation Research Part D 8, pp. 53 – 67, Washington D.C.
- Dill, J. et al. (2010), *Evaluation of Bike Boxes at Signalized Intersections*, Accident Analysis & Prevention
- Elvik, R. and Bjomskaug, T. (2005), *How Accurately Does the Public Perceive Differences in Transport Risk? An Exploratory Analysis of Scale Representing Perceived Risk*, Accident analysis & Prevention, Vol 37, pp. 1005 – 1011
- Forester, J. (1996), *How to Make Biking a Real Alternative*, Transportation and Environment 21, pp. 59 – 61
- Garder, P. et al. (1994), *Safety Implications of Bicycle Paths at Signalized Intersections*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 26, pp. 429 – 439
- Heinen, E. et al. (2011), *The Role of Attitudes Toward Characteristics of Bicycle Commuting on the Choice to Cycle to Work Over Various Distances*, Transportation Research Part D 16, pp. 102 – 109, Washington D.C.
- Heinen, E. et al. (2010), *Commuting by Bicycle: an Overview of the Literature*, Transport Reviews 30, pp. 59 – 96
- Hels, T. and Orozova-Bekkevold, I. (2007), *The Effect of Roundabout Design Features on Cyclist Accident Rate*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 39, pp. 300 – 307
- Hochmair, H.H. (2009), *Assessment of Latent Bicycle Demand in Street Networks*, Proceedings of the Geoinformatics Forum, Salisburgo
- Hopkinson, P. and Wardman, M. (1996), *Evaluating the Demand for New Cycle Facilities*, Transport Policy, Vol. 3, N° 4, pp. 241 – 249
- Hyodo, T. et al. (2000), *Modelling of Bicycle Route and Destination Choice Behaviour for Bicycle Road Network Plan*, Transportation Research Record 1705, pp. 70 – 76
- Hunt, J.D. and Abraham, J.E. (2006), *Influences on Bicycle Use*, Transportation 34, pp. 453 – 470

- ISTAT: Sito web: [istat](http://istat.it).
- Johansson, M. V., et al. (2005), *Latent Variables in a Travel Mode Choice Model: Attitudinal and Behavioural Indicator Variables*, working paper, Uppsala University
- Joshi, Mary S. et al. (2001), *A Diary Study of the Risk Perceptions of Road Users*, Health, Risk & Society, Vol. 3, N° 3
- Krizek, K.J. and Roland, R.W. (2005), *What is at the end of the road? Understanding Discontinuities of On-street Bicycle Lane in Urban Settings*, Transportation Research Part D 10, pp. 55 – 68, Washington D.C.
- Marescotti, A. and Carati, M. (2008), *Girogirotonda La Protezione dei Ciclisti nelle Rotatorie Stradali*, Centro Studi FIAB
- Mc Coy, Carrie A. et al. (2002), *Development and Pilot Testing of a Bicycle Safety Questionnaire for Adult Bicyclists*, Public Health Nursing, Vol. 19, N° 6, pp. 440 – 450
- Menghini, G. et al. (2010), *Route Choice of Cyclists in Zurich*, Transportation Research Part A 44, pp. 754 – 765, Washington D.C.
- Moller, M. and Hels, T. (2008), *Cyclists' Perception of Risk in Roundabouts*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 40, pp. 1055 – 1062
- Noland, R.B. and Kunreuter, H. (1995), *Short-run and Long-run Policies for increasing Bicycle Transportation for Daily Commuter Trips*, Transport Policy, vol.2, No. 1, pp. 67 – 79
- Noland, Robert B. (1995), *Perceived Risk and Modal Choice: Risk Compensation in Transportation System*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 27, N° 4 pp. 503 – 521
- Parking, J. et al. (2008), *Estimation of the Determinants of Bicycle Mode Share for the Journey to Work Using Census Data*, Transportation 35, pp. 93 – 109
- Parking, J. et al. (2007), *Models of Perceived Cycling Risk and Route acceptability*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 39, pp. 364 – 371
- Parkin, J. And Meyers, C. (2010), *The Effect of Cycle Lane on the Proximity Between Motor Traffic and Cycle Traffic*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 42, pp. 159 – 165
- Phillips, R.O. et al. (2011), *Reduction in Car-Bicycle Conflict at a Road-Cycle Path Intersection: Evidence of Road User Adaption?*, Transportation Research Part F, Vol. 14, pp. 87 – 95
- Rasanen, M. and Summala, H. (1998), *Attention and Expectation Problems in Bicycle-car Collisions: an in-depth Study*, Accident analysis & Prevention, Vol 30, N° 5 pp. 557 – 667
- Rybarczyk, G. and Changshan, W. (2010), *Bicycle Facility Planning Using GIS and Multi-criteria Decision Analysis*, Applied Geography 30, pp. 282 – 293
- Sakshaug, L. et al. (2010), *Cyclists in Roundabouts – Different Design Solution*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 42, pp. 1338 – 1351
- Schepers, J.P. et al. (2011), *Road Factors and Bicycle – Motor Vehicle Crashes at Unsignalized Intersection*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 42, pp. 853 – 861
- Sener, Ipek N. et al. (2007), *An Analisis of Bicycle Choice Preference in Texas, U.S.*, Austin University, Department of Civil, Architectural & Environment Engineering, Texas

- Sener, I. et al. (2007), *The Effects of On-Street Parking on Cyclist Route Choice and the Operational Behaviour of Cyclists and Motorists*, Centre for Transportation Research, Department of transportation, Texas
- Schoon, C. and Van Minnen, J. (1994), *The Safety of Roundabouts in the Netherlands*, Traffic Engineering Control, Vol. 35, N° 3, pp. 142 – 148
- Sitran, A. and Bosetti, S. (2009), *Gli Utenti Deboli e la Sicurezza Stradale: Analisi della Sinistrosità a Fattori di Rischio*, Ricerche Trasporti, quad. N°15
- Stinson, M.A. and Bhat, C.R. (2003), *An Analysis of Commuter Bicyclist Route Choice Using a Stated Preference Survey*, Transportation Research Record 1829, pp. 107-115, Washington D.C.
- Stinson, M.A. and Bhat, C.R. (2005), *A Comparison of the Route Preference of Experienced and Inexperienced Bicycle Commuters*, Transportation Research Board, Washington D.C.
- Sorton, A. and Walsh, T. (1994), *Stress Level as a Tool To Evaluate Urban and Suburban Bicycle Compatibility*, Transportation Research Record 1438, Washington D.C.
- Summala, H. et al. (1996), *Bicycle Accidents and Drivers' Visual Search at Left and Right Turns*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 28, pp. 147 – 153
- Summala, H. et al. (1999), *Car Driver and Bicyclist Behavior at Bicycle Crossings Under Different Priority Regulations*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 30, pp. 67 – 77
- Summala, H. and Rasanen, M. (1998), *Attention and Expectation Problems in Bicycle-Car Collisions: an In-depth Study*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 30, pp. 657 – 666
- Wang, Y. and Nihan, N. L. (2004), *Estimating the Risk of Collisions Between Bicycles and Motor Vehicles at Signalized Intersection*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 36, pp. 313 – 312
- Wood, Joanne M. et al. (2009), *Drivers' and Cyclists' Experiences of Sharing the Road: Incidents, Attitudes and Perceptions of Visibility*, Accident Analysis & Prevention, Vol. 41, pp. 772 – 776