



Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti

Dottorato di Ricerca in
Tecnica ed Economia dei Trasporti

ICAR/05

**Trasporto pubblico su gomma in ambito urbano:
un modello per la stima della velocità commerciale e
della velocità origine-destinazione**

Tesi di Dottorato:

Ing. Riccardo Carioti

Tutor:

Ch.mo Prof. Salvatore Amoroso

Coordinatore del Corso:

Ch.mo Prof. Luigi La Franca

A.A. 2007/2008 – XXII Ciclo – Aprile 2011

INDICE

		Ringraziamenti	pag. 5
		Premessa	pag. 6
Capitolo	1	Il sistema autobus urbano: un sistema di trasporto essenziale	pag. 7
	par. 1.1	Il ruolo dell'autobus nei trasporti urbani	pag. 7
	par. 1.2	Indicatori di prestazione per il sistema autobus in ambito urbano : la velocità commerciale e la velocità origine-destinazione	pag. 9
	par. 1.3	Il problema della distanza tra fermate	pag. 11
	par. 1.4	Obbiettivi della ricerca	pag. 13
	par. 1.5	Ricerche di riferimento	pag. 13
Capitolo	2	Stima della velocità commerciale	pag. 15
	par. 2.1	Definizioni preliminari	pag. 15
	par. 2.2	Equazioni caratteristiche del moto per autobus urbani	pag. 17
	par. 2.3	Stima del tempo di stazionamento	pag. 22
	par. 2.3.1	Stima dei tempi di trasbordo	pag. 22
	par. 2.3.2	Stima del volume di passeggeri trasbordati	pag. 30
	par. 2.3.3	Stima del tempo di rientro-ripartenza	pag. 32
	par. 2.4	determinazione delle curve velocità-commerciale in funzione della distanza tra fermate $v_c(D)$	pag. 33
	par. 2.5	determinazione delle curve velocità origine-destinazione in funzione della distanza tra fermate $v_{OD}(D)$	pag. 37
	par. 2.6	Stima della deviazione standard della distribuzione della velocità commerciale v_c e della velocità origine-destinazione v_{OD}	pag. 41

Capitolo	3	Descrizione di un metodo per la pre- dizione della velocità di running lungo corsie riservate, basato sulle equazioni caratteristiche di Vuchic	pag. 43
par.	3.1	Introduzione	pag. 43
par.	3.2	Concetti generali	pag. 43
par.	3.3	Corsie riservate: stima degli effetti dell'attraversamento delle intersezioni sulla velocità di transito	pag. 44
par.	3.4	Stima delle interferenze dovute al traf- fico	pag. 55
par.	3.5	Stima della vr_0	pag. 59
par.	3.6	Circolazione nel traffico misto: stima della vr_0	pag. 62
Capitolo	4	Caratteristiche generali del servizio di trasporto pubblico su gomma nell'area urbana di Palermo	pag. 65
par.	4.1	Caratteristiche attuali della rete di tra- sporto pubblico su gomma.	pag. 65
par.	4.2	Composizione dell'utenza del servizio di trasporto pubblico su gomma.	pag. 65
par.	4.3	Stima della velocità pedonale dell'utente medio v_p	pag. 71
par.	4.4	Distribuzione temporale dell'utenza.	pag. 75
par.	4.5	Distribuzione degli spostamenti origi- ne-destinazione.	pag. 80
par.	4.6	Capillarità della rete.	pag. 83
par.	4.7	Elementi per la stima della distribu- zione temporale della vr_0 .	pag. 84
par.	4.8	Caratteristiche delle operazioni di tra- sbordo dei passeggeri.	pag. 91
Capitolo	5	Analisi di due linee autobus nell'area urbana di Palermo	pag. 94
par.	5.1	Introduzione	pag. 94
par.	5.2	Analisi della linea AMAT-101	pag. 94
par.	5.3	Analisi della linea AMAT-105	pag. 104
Capitolo	6	Analisi di tre linee autobus nell'area urbana di Los Angeles	pag. 113
par.	6.1	Introduzione	pag. 113

par. 6.2	Analisi della linea Big Blue Bus-1	pag. 114
par. 6.3	Analisi delle linee Metro-4 e Metro-704	pag. 118
Capitolo 7	Conclusioni	pag. 124
par. 7.1	Possibili vantaggi nell'applicazione del modello proposto	pag. 124
par. 7.2	Limiti del modello	pag. 124
par. 7.3	Possibili sviluppi della ricerca	pag. 125
Appendice A	Tabelle relative alla distribuzione temporale dei flussi veicolari nell'area urbana di Palermo	pag. 126
Appendice B	Tabelle relative alla distribuzione temporale dell'utenza del trasporto pubblico su gomma nell'area urbana di Palermo	pag. 130
Appendice C	Offerta attuale del trasporto pubblico su gomma nell'area urbana di Palermo	pag. 135
Appendice D	Rilievi cronometrici effettuati sulla linea AMAT-101	pag. 144
Appendice E	Tabelle relative alle analisi delle linee AMAT-101, AMAT-105, Big Blue Bus-1, Metro-4, Metro-704	pag. 158
	Bibliografia	pag. 170

RINGRAZIAMENTI

Voglio ringraziare il mio tutor Prof. Salvatore Amoroso per i preziosi spunti e consigli che mi ha dato durante tutto il periodo di elaborazione di questa ricerca.

PREMESSA

Questo studio si propone di affrontare il problema della previsione della velocità commerciale degli autobus urbani e della velocità origine-destinazione degli utenti, sia in termini di valori medi che di varianza, con particolare attenzione alle relazioni che legano queste al distanziamento delle fermate. Lo studio è stato finalizzato allo sviluppo di un modello matematico semplice ed a basso contenuto tecnologico (non ITS) adatto ad applicazioni su foglio elettronico. Due ordini di motivi hanno determinato tale scelta : la lenta diffusione dei software di micro-simulazione combinata traffico-trasporto pubblico, la necessità di modelli semplici per testare la congruenza dei risultati di tali software. Il lavoro di ricerca qui presentato consiste nel, nel miglioramento di teorie e metodi esistenti e nella successiva applicazione a casi reali, attraverso il confronto tra i dati previsti e quelli già noti o misurati sul campo.

CAPITOLO 1

Il sistema autobus urbano: un sistema di trasporto essenziale

1.1 Il ruolo dell'autobus nei trasporti urbani

Tra le varie modalità di trasporto, l'autobus riveste un' indiscutibile importanza: esso è conveniente, flessibile e può adattarsi facilmente alle esigenze degli utenti finali, sia in termini di capacità sia in termini di velocità. Gli autobus perdono la maggior parte del tempo nel traffico misto; essi sono quindi in prima linea nella competizione con il trasporto motorizzato privato per qualsiasi viaggio e spostamento delle persone all'interno delle città.

Il sistema autobus è tra i sistemi di trasporto collettivo quello che richiede il minor numero di infrastrutture (nella maggior parte dei casi, sono sufficienti un deposito e una officina); inoltre gli autobus sono facili da mettere in servizio.

Dai punti di vista economico, ambientale e sociale, il sistema autobus rappresenta la soluzione universale per la sostenibilità urbana dei trasporti; pertanto esso occupa un ruolo chiave nell'intero panorama dei trasporti urbani e metropolitani. Infatti, l'autobus è l'unica modalità di trasporto pubblico in molte città del mondo: esso assume una posizione importante a sostegno delle città, con altri modi di trasporto, come quello ferroviario. Circa l'80% dei passeggeri che si spostano con il trasporto pubblico in tutto il mondo, utilizzano l'autobus.



Fig 1.1 – Autobus per trasporto urbano AMAT

Fonte: AMAT – Palermo

Negli ultimi decenni, l'aumento dello spazio stradale occupato da parte dei mezzi privati, ha contribuito a congestionare pesantemente il traffico. Questo ha un impatto diretto (chiaramente negativo) sul funzionamento del sistema autobus, e quindi sulla velocità, sulla qualità del servizio, sull'economia, sull'affidabilità, sui consumi energetici e sulla redditività complessiva del sistema.

La qualità del trasporto pubblico, rimane spesso intrappolata in una spirale negativa: la congestione delle aree urbane comporta l'abbassamento della velocità operativa dei mezzi a sua volta causa di un impatto negativo, in termini di quota di mercato dei viaggi in autobus.

1.2 Indicatori di prestazione per il sistema autobus in ambito urbano : la velocità commerciale e la velocità origine-destinazione

La velocità commerciale è l'indicatore di prestazione più usato nell'ambito dei sistemi di trasporto urbani. Definita come rapporto tra la lunghezza totale del percorso della linea ed il tempo necessario a percorrerlo, essa è generalmente proposta come uno dei parametri fondamentali per valutare l'efficienza del servizio di trasporto.

City	Bus speed (in km/h)	Reference area
Helsinki	26	Yhteistyövaltuuskunta including Helsinki + Espoo + Vantaa + Kaunialainen
Copenhagen	21.6	Greater Copenhagen region
Warsaw	21.5	City of Warsaw
Madrid	21	Comunidad de Madrid
Bern	20.2	Planning Region Bern (24 municipalities)
Berlin	19.5	State of Berlin (Land Berlin)
Vienna	19	City of Vienna
London	18	Greater London
Stockholm	18	Stockholms Lan
Lisbon	17.4	Area Metropolitana de Lisboa
Paris	17.1	Ile-de-France Region
Budapest	16.2	Municipality of Budapest (Főpolgármesteri Hivatal Budapest)
Athens	16	Attika region
Rome	15.4	Commune of Rome
Dublin	14.6	Dublin Region (Dublin City Centre and counties of Fingal, South Dublin and Dún Laoghaire-Rathdown)

Tabella 1.1 –Confronto tra le velocità commerciali di varie aree urbane. Anno di riferimento 2001

Fonte: Mobilità nelle città – Database UITP © 2006

Di contro, un semplice ragionamento basato sulla considerazione che ogni spostamento effettuato tramite un sistema di trasporto pubblico, inizia e finisce davanti ad una porta, suggerisce un'insufficienza di questo parametro nel descrivere e riassumere l'efficienza del sistema

In particolare schematizzando lo spostamento effettivo nelle seguenti sei fasi fondamentali :

- Percorso a pedonale fino alla fermata più vicina (fermata d'ingresso)
- Attesa del mezzo presso la fermata
- Ingresso sul mezzo
- Spostamento a bordo del mezzo fino alla fermata di uscita
- Uscita dal mezzo
- Percorso pedonale dalla fermata d'uscita fino alla destinazione

ne consegue che, più che la velocità commerciale, dovrebbe essere la velocità origine-destinazione, intesa come rapporto tra lo spostamento medio totale ed il tempo di percorrenza totale, a essere assunta come principale indicatore di prestazione del sistema. La velocità origine-destinazione riassume infatti in un unico parametro fattori legati all'accessibilità dei terminali ed alla quantità e velocità dei mezzi in servizio.

Tuttavia mentre la velocità commerciale è facilmente e direttamente misurabile con un adeguato livello di accuratezza, la velocità origine-destinazione dipende dalla lunghezza degli spostamenti totali degli utenti, fortemente variabili da soggetto a soggetto e quindi di difficile determinazione. Ciò non di meno, l'obiettivo di ogni sistema di trasporto urbano è quello di muovere le persone piuttosto che i veicoli e l'assenza di un'analisi che tenga conto di tutte le operazioni di cui si compone la catena del trasporto pubblico, vanifica gli sforzi e gli investimenti volti a migliorare l'efficienza del sistema.

Un'altra carenza riscontrabile nell'impiego della velocità commerciale così come di ogni altra velocità di riferimento, come parametro descrittivo del sistema, è quello di fornire il solo valore medio senza la deviazione standard della sua di-

stribuzione nel campione osservato. Ciò nel campo dei trasporti urbani, caratterizzati per natura da una grande variabilità dei parametri caratteristici (flusso, velocità e densità dei veicoli) intorno ai valori medi, comporta una drastica perdita dell'informazione utile, che riduce la rilevanza della velocità commerciale come riferimento nel confronto tra sistemi diversi.

1.3 Il problema della distanza tra fermate .

Un aspetto poco indagato in modo formale è quello che lega le prestazioni del sistema, in termini di velocità commerciale, alla distanza tra fermate consecutive.

L' approccio generalmente seguito dalle aziende di trasporto nell'affrontare il problema del distanziamento tra fermate è di tipo empirico, ovvero basato sull'esperienza diretta, consolidata negli anni di attività. Tale sistema ha fin ora portato a risultati considerati accettabili sia nelle piccole che nelle grandi realtà urbane e metropolitane, come documentato dalla grande quantità di manuali ad uso interno delle aziende di trasporto, diffusi soprattutto nel mondo anglofono. Anche i celebri Highway Capacity Manual (HCM) e Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM) editi dal Transportation Research Board confermano questa tendenza , rimandando al più a metodi basati su esperienze locali. E' indubbio che la mancanza di metodi più rigorosi per lo studio delle operazioni dei servizi di trasporto urbano su gomma, è dovuta alla sproporzione esistente tra la complessità del problema in sé ed il punto forte del trasporto con autobus, ovvero la semplicità e la flessibilità sotto tutti gli aspetti. E' certo che i tempi a venire porteranno inevitabilmente una crescente domanda per un trasporto pubblico di qualità, a causa dell'insostenibilità economica ambientale e soprattutto sociale delle opzioni di trasporto individuali, in tutto il pianeta e soprattutto nei paesi in via di sviluppo. Ciò, tenendo conto di tutti gli aspetti già descritti porterà alla necessità di studiare in modo razionale ed organico tutti quegli aspetti operativi del trasporto

pubblico urbano su gomma, attualmente affrontati sulla scorta dell'esperienza pratica, ed il successo degli strumenti di analisi che verranno prodotti sarà determinato dalla loro semplicità e facilità di comprensione, anche da parte di soggetti privi di alte specializzazioni nel campo dell'ingegneria dei trasporti e con solo una generica formazione scientifica.

La letteratura disponibile sull'argomento consiste principalmente in manuali operativi ad uso interno delle aziende di trasporto Nordamericane e Britanniche e rimanda sempre a criteri empirici che fissano la distanza da porre tra fermate consecutive in un intervallo compreso tra i 250 ed i 400 metri in funzione della densità sia abitativa che dei servizi e delle attività economiche. Risulta evidente che la distanza tra fermate consecutive può condizionare in modo rilevante la velocità commerciale dei mezzi e soprattutto la velocità di avanzamento degli utenti lungo l'intero percorso tra origine e destinazione, comprendente il tragitto effettuato a bordo del veicolo più i percorsi pedonali tra le fermate ed i punti di partenza e di arrivo. Infatti, maggiore è la distanza tra fermate consecutive, maggiore sarà la velocità commerciale dei mezzi. Tuttavia, ciò comporta percorsi pedonali di collegamento alle fermate più lunghi con potenziale riduzione della velocità origine destinazione. Inoltre la riduzione della frequenza di fermata comporterebbe un numero maggiore di passeggeri trasbordati per fermata, con incremento dei tempi di stazionamento e con ricadute sulla velocità commerciale e sulla velocità origine-destinazione.

1.4 Obiettivi della ricerca

L'obiettivo di questa ricerca è quello di proporre un modello, per quanto possibile di facile applicazione, per la stima e la previsione della distribuzione della velocità commerciale e della velocità origine-destinazione per autobus urbani, analizzando in particolare la relazione che lega queste alla distanza tra fermate. Alla descrizione del modello farà seguito una fase di validazione in cui verranno confrontati i parametri stimati col modello con quelli misurati sul campo.

In fine il modello proposto verrà applicato allo studio di alcune linee autobus nell'area urbana di Palermo.

1.5 Ricerche di riferimento

Determinare a priori le velocità commerciali che avrà un autobus lungo un percorso di caratteristiche geometriche e di traffico note, è un problema di notevole complessità. Come avviene nel più generale ambito della simulazione del traffico veicolare, il problema può essere affrontato secondo due distinti approcci fisico-matematici, quello lagrangiano e quello euleriano. Il primo ha come obiettivo la determinazione della posizione istante per istante di ciascun veicolo in una rete, con un output in termini di funzioni $\mathbf{x}_i(\mathbf{t})$ e $\mathbf{y}_i(\mathbf{t})$. Il secondo approccio mira invece a determinare la distribuzione dei vettori velocità in ogni punto della rete istante per istante con un output espresso in termini di funzioni $\mathbf{v}_x(\mathbf{x};\mathbf{y};\mathbf{t})$ e $\mathbf{v}_y(\mathbf{x};\mathbf{y};\mathbf{t})$. L'approccio lagrangiano, nel campo dello studio del trasporto pubblico in ambito urbano, è computazionalmente molto oneroso, ma tuttavia sempre più applicato, grazie alla diffusione di codici di calcolo commerciali come i micro-simulatori, ed allo sviluppo del settore ITS in generale. L'approccio euleriano, riducendosi alla determinazione di distribuzioni di velocità intorno a valori medi, è quello tradizionalmente adottato dall'ingegneria dei

trasporti classica per la previsione della velocità commerciale, essendo di più facile ed immediata applicazione.

In particolare I metodi per la stima della velocità commerciale degli autobus urbani secondo l'approccio euleriano possono essere di tipo analitico, ovvero basati su funzioni che modellano le varie operazioni svolte dei mezzi e dei passeggeri, o di tipo empirico, cioè basati sull'interpolazione di parametri rilevati sul campo. La maggior parte dei metodi analitici di approccio euleriano si basa sulle equazioni caratteristiche per il moto dei mezzi di trasporto pubblico, proposte da Vukan Vuchic, tra questi si citano i modelli sviluppati da Gibbson (1989) e Saka (2001). Tuttavia di questi sono noti solo i risultati delle applicazioni, ma non sono disponibili descrizioni dettagliate. Anche il metodo proposto nell'ambito di questa ricerca si fonda sulle equazioni di Vuchic, per cui si rimanda al capitolo successivo per la loro descrizione.

Il metodo empirico di approccio euleriano più diffuso è quello proposto da Kevin St.Jacques e Herbert S. Levinson basato su rilievi effettuati in varie aree urbane degli Stati Uniti d'America, la cui applicazione viene descritta e raccomandata dall' Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000) e dal Transit Capacity and Quality of Service Manual 2003 (TCQSM 2003). Tale metodo si fonda su un ipotesi di analogia tra i siti oggetto di studio, nei quali sono stati operati i rilievi dei tempi di percorrenza, ed il sito in cui il metodo stesso dovrà essere applicato. Ne consegue che tale metodo fornisce risultati tanto più accurati tanto meno il sito di applicazione si discosta per caratteristiche dai siti studiati in origine, e quindi non dovrebbe essere applicato in realtà diverse dal Nord America. Tuttavia il fatto che non necessiti della stima di parametri dinamici, come accelerazioni e velocità medie, lo rende di immediata applicabilità e ne ha determinato il successo. Ricerche condotte dal Dipartimento di Ingegneria di Trasporti dell'Università di Palermo hanno messo in luce una tendenza di questo metodo alla netta sovrastima della velocità commerciale.

CAPITOLO 2

Stima della velocità commerciale e della velocità origine-destinazione

2.1 Definizioni preliminari

Si definisce velocità di running il rapporto tra la distanza \mathbf{D} tra due fermate consecutive ed il tempo che il mezzo impiega per transitare dall'una all'altra, detto tempo di running \mathbf{t}_r . La definizione matematica della velocità di transito è la seguente:

$$v_r = \frac{D}{t_r} \quad (\text{Vuchic 2007}) \quad [\text{eq.-2.1}]$$

Dove:

- \mathbf{D} è la distanza tra due fermate consecutive;
- \mathbf{t}_r è il tempo di running;

La velocità commerciale è definita come rapporto tra la distanza \mathbf{s} tra due punti, somma n tratti tra fermate lunghi \mathbf{D}_i e il tempo totale che un mezzo di trasporto impiega per svolgere il servizio tra gli stessi punti. Il tempo totale include la somma dei tempi di running $\Sigma \mathbf{t}_r$ e la somma dei tempi di stazionamento $\Sigma \mathbf{t}_s$ per le operazioni di imbarco e sbarco presso ogni fermata. La definizione matematica della velocità commerciale è la seguente:

$$v_c = \frac{\Sigma D_i}{\Sigma t_{ri} + \Sigma t_{si}} = \frac{s}{t_c} \quad (\text{Vuchic 2007}) \quad [\text{eq.-2.2}]$$

Dove:

- **s** è la distanza totale percorsa;
- **Σt_{ri}** è la somma dei tempi di running;
- **Σt_{si}** è la somma dei tempi di stazionamento.
- **t_c** è il tempo di percorrenza “commerciale”.

La velocità origine destinazione è definita come rapporto tra la distanza **S-OD**, tra il punto d’origine dello spostamento dell’utente e la sua destinazione finale ed il tempo totale che l’utente impiega per spostarsi tra questi punti. Il tempo totale include il tempo di accesso alla fermata **t_{Of}**, il tempo di attesa del mezzo presso la fermata **t_a**, il tempo di stazionamento **t_s**, di transito **t_t** ed il tempo di accesso alla destinazione finale dalla fermata **t_{fD}**. La definizione matematica della velocità origine-destinazione è la seguente:

$$v_{OD} = \frac{s_{Of} + \Sigma D_i + s_{fD}}{t_{Of} + t_a + \Sigma t_{ri} + \Sigma t_{si} + t_{fD}} = \frac{s_{OD}}{t_{OD}} \quad (\text{Vuchic 2007}) \quad [\text{eq.-2.3}]$$

Dove:

- **s_{Of}** è la distanza tra l’origine dello spostamento e la fermata d’ingresso;

- S_{fD} è la distanza tra la fermata d'uscita e la destinazione;
- ΣD_i è la distanza percorsa a bordo del mezzo, somma di n tratti tra fermate lunghi S_i ;
- Σt_{ri} è la somma dei tempi di running;
- Σt_{si} è la somma dei tempi di stazionamento;
- t_{Of} è il tempo di accesso alla fermata
- t_a è il tempo di attesa dell'utente alla fermata
- t_{fD} è il tempo di accesso alla destinazione finale della fermata
- S_{OD} è la distanza tra il punto di origine dello spostamento dell'utente e la sua destinazione finale;
- t_{OD} è il tempo di percorrenza totale tra origine e destinazione;

2.2 Equazioni caratteristiche del moto per autobus urbani

Le equazioni caratteristiche del moto dei mezzi di trasporto pubblico, proposte da Vukan Vuchic (Vuchic 2007), legano il tempo di percorrenza “commerciale” t_c alla distanza tra D fermate consecutive, schematizzando il moto del mezzo nel piano cartesiano tempo-velocità, secondo una linea spezzata con quattro tipologie di tratti rettilinei:

- primo tratto con moto uniformemente accelerato:

$$v(t) = a \cdot t,$$

$$s(t) = 0,5 \cdot a \cdot t^2, \text{ fino a } v(t^I) = v_{r0};$$

- secondo tratto con moto di velocità costante :

$$v(t) = v_{r0},$$

$$s(t) = 0,5 \cdot a \cdot t^I + v_{r0}(t) \cdot (t - t^I);$$

- terzo tratto con moto uniformemente decelerato:

$$v(t) = v_{r0} - b(t - t^{\text{II}}),$$

$$s(t) = 0,5 \cdot a \cdot t^{\text{I}^2} + v_{r0} \cdot (t^{\text{II}} - t^{\text{I}}) + 0,5 \cdot b \cdot t^2;$$

- quarto tratto a velocità nulla:

$$v(t) = 0,$$

$$s(t) = 0,5 \cdot a \cdot t^2 + v_{r0} \cdot (t^{\text{II}} - t^{\text{I}}) + 0,5 \cdot b \cdot t^{\text{III}^2} + 0 \cdot (t - t^{\text{III}}).$$

Possono quindi verificarsi due casi:

1. La distanza tra due fermate consecutive consente il raggiungimento di \mathbf{V}_{r0} con le accelerazioni \mathbf{a} e \mathbf{b} fissate, quindi con l'effettiva presenza di un tratto a velocità costante.
2. La distanza tra due fermate consecutive non consente il raggiungimento della \mathbf{V}_{r0} , per cui al tratto di moto uniformemente accelerato, segue un tratto di moto uniformemente decelerato, senza presenza di un tratto a velocità costante.

Di seguito si riportano le equazioni di Vuchic, per il calcolo della velocità commerciale nei casi descritti:

$$\text{Caso 1: } D \geq 0,5 \cdot v_{r0}^2 \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$$

$$v_c = D / \left((0,5 \cdot v_{r0}) \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) + \frac{D}{v_{r0}} + t_s \right) \text{ (Vuchic-2007) [eq.-2.4]}$$

Caso 2: $D < 0,5 \cdot (v_{r0})^2 \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)$

$$v_c = D / \left(\sqrt{\frac{2 \cdot (a+b) \cdot D}{a \cdot b}} + t_s \right) \text{ (Vuchic-2007) [eq.-2.5]}$$

Dove :

- v_c è la velocità commerciale;
- D è la distanza tra le fermate consecutive;
- a e b sono le accelerazioni medie rispettivamente in fase di accelerazione e frenata (valori compresi tra 0,7 e 0,9 [m/s²] (Vuchic-2007));
- v_{r0} è la velocità media che il veicolo mantiene nell'ipotesi che non compia fermate;
- t_s è il tempo di stazionamento.

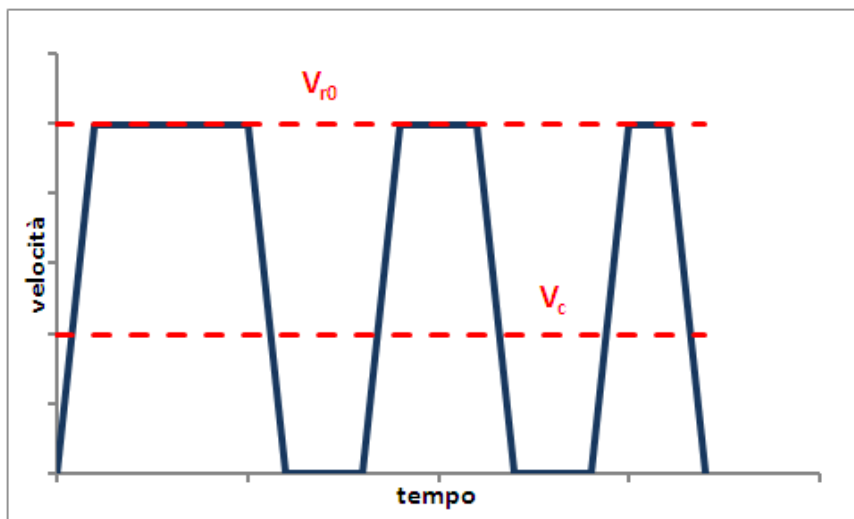


Figura 2.1 – Curve velocità – tempo caso 1

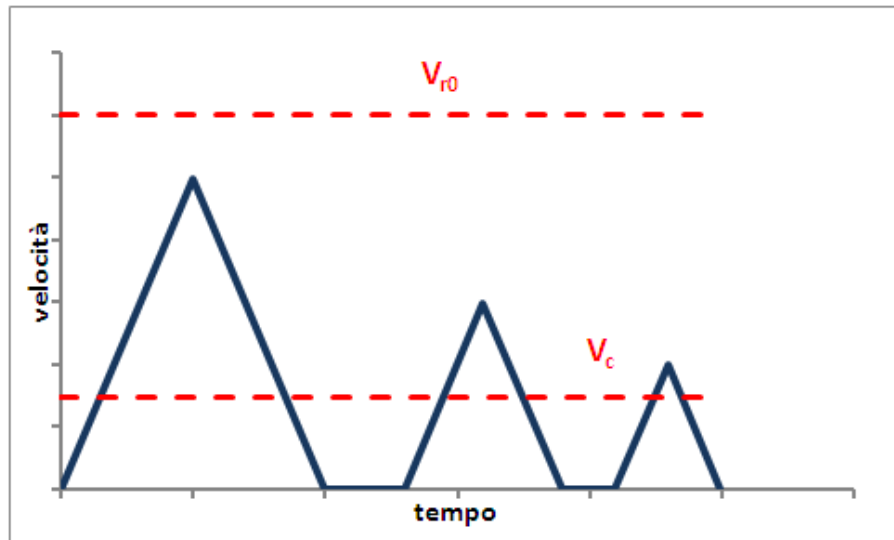


Figura 2.2 – Curve velocità – tempo caso 2

Sia l'accelerazione media \mathbf{a} che la decelerazione media \mathbf{b} per gli autobus urbani, sono generalmente comprese tra $0,7$ e $0,9 \text{ m/s}^2$, ed il valore suggerito nelle applicazioni è per entrambe pari a $0,8 \text{ m/s}^2$ (Vuchic-2007). Il parametro \mathbf{V}_{r0} va opportunamente scelto al fine di ottenere una stima della velocità commerciale \mathbf{V}_c il più possibile vicina a quella effettivamente raggiunta. \mathbf{V}_{r0} è pari alla velocità media del flusso di traffico sia nel caso di sede mista che nel caso di sede riservata, dal quale l'autobus di tanto in tanto si distacca e si ricongiunge per effettuare le fermate.

Sviluppando le equazioni sopra riportate per \mathbf{t}_r pari a 0, per vari valori della \mathbf{V}_{r0} e per valori crescenti del numero di fermate per chilometro (frequenza di fermata) \mathbf{f}_f sono state ricavate le curve di “degrado” della velocità di running media in funzione di \mathbf{V}_{r0} ed \mathbf{f}_f .

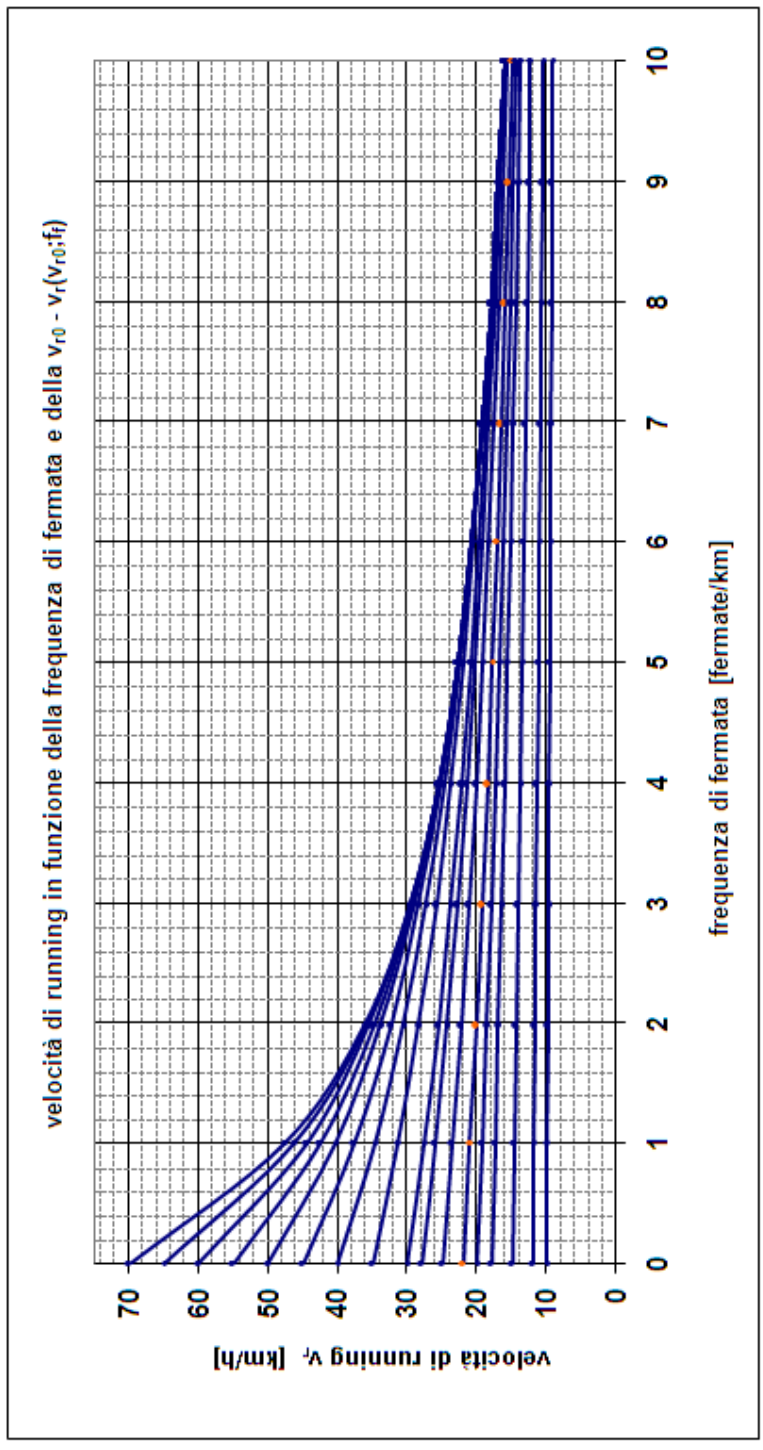


Figura 2.3 – Relazione tra velocità di running media in funzione di v_{r0} ed f

2.3 Stima del tempo di stazionamento

Per la stima della velocità commerciale è necessario stimare il tempo di stazionamento t_s . Si fa riferimento alla trattazione fornita dall' "Highway Capacity Manual-2000" e dal "Transit Capacity and Quality of Service Manual -2002" per i quali :

$$t_s = t_{ac} + t_{tr} + t_{trh} + t_{rt} \quad [\text{eq-2.6}]$$

Dove :

- t_{ac} è la somma del tempo di apertura e chiusura delle porte da intendersi come il tempo che intercorre tra l'arresto del mezzo e la completa apertura delle porte ipotizzato più il tempo tra la salita o discesa dell'ultimo passeggero e la chiusura completa delle porte.
- t_{tr} è il tempo di trasbordo dei passeggeri
- t_{trh} è il tempo necessario al trasbordo dei un passeggeri con disabilità motorie
- t_{rt} è il tempo medio di rientro del veicolo fermo nel flusso di traffico o il tempo di ripartenza in caso di transito su corsie riservate.

2.3.1 Stima dei tempi di trasbordo

I tempi di salita e discesa del singolo passeggero sono in generale diversi tra loro. Essi dipendono dalle condizioni di acquisto e convalida del titolo di viaggio e dalle modalità di accesso ed egresso dal veicolo. Relativamente all'acquisto, esso può avvenire o prima di accedere al veicolo o sul stesso, sia in ingresso che in uscita. Per quanto riguarda la validazione, essa può essere effettuata o all'atto

dell'accesso o a veicolo in movimento. Nell'ambito dello stesso sistema può avvenire che anche più modalità di acquisto e validazione dei titoli di viaggio siano compresenti. Inoltre le operazioni di salita e discesa possono avvenire da qualsiasi porta o da porte riservate. In ogni caso il tempo di trasbordo è legato al maggiore tra i tempi di servizio delle varie porte.

La letteratura tecnica, soprattutto Highway Capacity Manual (HCM-2000) e Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM-2002) editi dal Transportation Research Board (TRB), propongono vari valori per i tempi di servizio in salita ed in discesa per singolo utente in base alle varie modalità di acquisto e validazione del titolo di viaggio, e dal numero di porte sul mezzo. Tali valori sono riportati nelle tabelle 2.1 e 2.2

NUMERO PORTE	TEMPO DI SERVIZIO PER PASSEGGERO [s/pas.]		
	ingresso*	uscita porte anteriori	uscita porte posteriori
1	2,5	3,3	2,1
2	1,5	1,8	1,2
3	1,1	1,5	0,9
4	0,9	1,1	0,7
6	0,6	0,7	0,5
*Senza acquisto o convalida del titolo di viaggio all'atto della salita o della discesa			
Aumentare i tempi d'ingresso del 20% se sono presenti passeggeri in piedi. Per gli autobus a pianale ribassato ridurre i tempi d'ingresso del 20%, i tempi d'uscita dalle porte posteriori del 15% ed i tempi di discesa da dalle porte anteriori del 25%			

Tab. 2.1 – Valori tempo di servizio per passeggero in funzione del numero di porte – Fonte HCM-TCQSM

MODALITA' DI PAGAMENTO	TEMPO DI SERVIZIO PER PASSEGGERO ATTRAVERSO LA SINGOLA PORTA [s/pas.]	
	INTERVALLO DI VARIAZIONE	MEDIA SUGGERITA
INGRESSO		
con pre-pagamento	2,5 - 2,75	2,5
con emissione del biglietto	3,4 - 3,6	3,5
con emissione del biglietto e restituzione del resto	3,6 - 4,3	4
con uso di swipe-card o dip-card	4,2	4,2
con uso di smart-card	3,0 - 3,7	3,5
USCITA		
porte anteriori	2,6 - 3,7	3,3
porte posteriori	1,4 - 2,7	2,1
Aumentare i tempi d'ingresso di 0,5s se sono presenti passeggeri in piedi. Per gli autobus a pianale ribassato ridurre i tempi d'ingresso del 20%, i tempi d'uscita di 0,5s		

Tab. 2.2. - Valori del tempo di servizio per passeggero in funzione delle modalità di acquisto e convalida del titolo di viaggio – Fonte HCM-TCQSM

Secondo quanto riportato nelle tabelle , nel caso di titolo di viaggio pre-pagato con convalida a veicolo in moto, come avviene nella maggior parte dei casi in Italia, il tempo di ingresso per passeggero risulta praticamente pari alla media dei tempi d'uscita .

Nell'ambito di questa ricerca, volendo fornire un'espressione matematica di validità generale per la stima dei tempi di trasbordo, sono state sviluppate tenendo in considerazione sia dalle indicazioni dell'HCM-2000 e del TCQSM-2002, che i risultati di indagini svolte sul campo si propongono le seguenti equazioni.

Caso 1 : assenza di percorsi riservati all'entrata ed all'uscita

$$t_{tr} = \max \left\{ t_{trp-i} \cdot P_i + t_{trp-u} \cdot P_u ; n_{ph} \cdot (P_i \cdot t_{trp-ih} + P_u \cdot t_{trp-uh}) \right\} + t_f$$

[eq-2.7]

Caso 2 di presenza di percorsi separati si ha :

$$t_{tr} = \max \left\{ t_{trp-i} \cdot P_i ; t_{trp-u} \cdot P_u ; n_{ph} \cdot (P_i \cdot t_{trp-ih} + P_u \cdot t_{trp-uh}) \right\} + t_f$$

[eq-2.8]

Dove :

- t_{tr} è il tempo dei trasbordo
- t_{trp-i} e t_{trp-u} , sono i tempi di trasbordo per singolo passeggero in ingresso ed in uscita dal mezzo
- P_i e P_u sono i passeggeri rispettivamente in ingresso ed in uscita
- n_{ph} è la frazione di utenza con disabilità motorie
- t_{trp-ih} e t_{trp-uh} sono i tempi di trasbordo per singolo passeggero con disabilità motorie in ingresso ed uscita dal mezzo
- t_f è un franco temporale pari a circa 5 secondi

I tempi di trasbordo per il singolo passeggero in ingresso ed in uscita possono ricavarsi con le seguenti equazioni :

$$t_{trp-i} = \frac{t_i + t_{di} \cdot C_{oc}^{ki}}{N_{pi}^{ji}} \quad [\text{eq-2.9}]$$

$$t_{trp-u} = \frac{t_u + t_{au} \cdot C_{oc}^{ku}}{N_{pu}^{ju}} \quad [\text{eq-2.10}]$$

Dove :

- P_i e P_u sono il numero di passeggeri in ingresso ed in uscita
- t_i e t_u sono i tempi medi per il varco della porta in ingresso ed in uscita i quali tendono ad assumere valori coincidenti
- N_{pi} e N_{pu} sono il numero di porte riservate all'ingresso ed all'uscita
- t_{di} è il tempo per il disimpegno della porta d'ingresso nelle condizioni di massima occupazione del mezzo pari a circa 2 secondi
- t_{au} è il tempo necessario per l'avvicinamento alla porta d'uscita nelle condizioni di massima occupazione del mezzo pari a circa 2 secondi
- C_{oc} è il coefficiente di occupazione del mezzo
- k_i e k_u sono coefficienti con valore compresi tra 2 e 3 funzione dell'allestimento interno dell'autobus
- j_i e j_u sono coefficienti con valore tanto più vicino all'unità, quanto più è uniforme la distribuzione degli utenti tra le porte

Dato che nel caso di pre-pagamento del titolo di viaggio, i tempi d'ingresso e d'uscita per passeggero hanno valori molto simili, le espressioni sopra riportate tendono praticamente a coincidere nel caso di assenza di percorsi riservati. Si ottiene così l'espressione semplificata :

$$t_{trp} = \frac{t_{i-u} + t_{d-a} \cdot C_{oc}^{k_{iu}}}{N_p^{j_{iu}}} \quad [\text{eq-2.11}]$$

Per quanto riguarda i tempi di trasbordo dei passeggeri con disabilità motorie, non è possibile fornire un'espressione matematica che ne possa dare una stima data l'eterogeneità delle possibili condizioni e livelli di handicap, tuttavia sia l'HCM-2000 che il TCQSM-2002 suggeriscono l'adozione di valori medi compresi tra 30 e 60 secondi.

Nell'ambito di questa ricerca sono stati svolti numerosi rilievi relativamente all'area urbana di Palermo, per validare e calibrare le espressioni sviluppate per la stima dei tempi di trasbordo. In particolare nelle figure 2.4 e 2.5 sono riportati i valori del tempo di trasbordo in funzione del volume di passeggeri trasbordati, nelle condizioni di mancato rispetto dei percorsi riservati stabiliti per ingresso e l'uscita. Dall'analisi delle rette d'interpolazione si ricava un tempo franco t_f pari in media a 5 secondi, un valore di t_{i-u} pari a circa 1,7 secondi, ed un valore di j_{iu} pari all'unità. Viene anche riscontrata una deviazione standard dal tempo di trasbordo previsto di 2,1 secondi. Data l'assenza di osservazioni con coefficienti d'occupazione C_{oc} elevati, non è stato possibile stimare il coefficiente k_{iu} , che si assume pari a 2. Si ottiene in fine la seguente equazione.

$$t_{tr} = \frac{1,7 + 2 \cdot C_{oc}^2}{N_p} \cdot (P_i + P_u) + 5 \text{ [s]} \quad [\text{eq-2.12}]$$

$$dev.st(t_{tr}) = \pm 2,5 \text{ [s]} \quad [\text{eq-2.13}]$$

Volendo assumere i parametri dedotti dall'HCM-2000 e dal TCQSM-2002 l'equazione sarebbe invece :

$$t_{tr} = \frac{2,5 + 2 \cdot C_{oc}^2}{N_p^{0,8}} \cdot (P_i + P_u) [s] \quad [\text{eq-2.14}]$$

Essa stabilendo una proporzionalità diretta tra tempi di trasbordo ed i passeggeri trasbordati, fornisce stime inaccurate per volumi di passeggeri inferiori alle 10 unità.

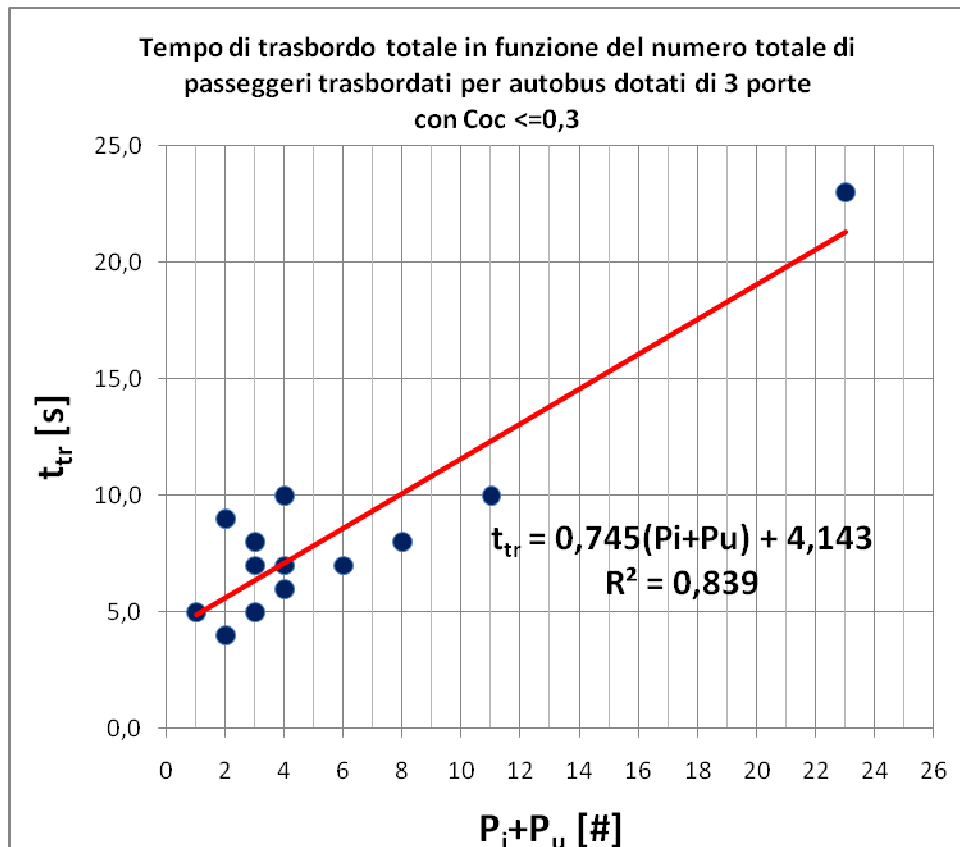


Fig 2.4 - Relazione tra il tempo di trasbordo totale ed il numero totale di passeggeri trasbordati per fermata per autobus dotati di 3 porte

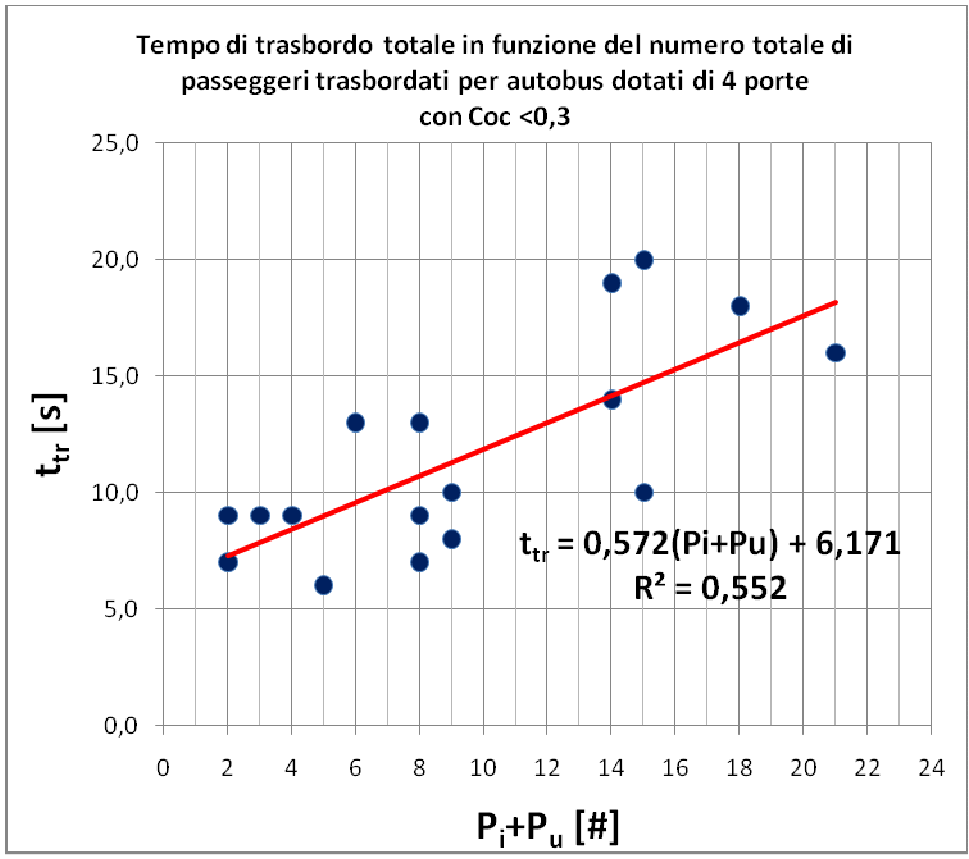


Fig 2.5 - Relazione tra il tempo di trasbordo totale ed il numero totale di passeggeri trasbordati per fermata per autobus dotati di 4 porte

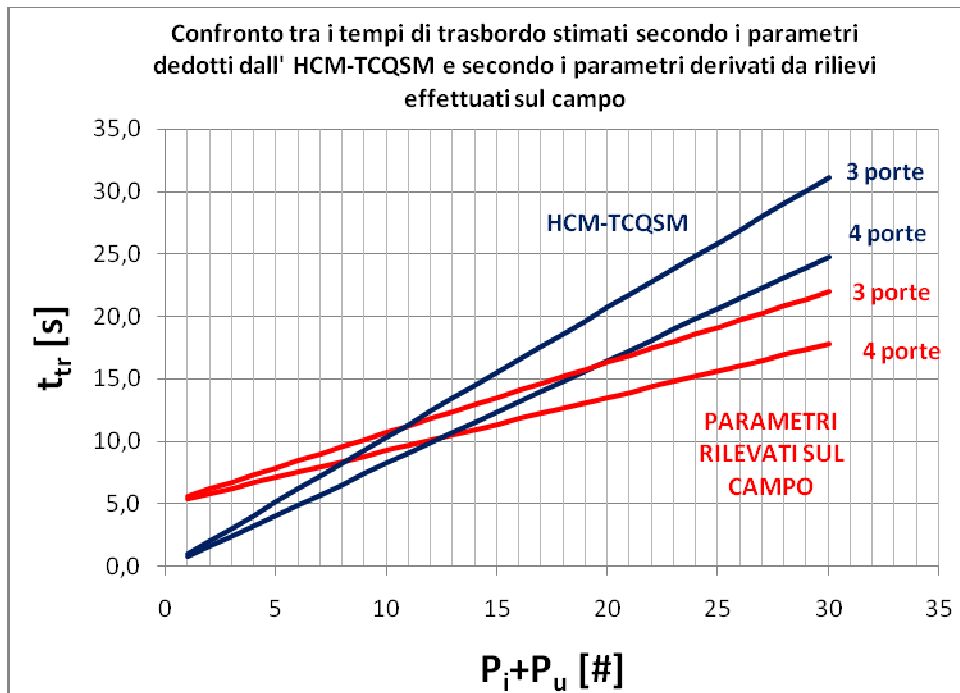


Fig. 2.6 – Confronto tra le funzioni per la stima dei tempi di trasbordo secondo i parametri derivati dall’HCM-2000 e dal TCQSM-2002 e secondo i parametri dedotti da rilievi effettuati sul campo

2.3.2 Stima del volume di passeggeri trasbordati

Il volume di passeggeri sia in salita che in discesa da un autobus di una determinata linea presso una data fermata, è funzione delle attrattive presenti al suo intorno, del tempo che intercorre tra il passaggio di due autobus della stessa linea e della distanza tra fermate. Il tempo medio d’attesa dell’utente presso la fermata, si assume pari alla metà di tale tempo.

Il tempo medio d’attesa alla fermata t_a risulta quindi pari a :

$$t_a = \frac{D_b}{2 \cdot v_c} \quad (\text{Vuchic} - 2007) \text{ [eq.-2.15]}$$

Dove :

- t_a è il tempo d'attesa alla fermata
- D_b è la distanza tra due mezzi consecutivi in servizio sulla stessa linea
- v_c è la velocità commerciale

Da questa relazione viene dedotta la seguente espressione per la stima dei passeggeri in salita o in discesa presso una fermata, noti i flussi di passeggeri in salita e discesa, lungo un dato tronco di linea.

$$P_i = \frac{Q_i \cdot D \cdot D_b}{v_c} \quad (\text{Tyler} - 2002) \text{ [eq.-2.16]}$$

$$P_u = \frac{Q_u \cdot D \cdot D_b}{v_c} \quad (\text{Tyler} - 2002) \text{ [eq.-2.17]}$$

Dove :

- P_i, P_u sono il numero medio di passeggeri rispettivamente in salita e in discesa presso una fermata
- Q_i e Q_u sono i flussi di passeggeri espressi in [Passeggeri / Km / h]

Se non si conosce il numero di passeggeri a bordo del mezzo , nell'ipotesi di un omogenea distribuzione degli utenti lungo il tratto studiato si può impiegare la seguente espressione, considerando una tendenza al bilancio sui lunghi tratti tra il numero dei passeggeri in ingresso ed in uscita dal mezzo :

$$P \cong \left(\frac{(Q_i + Q_u) \cdot 0,5 \cdot D_b}{v_c} \right) \cdot s_u \text{ [eq-2.18]}$$

Dove :

- s_u è la lunghezza del tratto che l'utente medio del servizio percorre a bordo del mezzo. In mancanza ricerche specifiche può essere assunta pari ad un quarto dello sviluppo dell'intera linea.

Per molte applicazioni se non si conosce a priori la velocità commerciale v_c e possibile sostituirla con la v_r moltiplicata per un coefficiente k_c minore di uno. Si suggeriscono valori di k_c vicini a 0,8.

Il coefficiente di occupazione del mezzo può essere in fine calcolato come rapporto tra il numero di passeggeri presenti a bordo e la capacità massima del mezzo.

$$C_{oc} = \frac{P}{C_{max}} \text{ [eq.-2.19]}$$

2.3.3 Stima del tempo di rientro-ripartenza

Per quanto riguarda la stima del tempo di rientro e di ripartenza, osservazioni svolte sul campo suggeriscono una semplice relazione tra t_{rt} e le condizioni di traffico che determinano la v_{r0} , valida sia in caso di circolazione nel traffico misto, che di transito su sede riservata :

$$t_{rt} = \frac{15}{1 + 0,1 \cdot v_{r0}} \text{ [eq.-2.20]}$$

Dove v_{r0} è espressa in Km/h e t_{rt} in secondi.

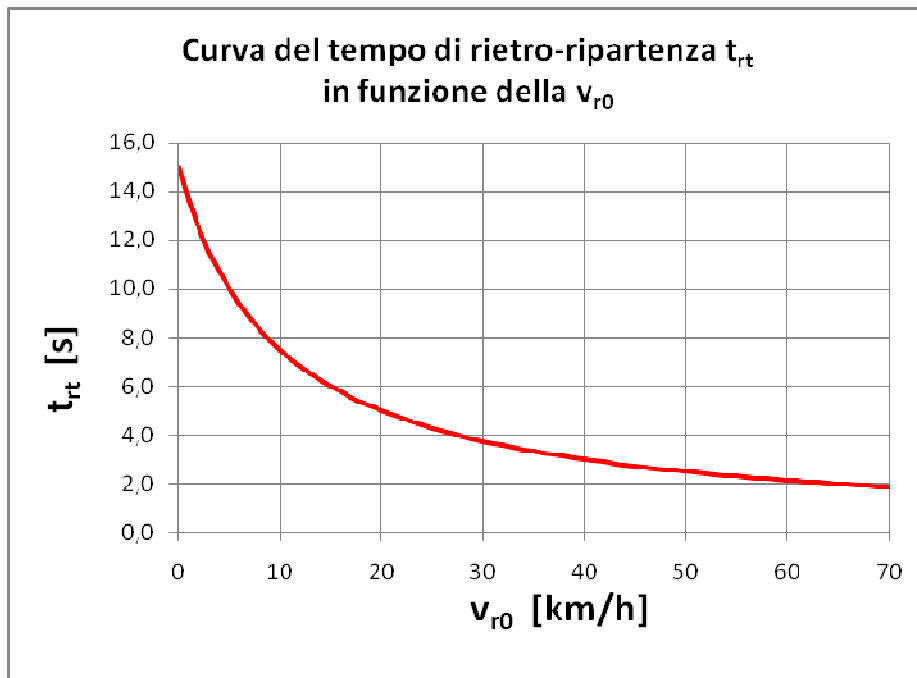


Fig 2.7 – Curva del tempo di rietro-ripartenza t_{rt} in funzione della v_{r0}

2.4 determinazione delle curve velocità-commerciale in funzione della distanza tra fermate $v_c(D)$

Per ottenere dalle equazioni finora introdotte un espressione del tipo :

$$v_c = f(D; v_{r0}; a; b; D_b; Q_i; Q_u; s_u; n_{ph}; t_{trh}; N_{pi}; N_{pu}; t_i; t_u; t_{di}; t_{au}; k_i; k_u; j_i; j_u)$$

[eq-2.22]

si definiscono le seguenti costanti :

$$k_1 = \frac{t_{ac} + t_f + t_{rt}}{3600} \quad [\text{eq.2.22}]$$

$$k_2 = \frac{D_b}{3600} \cdot \left\langle \sum_i^u \text{oppure} \max : \left[\left(\left(\frac{t_i + t_{di} C_{oc}^{ki}}{N_{pi}^{ji}} + n_{ph} \cdot t_{trph-i} \right) \cdot Q_i ; \left(\left(\frac{t_u + t_{au} C_{oc}^{ku}}{N_{pu}^{ju}} + n_{ph} \cdot t_{trph-u} \right) \cdot Q_u \right) \right) \right] \right\rangle$$

[eq-2.24]

$$k_3 = k_1 + \frac{1}{3600} \left\langle \sum_i^u \text{oppure} \max \left[\left(\frac{t_i C_{\max} + t_{di}}{N_{pi}^{ji}} + C_{\max} n_{ph} t_{trph-i} ; \left(\frac{t_u C_{\max} + t_{au}}{N_{pu}^{ju}} + C_{\max} n_{ph} t_{trph-u} \right) \right) \right] \right\rangle$$

[eq-2.25]

Da queste si ottengono le seguenti relazioni che legano la velocità commerciale \mathbf{V}_c alla velocità di running \mathbf{V}_r in base al raggiungimento della capacità massima del veicolo.

$$\text{Caso 1: } P_i + P_u \leq 2 \cdot C_{\max}$$

$$v_{c1} = \frac{1}{(D/v_r) + k_1} \cdot D \cdot (1 - k_2) \quad [\text{eq.2.26}]$$

Secondo questa equazione si ha che :

$$\lim_{D \rightarrow \infty} v_{c1}(D) = v_{r0} \cdot (1 - k_2) \quad [\text{eq.2.27}]$$

$$\text{Caso 2: } P_i + P_u \geq 2 \cdot C_{\max}$$

$$v_{c2} = \frac{v_r}{D + k_4 v_r} \cdot D \quad [\text{eq.2.28}]$$

Si ha che :

$$\lim_{D \rightarrow \infty} v_{c2}(D) = \lim_{D \rightarrow \infty} v_r(D) = v_{r0}$$

In fine la curva $v_c(\mathbf{D})$ reale è espressa dall'equazione :

$$v_c(D) = \max \left(v_{c1}(D) ; v_{c2}(D) \right) \text{ [eq.-2.29]}$$

Con :

$$\lim_{D \rightarrow \infty} v_c(D) = \lim_{D \rightarrow \infty} v_r(D) = v_{r0}$$

Il procedimento descritto risulta di facile applicazione con l'ausilio di un foglio elettronico. Si ricavano in fine curve del tipo mostrato nella figura 2.8

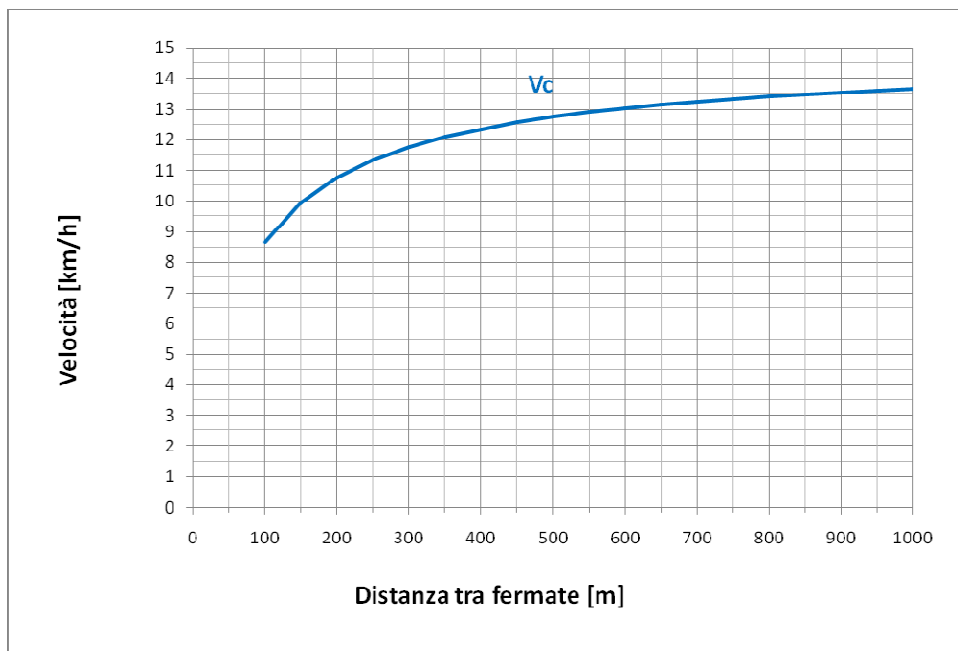


Figura 2.8 – Andamento tipico della curva $Vc(\mathbf{D})$

2.5 determinazione delle curve velocità origine-destinazione in funzione della distanza tra fermate $v_{OD}(D)$

Pervenuti ad un'espressione per la velocità commerciale di una linea, è possibile stimare la velocità origine-destinazione mediante le seguenti altre considerazioni. Considerando la griglia costituita dai tracciati delle varie linee, si ha la suddivisione del tessuto urbano in "macro isolati" o "maglie"; per cui il tempo medio necessario per giungere dall'origine dello spostamento alla fermata e viceversa dalla fermata alla destinazione dello spostamento può essere schematizzata come la somma del tempo d'accesso o recesso fino al tracciato della linea t_{OI} o t_{ID} e del tempo d'accesso o recesso alla fermata t_{ifi} e t_{ful} (Tyler – 2002).

$$t_{O-fi} = t_{OI} + t_{ifi} \quad (\text{Tyler} - 2002) \text{ [eq.-2.30]}$$

$$t_{fu-D} = t_{ful} + t_{ID} \quad (\text{Tyler} - 2002) \text{ [eq.-2.31]}$$

Dove :

- t_{O-fi} e t_{fu-D} sono rispettivamente il tempo di accesso alla fermata d'ingresso (relativo al percorso origine-fermata) ed il tempo di recesso dalla fermata d'uscita (percorso fermata-destinazione)
- t_{OI} e t_{ID} sono rispettivamente il tempo di accesso al percorso della linea (relativo al percorso origine-tracciato linea) ed il tempo di recesso dal tracciato della linea (percorso tracciato linea-destinazione)
- t_{ifi} e t_{ful} sono rispettivamente il tempo di accesso alla fermata d'ingresso lungo il tracciato della linea (percorso tracciato linea-fermata d'ingresso) ed il tempo di recesso dalla fermata di uscita lungo il tracciato della linea (percorso tracciato linea-destinazione)

Il tempo medio di accesso alla fermata è stimabile secondo la semplice relazione:

$$t_{lfi} = t_{ful} = \frac{D}{4v_p} \quad (\text{Vuchic} - 2007) \text{ [eq.-2.32]}$$

Il tempo medio di accesso al percorso della linea è stimabile come :

$$t_{Ol} = t_{lD} = \frac{D_l}{v_p} \quad (\text{Tyler-2002}) \text{ [eq.-2.33]}$$

Dove:

- v_p è la velocità media dei pedoni
- D_l è la distanza media di accesso al percorso della linea.

Si può pervenire ad una stima di D_l calcolando il rapporto tra l'area servita dal sistema di trasporto e la lunghezza totale della rete nella stessa area.

$$D_l = \frac{A_l}{L_l} \quad \text{[eq.- 2.34]}$$

Dove :

- A_l è la superficie dell'area di studio
- L_l è lo sviluppo totale della rete nell'area di studio A_l

Si ottiene quindi la seguente equazione per il tempo di percorrenza origine-destinazione t_{OD} per lo spostamento multimodale, pedonale e su autobus.

$$t_{OD} = \frac{2}{v_p} \cdot \left(D_l + \frac{D}{4} \right) + t_a + t_c \quad [\text{eq.-2.35}]$$

Dove :

- t_{OD} è il tempo di percorrenza dello spostamento origine-destinazione
- t_a è il tempo di attesa medio alla fermata, introdotto al capitolo precedente.
- t_c è il tempo “commerciale” speso dall’utente a bordo del veicolo S
- v_p è la velocità pedonale media

S_{OD} è pari a:

$$S_{OD} = 2 \cdot \left(D_l + \frac{D}{4} \right) + S \quad [\text{eq.-2.36}]$$

Dove :

- S_{OD} è lo spostamento medio tra origine e destinazione comprendente due tratti percorsi a piedi tra origine e fermata e tra fermata e destinazione, più lo spostamento effettuato a bordo dell’autobus
- D è la distanza tra fermate consecutive
- t_a è il tempo medio d’attesa alla fermata
- S è il tratto percorso a bordo dell’autobus

Attraverso il modello matematico descritto, fissato uno spostamento S_{OD} si ricava la curva $S_{OD}(D)$. Nella figura 3.1 si riporta una tipica curva $S_{OD}(D)$ unitamente alla curva $v_c(D)$ da cui essa deriva.

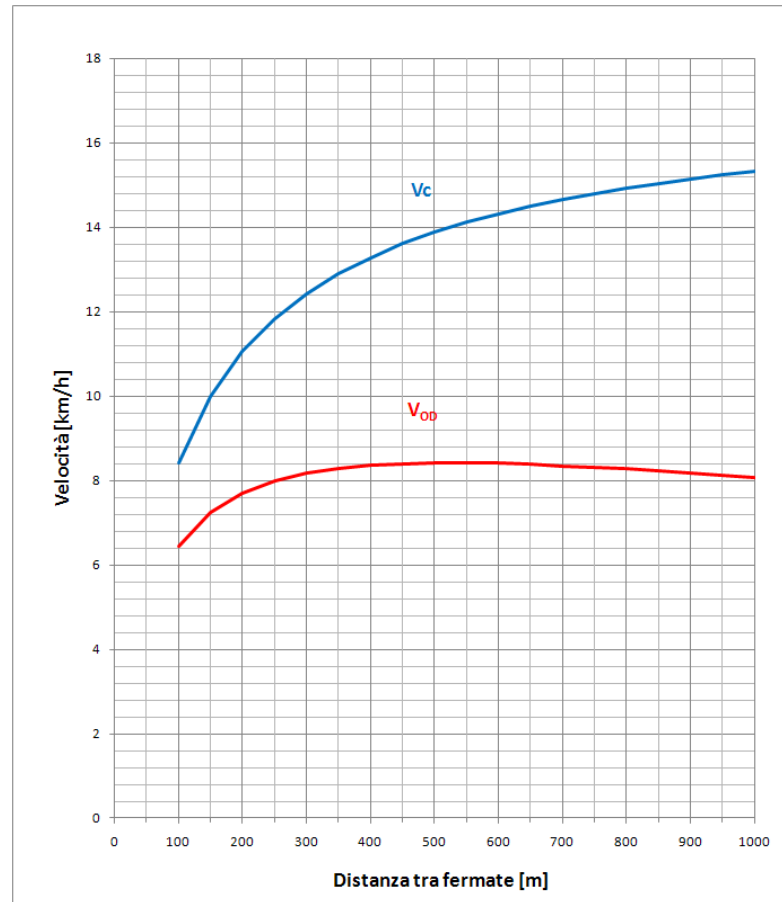


Figura 2.9 – Andamento tipico delle curve $V_{OD}(D)$ e $V_c(D)$

Come si evince dalla figura 3.1 le curve $S_{OD}(D)$ sono meno sensibili alle variazioni della distanza tra fermate D rispetto alle curve $v_c(D)$. Ovviamente come dimostra l'eq. 2.3 a parità di velocità commerciale v_c , la velocità origine-destinazione V_{OD} cresce al crescere dello spostamento medio S_{OD} fino a con-

vergere al valore della V_c corrispondente. In ambiente urbano, lo spostamento medio S_{OD} , relativo ad una linea fissata al più, in ogni caso non può eccedere lo spostamento massimo effettuabile mediante la linea stessa, in genere pari alla metà del percorso totale, se non di 1 o 2 km. Questa condizione determina tempi di accesso e di attesa presso le fermate complessivamente nello stesso ordine di grandezza del tempo speso sul mezzo, e quindi una differenza non trascurabile tra le due velocità.

2.6 Stima della deviazione standard della distribuzione della velocità commerciale v_c e della velocità origine-destinazione v_{OD}

Come già accennato al paragrafo 1.3, i fenomeni legati al trasporto urbano sono caratterizzati da oscillazioni dei valori dei parametri caratteristici non trascurabili. Per cui la descrizione di tali fenomeni non dovrebbe esaurirsi nel fornire solo i valori medi dei parametri di riferimento ma anche le deviazioni standard, e se possibile anche informazioni sul tipo di distribuzione attesa (es. normale, log-normale, gumbell etc.). Risulta infatti intuitivo, che fenomeni dello stesso tipo, (es. due linee autobus in due città diverse) caratterizzate dagli stessi valori medi dei parametri di riferimento (es. velocità commerciale V_c) possono essere in realtà non paragonabili per quel che riguarda la deviazione standard degli stessi (ovvero riguardo ad affidabilità del sistema).

Quindi allo scopo di ottenere dalle equazioni finora introdotte un'espressione del tipo :

$$dev.st(v_c) = f(v_c; \overline{dev.st}(D; v_{r0}; a; b; D_b; Q_i; Q_u; s_u; n_{ph}; t_{rh}; N_{pi}; N_{pu}; t_i; t_u; t_{di}; t_{au}; k_i; k_u; j_i; j_u))$$

[eq-2.37]

$$dev.st(v_{OD}) = f(v_{OD}; \overline{dev.st}(D; D_{al}; s_{OD}; v_c)) \quad [eq-2.38]$$

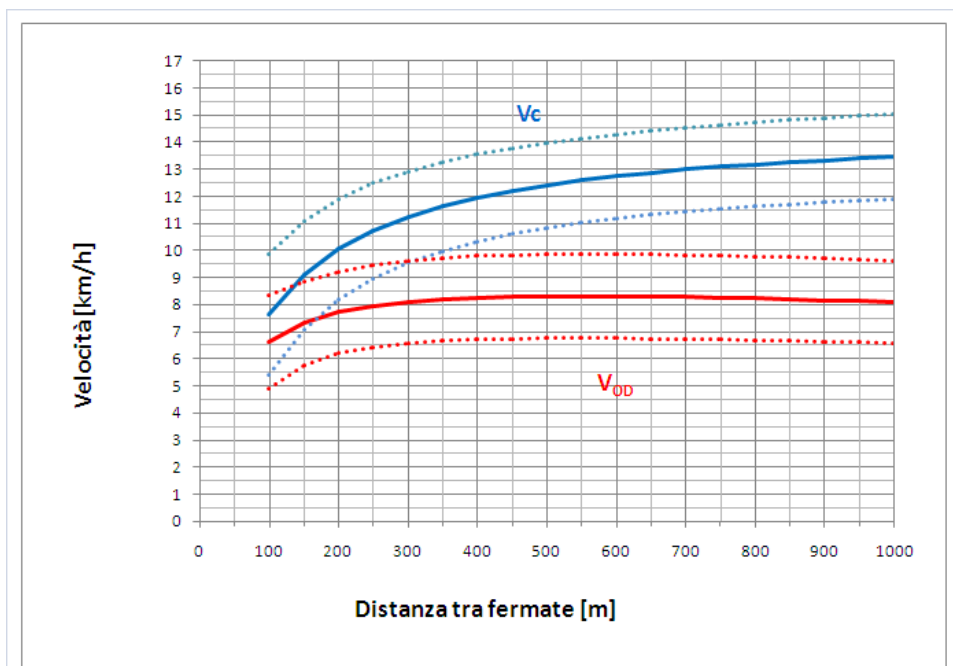
per le deviazioni standard della velocità commerciale V_c e della velocità origine destinazione V_{OD} si può applicare il corollario al “teorema delle combinazioni non lineari di variabili casuali” per il quale :

“Sia $Z=f(X_1;X_2;\dots;X_n)$ una funzione non lineare di n variabili casuali X_i , con valori attesi $E(X_i)$ e deviazioni standard $dev.st(X_i)$ allora :

$$dev.st(Z) \approx (f'_{X_1}(X_1;\dots;X_n))^2 dev.st(X_1)^2 + \dots + (f'_{X_n}(X_1;\dots;X_n))^2 dev.st(X_n)^2)^{0,5}$$

secondo lo sviluppo in serie di Taylor arrestato al 1° ordine”

Operando in questo modo le curve $v_c(D)$ e $v_{OD}(D)$ possono essere completate dalle curve $v_c(D) \pm dev.st v_c(D)$ e $v_{OD}(D) \pm dev.st v_{OD}(D)$ che indicano l’entità dell’oscillazione dei valori di tali velocità intorno ai valori medi.



**Figura 2.10 – Curve $v_{OD}(D)$ e $v_c(D)$ completate dalle curve :
 $v_c(D) \pm dev.st v_c(D)$ e $v_{OD}(D) \pm dev.st v_{OD}(D)$**

CAPITOLO 3

Descrizione di un metodo per la predizione della velocità di running lungo corsie riservate, basato sulle equazioni caratteristiche di Vuchic

3.1 Introduzione

In questo capitolo verrà illustrato un metodo per la stima della velocità di running media in assenza di fermate (\mathbf{V}_{r0}) su corsie riservate, da impiegare nelle equazioni caratteristiche del moto dei mezzi di trasporto pubblico proposte da Vuchic, allo scopo di rendere tale formulazione effettivamente applicabile allo studio di casi reali.

3.2 Concetti generali

Il concetto fondamentale contenuto nelle equazioni di Vuchic è quello del “degrado” che la velocità di running media in assenza di fermate (\mathbf{V}_{r0}) subisce per effetto della riduzione della distanza tra le fermate stesse, a causa dell’aumento dei tratti in regime di moto uniformemente accelerato e decelerato, che determinano una riduzione della velocità media.

Lo stesso concetto di “degrado” di una velocità di riferimento in condizioni ideali, può essere applicato per la stima della \mathbf{V}_{r0} . Ipotizzando un percorso rettilineo, infinitamente lungo, privo di intersezioni e di traffico, l’autobus procederebbe in regime di velocità costante. Tale velocità è da assumersi pari alla massima prevista dal codice della strada, ovvero 50 km/h nei centri urbani Italiani. Partendo da questa velocità ideale, denominata velocità obiettivo (\mathbf{V}_{obj}), in quanto è quella che si tende effettivamente a raggiungere se le condizioni lo permettono, è possibile ottenere la \mathbf{V}_{r0} attraverso il “degrado” causato dai rallentamenti e dalle

accelerazioni dovute al transito attraverso le intersezioni, ed agli stazionamenti presso le stesse, qualora siano impegnate da veicoli o pedoni in attraversamento o in caso di semafori rossi.

3.3 Corsie riservate: stima degli effetti dell'attraversamento delle intersezioni sulla velocità di transito

Come già accennato al paragrafo precedente, nell'ipotesi di un percorso rettilineo infinitamente lungo privo di intersezioni ed in assenza di traffico, si può assumere che un autobus si muova in regime di velocità costante pari a quella massima consentita dal codice della strada. Tale velocità, in condizioni reali, può essere assunta come la velocità che l'autista cerca di raggiungere compatibilmente alle condizioni geometriche e di traffico del percorso. Pertanto verrà chiamata Velocità Obiettivo (V_{obj}), ed assunta per i centri urbani italiani pari a 50 km/h.

Fissata la velocità obiettivo, nell'ipotesi che l'autobus si muova lungo un percorso rettilineo in cui sono presenti delle intersezioni poste tra loro a distanza D_{int} ; in condizioni di assenza di traffico, si può assumere che il veicolo avvicinandosi all'intersezione decelererà fino a raggiungere una velocità V_{min} , in corrispondenza del punto in cui l'autista ha la massima visibilità dell'area di intersezione. In tale punto l'autista deve essere in grado di arrestare il veicolo in condizioni di comfort per i passeggeri se l'intersezione è impegnata. In assenza di traffico e quindi con intersezioni libere, il veicolo a partire da questo punto riaccelera, fino al raggiungimento della V_{obj} qualora vi sia spazio sufficiente prima dell'intersezione successiva e così via.

Risulta evidente come questo regime di moto sia del tutto analogo a quello descritto dalle equazioni caratteristiche di Vuchic, ristrette alla velocità di running, con la sola differenza che il veicolo all'intersezione raggiunge una velocità V_{min} in generale diversa da zero.

Quindi per la stima della \mathbf{v}'_{r0} è possibile utilizzare le stesse equazioni di Vuchic poste in forma più generale.

Per cui si ha:

$$\text{Caso 1: } D_{\text{int}} \geq 0,5 \cdot (v_{\text{obj}} - v_{\text{min}})^2 \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \quad [\text{eq.-3.1}]$$

$$v'_{r0} = \frac{S}{\left(n \cdot \left(0,5 \cdot (V_{\text{obj}} - V_{\text{min}}) \right) \cdot \left(\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) + \frac{S}{V_{\text{obj}} - V_{\text{min}}} \right) \right)} \quad [\text{eq.-3.2}]$$

$$\text{Caso 2: } D_{\text{int}} < 0,5 \cdot (v_{\text{obj}} - v_{\text{min}})^2 \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \quad [\text{eq.-3.3}]$$

$$v'_{r0} = \frac{S_{\text{int}}}{\left(n \cdot \left(\sqrt{\frac{2 \cdot (a \cdot b) \cdot S_{\text{int}}}{a \cdot b}} \right) \right)} \quad [\text{eq.-3.4}]$$

Dove :

- \mathbf{V}'_{r0} è la velocità di transito media in assenza di traffico e in assenza di fermate;
- \mathbf{D}_{int} è la distanza tra intersezioni consecutive;
- \mathbf{n} è il numero di intersezioni lungo il tronco di percorso in esame;
- \mathbf{a} e \mathbf{b} sono rispettivamente l'accelerazione media e la decelerazione media, da assumersi pari a $0,8 \text{ m/s}^2$;
- \mathbf{V}_{obj} è la velocità obiettivo, ovvero la massima raggiungibile;
- \mathbf{V}_{min} è la velocità che consente l'arresto dell'autobus in condizioni di comfort, se l'intersezione risulta impegnata.

Sviluppando le equazioni sopra riportate per \mathbf{V}_{obj} pari a 50 km/h e per vari valori di \mathbf{V}_{min} , sono state ricavate le curve della velocità \mathbf{V}'_{r0} in funzione del numero di intersezioni per chilometro \mathbf{f}_{int} , mostrate in figura 3.3.

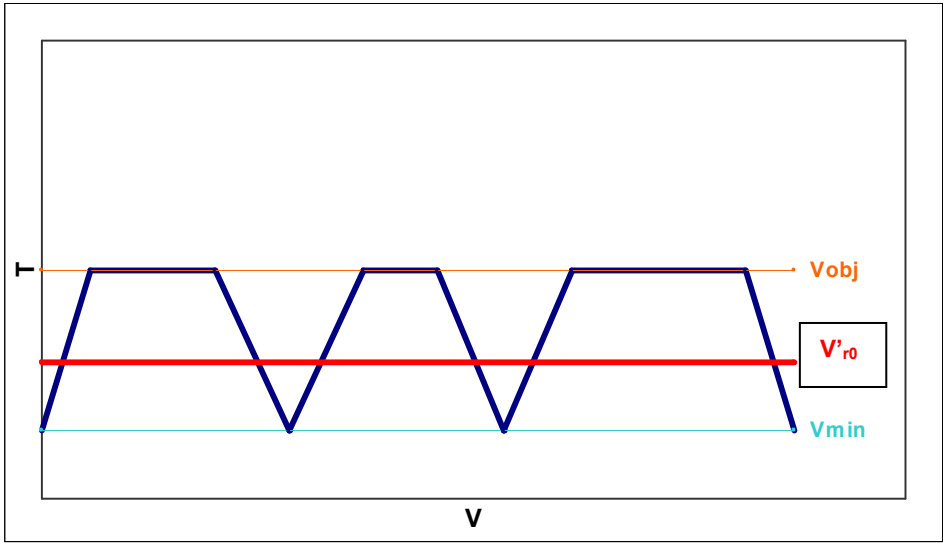


Figura 3.1 – Curve velocità – tempo caso 1

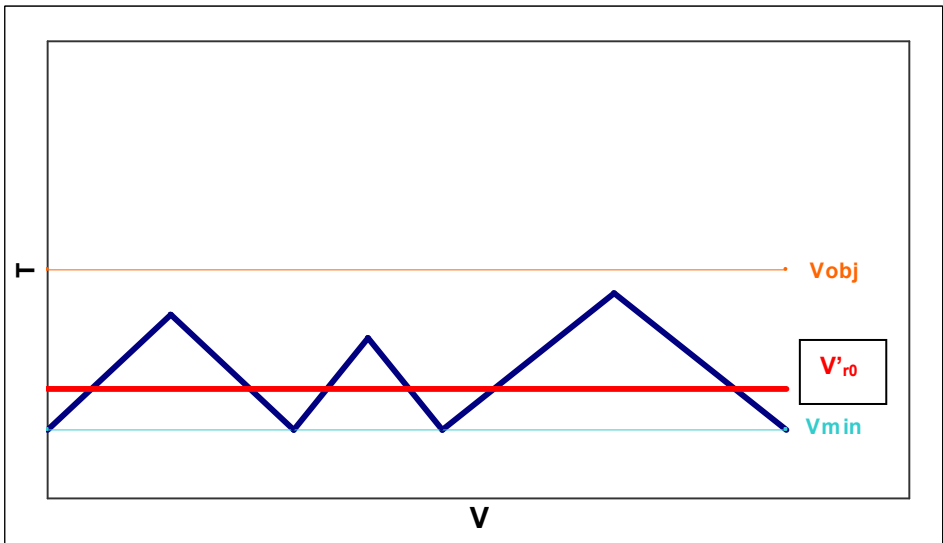


Figura 3.2 – Curve velocità – tempo caso 2

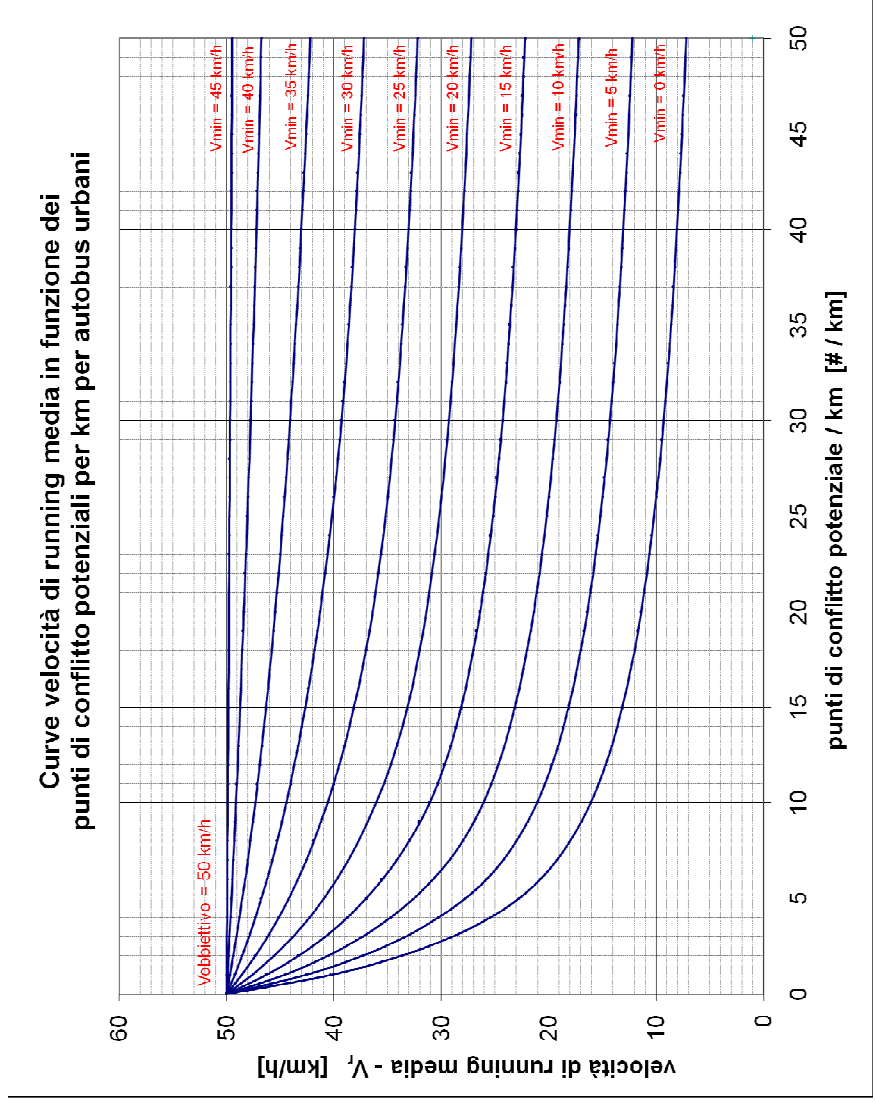


Figura 3.3 – Curve della velocità v_{r0} in funzione del numero di intersezioni per chilometro f_{int}

Essendo la velocità \mathbf{v}_{\min} definita come la velocità tale da consentire, nel punto in cui l'autista è in grado di stabilire con certezza se l'intersezione è impegnata o meno, l'eventuale avvio della manovra d'arresto in condizioni di comfort per i passeggeri, essa dipende dalla decelerazione media del veicolo in condizioni di comfort (\mathbf{b}) e dalle caratteristiche geometriche del percorso.

Per stimare \mathbf{v}_{\min} è necessario quindi ricavare la curva d'arresto ($\mathbf{v}(\mathbf{s})$) tipica per gli autobus. Tale curva rappresenta le soluzioni in termini di velocità \mathbf{v} del seguente sistema di equazioni in funzione della distanza libera \mathbf{D}_{vl} :

$$D_{vl} = v \cdot (t_{ar} + t_{pr}) - 0,5 \cdot b \cdot t_{ar}^2 \quad [\text{eq.-3.5}]$$

$$t_{ar} = \frac{v}{b} \quad [\text{eq.-3.6}]$$

Dove :

- \mathbf{D}_{vl} è la distanza con visuale libera;
- \mathbf{v} è la velocità che consente l'arresto del veicolo in una distanza pari a \mathbf{D} ;
- \mathbf{b} è la decelerazione media del veicolo, in genere pari a $0,8 \text{ m/s}^2$;
- \mathbf{t}_{ar} è il tempo d'arresto;
- \mathbf{t}_{pr} è il tempo di percezione e reazione da assumersi pari ad 1 s.
-

La curva d'arresto ha quindi equazione :

$$v = \left(-t_{pr} + \sqrt{t_{pr}^2 + \frac{2D_{vl}}{b}} \right) \cdot b \quad [\text{eq.-3.7}]$$

In figura 3.4 è riportato il diagramma di arresto tratto dall'equazione di cui sopra.

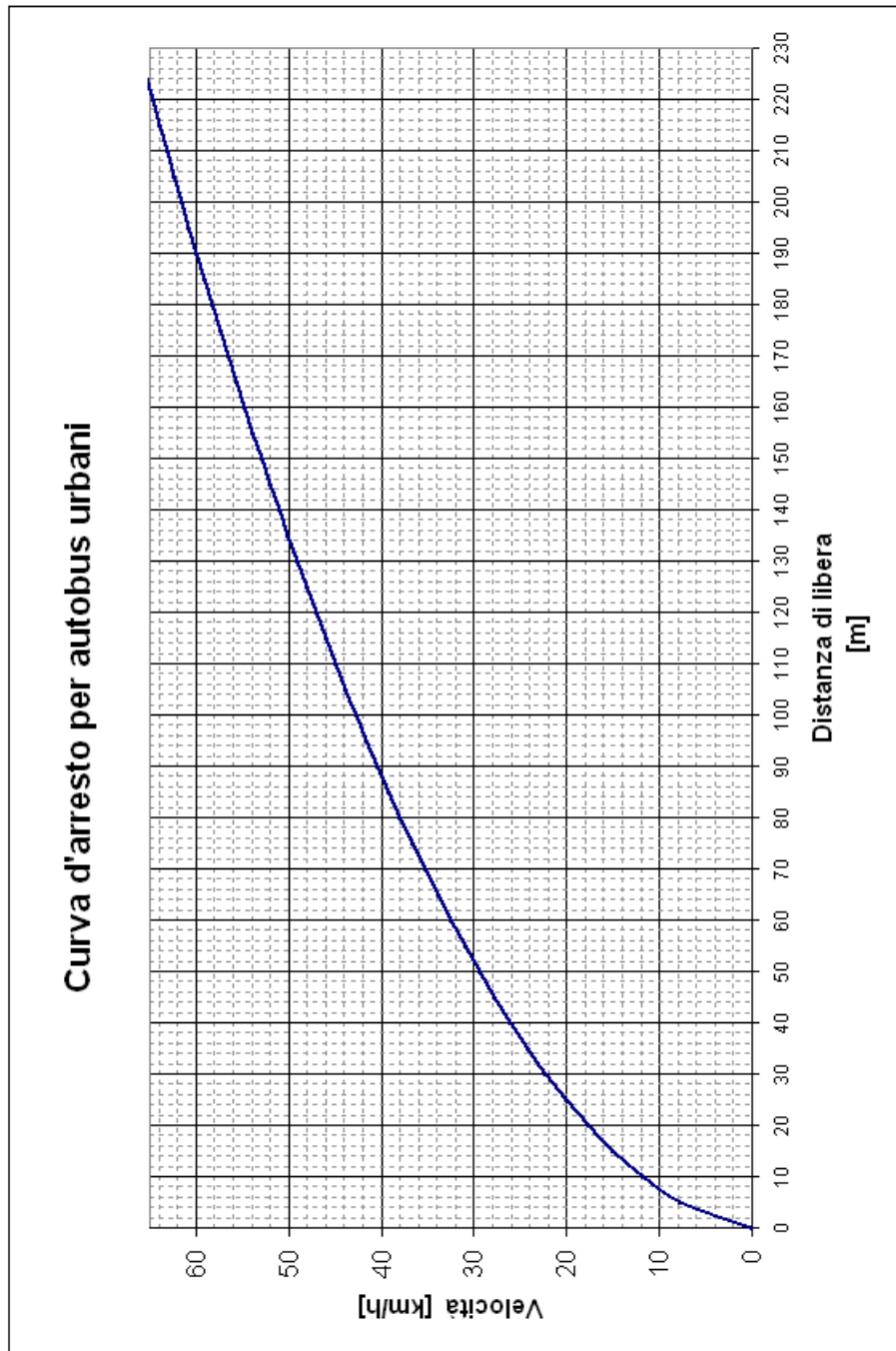


Figura 3.4 – Diagramma di arresto per autobus urbani

Ricavato il diagramma d'arresto, la v_{\min} risulta univocamente determinata, nota la distanza D_{vI} alla quale l'autista è in grado di stabilire se l'intersezione è libera o impegnata.

La distanza D_{vI} può essere determinata attraverso considerazioni sulla geometria dell'intersezione.

Dal diagramma in figura 3.5 che mostra la relazione tra il campo della visione periferica 2Φ e la velocità, si nota come per velocità inferiori ai 50 km/h il semicampo della visione periferica può assumersi pari a 45° .

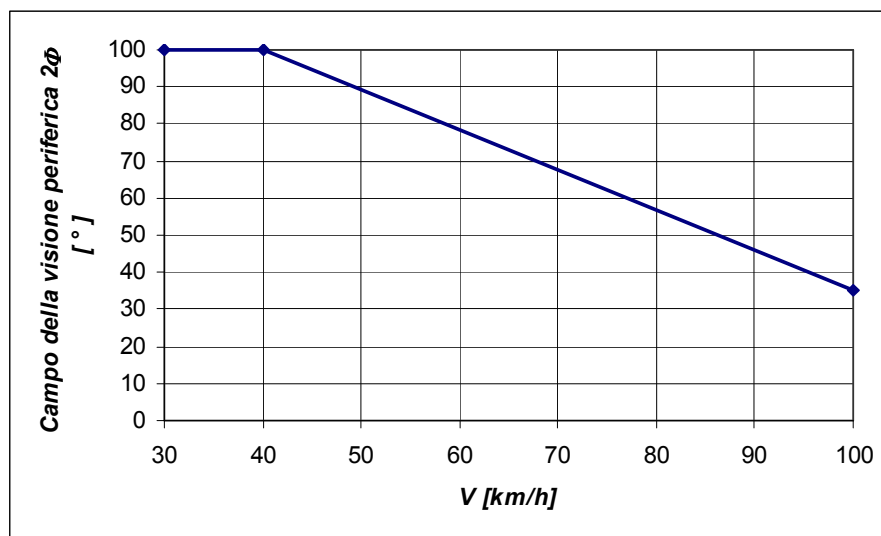


Figura 3.5 – Relazione tra il campo della visione periferica 2Φ e la velocità v

Fonte: Esposito T., Mauro M., Fondamenti di Infrastrutture Viarie, La Geometria Stradale

Dalle costruzioni geometriche mostrate in figura 3.6 e in figura 3.7, si evince rispettivamente, che presso un'intersezione e presso un attraversamento pedonale, la distanza D_{vI} è pari a:

$$D_{vl} = L + l_{cr} \quad [\text{eq.-3.8}]$$

Dove:

- D_{vl} è la distanza compresa tra il punto in cui l'autista è in grado di stabilire se l'intersezione è libera o impegnata, ed il limite dell'intersezione;
- l_{cr} è la larghezza della corsia riservata al transito dei mezzi pubblici, tipicamente pari a 3 m;
- L è la massima lunghezza del margine sinistro della carreggiata intersecata che risulta visibile dal posto di guida dell'autista. Nel caso di attraversamento pedonale è la distanza tra il margine sinistro dell'attraversamento, e il primo ostacolo alla visuale presente sul marciapiedi (alberi, pali, contenitori per rifiuti, etc.). Da osservazioni sul campo, risulta che in ambito urbano L è in media compresa tra 0 e 10 m.

Quindi si ha:

$$L_{cr} \leq D_{vl} \leq L_{cr} + 10m \quad [\text{eq.-3.9}]$$

$$D_{vl} \cong L_{cr} + 5m \cong 8m \quad [\text{eq.-3.10}]$$

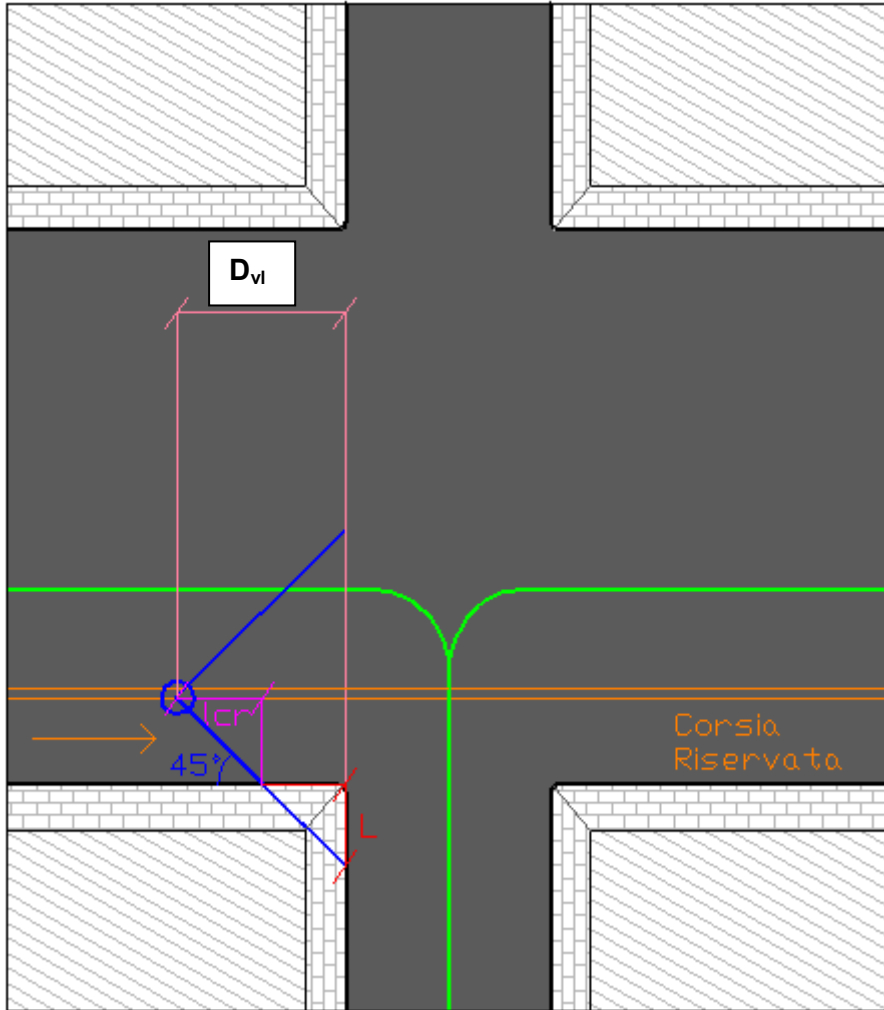


Figura 3.6 – Costruzione geometrica per la determinazione della distanza D_{vl} nel caso di intersezione

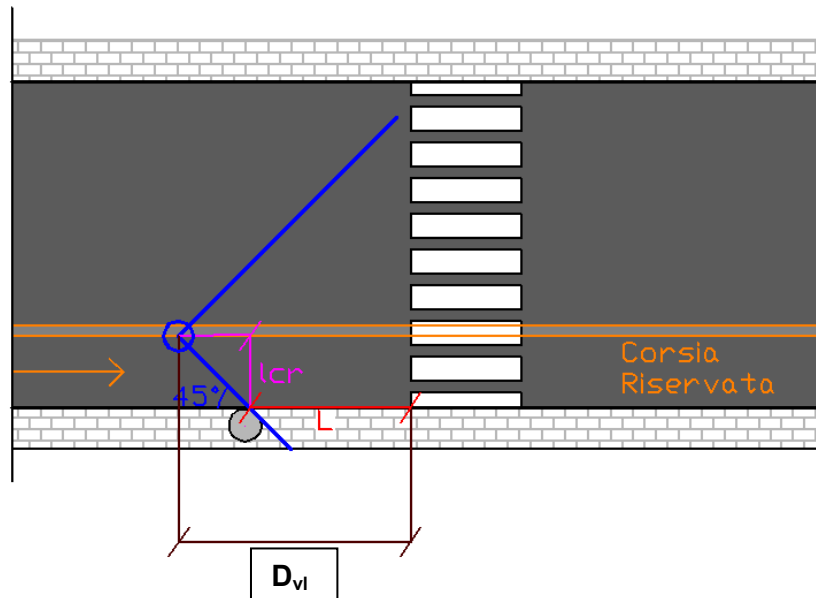


Figura 3.7 – Costruzione geometrica per la determinazione della distanza D_{v1} nel caso di attraversamento pedonale

Determinata D_{v1} è possibile ricavare v_{min} attraverso il diagramma d'arresto in figura 3.4 e quindi ottenere la v'_{r0} tramite il diagramma riportato in figura 3.3.

Di seguito si riporta il grafico della v_{min} in funzione del parametro L .

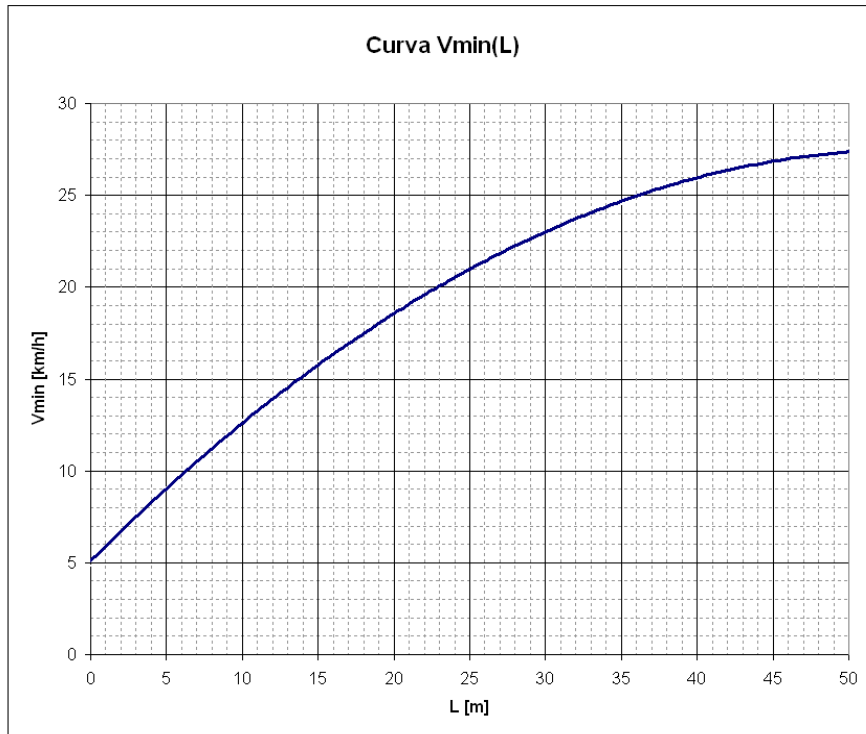


Figura 3.8 – Grafico della curva v_{\min} in funzione del parametro L

3.4 Stima delle interferenze dovute al traffico

La v_{r0} si ottiene dalla v'_{r0} considerando l'effetto del perditempo totale (Σt_p) dovuto alla fermata presso le intersezioni.

Tale perditempo è la somma di due termini:

$$\Sigma t_p = \Sigma t_{pad} + \Sigma t_{pat} \quad [\text{eq.3.11}]$$

Dove:

- Σt_{pad} è la perdita di tempo totale dovuta all'arresto del veicolo che procede a velocità v_{min} , e la successiva accelerazione fino alla stessa velocità;
- Σt_{at} è il tempo totale di stazionamento del veicolo dovuto all'attraversamento dell'intersezione da parte degli altri veicoli.

Si ha quindi che:

$$\Sigma t_{pad} = \left(\frac{v_{min}}{b} + \frac{v_{min}}{a} \right) n \quad [\text{eq.-3.12}]$$

Dove:

- n è il numero di intersezioni nel tratto di percorso in esame.

$$\Sigma t_{pat} = \Sigma t_{patv} + \Sigma t_{patp} \quad [\text{eq.-3.13}]$$

Dove:

- Σt_{patv} è il perditempo totale dovuto allo stazionamento per consentire l'attraversamento dei veicoli presso le intersezioni;
- Σt_{patp} è il perditempo totale dovuto allo stazionamento per consentire l'attraversamento dei pedoni.

Si ha che:

$$\Sigma t_{patv} = \Sigma \frac{F_i}{3600} \cdot t_{atv}^2 \cdot 0,5 \quad [\text{eq.-3.14}]$$

$$\Sigma t_{patp} = \Sigma \frac{F_i}{3600} \cdot t_{atp}^2 \cdot 0,5 \quad [\text{eq.-3.15}]$$

Dove:

- F_i è il flusso di veicoli o pedoni in attraversamento in un'ora;
- t_{atv} e t_{atp} sono i tempi che in media occorrono rispettivamente ai veicoli ed ai pedoni per attraversare la corsia riservata, compreso i tempi di percezione e reazione. In entrambi i casi il tempo di attraversamento può essere posto pari a 5 s.

Di seguito è riportato il grafico contenente le curve del perditempo in funzione del flusso di veicoli o di pedoni al variare del parametro L .

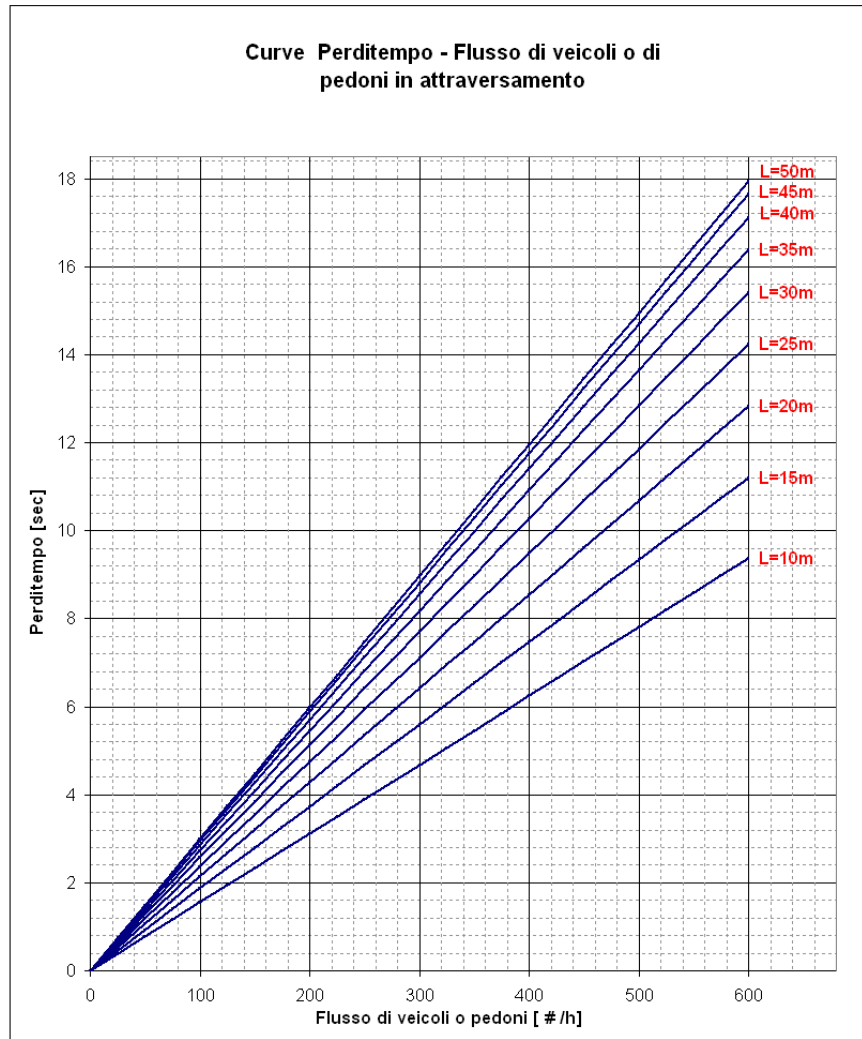


Figura 3.9 - Curve del perditempo in funzione del flusso di veicoli o di pedoni al variare del parametro **L**

Nel caso di intersezioni semaforizzate si ha:

1. Caso di semaforo a ciclo continuo:

$$\Sigma t_{pats} = \Sigma \frac{t_{ri}}{t_{ci}} \cdot t_{ri} \cdot 0,5 \quad [\text{eq.-3.16}]$$

2. Caso di semaforo con rosso a richiesta:

$$\Sigma t_{pats} = \Sigma \frac{t_{ri}^2}{3600} \cdot a_i \cdot 0,5 \quad [\text{eq.3.17}]$$

Dove:

- t_{ri} è il tempo di rosso del semaforo i-esimo in secondi;
- t_{ci} è il tempo di ciclo del semaforo i-esimo in secondi;
- a_i è il numero di azionamenti per ora.

3.5 Stima della v_{r0}

Determinati v'_{r0} , ed il perditempo totale Σt_p per chilometro di percorso

(Σt_{p-km}), si ricava la v_{r0} attraverso questa semplice relazione:

$$v_{r0} = \frac{1}{\frac{1}{v'_{r0}} + \Sigma t_{p-km}} \quad [\text{eq.-3.18}]$$

Dove:

- Σt_{p-km} è il perditempo totale per chilometro di percorso.

Di seguito si riporta il grafico contenente le curve di riduzione della velocità in funzione del perditempo totale per chilometro.

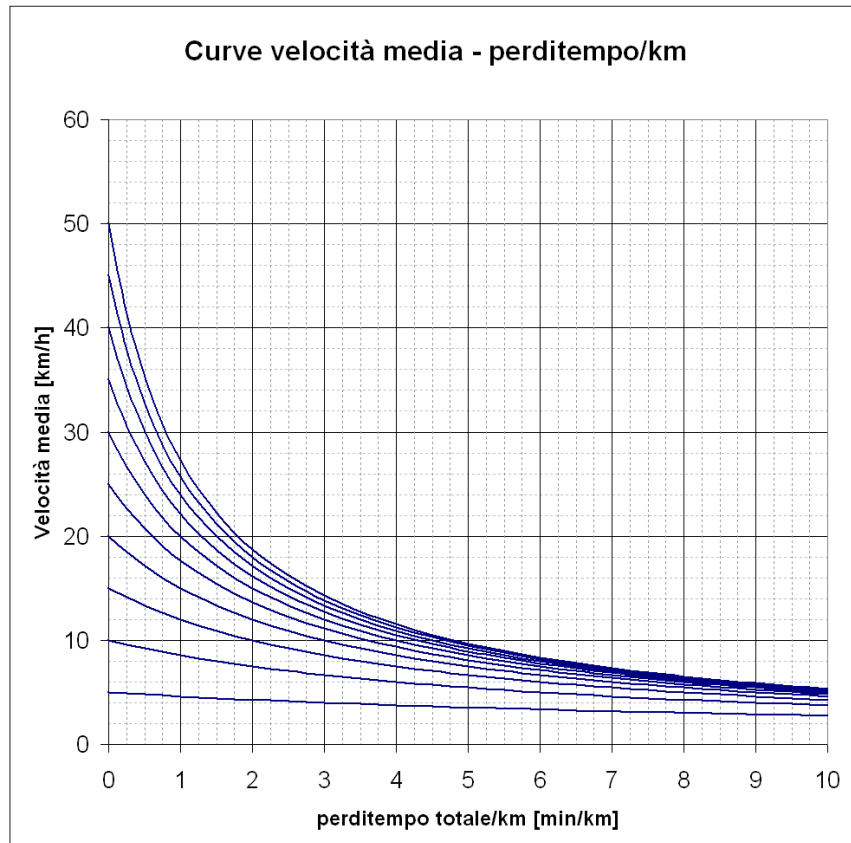


Figura 3.10 - Curve di riduzione della velocità in funzione del perditempo totale per chilometro

A questo punto determinata la V_{r0} , è possibile predire la velocità di transito media lungo un tronco di percorso caratterizzato da un numero di fermate per chilometro, pari ad f , tramite il grafico in figura 3.11 ricavato a partire dalle equazioni di Vuchic.

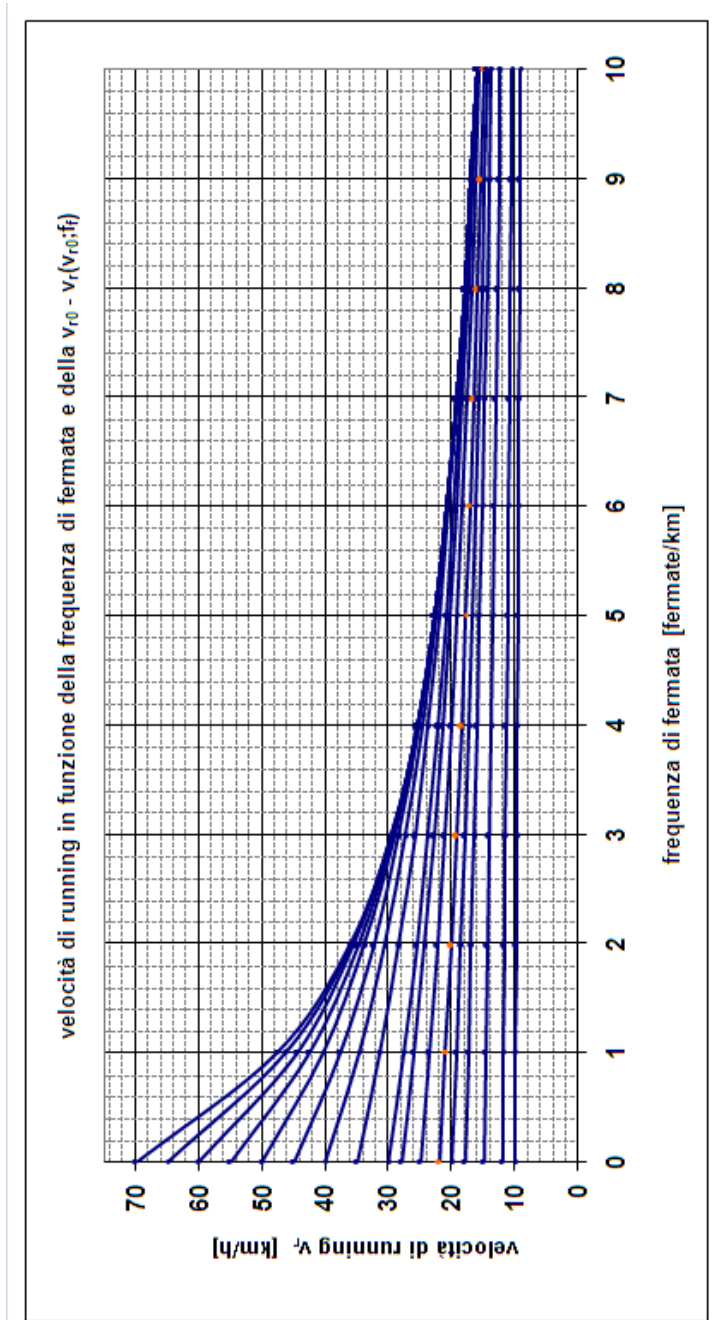


Figura 3.11 – Velocità di running media lungo un tronco di percorso caratterizzato da un numero di fermate per chilometro f

3.6 Circolazione nel traffico misto: stima della V_{r0}

La stima della V_{r0} nel caso di transito nel traffico misto risulta notevolmente più semplice rispetto al caso di transito lungo corsie riservate, in quanto il mezzo è vincolato a muoversi nel flusso di traffico, da cui si distacca per arrestarsi presso le fermate.

Ne consegue che la V_{r0} sarà pari alla velocità media del flusso di veicoli.

Tuttavia nelle applicazioni pratiche può essere utile, anche in questo caso correlare la V_{r0} alla V'_{r0} che in tale contesto coincide con la velocità media di flusso nullo (velocità di flusso libero più l'effetto dei perditempo presso le intersezioni) del tratto stradale V_f . In particolare se è nota la V'_{r0} si può ricavare con buona approssimazione la legge di variazione della V_{r0} con il flusso veicolare relativo $[Q_v / Q_{v-max}]$, $V_{r0} = f[Q_v / Q_{v-max}]$ in condizioni di flusso stabile, applicando la seguente equazione derivata dalla teoria del deflusso veicolare sinteticamente richiamata in figura 3.12.

$$v_{r0} = k \cdot v'_{r0} + \left(v'_{r0} \cdot (1 - k) \cdot \left(1 - \left[\frac{Q_v}{Q_{v-max}} \right] \right) + \left[\frac{Q_v}{Q_{v-max}} \right] \right) \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} \cdot \left[\frac{Q_v}{Q_{v-max}} \right] \right)$$

[eq.-3.19]

Dove :

- V'_{r0} è la velocità di flusso nullo
- $[Q_v / Q_{v-max}]$ è il rapporto tra il flusso veicolare per cui si vuole trovare la V_{r0} con il flusso veicolare massimo del tratto (condizione critica)
- k è un coefficiente minore di 1 , in genere pari a circa 0,5.

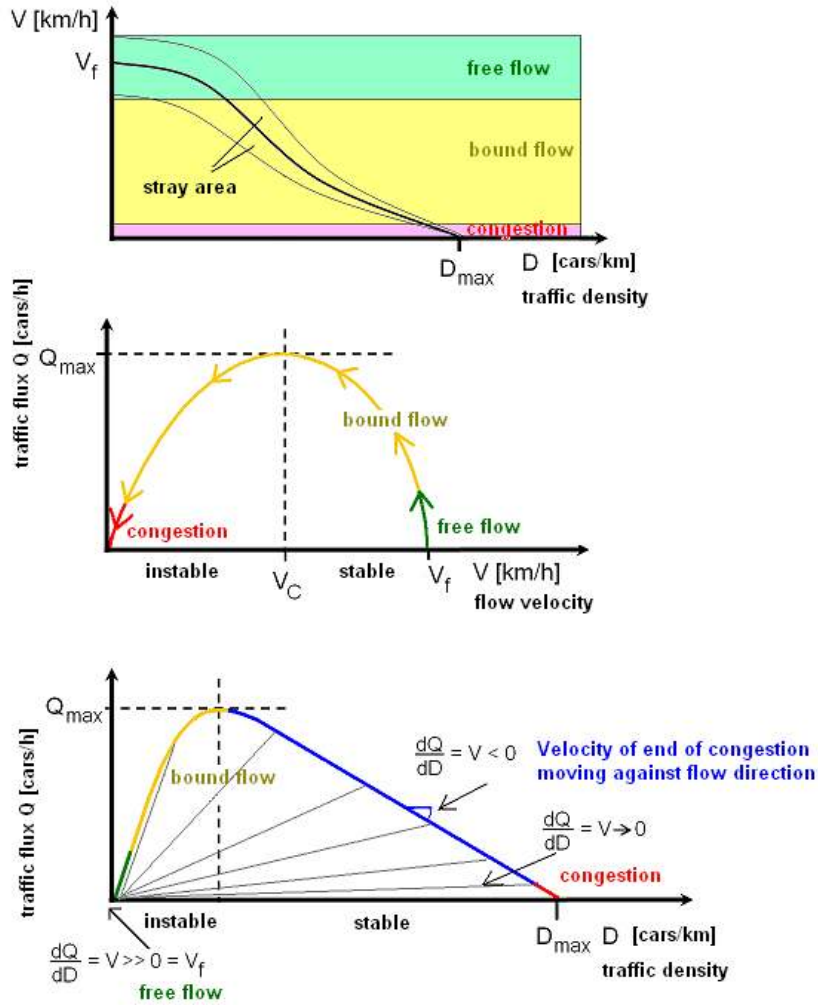
L'equazione 3.19 può essere applicata al transito su corsie riservate, nel qual caso $[Q_v / Q_{v-max}]$ si riferisce alla corsia riservata ai veicoli privati a sinistra della corsia riservata. In questo caso k va assegnato un valore compreso tra 0,6 e 0,75.

Fundamental diagram of traffic flow

Fundamental equation of traffic flow:

$$Q = D \cdot V$$

Source: Hendrik Ammoser, Fakultät Verkehrswissenschaften, Dresden, Germany



V_f = "free velocity" - maximum velocity on free lane, selectable by the driver depending on car, skill etc.

V_C = "critical velocity" with maximum traffic flux (about 70...100 km/h)

Figura 3.12 – Diagrammi fondamentali del deflusso veicolare

fonte: Hendrik, Ammoser - Università di Dresda

CAPITOLO 4

Caratteristiche generali del servizio di trasporto pubblico su gomma nell'area urbana di Palermo

4.1 Caratteristiche attuali della rete di trasporto pubblico su gomma.

Attualmente l'AMAT l'azienda municipalizzata che gestisce il trasporto pubblico su gomma nel Comune di Palermo, opera con 95 linee con una rete di lunghezza complessiva pari a 330 km.

L'AMAT ha recentemente sviluppato un nuovo piano linee destinato ad entrare in vigore entro il 2011. Tale piano prevede una riduzione delle linee offerte dalle 95 attuali a 60, portando al contempo la lunghezza complessiva della rete da 330 a 365 km. Sia l'offerta attuale che quella proposta sono riportate in dettaglio in appendice.

4.2 Composizione dell'utenza del servizio di trasporto pubblico su gomma.

Allo scopo di determinare la composizione dell'utenza del servizio di trasporto pubblico su gomma, nell'ambito di questa ricerca è stata svolta una campagna di rilievi fotografici presso varie fermate, avente come obiettivo la classificazione per età e sesso degli utenti. Detto rilievo è stato effettuato nel mese di giugno, dopo la chiusura delle scuole, al fine di ottenere una stima della frazione di utenza con età inferiore ai 25 anni, il più possibile meno influenzata dall'orario del rilevamento. Sono state quindi individuate 4 fasce d'età : <25anni, 25-50, 50-70, >70. Esse sono state scelte per pervenire ad un'immediata e sicura classificazione dei soggetti osservati.

I risultati relativi ad un campione totale di 1200 utenti su 50 fermate , nella fascia oraria compresa tra le 8:00 e le 20:00 sono stati sintetizzati nei digrammi seguenti.



Fig. 4.1 – Uno degli scatti utilizzati per determinare la composizione dell'utenza



Fig. 4.2 – Uno degli scatti utilizzati per determinare la composizione dell'utenza

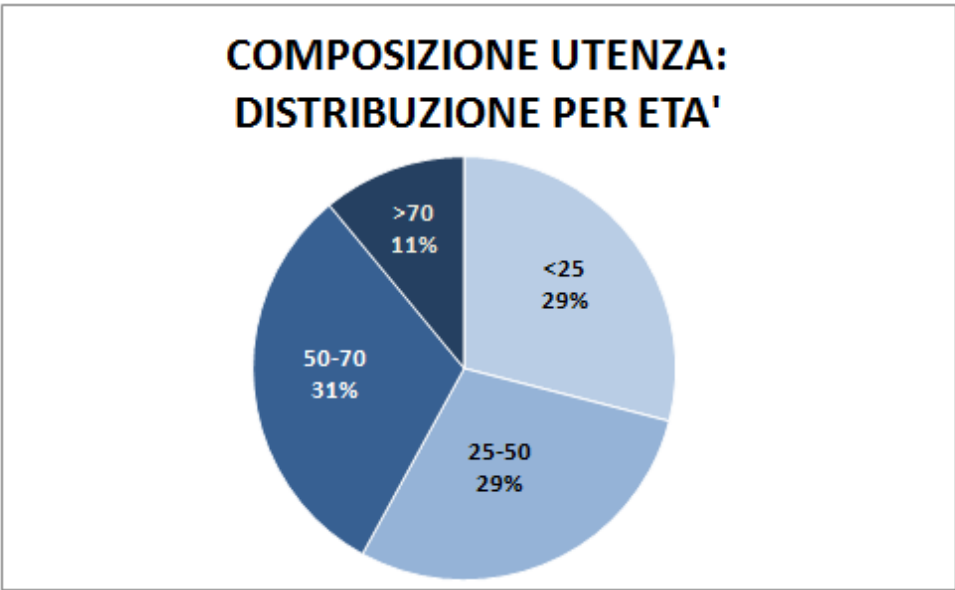


Fig. 4.3 – Composizione utenza: distribuzione per età

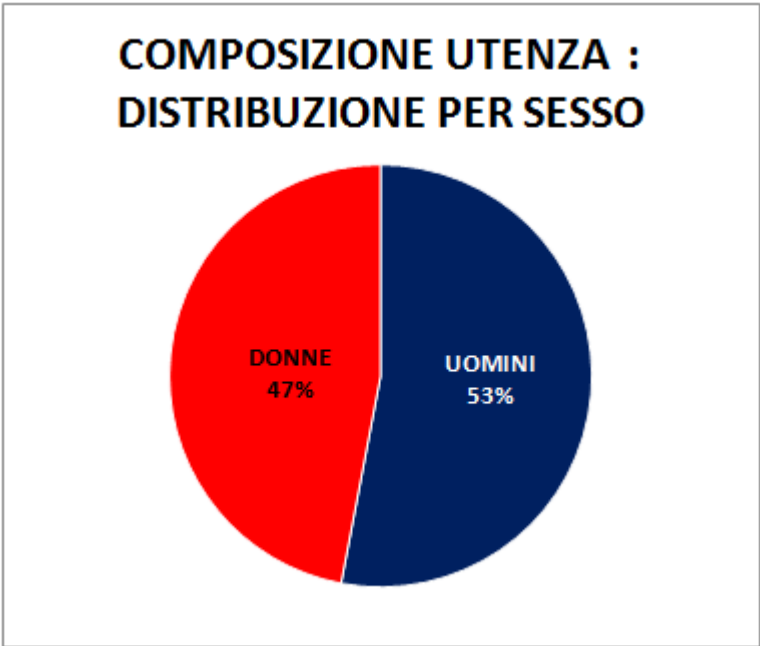


Fig. 4.4 – Composizione utenza: distribuzione per sesso

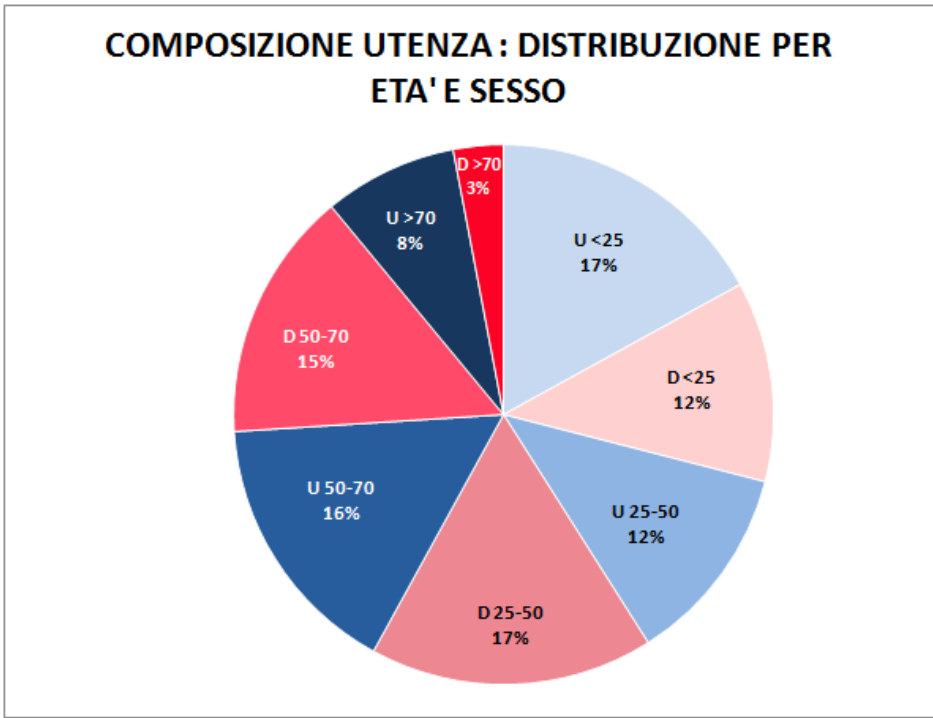


Fig. 4.5 – Composizione utenza: distribuzione per età e sesso

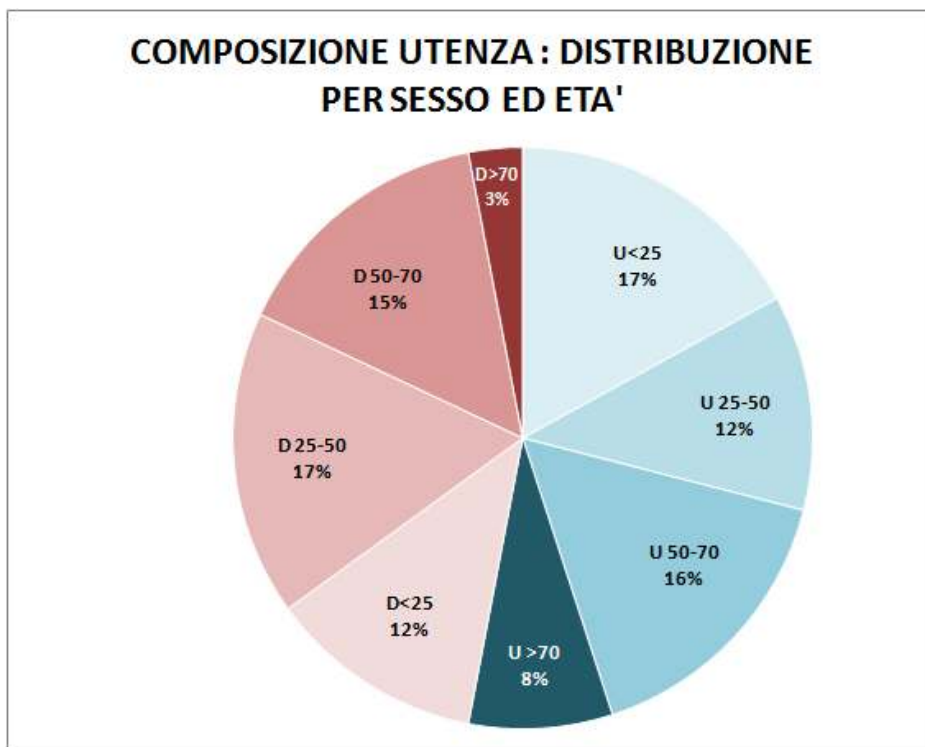


Fig. 4.6 – Composizione utenza: distribuzione per sesso ed età

Si nota per confronto con i dati ISTAT relativi al comune di Palermo, che la distribuzione per età e sesso dell'utenza del trasporto pubblico su gomma tendenzialmente rispecchia la distribuzione della popolazione per fasce d'età, ma non per sesso, in quanto dai rilievi effettuati, la frazione d'utenza femminile decrescerebbe proporzionalmente all'aumentare dell'età.

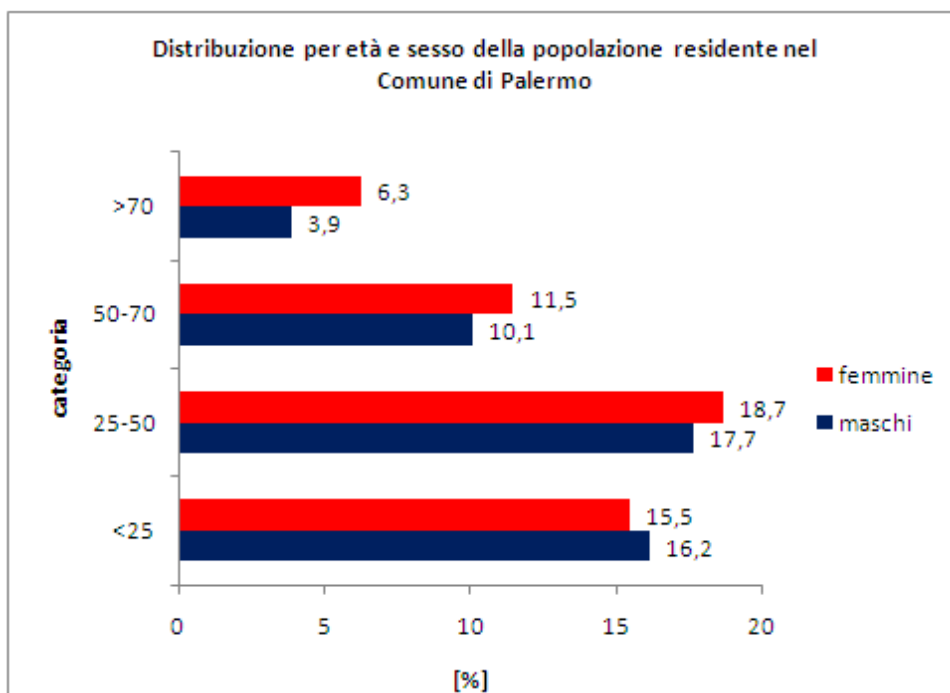


Fig.4.7 – Popolazione Palermo 2001, distribuzione per età e sesso (% sul totale) – Dati ISTAT

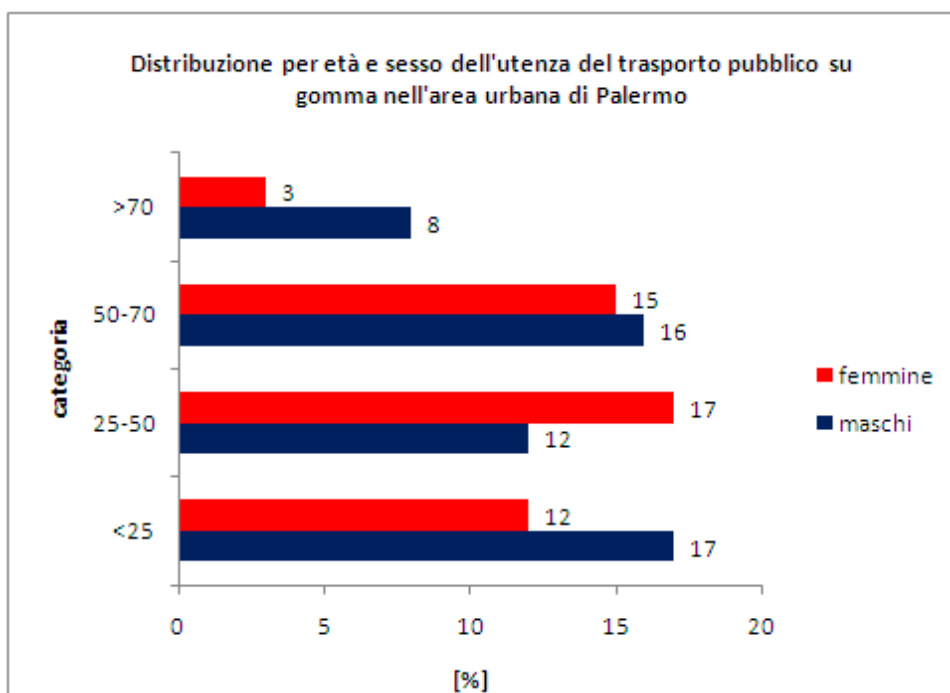


Fig. 4.8 – Campione d'utenza rilevato: distribuzione per età e sesso

4.3 Stima della velocità pedonale dell'utente medio v_p

La stima della velocità pedonale dell'utente medio del servizio autobus, deve tenere conto della composizione dell'utenza, sia in termini di età che di sesso, per cui è sempre consigliabile effettuare rilievi sul campo.

Nell'ambito di questa ricerca sono stati effettuati sia rilievi mirati alla determinazione della velocità pedonale delle varie categorie d'utenza.

Per la stima della velocità pedonale V_p delle varie categorie d'utenza, sono stati svolti appositi rilievi cronometrici. In particolare, scelti due punti a distanza nota lungo un marciapiede, visibili da una strada limitrofe, senza possibilità di essere visti dai passanti, si è provveduto alla misurazione del tempo impiegato dagli stessi per percorrere tale tratto. Noto il tempo e la distanza tra i due punti, tramite formula inversa è stato possibile ricavare la velocità V_{p0} . Per tale rilievo sono state scelte le stesse classi d'età impiegate per determinare la composizione dell'utenza.

I risultati ottenuti, relativi ad un campione di 300 persone, sono stati sintetizzati nei digrammi di seguito riportati.

Attribuendo a ciascuna categoria di utenza la velocità V_{p0} , stimata per la stessa categoria, si ottiene la relativa V_{p0} dell'utente medio come media pesata.

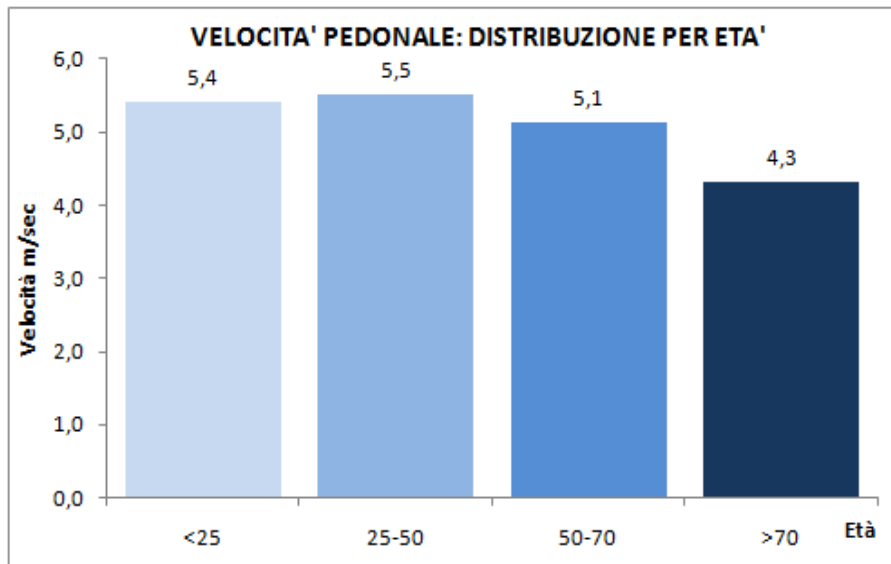


Fig. 4.9 – Velocità pedonale V_{p0} : Distribuzione per età

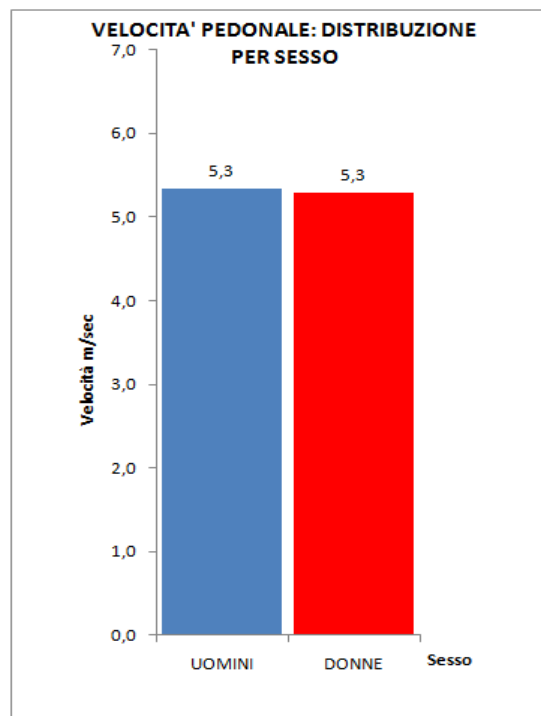


Fig. 4.10 – Velocità pedonale V_{p0} : Distribuzione per sesso

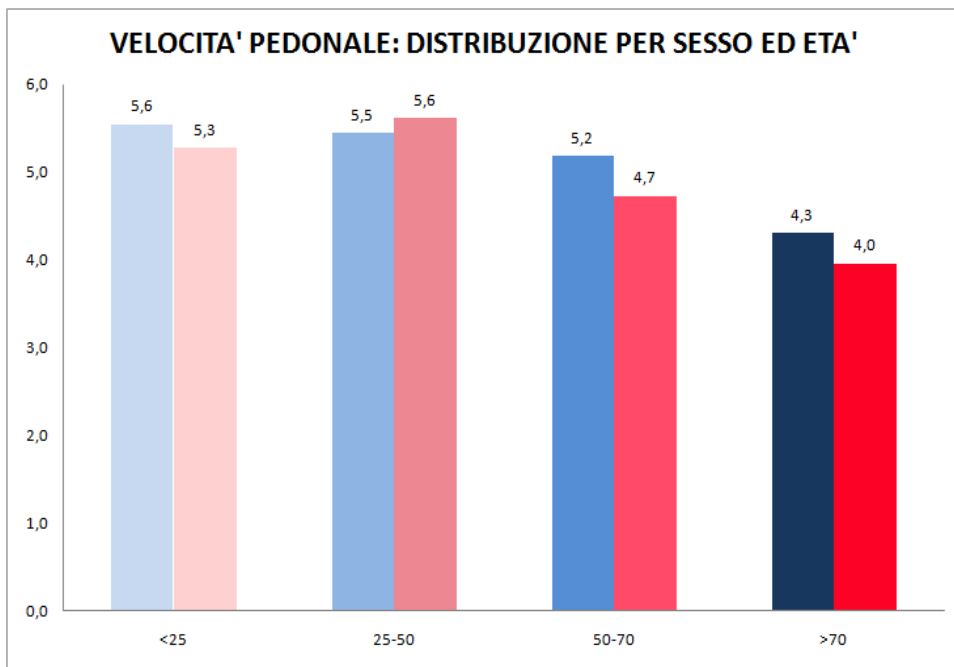


Fig. 4.11 – Velocità pedonale V_{p0} : Distribuzione per sesso ed età

Le velocità pedonali V_{p0} così ottenute, sono però al netto di eventuali perditempo dovuti prevalentemente all'attraversamento delle intersezioni.

Quindi, considerate le dimensioni medie di un isolato dell'area di studio, pari a circa 150 metri, è possibile ricavare il numero di attraversamenti per chilometro

$$n_{at} = \frac{1Km}{0,15Km} = 6,7 \text{ [eq.-4.1]}$$

In definitiva, è possibile ricavare la V_p , gravata da perditempo, per l'area di studio in esame, pari a:

$$v_P = \left(\frac{1}{v_{P0}} + \frac{n_{at} \cdot t_{at}}{3600} \right)^{-1} \quad [\text{eq-4.2}]$$

con v_P in [Km/h]

Quindi si ottengono per ciascuna delle categorie d'utenza le velocità pedonali effettive v_P riportate di seguito.

età	sesso	%campione	Vp0 rilevata		Vp effettiva	
			μ	σ	μ	σ
[anni]	[M/F]	[%]	[km/h]	[km/h]	[km/h]	[km/h]
<25	M	15,2	5,5	0,96	4,8	0,93
<25	F	17,6	5,27	0,79	4,6	0,8
25-50	M	25,6	5,45	0,73	4,7	0,76
25-50	F	11,2	5,61	0,87	4,9	0,87
50-70	M	22,4	5,19	0,9	4,5	0,88
50-70	F	4	4,73	0,87	4,2	0,84
>70	M	2,4	4,31	0,18	3,8	0,28
>70	F	1,6	4,2	0,16	3,8	0,26

Tab. 4.1- Distribuzione della velocità v_{p0} e v_P sul campo

età	sesso	% utenza	Vp effettiva	
			μ	σ
[anni]	[M/F]	[%]	[km/h]	[km/h]
<25	M	16,8	4,8	0,93
<25	F	12,3	4,6	0,8
25-50	M	12	4,7	0,76
25-50	F	16,8	4,9	0,87
50-70	M	16,1	4,5	0,88
50-70	F	14,7	4,2	0,84
>70	M	7,9	3,8	0,28
>70	F	3,4	3,8	0,26
VALORI MEDI PESATI SULL' UTENZA			4,5	0,8

Tab. 4.2 – Distribuzione della velocità v_P sulle categorie di utenza del servizio pubblico su gomma

4.4 Distribuzione temporale dei flussi d'utenza.

Dal momento che la distribuzione dell'utenza per sesso ed età sostanzialmente coincide con l'analoga distribuzione della popolazione residente nell'area urbana, in assenza di studi specifici, non vi sono motivi per supporre una distribuzione temporale dell'utenza, diversa da quella dei flussi del traffico motorizzato. Quindi a partire dai dati forniti dall'Assessorato al Traffico è stata ricavata la distribuzione oraria dell'utenza giornaliera, tenendo conto degli orario durante il quale viene fornito servizio : 4:00-24:00 nei giorni feriali 6:00-23:00 la domenica.

Di seguito si riporta la tabella relativa alla distribuzione dell'utenza annua ed i grafici relativi alle distribuzioni orarie dell'utenza giornaliera , per i giorni dal lunedì al venerdì, per l'area urbana di Palermo in generale, ed all'interno ed all'esterno del perimetro della ex ZTL A+B.

FRAZIONE UTENTI ANNUI	GENERALE	EX ZTL A+B	EXTRA EX ZTL A+B
15 SET.-15 GIU.	0,8131	0,7339	0,8347
MESE INVERNALE	0,0834	0,0815	0,0927
SETTIMANA INVERNALE	0,0208	0,0190	0,0216
GIORNO : LUNEDI'-VENERDI'	0,0032	0,0029	0,0033
GIORNO : SABATO	0,0028	0,0024	0,0029
GIORNO : DOMENICA	0,0020	0,0020	0,0021
15 GIU.- 15 SET.	0,1869	0,2604	0,1576
MESE ESTIVO	0,0575	0,0861	0,0525
SETTIMANA ESTIVA	0,0144	0,0200	0,0122
GIORNO : LUNEDI'-VENERDI'	0,0022	0,0031	0,0018
GIORNO : SABATO	0,0021	0,0025	0,0019
GIORNO : DOMENICA	0,0014	0,0021	0,0012

Tab. 4.3 – Distribuzione della velocità dell'utenza annua su scala stagionale, mensile, settimanale e giornaliera

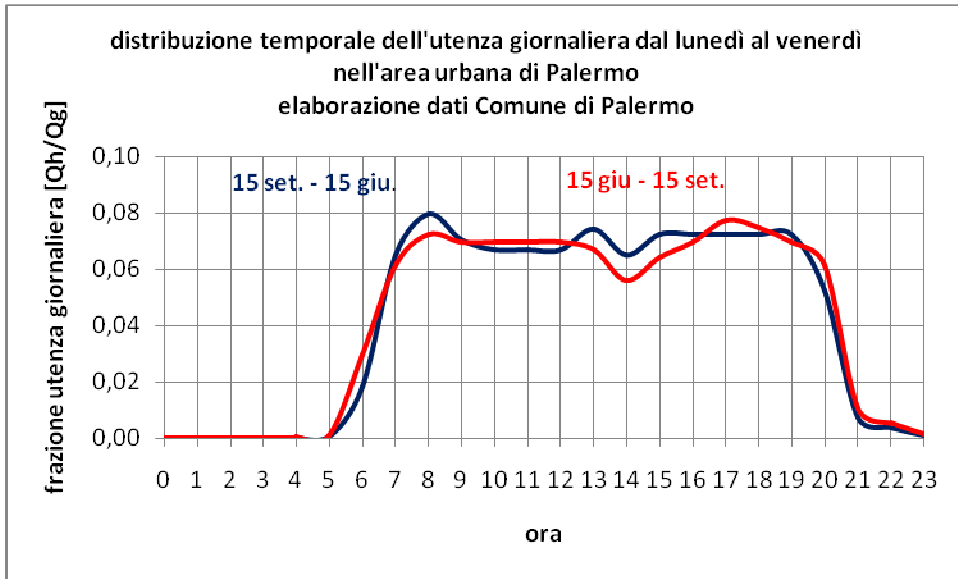


Fig. 4.12 – Distribuzione oraria dell'utenza giornaliera dal lunedì al venerdì nell'area urbana di Palermo

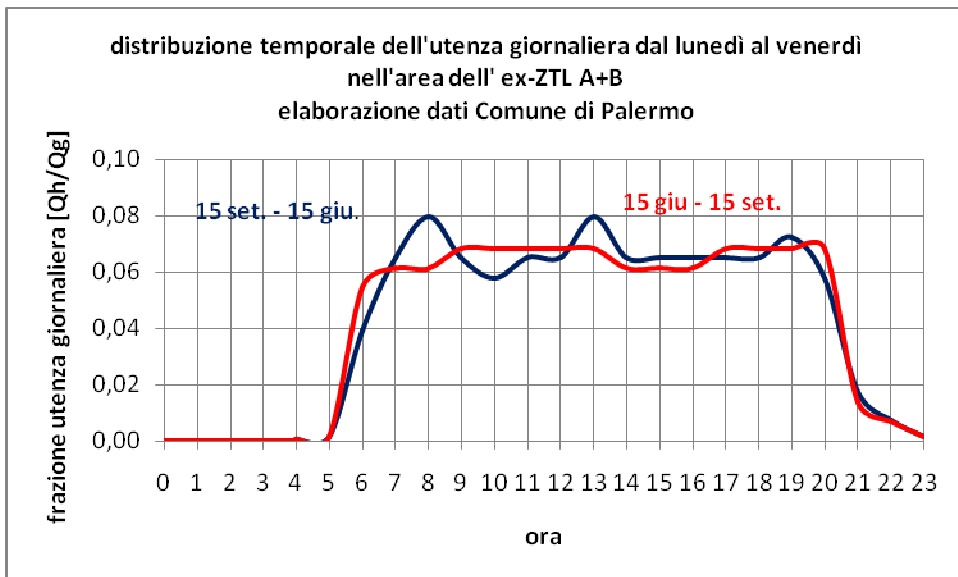


Fig. 4.13 – Distribuzione oraria dell'utenza giornaliera dal lunedì al venerdì nell'area dell'ex ZTL A+B

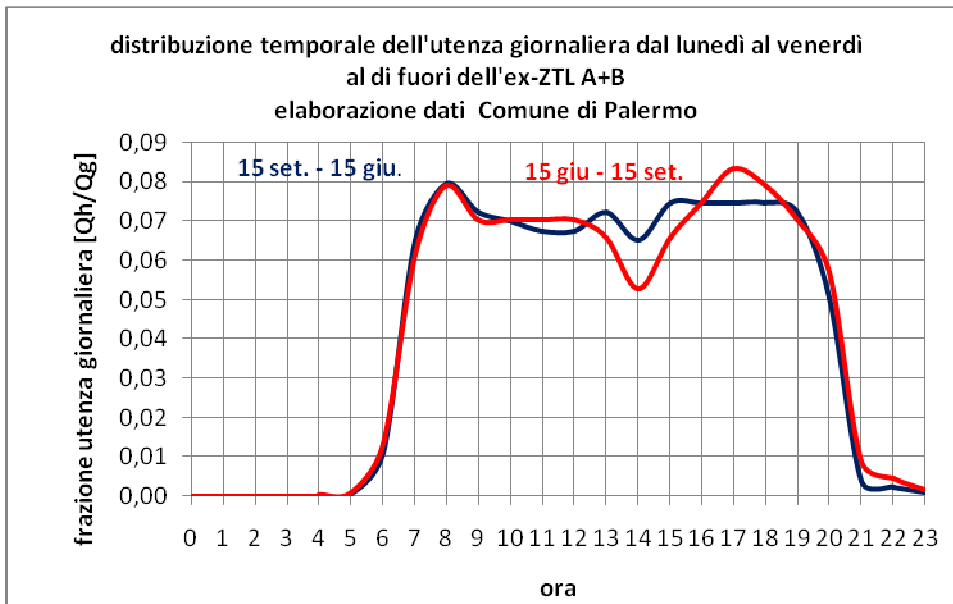


Fig. 4.14 – Distribuzione oraria dell'utenza giornaliera dal lunedì al venerdì al di fuori dell'area dell'ex ZTL A+B

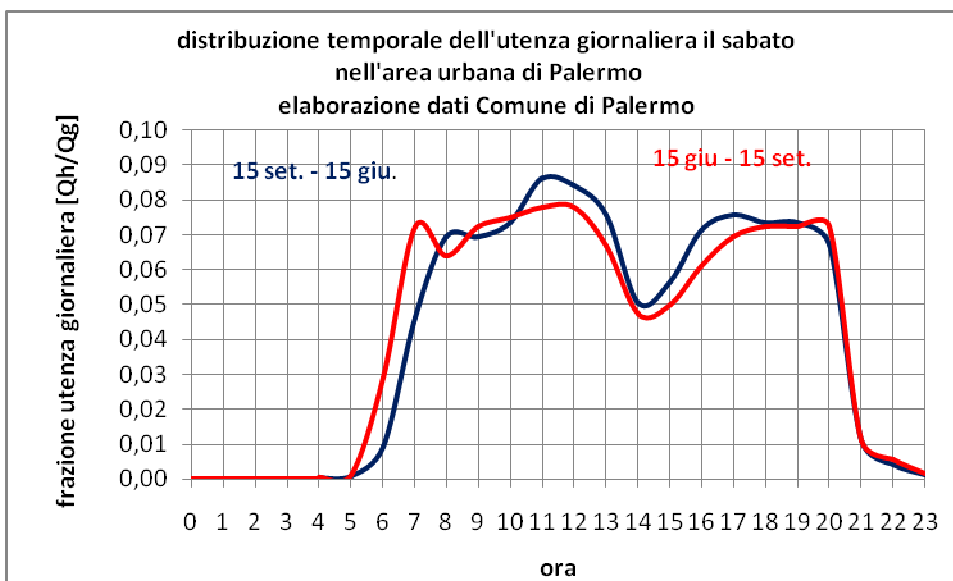


Fig. 4.15 – Distribuzione oraria dell'utenza giornaliera il sabato nell'area urbana di Palermo

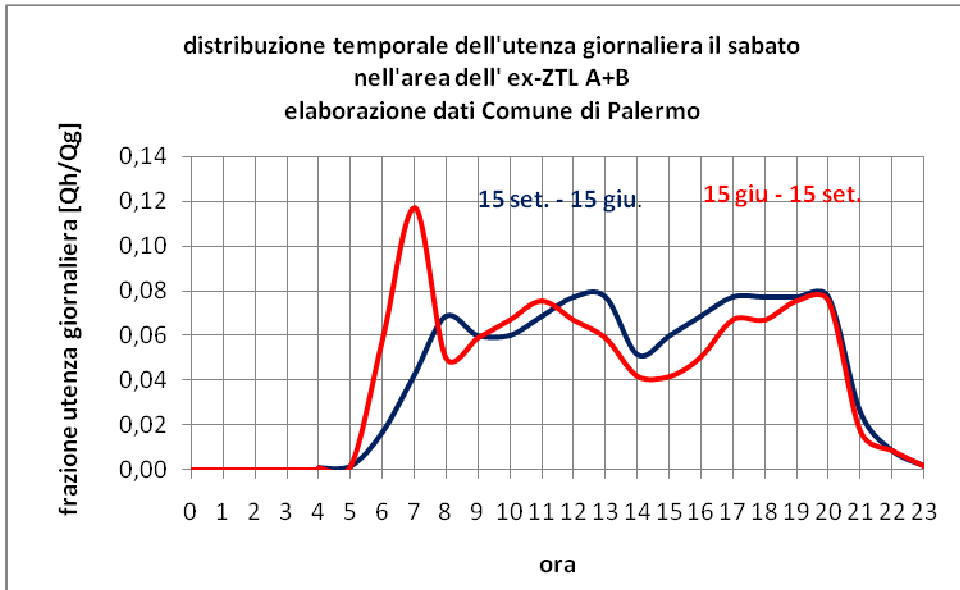


Fig. 4.16 – Distribuzione oraria dell'utenza giornaliera il sabato nell'area dell'ex ZTL A+B

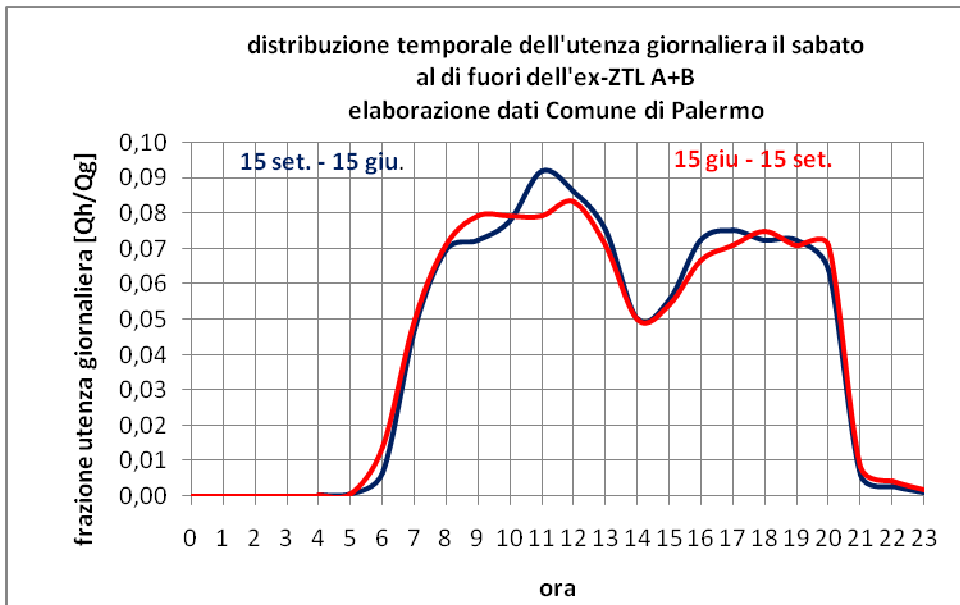


Fig. 4.17 – Distribuzione oraria dell'utenza giornaliera il sabato al di fuori dell'area dell'ex ZTL A+B

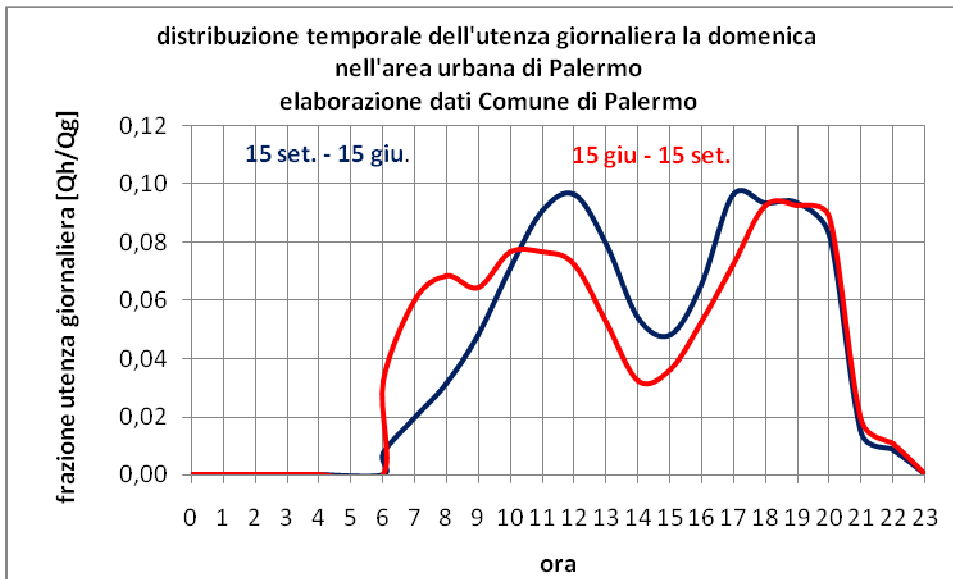


Fig. 4.18 – Distribuzione oraria dell'utenza giornaliera la domenica nell'area urbana di Palermo

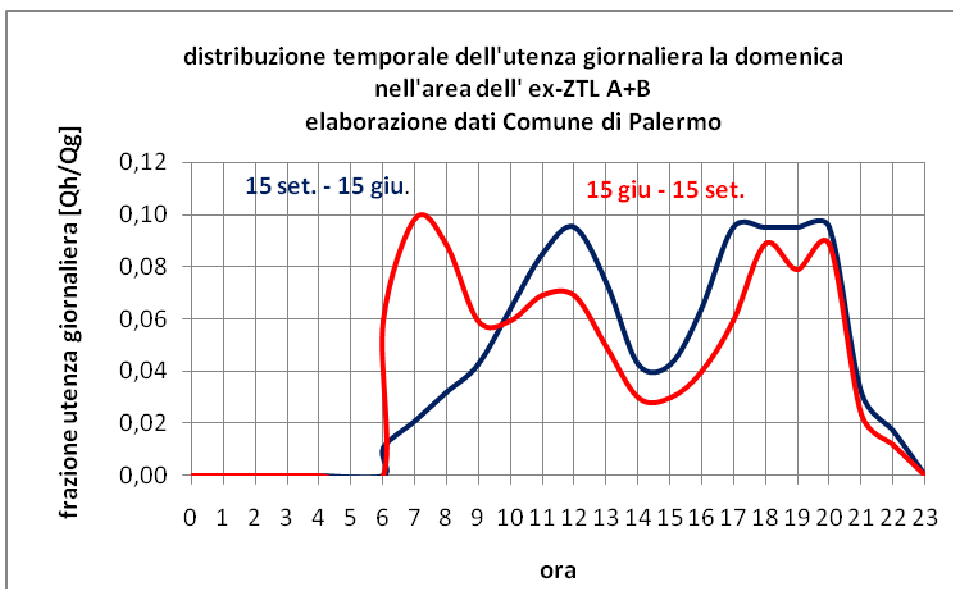


Fig. 4.19 – Distribuzione oraria dell'utenza giornaliera la domenica nell'area dell'ex ZTL A+B

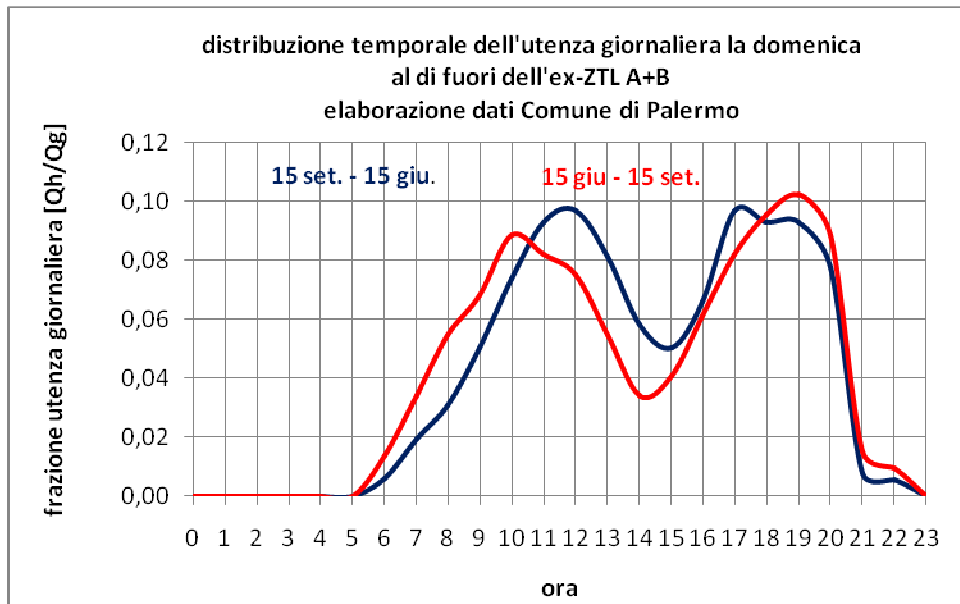


Fig. 4.20 – Distribuzione oraria dell'utenza giornaliera la domenica al di fuori dell'area dell'ex ZTL A+B

A partire da tali dati, conoscendo il numero di utenti annui di una data linea, è possibile ricostruire la distribuzione temporale dell'utenza fino alla scala oraria.

4.5 Distribuzione degli spostamenti origine-destinazione.

Dai dati forniti dall'Assessorato al Traffico, all'interno del Comune di Palermo risulta la distribuzione probabilistica per la lunghezza degli spostamenti motorizzati mostrata in figura 4.21

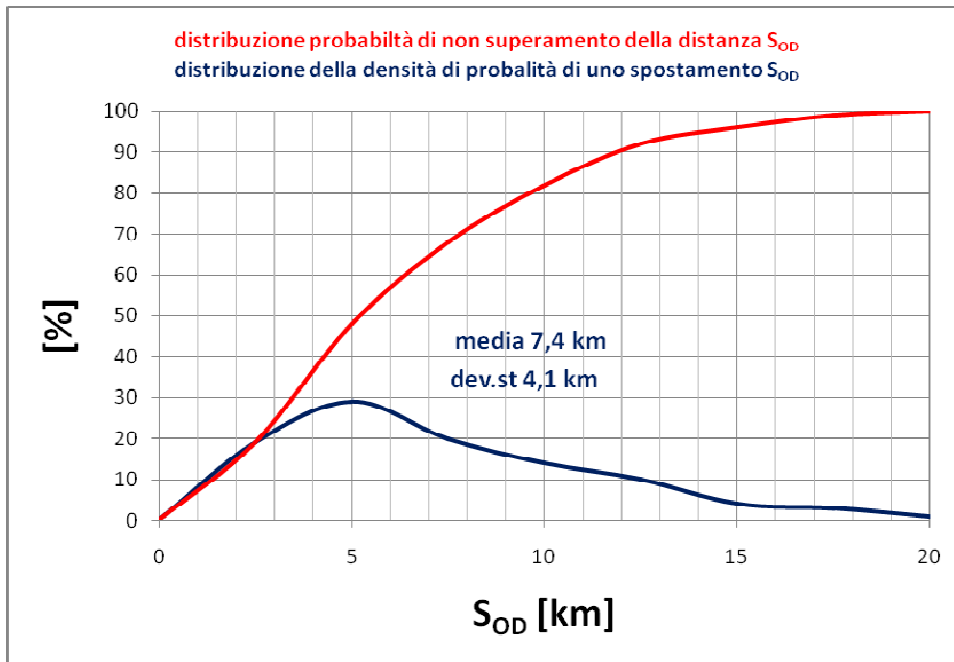


Fig. 4.21 – Distribuzione probabilistica della lunghezza degli spostamenti motorizzati

In assenza di studi specifici è considerando la coerenza tra la composizione per sesso ed età dell'utenza del trasporto pubblico su gomma e la popolazione residente nel Comune di Palermo, questa distribuzione può ragionevolmente essere estesa anche al trasporto con autobus urbani. Da questa si evince uno spostamento S_{OD} medio di 7,4 km, con una deviazione standard di 4,1 km.

Tuttavia se si considera una linea con un percorso di lunghezza fissata, essa consente spostamenti massimi pari alla metà di tale lunghezza. Se lo spostamento massimo possibile risulta inferiore allo spostamento tra origine-destinazione dell'utente, possono verificarsi due casi. Nel primo, gli utenti che devono compiere uno spostamento maggiore di quello massimo possibile con il mezzo di trasporto pubblico, scartano la linea. Nel secondo, la utilizzano per lo spostamento massimo possibile, per poi proseguire in altro modo verso la destinazione finale. In entrambi i casi risulta che lo spostamento origine-destinazione dell'utente medio di una data linea risulta correlato alla lunghezza del suo percorso. Operando una media tra gli spostamenti origine-destinazione medi, in funzione della lun-

ghezza del percorso, ottenuti considerando entrambi i comportamenti possibili, si ottengono le curve mostrate in figura 4.22 e 4.23.

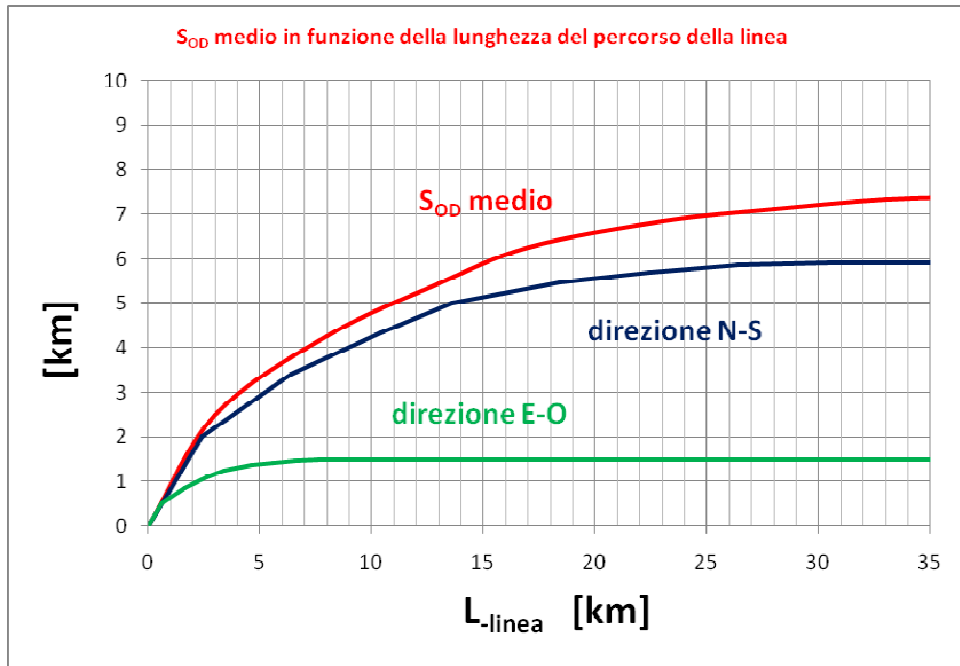


Fig. 4.22 – S_{OD} medio in funzione della lunghezza della linea

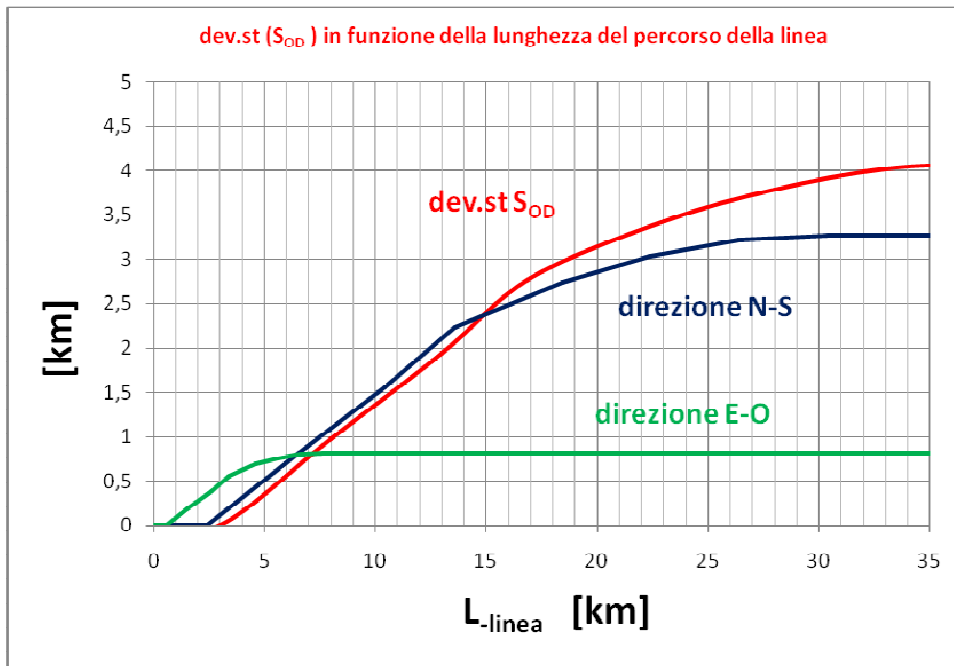


Fig. 4.23 – Deviazione standard de S_{OD} in funzione della lunghezza della linea

In particolare considerando la struttura urbanistica dell'area urbana di Palermo, che si estende nelle direzioni N-S ed E-O in rapporto 4:1, sono state ricavate le curve relative alle linee autobus che si sviluppano prevalentemente secondo le due direzioni.

4.6 Capillarità della rete.

Attualmente la rete del trasporto pubblico su gomma gestita dall'AMAT ha uno sviluppo di 330 km sulla superficie del Comune di 158 kmq. Ciò determina un raggio di maglia medio (distanza d'accesso alla linea) eq.-2.34 di 480m.

Con la riduzione dello sviluppo della rete (riduzione a 265 km) prevista dal nuovo piano linee il raggio di maglia medio passerebbe a 596m.

Il distanziamento medio tra fermate è attualmente pari a 250m.

Applicando l'eq.-2.30/31 si ottiene una distanza medi ad accesso/recesso alla fermata pari a 543m nella condizione attuale e pari a 659m con l'attuazione del nuovo piano linee.

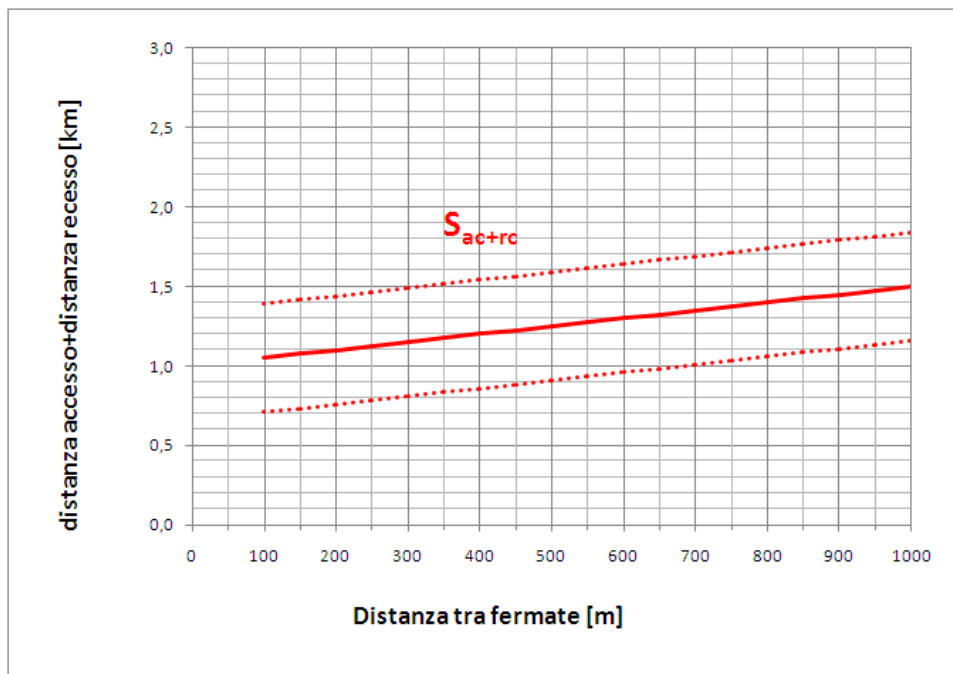


Fig. 4.24 – Andamento della distanza media complessivamente percorsa a piedi per l'accesso ed il recesso dalla fermata in funzione della distanza tra fermate nell'area urbana di Palermo. Le curve in tratteggio rappresentano l'intervallo di deviazione standard.

4.7 Elementi per la stima della distribuzione temporale della v_{r0} .

Alla fine del capitolo precedente è stato illustrato, come sia possibile stimare con ragionevole approssimazione, la v_{r0} (velocità di running in assenza di fermate) a partire dalla v_{r0}^* (velocità di flusso libero) in funzione del rapporto $[Q/Q_{max}]$ tra il flusso di veicoli attuale e quello massimo, in condizioni di flusso stabile, tramite l'eq.-3.19, tratta dalla teoria del deflusso veicolare.

Quindi conoscendo la v_{r0} media relativa al percorso di una linea, conoscendo l'andamento temporale del rapporto $[Q/Q_{max}]$ è possibile ricavare l'andamento temporale della v_{r0} .

Dai dati sulla distribuzione temporale dei flussi di traffico nell'area urbana di Palermo, forniti dall'Assessorato al Traffico, è stato ricavato l'andamento temporale del rapporto $[Q/Q_{max}]$ in varie circostanze.

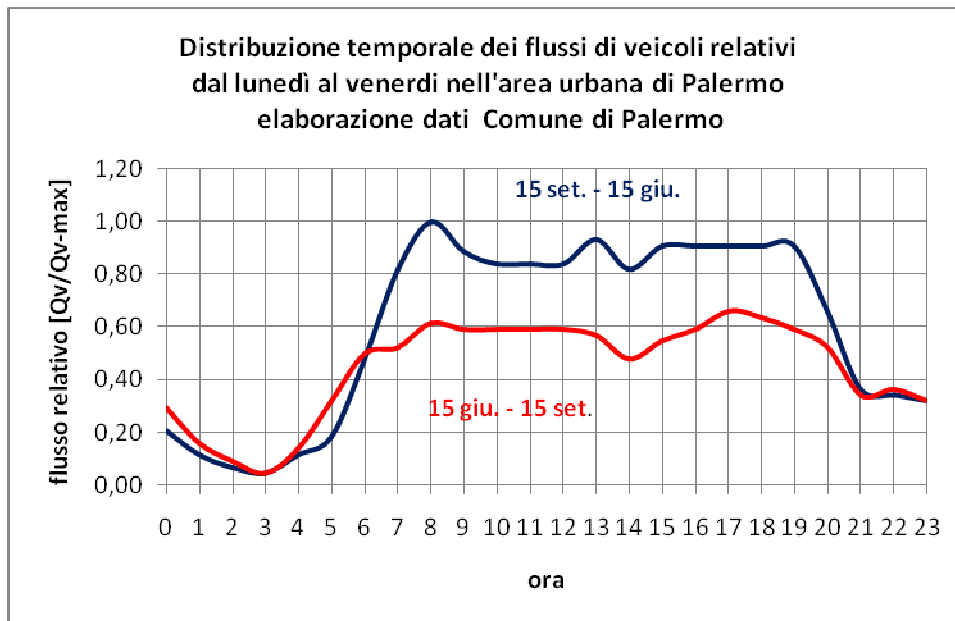


Fig. 4.25 – Distribuzione oraria dei flussi di traffico relativi nei giorni dal lunedì al venerdì nell'area urbana di Palermo

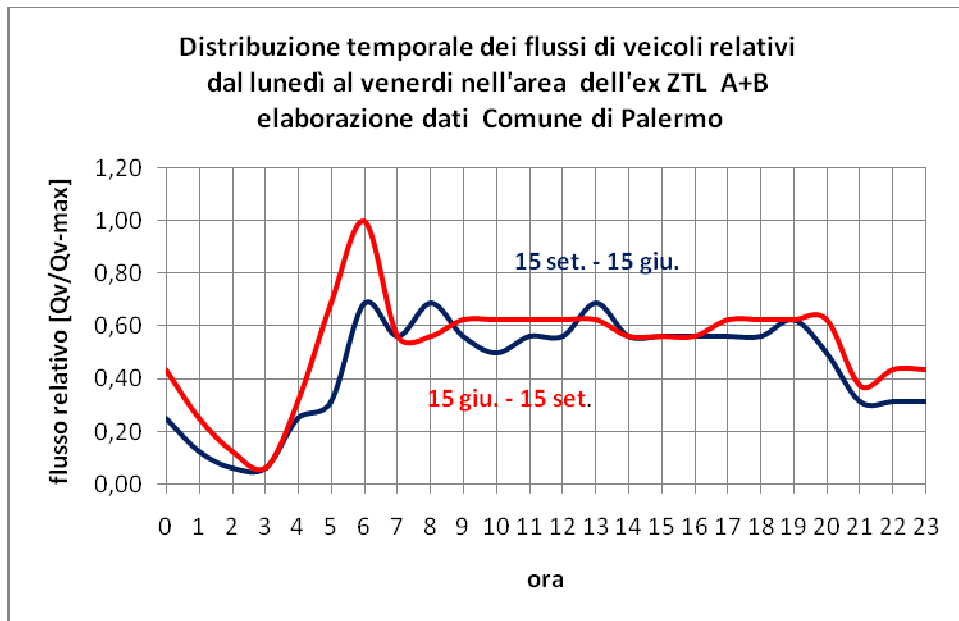


Fig. 4.26 – Distribuzione oraria dei flussi di traffico relativi nei giorni dal lunedì al venerdì nell'area dell'ex ZTL A+B

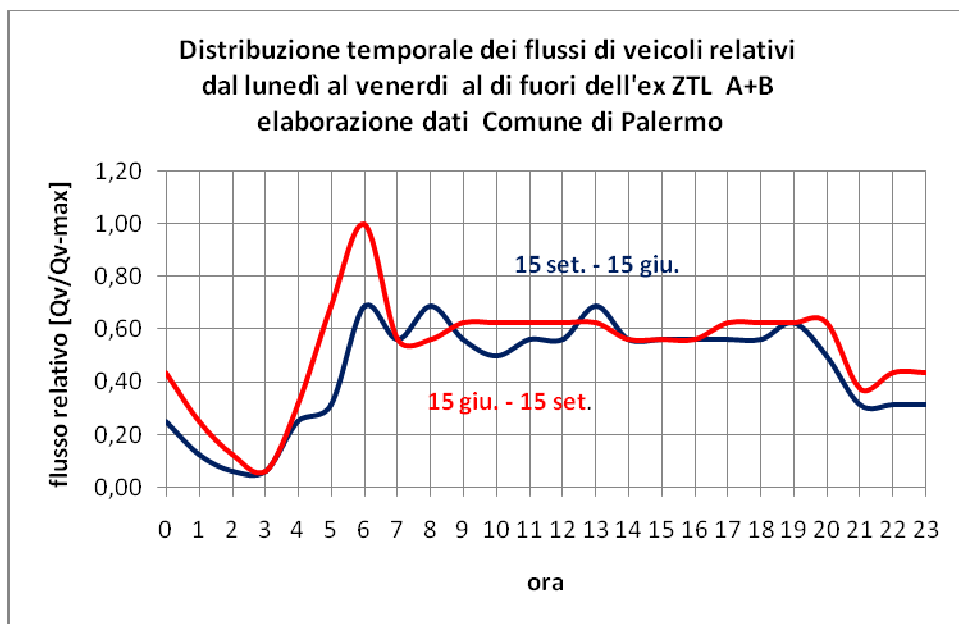


Fig. 4.27 – Distribuzione oraria dei flussi di traffico relativi nei giorni dal lunedì al venerdì al di fuori dell'area dell'ex ZTL A+B

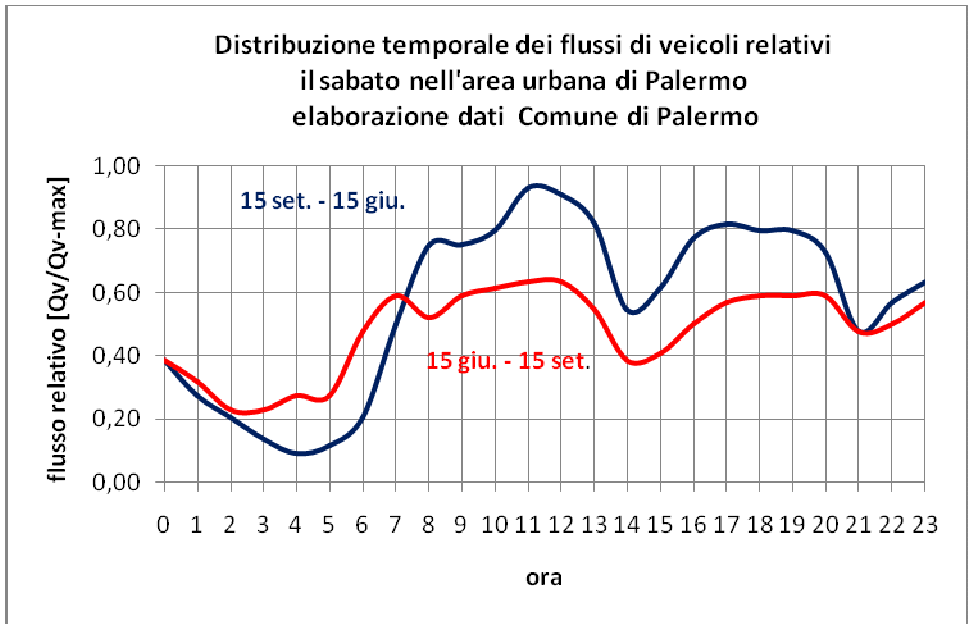


Fig. 4.28 – Distribuzione oraria dei flussi di traffico relativi il sabato nell'area urbana di Palermo

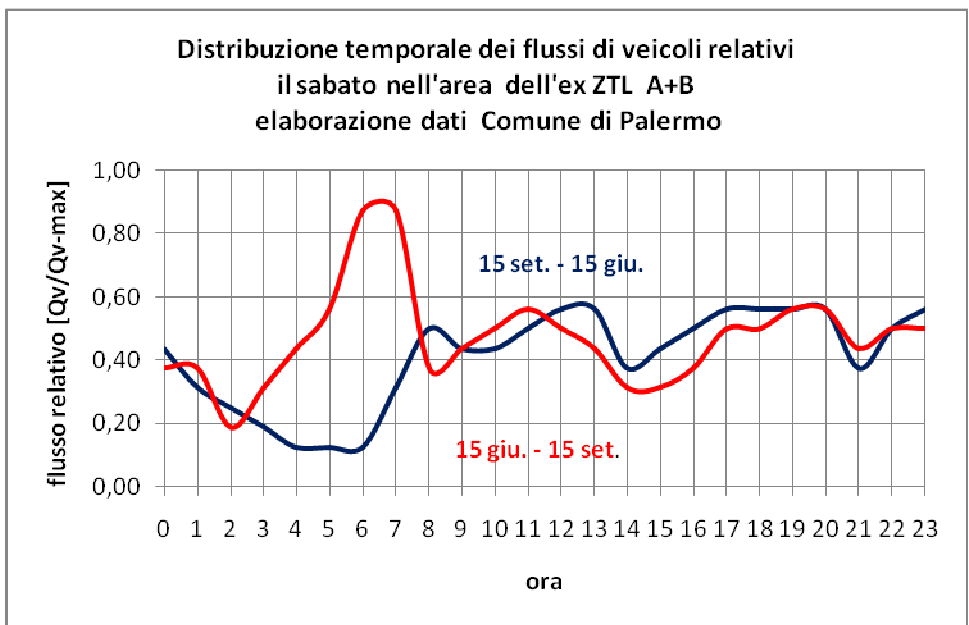


Fig. 4.29 – Distribuzione oraria dei flussi di traffico relativi il sabato nell'area dell'ex ZTL A+B

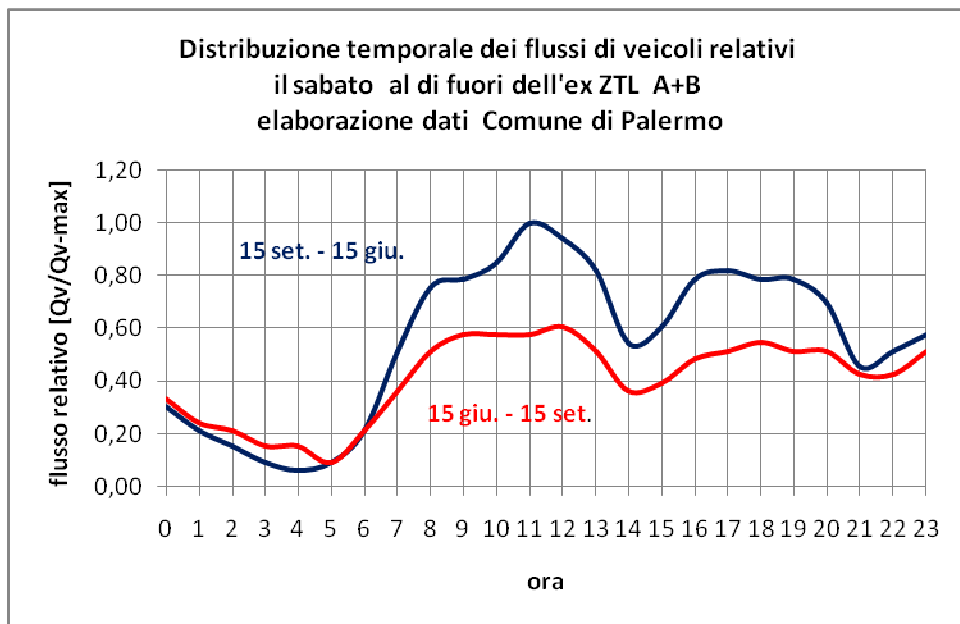


Fig. 4.30 – Distribuzione oraria dei flussi di traffico relativi il sabato al di fuori dell'area dell'ex ZTL A+B

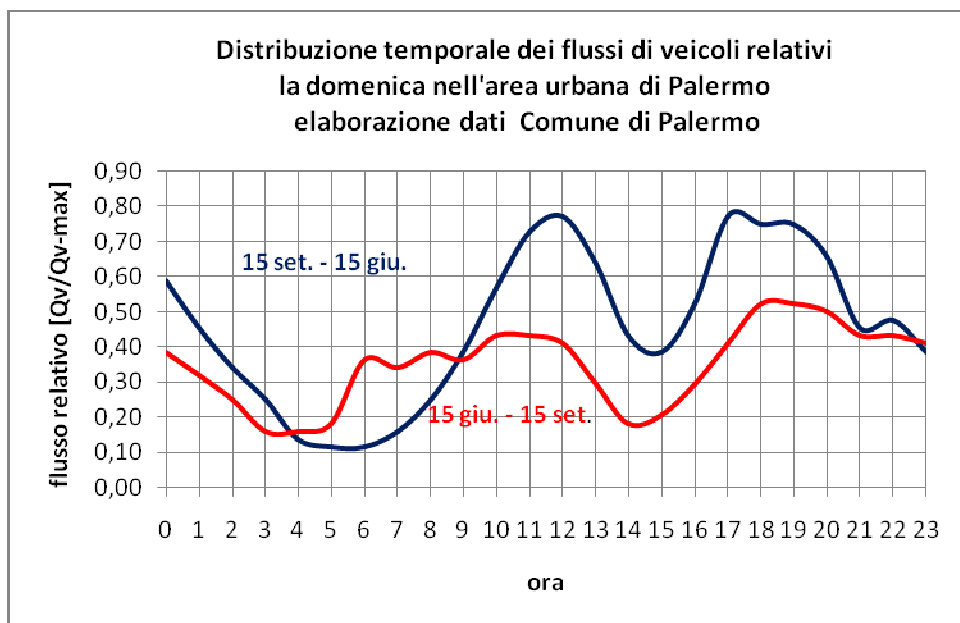


Fig. 4.31 – Distribuzione oraria dei flussi di traffico relativi la domenica nell'area urbana di Palermo

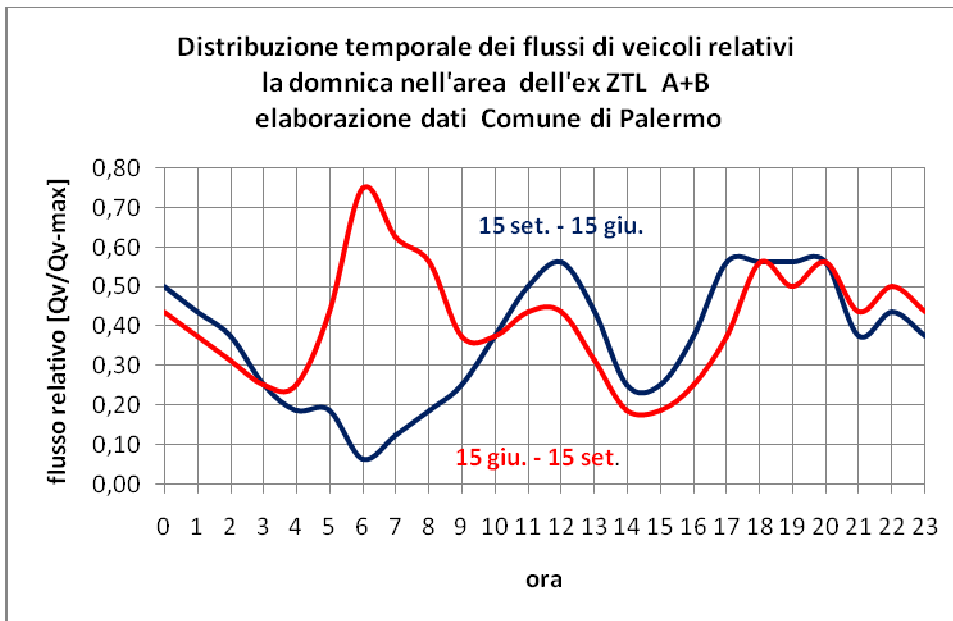


Fig. 4.32 – Distribuzione oraria dei flussi di traffico relativi la domenica nell'area dell'ex ZTL A+B

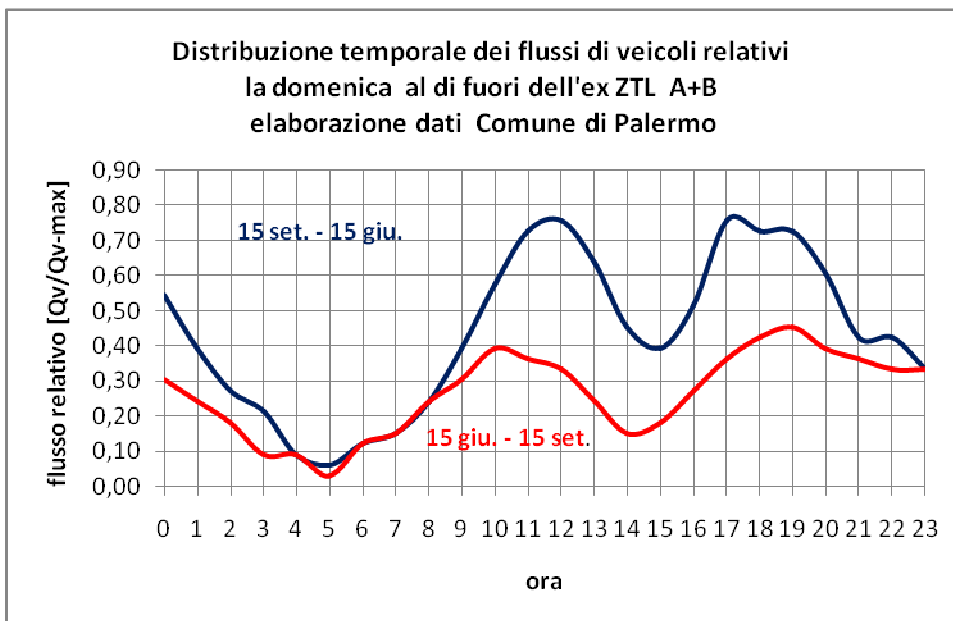


Fig. 4.33 – Distribuzione oraria dei flussi di traffico relativi la domenica al di fuori dell'area dell'ex ZTL A+B

DATI SULLA VIABILITA' PRINCIPALE DELL'AREA URBANA DI PALERMO - fonte Comune di Palermo						
ASSE VIARIO	DIRETTRICE	VELOCITA' A FLUSSO NULLO [km/h]	VELOCITA' MEDIA [km/h]	GRADO MEDIO DI SATURAZIONE [0<=#k<=1]	k - [eq.-3.19]	
Via Emiro Giafar	E-O	32	27	0,48	0,75	
Via E.Basile	E-O	43	20	0,45	0,08	
Corso Calatafimi	E-O	33	22	0,44	0,4	
Via L. Da Vinci	E-O	40	37	0,52	0,875	
Viale Lazio	E-O	38	38	0,25	0,95	
Viale Olimpo	E-O	46	39	0,43	0,7	
Lungomare	N-S	38	29	0,46	0,6	
Viale M. Di Savoia	N-S	46	42	0,56	0,875	
Corso dei Mille	N-S	38	27	0,46	0,5	
Via Roma	N-S	44	36	0,64	0,775	
Via Libertà	N-S	43	37	0,44	0,75	
Via Oreto	N-S	37	10	0,77	0,2	
Viale Strasburgo	N-S	43	30	0,31	0,2	
Via Ausonia	N-S	45	45	0,38	0,97	
Viale Regione	N-S	79	67	0,49	0,75	

Tab. 4.4 – Dati sulla viabilità principale dell'area urbana di Palermo
Fonte: Comune di Palermo

4.8 Caratteristiche delle operazioni di trasbordo dei passeggeri.

Nell'ambito di questa ricerca sono stati svolti alcuni relativamente all'area urbana di Palermo per validare e calibrare l'equazioni 2.9 e 2.10. Attualmente il titolo di viaggio viene acquistato presso esercizi commerciali convenzionati con l'azienda di trasporto. Secondo i regolamenti vigenti la salita e la discesa dei passeggeri deve avvenire attraverso porte riservate, tuttavia tale disposizione viene in massima parte disattesa. Inoltre la difficoltà nell'osservazione separata di passeggeri in salita e discesa, per altro con tempi di servizio molto vicini, rende più opportuno l'impiego dell'equazione 2.7 e 2.11

$$t_{tr} = \max \left\{ t_{trp-i} \cdot P_i + t_{trp-u} \cdot P_u ; n_{ph} \cdot (P_i \cdot t_{trp-ih} + P_u \cdot t_{trp-uh}) \right\} + t_f$$

[eq-2.7 - 4.4]

$$t_{trp} = \frac{t_{i-u} + t_{d-a} \cdot C_{oc}^{k_{iu}}}{N_p^{j_{iu}}} \quad [\text{eq.2.11- 4.4}]$$

In particolare nelle figure 4.33 e 4.34 si ricava un franco t_f pari in media a 5 secondi, un valore di t_{i-u} pari a circa 1,7 secondi, ed un valore di j_{iu} pari all'unità. Viene riscontrata una deviazione standard dal tempo di trasbordo previsto di 2,1 secondi. Data l'assenza di osservazioni con coefficienti d'occupazione C_{oc} elevati, non è stato possibile stimare il coefficiente k_{iu} , che si assume pari a 2. Si ottiene in fine la seguente equazione.

$$t_{tr} = \frac{1,7 + 2 \cdot C_{oc}^2}{N_p} \cdot (P_i + P_u) + 5 \text{ [s]} \quad [\text{eq-2.12 - 4.5}]$$

Con :

$$dev.st(t_{tr}) = \pm 2,5 \text{ [s]} \quad [\text{eq-2.13 - 4.6}]$$

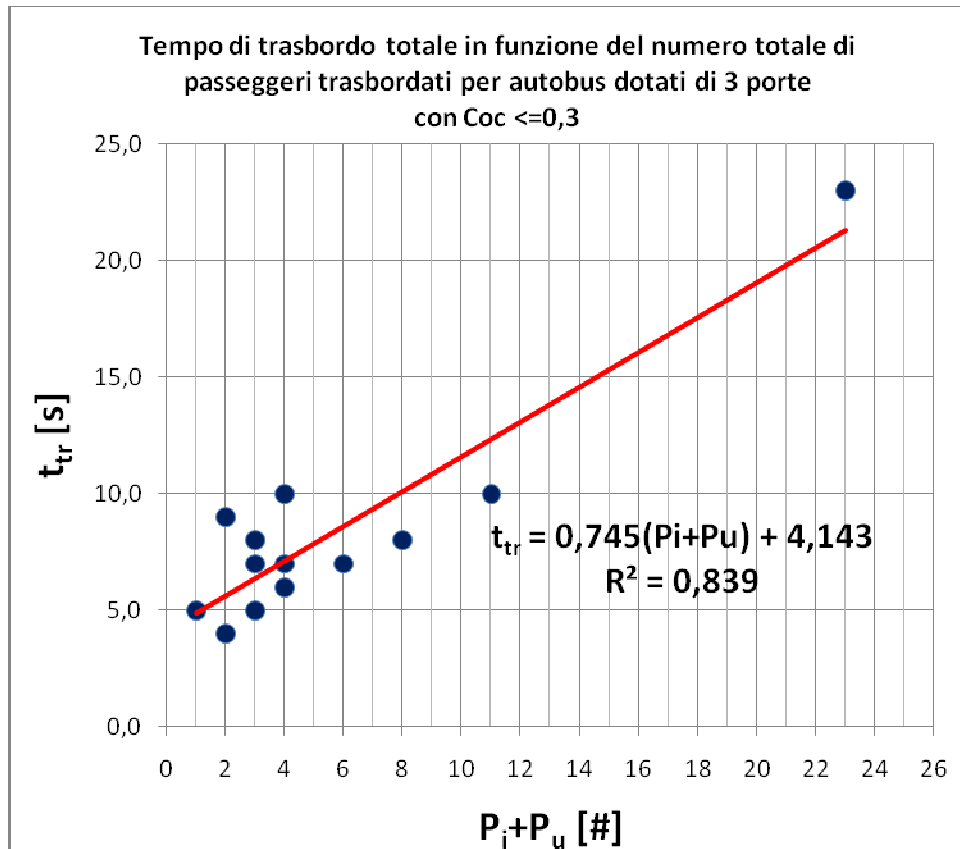


Fig 4.34 - Relazione tra il tempo di trasbordo totale ed il numero totale di passeggeri trasbordati per fermata per autobus dotati di 3 porte

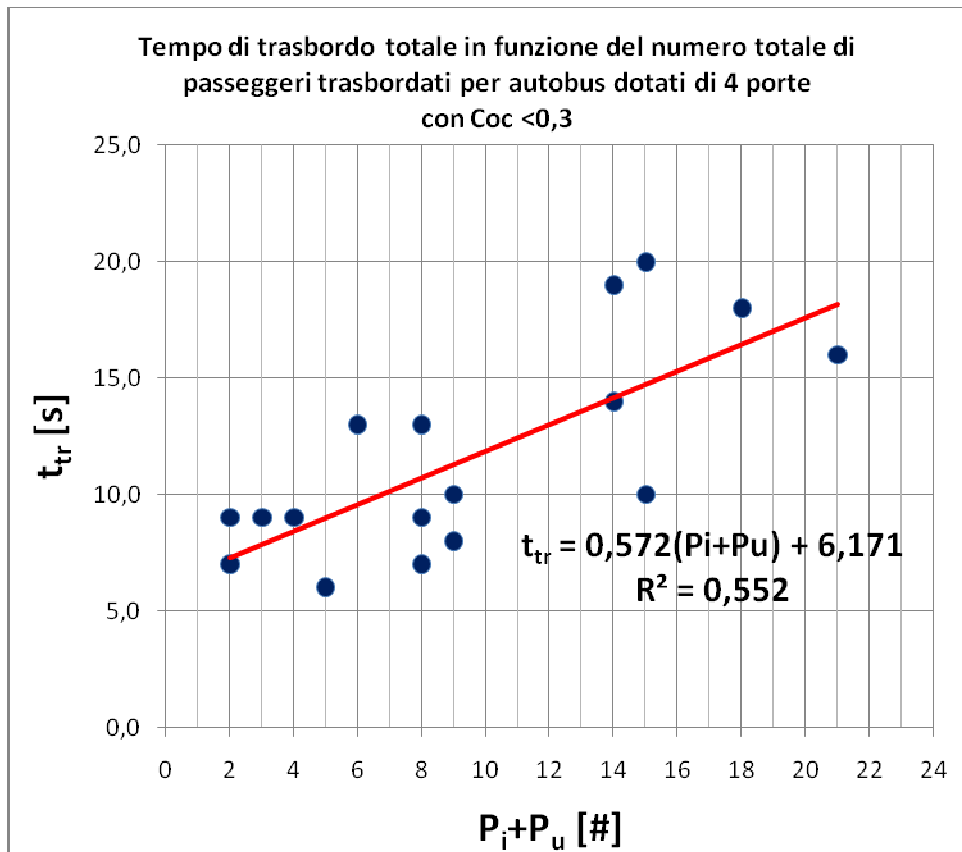


Fig 4.35 - Relazione tra il tempo di trasbordo totale ed il numero totale di passeggeri trasbordati per fermata per autobus dotati di 4 porte

CAPITOLO 5

Analisi di due linee autobus nell'area urbana di Palermo

5.1 Introduzione

Il metodo introdotto nei capitoli 2 e 3 è stato applicato alle linee AMAT-101 ed AMAT-105 sia a scopo di validazione del metodo stesso per quanto riguarda le velocità commerciali, che di analisi delle prestazioni del servizio offerto in termini di velocità origine-destinazione. Per tale studio, in mancanza di dati e ricerche specifiche, la distribuzione oraria degli utenti, e delle velocità V_{r0} , è stata ricavata a partire dai dati forniti dal Comune di Palermo e riportati al capitolo 4. Per gli spostamenti origine-destinazione medi S_{OD} sono stati adottati i valori ricavati dalle curve riportate in fig.4.22 e 4.23.

5.2 Analisi della linea AMAT-101

La linea AMAT-101 collega la Stazione Centrale posta al confine sud del Centro Storico con lo Stadio Renzo Barbera attraversando il centro città (Centro Storico e Quartieri Politeama e Libertà), ricadente all'interno del perimetro dell'ex ZTL A+B. La linea si sviluppa quasi completamente secondo l'asse Nord-Sud lungo le vie Roma, Libertà e Croce Rossa. Ha uno sviluppo complessivo di 12,8 km interamente su corsie riservate.

Con 15.500.000 passeggeri annui (dati AMAT-2008) è la linea di gran lunga più utilizzata nell'area urbana di Palermo. Secondo le curve riportate in figura 4.22 e 4.23 lo spostamento origine-destinazione dell'utente medio S_{OD} della linea AMAT-101 è di 5 km con una deviazione standard $dev.st(S_{OD})$ di 2,2 km.

Il servizio è svolto dalle 4:00 alle 24:00 nei giorni feriali e dalle 6:00 alle 23:00 la Domenica. Il numero di autobus impiegato per il servizio nei giorni feriali è pari

a 20 . Attraverso il procedimento illustrato al capitolo 3 si è stimata la v'_{r0} lungo il percorso della linea. Essa risulta pari a 20 km/h con una deviazione standard di 1,5 km/h. Da tale valore applicando l'eq.3.19 e dalla distribuzione dei coefficienti, $[Q_v/Q_{v-max}]$ riportata in figura 4.26 si ottiene la distribuzione della v_{r0} durante l'orario di servizio.



Fig. 5.1 – Percorso della linea AMAT-101

DISTRIBUZIONI UTENTI ANNUI		LINEA AMAT : 101
	FRAZIONE UTENTI ANNUI	UTENTI
ANNO	1,0000	15.500.000
15 SET.-15 GIU.	0,7294	11.306.121
MESE INVERNALE	0,0810	1.256.236
SETTIMANA INVERNALE	0,0188	292.148
GIORNO : LUNEDI-VENERDI'	0,0029	44.624
GIORNO : SABATO	0,0025	38.945
GIORNO : DOMENICA	0,0019	30.082
15 GIU.- 15 SET.	0,2649	4.106.234
MESE ESTIVO	0,0876	1.358.216
SETTIMANA ESTIVA	0,0204	315.864
GIORNO : LUNEDI-VENERDI'	0,0031	48.494
GIORNO : SABATO	0,0026	40.505
GIORNO : DOMENICA	0,0021	32.891

Tab. 5.1 – Distribuzione dell’utenza annua della linea AMAT-101 su scala stagionale, mensile, settimanale e giornaliera

Applicando il metodo illustrato al capitolo 2, per i parametri d’ingresso riportati nella tabella 5.1 , si ottengono le curve della velocità commerciale e della velocità origine-destinazione in funzione della distanza tra fermate $v_c(\mathbf{D})$ e $v_{OD}(\mathbf{D})$ riportate in fig. 5.2. Tali curve sono state ricavate per i valori medi dei parametri d’ingresso nell’orario 8:00 - 20:00. Si ha che per il valore corrente di D pari a 250m , si ottiene un valore della v_c pari a 11km/h con una deviazione standard di 1,7 km/h. Da vari rilievi cronometrici svolti sul campo negli stessi orari, risulta un valore medio effettivo della v_c pari a 11,2 km/h con una deviazione standard di 1,4 km/h. Anche il confronto tra la v_{r0} misurata (pari a 16 km/h) e quella stimata negli stessi orari, anch’essa pari in media a 16 km/h, non smentisce la teoria alla base del metodo proposto.

In figura 5.4 si riportano invece le curve $v_c(\mathbf{t})$ e $v_{OD}(\mathbf{t})$ che descrivono l’andamento delle stesse velocità con gli intervalli di deviazione, durante l’orario di servizio di un tipico giorno feriale, per l’attuale distanza media tra fermate pari a 250 m. In figura 5.5 e 5.6 vengono riportate le stesse curve per eventuali valori della distanza tra fermate di 500m e 150m , valori estremi consigliati dalla letteratura.

Da tali curve si evince che l'effetto della variazione della distanza media tra fermate sulla velocità commerciale v_c è quantificabile in $(dv_c/dD) = 0,006$ km/hm per l'attuale distanza media D pari a 250m. Si evince anche la scarsa influenza della distanza tra fermate e della velocità commerciale, sulla velocità origine-destinazione, che si mantiene per la linea oggetto di studio sempre su valori compresi tra 7 ed 8 km/h . I digrammi mostrati sono riportati in forma tabellare in appendice.

PARAMETRI LINEA AMAT-101		media - μ	dev.st - σ
PARAMETRI PERCORSO			
Lunghezza percorso	[km]	12,8	0
S_{OD} - km	[km]	5	2,2
D	[m]	250	30
PARAMETRI DI ACCESSIBILITA'			
V_p	[km/h]	4,5	0,8
$D_{OI} = D_{ID}$	[km]	0,48	0,17
PARAMETRI DINAMICI			
a	[m/s ²]	0,8	0,1
b	[m/s ²]	0,8	0,1
V'_{r0}	[km/h]	20,0	1,8
PARAMETRI UTENZA			
utenti annui	[#]	15500000	775000
$\sigma(\text{utenti annui})/(\text{utenti annui})$			0,05
(utenti giorno/utenti anno)	[0<= # <=1]	0,0029	0,00014
$\sigma(\text{utenti giorno})/(\text{utenti giorno})$			0,05
$\sigma(Qph/Qpg)/(Qph/Qpg)$	[0<= # <=1]		0,1
n_h	[0<= # <=1]	0	0
CARATTERISTICHE VEICOLI			
vetture in servizio	[orario] [#]	5-7 / 21-24	5
		7-21	20
capacità max veicolo	[passeggeri]	150	15
t_{sc}	[s]	4	2
N°porte ingresso	[#]	2	0,5
N°porte uscita	[#]	2	0,5
N°porte	[#]	4	0,7
rispetto percorsi riservati	[SI/NO]	NO	
PARAMETRI DI TRASBORDO			
K_i	[#]	2	0
K_u	[#]	2	0
j_i	[0<= # <=1]	1	0,1
j_u	[0<= # <=1]	1	0,1
t_i	[s]	1,7	0,5
t_u	[s]	1,7	0,5
t_{di}	[s]	2	0,5
t_{au}	[s]	2	0,5
$t_{trph-i} = t_{trph-u}$	[s]	30	10
t_f	[s]	5	2,5
PARAMETRI DI TRAFFICO			
$\sigma(Qvh/Qvmax)/(Qvh/Qvmax)$	[0<= # <=1]		0,1
K	[0<= # <=1]	0,7	0,1
K-saturazione @ Qmax	[0<= # <=1]	1	

Tab. 5.2 – Parametri d'ingresso della linea AMAT-101

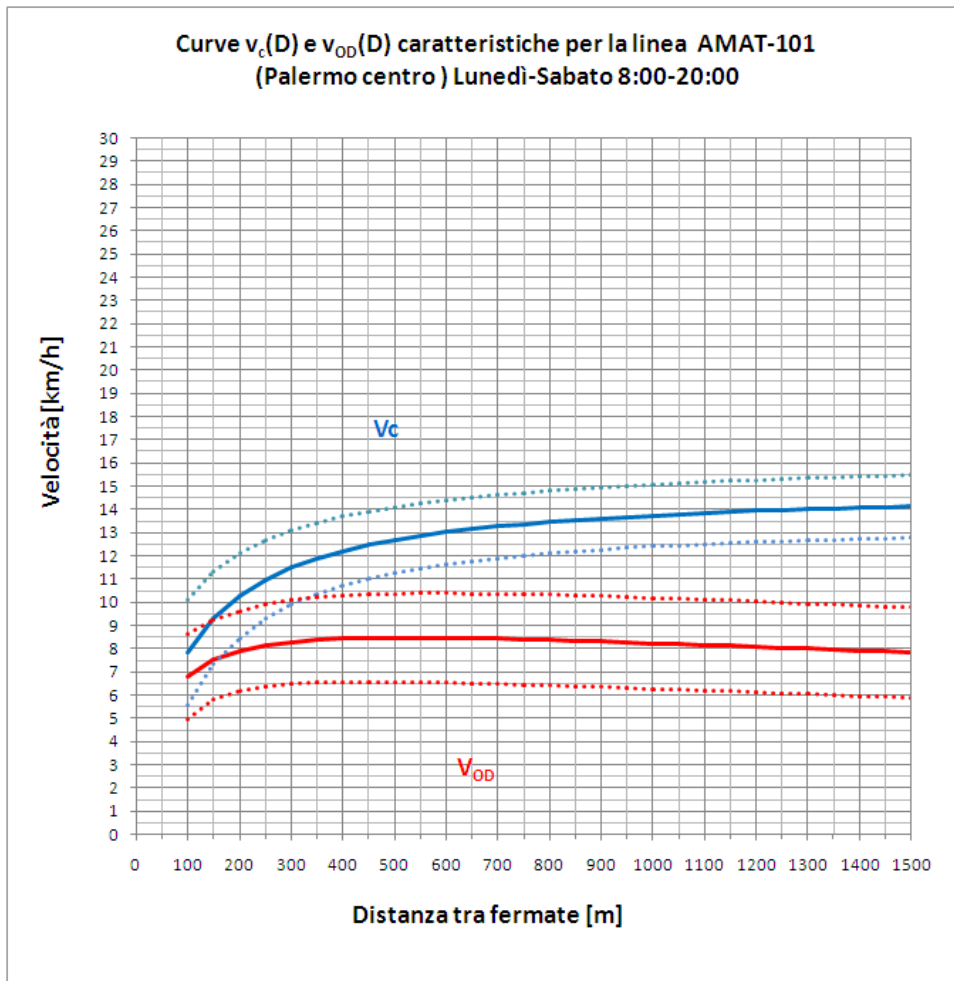


Fig. 5.2 – Curve $v_c(D)$ e $v_{OD}(D)$ per linea AMAT-101 nell'orario 8:00 – 20:00 nei giorni feriali

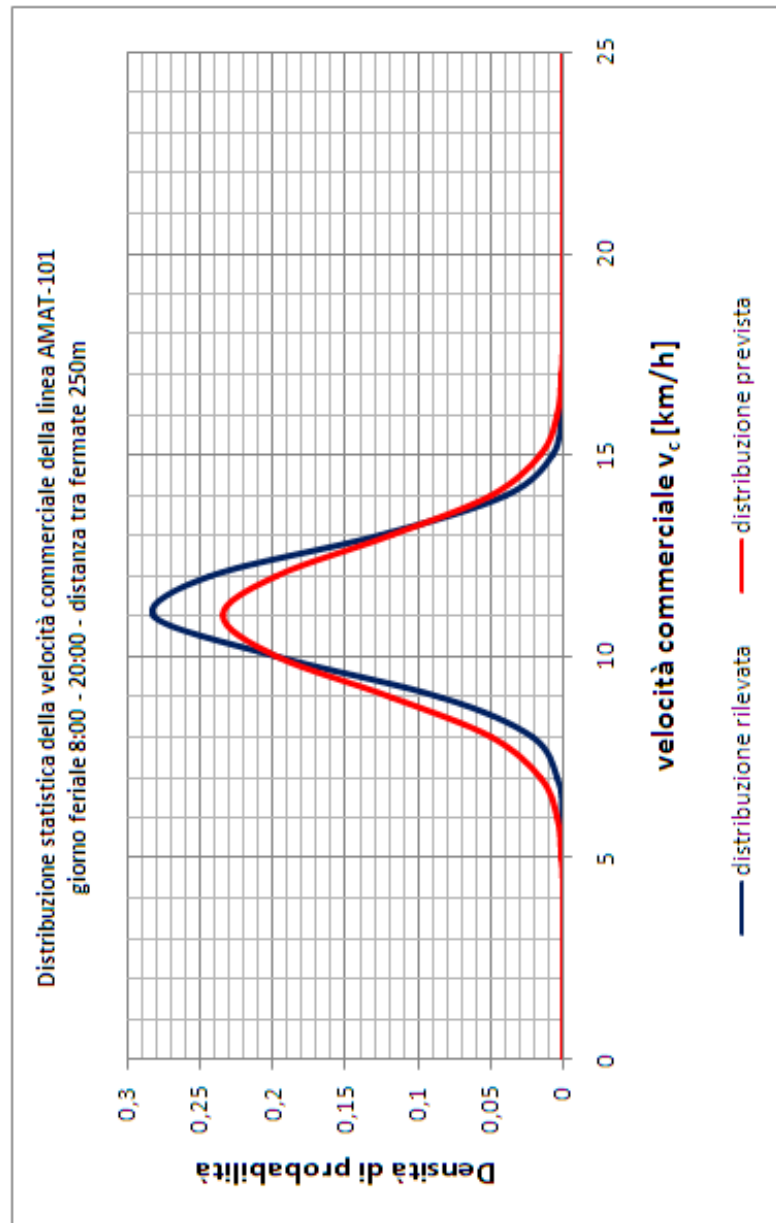


Fig. 5.3 – distribuzione statistica delle velocità commerciali v_c rilevate e previste dal modello per la linea AMAT-101 nell'orario 8:00 – 20:00 nei giorni feriali

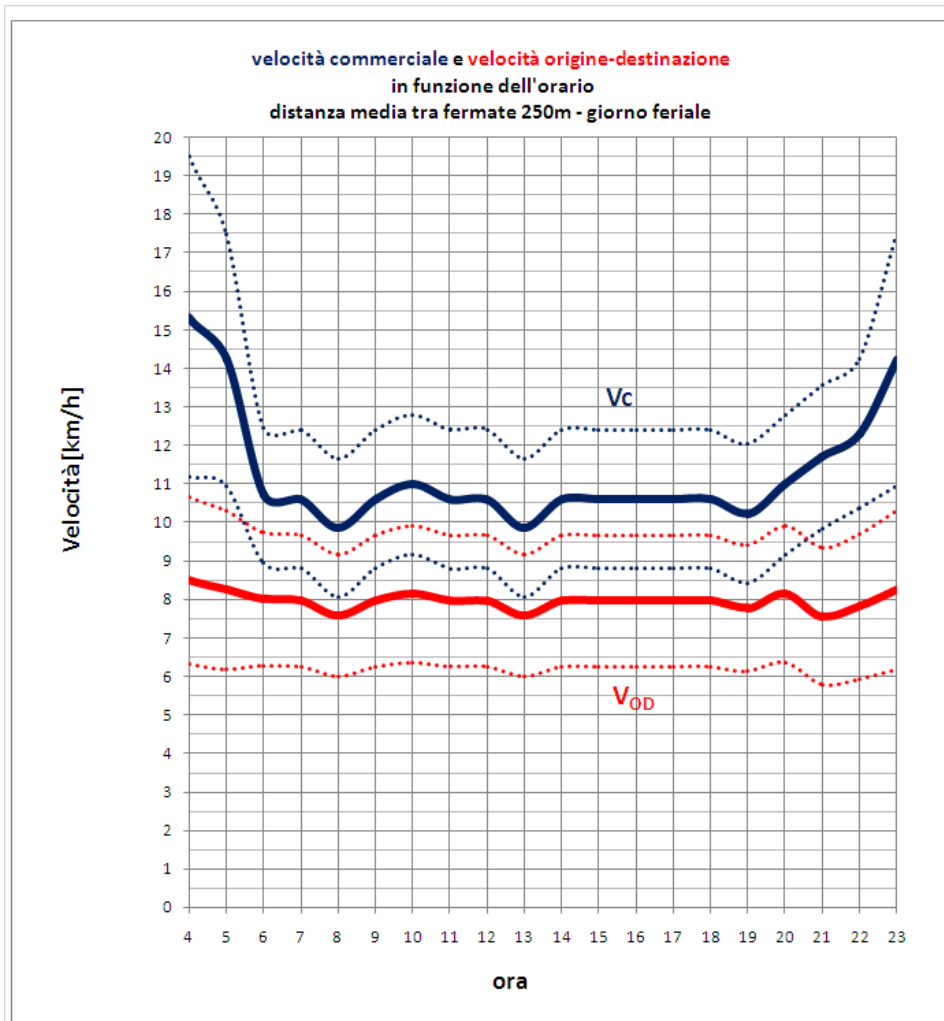


Fig. 5.4 – Curve $v_c(t)$ e $v_{OD}(t)$ per linea AMAT-101 nei giorni feriali per la distanza media tra fermate attuale pari a 250m

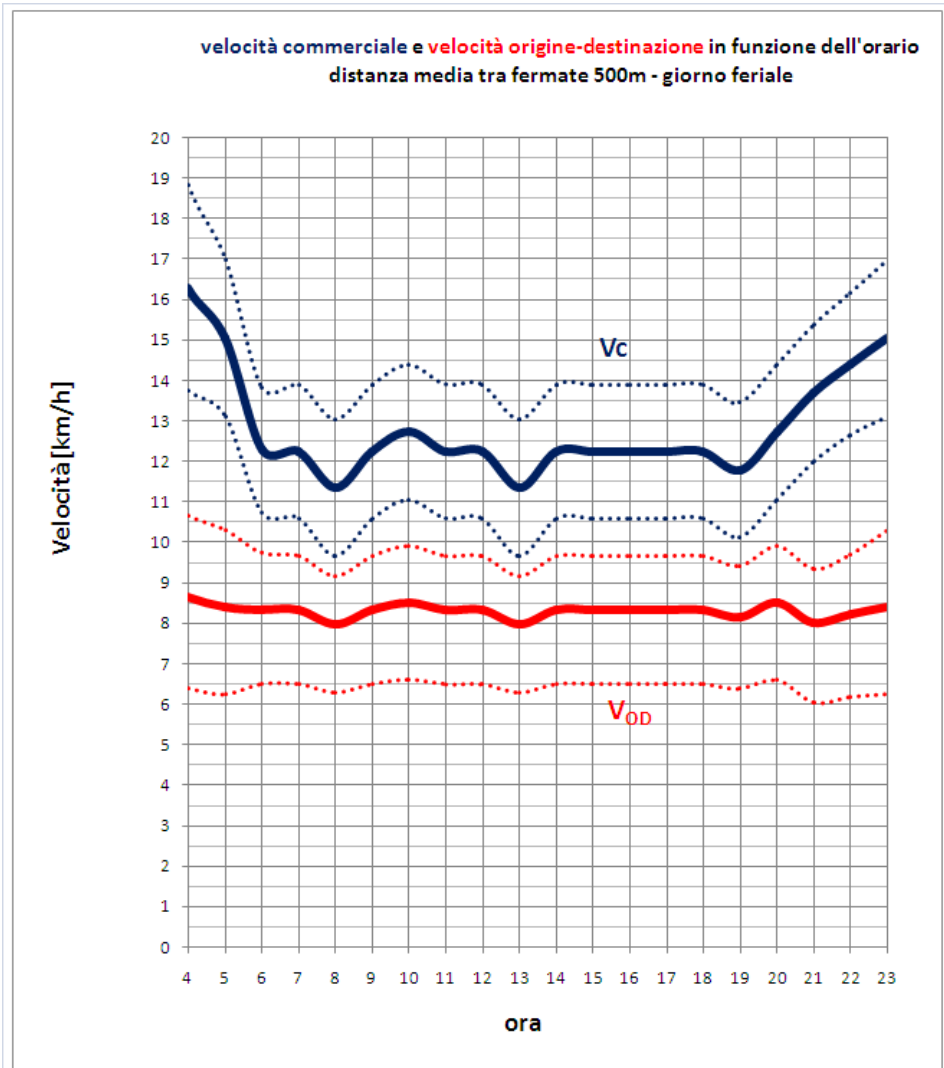


Fig. 5.5 – Curve $v_c(t)$ e $v_{OD}(t)$ per linea AMAT-101 nei giorni feriali per la distanza media tra fermate pari a 500m

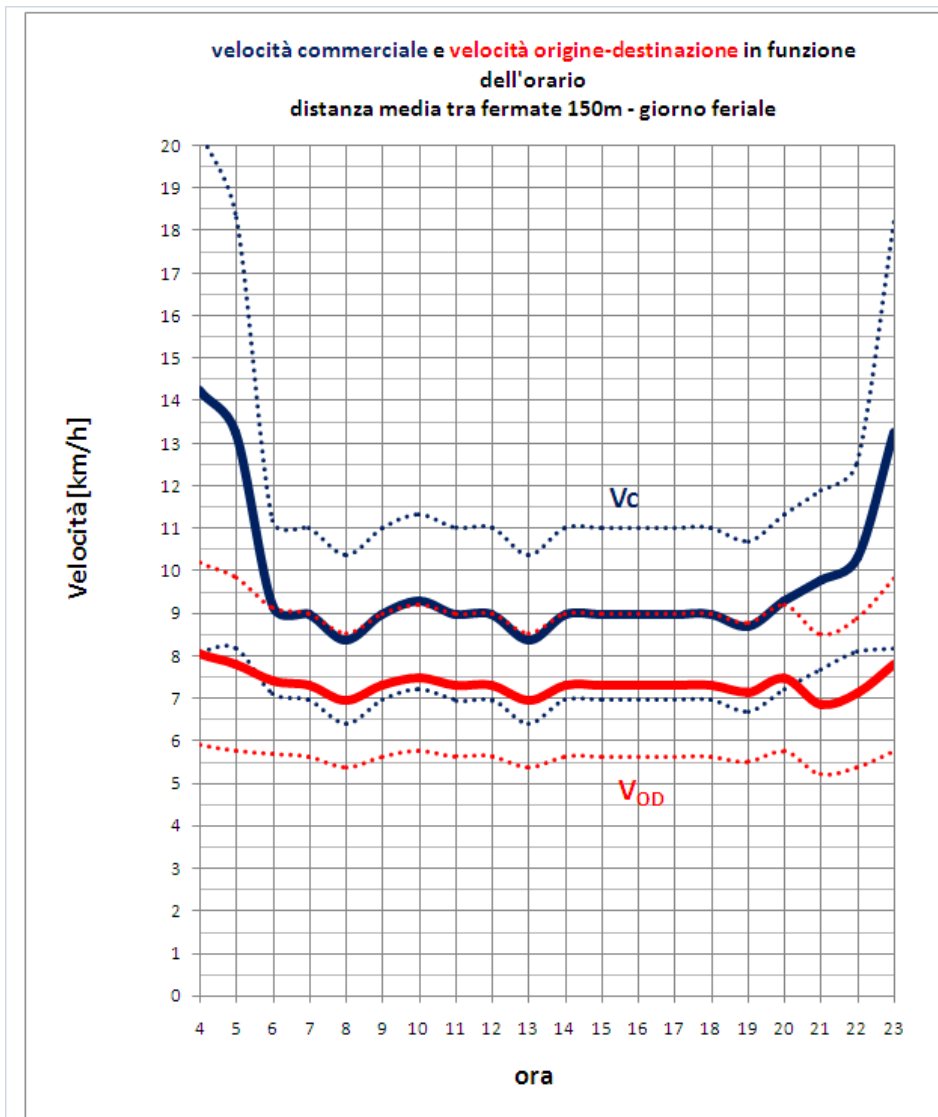


Fig. 5.6 – Curve $v_c(t)$ e $v_{OD}(t)$ per linea AMAT-101 nei giorni feriali per la distanza media tra fermate pari a 150m

5.3 Analisi della linea AMAT-105

La linea AMAT-105 collega le arterie di scorrimento secondo l'asse Nord-Sud di Viale della Regione Siciliana e Via Francesco Crispi, attraversando il Centro Storico secondo il suo asse storico Est-Ovest (Cassaro) che prende i nomi di Corso Calatafimi e Corso Vittorio Emanuele. Il percorso della linea in oggetto ricade all'interno del perimetro dell'ex ZTL A+B con uno sviluppo complessivo di 9,6 km su sede promiscua fatta eccezione per poche centinaia di metri .

Con 340000 passeggeri annui (dati AMAT-2008) è tra le linee meno utilizzate nell'area urbana di Palermo. Secondo le curve riportate in figura 4.22 e 4.23 lo spostamento origine-destinazione dell'utente medio S_{OD} della linea AMAT-105 è di 1,6 km con una deviazione standard $dev.st(S_{OD})$ di 0,8 km.

Il servizio è svolto dalle 4:00 alle 24:00 nei giorni feriali e dalle 6:00 alle 23:00 la Domenica. Il numero di autobus impiegato per il servizio nei giorni feriali è pari a 2 dalle 6:00 alle 21:00 e pari ad uno per il resto dell'orario di servizio. Analogamente al caso precedente si è stimata la V_{r0} pari a 20 km/h con una deviazione standard di 2 km/h, da cui applicando l'eq.3.19 si ricava mediante la distribuzione dei coefficienti $[Q_v/Q_{v-max}]$ riportata in figura 4.26 si ottiene la distribuzione della V_{r0} durante l'orario di servizio.



Fig. 5.7 – Percorso della linea AMAT-105

DISTRIBUZIONE UTENTI ANNUI		LINEA AMAT : 105
	FRAZIONE UTENTI ANNUI	UTENTI
ANNO	1,0000	338.000
15 SET.-15 GIU.	0,7339	248.046
MESE INVERNALE	0,0815	27.561
SETTIMANA INVERNALE	0,0190	6.409
GIORNO : LUNEDI-VENERDI'	0,0029	982
GIORNO : SABATO	0,0024	827
GIORNO : DOMENICA	0,0020	672
15 GIU.-15 SET.	0,2604	88.031
MESE ESTIVO	0,0861	29.118
SETTIMANA ESTIVA	0,0200	6.772
GIORNO : LUNEDI-VENERDI'	0,0031	1.040
GIORNO : SABATO	0,0025	849
GIORNO : DOMENICA	0,0021	721

Tab. 5.3 – Distribuzione dell'utenza annua della linea AMAT-105 su scala stagionale, mensile, settimanale e giornaliera

Per i parametri d'ingresso riportati nella tabella 5.4 , si ottengono le curve della velocità commerciale e della velocità origine-destinazione in funzione della distanza tra fermate $v_c(\mathbf{D})$ e $v_{OD}(\mathbf{D})$ riportate in fig. 5.8, ricavate per i valori medi dei parametri d'ingresso nell'orario 8:00 - 20:00. Per il valore corrente di D pari a 250m , si ottiene un valore della v_c pari a 9,5 km/h con una deviazione standard di 1,8 km/h..

In figura 5.9 si riportano invece le curve $v_c(\mathbf{t})$ e $v_{OD}(\mathbf{t})$ che descrivono l'andamento delle stesse velocità con gli intervalli di deviazione, durante l'orario di servizio di un tipico giorno feriale, per l'attuale distanza media tra fermate pari a 250 m. In figura 5.10 e 5.11 vengono riportate le stesse curve per eventuali valori della distanza tra fermate di 500m e 150m. L'effetto della variazione della distanza media tra fermate sulla velocità commerciale v_c viene stimato in $(dv_c/dD) = 0,004$ km/hm per l'attuale distanza media D pari a 250m. Anche in questo caso il modello proposto indica l'influenza trascurabile della distanza tra fermate e della velocità commerciale, sulla velocità origine-destinazione v_{OD} ,

che si mantiene per la linea oggetto di studio sempre intorno a 3km/h. Tale valore molto basso, addirittura inferiore alla velocità pedonale media, è dovuto al tempo di attesa mediamente pari a 14 minuti, secondo il modello. Tale valore per il tempo d'attesa medio coincide con quello dichiarato dall'azienda.

Dall'analisi di questa linea se ne deduce l'utilità generale solo per quegli utenti con limitate capacità motorie data la bassa velocità origine-destinazione offerta od un'utilità limitata a quegli utenti interessati ad itinerari specifici. Tali considerazioni trovano ulteriore riscontro nel basso numero di utenti annui. I digrammi mostrati sono riportati in forma tabellare in appendice.

PARAMETRI LINEA AMAT-105		media - μ	dev.st - σ
PARAMETRI PERCORSO			
Lunghezza percorso	[km]	9,6	0
S _{OD} - km	[km]	1,6	0,8
D	[m]	250	30
PARAMETRI DI ACCESSIBILITA'			
V _p	[km/h]	4,5	0,8
D _{OI} = D _{ID}	[km]	0,48	0,17
PARAMETRI DINAMICI			
a	[m/s ²]	0,8	0,1
b	[m/s ²]	0,8	0,1
V' _{r0}	[km/h]	20,0	2
PARAMETRI UTENZA			
utenti annui	[#]	338000	16900
$\sigma(\text{utenti annui})/(\text{utenti annui})$			0,05
(utenti giorno/utenti anno)	[0<= # <=1]	0,0029	0,00014
$\sigma(\text{utenti giorno})/(\text{utenti giorno})$			0,05
$\sigma(Qph/Qpg)/(Qph/Qpg)$	[0<= # <=1]		0,1
n _h	[0<= # <=1]	0	0
CARATTERISTICHE VEICOLO			
veicoli in servizio	[orario] [#]	5-7 / 21-24	1
		7-21	2
capacità max veicolo	[passeggeri]	80	0
t _{sc}	[s]	4	2
N°porte ingresso	[#]	1	0
N°porte uscita	[#]	1	0
N°porte	[#]	2	0,0
rispetto percorsi risevati	[SI/NO]	NO	
PARAMETRI DI TRASBORDO			
K _i	[#]	2	0
K _u	[#]	2	0
j _i	[0<= # <=1]	1	0,1
j _u	[0<= # <=1]	1	0,1
t _i	[s]	1,7	0,5
t _u	[s]	1,7	0,5
t _{di}	[s]	2	0,5
t _{su}	[s]	2	0,5
t _{trph-i} = t _{trph-u}	[s]	30	10
t _f	[s]	5	2,5
PARAMETRI DI TRAFFICO			
$\sigma(Qvh/Qvmax)/(Qvh/Qvmax)$	[0<= # <=1]		0,1
K	[0<= # <=1]	0,5	0,1
K-saturazione @ Qmax	[0<= # <=1]	1	

Tab. 5.4 – Parametri d'ingresso della linea AMAT-105

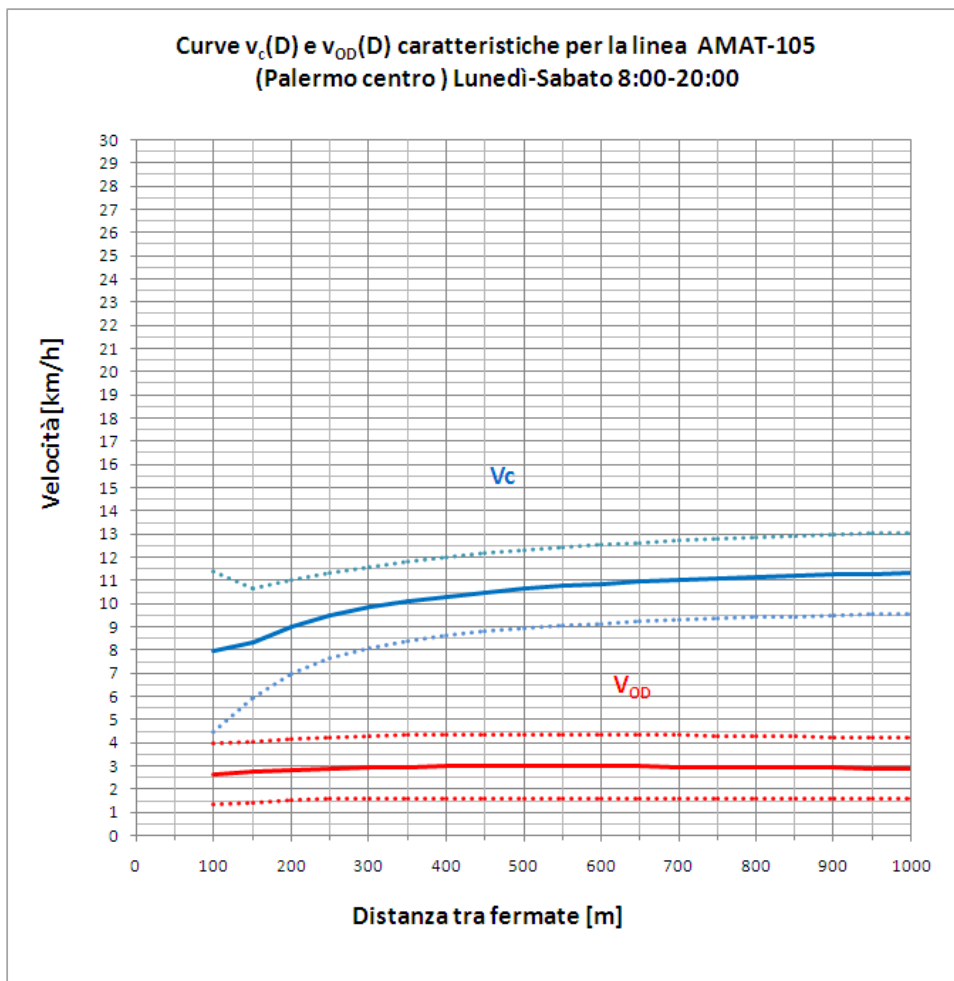


Fig. 5.8 – Curve $v_c(D)$ e $v_{OD}(D)$ per linea AMAT-105 nell'orario 8:00 – 20:00 nei giorni feriali

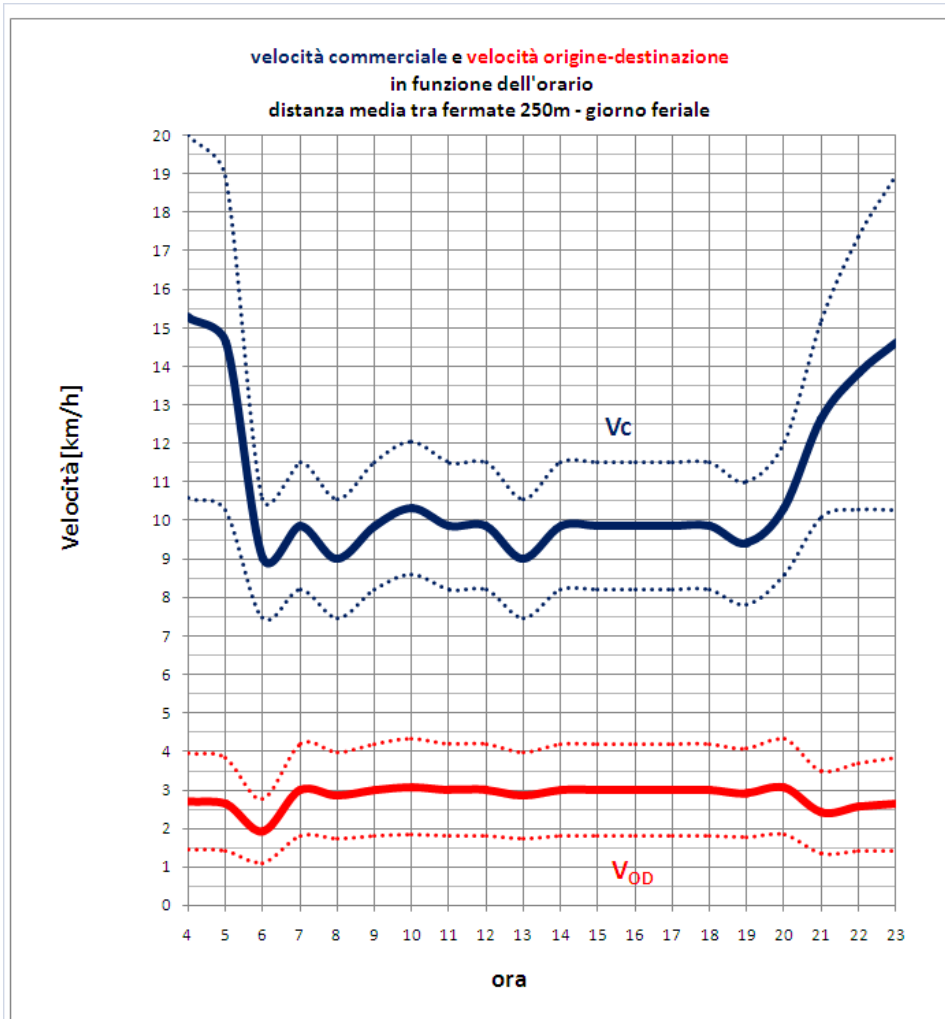


Fig. 5.9 – Curve $v_c(t)$ e $v_{OD}(t)$ per linea AMAT-105 nei giorni feriali per la distanza media tra fermate attuale pari a 250m

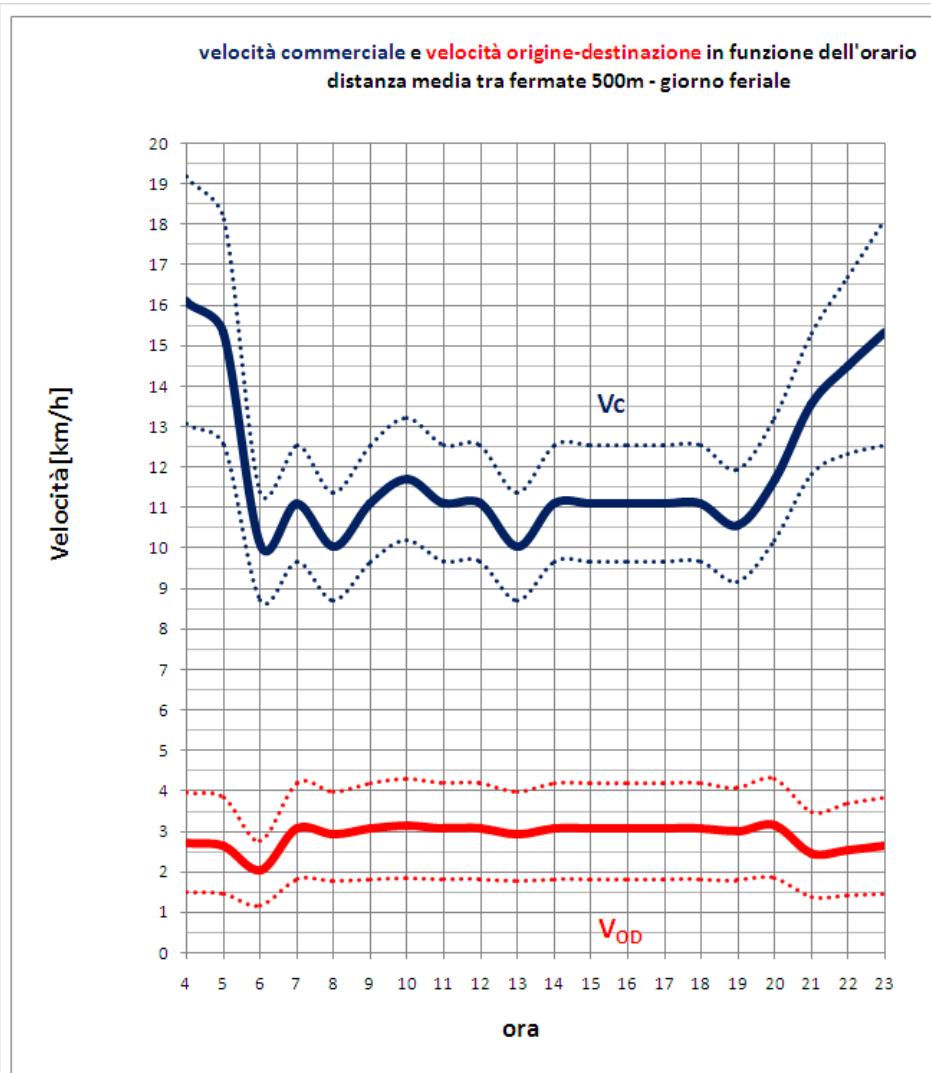


Fig. 5.10 – Curve $v_c(t)$ e $v_{OD}(t)$ per linea AMAT-105 nei giorni feriali per la distanza media tra fermate pari a 500m

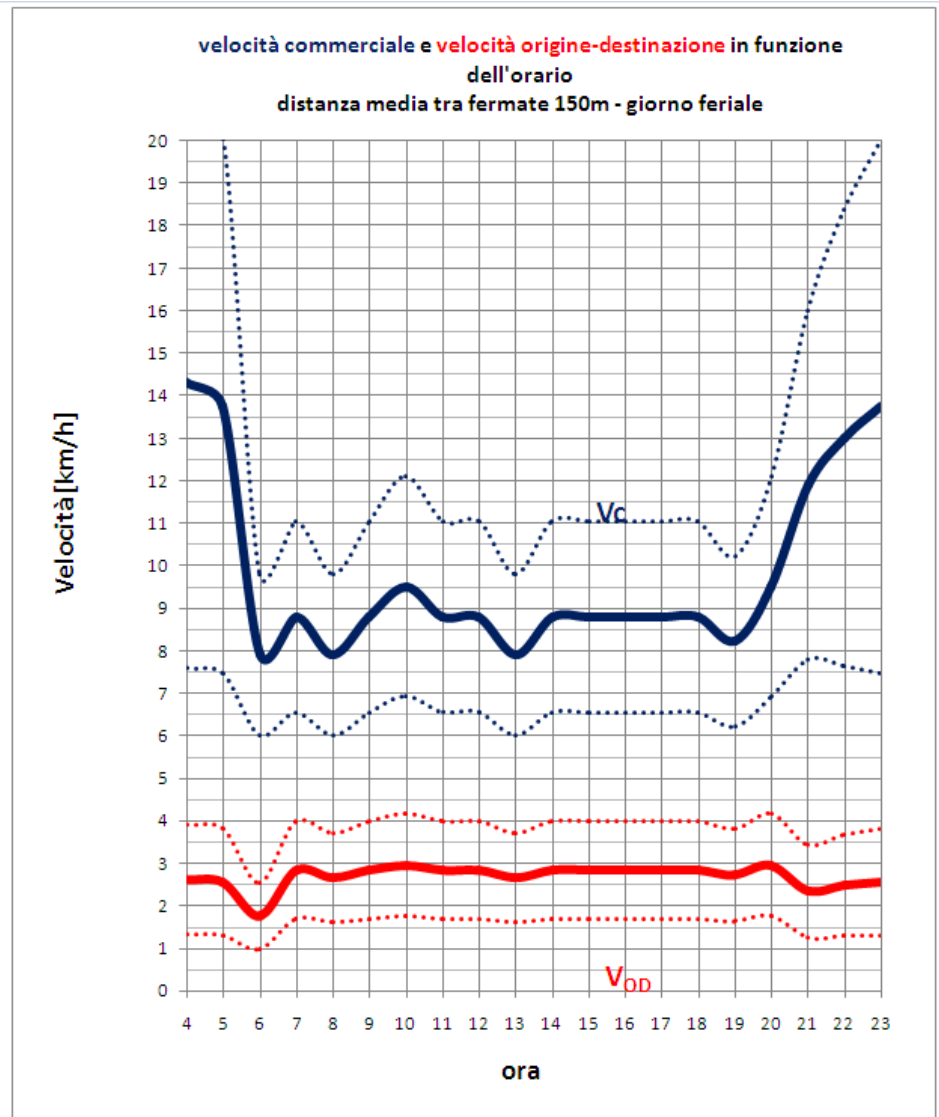


Fig. 5.11 – Curve $v_c(t)$ e $v_{OD}(t)$ per linea AMAT-105 nei giorni feriali per la distanza media tra fermate pari a 250m

CAPITOLO 6

Analisi di tre linee autobus nell'area urbana di Los Angeles

6.1 Introduzione

Allo scopo di fornire un confronto tra le relazioni $v_c(\mathbf{D})$ e $v_{OD}(\mathbf{D})$ ricavate per le linee dell'area urbana di Palermo oggetto d'analisi nel capitolo precedente, e quanto avviene in realtà urbane diverse, il modello proposto è stato applicato a tre linee autobus nell'area urbana di Los Angeles (California – U.S.A.), di cui è nota la velocità commerciale ed i limiti dell'intervallo in cui sono compresi i flussi d'utenza (dichiarati dagli operatori).

La particolarità di Los Angeles è rappresentata dalla vastità della sua area urbana, la prima per estensione degli Stati Uniti e dalla mancanza di un vero sistema di trasporto pubblico, a parte i servizi autobus ed una sola linea di metropolitana che collega la municipalità di Hollywood a L.A. Downtown per 15 km in tutto.

A causa delle grandi distanze e dei bassi costi associati all'uso del mezzo privato (basso prezzo dei carburanti, assicurazione non obbligatoria, grande disponibilità di parcheggi, prezzi delle auto mediamente del 30% più bassi che in Europa), l'autobus rappresenta un servizio sociale dedicato alle fasce deboli che non possono disporre di un mezzo proprio. Le linee maggiormente usate hanno tra le 9:00 e le 17:00 un flusso di utenti mediamente compreso tra i 30 ed i 100 passeggeri per chilometro in un ora. Relativamente alta è la frazione d'utenza con disabilità motorie, circa il 2 % dell'utenza totale. Nell'area urbana di Los Angeles non esistono vere e proprie corsie riservate agli autobus, solo in prossimità delle intersezioni semaforizzate vengono impiegate corsie queue-jumper che consentono ai bus il superamento dei veicoli fermi al semaforo. La struttura urbanistica di Los Angeles è costituita da aree residenziali e commerciali attraversate da viabilità locale per l'accesso alle proprietà ed alle attività, quasi sempre con parcheggi riservati. A questa si sovrappone una rete di strade di scorrimento, i

boulevard, secondo maglie rettangolari di dimensione media di circa 1km. A tale reticolo se ne sovrappone un altro di autostrade urbane, le freeway, con maglie di dimensione media di 12km. Gli autobus viaggiano lungo i boulevard, dove un sistema intelligente di gestione dei semafori garantisce una velocità media del flusso di traffico oltre i 50 km/h. L'accesso al mezzo avviene solo dalla porta anteriore dietro pagamento di un pedaggio senza rilascio di alcun titolo di viaggio. Il pagamento avviene principalmente in contanti (monete o banconote) presso un apposita macchina posta all'ingresso. L'uso di abbonamenti è molto ridotto. Per l'applicazione del modello sono stati adottati i tempi di salita e discesa per passeggero suggeriti dall' HCM-2000 e dal TCQSM-2002 per il caso descritto.

6.2 Analisi della linea Big Blue Bus-1

La Big Blue Bus è la compagnia che gestisce il trasporto pubblico su gomma nella municipalità di Santa Monica nella Contea di Los Angeles. Questa compagnia offre collegamenti tra Santa Monica gran parte del West-Side ovvero con i quartieri di West L.A. , Westwood , Venice, LAX (Los Angeles Aviation Center) e la municipalità di Culver City. In particolare la linea N°1 collega il campus dell'UCLA (University of California, Los Angeles) con Venice Beach, attraversando i quartieri di Westwood, West L.A.-Swatelle, la municipalità di Santa Monica ed il quartiere di Venice. Il percorso si sviluppa lungo il Santa Monica Boulevard e la Main Street di Santa Monica per un totale di 25 km. La distanza media di accesso alla linea è pari a 430m. La distanza media tra le fermate è di 250 m. La velocità commerciale dichiarata dall'operatore è di 13,5 km/h ed il numero di mezzi in servizio è pari a 12 . La v_{r0} viene stimata pari a 30 km/h applicando quanto illustrato al capitolo 3. Per tali parametri il modello restituisce la velocità commerciale di 13,5 km/h dichiarata, per un flusso di utenti di 75 passeggeri per chilometro in un ora, compatibile con l'intervallo 30-100 passeggeri per chilometro in un ora. Calibrato il modello si ottiene quindi la curva della velocità commerciale in funzione della distanza tra fermate $v_c(\mathbf{D})$, caratteristica per la linea.

Lo spostamento origine-destinazione dell'utente medio S_{OD} , viene stimato pari al percorso medio svolto a bordo dell'autobus, 5,5 km secondo i dati dell'operatore, più due volte la distanza di accesso alla linea ovvero 6,5 km in totale. Si ottiene quindi la curva $v_{OD}(D)$ che indica una velocità origine-destinazione, per l'attuale distanziamento tra fermate pari a 250m , di 9,5 km/h.

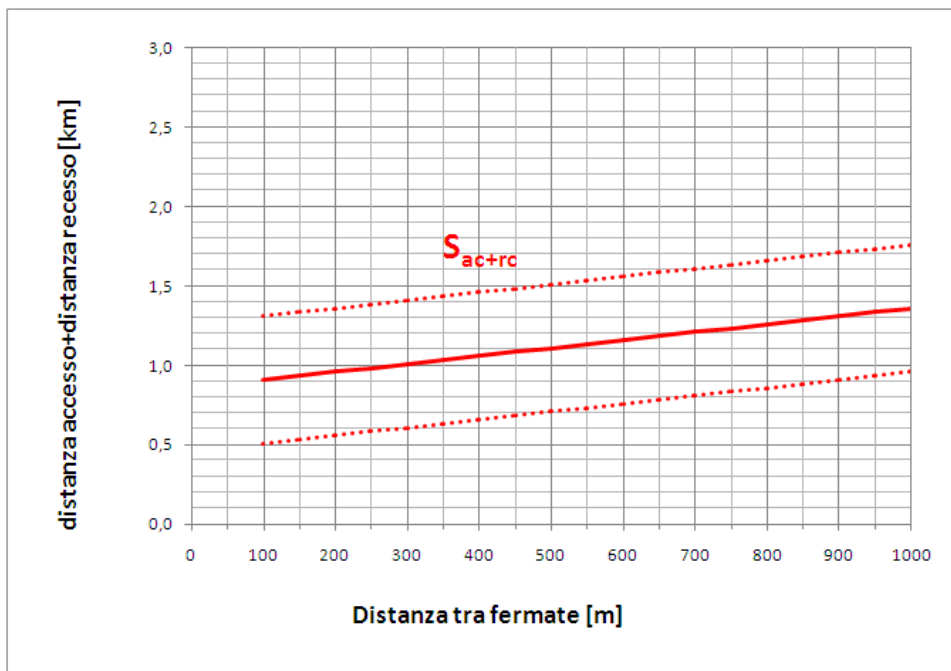


Fig. 6.1 – Andamento della distanza media complessivamente percorsa a piedi per l'accesso ed il recesso dalla fermata in funzione della distanza tra fermate nell'area servita dalla Big Blue Bus. Le curve in tratteggio rappresentano l'intervallo di deviazione standard

DATI linea Big Blue Bus-N°1		μ	σ
L-linea	[km]	25	0
N° autobus in servizio	[#]	12	0
Db		2,08	0,00
N° autobus / km	[#]	0,5	0,0
Sod - km	[km]	6,6	2,2
σ -stop	[m]		50
PARAMETRI DI ACCESSIBILITA'			
Vp	[km/h]	4,5	0,8
D-accesso linea - km	[km]	0,43	0,2
PARAMETRI DINAMICI			
a-acc - m/s ²	[m/s ²]	0,8	0,1
a-fren - m/s ²	[m/s ²]	0,8	0,1
Vr0	[km/h]	30,0	5
PARAMETRI UTENZA			
pass salita./km/h	[pass./km]	75	20
pass discesa./km/h	[pass./km]	75	20
frazione passeggeri-h	[0<= # <=1]	0,02	0,01
CARATTERISTICHE VEICOLO			
capacità max veicolo	[pass]	80	10
t-porte - s	[s]	4	2
N°porte ingresso	[#]	1	0
N°porte uscita	[#]	1	0
N°porte	[#]	2	0,0
rispetto percorsi risevati	[SI/NO]	SI	
PARAMETRI TRASBORDO			
Ki	[#]	2	0
Ku	[#]	2	0
ji	[0<= # <=1]	1	0,1
ju	[0<= # <=1]	1	0,1
ti	[sec]	4	0,5
tu	[sec]	2	0,5
tdi	[sec]	2	0,5
tau	[sec]	2	0,5
t-salita/discesa h - s	[s]	30	10
tf		3	2,5

Tab. 6.1 – Parametri d'ingresso della linea Big Blue Bus-N°1

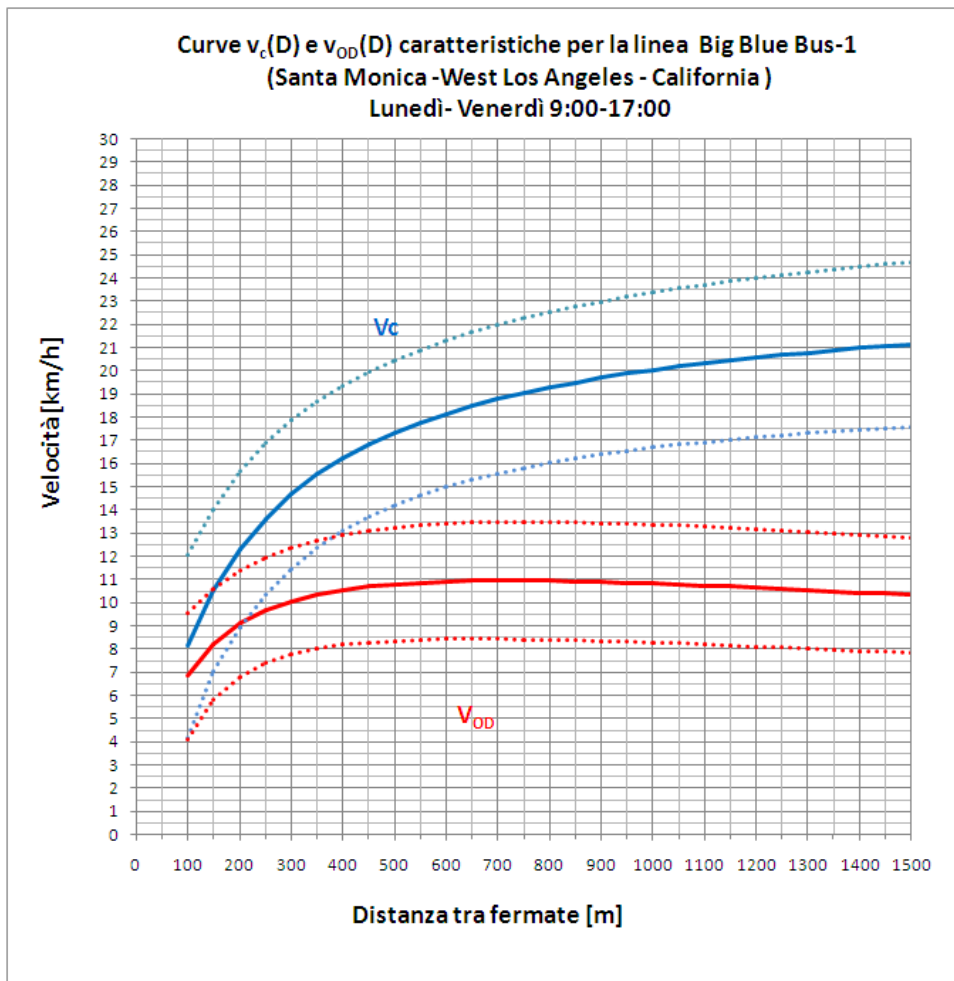


Fig. 6.2 – Curve $v_c(D)$ e $v_{OD}(D)$ per linea Big Blue Bus-N°1 nell'orario 9:00 – 17:00 nei giorni feriali

6.3 Analisi delle linee Metro-4 e Metro-704

La Metro è il principale gestore del trasporto pubblico nell'area urbana di Los Angeles ed offre collegamenti prevalentemente su lunghe distanze. Le linee 4 e 704 in particolare collegano la municipalità di Santa Monica con L.A. Downtown condividendo l'intero percorso che si sviluppa lungo il Santa Monica Boulevard per un totale di 70 km con una distanza media di accesso alla linea pari a 500m. La differenza principale tra le due linee consiste distanza media tra le fermate che è di 420m per la linea 4 e di 1170m per la linea 704. La velocità commerciale dichiarata dall'operatore è di 17,5 km/h per la linea 4 e di 21,5 per la 704 . Il numero di mezzi in servizio è rispettivamente pari a 25 e 20 . La v_{r0} viene stimata pari a 35 km/h applicando quanto illustrato al capitolo 3. Per tali parametri il modello restituisce la velocità commerciale di 17,5 km/h dichiarata per la linea 4, per un flusso di utenti di 60 passeggeri per chilometro in un ora. Allo stesso modo si ottiene la velocità commerciale di 21,5 km/h, per un flusso di utenti di 50 passeggeri per chilometro in un ora. Calibrato il modello si ottengono le curva della velocità commerciale in funzione della distanza tra fermate $v_c(\mathbf{D})$,caratteristiche per le linee.

In assenza di ricerche specifiche, si sono fissati gli spostamenti origine-destinazione dell'utente medio s_{OD} , rispettivamente pari ad un ottavo, per la linea 4 ed ad un quarto, per la linea 704, del percorso totale più due volte la distanza di accesso alla linea. Si ottengono così spostamenti origine-destinazione medi s_{OD} di 9,5 km per la linea 4 e di 18,5 per la linea 704. Da queste considerazioni si ricavano la curve e $v_{OD}(\mathbf{D})$. Le velocità origine-destinazione v_{OD} stimate per gli attuali schemi di distanziamento tra fermate sono di 12 km/h per la linea 4 e di 15 km/h per la linea 704.

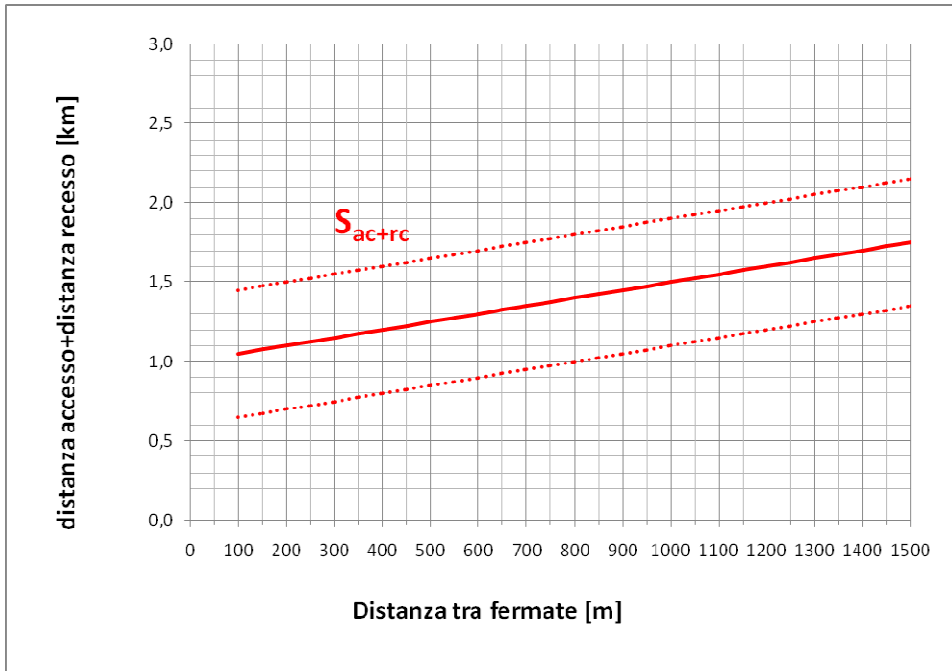


Fig. 6.3 – Andamento della distanza media complessivamente percorsa a piedi per l'accesso ed il recesso dalla fermata in funzione della distanza tra fermate nell'area servita dalla Metro. Le curve in tratteggio rappresentano l'intervallo di deviazione standard

DATI linea Metro N°4		μ	σ
L-linea	[km]	70	0
N° autobus in servizio	[#]	25	0
Db		2,80	0,00
N° autobus / km	[#]	0,4	0,0
Sod - km	[km]	9,5	3,0
σ -stop	[m]		50
PARAMETRI DI ACCESSIBILITA'			
Vp	[km/h]	4,5	0,8
D-accesso linea - km	[km]	0,5	0,2
PARAMETRI DINAMICI			
a-acc - m/s ²	[m/s ²]	0,8	0,1
a-fren - m/s ²	[m/s ²]	0,8	0,1
Vr0	[km/h]	35,0	5
PARAMETRI UTENZA			
pass salita./km/h	[pass./km]	60	20
pass discesa./km/h	[pass./km]	60	20
frazione passeggeri-h	[0<= # <=1]	0,02	0,01
CARATTERISTICHE VEICOLO			
capacità max veicolo	[pass]	150	10
t-porte - s	[s]	4	2
N°porte ingresso	[#]	1	0
N°porte uscita	[#]	3	0
N°porte	[#]	4	0,0
rispetto percorsi risevati	[SI/NO]	SI	
PARAMETRI TRASBORDO			
Ki	[#]	2	0
Ku	[#]	2	0
ji	[0<= # <=1]	1	0,1
ju	[0<= # <=1]	1	0,1
ti	[sec]	4	0,5
tu	[sec]	2	0,5
tdi	[sec]	2	0,5
tau	[sec]	2	0,5
t-salita/discesa h - s	[s]	30	10
tf		3	2,5

Tab. 6.2 – Parametri d'ingresso della linea Metro N°4

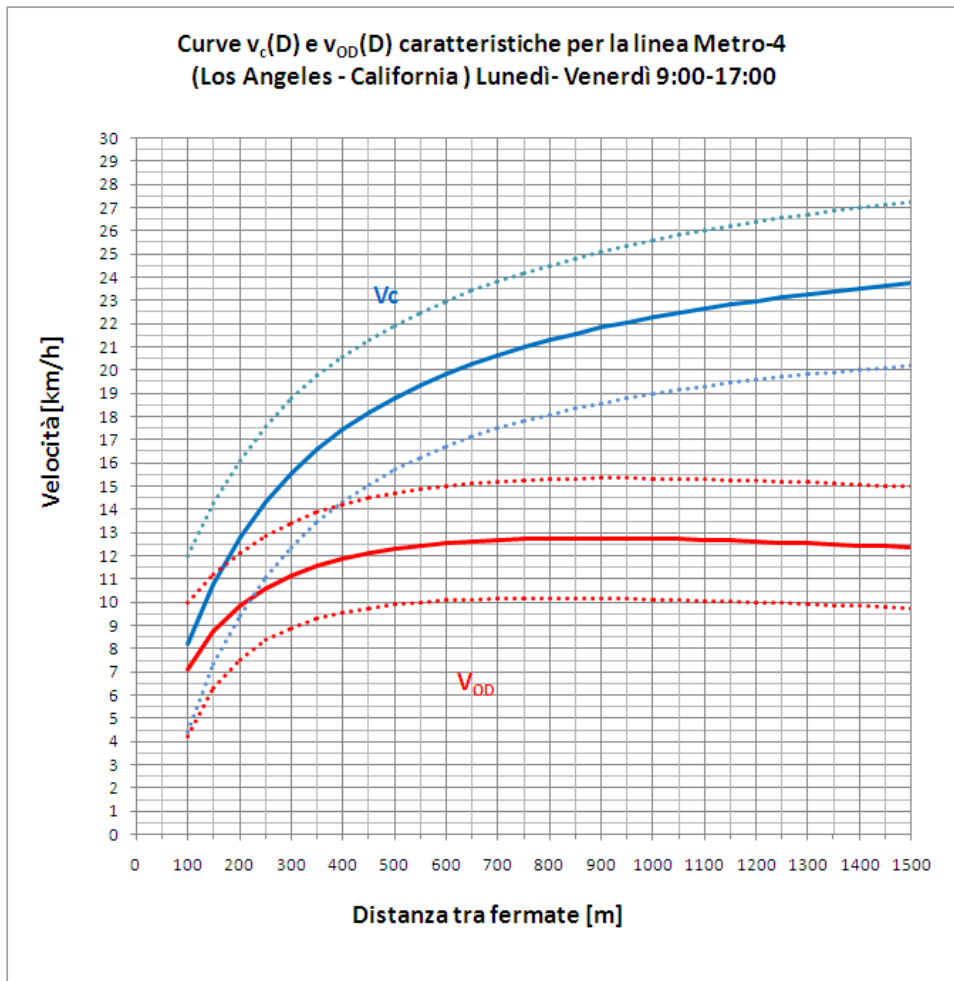


Fig. 6.4 – Curve $v_c(D)$ e $v_{OD}(D)$ per linea Metro-4
nell'orario 9:00 – 17:00 nei giorni feriali

DATI linea Metro N°704		μ	σ
L-linea	[km]	70	0
N° autobus in servizio	[#]	20	0
Db		3,50	0,00
N° autobus / km	[#]	0,3	0,0
Sod - km	[km]	17,5	6,0
σ -stop	[m]		50
PARAMETRI DI ACCESSIBILITA'			
Vp	[km/h]	4,5	0,8
D-accesso linea - km	[km]	0,5	0,2
PARAMETRI DINAMICI			
a-acc - m/s ²	[m/s ²]	0,8	0,1
a-fren - m/s ²	[m/s ²]	0,8	0,1
Vr0	[km/h]	35,0	5
PARAMETRI UTENZA			
pass salita./km/h	[pass./km]	50	20
pass discesa./km/h	[pass./km]	50	20
frazione passeggeri-h	[0<= # <=1]	0,02	0,01
CARATTERISTICHE VEICOLO			
capacità max veicolo	[pass]	150	10
t-porte - s	[s]	4	2
N°porte ingresso	[#]	1	0
N°porte uscita	[#]	3	0
N°porte	[#]	4	0,0
rispetto percorsi risevati	[SI/NO]	SI	
PARAMETRI TRASBORDO			
Ki	[#]	2	0
Ku	[#]	2	0
ji	[0<= # <=1]	1	0,1
ju	[0<= # <=1]	1	0,1
ti	[sec]	4	0,5
tu	[sec]	2	0,5
tdi	[sec]	2	0,5
tau	[sec]	2	0,5
t-salita/discesa h - s	[s]	30	10
tf		3	2,5

Tab. 6.3 – Parametri d'ingresso della linea Metro N°704

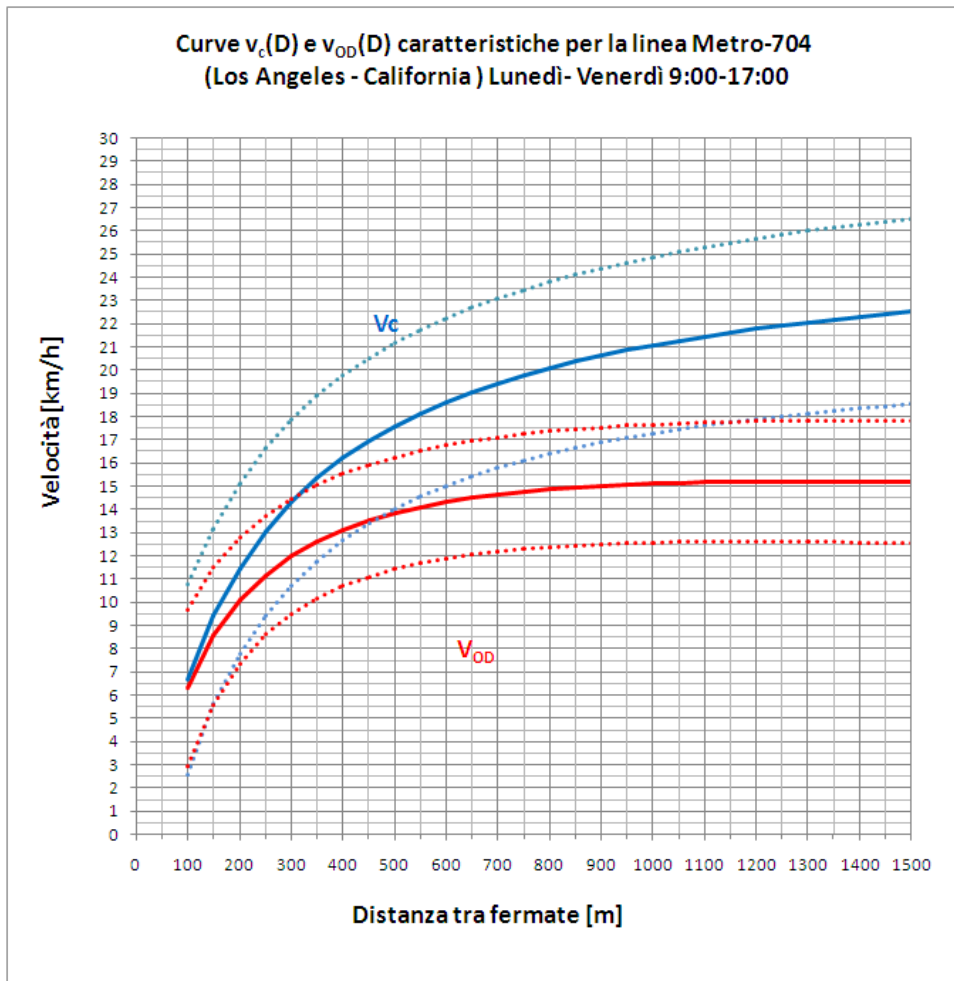


Fig. 6.5 – Curve $v_c(D)$ e $v_{OD}(D)$ per linea Metro-704 nell'orario 9:00 – 17:00 nei giorni feriali

CAPITOLO 7

Conclusioni

7.1 Possibili vantaggi nell'applicazione del modello proposto

Lo studio condotto ha fin ora suggerito la concreta possibilità di operare stime predittive delle distribuzioni delle velocità commerciali e delle velocità origine-destinazione degli autobus urbani, attraverso un modello semplice e a bassissimo costo, con accuratezza accettabile. Tutte le applicazioni illustrate nel capitolo precedente sono state sviluppate facendo uso di un comune foglio elettronico. Si tiene a sottolineare che di tali software esistono anche versioni freeware che non richiedono alcuna licenza.

7.2 Limiti del modello

Il modello oggetto di studio, a causa dei requisiti di semplicità che ci si è posti all'inizio della ricerca, trascura alcuni fattori che in alcune circostanze possono condizionare la velocità commerciale e la velocità origine-destinazione in modo sensibile. In particolare il modello proposto considera valori dell'accelerazione e della decelerazione media costanti ed indipendenti dal carico del mezzo. Ciò su percorsi caratterizzati da pendenze marcate potrebbe portare anche a considerevoli errori nella stima delle velocità di riferimento sia in termini di velocità medie che di deviazione standard della distribuzione. Un altro limite del modello proposto consiste nell'aver adottato per la stima del tempo di trasbordo funzioni lineari con il numero di passeggeri trasbordati. In questo modo viene trascurata la relazione notoriamente esistente tra i tempi di trasbordo del singolo passeggero ed il volume di passeggeri trasbordati. Questo, per linee con coefficienti d'occupazione dei mezzi molto elevati, può determinare errori considerevoli nella stima dei tempi di trasbordo. In fine il modello descritto non contempla

l'eventuale ritardo dovuto dall'attesa dell'autobus ad una fermata già impegnata da un veicolo di un'altra linea. Tuttavia per tale problema sono in corso di sviluppo delle relazioni basate sulla stima della probabilità di occupazione delle fermate.

7.3 Possibili sviluppi della ricerca

Al modello proposto sicuramente manca un processo di validazione rigoroso, necessario per potere formulare un giudizio sulla sua effettiva validità. Tale necessario approfondimento richiederà il reperimento di dati provenienti da realtà locali diverse. Un altro ambito che merita approfondimento è il tipo distribuzione seguito dalla velocità commerciale e dalla velocità origine-destinazione. In mancanza di studi specifici l'esperienza ingegneristica tenderebbe a supporre per entrambe distribuzioni di tipo normale, tuttavia l'analogia con fenomeni di tipo dissipativo suggerisce distribuzioni di tipo asimmetrico. Le misurazioni svolte nell'ambito di questa ricerca sebbene compatibili con la prima ipotesi, rappresentano un campione troppo ridotto per potere trarre conclusioni.

APPENDICE A

TABELLE RELATIVE ALLA DISTRIBUZIONE TEMPORALE DEI FLUSSI VEICOLARI NELL'AREA URBANA DI PALERMO

DISTRIBUZIONE ORARIA DEL FLUSSO VEICOLARE RELATIVO [Qv/Qv-max]						
ora	LUNEDI'-VENERDI'					
	GENERALE		EX-ZTL A+B		EXTRA EX-ZTL	
	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.
0	0,2045	0,2955	0,2500	0,4375	0,1515	0,1818
1	0,1136	0,1591	0,1250	0,2500	0,0909	0,0909
2	0,0682	0,0909	0,0625	0,1250	0,0606	0,0606
3	0,0455	0,0455	0,0625	0,0625	0,0303	0,0303
4	0,1136	0,1364	0,2500	0,3125	0,0303	0,0303
5	0,1818	0,3182	0,3125	0,6875	0,0909	0,0909
6	0,4773	0,5000	0,6875	1,0000	0,3030	0,1818
7	0,8182	0,5227	0,5625	0,5625	0,8182	0,4242
8	1,0000	0,6136	0,6875	0,5625	1,0000	0,5455
9	0,8864	0,5909	0,5625	0,6250	0,9091	0,4848
10	0,8409	0,5909	0,5000	0,6250	0,8788	0,4848
11	0,8409	0,5909	0,5625	0,6250	0,8485	0,4848
12	0,8409	0,5909	0,5625	0,6250	0,8485	0,4848
13	0,9318	0,5682	0,6875	0,6250	0,9091	0,4545
14	0,8182	0,4773	0,5625	0,5625	0,8182	0,3636
15	0,9091	0,5455	0,5625	0,5625	0,9394	0,4545
16	0,9091	0,5909	0,5625	0,5625	0,9394	0,5152
17	0,9091	0,6591	0,5625	0,6250	0,9394	0,5758
18	0,9091	0,6364	0,5625	0,6250	0,9394	0,5455
19	0,9091	0,5909	0,6250	0,6250	0,9091	0,4848
20	0,6591	0,5227	0,5000	0,6250	0,6364	0,3939
21	0,3636	0,3409	0,3125	0,3750	0,3333	0,2727
22	0,3409	0,3636	0,3125	0,4375	0,3030	0,2727
23	0,3182	0,3182	0,3125	0,4375	0,2727	0,2121

DISTRIBUZIONE ORARIA DEL FLUSSO VEICOLARE RELATIVO [Qv/Qv-max]						
ora	SABATO					
	GENERALE		EX-ZTL A+B		EXTRA EX-ZTL	
	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.
0	0,3864	0,3864	0,4375	0,3750	0,3030	0,3333
1	0,2727	0,3182	0,3125	0,3750	0,2121	0,2424
2	0,2045	0,2273	0,2500	0,1875	0,1515	0,2121
3	0,1364	0,2273	0,1875	0,3125	0,0909	0,1515
4	0,0909	0,2727	0,1250	0,4375	0,0606	0,1515
5	0,1136	0,2727	0,1250	0,5625	0,0909	0,0909
6	0,2045	0,4773	0,1250	0,8750	0,2121	0,2121
7	0,5000	0,5909	0,3125	0,8750	0,5152	0,3636
8	0,7500	0,5227	0,5000	0,3750	0,7576	0,5152
9	0,7500	0,5909	0,4375	0,4375	0,7879	0,5758
10	0,7955	0,6136	0,4375	0,5000	0,8485	0,5758
11	0,9318	0,6364	0,5000	0,5625	1,0000	0,5758
12	0,9091	0,6364	0,5625	0,5000	0,9394	0,6061
13	0,8182	0,5455	0,5625	0,4375	0,8182	0,5152
14	0,5455	0,3864	0,3750	0,3125	0,5455	0,3636
15	0,6136	0,4091	0,4375	0,3125	0,6061	0,3939
16	0,7727	0,5000	0,5000	0,3750	0,7879	0,4848
17	0,8182	0,5682	0,5625	0,5000	0,8182	0,5152
18	0,7955	0,5909	0,5625	0,5000	0,7879	0,5455
19	0,7955	0,5909	0,5625	0,5625	0,7879	0,5152
20	0,7273	0,5909	0,5625	0,5625	0,6970	0,5152
21	0,4773	0,4773	0,3750	0,4375	0,4545	0,4242
22	0,5682	0,5000	0,5000	0,5000	0,5152	0,4242
23	0,6364	0,5682	0,5625	0,5000	0,5758	0,5152

DISTRIBUZIONE ORARIA DEL FLUSSO VEICOLARE RELATIVO [Qv/Qv-max]						
ora	DOMENICA					
	GENERALE		EX-ZTL A+B		EXTRA EX-ZTL	
	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.
0	0,5909	0,3864	0,5000	0,4375	0,5455	0,3030
1	0,4545	0,3182	0,4375	0,3750	0,3939	0,2424
2	0,3409	0,2500	0,3750	0,3125	0,2727	0,1818
3	0,2500	0,1591	0,2500	0,2500	0,2121	0,0909
4	0,1364	0,1591	0,1875	0,2500	0,0909	0,0909
5	0,1136	0,1818	0,1875	0,4375	0,0606	0,0303
6	0,1136	0,3636	0,0625	0,7500	0,1212	0,1212
7	0,1591	0,3409	0,1250	0,6250	0,1515	0,1515
8	0,2500	0,3864	0,1875	0,5625	0,2424	0,2424
9	0,3864	0,3636	0,2500	0,3750	0,3939	0,3030
10	0,5682	0,4318	0,3750	0,3750	0,5758	0,3939
11	0,7273	0,4318	0,5000	0,4375	0,7273	0,3636
12	0,7727	0,4091	0,5625	0,4375	0,7576	0,3333
13	0,6364	0,2955	0,4375	0,3125	0,6364	0,2424
14	0,4318	0,1818	0,2500	0,1875	0,4545	0,1515
15	0,3864	0,2045	0,2500	0,1875	0,3939	0,1818
16	0,5227	0,2955	0,3750	0,2500	0,5152	0,2727
17	0,7727	0,4091	0,5625	0,3750	0,7576	0,3636
18	0,7500	0,5227	0,5625	0,5625	0,7273	0,4242
19	0,7500	0,5227	0,5625	0,5000	0,7273	0,4545
20	0,6591	0,5000	0,5625	0,5625	0,6061	0,3939
21	0,4545	0,4318	0,3750	0,4375	0,4242	0,3636
22	0,4773	0,4318	0,4375	0,5000	0,4242	0,3333
23	0,3864	0,4091	0,3750	0,4375	0,3333	0,3333

APPENDICE B

**TABELLE RELATIVE ALLA STIMA
DELLA DISTRIBUZIONE
TEMPORALE DELL'UTENZA DEL TRASPORTO
PUBBLICO SU GOMMA NELL'AREA
URBANA DI PALERMO**

FRAZIONE UTENTI ANNUI	GENERALE	EX ZTL A+B	EXTRA EX ZTL A+B
15 SET.-15 GIU.	0,8131	0,7339	0,8347
MESE INVERNALE	0,0834	0,0815	0,0927
SETTIMANA INVERNALE	0,0208	0,0190	0,0216
GIORNO : LUNEDI'-VENERDI'	0,0032	0,0029	0,0033
GIORNO : SABATO	0,0028	0,0024	0,0029
GIORNO : DOMENICA	0,0020	0,0020	0,0021
15 GIU.- 15 SET.	0,1869	0,2604	0,1576
MESE ESTIVO	0,0575	0,0861	0,0525
SETTIMANA ESTIVA	0,0144	0,0200	0,0122
GIORNO : LUNEDI'-VENERDI'	0,0022	0,0031	0,0018
GIORNO : SABATO	0,0021	0,0025	0,0019
GIORNO : DOMENICA	0,0014	0,0021	0,0012

DISTRIBUZIONE ORARIA DELL'UTENZA GIONALIERA [Qu-h/Qu-g]						
ora	LUNEDI'-VENERDI'					
	GENERALE		EX-ZTL A+B		EXTRA EX-ZTL	
	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0004	0,0005	0,0007	0,0007	0,0002	0,0004
5	0,0007	0,0011	0,0014	0,0014	0,0005	0,0009
6	0,0181	0,0294	0,0390	0,0546	0,0111	0,0132
7	0,0651	0,0615	0,0651	0,0614	0,0651	0,0615
8	0,0795	0,0722	0,0795	0,0614	0,0795	0,0791
9	0,0705	0,0695	0,0651	0,0683	0,0723	0,0703
10	0,0669	0,0695	0,0578	0,0683	0,0699	0,0703
11	0,0669	0,0695	0,0651	0,0683	0,0675	0,0703
12	0,0669	0,0695	0,0651	0,0683	0,0675	0,0703
13	0,0741	0,0668	0,0795	0,0683	0,0723	0,0659
14	0,0651	0,0561	0,0651	0,0614	0,0651	0,0527
15	0,0723	0,0641	0,0651	0,0614	0,0747	0,0659
16	0,0723	0,0695	0,0651	0,0614	0,0747	0,0747
17	0,0723	0,0775	0,0651	0,0683	0,0747	0,0834
18	0,0723	0,0748	0,0651	0,0683	0,0747	0,0791
19	0,0723	0,0695	0,0723	0,0683	0,0723	0,0703
20	0,0524	0,0615	0,0578	0,0683	0,0506	0,0571
21	0,0072	0,0107	0,0174	0,0137	0,0039	0,0088
22	0,0036	0,0053	0,0072	0,0068	0,0024	0,0044
23	0,0011	0,0016	0,0014	0,0014	0,0010	0,0018

DISTRIBUZIONE ORARIA DELL'UTENZA GIONALIERA [Qu-h/Qu-g]						
ora	SABATO					
	GENERALE		EX-ZTL A+B		EXTRA EX-ZTL	
	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0004	0,0006	0,0009	0,0008	0,0003	0,0004
5	0,0008	0,0011	0,0017	0,0017	0,0006	0,0008
6	0,0092	0,0289	0,0172	0,0586	0,0067	0,0142
7	0,0462	0,0723	0,0429	0,1172	0,0473	0,0500
8	0,0694	0,0640	0,0687	0,0502	0,0696	0,0708
9	0,0694	0,0723	0,0601	0,0586	0,0724	0,0791
10	0,0736	0,0751	0,0601	0,0669	0,0779	0,0791
11	0,0862	0,0779	0,0687	0,0753	0,0918	0,0791
12	0,0841	0,0779	0,0773	0,0669	0,0863	0,0833
13	0,0757	0,0667	0,0773	0,0586	0,0751	0,0708
14	0,0504	0,0473	0,0515	0,0418	0,0501	0,0500
15	0,0567	0,0501	0,0601	0,0418	0,0557	0,0541
16	0,0715	0,0612	0,0687	0,0502	0,0724	0,0666
17	0,0757	0,0695	0,0773	0,0669	0,0751	0,0708
18	0,0736	0,0723	0,0773	0,0669	0,0724	0,0750
19	0,0736	0,0723	0,0773	0,0753	0,0724	0,0708
20	0,0673	0,0723	0,0773	0,0753	0,0640	0,0708
21	0,0109	0,0111	0,0258	0,0167	0,0061	0,0083
22	0,0042	0,0056	0,0086	0,0084	0,0028	0,0042
23	0,0013	0,0017	0,0017	0,0017	0,0011	0,0017

DISTRIBUZIONE ORARIA DELL'UTENZA GIONALIERA [Qu-h/Qu-g]						
ora	DOMENICA					
	GENERALE		EX-ZTL A+B		EXTRA EX-ZTL	
	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.	15 SET.-15 GIU.	15 GIU.-15 SET.
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	0,0074	0,0322	0,0106	0,0591	0,0062	0,0136
7	0,0199	0,0604	0,0211	0,0984	0,0194	0,0341
8	0,0312	0,0685	0,0317	0,0886	0,0310	0,0546
9	0,0482	0,0645	0,0423	0,0591	0,0504	0,0682
10	0,0709	0,0766	0,0634	0,0591	0,0736	0,0887
11	0,0908	0,0766	0,0846	0,0689	0,0930	0,0819
12	0,0964	0,0725	0,0951	0,0689	0,0969	0,0750
13	0,0794	0,0524	0,0740	0,0492	0,0814	0,0546
14	0,0539	0,0322	0,0423	0,0295	0,0581	0,0341
15	0,0482	0,0363	0,0423	0,0295	0,0504	0,0409
16	0,0652	0,0524	0,0634	0,0394	0,0659	0,0614
17	0,0964	0,0725	0,0951	0,0591	0,0969	0,0819
18	0,0936	0,0927	0,0951	0,0886	0,0930	0,0955
19	0,0936	0,0927	0,0951	0,0787	0,0930	0,1023
20	0,0822	0,0886	0,0951	0,0886	0,0775	0,0887
21	0,0142	0,0185	0,0317	0,0236	0,0078	0,0150
22	0,0085	0,0105	0,0169	0,0118	0,0054	0,0095
23	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

APPENDICE C

**OFFERTA ATTUALE DEL TRASPORTO
PUBBLICO SU GOMMA NELL'AREA
URBANA DI PALERMO**



Palermo S.p.A. - Socio unico Comune di Palermo

Sede Legale ed Amministrativa: Via Roccazzo, 77 - 90135 Palermo - Tel. 091.350.111 - Fax 091.224563 - amat@amat.pa.it



Member of City Transp
RINA
Certified Quality System

Direzione Pianificazione e Produzione

RISTRUTTURAZIONE DEL SERVIZIO DI TRASPORTO PUBBLICO URBANO DELLA CITTA' DI PALERMO

Scheda riassuntiva servizio attuale

Tab. 2

CARATTERISTICHE DELLA RETE

Numero linee:	95
Lunghezza della rete:	330 km
Numero nodi:	6
Numero capolinea esterni:	15

DATI ESERCIZIO (FERIALE INVERNALE DALLE ORE 7,00 ALLE ORE 20,00)

FREQUENZA MEDIA PESATA PER KM - LINEE URBANE	27 min
FREQUENZA MEDIA PESATA PER KM - LINEE URBANE SPECIFICHE (812, N1, N2, H, GIRO CITTA', G.T. FAV, G.T. ADD.)	52 min
CHILOMETRI PROGRAMMATI	23.164.484 km
OBIETTIVO CHILOMETRICO	19.689.811 km

DATI ESERCIZIO PER LINEA						
linea	percorso	Km.	freq.	tempo p.	num.vett.	
100	VIA ORETO - ZONA INDUSTRIALE LA MALFA	14,7	23	46	4	
101	STAZIONE CENTRALE - STADIO	6,4	4	40	20	
102	JOHN LENNON (GIOTTO) - STAZIONE CENTRALE	5,6	11	38,5	7	
103	STAZIONE NOTARBARTOLO - PORTA FELICE	4,3	15	30	4	
104	INDIPENDENZA - BUCA DELLA VERBURA	4,1	11	27,5	5	
105	CALATAFIMI (MULTIONE) - INDIPENDENZA - PORTA FELICE	4,8	28	28	2	
106	CAMPORALE - STADIO	5,5	22	33	3	
107	STAZIONE CENTRALE - STADIO	6,7	13	39	6	
108	OSPEDALE CIVICO - POLITECNICO - POLITEAMA	7,3	11	38,5	7	
109	INDIPENDENZA - STAZIONE CENTRALE	2,2	10	15	3	
110	JOHN LENNON (GIOTTO) - INDIPENDENZA	4,9	15	30	4	
111	JOHN LENNON (GIOTTO) - ACQUASANTA	5,6	30	30	2	
118	INDIPENDENZA - FRANCA	7,5	13	39	6	
122	CAMPORALE - STAZIONE CENTRALE	4,3	14	28	4	
124	POLITEAMA - ALTARELLO (PIO LA TORRE)	4,7	20	30	3	
134	JOHN LENNON (GIOTTO) - POLITEAMA	4,3	30	30	2	
139	STAZIONE CENTRALE - VERGINE MARIA	14,4	18	45	5	
164	POLITEAMA - STRASBURGO (FRANCIA)	6,6	35	35	2	
209	STAZIONE CENTRALE - SANTA MARIA DI GESU'	6,3	30	30	2	
210	STAZIONE CENTRALE - BELMONTE CHIAYELLI	5,8	30	30	2	
211	STAZIONE CENTRALE - CONTE FEDERICO - CROCE VERDE	9,5	70	35	1	
212	STAZIONE CENTRALE - CONTE FEDERICO - CROCE VERDE	7,4	17	34	4	
220	FALSOMIELE - STAZIONE CENTRALE	4,1	16	24	3	
221	STAZIONE CENTRALE - ROMAGNOLO - BRANCACCIO (FAYIER)	8,7	30	30	2	
224	VILLABATE - STAZIONE CENTRALE	10,2	20	40	4	
225	STAZIONE CENTRALE - ACQUA DEI CORSARI (KOLBE)	7,8	30	30	2	
226	STAZIONE CENTRALE - MESSINA MONTAGNE - POMARA	7,8	15	30	4	
227	STAZIONE CENTRALE - MESSINA MARINE - POMARA	8,1	33	33	2	
230	STAZIONE CENTRALE - VILLA CIAMBRA	10,4	20	40	4	
231	STAZIONE CENTRALE - TORRELUNGA - BRANCACCIO (FAYIER)	8,0	15	30	4	
234	STAZIONE CENTRALE - POLITECNICO - MEDAGLIE D'ORO (VERDINOIS)	5,2	14	28	4	
237	STAZIONE CENTRALE - CONTE FEDERICO - BRANCACCIO	6,8	20	30	3	
241	STAZIONE CENTRALE - FALSOMIELE (ALOI)	6,9	29	29	2	
243	STAZIONE CENTRALE - BONAGIA	5,4	15	30	4	
246	OSPEDALE CIVICO - STAZIONE CENTRALE	3,1	15	22,5	3	

linea	percorso	Km.	freq.	tempo p.	num.vett.
250	STAZIONE CENTRALE - SPERONE (SACCO E VANZETTI)	6,4	20	30	3
304	INDIPENDENZA - CASA CIRCONDARIALE (VIA RACHELET)	5,4	22	22	2
305	INDIPENDENZA - REGIONE SICILIANA - STADIO (DE GASPERI)	11,1	19	47,5	5
309	INDIPENDENZA - ROCCA	4,6	20	30	3
318	INDIPENDENZA - MEDAGLIE D'ORO (VERDINIS) - STAZIONE CENTRALE	7,1	23	34,5	3
327	BOCCADIFALCO (F. MICCA) - INDIPENDENZA	4,1	23	23	2
339	INDIPENDENZA - MEZZOMONREALE (PARUTA)	5,3	48	24	1
364	INDIPENDENZA - AQUINO	9,2	30	30	2
365	INDIPENDENZA - MOLARA	8,4	30	30	2
368	INDIPENDENZA - FALSOMIELE - BONAGIA	8,1	25	25	2
380	INDIPENDENZA - PAGLIARELLI (SAMBUCIA)	6,5	50	25	1
389	MONREALE "DUOMO" - INDIPENDENZA	7,3	24	36	3
417	CAMPOREALE - PERIGNANO (SAVONAROLA)	3,9	25	25	2
422	BORGO NUOVO (TINDARI) - CAMPOREALE	8,2	18	36	4
440	CAMPOREALE - BOCCADIFALCO (F. MICCA)	6,3	30	30	2
442	CAMPOREALE - EDITORE (TIEPOLO)	3,2	20	20	2
462	CAMPOREALE - BAIDA	7,5	30	30	2
475	POLITEAMA - CAMPOREALE - ALTARELLO (PIO LA TORRE)	4,1	16	24	3
501	JOHN LENNON (GIOTTO) - BORGO NUOVO	6,6	25	25	2
513	JOHN LENNON (GIOTTO) - EDITORE - BRUNELLESCHI	8,2	30	30	2
516	JOHN LENNON (GIOTTO) - LA MALFA - TOMMASO NATALE	10,0	28	28	2
529	JOHN LENNON (GIOTTO) - OSPEDALE CERVELLO	5,1	13	26	4
534	JOHN LENNON (GIOTTO) - BAIDA	7,1	29	29	2
540	JOHN LENNON (GIOTTO) - MICHELANGELO - BRUNELLESCHI	7,1	28	28	2
544	JOHN LENNON (GIOTTO) - MONDELLO (TETI)	11,2	23	46	4
548	JOHN LENNON (GIOTTO) - BONAGIA - BORGO ULIVIA - FALSOMIELE	12,2	33	49,5	3
603	STADIO (CASSARA) - ADDAURA - MONDELLO (TETI)	14,3	20	40	4
614	STADIO (CASSARA) - MARINELLA - PARTANNA	9,9	16	32	4
615	STADIO (CASSARA) PARTANNA - MARINELLA	10,2	16	32	4
616	DE GASPERI (STADIO) - SFERRACAVALLO	12,5	38	38	2
619	STADIO (DEL FANTE) - S. FILIPPO NERI	6,9	20	30	3
625	STADIO (DEL FANTE) - BORGO NUOVO (TINDARI)	8,0	18	36	4
628	STADIO (DEL FANTE) - SFERRACAVALLO (ISOLA DELLE FEMMINE)	11,7	10	40	8
644	STADIO (DEL FANTE) - S. LORENZO (ASTORINO)	4,9	40	20	1
645	STADIO (CASSARA) - PARTANNA (DELLA SERENITA')	9,2	25	25	2
662	STADIO (DEL FANTE) - S. FILIPPO NERI	6,1	17	25,5	3
675	STADIO (DEL FANTE) - CRULLAS - OSPEDALE CERVELLO	6,9	22	33	3
677	STADIO (DEL FANTE) - MONDELLO (TETI)	15,4	30	45	3

linea	percorso	Km.	freq.	tempo p.	num.vett.
702	BORGO NUOVO (TINDARI) - CROCI	7,7	13	39	6
704	CROCI - PALLAVICINO (CAMARINA)	7,9	16	40	5
721	ACQUASANTA - CROCI	3,2	18	18	2
731	VERGINE MARIA - CROCI	9,9	20	40	4
806	POLITEAMA - MONDELLO (TORRE)	11,7	20	40	4
824	POLITEAMA (PATERNGSTRO) - S. ERASMO	5,9	26	26	2
833	POLITEAMA - ADDAURA - MONDELLO	14,4	40	40	2
837	POLITEAMA - VILLAGGIO RUFFINI	9,5	70	35	1
906	CALATAFIMI (NAVE) - MOLARA	4,8	40	20	1
907	BORGO NUOVO (TINDARI) - MEZZO MONREALE (PARUTA)	8,3	25	25	2
923	BOCCADIFALCO (P. MICCA) - BAIDA	6,3	40	20	1
936	SFERRACAVALLO - MONDELLO (TORRE)	9,2	80	40	1
961	PALLAVICINO (CAMARINA) - S. FILIPPO NERI	9,6	60	30	1
971	STAZIONE CENTRALE - BONAGIA	6,2	44	22	1
978	BORGO NUOVO (TINDARI) - OSPEDALE CERVELLO	11,2	70	35	1
812	POLITEAMA - MONTEPELLEGRINO	13,8	100	50	1
N1	PASSO DI RIGANO - STAZIONE - MONDELLO - B.NUOVO	45,3	45	90	4
N2	BRANCACCIO - ST.CENTRALE - VILACIAMBRA - CIACULLI	30,1	40	60	3
H	BERNINI	6,1	40	20	1
GIRO CITTA'	GIRO DELLA CITTA' DI PALERMO	5,9	35	35	2
G.T. FAV	POLITEAMA - FAVORITA - MONDELLO	12,4	60	60	2
G.T. ADD.	POLITEAMA - ADDAURA - MONDELLO	17,3	60	60	2

N. B. Le lunghezze d'esercizio e i tempi di percorrenza sono riferiti alla semicorsa.

Anno

linea	Passeggeri x linea	Km annui per linea	Ricavi/costi %
100	428284	317.828,7	9,5
101	15490365	836.550,4	131,0
102	4621260	313.717,6	104,2
103	510009	141.895,7	25,4
104	1972410	209.768,3	66,5
105	337697	74.452,8	32,1
106	1002056	156.670,8	45,3
107	1803602	271.617,3	47,0
108	1958450	381.257,1	36,3
109	1460171	126.282,2	81,8
110	601209	173.028,8	24,6
111	324620	133.414,4	17,2
118	1696499	262.530,0	45,7
122	2188913	200.405,8	77,3
124	756719	173.994,0	30,8
134	384208	111.357,1	24,4
139	1040390	381.140,3	19,3
164	117461	70.461,6	11,8
209	243115	139.305,6	12,3
210	223854	128.673,0	12,3
211	63583	67.298,0	6,7
212	461481	283.686,4	11,5
220	497520	181.851,4	19,4
221	185553	106.148,7	12,4
224	755845	303.926,0	17,6
225	193198	123.354,4	11,1
226	679609	330.712,2	14,5
227	147627	86.548,5	12,1
230	790086	364.842,4	15,3
231	639282	327.528,0	13,8
234	1533539	247.773,1	43,8
237	500958	253.742,0	14,0
241	253105	115.205,6	15,5
243	608005	262.958,4	16,4
246	882324	167.899,1	37,2
250	664261	226.912,0	20,7
304	242397	173.998,8	9,9
305	1148956	354.744,9	22,9
309	1162883	182.313,0	45,1
318	257206	101.829,7	17,9
327	450845	144.520,9	22,1
339	193264	57.224,1	23,9
364	235339	208.573,2	8,0
365	213987	188.076,0	8,0
368	200526	191.062,8	7,4
380	79045	75.205,0	7,4
389	1644801	101.259,0	114,9
417	206088	120.393,0	12,1
422	559322	283.818,4	13,9
440	177581	155.666,7	8,1
442	279506	120.979,2	16,3
462	230013	184.155,0	8,8
475	179329	95.165,9	13,3
501	212231	186.384,0	8,1
513	173063	130.462,0	9,4
516	258766	251.510,0	7,3
529	524524	226.781,7	16,4
534	266861	187.028,2	10,1
540	245427	170.605,9	10,2
544	1106194	340.872,0	23,0
548	349868	219.087,6	11,3
603	599551	431.345,2	9,8
614	648929	383.050,8	12,0

2008

linea	Passeggeri x linea	Km annui per linea	Ricavi/costi %
615	654508	389.701,2	11,9
616	150413	162.350,0	6,6
619	375468	224.864,1	11,8
625	802960	318.632,0	17,8
628	1683315	575.714,7	20,7
644	85327	48.965,7	12,3
645	176314	205.344,0	6,1
662	846838	241.163,5	19,0
675	187178	184.885,5	7,2
677	417045	276.399,2	10,7
702	1533237	339.570,0	31,9
704	1570387	314.175,1	35,4
721	449048	104.480,0	30,4
731	978588	274.502,4	25,2
806	3429551	503.181,9	48,2
812	331220	105.073,2	22,3
824	104433	99.344,2	7,4
833	413957	150.105,6	19,5
837	77575	72.542,0	7,6
906	21107	57.964,8	2,6
907	120173	194.211,7	4,4
923	20470	74.925,9	1,9
936	65461	83.922,4	5,5
961	39535	80.064,0	3,5
971	53299	57.083,4	6,6
978	33621	104.876,8	2,3
H	25	67.807,6	0,0
GT	166488	56.630,9	20,8
N	28965	524.648,7	0,4
TOTALE	72480274	19.213.981,2	26,7

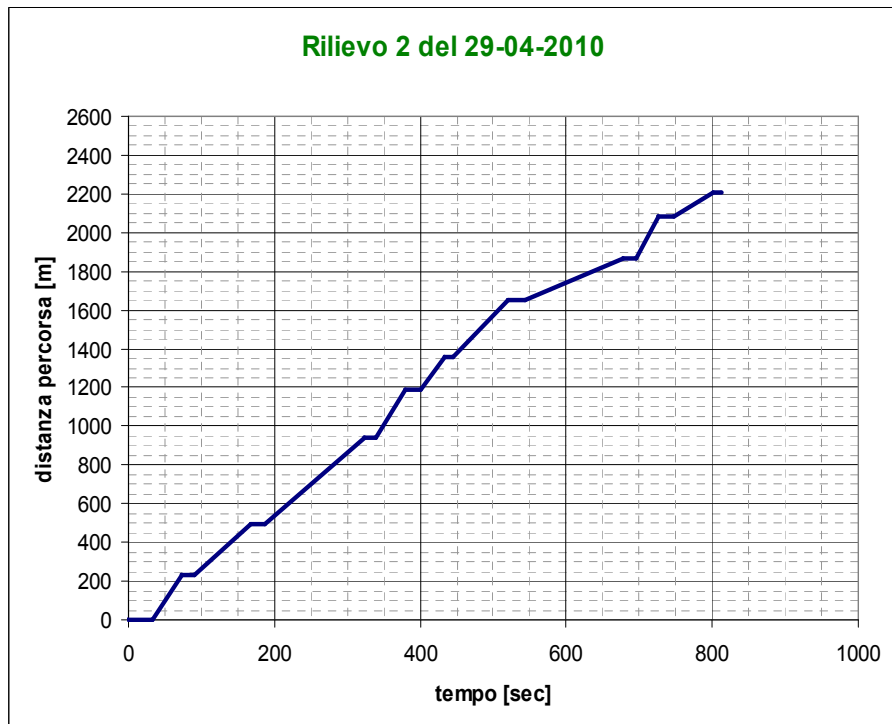
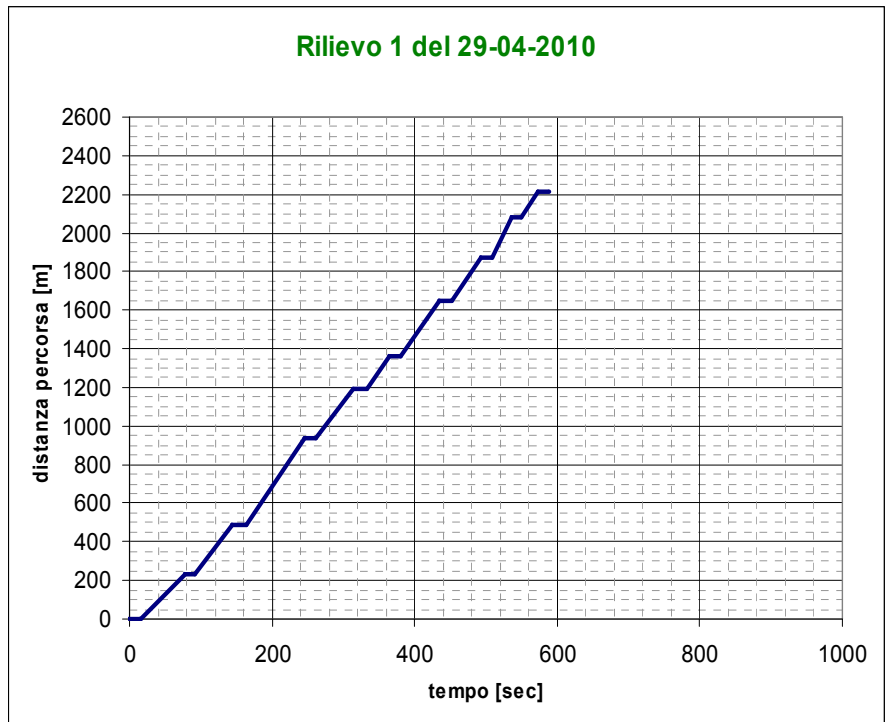
linea	Passeggeri x linea	Km annui per linea	ricavi/costo*100
100	266815	317.828,7	6,2
101	9643031	836.550,4	84,6
102	2876817	313.717,6	67,3
103	317490	141.895,7	16,4
104	1227861	208.768,3	43,0
105	210223	74.452,8	20,7
106	623798	156.870,8	29,2
107	1122775	271.617,3	30,3
108	1219171	381.257,1	23,5
109	908983	126.282,2	52,8
110	374263	173.028,8	15,9
111	202081	133.414,4	11,1
118	1056101	262.530,0	29,5
122	1362838	200.405,8	49,9
124	471071	173.994,0	19,9
134	239178	111.357,1	19,8
139	647661	381.140,3	12,5
164	73122	70.461,6	7,6
206	151344	139.305,6	8,0
210	139353	128.673,0	8,0
211	39581	67.298,0	4,3
212	287280	283.686,4	7,4
220	309715	181.851,4	12,5
221	115510	106.148,7	8,0
224	470527	303.926,0	11,4
225	120270	123.354,4	7,2
226	423069	330.712,2	9,4
227	91901	86.548,5	7,8
230	491843	364.842,4	9,9
231	397964	327.528,0	8,9
234	954656	247.773,1	28,3
237	311856	253.742,0	9,0
241	157563	115.205,6	10,0
243	378494	262.958,4	10,6
248	549262	167.899,1	24,0
250	413514	226.912,0	13,4
304	150696	173.998,8	6,4
305	715246	354.744,9	14,8
309	723916	182.313,0	29,2
318	160115	101.829,7	11,5
327	280659	144.520,9	14,3
339	120310	57.224,1	15,4
364	146503	208.573,2	5,2
365	133211	188.076,0	5,2
368	124831	191.082,8	4,8
380	49207	75.205,0	4,8
389	1023918	101.259,0	74,2
417	128294	120.393,0	7,8
422	348188	283.818,4	9,0
440	110547	155.666,7	5,2
442	173997	120.979,2	10,6
462	143187	184.155,0	5,7
475	111635	95.165,9	8,6
501	132117	186.384,0	5,2
513	107735	130.462,0	6,1
516	161067	251.510,0	4,7
529	326526	226.781,7	10,6
534	166126	187.028,2	6,5
540	152783	170.605,9	6,6
544	688626	340.872,0	14,8
548	217796	219.087,6	7,3
603	373231	431.345,2	6,4
614	403970	383.050,8	7,7

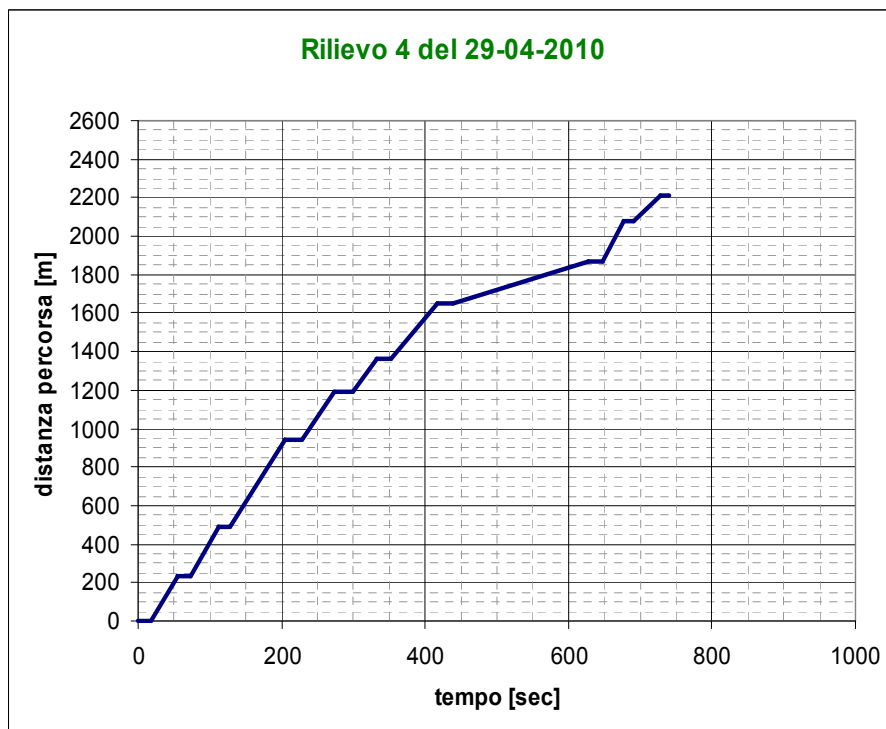
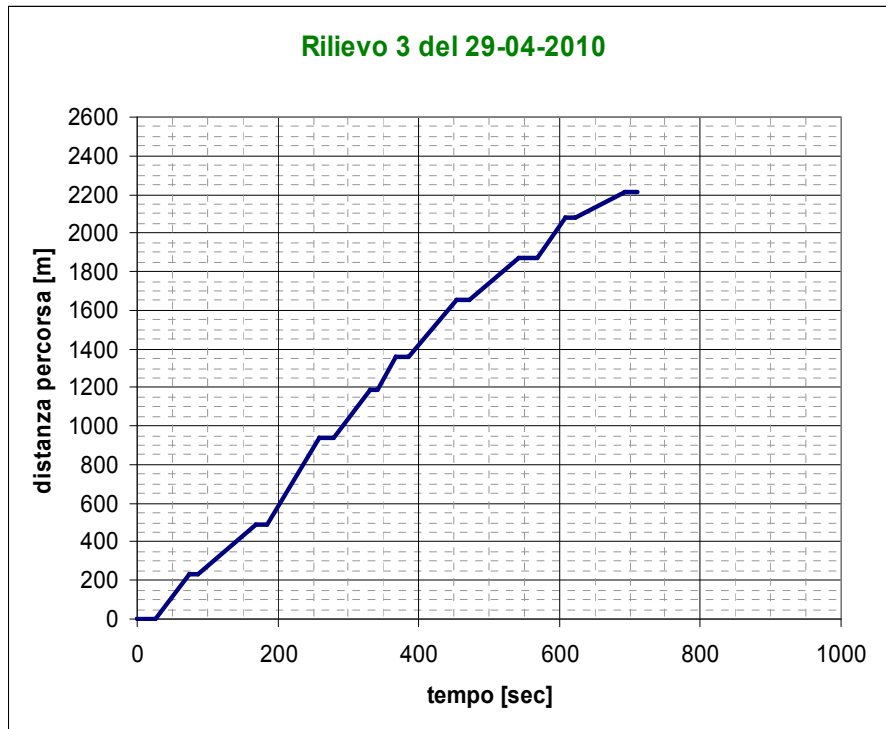
linea	Passeggeri x linea	Km annui per linea	ricavi/costo*100
615	407443	389.701,2	7,7
616	93634	162.350,0	4,2
619	233735	224.864,1	7,6
625	499857	318.632,0	11,5
628	1047894	575.714,7	13,4
644	53118	48.965,7	8,0
645	109759	205.344,0	3,9
662	402668	241.163,5	12,3
675	116522	184.885,5	4,6
677	259618	276.399,2	6,9
702	954468	339.570,0	20,6
704	977594	314.175,1	22,8
721	279541	104.480,0	19,6
731	609189	274.502,4	16,3
806	2134957	503.181,9	31,1
812	206190	105.073,2	14,4
824	65011	99.344,2	4,8
833	257696	150.105,6	12,6
837	48292	72.542,0	4,9
906	13140	57.964,8	1,7
907	74810	194.211,7	2,8
923	12743	74.925,9	1,2
936	40751	83.922,4	3,6
961	24611	80.064,0	2,3
971	33179	57.083,4	4,3
978	20930	104.876,8	1,5
H	15	67.807,6	0,0
GT	103642	56.630,9	13,4
N	18031	524.648,7	0,3
TOTALE	45120274	19.213.981,2	17,0

APPENDICE D

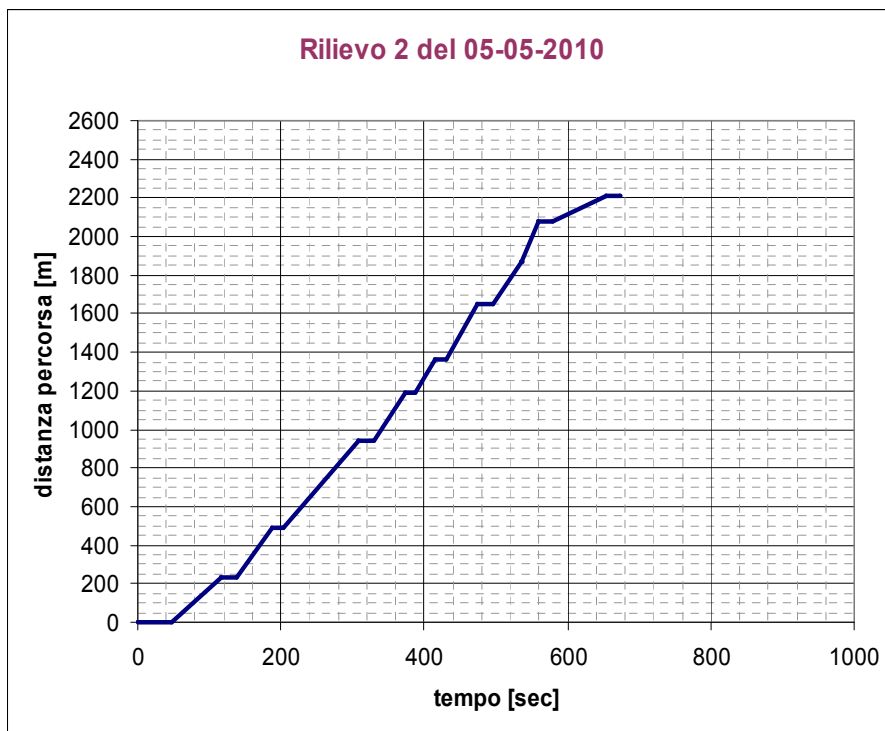
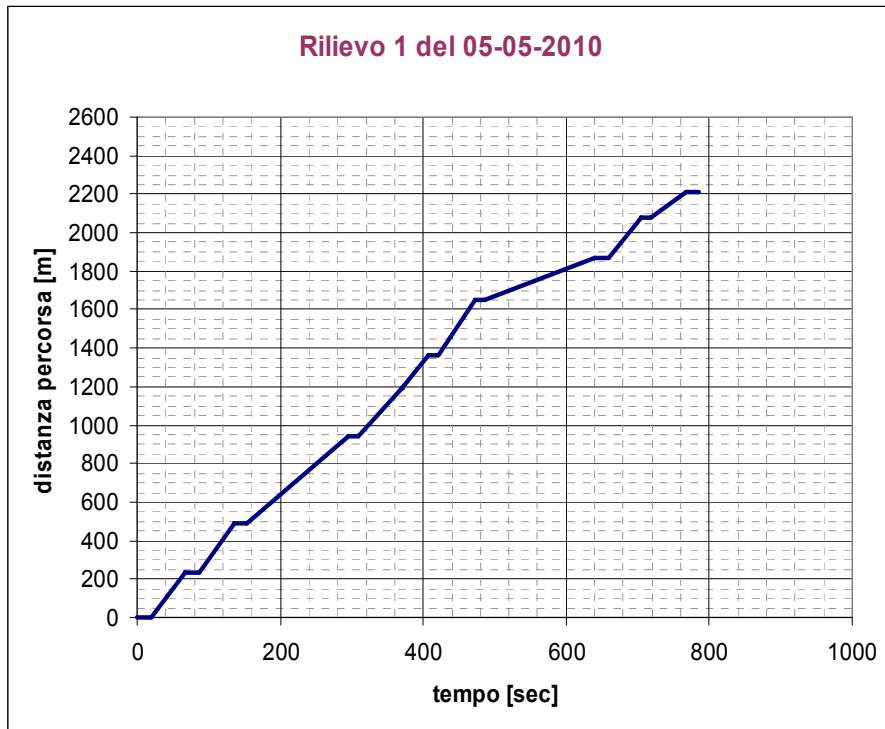
**RILIEVI CRONOMETRICI EFFETTUATI
SULLA LINEA AMAT-101**

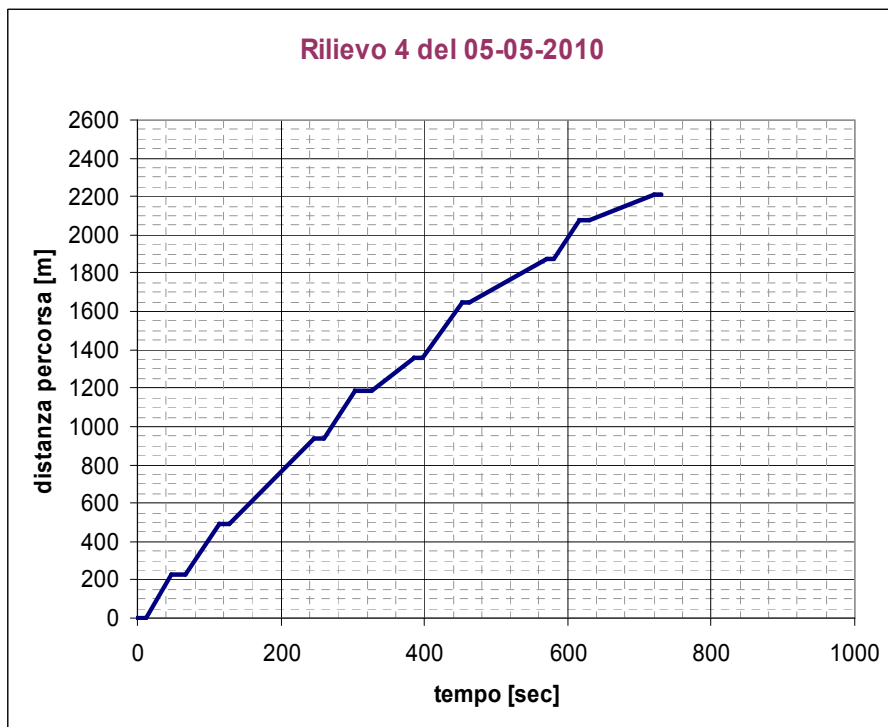
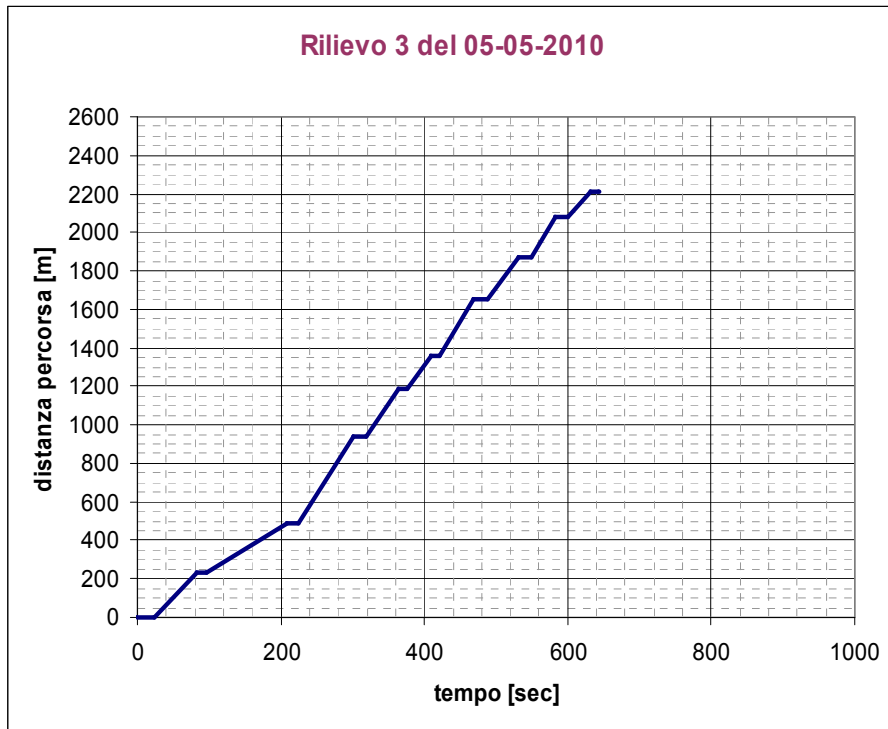
Percorso Piazza Castelnuovo - Piazza Vittorio Veneto											
Osservazione del 29-04-10											
	S [m]	Inizio Corsa ore	f	Rilievo 1		Rilievo 2		Rilievo 3		Rilievo 4	
				Tprogr. [sec]	11:13	Tprogr. [sec]	11:57	Tprogr. [sec]	12:48	Tprogr. [sec]	13:25
L. G. Sella	0			0		0		0		0	
	0		4,35	15		32		27		18	
L. Archimede	230			77		73		74		56	
	230		3,85	92		90		87		73	
L. Croci	490			145		168		169		113	
	490		2,22	163		186		185		127	
L. Notarbartolo	940			246		323		260		205	
	940		4,00	261		340		280		228	
L. Arimondi	1190			314		380		332		274	
	1190		5,88	333		401		341		299	
L. Villa Paino	1360			364		434		368		332	
	1360		3,45	381		446		385		352	
L. Ugdulena	1650			435		521		454		417	
	1650		4,55	452		543		472		438	
L. Matteotti	1870			493		679		543		627	
	1870		4,76	509		696		568		647	
L. Don Bosco	2080			536		726		609		678	
	2080		7,69	549		748		623		691	
L. Lazio	2210			573		802		693		729	
	2210			588		814		710		741	



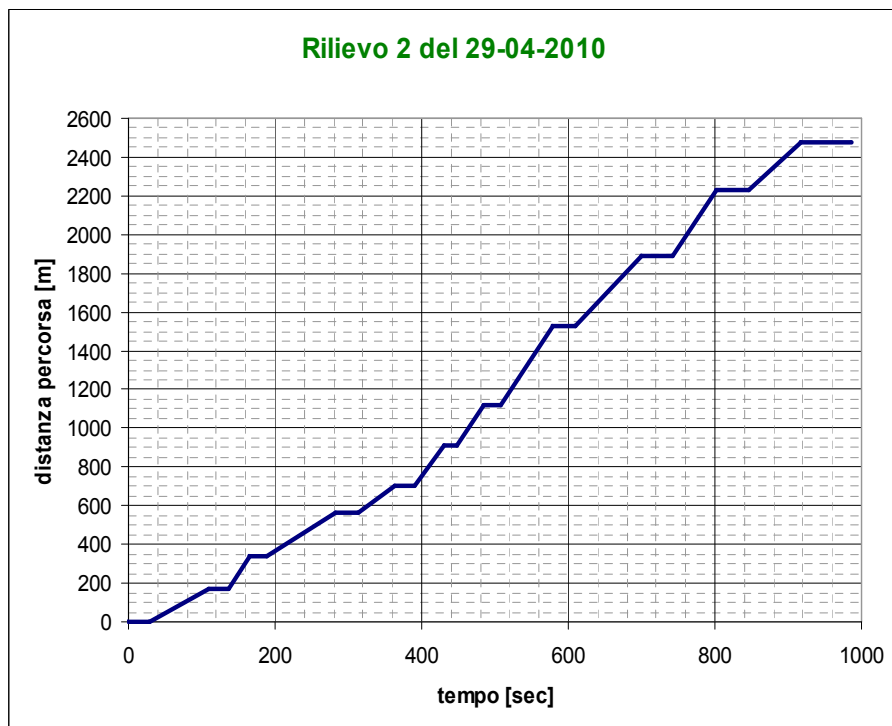
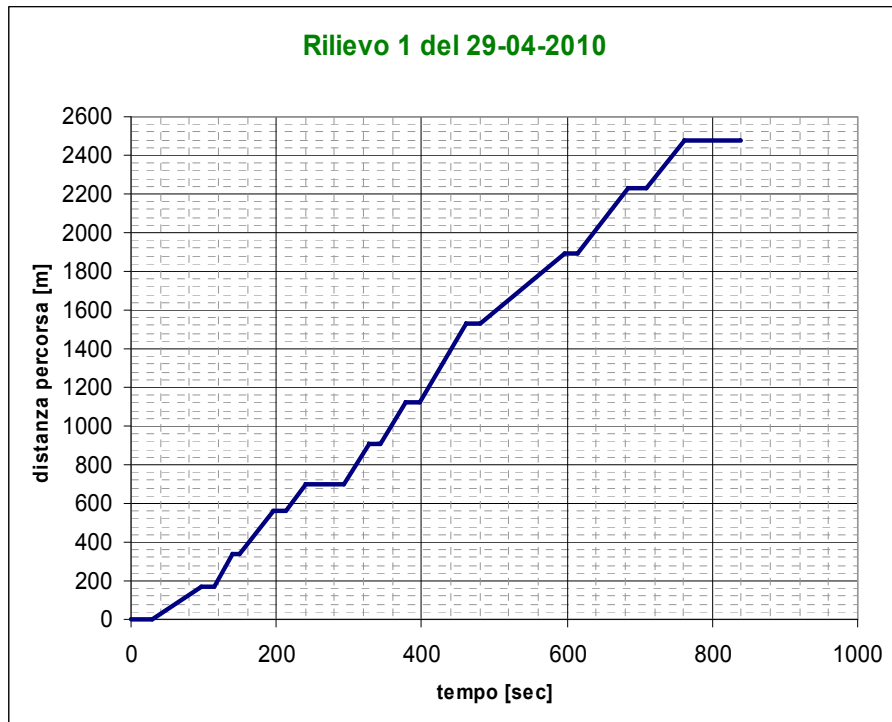


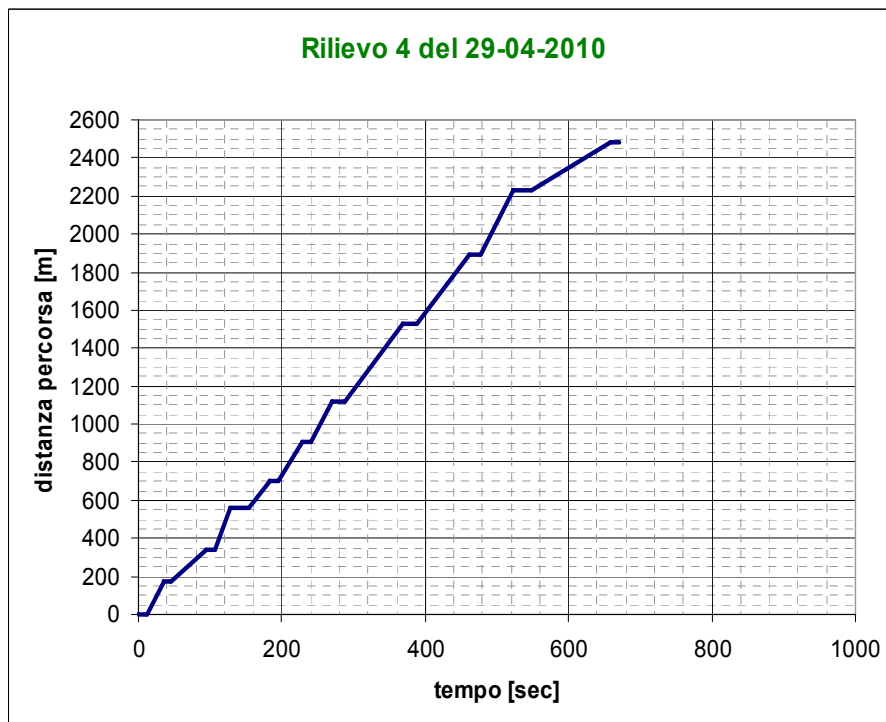
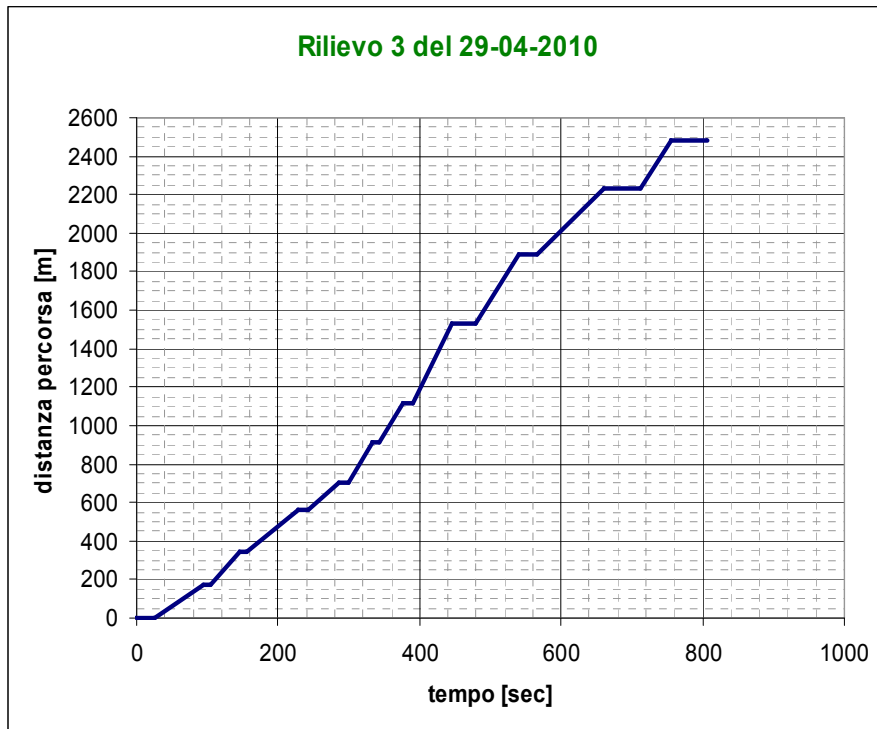
Percorso Piazza Castelnouvo - Piazza Vittorio Veneto											
Osservazione del 05-05-10											
	S [m]	Inizio Corsa ore		Rilievo 1		Rilievo 2		Rilievo 3		Rilievo 4	
		f		10:49	Tprogr. [sec]	11:35	Tprogr. [sec]	12:21	Tprogr. [sec]	12:56	Tprogr. [sec]
L. Q. Sella	0			0		0		0		0	
	0			19		48		23		12	
L. Archimede	230		4,35	66		116		83		48	
	230			87		139		96		67	
L. Croci	490		3,85	135		187		208		114	
	490			154		204		225		127	
L. Notarbartolo	940		2,22	295		309		301		247	
	940			309		330		318		259	
L. Arimondi	1190		4,00	370		373		364		304	
	1190			370		388		375		326	
L. Villa Paino	1360		5,88	408		416		409		386	
	1360			421		431		422		397	
L. Ugdulena	1650		3,45	473		475		469		452	
	1650			486		496		488		462	
L. Matteotti	1870		4,55	640		536		532		570	
	1870			660		536		550		580	
L. Don Bosco	2080		4,76	704		559		583		616	
	2080			719		580		600		629	
L. Lazio	2210		7,69	768		655		632		720	
	2210			786		673		644		731	



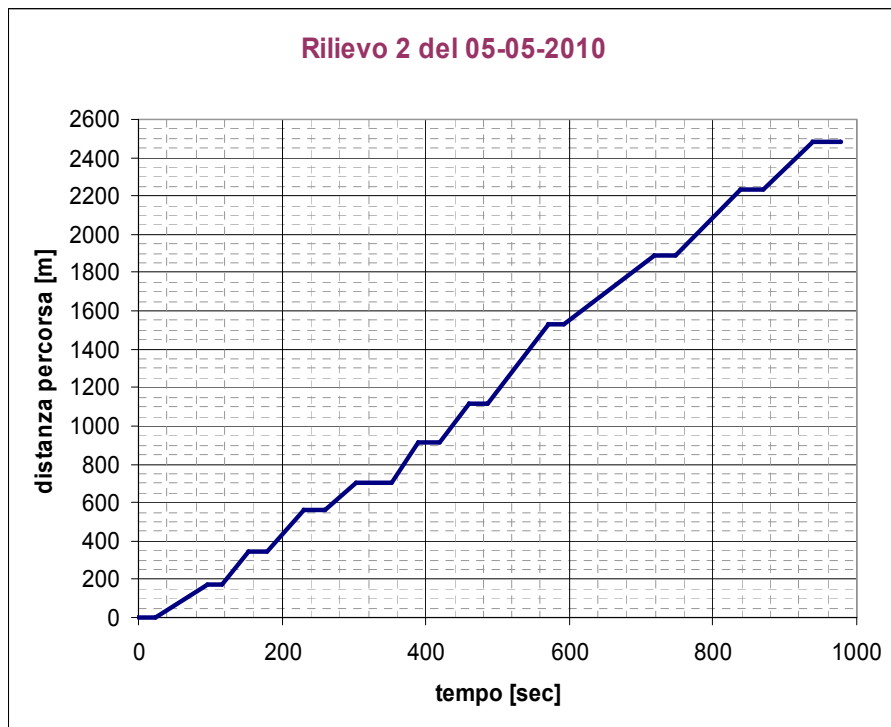
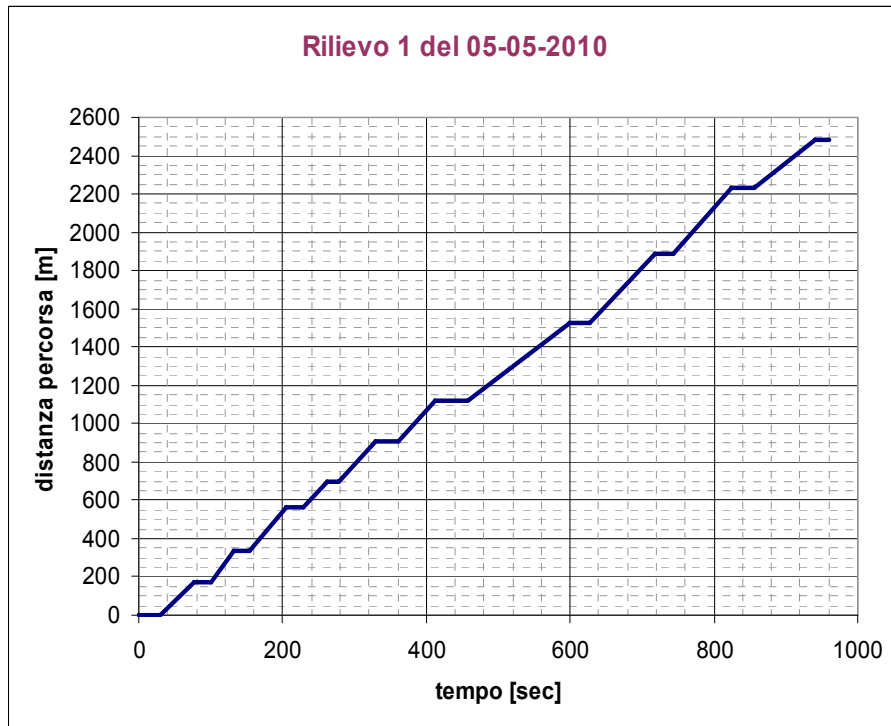


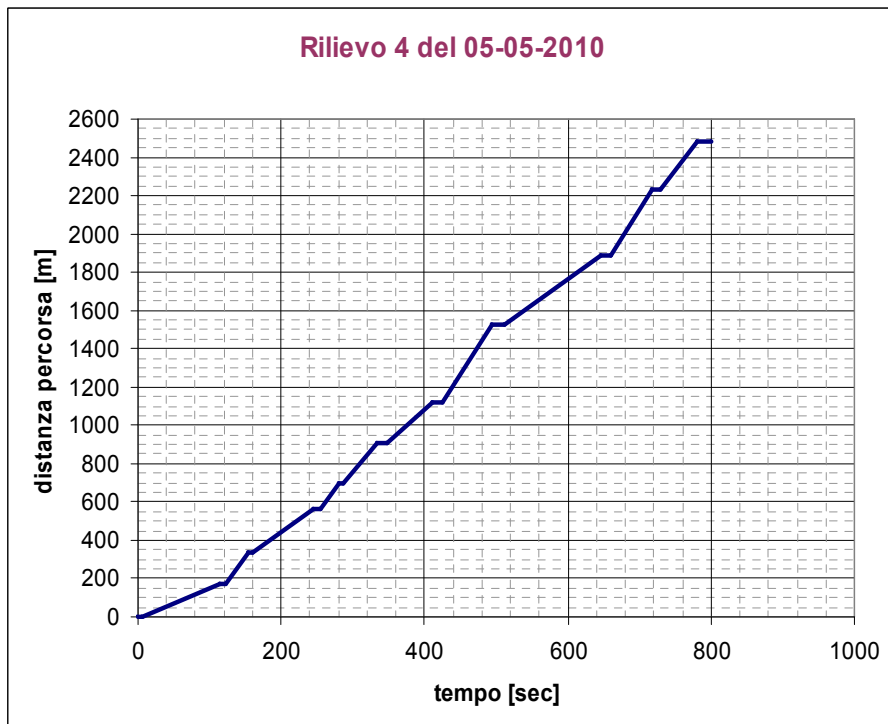
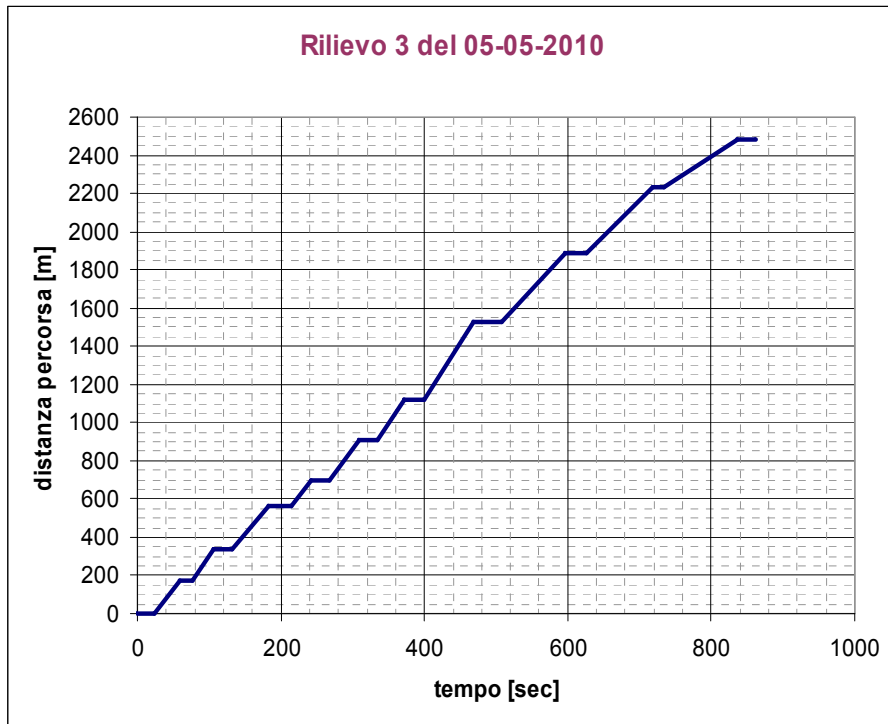
Percorso Piazza Vittorio Veneto - Piazza Castelnuovo									
Ossevizione del 29-04-10									
		Inizio Corsa ore		Rilievo 1		Rilievo 2		Rilievo 3	
		f		11:25		12:20		13:05	
S [m]		f		Tprogr. [sec]		Tprogr. [sec]		Tprogr. [sec]	
L. Lazio	0			0	0	0	0	0	0
L. Don Bosco	170	5,88		96	109	28	109	25	11
L. Matteotti	170	5,88		114	136	136	136	104	46
L. Ugulena	340			139	165	165	165	145	95
	340	4,55		150	188	188	188	156	106
	560			196	282	282	282	228	128
	560	7,14		214	313	313	313	242	154
L. D'annunzio	700			241	364	364	364	286	184
	700	4,76		292	391	391	391	299	195
L. Villa Paimo	910			328	430	430	430	333	228
	910	4,76		343	449	449	449	344	240
L. Arimondi	1120			378	485	485	485	376	270
	1120	2,44		398	508	508	508	390	287
L. Notarbartolo	1530			461	578	578	578	446	368
	1530	2,78		480	610	610	610	479	389
L. Croci	1890			597	700	700	700	540	461
	1890	2,94		614	743	743	743	566	478
L. E. Parisi	2230			684	802	802	802	661	523
	2230	4,00		709	847	847	847	713	549
L. Politeama	2480			762	918	918	918	756	659
	2480			839	986	986	986	807	671





Percorso Piazza Vittorio Veneto - Piazza Castelnuovo									
Osservazione del 05-05-10									
Rilievo 1		Rilievo 2		Rilievo 3		Rilievo 4			
11:11		11:57		12:35		13:11			
Tprogr. [sec]		Tprogr. [sec]		Tprogr. [sec]		Tprogr. [sec]		Tprogr. [sec]	
0		0		0		0		0	
29		24		23		5			
76		96		59		115			
101		116		77		122			
132		153		106		154			
153		180		131		160			
205		231		184		246			
228		260		215		255			
263		304		243		281			
278		353		268		287			
330		390		309		334			
360		420		335		347			
412		461		372		412			
457		487		399		425			
600		571		468		494			
627		593		507		512			
717		719		596		646			
744		749		625		661			
825		839		718		718			
857		871		734		730			
941		938		837		780			
960		978		863		801			
L. Lazio	0								
L. Don Bosco	170	5,88							
L. Matteotti	170	5,88							
L. Ugdulena	340	4,55							
L. D'annunzio	560	7,14							
L. Villa Paino	700	4,76							
L. Arimondi	910	4,76							
L. Notarbartolo	1120	2,44							
L. Croci	1120	2,78							
L. E. Parisi	1530	2,94							
L. Politeama	1530	4,00							
	1890								
	1890								
	2230								
	2230								
	2480								
	2480								





APPENDICE E

TABELLE RELATIVE ALLE ANALISI DELLE LINEE

AMAT-101, AMAT-105,

BIG BLUE BUS-1,

METRO-4, METRO-704

Table with 24 columns: ora, Qv/Quimax, Qph/Qpgg, N° autobus in servizio, Db, Vr0, pass salita./kmh, pass discesa./kmh, D, f1, tr-as, Vr, tr, Pt, Pu, P, Coef.occ., Probabilità di fermata, t1, t2, t3, t4, t5.

Table with 24 columns: K1, K2, K3, Vc, t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7, t8, t9, t10, t11, t12, t13, t14, t15, t16, t17, t18, t19, t20, t21, t22, t23, t24.

ANALISI LINEA AMAT 105 - GIORNI FERIAI - DISTANZA TRA FERME 250m

ora	Qv/Qmax		N° autobus in servizio	Db	Vr0	D	fi	tr-as	Vr	tr	P	Coef.-occ.	Probabilità di fermata		tr	ts	ts-ss	
	[h]	[sec]											[0<= # <=1]	[0<= # <=1]				[sec]
0	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
1	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
2	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
3	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
4	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
5	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
6	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
7	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
8	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
9	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
10	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
11	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
12	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
13	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
14	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
15	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
16	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
17	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
18	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
19	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
20	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
21	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
22	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9
23	0,2500	0,0000	1	9,60	17,2	30	6,67	14,4	5,5	0,45	0,00	0,00	0,0	1,0	0,0	0	41	9

ora	K1	K2	K3	Vc	ts	ts-ss	ts-tr	ts-tr	Voc	topkm	S	Consumi		S	ora
												[l/gli/km-flotta]	[l/gli/km-flotta]		
0	0,0000	0,0000	0,0000	14,4	19,9	31	384	152	2,6	13,357	22,47	11,16	0,63	0,21	0
1	0,0000	0,0000	0,0000	14,4	19,9	31	384	152	2,7	14,120	22,47	10,59	0,60	0,23	1
2	0,0000	0,0000	0,0000	15,3	21,2	32	384	152	2,8	14,130	22,47	10,51	0,59	0,24	2
3	0,0000	0,0000	0,0000	15,6	22,4	33	384	152	2,8	14,130	22,47	10,51	0,59	0,24	3
4	0,0000	0,0000	0,0000	14,3	20,7	32	384	152	2,6	13,173	22,47	11,19	0,63	0,21	4
5	0,0000	0,0000	0,0000	13,8	20,0	31	384	152	2,6	13,140	22,47	11,32	0,65	0,19	5
6	0,0040	0,0010	0,0010	7,9	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	6
7	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	7
8	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	8
9	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	9
10	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	10
11	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	11
12	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	12
13	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	13
14	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	14
15	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	15
16	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	16
17	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	17
18	0,0040	0,0010	0,0010	8,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	18
19	0,0030	0,0010	0,0010	8,2	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	19
20	0,0020	0,0010	0,0010	9,5	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	20
21	0,0010	0,0010	0,0010	11,9	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	21
22	0,0010	0,0010	0,0010	13,0	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	22
23	0,0010	0,0010	0,0010	13,8	12,2	22	411	162	1,8	0,623	99,23	14,52	0,83	0,06	23



BIBLIOGRAFIA

- [1] Greater Manchester Passenger Transport Executive, “*Design guidelines for bus stops in Greater Manchester*”, 2000-2007.
- [2] Public Transport Authority, Government of Western Australia, “*Public Transport Bus Stop Site Layout Policy*”, 2003.
- [3] Public Transport Authority, Government of Western Australia, “*Design and Planning Guidelines for Public Transport Infrastructure*”, 2003.
- [4] Bus Priority Team, Transport for London, Mayor of London, “*Accessible bus stop design guidance*”, 2006.
- [5] KFH Group, Arlington County Department of Public Works, (U.S.A.), “*Arlington County Bus Stop Design Standards*”, 2002.
- [6] United States Department of Transportation, Federal Transit Administration, “*Bus and Bus Stop Designs Related to Perceptions of Crime*”, 2001.
- [7] Darnel & Associates, MNI Omnitrans (San Bernardino L.A. , U.S.A.), “*Bus Stop Design Guidelines*”, 2006.
- [8] Easter Sales Project ACTION (Accessibility Transportation In Our Nation) (Washington DC), “*Toolkit for the Assessment of Bus Stop Accessibility and Safety*”, 2006.
- [9] Manukau City Council, (New Zealand), “*Bus Stop and Bus Shelter Policies & Guidelines*”, 2004.
- [10] BC Transit Municipal Systems Program (Vancouver, Canada), “*Design Guidelines for Accessible Bus Stops*”, 1990.
- [11] BC Transit (Vancouver, Canada), “*Transit Stop Installation Check-List*”, 1990.
- [12] Transit Cooperation Research Program - U.S.A. Federal Transit Administration, “*TCRP Report 19 - Guidelines for the Location and Design of Bus Stop*”, 1996.
- [13] VIC Roads (State of Victoria, Australia), “*Bus Stop Guidelines*”, 2006.
- [14] Westchester County Department of Transportation (State of New York, U.S.A.), “*Bus Service Guidelines for Westchester County Municipalities*”, 2003.
- [15] The Maxwell School of Syracuse University (State of New York, U.S.A.), “*Accessibility and Distribution of Centro Bus Shelters*”, 2006.
- [16] British Department of Transport, “*Inclusive Mobility*”, 2007.
- [17] Alberta Transportation and Utilities (State of Alberta, Canada), “*Design Guidelines for Pedestrian Accessibility*”, 1996.

- [18] NBS plus, *“Bus Stop Kerb, Variable Height Kerb System”*.
- [19] Tri-Met (Public Transport for the Portland Oregon Metro Area), *“Bus Stop Guidelines 2002”*, 2002.
- [20] TransLink (integrated public transport south east queensland, bus, rail & ferry networks), Queensland Government (Australia), *“Public Transport Infrastructure Manual”*, 2007.
- [21] Department of transport NSW (New South Wales, Australia), *“Best Practice Guidelines for NSW Public Transport Signage and Information Displays”*, 2002.
- [22] Ageing and Disability Department of NSW (New South Wales, Australia). *“Best Practice Manual for the Publication and Display of Transport Information 2000”*.
- [23] European Conference of Ministers of Transport, (Liverpool, UK) , *“All aboard : the case for accessible buses”*, 1998.
- [24] Rickert T., World Bank (Washington DC, U.S.A.), *“Bus Rapid Transit Accessibility Guidelines”*, 2007.
- [25] Grand Junction/Mesa County Metropolitan Planning Organization (Colorado,U.S.A.), *“Transit Design Standards and Guidelines”*, 2003.
- [26] Oregon Department of Transportation (U.S.A.), *“Design Guidelines for Public Transportation”*, 2003.
- [27] Land Transport Safety Authority (Nuova Zelanda) , *“Guidelines for The Safety Siting of School Bus Stop”*, 2004.
- [28] OCTA (Orange County Transportation Authority, California, U.S.A.), *“Bus Stop Safety and Design Guidelines”*, 2004.
- [29] City of Brunswick (Maryland, U.S.A.), *“Transit Oriented Design Guidelines”*, 2006.
- [30] Palm Tran (Palm-Beach County, Florida , U.S.A.), *“Transit Design Manual”*, 2004.
- [31] Translink, Citybus, N.I. Railways, Ulsterbus (Northern Ireland, UK), *“An Access Guide to Bus and Rail Passenger Facilities”*, 2001.
- [32] Mississauga Transit (Mississipi, U.S.A.), *“Accessible Bus Services”*.
- [33] Transport for London, Surface Transport, *“Allegati al Consultation on Bus Stopping Arrangements”*, 2007.
- [34] Transportation Office of Sommerset County Educational Services Commission, (New Jearsy, U.S.A.), *“Bernanards Township Public Schools Transportation Handbook”*, 2007-2008.
- [35] Burlington Transit (Burlington, Canada), *“Accessible Transit: a Guide for Passengers”*, 2007.
- [36] Toronto Transit Commission (Toronto, Canada), *“Easier Acces on the TTC”*, 2007.
- [37] 10tuochpoints *“Redesigning the Bus Shelter”*, 2007.

- [38] MIT Design LAB, MIT Mobile Experience LAB, (Massachusetts Institute of Technology), “*Smart Bus-Line*”, exhibit in Paris summer 2006.
- [39] Cultural Arts Department, City of Kettering (Ohio, U.S.A.), “*Bus Stop Design Project*”, 2007.
- [40] Christchurch city council, (Nuova Zeanda), “*Bus Stop Location Policy*”, 2007.
- [41] AC Transit (Oakland, California, U.S.A.), “*Board Policy*”, 2005.
- [42] McGinley F., The Transport Research Centre of the Royal Melbourne Institute of Technology, “*A GIS Approach to Bus Service Planning*”.
- [43] Harris C., (Township of Northshorescity), (Nuova Zelanda), “*Sprucing up the Shop Window: Improving the Bus Stop Environment for Passengers, Pedestrians and Property Owners*”, 2007.
- [44] Salvo G., Sabatini S., Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti, Università degli Studi di Palermo, “*A GIS Approach to Evaluate Bus Stop Accessibility*”.
- [45] El-Geneidy A.M., Kimpel T.J., Strathman J.G. (Center for Urban Studies, College for Urban Public Affairs, Portland State University), “*Empirical Analysis of the Effect of Bus Stop Consolidation on Passenger Activity and Transit Operation*”, 2005.
- [46] San Clemente J., Furth P. (Northeastern University, College of Engineering) “*Near-side, Far-side, Up-hill, Down-hill : Impact of Bus Stop Location on Bus Delays*”.
- [47] Wilson N.H.M. , (Lecture 12), M.I.T., “*Macro Design Models for a Single Route*”, 2006.
- [48] Onda Verde nr.75, “*Il trasporto pubblico e le corsie preferenziali*”, gennaio/febbraio 2002.
- [49] ONU, “*Proiezioni demografiche mondiali 2003-2050*”, 2005.
- [50] UITP, “*Bus systems an efficient mode of transport*”, 2009.
- [51] UITP, “*Buses today and tomorrow*”, 2009.
- [52] Dipartimento di Ingegneria Civile dell’Università di Roma “Tor Vergata”, Dipartimento di Pianificazione Territoriale dell’università della Calabria, Dipartimento di Informatica, Matematica, Elettronica e Trasporti dell’Università Mediterranea di Reggio Calabria, Dipartimento di Scienze dell’Ingegneria Civile dell’università di “Roma Tre”, Programma di ricerca di rilevante interesse nazionale – Ministero dell’Istruzione , dell’Università e della Ricerca Protocollo 2002081937, “*Sistemi di trasporto collettivo avanzati in aree urbane e metropolitane: classificazioni e applicazioni*”, Laruffa Editore, 2002.
- [53] Transportation Research Board, “*Highway Capacity Manual - 2000*”, 2000.

- [54] Transportation Research Board, “*Transit Capacity and Quality of Service Manual*”, 2003.
- [55] Tyler N., “*Accessibility and the Bus System from concept to practice*”, Thomas Telford Ltd, 2002.
- [56] Cascetta E., “*Teoria e Metodi dell’Ingegneria dei Sistemi di Trasporto*”, UTET, 1998.
- [57] Vuchic V., “*Urban Transit and Tecnology*”, Wiley, 2007.
- [58] Vuchic V., “*Urban Transit: Operations, Planning and Economics*”, Wiley, 2007.
- [59] Esposito T., Mauro R., Volume 1: “*Fondamenti di Infrastrutture Viarie – La geometria stradale*”, Hevelius Edizioni, 2001.
- [60] Esposito T., Mauro R., Volume 2: “*Fondamenti di Infrastrutture Viarie - La progettazione funzionale delle strade*”, Hevelius Edizioni, 2001.
- [61] La Franca L., Carioti R., Burriesci S. “*Trasporto pubblico urbano : la predizione della velocità di transito*”, D.I.TRA.-Dipartimento d’Ingegneria dei Trasporti dell’Università di Palermo, Luglio 2010.
- [62] La Franca L., Cardaci V., Carioti R., Marù N. .” *Trasporto pubblico su gomma in ambito urbano : analisi della velocità commerciale*” D.I.TRA.-Dipartimento d’Ingegneria dei Trasporti dell’Università di Palermo, Novembre 2010.
- [63] Carioti R.” *Trasporto pubblico su gomma in ambito urbano :analisi della velocità commerciale*” Convegno Nazionale SIDIT- Dicembre 2010
- [64] Tortorella W. Andreani V. ” *Rapporto Cittalia 2009 – città mobili*” Fondazione ANCI, 2009