

## STRUTTURA DI COSTO E RENDIMENTI DI SCALA NELLE IMPRESE DI TRASPORTO PUBBLICO LOCALE DI MEDIE-GRANDI DIMENSIONI

CARLO CAMBINI, IVANA PANICCIA, MASSIMILIANO PIACENZA, DAVIDE VANNONI

DSPEA – Politecnico di Torino;  
Agenzia per il controllo e la qualità dei servizi pubblici locali, Comune di Roma e Luiss G. Carli;  
Ceris-CNR e HERMES;  
Università di Torino e HERMES

pubblicazione internet realizzata con contributo della



# STRUTTURA DI COSTO E RENDIMENTI DI SCALA NELLE IMPRESE DI TRASPORTO PUBBLICO LOCALE DI MEDIE-GRANDI DIMENSIONI

*Carlo Cambini, Ivana Paniccia, Massimiliano Piacenza, Davide Vannoni*

Parole chiave: dimensione ottima minima; economie di scala; economie di densità; trasporto pubblico locale; regolazione; concorrenza per il mercato.

VERSIONE PROVVISORIA. NON CITARE SENZA IL CONSENSO DEGLI AUTORI

## Sintesi

L'identificazione della struttura di costo e della dimensione ottima minima non sono argomenti nuovi nella letteratura in materia di economia dei trasporti, anche se il numero di studi empirici risulta poco elevato a causa della difficile reperibilità dei dati di costo dalle imprese. In generale, l'analisi della letteratura nazionale internazionale pone in evidenza le seguenti regolarità:

- presenza di economie di scala nel breve periodo;
- evidenza non conclusiva sulla presenza di economia di scala di lungo periodo;
- presenza di economia di densità della rete.

Rimangono invece indeterminati e non facilmente confrontabili i risultati relativi alla dimensione ottima minima, che varia in funzione degli anni e delle imprese esaminate. Per quanto riguarda gli studi italiani, in particolare, l'evidenza raccolta, ancorché in linea con quella internazionale, si riferisce a campioni di piccole e medie imprese ovvero a campioni ristretti di operatori di grandi dimensioni. Il presente lavoro, svolto in collaborazione con l'Agenzia per il controllo e la qualità dei servizi pubblici locali, si propone di investigare i fattori che influiscono sull'efficienza delle imprese operanti nelle grandi realtà urbane, al fine di determinare la dimensione ottima minima di produzione. L'individuazione di tale dimensione assume particolare rilievo sia al fine di identificare il network ottimale oggetto di competizione, nel caso di affidamento del servizio mediante gara (concorrenza per il mercato), sia nel caso di azioni di riassetto organizzativo e proprietario delle imprese o di riconfigurazione del network (frammentazione o integrazione).

Le caratteristiche tecnologiche del settore del TPL sono state studiate attraverso la stima econometrica di una **funzione di costo totale** e di una **funzione di costo variabile**. In entrambi i casi è stato adottato un modello di tipo *translogaritmico*, che garantisce la flessibilità della tecnologia implicita nella funzione di costo. Si è altresì valutato il ruolo di alcune variabili ambientali e di *network* (es. velocità commerciale) e della diversificazione del servizio nei vari comparti (urbano, extraurbano, misto). Si sono infine considerati effetti *firm-specific* e/o effetti *time-specific*.

Il campione preso in considerazione è costituito da 33 operatori di TPL, di cui 21 di media dimensione e 12 operanti su larga scala. Tutte le imprese sono state osservate su un periodo di sette anni, dal 1993 al 1999 (e 15 imprese per il periodo 1999- 2002).

I dati economici e produttivi relativi ai costi e all'output delle imprese, e alle caratteristiche dei network sono stati ottenuti attraverso un questionario appositamente predisposto e somministrato alle imprese del campione. I dati così raccolti sono stati integrati e confrontati con quelli risultanti dagli Annuari e dai Compendi pubblicati da ASSTRA.

Dalla stima econometrica della funzione di costo sia variabile sia totale, condotta con modelli con effetti fissi è emersa la presenza di significative economie di scala e di densità sia per l'impresa media di riferimento sia per il campione di grandi imprese, indipendentemente dal tipo di servizio offerto (urbano e misto). Tali risultati sono in linea con quelli degli studi precedenti relativi alle imprese di piccola e media dimensione.

*Il presente lavoro è stato realizzato con la supervisione scientifica da parte del Prof. Massimo Filippini dell'Università di Lugano. Si ringraziano tutte le imprese che hanno cortesemente inviato i loro dati utilizzati nel presente rapporto, la Dott.ssa Adriana Cipolla e il dott. Mattia Morandi per l'assistenza alla ricerca.*

## 1. Introduzione

Durante la prima metà degli anni '90, nel comparto del trasporto pubblico locale (TPL) si è assistito ad un tentativo di riequilibrio economico e finanziario attraverso provvedimenti “tampone” che, nonostante alcuni risultati positivi, si sono tuttavia rivelati insufficienti rispetto al più generale obiettivo di risanamento del settore. La riforma strutturale del TPL, avviata con la Legge 549/1995 e completata dai Decreti Legislativi 422/1997 e 400/99, rappresenta la risposta all'esigenza di una riorganizzazione radicale dell'intero comparto, senza la quale il perseguimento di cospicui recuperi di X-efficienza e di efficacia del servizio sarebbero risultati problematici.

Questo rapporto, realizzato per conto e in collaborazione con l'Agenzia per il controllo e la qualità dei servizi pubblici locali di Roma, mira essenzialmente ad investigare i fattori che influiscono sull'efficienza delle imprese operanti nelle grandi realtà urbane, al fine di determinare la dimensione ottima minima di produzione. L'individuazione di tale dimensione assume particolare rilievo dal punto di vista dell'efficienza produttiva dei gestori, dal momento che condiziona la possibilità di questi ultimi di sfruttare le *economie di scala* (riduzione del costo medio unitario di produzione al crescere delle dimensioni d'impresa) e di *densità* eventualmente presenti nella struttura di costo. Tale dimensione potrà costituire il riferimento sia al fine di identificare il network ottimale oggetto di competizione, nel caso di affidamento del servizio mediante gara (concorrenza per il mercato), sia nel caso di azioni di riassetto delle imprese di proprietà (fusioni, acquisizioni, disinvestimenti) o di riconfigurazione del network (frammentazione o integrazione).

Il presente rapporto è così strutturato. La sezione 2 offre una breve rassegna della letteratura sugli studi empirici applicati ai trasporti locali. La sezione 3 descrive il database realizzato e illustra la struttura del modello (variabili di output, prezzi dei fattori e caratteristiche tecnico-ambientali) che verrà poi stimato. Nella sezione 4 infine vengono presentate le caratteristiche dei modelli econometrici utilizzati e si riportano i risultati delle stime effettuate. La sezione 5 conclude il lavoro.

## 2. Breve rassegna della letteratura

In linea di estrema sintesi, l'analisi della letteratura internazionale in materia di funzioni di costo del TPL pone in evidenza le seguenti regolarità<sup>1</sup>:

- presenza di economie di scala nel breve periodo;
- evidenza non conclusiva sulla presenza di economia di scala di lungo periodo;
- presenza di economia di densità della rete.

Rimangono invece indeterminati e non facilmente confrontabili i risultati relativi alla dimensione ottima minima, che varia in funzione degli anni e delle imprese esaminate. Per quanto riguarda gli studi italiani, in particolare, l'evidenza raccolta, ancorché in linea con quella internazionale, si riferisce a campioni di piccole e medie imprese ovvero a campioni ristretti di operatori di grandi dimensioni.

---

<sup>1</sup> Si veda per una rassegna ragionata della letteratura sul tema in esame: Fabbri, 1998 e Piacenza, 2001.

Fazioli, Filippini e Kunzle (F-F-K, 2003) hanno indagato il problema della determinazione dei livelli di efficienza produttiva nel settore del TPL attraverso la stima econometrica di funzioni di costo per il settore. Viene studiato un campione di 58 imprese italiane di TPL di *piccola e media dimensione* osservate nel periodo 1991-1997 posto a confronto con un campione analogo di imprese svizzere. Gli autori rilevano una marcata presenza di economie di scala per tutte le classi dimensionali, suggerendo il perseguimento di strategie di fusione tra imprese di bus con rete adiacente, al fine di sfruttamento al meglio tali economie; questi argomenti sono ripresi in Cambini e Filippini (2003) per valutare la dimensione ottimale delle gare nei trasporti, seppur l'analisi – dato il campione disponibile – non può essere direttamente estesa al caso di città metropolitane.

L'evidenza empirica di F-F-K sulla presenza diffusa di economie di scala trova sostanziale conferma negli studi condotti da Fraquelli e Piacenza (2003) e Fraquelli, Piacenza e Abrate (2004). Le analisi in questo caso riguardano un campione di 45 imprese italiane urbane, extra-urbane e miste operanti negli anni dal 1993 al 1999 su piccola e media scala. E' supportata l'indicazione circa la necessità di promuovere politiche di fusioni tra imprese operanti su network attigui, specificando, in aggiunta, che tale strategia dovrebbe essere implementata soprattutto tra operatori urbani ed extraurbani, così da creare nuove unità produttive di tipo 'misto' che riescano a sfruttare anche le economie da diversificazione rilevate attraverso l'analisi econometrica.

Nella sostanza, entrambi gli studi suggeriscono che – per le città piccole e medie - per favorire un migliore sfruttamento delle economie di scala spaziali è necessario definire gare per l'affidamento del servizio di TPL che considerino reti di trasporto di ampia estensione, sconsigliando quindi l'apertura di gare riguardanti sub-bacini o singole linee di trasporto.

Un limite di questi studi è rappresentato dal tipo di campioni analizzati; infatti le imprese di grandi dimensioni, come ad esempio operatori che svolgono il servizio di trasporto in grandi città come Roma, Torino, Milano, Napoli e Genova sono escluse o comunque in numero minimo rispetto al totale delle società osservate.

A tale riguardo, uno studio sul settore condotto nel 2001 da Fraquelli, Piacenza e Abrate, utilizzando una base dati di 47 imprese operanti nel periodo 1996-1998, sembrerebbe evidenziare il manifestarsi di diseconomie di scala in corrispondenza delle imprese che operano nei centri urbani di dimensioni elevate (Roma, Napoli, Torino), con un costo unitario medio per posto-km caratterizzato da un andamento ad U. Esso cala infatti da circa 0,43 Euro per le piccole imprese a 0,38 Euro per quelle di dimensione media (grandi e piccole), per poi risalire ad un valore prossimo a 0,51 Euro per i grandi operatori; la scala ottima minima corrispondente a tale trend può essere individuata nell'intervallo compreso tra 638.411.936 e 1.504.478.270 posti-km offerti. L'esistenza di un limite alla possibilità di sfruttamento delle economie di scala, tende a suggerire che i piccoli centri urbani dovrebbero seguire la strategia di ampliamento del bacino di servizio aggregando gli operatori attigui (come indicato dagli studi citati sopra), mentre per i grandi centri urbani potrebbe anche essere opportuno dal punto di vista dell'efficienza di scala ripartire la fornitura del servizio fra diversi gestori, ciascuno dei quali copre un determinato sub-bacino e/o specifiche linee di traffico.

Dal momento che l'evidenza sulla presenza di diseconomie di scala emersa in Fraquelli, Piacenza e Abrate (2001) si basa su semplici indicatori di costo medio e utilizza un campione

che include un gruppo ristretto di operatori di grandi dimensioni (4 in tutto), è difficile poter estendere tali risultati ad una città come Roma senza prima testare in la robustezza di tale evidenza empirica, attraverso un confronto fra un numero più ampio di realtà metropolitane di simile grandezza. Il presente progetto si propone appunto di rivedere questo limite delle indagini preesistenti nell'ottica sia di contribuire alle ricerche economiche sull'argomento sia di poterne derivare risultati utili ai fini di *policy* per il decisore pubblico locale.

### **3. Il campione in esame: alcune statistiche descrittive**

#### ***3.1. Descrizione del campione***

Il campione preso in considerazione è costituito da 33 operatori, attivi nei trasporti pubblici locali<sup>2</sup>. Si tratta di un campione ampiamente rappresentativo dell'universo di riferimento costituito dalle imprese di dimensione medio grande operanti in Italia, che in base agli elenchi ASSTRA (ex Federtrasporti) generano un fatturato complessivo circa pari al 70% dell'intero fatturato del TPL italiano.<sup>3</sup>

Tutte le imprese sono state osservate su un periodo di sette anni, dal 1993 al 1999, per un totale di 231 osservazioni. Inoltre per 15 imprese di trasporto sono anche disponibili i dati relativi al triennio 2000-2002.

Il database è stato costruito grazie a diverse fonti informative; i principali dati economici e produttivi di ogni impresa di trasporto, come il costo totale di produzione, il costo del personale, le vetture-chilometro percorse, i viaggiatori trasportati, la dimensione del parco veicoli ed i consumi di carburante, sono stati ricavati dagli Annuari e dai Compendi pubblicati da ASSTRA. Dati di costo intermedi ed informazioni di tipo tecnico-ambientale sono stati invece ottenuti attraverso un questionario inviato a tutte le imprese associate ad ASSTRA.

Grazie a questo questionario, è stato possibile usufruire di dati quali il costo dei fattori produttivi disaggregati secondo aree macrofunzionali (consumi energetici, materiali e servizi esterni, capitale) e di informazioni tecniche complementari rispetto a quelle ricavate dai documenti resi disponibili da ASSTRA, quali la disaggregazione della forza lavoro tra conducenti, addetti alla manutenzione e personale amministrativo, la capacità di carico e l'età media del parco veicoli, l'estensione della rete di trasporto, la superficie servita e la velocità commerciale media di esercizio. Merita precisare che le imprese Milano ATM e Roma COTRAL, pur avendo fornito le informazioni necessarie per l'analisi (la prima solo per gli anni 1993-1999), sono state escluse dal campione per via della presenza del servizio di metropolitana e dell'impossibilità di separare i dati economici relativi a tale modalità da quelli

---

<sup>2</sup> Essi corrispondono ad oggi a 32 operatori, data la fusione nel 2001 tra ATM Torino e Satti Torino, che ha formato la società GTT. Per l'elenco, vedi nota n. 3.

<sup>3</sup> Sono state contattate in tutto 37 imprese. Di queste 27 avevano già collaborato ad un precedente studio condotto dal Centro Ricerche HERMES fornendo informazioni sul periodo 1993-1999, per cui per queste realtà il questionario inviato ha riguardato esclusivamente gli anni più recenti (2000-2002). Ai restanti 10 operatori è stato invece somministrato un questionario relativo all'intero periodo analizzato. La fase di invio, sollecito e raccolta dei questionari dell'indagine si è svolta nel periodo maggio-settembre 2004. Il database utilizzato nello studio è stato quindi costruito combinando le informazioni già raccolte in precedenza da HERMES con i dati ottenuti attraverso il nuovo questionario.

di pertinenza del servizio su gomma. Le principali voci di costo e informazioni su dati tecnici raccolte per ogni operatore sono sintetizzate nella Tavola 1.

Per quanto riguarda le voci di costo, nell'analisi del costo di produzione si è cercato di offrire una valutazione complessiva comprensiva degli ammortamenti, ma al netto degli oneri finanziari, disaggregando le voci in base alla "destinazione" della spesa alle principali aree macrofunzionali. I carichi finanziari sono stati trascurati in quanto le diverse imprese usufruiscono di forme di finanziamento molto differenziate e le strutture patrimoniali sono quindi caratterizzate da una forte variabilità del *leverage* finanziario (Debiti finanziari/Capitale Netto).

**Tavola 1 – Struttura dei costi e dati tecnici e ambientali**

<i>STRUTTURA DEI COSTI</i>	<b>DATI TECNICI E AMBIENTALI</b>
- Costo del personale ripartito tra: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>costo autisti</i></li> <li>• <i>costo addetti alla manutenzione</i></li> <li>• <i>costo staff amministrativo</i></li> </ul>	- Vetture-km
- Costi per carburante ed energia di trazione	- Passeggeri trasportati (n.)
- Spese per l'acquisto di materiali e servizi esterni	- Numero di veicoli in dotazione
- Ammortamenti relativi ai veicoli	- Capacità media di carico dei veicoli
	- Et� media del parco veicoli (n. anni)
	- Lunghezza totale della rete (Km)
	- Superficie servita (Kmq)
	- Numero medio di dipendenti diviso tra: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>autisti</i></li> <li>• <i>addetti alla manutenzione</i></li> <li>• <i>staff amministrativo</i></li> </ul>
	- Litri di gasolio e kWh di energia consumati
	- Velocit� commerciale media (km/h)

In base alla dimensione aziendale   possibile suddividere il campione in due categorie: 21 imprese di trasporto di medie dimensioni ( $400 \leq n^\circ$  addetti  $< 1000$ ) e 12 di dimensione medio-grande ( $n^\circ$  addetti  $\geq 1000$ ). Si   quindi voluto ampliare rispetto agli studi precedenti quest'ultima categoria in modo da analizzare pi  adeguatamente l'andamento dei costi corrispondenti.<sup>4</sup>

Dal punto di vista della tipologia di servizio offerto invece, 12 societ  svolgono esclusivamente il servizio di trasporto urbano, 7 solo quello extraurbano e 14 operano in entrambi i comparti.

<sup>4</sup> Operatori di dimensione media: ASM (Brescia), TRA.IN (Siena), APT (Verona), ATC (La Spezia), ACT (Reggio Emilia), ACAP (Padova), GRIT (Avellino), TEP (Parma), AMAT (Taranto), SPT (Como), AMTAB (Bari), CPT (Pisa), ATCM (Modena), ATESSINA (Trento), CTM (Cagliari), TT (Trieste), ARPA (Chieti), SAB (Bergamo), SATTI (Torino), CSTP (Salerno), ATL (Livorno). Operatori di dimensione medio-grande: ARST (Cagliari), AMT (Catania), AMAT (Palermo), ATC (Bologna), CTP (Napoli), AMT (Genova), ATM (Torino), ANM (Napoli), ATM (Milano), ATAC (Roma), ATAF (Firenze), COTRAL (Roma).

Infine è possibile effettuare una ulteriore suddivisione del campione in base alla distribuzione delle imprese di trasporto sul territorio italiano: 12 imprese operano nel Nord Italia, 11 nel Centro e le rimanenti 10 nel Sud Italia e nelle due Isole maggiori.

Come è possibile constatare da queste ripartizioni, il campione è abbastanza omogeneo e bilanciato, dovrebbe quindi fornire un quadro sufficientemente rappresentativo del settore del trasporto pubblico italiano, almeno per quanto riguarda gli operatori di medie e di grandi dimensioni.

Concludendo occorre tenere presente che dal punto di vista della modalità di trasporto, nei dati relativi a ciascuna impresa, si tiene conto non solo del servizio di trasporto su bus, che in ogni caso rimane il valore preponderante, ma anche, nel caso sia di competenza della stessa società, di servizio su tram, cremagliere, treni locali, metropolitane, ecc....

### **3.2. Input, output e variabili tecnico-ambientali**

Come sottolineato nella sezione 2, negli studi empirici che si occupano di analizzare il settore del trasporto pubblico locale è possibile osservare l'utilizzo di una grande varietà di variabili. Qui di seguito sono presentati i diversi input, output e variabili tecnico-ambientali che verranno introdotti nel modello ed analizzati nel corso di questo studio.

#### 3.2.1. Descrizione degli input

Dal punto di vista degli input sono state raccolte informazioni di costo sia sul personale, sia sul carburante e sull'energia di trazione, sia sui materiali e servizi vari e sia sul capitale (Tav. 1).

In una prospettiva di breve periodo il capitale assume il ruolo di input fisso e quindi il costo operativo totale è ottenuto semplicemente come somma dei costi degli altri input; è stato deciso a questo proposito di creare un apposito indicatore per il capitale:

$$K_i = (n^\circ \text{ vetture in dotazione}) * \left( \frac{age_c}{age_i} \right)$$

dove  $age_c$  rappresenta l'età media dei veicoli dell'intero campione,  $age_i$  l'età media dei veicoli dell'impresa  $i_{esima}$ . Come indicatore del capitale si è quindi utilizzato lo stock di vetture disponibili corretto attraverso un indice di età media del parco veicoli, in modo da tenere conto dell'effettivo utilizzo e del diverso grado di logoramento dei mezzi.

Il prezzo del lavoro ( $P_L$ ) è definito dal rapporto tra il costo complessivo del lavoro ( $C_L$ ) ed il numero annuo medio di addetti (conducenti, addetti alla manutenzione dei veicoli e degli impianti fissi e staff amministrativo)( $n^\circ \text{ addetti}$ ):

$$P_L = \frac{C_L}{(n^\circ \text{ addetti})}$$

Il prezzo del carburante ( $P_F$ ) è stato ottenuto come rapporto tra il costo per l'energia ( $C_F$ ) ed i litri di carburante consumati. Occorre però tenere presente che alcune imprese contenute nel campione utilizzano mezzi di trasporto che consumano energia elettrica, in questi casi i

*Kwh* sono stati trasformati in “equivalenti” litri di carburante. Il calcolo del prezzo del carburante diventa:

$$P_F = \frac{C_F}{\left[ \text{litri} + \left( \frac{Kwh}{0,84 * 10,2 * 0,38} \right) \right]}$$

dove *0,84* rappresenta la densità, *10,2* il potere calorifico e *0,38* il rendimento della macchina termica che la produce.

Infine le spese per l’acquisto di materiali e servizi vari rappresentano una categoria di costo residua. Per ricavare il prezzo di questo input ( $P_{MS}$ ) si è diviso il costo relativo così ottenuto ( $C_{MS}$ ) per i *posti-chilometro* offerti (*capacità media dei veicoli disponibili \* n° complessivo di chilometri percorsi*); pertanto è ragionevole assumere che questo tipo di spese dipenda dall’effettivo sfruttamento della rete:

$$P_{MS} = \frac{C_{MS}}{(\text{posti} - \text{chilometro})}$$

In una prospettiva di lungo periodo, invece, in cui è ipotizzabile che anche l’input capitale possa variare, è necessario calcolare, come descritto sopra per le altre voci, il costo ed il relativo prezzo del capitale. Il costo del capitale ( $C_K$ ) è stato ricalcolato, rispetto ai dati relativi alla voce “ammortamenti”, in base ai prezzi medi di acquisizione di un veicolo nuovo indicati dalle società e tenendo conto di una vita media pari a 15 anni. Infine, il prezzo è stato ottenuto dal rapporto tra il costo del capitale ed il numero di vetture in dotazione (*parco veicoli*).

$$\text{Valore stock veicoli} = \text{Prezzo medio veicolo nuovo} * \text{Parco Veicoli}$$

$$C_K = \frac{\text{Valore stock veicoli}}{\text{Vita media veicoli}}$$

$$P_K = \frac{C_K}{\text{Parco Veicoli}}$$

Naturalmente in questa visione il costo totale risulta come somma di tutti i quattro input considerati.

### 3.2.2. L’output

Nei servizi a rete, come il trasporto pubblico locale, l’output è molto complesso e vengono utilizzate diverse unità di misura. L’output finale, solitamente rappresentato dai *passengeri-chilometro* (viaggiatori totali \* tragitto medio percorso), permette di evidenziare l’effettivo sfruttamento da parte della collettività del servizio di trasporto fornito dagli operatori. In questa analisi si è deciso tuttavia di optare in prevalenza per misure dell’output cosiddette “intermedie”, in quanto l’obiettivo dell’indagine è rivolto principalmente allo studio della struttura dei costi e dei loro principali *driver*. Le variabili di output intermedio rappresentano



infatti una misura della capacità produttiva potenzialmente utilizzabile dagli utenti, aspetto che la letteratura internazionale (Small, 1990; Berechman, 1993) ha sottolineato essere assai più rilevante sotto il profilo gestionale rispetto all'output finale, che non è sotto il controllo diretto dell'impresa.

L'output intermedio può essere rappresentato da tre diverse misure "flusso": 1) vetture-chilometro, 2) posti-chilometro, 3) posti totali-chilometro. Per ognuna di queste misure è utile considerare nella specificazione di un qualunque modello di funzione di costo anche l'estensione della rete, che rappresenta per così dire la componente "statica" o "potenziale" dell'output intermedio, dal momento che quest'ultima può essere più o meno sfruttata dall'operatore attraverso la fornitura di un maggiore o minore numero di vetture-km, posti-km, o posti totali-km, a seconda della specifica misura "flusso" a cui si fa riferimento. In linea con la letteratura empirica sulle *network utilities*, l'inserimento di una variabile che catturi l'estensione della rete (intesa come numero di linee offerte e lunghezza delle medesime) permette di distinguere le economie di produzione derivanti da un'espansione della scala complessiva (output "flusso" e rete servita) - 'rendimenti crescenti' o 'economie' di *scala* - dai vantaggi in termini di costo conseguibili attraverso un sfruttamento più intenso del network esistente - 'rendimenti crescenti' o 'economie' di *densità*.<sup>5</sup> Questi concetti verranno ripresi nei successivi paragrafi 3.2.3, dove vengono discusse le variabili tecnico-ambientali, e 4.2, nell'ambito della presentazione dei modelli econometrici di funzione di costo stimati in questo studio. Anticipiamo qua che come variabile per misurare l'estensione della rete è stata utilizzata l'area (km quadrati di superficie) servita da ciascun operatore di TPL anziché la lunghezza totale del rispettivo network (numero di linee moltiplicato per la lunghezza media di ciascuna); ciò al fine di rendere maggiormente confrontabili le realtà urbane con quelle extraurbane e miste, essendo le prime tipicamente caratterizzate da linee più brevi, spesso in parte sovrapposte e concentrate in spazi più ristretti. Tale scelta è peraltro coerente con quanto fatto in altri studi.

Per quanto riguarda la definizione degli output intermedi "flusso", le *vetture-chilometro* corrispondono al numero complessivo di chilometri percorsi in un anno da tutti i veicoli in dotazione.

I *posti-chilometro* offrono una migliore valutazione della dimensione dell'attività svolta, rispetto ai primi, in quanto tengono conto del numero medio di posti offerti da ogni veicolo; il loro valore è infatti dato dal prodotto tra le vetture-chilometro e la capacità media dei veicoli in dotazione.

Infine, un ultimo indicatore, introdotto solo di recente da Gagnepain e Ivaldi (2002) in un lavoro sul trasporto pubblico urbano in Francia, è il cosiddetto "*posti totali-chilometro*", ricavato dal prodotto tra il numero complessivo di chilometri percorsi in un anno ed i posti totali offerti da tutti i veicoli a disposizione. Rispetto alle misure sopra descritte, quest'ultima ha il pregio di considerare anche la capacità di carico totale e costituisce la sintesi di tre

---

<sup>5</sup> Per maggiori dettagli tecnici su questi aspetti con riferimento all'industria dei trasporti si rinvia a Braeutigam (1999), "Learning About Transport Cost", *Techniques of Transportation Analysis*, pp. 57-97.

componenti distinte: la frequenza del servizio, l'estensione della rete e la dimensione complessiva (*load capacity*) del parco veicoli.

### 3.2.3. Le variabili tecnico-ambientali

Sotto il profilo qualitativo, il contesto ambientale all'interno del quale un servizio è offerto può essere molto differenziato ed incidere in maniera anche significativa sulla dimensione e sulla dinamica dei costi.

Innanzitutto occorre sottolineare che le modalità di gestione del servizio di trasporto risultano assai differenti in un contesto urbano o in uno extraurbano (con riferimento alla tipologia di veicoli utilizzati, la lunghezza e la localizzazione delle tratte, la velocità commerciale d'esercizio, per la natura e la densità degli utenti).

**Tavola 2 – Variabili tecnico-ambientali**

<b>VARIABILI TECNICO-AMBIENTALI</b>
Congestione da traffico ⇒ <b>Velocità commerciale</b>
Estensione del network ⇒ <b>Lunghezza totale rete</b>
Densità del network ⇒ <b>Passeggeri/Km di rete</b>

A tale proposito, un primo aspetto importante da considerare è quello della congestione da traffico, che influisce particolarmente sul tempo richiesto per gli spostamenti, nonché, di riflesso, sui costi del servizio e sul grado di soddisfazione degli utenti. Per tali ragioni, nell'analisi occorre tenere conto di una variabile che catturi l'effetto della congestione da traffico e i vantaggi associati ad una più fluida circolazione dei mezzi pubblici. Seguendo l'impostazione prevalente in letteratura (si vedano i lavori di: Petretto e Viviani, 1984; Windle, 1988; Gathon, 1989; Viton, 1993; Levaggi, 1994; Wunsch, 1996; Gagnepain, 1998; Fraquelli *et al.*, 2004), nello studio si è fatto riferimento alla velocità commerciale media di esercizio, ottenuta come rapporto tra il numero complessivo di chilometri percorsi e le ore totali annue di servizio in linea dei veicoli (Tav. 2). Nel caso di una impresa "mista" la velocità commerciale media è stata invece calcolata come la somma delle velocità medie urbane ed extraurbane, ciascuna pesata per i chilometri percorsi in linea nella tratta urbana o extraurbana sul totale dei chilometri percorsi in linea (urbani più extraurbani).<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Altre misure appropriate per il grado di congestione del network, che hanno il pregio di essere maggiormente esogene all'impresa di TPL, potrebbero essere i chilometri di corsie riservate ai mezzi pubblici (più elevato è il numero minore sarà la congestione), il numero di autovetture circolanti in media per ogni chilometro di rete di TPL o, ancora, il tasso di motorizzazione privato, calcolato come numero di autovetture per ogni mille abitanti residenti nell'area servita dall'operatore. Tuttavia, le informazioni necessarie per la costruzione di questi indicatori non erano disponibili per la totalità delle imprese analizzate in questo studio; per tale ragione le verifiche econometriche, in relazione all'impatto della congestione da traffico sui costi operativi, hanno utilizzato il solo indicatore della velocità d'esercizio.

Un secondo insieme di fattori ambientali critici è rappresentato dalla densità degli utenti (numero di passeggeri per km di rete) e dalla dimensione della rete servita. La letteratura suggerisce che, a parità di estensione del network, l'aumento dei passeggeri trasportati comporta un incremento meno che proporzionale dei costi operativi, generando quindi economie derivanti da una maggiore intensità di utilizzo della rete (*economie di densità*).

Dal punto di vista invece dell'estensione territoriale, occorre rilevare la possibilità che si realizzino economie orizzontali di scala, legate alla presenza di imprese caratterizzate da un maggiore output "flusso" e, contemporaneamente, da una maggiore dimensione del network (*economie di scala*). Ad esempio, questo fenomeno si realizza nel caso di estensione di una rete urbana preesistente a zone periferiche suburbane; i costi fissi trovano così ripartizione su un numero maggiore di unità di prodotto dovuto sia all'aumento delle vetture-km offerte sia alla maggiore estensione dell'area del servizio di TPL.

Merita evidenziare che vantaggi di scala possono essere individuati anche rispetto all'organizzazione del servizio e alla struttura verticale del gestore, facendo cioè riferimento alle economie connesse ai costi congiunti di gestione e ad un diverso grado di estensione verticale del servizio (cosiddette *economie di integrazione verticale*): il servizio può essere infatti gestito da un'unica impresa verticalmente integrata in un contesto monopolistico oppure da più imprese, specializzate per fasi e coordinate da autorità locali di regolamentazione. Il caso italiano si caratterizza per la presenza prevalente di strutture integrate, pertanto risulta difficile una verifica empirica in relazione a questo aspetto.<sup>7</sup>

### **3.3. Analisi dei costi e dei prezzi dei fattori produttivi**

Qui di seguito si procede ad una breve analisi sull'andamento dei costi delle imprese osservate e sui prezzi dei fattori di produzione impiegati. Prima di procedere, occorre rammentare che il costo totale è ripartito in quattro categorie principali: il costo del lavoro, il costo del carburante, il costo dei materiali e servizi vari, che può essere considerata una voce residua, ed infine il costo del capitale.

Inoltre tutti i valori di seguito riportati sono espressi in Euro costanti (anno base 1999) in modo da poter lavorare su grandezze omogenee dal punto di vista dei prezzi. In più i dati presentati relativi a ciascun anno osservato sono calcolati come media semplice dei valori riguardanti ogni impresa e quando si analizza l'andamento dei diversi costi, attraverso una breve descrizione statistica, l'indice di variabilità (*Indice Var.*) è ottenuto dal rapporto tra la Deviazione Standard e la media del campione in esame.

---

<sup>7</sup> Altri aspetti ambientali rilevanti di cui bisognerebbe tenere conto nell'analisi empirica dei costi sono rappresentati dalle difformità geo-morfologiche che condizionano l'operabilità del network e determinano quindi il grado di difficoltà e l'efficienza nella fornitura del servizio. A tal fine, si è cercato di rilevare l'incidenza percentuale delle zone montane e/o collinari sulla superficie complessivamente servita da ciascun operatore. L'informazione, tuttavia, pur essendo stata inserita nel questionario inviato alle imprese, è risultata alla fine disponibile solo per alcune unità del campione, per cui non è stato possibile inserire tale variabile di controllo nella specificazione dei modelli econometrici di funzione di costo. Comunque, è ragionevole ipotizzare che la velocità commerciale del network risulti essere una buona *proxy* anche per tali difformità ambientali (le reti di TPL con un maggiore grado di pendenza territoriale sono solitamente caratterizzate da una più bassa velocità d'esercizio) e quindi l'impatto sui costi ad esse associato dovrebbe essere in buona parte catturato.

Infine, in questa prima parte dell'analisi, come misura dell'output si è deciso di ricorrere ai *posti-chilometro* (capacità media dei veicoli disponibili \* totale dei chilometri percorsi in un anno), in quanto fornisce una buona valutazione della dimensione dell'attività svolta dalla impresa di trasporto.

### 3.3.1. Il costo per unità di prodotto

L'incidenza media delle diverse voci di costo sul totale dei costi è la seguente: il lavoro pesa mediamente per il 65%, il carburante per il 7%, i materiali e servizi vari incidono per il 18% ed infine il capitale per il 9%.

A livello di analisi *cross-section* (Tav. 3), il livello dei costi è lievemente differenziato nei tre comparti considerati. E' possibile notare che se il costo unitario medio, riferito all'intero periodo 1993-2002, non si differenzia tra il servizio urbano e quello extraurbano, il trasporto misto mostra invece un valore inferiore di circa 0,5 centesimi di Euro per posto-km, consentendo un risparmio sui costi unitari medi di produzione del 12%; in particolare, il divario più evidente riguarda i 0,6 centesimi di Euro in meno del costo del lavoro (-21% rispetto al trasporto urbano). La variabilità maggiore è presentata dal settore extraurbano, mentre il valore massimo e minimo sono registrati rispettivamente nei servizi urbani e misti.

**Tavola 3 – Composizione del costo unitario medio per posti-km suddiviso per tipologia di servizio**  
(centesimi di Euro)

	<b>Totale imprese</b>	<b>Urbano</b>	<b>Extra - urbano</b>	<b>Misto</b>
<b>N° imprese</b>	33	12	7	14
<b>Lavoro</b>	2,57	2,89	2,65	2,27
<b>Energia</b>	0,28	0,27	0,31	0,27
<b>Mat.&amp;Serv.</b>	0,69	0,63	0,71	0,74
<b>Capitale</b>	0,34	0,29	0,40	0,36
<b>Totale</b>	3,89	4,08	4,08	3,63
<b>Minimo</b>	2,01	2,98	2,42	2,01
<b>1° quartile</b>	3,33	3,52	2,93	3,18
<b>Mediana</b>	3,80	3,89	3,95	3,59
<b>3° quartile</b>	4,38	4,34	5,34	4,10
<b>Massimo</b>	9,01	9,01	6,73	6,08
<b>Indice Var.</b>	27,38%	27,46%	31,32%	22,33%

\*Valori sull'intero periodo (1993-2002).

Alla luce di queste osservazioni, sembra pertanto che il servizio misto possa trarre vantaggio da economie di diversificazione dell'attività produttiva attraverso lo sfruttamento delle sinergie di costo tra i due comparti (*scope economies*).

Oltre che per ragioni di spazio, si omette l'analisi dei costi per localizzazione geografica che non presenta peraltro significative differenziazioni.

### 3.3.2. I prezzi dei fattori produttivi

Attraverso l'analisi del costo unitario medio per posto-chilometro si è notato che, tenuto conto della particolare composizione del campione, non risultano particolari differenze tra le varie aree territoriali e le imprese di trasporto urbane ed extraurbane.

La presenza invece di variabilità interna tra le diverse classi dimostra che i livelli di costo unitario sono determinati principalmente da elementi gestionali e/o da variabili ambientali. Diventa quindi di rilievo il ruolo assunto dai prezzi di acquisizione dei fattori produttivi e dall'efficienza delle imprese.

In questa sezione vengono analizzati i prezzi medi di acquisizione dei fattori produttivi, mantenendo la stessa suddivisione offerta per l'analisi del costo unitario medio: lavoro, energia, materiali e servizi vari ed infine capitale.

La voce "lavoro", come specificato precedentemente, pesa mediamente per il 65% sul costo complessivo del settore del TPL. Dalla Tavola 4, è possibile osservare che il prezzo medio si aggira sui 37.701,35 Euro ed osservando il suo andamento nel tempo è evidente una sua positiva diminuzione.

Inoltre (Tav. 5), l'indice di variabilità è molto ridotto e il rapporto tra il valore minimo e massimo è inferiore all'1 a 2. Anche suddividendo il campione in base alla tipologia di servizio offerto i divari appaiono limitati, in particolare il trasporto misto presenta il valore medio più elevato (38734,27 Euro), appena dell'1% superiore agli altri due comparti.

**Tavola 4 – Andamento nel tempo del prezzo medio dei fattori produttivi** (centesimi di Euro)

	<b>Lavoro(2)</b>	<b>Energia</b>	<b>Mat.&amp;Serv.</b>	<b>Capitale(2)</b>
<b>1993</b>	39.075,13	63,94	0,72	12.214,21
<b>1994</b>	40.123,54	61,10	0,72	12.214,21
<b>1995</b>	40.676,15	57,89	0,69	12.214,21
<b>1996</b>	40.118,37	55,78	0,72	12.214,21
<b>1997</b>	40.278,47	55,31	0,72	12.534,41
<b>1998</b>	36.818,21	56,14	0,68	12.580,89
<b>1999</b>	36.730,41	54,59	0,73	12.580,89
<b>2000 (1)</b>	34.907,32	53,25	0,60	12.518,92
<b>2001 (1)</b>	34.938,31	51,75	0,64	12.456,94
<b>2002 (1)</b>	35.222,36	54,49	0,71	12.477,60
<b>Var % 2002/1993</b>	-9,86	-14,78	-1,94	2,16
<b>MEDIA TOTALE</b>	<b>37.887,28</b>	<b>56,40</b>	<b>0,69</b>	<b>12.477,60</b>

(1)Dati calcolati su 15 imprese.

(2)dati in migliaia di Euro.

Occorre però tenere presente che il forte calo del costo del lavoro a partire dal 1998 è da attribuirsi in parte all'adozione da parte di molte imprese di contratti di formazione lavoro e/o collaborazione occasionale, che risultano essere meno costosi dei contratti derivanti dal CCLN, in parte a motivazioni di carattere fiscale legate l'introduzione dell'IRAP (a partire dall'anno 1998). Tale nuova forma di imposizione diretta sul valore aggiunto netto è stata infatti accompagnata da una riduzione del peso dei contributi sociali sanitari a carico del datore di lavoro, che ha determinato un abbassamento del costo complessivo del personale per le imprese (cfr. Bosi, 2003).

**Tavola 5 – Prezzo medio dei fattori produttivi per voci di costo e per tipologia di servizio (centesimi di Euro)<sup>(1)</sup>**

	<b>Lavoro<sup>(2)</sup></b>	<b>Energia</b>	<b>Mat.&amp;Serv.</b>	<b>Capitale<sup>(2)</sup></b>
<b>Urbano</b>	38.238,47	58,72	0,641	12.456,94
<b>Extraurbano</b>	38.290,11	57,53	0,735	12.374,31
<b>Misto</b>	38.739,43	55,42	0,733	12.307,17
<b>Totale</b>	37.887,28	56,40	0,692	12.389,80
<b>Minimo<sup>(3)</sup></b>	28.601,38	5,42	0,310	8.185,84
<b>1° quartile<sup>(3)</sup></b>	35.831,78	53,87	0,513	11.646,10
<b>Mediana<sup>(3)</sup></b>	38.093,86	57,53	0,648	11.646,10
<b>3° quartile<sup>(3)</sup></b>	41.022,17	61,87	0,826	12.379,47
<b>Massimo<sup>(3)</sup></b>	51.000,12	82,22	1,523	13.257,45
<b>Indice Var.<sup>(3)</sup></b>	10,32%	17,23%	35,25%	10,75%

(1) Valori sull'intero periodo (1993-2002).

(2) dati in migliaia di Euro

(3) Calcolati sul totale (Urbano, Extraurbano e Misto).

Studi precedenti hanno inoltre rilevato che il livello del costo del lavoro nel settore del TPL è superiore in media quasi del 50% a quello dell'economia e del 30-40% a quello dell'industria (Boitani e Cambini, 2002). Inoltre è emerso che all'interno di tale voce vi è una sostanziale omogeneità tra le retribuzioni relative ai dipendenti, per cui i differenziali tra le imprese sono da ascrivere principalmente al personale indiretto e quindi all'organizzazione e al mix del personale, piuttosto che alle politiche e ai vincoli retributivi (Fraquelli *et al.*, 2001). Queste ultime precisazioni fanno intuire che una maggiore attenzione a tale area gestionale potrebbe condurre a significativi risparmi di costo.

Il prezzo medio del carburante è di 56,4 centesimi di Euro per litro di gasolio equivalente; osservando il suo andamento nel tempo, si nota che questo, dal 1993 al 2002, è diminuito in modo progressivo del 15%. Il prezzo medio più basso è attribuibile alle imprese di trasporto misto, anche se minore del 6% rispetto al servizio urbano e solo del 2% rispetto a quello extraurbano. Inoltre, emerge una variabilità contenuta, anche se superiore a quella che ci si aspetterebbe considerata la natura della risorsa in questione.

Analizzando ora il prezzo medio del capitale fisico, appare evidente un suo aumento nel 1996 e successivamente una sua stabilizzazione. Mediamente il prezzo è di 12.389 Euro ed incide significativamente sul costo operativo delle imprese. A livello di servizio di trasporto offerto non emergono divari importanti e anche l'indice di variabilità è molto contenuto.

Infine, per quanto riguarda il prezzo medio dei materiali e servizi vari appare evidente l'elevata variabilità, ma questo non stupisce visto che si tratta di una voce residua in cui vanno a confluire un gran numero di elementi. Inoltre, osservando il suo andamento nel tempo, si può constatare che si mantiene sostanzialmente invariato, non sembra quindi avere particolare influenza sull'andamento generale dei costi.

### 3.3.3. Il ruolo delle variabili ambientali

Come si è già detto nel paragrafo 3.2.3, alcune variabili di tipo tecnico-ambientale possono esercitare un impatto rilevante sulla dimensione dei costi che prescinde, almeno in parte, dalla capacità gestionale del management e risulta pertanto “esogeno” all’impresa. In particolare, qui di seguito viene analizzata l’influenza sui costi unitari medi variabili (escluso quindi il costo del capitale) della velocità media d’esercizio, della densità dell’utenza per chilometro di rete servita e dell’estensione del network.

Dalla figura 1 appare evidente - seppure con un certo grado di dispersione dei dati, in parte dovuto al fatto che essi riguardano contesti territoriali differenti - che all’aumentare della velocità commerciale del network si assiste ad una riduzione del costo unitario medio (per posto-chilometro). Questo effetto è originato sicuramente da una riduzione dei consumi energetici, ma anche da una maggiore produttività dei conducenti, che nello stesso arco di tempo riescono a percorrere un maggior numero di chilometri, intensificando così l’offerta del servizio e generando una maggiore soddisfazione degli utenti.

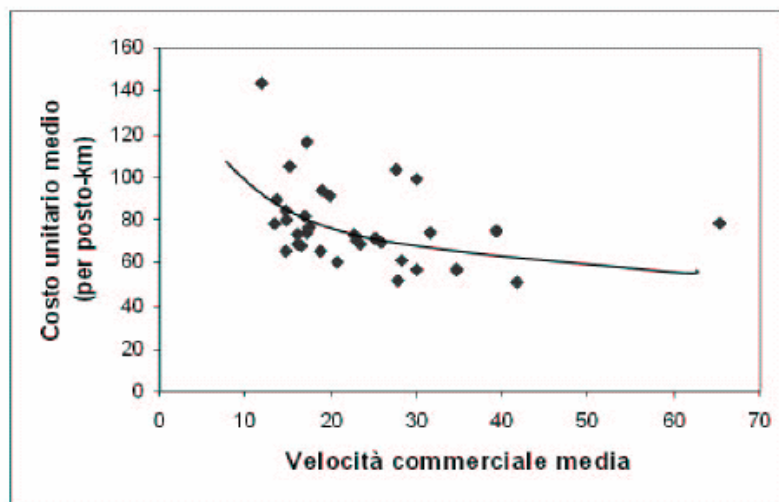


Figura 1 – Andamento dei costi unitari medi in relazione alla velocità (tutti gli operatori)

L’impatto positivo della velocità commerciale del network sul livello dei costi operativi e sulla produttività del lavoro diretto (addetti alla guida) può essere ancor meglio evidenziato focalizzando l’attenzione su contesti territoriali omogenei, per i quali le valutazioni riguardanti gli effetti conseguenti a possibili cambiamenti nelle politiche pubbliche per la mobilità locale risultano più realistiche. Si è pertanto osservato l’andamento dei costi medi unitari e della produttività dei conducenti al variare della velocità media del network per le sole imprese urbane, tipicamente caratterizzate rispetto agli operatori misti ed extraurbani da una maggiore congestione da traffico. Dall’analisi, di cui si omettono i grafici illustrativi per ragioni di spazio, emerge in modo chiaro come, nonostante l’intervallo di variabilità della velocità d’esercizio sia notevolmente più ristretto (dai 12 ai 19 km/h), i miglioramenti di performance possibili in termini sia di riduzione del costo unitario medio per posto-km (da circa 0,08 fino ad un minimo di 0,03 Euro) che di incremento della produttività del lavoro (da circa 13.000 fino ad un massimo di 25.000 km per conducente) risultano certamente significativi.

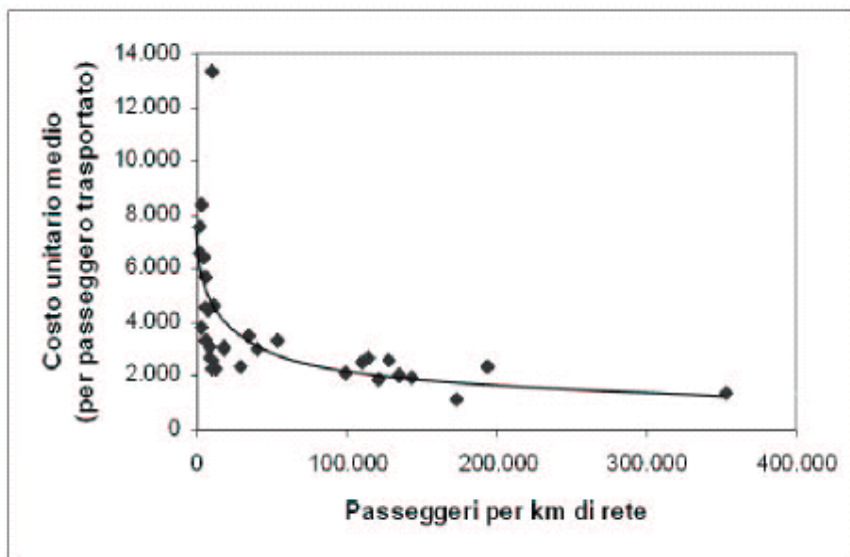


Figura 2 – Andamento dei costi unitari medi in relazione alla densità dei passeggeri (tutti gli operatori)

In sintesi, l’impatto della velocità commerciale sui costi operativi fa comprendere come per le imprese di TPL il ricorso ad iniziative che portino ad un calo sensibile dell’uso dei veicoli privati consentono di migliorare la qualità e l’efficienza del servizio; senza contare gli effetti che un miglioramento della qualità del servizio in questa direzione avrebbe sul tasso di utilizzo dei mezzi privati con ricadute positive sulla collettività (riduzione delle esternalità negative del trasporto).

Un altro fattore ambientale critico è rappresentato dalla densità degli utenti, infatti ogni impresa deve assicurare il proprio servizio in un ambito territoriale fisso, dove la “rete” può essere costruita con un numero più o meno ampio di linee e di corse dei mezzi di trasporto a seconda della domanda degli utenti e della qualità del servizio programmato.

In questa sede si è quindi voluto verificare l’impatto di una maggiore densità degli utenti sui costi unitari medi delle imprese di trasporto, a parità di dimensione della rete. Come è possibile notare dalla figura 2, in cui sono stati messi in relazione il costo unitario medio per passeggero trasportato (CUMP) e i passeggeri trasportati per chilometro di rete, sembra sussistere la presenza di economie legate alla densità dell’utenza.

Questa verifica sul campione osservato sembra quindi in linea con quanto suggerisce la letteratura economica: a parità di rete offerta, l’aumento degli utenti genera un aumento meno che proporzionale dei costi e quindi economie derivanti da una maggiore intensità di utilizzo del network (*density economies*). In particolare la figura 2 mostra che all’aumentare della densità degli utenti il CUMP segna un significativo declino fino a valori intorno ai 120.000 passeggeri per chilometro di rete (utenti/km rete), mentre per valori superiori, compresi tra i 120.000 e i 350.000 utenti/km rete, questa riduzione pare attenuarsi e tendere in media verso un valore stabile attorno alle 1,03 Euro per passeggero. Occorre infatti tenere presente che un aumento “eccessivo” della densità dell’utenza può condurre ad un rallentamento nell’offerta del servizio, inteso come una minore velocità d’esercizio e ad un probabile maggior tempo medio di attesa per gli utenti; il verificarsi di questi eventi può quindi portare a ricadute negative in termini sia qualitativi che di costo, annullando così i vantaggi derivanti da un maggiore sfruttamento della rete. Il confronto tra i valori della Figura 2 può risultare tuttavia distorto dal fatto che i dati fanno riferimento a configurazioni territoriali del network molto disomogenee, essendo rappresentati sia i contesti urbani che quelli misti ed extraurbani. Si è



pertanto proceduto all'analisi degli effetti della velocità del network con riferimento ai soli operatori urbani. La verifica evidenzia vantaggi significativi anche oltre i 120.000 utenti/km rete, con un CMUP che cala mediamente da 1,39 a circa 0,77 Euro quando la densità è prossima ai 350.000 utenti/km rete.

Infine, l'ultima variabile tecnico ambientale qui analizzata riguarda l'estensione della rete; questa grandezza è stata associata alle caratteristiche ambientali dal momento che spesso la dimensione complessiva della rete è delineata dal contesto territoriale. Come è già stato sottolineato in precedenza, studi precedenti (Fraquelli *et al.*, 2001) hanno rilevato la presenza di un costo unitario medio per posto-chilometro, caratterizzato da un andamento ad U, suggerendo quindi la presenza di economie di scala per imprese di media dimensione e invece diseconomie per quelle di grande dimensione. Il campione di imprese di trasporto di grande dimensione utilizzato in queste analisi risultava tuttavia ridotto. Per questo motivo, avendo creato un database più adeguato da questo punto di vista, qui di seguito l'analisi sul rapporto tra il costo unitario medio e la dimensione della rete è incentrata su imprese di medie e di medio-grandi dimensioni (classificazione basata sul numero medio di addetti).

**Tavola 6 – Composizione del costo unitario medio *per posti-km* in base alla dimensione aziendale**  
(centesimi di Euro)

	<b>Totale imprese</b>	<b>Medie</b>	<b>Medio - Grandi</b>
<b>N° imprese</b>	33	21	12
<b>Lavoro</b>	2,57	2,21	3,23
<b>Energia</b>	0,28	0,28	0,28
<b>Mat.&amp;Serv.</b>	0,69	0,69	0,69
<b>Capitale</b>	0,34	0,37	0,31
<b>Totale</b>	3,89	3,55	4,51
<b>Minimo</b>	2,01	2,01	2,59
<b>1° quartile</b>	3,33	3,16	3,58
<b>Mediana</b>	3,80	3,59	4,19
<b>3° quartile</b>	4,38	3,99	5,19
<b>Massimo</b>	9,01	5,79	9,01
<b>Indice Var.</b>	27,38%	21,56%	28,22%

\* Valori sull'intero periodo (1993-2002).

Da un confronto *cross-section* delle due categorie di imprese (Tavola 6), appare subito evidente che il livello del costo unitario, calcolato come media sull'intero periodo 1993-2002 (l'evidenza è comunque confermata anche osservando i valori registrati anno per anno), è maggiore per le imprese medio-grandi. In particolare, si registra un costo unitario medio superiore del 27% rispetto al livello osservato per le imprese medie, con una forte influenza del fattore lavoro, più elevato del 46%; l'unica voce di costo per cui, mediamente, le imprese di dimensioni medio-grandi presentano un valore inferiore è quella relativa al capitale (-17%).

Questi dati sembrano confermare quanto rilevato e ipotizzato negli studi precedenti. Il settore sembra dunque caratterizzato da economie di dimensione dapprima crescenti poi decrescenti. Il verificarsi di economie passando dalla piccola alla media dimensione consiglia l'istituzione di gare per l'affidamento del servizio di TPL non più su singole tratte; d'altra

parte invece l'incremento del costo unitario medio che si registra per le imprese di medio-grandi dimensioni pone un limite all'estensione della dimensione delle imprese.

E' necessario però sottolineare che, ricalcolando il costo unitario medio per le imprese di medio-grande dimensione non includendo nel campione le imprese che presentano un costo di molto superiore alle altre (i cosiddetti *outlier*), la differenza rispetto alle imprese di media dimensione si riduce; in particolare, il costo unitario medio è superiore solo dell'11% e la voce lavoro solo del 22%, valori al di sotto della metà di quelli sopra presentati.

Osservando la Figura 3, è possibile inoltre notare che si ha un aumento dei costi unitari medi per le unità che possiedono all'incirca tra i 2.000 e i 4.000 addetti (n° medio), mentre per valori superiori il livello dei costi appare ridursi. Occorre tenere presente, quindi, che le imprese incluse nella categoria "medio-grandi" presentano un'elevata variabilità al proprio interno e includono imprese con 1.000 addetti, come imprese con 12.000 addetti.

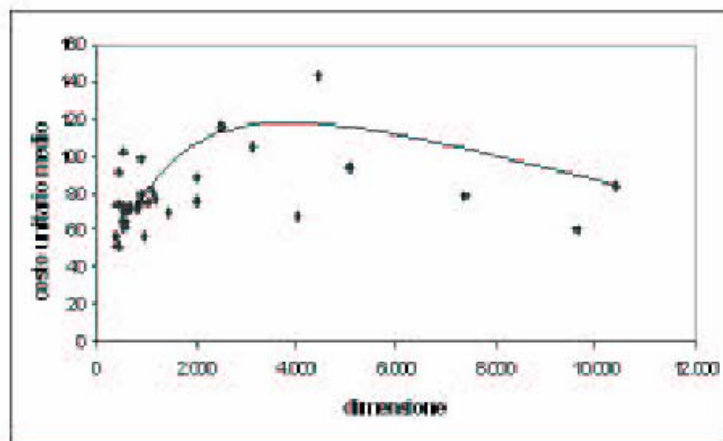


Figura 3 – Andamento del costo unitario medio in relazione alla dimensione d'impresa

Infine, seguendo Gagnepain e Ivaldi (2002) è stato ricalcolato il costo unitario medio questa volta però rispetto ad un diverso output: *posti totali* moltiplicati per i *km totali percorsi*. Dai risultati ottenuti ed evidenziati nella tavola 7 emergono dei risultati opposti a quanto emerso nella tavola 6: i costi per le imprese medio-grandi risultano, infatti, più bassi rispetto alle imprese di medie dimensioni e presentano una elevata variabilità.

Alla luce dell'evidenza riscontrata, appare quindi importante effettuare verifiche più approfondite tramite l'analisi econometria per poter dire se effettivamente dopo una certa soglia dimensionale emergono diseconomie di scala o se, al contrario, permangono economie di scala.

Tavola 7 – Composizione del costo unitario medio *per posti totali-km* in base alla dimensione aziendale (centesimi di Euro)

	<b>Totale imprese</b>	<b>Medie</b>	<b>Medio - Grandi</b>
<b>N° imprese</b>	33	21	12
<b>Lavoro</b>	0,007	0,008	0,004
<b>Energia</b>	0,001	0,001	0,000
<b>Mat.&amp;Serv.</b>	0,002	0,002	0,001
<b>Capitale</b>	0,001	0,001	0,000
<b>Totale</b>	0,010	0,012	0,005
<b>Minimo</b>	0,001	0,005	0,001
<b>1° quartile</b>	0,007	0,009	0,002
<b>Mediana</b>	0,010	0,012	0,006
<b>3° quartile</b>	0,014	0,016	0,009
<b>Massimo</b>	0,026	0,026	0,015
<b>Indice Var.</b>	54,02%	38,19%	70,03%

\* Valori sull'intero periodo (1993-2002).

#### 4. | Rendimenti di scala e di densità: risultati delle stime econometriche

##### 4.1. *Premessa*

Dalle analisi sui costi delle imprese di trasporto presentate nelle sezioni precedenti emergono già importanti risultati. Appare evidente l'andamento decrescente nel tempo del costo unitario medio, in particolare per quanto riguarda la voce "lavoro". La suddivisione del campione in base al tipo di servizio offerto suggerisce la presenza di economie di diversificazione per l'attività mista, la quale mostra infatti livelli di costi inferiori soprattutto nel confronto con il comparto urbano. Inoltre appare evidente il ruolo assunto dalle variabili tecnico-ambientali, una maggiore velocità commerciale e un più intenso sfruttamento del network sembrano infatti avere un effetto positivo sulla riduzione dei costi.

I risultati sono meno evidenti se si guarda invece agli effetti di una maggiore estensione del *network* e delle percorrenze effettuate, ovvero di un ampliamento della scala operativa complessiva. Apparentemente i dati fanno pensare alla presenza di diseconomie di scala per le imprese di medio-grande dimensione; tuttavia, osservando la composizione del campione di imprese e ricalcolando il costo unitario medio utilizzando come output i posti totali offerti per il numero complessivo di chilometri percorsi (cosiddetti *posti-totali-chilometro*), anziché i tradizionali posti-chilometro, i risultati sembrano suggerire il permanere di economie di scala anche per livelli elevati della scala operativa. Occorre pertanto condurre delle analisi più approfondite e a questo fine è stata effettuata la stima econometrica di una funzione di costo. L'obiettivo è di ricavare indicatori precisi delle economie di scala e di densità per le diverse imprese di grande dimensione incluse nel campione.

##### 4.2. *Modelli di funzione di costo translogaritmica*

Per questo studio si è ricorsi all'uso di una specificazione translogaritmica della funzione di costo da stimare, essendo tale modello dotato di maggiore flessibilità rispetto ad altri tipi di forme funzionali. La stima di una di una funzione di tale genere non impone infatti restrizioni *a priori* sulle caratteristiche della sottostante tecnologia e sui tratti distintivi della funzione di costo, in particolare, l'elasticità di sostituzione tra fattori produttivi e i rendimenti di scala possono variare rispetto sia ai livelli di output sia alle combinazioni di input.

Per verificare la robustezza dei risultati e per permettere agevoli confronti con studi precedenti sono state utilizzate due diverse formulazioni della funzione di costo (funzione di *costo variabile* e funzione di *costo totale*) e sono stati presi in esame tre alternativi indicatori di output (posti-km, vetture-km e posti-totali-km). Inoltre, ciascun modello è stato stimato anche in una versione cosiddetta con *effetti fissi*, ovvero includendo delle *dummies* per ogni operatore, in modo da depurare le stime dei coefficienti delle variabili di interesse (in particolare output e rete) da eventuali effetti specifici di impresa. La tabella 21 riassume le caratteristiche dei 12 modelli stimati con riferimento alle varie specificazioni sopra descritte e alle variabili incluse.

Indicatore di output	Modello <i>senza EFFETTI FISSI</i>		Modello <i>con EFFETTI FISSI</i>	
	<i>Costo Totale</i>	<i>Costo Variabile</i>	<i>Costo Totale</i>	<i>Costo Variabile</i>
<i>Posti-km</i>	Include $P_k$ , R, SP, DEX, DMIX	Include K, R, SP, DEX, DMIX	Include $P_k$ , R, SP, 24 dummies	Include K, R, SP, 24 dummies
<i>Vetture-km</i>	Include $P_k$ , R, SP, DEX, DMIX	Include K, R, SP, DEX, DMIX	Include $P_k$ , R, SP, 24 dummies	Include K, R, SP, 24 dummies
<i>Posti-totali-km</i>	Include $P_k$ , SP, DEX, DMIX	Include K, SP, DEX, DMIX	Include $P_k$ , SP, 24 dummies	Include K, SP, 24 dummies

Tavola 21 - Specificazioni dei modelli di funzione di costo translogaritmica

Le variabili considerate nei diversi modelli stimati sono l'output ( $Y$ , alternativamente *posti-km*, *vetture-km*, *posti-totali-km*), l'input fisso capitale ( $K$ , solo nelle specificazioni *costo variabile*) e i prezzi dei seguenti fattori produttivi: lavoro ( $P_L$ ), carburante ( $P_F$ ), materiali e servizi vari ( $P_{MS}$ ) e capitale ( $P_K$ , solo nelle specificazioni *costo totale*). Inoltre in tutti i modelli è stato aggiunto un trend temporale  $T$ , per catturare l'effetto sui costi di eventuali cambiamenti tecnologici intervenuti nel periodo analizzato, e nei modelli con effetti fissi sono state incluse le *dummies* specifiche di impresa  $DF_n$  (si veda sotto per quanto riguarda il numero di *dummies* inserito).

Sono state inoltre aggiunte alcune variabili di tipo *tecnico-ambientale* al fine di tenere sotto controllo l'elevata eterogeneità che caratterizza gli operatori del campione, quindi la robustezza dei risultati ottenuti. In questo modo è possibile osservare quale sia la loro influenza sul livello dei costi del settore del TPL. In tutte le specificazioni considerate sono

state inserite l'estensione della rete ( $R$ ), misurata come  $\text{km}^2$  di superficie servita dalle imprese di TPL, che consente di ricavare una misura distinta delle economie di scala e delle economie di densità, e la velocità commerciale media del network ( $SP$ ), il cui aumento, come si è visto nel precedente paragrafo 3.3.3, riflettendo un miglioramento delle condizioni operative ambientali, porta ad una riduzione dei costi di fornitura del servizio. Inoltre, nei modelli senza effetti fissi, si è tenuto conto delle diverse configurazioni del network attraverso due variabili *dummies* che riflettono l'impatto sui costi derivante dal fatto che l'area servita non è urbana ma di tipo extraurbano ( $DEX$ ) o misto ( $DMIX$ ).

Prima di effettuare la stima, tutte le variabili dipendenti inserite nei diversi modelli (ad eccezione di  $T$  e delle variabili di tipo *dummy*) sono state divise per le rispettive medie campionarie.<sup>8</sup> I dodici modelli danno indicazioni convergenti in merito all'impatto sui costi delle diverse variabili considerate, eccetto i modelli senza effetti fissi che utilizzano le vetture-km come output, che non forniscono risultati soddisfacenti. Le tre variabili di output presuppongono diverse intensità di sfruttamento della rete, con le vetture chilometro che rappresentano un *lower bound* e i posti-totali-km che rappresentano un *upper bound*. In particolare, quest'ultima variabile è particolarmente adatta per analizzare i contesti di tipo urbani, dove è sensato ipotizzare uno sfruttamento intensivo del servizio lungo tutta la rete da parte di tutti i potenziali passeggeri (rappresentati dai posti totali offerti)<sup>9</sup>. D'altro canto, le vetture-km e i posti-km, che ipotizzano che ogni mezzo del parco veicoli, pesato (posti-km) o meno (vetture-km) per la corrispondente capacità di carico, effettui solo un percorso 'medio' lungo il network, sono più idonei a rappresentare i contesti extraurbani e di tipo misto, per i quali la congettura di sfruttamento intensivo e completo della rete da parte di tutta l'utenza appare meno plausibile.

Al fine di rendere i dati maggiormente omogenei, considerate le specificità tecniche e ambientali dei contesti extraurbani e della modalità metropolitana, l'analisi econometrica è stata condotta anche per un sotto-campione ristretto alle sole imprese urbane e miste ed escludendo i due operatori che nel periodo analizzato (1993-1999) forniscono anche il servizio di metropolitana (Milano ATM e Roma COTRAL). Dal momento che i risultati per il campione totale di 33 imprese (231 osservazioni) e per quello ristretto di 25 imprese (171 osservazioni) appaiono qualitativamente analoghi, di seguito viene presentata e discussa soltanto l'evidenza empirica ottenuta sul campione ristretto. Data l'elevata eterogeneità delle imprese analizzate, alla luce delle diverse considerazioni metodologiche sopra esposte, tra le varie specificazioni stimate si è ritenuto più adatto a rappresentare la struttura dei costi del contesto di TPL il modello che include *effetti fissi* di impresa e utilizza i posti-km come indicatore di output.

#### 4.2.1. Funzione di costo totale

---

<sup>8</sup> Tale accorgimento risulta utile ai fini dell'interpretazione dei coefficienti stimati di primo ordine, che in base a tale procedura di standardizzazione sono direttamente leggibili come stime delle elasticità dei costi rispetto alle diverse variabili calcolate in corrispondenza dell'impresa 'media' del campione.

<sup>9</sup> Si noti che nei 4 modelli che utilizzano i posti-totali-km la variabile di network  $R$  non è stata inserita tra i regressori, in quanto, data la natura composita e moltiplicativa di questo indicatore di output (che può anche essere utilmente letto come capacità di carico totale offerta  $\times$  frequenza media del servizio  $\times$  estensione del network; cfr. Gagnepain e Ivaldi, 2002 e Fraquelli *et al.*, 2004), ciò avrebbe comportato una sorta di duplice imputazione dell'impatto della rete sui costi.

(modello senza operatori extraurbani, con effetti fissi, posti-km come output)

La variabile dipendente  $CT$  rappresenta il costo totale di produzione in una prospettiva di lungo periodo, sotto l'ipotesi che le imprese minimizzino il costo dell'impiego di tutti i fattori produttivi, compreso lo stock di capitale (il parco veicoli nel contesto del TPL); quindi, diversamente dal caso di una funzione di costo variabile (si veda il paragrafo successivo), il capitale assume qui la caratteristica di input variabile e nella specificazione del modello compare il relativo prezzo di acquisizione ( $P_K$ ). La funzione di costo totale può essere scritta come segue:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{CT}{P_{MS}}\right) = & \beta_0 + \beta_y \ln Y + \beta_R \ln R + \sum_i \beta_i \ln\left(\frac{P_i}{P_{MS}}\right) + \beta_{SP} \ln SP + \sum_i \beta_{iy} \ln\left(\frac{P_i}{P_{MS}}\right) \ln Y + \\ & + \sum_i \beta_{iR} \ln\left(\frac{P_i}{P_{MS}}\right) \ln R + \sum_i \beta_{iSP} \ln\left(\frac{P_i}{P_{MS}}\right) \ln SP + \beta_{yR} \ln Y * \ln R + \\ & + \beta_{ySP} \ln Y * \ln SP + \beta_{RSP} \ln R * \ln SP + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln Y)^2 + \frac{1}{2} \beta_{RR} (\ln R)^2 + \\ & + \frac{1}{2} \beta_{SPSP} (\ln SP)^2 + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln\left(\frac{P_i}{P_{MS}}\right) \ln\left(\frac{P_j}{P_{MS}}\right) + \beta_t T + \sum_{n=1}^{24} \beta_n DF_n + \psi_{CT} \end{aligned}$$

$$i, j \in \{L = \text{lavoro}; F = \text{carburante}; K = \text{capitale}\}, \quad [1]$$

dove  $CT$  rappresenta il costo totale di fornitura del servizio,  $DF_n$  è la dummy che cattura l'effetto fisso per l'impresa  $n$ , e  $\psi_{CT}$  è un *random noise* che riflette la struttura stocastica della funzione di costo. La normalizzazione delle variabili monetarie ( $CT$ ,  $P_L$ ,  $P_F$  e  $P_K$ ) rispetto al prezzo dell'input composito 'materiali e servizi' ( $P_{MS}$ ) è stata fatta per soddisfare la proprietà teorica di omogeneità lineare della funzione di costo rispetto ai prezzi dei fattori.

Poiché l'elevato numero di parametri da stimare può dare origine a problemi di efficienza statistica (Berndt, 1991), accanto alla funzione di costo si è proceduto alla stima delle collegate equazioni di quota di costo dei fattori produttivi (*cost-share*), che possono essere derivate applicando il *lemma di Shephard* all'espressione [1]:

$$\frac{\partial \ln CT}{\partial \ln P_i} = \frac{\partial CT}{\partial P_i} \frac{P_i}{CT} = \frac{P_i x_i^D}{CT} = S_i \quad i \in \{L, MS, F, K\} \quad [2]$$

dove  $x_i^D$  è la domanda ottima per l'input  $i$  e  $S_i$  la relativa percentuale di incidenza rispetto al costo totale. Poiché la somma delle *cost-share* dei fattori è pari ad uno (condizione di *adding-up*), si ha un sistema [1]-[2] con un'equazione linearmente dipendente dalle altre. Si è quindi deciso di eliminare un'equazione, in questo caso  $S_{MS}$ , e di stimare le restanti attraverso il metodo *SUR* iterato proposto da Zellner (1962). L'espressione generale delle equazioni di *cost-share*, da stimare congiuntamente alla funzione di costo totale, è la seguente:

$$S_i = \beta_i + \beta_{iy} \ln Y + \sum_j \beta_{ij} \ln P_j + \beta_{iSP} \ln SP + \beta_{iR} \ln R + \psi_i \quad i \in \{L, F, K\}, j \in \{L, MS, F, K\}$$

[3]

dove  $\psi_i$  è un *random noise* che riflette la struttura stocastica della *share* di costo del fattore produttivo  $i$ . Nella tavola 8 sono riportati i risultati della stima econometrica relativi alla funzione di costo [1].

**Tavola 8 - Stima SUR della funzione di costo totale translogaritmica [1]**

Variabili esplicative	Coefficiente	Errore Standard	P-value
<i>Costante</i>	25,790	0,088	0,000
$\ln Y$	0,661	0,036	0,000
$\ln R$	0,117	0,047	0,012
$\ln SP$	-0,689	0,073	0,000
$\ln P_L$	0,663	0,004	0,000
$\ln P_F$	0,071	0,001	0,000
$\ln P_K$	0,086	0,001	0,000
$\ln P_L \ln Y$	0,007	0,005	0,195
$\ln P_F \ln Y$	0,003	0,001	0,026
$\ln P_K \ln Y$	-0,012	0,002	0,000
$\ln P_L \ln R$	0,010	0,004	0,014
$\ln P_F \ln R$	-0,006	0,001	0,000
$\ln P_K \ln R$	0,007	0,001	0,000
$\ln P_L \ln SP$	-0,188	0,021	0,000
$\ln P_F \ln SP$	0,057	0,005	0,000
$\ln P_K \ln SP$	0,031	0,006	0,000
$\ln Y \ln R$	-0,005	0,031	0,877
$\ln Y \ln SP$	0,154	0,051	0,003
$\ln R \ln SP$	-0,188	0,038	0,000
$\ln Y^2$	0,028	0,049	0,574
$\ln R^2$	0,007	0,032	0,829
$\ln SP^2$	0,742	0,191	0,000
$\ln P_L \ln P_F$	-0,025	0,004	0,000
$\ln P_L \ln P_K$	-0,039	0,007	0,000
$\ln P_K \ln P_F$	-0,012	0,003	0,000
$\ln P_L^2$	0,194	0,011	0,000
$\ln P_F^2$	0,048	0,003	0,000
$\ln P_K^2$	0,050	0,006	0,000
<b>T</b>	-0,002	0,001	0,010

I coefficienti stimati sono quasi tutti statisticamente significativi (almeno al livello del 3%) e il segno assunto da ciascuno è coerente con le aspettative. Per avere una corretta interpretazione dei valori dei parametri occorre tenere presente che tutte le variabili sono espresse in forma logaritmica e sono state normalizzate rispetto alle loro medie, quindi i coefficienti di primo ordine della funzione di costo sono da interpretarsi come elasticità del costo totale calcolate in corrispondenza del punto medio del campione. Guardando alle variabili di più diretto interesse, i valori assunti dai parametri  $\beta_y$  e  $\beta_R$  indicano che un incremento del 10% dell'output e della rete (superficie servita) comportano una variazione positiva dei costi totali rispettivamente di circa il 6,6% e 1,2%. I valori dei coefficienti associati alla velocità commerciale media ( $\beta_{sp} = -0,69$ ) e al trend temporale  $T$  ( $\beta_t = -0,002$ ) evidenziano inoltre un impatto significativo in termini di riduzione dei costi a seguito di miglioramenti delle condizioni operative ambientali e di progresso tecnologico avvenuto nel periodo temporale considerato.<sup>10</sup>

Dal momento che è stata introdotta la variabile RETE nella stima della funzione, è possibile distinguere e verificare la presenza di economie di scala (*RTS*) ed economie di densità (*RTD*).

Per quanto riguarda le economie di scala è stato calcolato un coefficiente *RTS* (di lungo periodo), dato dal reciproco della somma delle elasticità della funzione di costo rispetto all'output e rispetto alla dimensione della rete:

$$RTS = \frac{1}{\varepsilon_y + \varepsilon_R} \quad [4]$$

Il valore assunto da tale indicatore in corrispondenza dell'impresa media del campione è pari a 1.29 (ovvero:  $1/[0.661+0.117]$ ) e implica la presenza di economie di scala: aumentando proporzionalmente il numero di posti-km offerti e la dimensione del network servito si riescono a conseguire risparmi significativi sui costi unitari medi di produzione dovuti al raggiungimento di una scala globale più efficiente. Per esempio, aumentando del 10% sia l'offerta di posti-km (da 1.962.056.923 a 2.158.262.615) che l'estensione della rete servita (da 2.773 a 3050 km quadrati di superficie servita), i costi subiscono un incremento meno che proporzionale, pari rispettivamente al 6.61% e 1.17%, ovvero 7.78% in aggregato, che è decisamente inferiore al 20%.

Le economie di densità riflettono invece l'andamento dei costi di produzione all'aumentare della dimensione dell'output mantenendo costante l'estensione del network. E' stato quindi calcolato un coefficiente *RTD* (di lungo periodo), pari al reciproco dell'elasticità della funzione di costo totale rispetto al solo indicatore di output:

---

<sup>10</sup> Una peculiarità del campione utilizzato è quella di includere imprese di TPL che provvedono alla fornitura di differenti servizi: urbano, extraurbano e misto. Nella stima della funzione di costo totale condotta sul campione completo e senza effetti fissi sono state calcolate anche le elasticità di costo rispetto al tipo di servizio, utilizzando i coefficienti delle due *dummies* inserite per l'attività extraurbana ( $\beta_{EX}$ ) e mista ( $\beta_{MIX}$ ). Tali elasticità, che rappresentano l'effetto percentuale sui costi totali dovuto al cambiamento del tipo di attività di un'impresa, da urbana a extraurbana o mista, hanno entrambe segno negativo e indicano che una impresa che opera nel comparto extraurbano ha costi inferiori rispetto ad un'impresa urbana e che un'impresa che da urbana decide di diversificare la sua attività e di operare anche nel comparto extraurbano, diventando quindi mista, gode di risparmi dal lato dei costi rispetto a operatori specializzati. Quest'evidenza conferma i risultati ottenuti da Fraquelli et al. (2004) in un precedente studio sul TPL in Italia.



$$RTD = \frac{1}{\varepsilon_y} \quad [5]$$

Per l'impresa media del campione l'indicatore [5] è pari a 1.51 (ovvero: 1/0.661) ed implica la presenza di forti economie di densità: data la superficie servita, un incremento dei posti-km offerti consente di ottenere risparmi significativi nei costi unitari medi di produzione derivanti da un maggiore sfruttamento del network esistente (per esempio, aumentando l'offerta di posti-km del 10% sul network esistente i costi crescono solo del 6.61%, con un conseguente risparmio a livello di costo unitario medio di circa il 3%).<sup>11</sup>

#### 4.2.2. Funzione di costo variabile

(modello senza operatori extraurbani, con effetti fissi, posti-km come output)

In un'ottica di breve periodo, alcuni input (in particolare il capitale  $K$ ) sono fissi e quindi è poco realistico pensare ad una minimizzazione di tutti i costi dell'impresa ed è più sensato ragionare in termini di minimizzazione dei soli costi generati dagli input modificabili (lavoro, carburante, materiali e servizi), ovvero i costi variabili. E' quindi possibile riscrivere la funzione di costo variabile, come segue:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{CV}{P_{MS}}\right) = & \beta_0 + \beta_y \ln Y + \beta_R \ln R + \beta_k \ln K + \beta_{SP} \ln SP + \sum_i \beta_i \ln\left(\frac{P_i}{P_{MS}}\right) + \sum_i \beta_{iy} \ln\left(\frac{P_i}{P_{MS}}\right) \ln Y + \\ & + \sum_i \beta_{iR} \ln\left(\frac{P_i}{P_{MS}}\right) \ln R + \sum_i \beta_{iSP} \ln\left(\frac{P_i}{P_{MS}}\right) \ln SP + \sum_i \beta_{ik} \ln\left(\frac{P_i}{P_{MS}}\right) \ln K + \beta_{yR} \ln Y * \ln R + \\ & + \beta_{ySP} \ln Y * \ln SP + \beta_{yk} \ln Y * \ln K + \beta_{RSP} \ln R * \ln SP + \beta_{Rk} \ln R * \ln K + \beta_{SPk} \ln SP * \ln K + \\ & + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln Y)^2 + \frac{1}{2} \beta_{RR} (\ln R)^2 + \frac{1}{2} \beta_{SPSP} (\ln SP)^2 + \frac{1}{2} \beta_{kk} (\ln K)^2 \\ & + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln\left(\frac{P_i}{P_{MS}}\right) \ln\left(\frac{P_j}{P_{MS}}\right) + \beta_i T + \sum_{n=1}^{24} \beta_n DF_n + \psi_{CV} \end{aligned}$$

$i, j \in \{L = \text{lavoro}; F = \text{carburante}\},$

[6]

dove  $CV$  rappresenta il costo variabile di fornitura del servizio,  $K$  è la variabile che rappresenta l'input quasi-fisso (parco veicoli ponderato per la relativa età media), e  $\psi_{CV}$  è un *random noise* che riflette la struttura stocastica della funzione di costo. Dal punto di vista metodologico si è proceduto come nel caso precedente, stimando con il metodo *SUR* la funzione di costo variabile congiuntamente alle equazioni di quota dei fattori produttivi

<sup>11</sup> Tale valore si può ottenere esclusivamente con riferimento alla formula [5] che coinvolge un solo parametro stimato della funzione di costo e viene calcolato applicando il seguente algoritmo: (1.0661 - 1.10)/1.10.

derivate applicando il lemma di Shephard all'espressione [6], previa eliminazione dal sistema della *cost-share* relativa all'input composito "materiali e servizi" per evitare problemi di singolarità della matrice di varianza-covarianza dei residui.

Nella tavola 9 sono riportati i risultati della stima econometrica relativi alla funzione di costo [6].

**Tavola 9 - Stima SUR della funzione di *costo variabile* translogaritmica [6]**

Variabili esplicative	Coefficiente	Errore Standard	P-value
<i>Costante</i>	25,776	0,088	0,000
lnY	0,475	0,048	0,000
lnR	0,091	0,046	0,049
lnSP	-0,609	0,070	0,000
lnK	0,185	0,038	0,000
lnP <sub>L</sub>	0,722	0,003	0,000
lnP <sub>F</sub>	0,078	0,001	0,000
lnP <sub>L</sub> lnY	-0,040	0,009	0,000
lnP <sub>F</sub> lnY	0,006	0,003	0,017
lnP <sub>L</sub> lnR	0,010	0,004	0,012
lnP <sub>F</sub> lnR	-0,005	0,001	0,000
lnP <sub>L</sub> lnSP	-0,158	0,019	0,000
lnP <sub>F</sub> lnSP	0,060	0,005	0,000
lnP <sub>L</sub> lnK	0,049	0,010	0,000
lnP <sub>F</sub> lnK	-0,006	0,003	0,039
lnY lnR	0,002	0,032	0,946
lnY lnSP	0,093	0,078	0,235
lnY lnK	0,076	0,040	0,058
lnR lnSP	-0,284	0,044	0,000
lnR lnK	-0,027	0,021	0,201
lnSP lnK	0,210	0,106	0,048
lnY <sup>2</sup>	-0,192	0,075	0,011
lnR <sup>2</sup>	-0,028	0,033	0,386
lnSP <sup>2</sup>	1,177	0,229	0,000
lnK <sup>2</sup>	0,035	0,046	0,448
lnP <sub>L</sub> lnP <sub>F</sub>	-0,036	0,004	0,000
lnP <sub>L</sub> <sup>2</sup>	0,176	0,005	0,000
lnP <sub>F</sub> <sup>2</sup>	0,049	0,004	0,000
<b>T</b>	-0,002	0,001	0,017

Anche in questo caso i parametri stimati sono quasi tutti statisticamente significativi (almeno al livello del 5%) e il segno dei coefficienti è coerente con le aspettative. In particolare, è confermato l'impatto riduttivo sui costi associato ad un incremento della velocità commerciale del network e alla presenza di progresso tecnologico nel periodo temporale analizzato ( $\beta_{sp} = -0,61$ ;  $\beta_t = -0,002$ ).

Poiché è stata utilizzata una funzione di costo variabile, gli indicatori che utilizzano l'inverso delle elasticità dei costi rispetto all'output e alla dimensione della rete - equazioni [4] e [5] - forniscono una stima delle economie di scala [4] e di densità [5] di breve periodo (*SRTS* ed *SRTD*), in cui lo stock di capitale è mantenuto fisso quando la produzione viene incrementata. Per rendere i risultati confrontabili con quelli ottenuti dalla funzione di costo totale, occorre ricavare delle misure di lungo periodo di tali economie, in modo da valutare i vantaggi in termini di riduzione dei costi medi unitari di produzione quando sono ottimizzati tutti i fattori produttivi, compreso il capitale. A questo fine è stato utilizzato un fattore di correzione suggerito da Caves *et al.* (1981), che tiene conto dell'elasticità dei costi variabili rispetto all'input fisso ( $\varepsilon_k$ ) nella valutazione dei rendimenti di scala (*LRTS*) e di densità (*LRTD*) di lungo periodo:

$$LRTS = \frac{(1 - \varepsilon_k)}{(\varepsilon_y + \varepsilon_R)} \quad [7]$$

$$LRTD = \frac{(1 - \varepsilon_k)}{\varepsilon_y} \quad [8]$$

Il calcolo degli indicatori delle economie di scala e di densità di breve periodo per l'impresa media del campione fornisce un valore di *SRTS* = 1,77 e di *SRTD* = 2,11 (in questo caso aumentando del 10% l'offerta di posti-km data la rete e il parco veicoli esistente si consegue un risparmio a livello di costo unitario medio di circa il 5%). Per il lungo periodo si ha invece *LRTS* = 1,44 e *LRTD* = 1,72, valori leggermente superiori rispetto a quelli ottenuti con la funzione di costo totale ma che confermano sostanzialmente le indicazioni di fondo circa la presenza di rendimenti di scala e di densità del network. Nel complesso, questi risultati suggeriscono che in un'ottica sia di breve sia di lungo periodo è possibile conseguire sensibili riduzioni dei costi medi unitari attraverso uno sfruttamento più intenso del bacino servito (*SRTD* e *LRTD*) e, dove sia possibile, aumentando la scala globale di produzione, attraverso un incremento simultaneo dell'estensione del network e del numero posti-km offerti (*SRTS* e *LRTS*).

### **4.3. I risultati per le imprese di grande dimensione**

Nelle Tavole 10, 11, 12 e 13 si riportano i valori delle economie di scala e di densità, per funzioni di costo totale e di costo variabile, calcoli con riferimento al campione delle sole imprese di grandi dimensioni.

Tavola 10 - Stima dei *rendimenti di scala (RTS)* per le imprese di TPL di grandi dimensioni - Funzione di *COSTO TOTALE* (valori minimi e massimi) - 1999

Città	Impresa	<i>RTS</i>	
		<i>min</i>	<i>Max</i>
BOLOGNA	ATC	1,21	2.25
GENOVA	AMT	1,25	2.23
CATANIA	AMT	1,29	2.12
FIRENZE	ATAF	1,27	2.13
NAPOLI	ANM	1,25	2.26
PALERMO	AMAT	1,26	2.13
ROMA	ATAC	1,12	2.41
TORINO	ATM	1,25	2.30
<b>IMPRESA MEDIA</b>		1.28	2,19

Tavola 11 - Stima dei *rendimenti di scala di breve (SRTS)* e di *lungo periodo (LRTS)* per le imprese di TPL di grandi dimensioni - Funzione di *COSTO VARIABILE* (valori minimi e massimi) - 1999

Città	Impresa	<i>SRTS</i>		<i>LRTS</i>	
		<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
BOLOGNA	ATC	1,27	2,76	1,26	2.62
GENOVA	AMT	1,44	2,80	1,34	2.62
CATANIA	AMT	1,38	2,63	1,21	2.54
FIRENZE	ATAF	1,48	2,68	1,30	2.54
NAPOLI	ANM	1,31	2,65	1,19	2.54
PALERMO	AMAT	1,37	2,63	1,26	2.50
ROMA	ATAC	1,60	3,17	1,31	2.79
TORINO	ATM	1,56	2,88	1,37	2.68
<b>IMPRESA MEDIA</b>		1.48	2,85	1,39	2,65

Piuttosto che riportare in modo estensivo i valori trovati con le diverse stime econometriche effettuate, si presentano di seguito tavole che mostrano esclusivamente i *range* di variazione delle diverse tipologie di economie in modo da ottenere in modo più diretto una lettura dei risultati ottenuti.

Tavola 12 - Stima dei *rendimenti di densità (RTD)* per le imprese di TPL di grandi dimensioni - Funzione di *COSTO TOTALE* (valori minimi e massimi) - 1999

Città	Impresa	<i>RTD</i>	
		<i>min</i>	<i>Max</i>
BOLOGNA	ATC	1,59	2.03
GENOVA	AMT	1,56	1.77
CATANIA	AMT	1,63	2.06
FIRENZE	ATAF	1,58	1.95
NAPOLI	ANM	1,65	1.85
PALERMO	AMAT	1,62	2.03
ROMA	ATAC	1,34	1.46
TORINO	ATM	1,46	1.47
<b>IMPRESA MEDIA</b>		1.51	1,80

Tavola 13 - Stima dei *rendimenti di densità di breve (SRTD)* e di *lungo periodo (LRTD)* per le imprese di TPL di grandi dimensioni - Funzione di *COSTO VARIABILE* (valori minimi e massimi) - 1999

Città	Impresa	<i>SRTD</i>		<i>LRTD</i>	
		<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
BOLOGNA	ATC	2,16	2,54	2,13	2.15
GENOVA	AMT	2,23	2,57	2,06	2.08
CATANIA	AMT	2,12	2,30	1,86	2.25
FIRENZE	ATAF	2,10	2,23	1,85	2.04
NAPOLI	ANM	1,92	2,21	1,77	1.89
PALERMO	AMAT	2,11	2,13	1,80	2.09
ROMA	ATAC	2,30	5,04	1,88	3.35
TORINO	ATM	1,89	2,90	1,66	2.01
<b>IMPRESA MEDIA</b>		2.00	2,11	1,72	1,89

Come si può facilmente evincere dalle tavole sopra riportate, i dati circa l'esistenza di rilevanti economie di scala e di densità ottenuti in precedenza sull'impresa media sono del tutto confermati (e in molti casi risultano ancor più pronunciati) anche per le 8 grandi imprese. Se è pur vero che dal campione in esame mancano ATM Milano e Roma COTRAL, si può ragionevolmente concludere che l'evidenza ottenuta può essere considerata sufficientemente robusta.

## 5. Conclusioni

Dalla stima econometrica della funzione di costo sia variabile sia totale, condotta con modelli con effetti fissi (in modo da tenere conto opportunamente delle eterogeneità inevitabilmente presenti in un campione di tante imprese) è emersa la presenza di significative economie di scala e di densità sia per l'impresa media di riferimento sia per il campione di grandi imprese, indipendentemente dal tipo di servizio offerto (urbano e misto). Tali risultati confermano quanto trovato in studi precedenti che avevano rilevato la presenza di economie di scala per le imprese di piccola e media dimensione.

La presenza di economie di densità suggerisce la possibilità per l'impresa di poter conseguire risparmi di costo attraverso un'intensificazione e/o una migliore organizzazione del servizio all'interno del proprio bacino di servizio. In altre parole, data una certa superficie servita, a seguito di un incremento dei posti-km offerti risulta che i costi incrementano in modo meno che proporzionale all'incremento della quantità di servizio offerta.

Un limite che resta in ogni caso allo sfruttamento di tali economie è dato da un'eventuale eccessiva densità dell'utenza, che potrebbe condurre ad un rallentamento dell'offerta del servizio e ad una maggiore attesa e insoddisfazione degli utenti; il verificarsi di questi eventi potrebbe quindi portare a ricadute negative sui trasporti in termini sia qualitativi e sia di costo, annullando i vantaggi derivanti da un maggiore sfruttamento della rete.

La presenza invece di economie di scala implica che aumentando proporzionalmente sia il numero di posti-km offerti sia la dimensione del network servito, si riescono a conseguire risparmi significativi sui costi unitari medi di produzione a seguito del raggiungimento di una scala globale più efficiente. In base ai risultati trovati, si può pertanto desumere che aumentando del 10% sia l'offerta di posti-km che l'estensione della rete servita dall'impresa media presa come riferimento, i costi subiscono un incremento meno che proporzionale, pari complessivamente a circa l'8% (circa il 7% per l'aumento dei posti-km e il restante per l'incremento del bacino servito), che risulta ben inferiore ad un aumento ipotetico dei costi medi del 20% che si dovrebbe osservare se questi ultimi crescessero proporzionalmente all'output servito.

I risultati raggiunti suggeriscono, inoltre, l'opportunità di portare avanti una politica di fusioni tra imprese di TPL operanti su network adiacenti, soprattutto tra operatori urbani ed extraurbani, in modo da creare imprese che, fornendo un servizio "misto", riescano a sfruttare le economie da produzione congiunta (*scope economies*) rilevate attraverso l'analisi econometrica.

Più delicata è la questione dell'efficacia dei meccanismi di gara per l'affidamento del servizio, separando o meno il bacino d'utenza. I risultati dell'analisi econometrica sembrano suggerire che le gare dovrebbero avere per oggetto reti di trasporto di grandi dimensioni, che nei centri di dimensioni medie coinvolgono sia l'attività urbana sia quella extraurbana, mentre nelle città metropolitane l'intera rete di trasporto.

In realtà, almeno per le grandi città metropolitane, è altresì possibile pensare di separare *ex ante* il network da affidare in un certo numero di lotti, affidarli in modo separato senza l'introduzione di alcun vincolo di partecipazione ai procedimenti ad evidenza pubblica e

lasciare al mercato segnalare l'esistenza effettiva di economie di scala e densità. Una tale opzione potrebbe risultare altresì un valido test empirico per i risultati raggiunti con le analisi econometriche proposte.

Inoltre, questa soluzione potrebbe essere concepibile qualora si vogliano considerare anche fonti di costo non tenute in considerazione nel presente studio, quali eventuali maggiori oneri legati, ad esempio, alle inefficienze intrinseche delle imprese, ai costi di tipo regolatorio, costi impliciti di transazione, a eventuali costi di cattura della grande impresa nei confronti delle amministrazioni locali, o di eventuali perdite di efficienza dinamica legate ad una meno intensa (ma da dimostrare) attività di investimento, valori però assai complessi da quantificare e definire in modo preciso.

## **Bibliografia**

Berechman, J., *Public Transit Economics and Deregulation Policy*, North-Holland, Amsterdam, 1993.

Berndt E.R., *The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary*, Addison-Wesley, 1991.

Boitani A e Cambini C., “Le gare per i servizi di trasporto locale in Europa e in Italia: molto rumore per nulla?”, *Economia e Politica Industriale*, n. 122, 2004.

Boitani A. e Cambini C., “Il trasporto pubblico locale in Italia. Dopo la riforma i difficili albori di un mercato”, *Mercato concorrenza regole*, 1, April 2002, pp. 45-72.

Braeutigam R.R., “Learning About Transport Cost”, *Techniques of Transportation Analysis*, 1999, pp. 57-97.

Cambini C. e Filippini M., “Competitive Tendering and Optimal Size in the Regional Bus Transportation Industry: An Example from Italy”, *Annals of Public and Cooperative Economics*, 2003, 74(1), pp. 163-182.

Caves D.W. and Christensen L.R., “The Importance of Economies of Scale, Capacity Utilization and Density in Explaining Inter-Industry Differences in Productivity Growth”, *Logistics and Transportation Review*, 2, 1988, pp. 3-32.

Caves D.W., Christensen L.R., and Swanson J.A., “Productivity Growth, Scale Economies and Capacity Utilization in U. S. Railroads”, *American Economic Review*, 1981, vol. 71, pp. 994-1002.

Fabbri, D., “La Stima di Frontiere di Costo nel Trasporto Pubblico Locale: una Rassegna e un'Applicazione”, *Economia Pubblica*, 3, 1998, pp. 55-94.

Fazioli, R., Filippini, M. and Prioni, P. (1993), “Cost Structure and Efficiency of Local Public Transport: The Case of Emilia Romagna Bus Companies”, *International Journal of Transport Economics*, 3, 305-324.

Filippini M., Fazioli R. e Künzle M., “Valutazione dell'efficienza delle compagnie imprese di bus italiane e svizzere”, in *L'efficienza nei servizi pubblici*, Banca d'Italia, Roma, Luglio 2003, pp. 175-214.

Filippini M., Maggi R. and Prioni P., “Inefficiency in a Regulated Industry: The Case of the Swiss Regional Bus Companies”, *Annals of Public and Cooperative Economics*, 63, 1992, pp. 437-455.

Fraquelli G. e Piacenza M., “Caratteristiche del network, meccanismi di sussidio ed efficienza nel trasporto pubblico locale: un commento a «Valutazione dell’efficienza delle compagnie di bus italiane e svizzere» di Roberto Fazioli, Massimo Filippini e Michael Künzle”, in *L’efficienza nei servizi pubblici*, Banca d’Italia, Roma, Luglio 2003, pp. 215-232.

Fraquelli G., Piacenza M. e Abrate G., “Il trasporto pubblico locale in Italia: variabili esplicative dei divari di costo tra le imprese”, *Economia e Politica Industriale*, n. 111, 2001.

Fraquelli G., Piacenza M. e Abrate G., “Regulating Public Transit Networks: How Do Urban-Intercity Diversification and Speed-up Measures Affect Firms’ Cost Performance?”, *Annals of Public and Cooperative Economics*, 2004, 75(2).

Gagnepain P., “Structures Productives de l’Industrie du Transport Urbain et Effets des Schemas Reglementaires”, *Economie et Prevision*, 135, 1998, pp. 95-107.

Gagnepain, P., e M. Ivaldi, “Incentive Regulatory Policies: the Case of Public Transit Systems in France”, *RAND Journal of Economics*, 2002.

Gathon H.J., “Indicators of Partial Productivity and Technical Efficiency in the European Urban Transit Sector”, *Annals of Public and Cooperative Economics*, 60(1), 1989, pp. 43-59.

Levaggi R., “Parametric and Non-Parametric Approach to Efficiency: The Case of Urban Transport in Italy”, *Studi Economici*, 49(53), 1994, pp. 67-88.

Nolan J.F., “Determinants of Productivity Efficiency in Urban Transit”, *Logistics and Transportation Review*, 32(3), 1996, pp. 319-342.

Piacenza M., “Productive Structure, Cost Efficiency and Incentives in the Local Public Transport: A Survey of Theoretical and Empirical Issues”, Working Paper n. 1, HERMES, Torimo, febbraio 2001.

Petretto A. and Viviani A., “An Econometric Model for Cross-Section Analysis of the Production of Urban Transport Service”, *Economic Notes*, 13, 1984, pp. 35-65.

Small K., *Urban Transport Economics*, Reading, Harwood Academic Publishers, 1990.

Viton P., “How Big Should Transit Be? Evidence from San Francisco Bay Area”, *Transportation*, 20, 1993, pp. 35-57.

Windle R.J., “Transit Policy and the Cost Structure of Urban Bus Transportation”, in J.S. Dogson and N. Topham eds., *Bus Deregulation and Privatization*, Averbury: Aldershot, 1988.

Wunsch P., “Cost and Productivity of Major Urban Transit Systems in Europe”, *Journal of Transport Economics and Policy*, Mai 1996, pp. 171-186.

Zellner A., “An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions (SUR) and Tests for Aggregation Bias”, *Journal of the American Statistical Association*, 57, 1962, pp. 348-368.