

ISSN 2282-6599

RIVISTA DI ECONOMIA E POLITICA DEI TRASPORTI

Anno 2018
Numero 3

R.E.P.O.T



SIET

Rivista Scientifica della Società
Italiana di Economia dei Trasporti e della Logistica

Le economie di scala nel trasporto pubblico locale su gomma: una verifica empirica

Alessio Marabucci^{1*}

¹ *Atac Spa, Università degli Studi "Roma Tre"*

Questo lavoro si propone di stimare una funzione di produzione per il servizio di trasporto pubblico locale di superficie (autobus e tram) erogato da Atac a Roma mediante la modellizzazione econometrica, seguendo i principi dell'analisi quantitativa condivisi nell'Economia dei Trasporti.

L'argomento è stato ampiamente dibattuto in ambito scientifico ed il tema è molto articolato e complesso, ma alcuni metodi di stima e di valutazione delle grandezze economiche in gioco sono diventati una prassi condivisa dagli studiosi della materia.

La differenza tra l'approccio seguito in questo studio ed i numerosi lavori presenti in letteratura è data dal fatto che in questa sede si vuole specificare una funzione di produzione micro-econometrica relativa ad un solo operatore, Atac, che dal 2010 eroga il trasporto pubblico locale su superficie (gomma e tram), metropolitane e ferrovie (urbane); al contrario la gran parte degli studi econometrici esistenti si basa sulla stima di una funzione di produzione basata su dati *panel*, ovvero riferiti a più imprese nel tempo, o ancora su dati *cross-section*.

Il modello proposto quindi si fonda sulla costruzione di una funzione di produzione "fisica", in cui si misura la relazione tra l'output e gli input espressi nelle rispettive unità di misura, non si tiene conto invece della definizione di "funzione di costo, dove input e output sono espressi con lo stesso numerario (tipicamente la moneta).

Il lavoro si concentra solo sul servizio di superficie per il periodo che va dal 2005 al 2018 e si propone di verificare la presenza o meno di economie di scala, consentendo di fare previsioni in termini di economia e politica dei trasporti in ambito locale.

Parole Chiave: trasporti locali, funzione di produzione, Cobb-Douglas.

* alessiomarabucci@gmail.com

1 Il contesto teorico di riferimento

La letteratura economica è ricca di contributi facenti riferimento all'analisi della struttura produttiva e del costo del settore dei trasporti in ognuno dei suoi comparti, incluso il trasporto pubblico locale (TPL).

La predisposizione di ogni politica del trasporto richiede un'adeguata conoscenza del vincolo tecnologico e di quello economico che interessano i produttori dei servizi.

L'obiettivo delle ricerche di Economia dei Trasporti si è quindi spesso soffermato sulle caratteristiche primali e duali dell'insieme delle possibilità produttive del settore; le stime del grado di sostituibilità tecnica fra fattori produttivi, l'esistenza di economie di scala, di densità e di scopo e la loro misurazione, l'individuazione delle dimensioni efficienti di impresa e di impianto, la stima delle elasticità del costo e delle caratteristiche delle funzioni di domanda degli inputs sono stati gli elementi di conoscenza offerti dagli esperti ai regolatori¹.

La letteratura si presenta sostanzialmente divisa secondo due filoni di indagine, la cui contiguità verrà peraltro dimostrata nel seguito: gli studi sulle caratteristiche medie della tecnologia e del costo e gli studi sull'efficienza produttiva in senso stretto.

Lo scopo di questo lavoro è di presentare i risultati conseguiti in altri studi ricomponendoli in un quadro coerente che offra il maggior numero di informazioni circa la struttura della "tecnologia" di produzione del servizio per il TPL di superficie a Roma.

Per raggiungere quest'obiettivo non è sufficiente offrire una rassegna della letteratura, ma è necessario soffermarsi preliminarmente anche su alcune questioni teoriche ed econometriche peculiari a questi studi.

In linea di estrema sintesi, l'analisi della letteratura nazionale ed internazionale in materia di funzioni di costo del TPL pone in evidenza le seguenti regolarità:

- presenza di economie di scala nel breve periodo;
- evidenza non sempre 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 nei differenti studi.

In particolare, per quanto riguarda i risultati ottenuti da ricercatori ed esperti italiani, 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.

Fazioli, Filippini e Kunzle (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. Nel lavoro prodotto da questi autori 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 metropolitane².

¹ In anni relativamente recenti a questi tradizionali argomenti dell'agenda di ricerca si è aggiunto anche il tema dell'efficienza produttiva, per cui alla stima e allo studio delle funzioni di produzione di costo si è affiancata quindi la stima e lo studio delle frontiere di produzione e di costo.

² L'evidenza empirica evidenziata nel lavoro di Fazioli, Filippini e Kunzle 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, extraurbane 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, i risultati ottenuti suggeriscono che – per le città piccole e medie – per favorire un migliore sfruttamento delle economie di scala e 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 aziende analizzate: 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 a forma di 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 offerti³.

Altro filone di indagine fa uso della modellistica DEA⁴ (*Data Envelopment Analysis*) per la stima della frontiera di produzione e dei rendimenti di scala (v. Banker, Cooper, Seiford, Thrall, Zhu, 2004), ma tale approccio meriterebbe una trattazione separata per studiare in dettaglio anche solamente i principali risultati scientifici ottenuti dagli studiosi⁵ di tale metodologia, per cui il tema non verrà trattato ulteriormente in questo lavoro.

Più in generale, seguendo l’approccio econometrico la stima delle forme funzionali delle funzioni di produzione si basa su due principali filoni di analisi:

- stima delle funzioni “fisiche”, in cui si analizzano i legami quantitativi tra grandezze fisiche di output ed input (capitale, lavoro, materie prime ecc.)
- stima delle funzioni di costo, in cui si modellizzano i legami tra i costi di produzione ed i prezzi dei fattori produttivi.

Nel caso specifico del presente lavoro si è deciso di procedere secondo la prima strada, per cui sono state condotte delle stime che legano gli output fisici all’input (sempre espresso in termini fisici) di produzione, su dati in serie storica ed in riferimento ad un caso specifico, ovvero l’azienda dei trasporti pubblici locali di Roma, Atac, la più grande azienda di trasporto pubblico in Italia.

2 I dati dell’analisi

L’analisi si concentra sul servizio di trasporto di superficie di Atac (mezzi su gomma e linee tramviarie) per il periodo che va da gennaio 2005 a dicembre 2018.

Atac gestisce un servizio di TPL di superficie distribuito su oltre 240 linee di superficie su gomma (incluse 2 linee filobus ed altre di prossima attivazione) e 6 linee di tram, per un totale di circa 1.850 km di rete (intesa come semi-somma andata e ritorno di tutte le linee) e circa 8.400 fermate distribuite sull’intero territorio comunale (pari a circa 1.290 kmq).

Il bacino di utenza (circa 3 milioni di cittadini residenti a Roma, senza considerare pendolari, turisti e city users) ed il territorio serviti sono molto grandi; in particolare l’area del comune di Roma

³ 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.

⁴ L’approccio DEA è usato in ricerca operativa per la stima delle frontiere della funzione di produzione, e si contrappone alla modellistica econometrica in quanto la DEA è una metodica di tipo non parametrico per cui, al contrario delle funzioni di produzione stimate mediante formulazioni econometriche, le analisi di tipo non parametrico non necessitano di specificare né l’importanza relativa dei fattori di produzione né dei prezzi.

⁵ Cfr. Piano-Torres, 2001, TR-A, Garcia Sanchez, 2009 AOR; Sun-Rong-Yao, 2010.

è particolarmente estesa ed è caratterizzata dalla presenza di ampie aree verdi all'interno, come gli enormi parchi dell'Insugherata nel quadrante occidentale, le "Ville" (Villa Borghese, Villa Ada, Villa Doria-Pamphili) che, unitamente alla particolare conurbazione urbana della Capitale, caratterizzata da un centro storico molto grande, con strade e vicoli stretti, rendono necessario disegnare una rete di superficie caratterizzata da linee molto lunghe (la lunghezza media di una linea bus Atac supera abbondantemente i 10 km), che spesso non viaggiano in sede protetta (le corsie preferenziali a Roma costituiscono una quota piccola rispetto al totale), per cui risentono del problema del traffico cittadino⁶ (incidendo sulla velocità commerciale ad esempio).

Nel corso del periodo esaminato la produzione del servizio di Atac, misurata in vetture-km, si è ridotta in maniera sensibile; tale flessione è frutto in buona sostanza di un ridisegno della rete⁷ di superficie e di una sua razionalizzazione, per cui sono state eliminate molte linee ridondanti, sono state accorpate tra loro linee periferiche e la rete di superficie è stata riadeguata ai nuovi connotati urbani, che nel frattempo sono cambiati (e continuano a farlo).

Inoltre il progressivo spostamento verso l'alto della quota modale di trasporto pubblico su ferro rispetto alla gomma ha comportato un riassetto della rete di superficie, volto ad una sua razionalizzazione e ad un ripensamento di alcuni servizi su gomma in termini di adduzione alle nuove linee metropolitane.

Infine, elemento non trascurabile è dato dalla crescita della quota di trasporto di superficie erogata dalla società privata Roma TPL, che dal 2010 si è aggiudicata una gara ad evidenza pubblica per il servizio sulla rete periferica del trasporto pubblico locale⁸; ad oggi circa un terzo del servizio di trasporto pubblico di superficie a Roma (circa 30 milioni di vetture-km) è prodotto da Roma TPL, e tale quota potrebbe aumentare ancora nei prossimi anni in vista di future gare per l'affidamento del TPL di superficie periferico.

Tabella 1. Il servizio di TPL di superficie a Roma

Anni	Vett-km
	<i>val. osservati</i>
2005	108.122.262
2006	108.645.654
2007	109.426.244
2008	110.247.774
2009	109.162.169
2010	109.028.051
2011	105.886.740
2012	102.442.489
2013	96.379.809
2014	94.260.309
2015	93.050.233
2016	87.128.141
2017	83.978.112
2018	82.308.578

Fonte: Atac

⁶ Tutti questi elementi rendono Roma un caso peculiare per l'erogazione del servizio di trasporto su gomma, differente rispetto ad altre città (come Milano), con le quali il paragone spesso è azzardato e fuorviante.

⁷ Una parte del servizio di trasporto di superficie si è ridotta per l'apertura della linea B1 della metropolitana (una diramazione della linea B che dalla zona di piazza Bologna piega verso nord-est a servire un intero quadrante della città prima sprovvisto di un collegamento su ferro) nonché della linea C, che dalla zona di Pantano-Montecompatri (a est del Grande Raccordo Anulare) attraversa tutta l'area orientale della Capitale servendo quartieri ad alta densità abitativa, che prima erano raggiunti solo da linee di autobus e dalla ferrovia regionale Roma-Pantano (oggi Roma-Giardinetti), che comunque era assimilabile ad una tramvia (caratterizzata da basse frequenze di passaggio e capienza limitata, di certo non paragonabile ad una metropolitana).

⁸ Il contratto di servizio con Roma TPL è scaduto il 31 maggio 2018 ma Roma Capitale si è avvalsa della possibilità-prevista dallo stesso contratto di servizio-di chiedere al gestore la prosecuzione delle attività fino al 31 ottobre 2019 in attesa di individuare, tramite procedura ad evidenza pubblica, i nuovi gestori.

E' anche vero che, per effetto di una valutazione di realismo sul modello di esercizio effettivamente praticabile da Atac il volume di produzione degli obblighi di servizio pubblico è stato tarato rispetto alla capacità produttiva del vettore, che intanto è diminuita, per il doppio effetto derivante dalla riduzione del numero degli agenti di linea e dal peggioramento nella qualità del capitale, derivante dall'aumento della età media dei mezzi, effetto di un mancato rinnovo della flotta, che ha aumentato il costo manutentivo e il numero dei guasti in esercizio⁹.

Sono state intraprese iniziative dall'azienda in tal senso, volte a colmare il *gap* manutentivo e a rinnovare il parco veicolare, tanto che verso la metà dell'anno entreranno in servizio circa 300 bus (tra noleggio ed acquisto) ed altrettanti ne arriveranno tra il 2020 ed il 2021, innalzando il livello dei bus nuovi a quota 600 (su un totale di circa 2.000 mezzi ad oggi in dotazione ad Atac).

Questi elementi delineano un quadro in cui un grande vettore, Atac, gestisce la parte preponderante del trasporto pubblico di superficie, con dotazioni di capitale che necessitano un adeguamento e con l'impegno a servire una domanda di mobilità altamente diffusa su un territorio vasto e, a tratti, disomogeneo, con tutte le difficoltà che ne conseguono.

3 Il modello econometrico proposto

La procedura di verifica empirica seguita nel presente lavoro si basa sulla stima di alcune funzioni econometriche, tese a modellizzare la funzione di produzione che lega l'output (le vetture-km) ed i fattori produttivi capitale K e lavoro L .

La specificazione prevede una modellizzazione che fa uso di una forma funzionale alla Cobb-Douglas¹⁰, per cui:

$$y = AL^{\alpha_L}K^{\alpha_K} \quad (1)$$

che, una volta linearizzata nei logaritmi diventa:

$$\ln y = \ln A + \alpha_L \ln L + \alpha_K \ln K \quad (2)$$

Per comodità di esposizione sono stati omessi gli indici temporali relativi alle singole variabili, ricordando che tutte fanno riferimento all'orizzonte temporale gennaio 2005 – dicembre 2018.

Nelle espressioni (1) e (2) le variabili rappresentano:

- Y = le vetture-km del TPL di superficie Atac (gomma e tram);
- A = termine di intercetta (costante, *proxy* della Produttività Totale dei Fattori);
- L = lavoro, inteso come numero di autisti (agenti di linea idonei alla guida);
- K = capitale, inteso come numero dei bus.

Le tecniche di stima sono quelle proprie dell'inferenza statistica, basate sull'analisi di regressione multivariata¹¹, per cui la (2), ovvero la linearizzazione della (1) può essere stimata mediante un

⁹ In tal senso tutti i problemi legati ai guasti alle vetture, ai mezzi fermi ai depositi in attesa di pezzi di ricambio o di interventi di manutenzione straordinaria (necessari vista la vetustà del parco mezzi e le difficoltà insite a un suo rinnovamento, soprattutto di carattere economico) e a tutte le problematiche connesse al rientro dei mezzi in officina appena preso servizio per il sopraggiungere di problemi tecnici (elemento che dai dati in esame non emerge visto che il numero dei mezzi in prima uscita, ovvero la *proxy* del capitale usata in questo lavoro, non tiene conto del numero di vetture che rientra in rimessa appena preso servizio per guasto) fanno sì che la produzione del servizio sia diminuita.

¹⁰ La scelta di usare la funzione di produzione Cobb-Douglas in luogo di formulazioni alternative, come ad esempio una funzione di produzione alla Leontief (ovvero a coefficienti fissi) è stata dettata dal fatto che i parametri di una funzione Cobb-Douglas sono di più immediata interpretazione, visto che possono essere direttamente interpretabili come delle elasticità.

¹¹ Questo studio riprende in parte i risultati ottenuti in un precedente lavoro (Cfr. Marabucci, Spirito, 2015) in cui ci si concentrava sempre sulla stima della funzione di produzione di Atac limitatamente al servizio di superficie per gli anni dal 2005 al 2014, ma il lavoro citato si concentrava prevalentemente sulla valutazione della Produttività Totale dei Fattori; la produttività totale dei fattori dipende ovviamente anche da un insieme di altri elementi, alcuni dei quali non propriamente fisici, come l'organizzazione del lavoro, i processi aziendali, le relazioni sindacali ecc., oltre che da altri fattori fisici di input non quantificabili in questa sede, per cui non si terrà conto di questi elementi, rimandando l'approfondimento di queste tematiche a eventuali studi successivi.

modello econometrico che lega l'output y (le vetture-km) e i fattori produttivi Capitale (K , ovvero i bus, quantificati alla prima uscita mattutina) e lavoro (L , cioè gli agenti di linea idonei al servizio di guida); gli altri fattori produttivi, pur se rilevanti ai fini della produzione (consumo di gasolio, materiali e lubrificanti ecc.) non sono stati considerati, in quanto l'intento è quello di concentrarsi solamente sui due fattori produttivi principali.¹²

Sono stati stimati due distinti modelli: uno definito "base" operato mediante l'applicazione del Metodo dei Minimi Quadrati Ordinari (OLS), che fornisce delle prime stime; l'altro modello tiene conto del problema dell'autocorrelazione dei residui ed è stato stimato seguendo una procedura iterativa, come si vedrà in seguito.

Tabella 2. I risultati dei modelli econometrici

Variabile	Statistiche	Modello		Significatività
		Base	Corretto per autocorr.	
Termine costante	Coefficiente	2,910	3,477 *	
	statistica t	3,457	4,743	
Capitale	Coefficiente	0,240	0,249 *	
	statistica t	2,484	4,279	
Lavoro	Coefficiente	1,298	1,232 *	
	statistica t	7,517	10,757	
Dummy febbraio	Coefficiente	-0,079	-0,081 *	
	statistica t	-8,864	-10,929	
Dummy marzo	Coefficiente	0,013	0,010	
	statistica t	1,565	1,051	
Dummy aprile	Coefficiente	-0,034	-0,038 *	
	statistica t	-4,350	-3,735	
Dummy maggio	Coefficiente	-0,012	-0,016 *	
	statistica t	-1,489	-1,505	
Dummy giugno	Coefficiente	-0,061	-0,065 *	
	statistica t	-6,944	-5,983	
Dummy luglio	Coefficiente	-0,078	-0,081 *	
	statistica t	-4,428	-6,162	
Dummy agosto	Coefficiente	-0,097	-0,098 *	
	statistica t	-3,457	-5,982	
Dummy settembre	Coefficiente	-0,050	-0,054 *	
	statistica t	-4,277	-5,024	
Dummy ottobre	Coefficiente	-0,019	-0,023 **	
	statistica t	-1,283	-2,228	
Dummy novembre	Coefficiente	-0,047	-0,051 *	
	statistica t	-3,941	-5,506	
Dummy dicembre	Coefficiente	-0,060	-0,065 *	
	statistica t	-7,277	-8,532	
R-quadro corretto		0,929	0,956	
Statistica F		137,768	89,041 *	
Statistica Durbin-Watson		0,776	2,000	
Somma di α e β		1,538	1,481	
Statistica F test $\alpha + \beta = 1$		38,385	35,414	
p-value		0,000	0,000	

* p -value < 0,01

** p -value < 0,05

Fonte: elaborazioni proprie su dati Atac

¹² Essendo i dati disponibili su base mensile si presenta il fenomeno della stagionalità, per cui per depurare tale effetto sono state introdotte 11 variabili dicotomiche ("dummies"), una per ciascun mese dell'anno a partire da febbraio (per evitare il problema di perfetta collinearità con il termine di intercetta).

Già dai risultati del modello di base si rileva un buon adattamento ai dati (indice R-quadrato corretto pari a 0,93) ma sussiste un problema di autocorrelazione¹³, come testimoniato dalla statistica test di Durbin-Watson¹⁴ (il cui valore è basso, pari a 0,776, a indicare la presenza di autocorrelazione positiva dei residui di regressione).

Tutti i coefficienti stimati sono altamente significativi ($p\text{-value} < 0,01$), tranne quello relativo alla *dummy* del mese di marzo

Per ovviare a questo problema come anticipato è stato stimato un secondo modello, teso a correggere il problema dell'autocorrelazione, che si avvale della procedura di Cochrane e Orcutt¹⁵, che in tabella è denominato "modello corretto per autocorrelazione".

In questo secondo caso si ha un migliore adattamento del modello ai dati (R-quadrato corretto pari a 0,96) e la statistica test di Durbin-Watson è pari a circa 2 (indice di assenza di autocorrelazione).

Ciò che rileva dai risultati ottenuti è la somma dei coefficienti relativi ai fattori produttivi K ed L, in quanto in una funzione Cobb-Douglas si ha che :

- $\alpha + \beta > 1$ rendimenti di scala crescenti;
- $\alpha + \beta = 1$ rendimenti di scala costanti;
- $\alpha + \beta < 1$ rendimenti di scala decrescenti;

per cui nel caso specifico dal modello corretto per autocorrelazione risulta che $\alpha + \beta = 1,48$, per cui sembrerebbe che si sia in presenza di rendimenti di scala crescenti.

E' stato condotto un test sulla significatività della somma dei coefficienti α e β , per verificare se anche sotto il profilo inferenziale si possa affermare che la loro somma sia significativamente diversa da 1 (ovvero maggiore); il test condotto permette di concludere che la somma di α e β è statisticamente diversa da 1, per cui si può concludere che, stando ai dati ed al modello selezionato, si è in presenza di rendimenti crescenti di scala.

Questa conclusione è importante in quanto spesso si ipotizza, o si verifica anche a livello empirico, che sul servizio di trasporto locale su gomma non vi siano economie di scala, oppure che non vi siano sempre e solo in talune ipotesi (soprattutto in termini di costi unitari di produzione); è anche verosimile che a livello produttivo si verifichino dei mutamenti nel corso del tempo, intesi come variazioni della produttività dei singoli fattori capitale e lavoro (o della loro combinazione), tali da incidere sulla presenza o meno di economie di scala, cosa che non può essere rilevata da un modello di analisi in *cross-section*.

Nel caso specifico è stato condotto un test teso a valutare i cambiamenti avvenuti nelle elasticità di produzione degli input capitale e lavoro (ovvero i parametri α e β) mediante la costruzione di diversi modelli riferiti ad orizzonti temporali differenti: partendo dall'arco di tempo 2005-2011 si è provveduto ad aggiungere un anno di osservazioni alla volta, fino a pervenire al modello "completo" (corretto per l'autocorrelazione), riferito a tutto l'orizzonte temporale esaminato e ora descritto.

In tabella sono riportate le stime ottenute dei coefficienti α e β dei vari modelli e la loro somma.

¹³ Nell'ambito delle regressioni lineari effettuate su serie temporali, si può avere un fenomeno di autocorrelazione temporale, a causa dell'inerzia o stabilità dei valori osservati, per cui ogni valore è influenzato da quello precedente e determina in parte rilevante quello successivo.

¹⁴ Il test di *Durbin-Watson* consente di evidenziare o meno la presenza di autocorrelazione seriale tra i residui; in particolare un valore della statistica test pari a 2 indica che non appare alcuna autocorrelazione, mentre valori piccoli della statistica test indicano che i residui successivi sono, in media, vicini in valore l'uno all'altro, o correlati positivamente. Al contrario, valori grandi della statistica test indicano che i residui successivi sono, in media, molto differenti in valore l'uno dall'altro, o correlati negativamente.

¹⁵ Il metodo di *Cochrane e Orcutt* (1949) consiste in una procedura iterativa volta a correggere il problema dell'autocorrelazione seriale; tale procedura si basa su una stima OLS di "base", dalla quale si desume un parametro di autocorrelazione del primo ordine nei residui da regressione, che poi viene utilizzato per condurre stime successive, fino a che non si arriva ad una convergenza dell'algoritmo tale da ottenere residui non autocorrelati.

Tabella 3. Test sulla variabilità delle economie di scala nel tempo

Coefficienti	Modelli							
	2005-2011	2005-2012	2005-2013	2005-2014	2005-2015	2005-2016	2005-2017	2005-2018
Capitale	0,344	0,395	0,412	0,502	0,434	0,407	0,263	0,231
Lavoro	0,642	0,486	0,671	0,561	0,660	0,882	1,194	1,250
$\alpha + \beta$	0,986	0,882	1,083	1,063	1,094	1,289	1,457	1,481

Fonte: elaborazioni proprie su dati Atac

I risultati del test evidenziano come le economie di scala si siano manifestate gradatamente nel corso degli anni, a partire dal 2013 in poi (a metà 2012 si ricorda che è stata aperta la diramazione B1 della metropolitana linea B, mentre a fine 2014 è stata aperta al pubblico la prima tratta della linea C) ed il fenomeno si è reso più evidente negli ultimi anni, in particolare dal 2016 in poi.

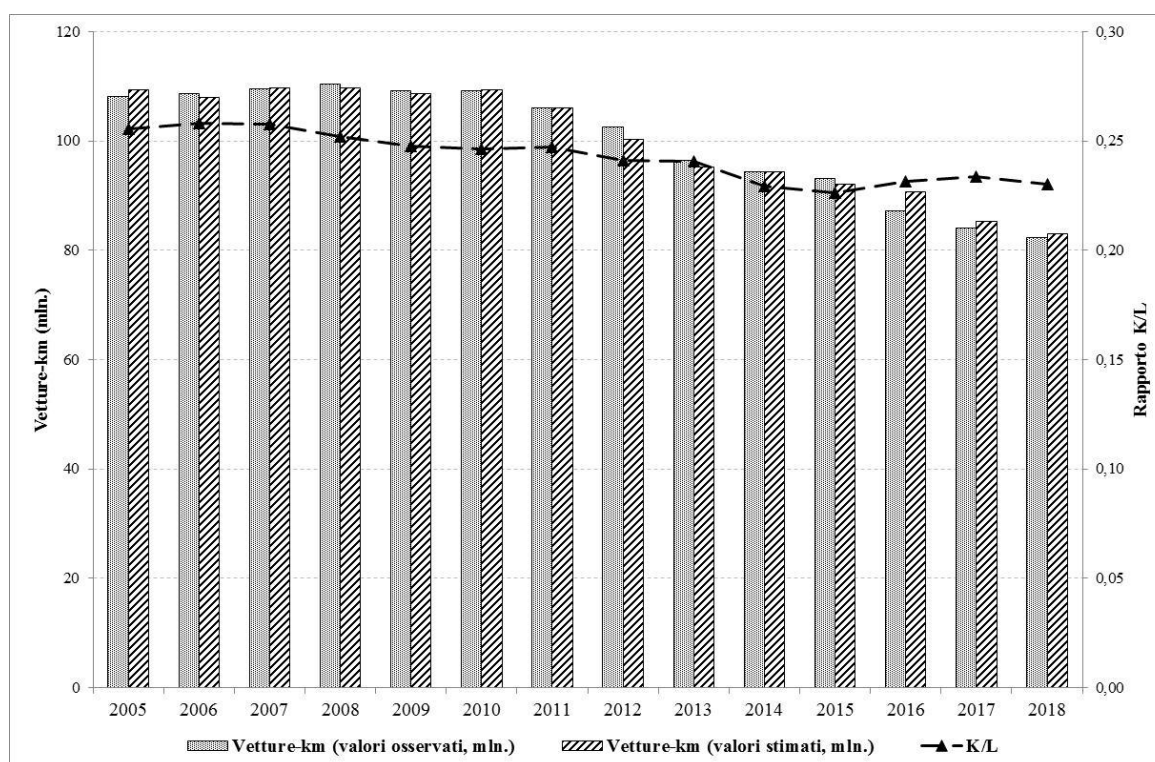
Questo risultato evidenzia come le analisi in *cross-section* condotte su un campione rappresentativo di aziende possono presentare risultati “statici”, ovvero che valgono in quello specifico momento e per un dato numero (anche elevato) di vettori del TPL con caratteristiche eterogenee, mentre a livello micro, osservando l’evoluzione di una singola azienda per più anni sia possibile evidenziare tendenze che altrimenti non emergerebbero.

Stando a questi risultati Atac, nel corso degli anni sta diventando più efficiente (o relativamente meno inefficiente), nonostante le problematiche prima espone rispetto al *gap* manutentivo accumulatosi nel corso degli anni e al progressivo innalzamento dell’età media della flotta.

Qualora questi risultati venissero confermati anche per il futuro si potrebbe assistere, come in parte dimostrato dalla simulazione condotta e in seguito presentata, che aumentando l’impiego dei fattori produttivi capitale e lavoro sia possibile innalzare i livelli di servizio, raggiungendo standard qualitativi maggiormente in grado di soddisfare l’utenza del trasporto pubblico su Roma.

I risultati sulle stime ottenute dal modello, confrontate con i dati osservati e con le dotazioni fattoriali di Atac, riportati su un diagramma cartesiano evidenziano il buon adattamento del modello ai dati, facendo risaltare un lieve declino del rapporto Capitale/Lavoro nel corso degli anni, misurato dal rapporto *K/L* (ovvero il numero di bus per autista).

Figura 1. Vetture-km effettivamente prodotte (consuntivate) e stimate dal modello, rapporto K/L



Fonte: elaborazioni proprie su dati Atac

Entrando nel dettaglio della “tecnologia di produzione” del servizio di TPL di superficie a Roma dai risultati ottenuti possono essere calcolati alcuni indicatori, come il Prodotto Marginale del Lavoro ($MP_L = \alpha Y/L$), il Prodotto Marginale del Capitale ($MP_K = \beta Y/K$) ed il Saggio Marginale di Sostituzione Tecnica tra K ed L ($SMST_{KL}$) che, unitamente al rapporto Capitale/Lavoro (K/L), permettono di fare interessanti considerazioni economiche.

La “tecnologia di produzione”, ovvero il modo in cui vengono combinati gli input per ottenere una data quantità di output può essere espressa dall’isoquante di produzione¹⁶, che nel caso del servizio di TPL è verosimile che presenti un forte grado di curvatura; infatti è logico che l’erogazione di questo servizio richieda proporzioni più o meno fisse (o quasi) tra gli *input* in quanto non è possibile che vi sia perfetta sostituibilità tra i due fattori nella produzione del servizio.

La cosa che può cambiare nel tempo, anche se entro margini verosimilmente contenuti, è il grado relativo di sostituibilità, ovvero il Saggio Marginale di Sostituzione Tecnica (che indica la “pendenza” dell’isoquante).

Tabella 4. Test sulla variabilità delle economie di scala nel tempo

MPK <i>vett-km</i>	MPL <i>vett-km</i>	SMST K,L	K/L
17.223	21.740	-1,262	0,255
17.004	21.687	-1,275	0,258
17.099	21.797	-1,275	0,258
17.407	21.706	-1,247	0,252
17.635	21.578	-1,224	0,247
17.743	21.602	-1,218	0,246
17.508	21.405	-1,223	0,247
17.560	20.930	-1,192	0,241
17.294	20.572	-1,190	0,241
17.934	20.350	-1,135	0,229
18.009	20.131	-1,118	0,226
17.584	20.111	-1,144	0,231
17.113	19.759	-1,155	0,234
17.162	19.537	-1,138	0,230

Fonte: elaborazioni proprie su dati Atac

I risultati mostrano come il prodotto marginale del capitale (i mezzi di superficie) sia rimasto sostanzialmente uguale nel tempo, mentre il prodotto marginale del lavoro sia andato lievemente diminuendo; contestualmente la pendenza degli isoquanti si è leggermente ridotta: a causa di una ridotta disponibilità di bus rispetto agli agenti di linea la tecnologia di produzione, ovvero la combinazione di capitale e lavoro, si è orientata verso una produzione relativamente *labour-intensive*, quindi diretta a saturare meglio i turni di guida (anche per via di alcuni accordi sindacali firmati e attuati nel corso del 2017, tesi a ridurre alcuni tempi morti nelle turnazioni) e al contenimento del tasso di assenteismo (che si è ridotto sensibilmente nel corso degli ultimi 2 anni), con l’obiettivo di sfruttare al meglio la (minore) disponibilità di bus.

Questa evidenza come il processo di risanamento aziendale, teso a innalzare la qualità (e la quantità) del servizio di TPL di superficie da parte di Atac, sia in corso e stia producendo i primi risultati, con l’augurio che questa politica aziendale virtuosa possa proseguire e rafforzarsi negli anni a venire, a beneficio dell’utenza.

¹⁶ Si ricorda che secondo la teoria microeconomica l’isoquante di produzione rappresenta il luogo dei punti, ovvero tutte le combinazioni dei fattori produttivi, che corrispondono alla stessa quantità.

4 Una previsione per il 2019

Visti i buoni risultati in termini di adattamento ai dati analizzati il modello è stato utilizzato per condurre un'extrapolazione, ovvero una previsione (di breve periodo) circa il livello futuro di produzione del servizio di superficie ATAC raggiungibile impiegando date quantità dei due fattori produttivi capitale e lavoro, soprattutto in vista di un loro incremento rispetto all'ultimo dato disponibile (l'anno 2018).

Nei primi mesi del 2019 Atac ha avviato una selezione per l'assunzione di 200 nuovi autisti, che presumibilmente entreranno in servizio da metà anno; inoltre l'azienda ha preso a noleggio, per un periodo di tempo limitato (1 anno, con possibilità di proroga per altri 6 mesi, oltre alla possibilità di riscattare i mezzi), 108 nuovi bus, oltre ad averne acquistati altri 227 (mediante la piattaforma Consip), che presumibilmente entreranno in servizio anch'essi a metà anno.

Ipotizzando di lasciare invariati i livelli degli input nei mesi che vanno da gennaio a giugno 2019 ai medesimi valori del 2018 e aggiungendo dal 1 luglio i 200 autisti ed i 335 bus (108 + 227) incrementali sopra descritti tramite il modello è possibile stimare la produzione in termini di vetture-km che sarebbe possibile ottenere per il 2019 grazie a questi nuovi livelli dei fattori produttivi.

Tale produzione ammonterebbe a 87,6 milioni di vetture-km, contro un valore dell'anno precedente di 82,9 milioni (+4,6 milioni circa di vetture-km, ovvero +5,6%).

E' possibile scomporre tale incremento distintamente per il contributo (incrementale) dei fattori produttivi capitale e lavoro; infatti tenendo fisse le quantità di un input (per ipotesi al medesimo livello del 2018) e considerando solamente il nuovo livello (più elevato) dell'altro fattore si ottengono i seguenti risultati:

- fattore lavoro (agenti di linea) fisso, incremento di produzione ascrivibile al solo incremento del fattore capitale (bus): 2,6 milioni di vetture km (+3,1% rispetto al 2018);
- fattore capitale (bus) fisso, incremento di produzione ascrivibile al solo incremento del fattore lavoro (agenti di linea): 1,9 milioni di vetture km (+2,3% rispetto al 2018).

Il totale dei due contributi marginali è pari a circa 4,5 milioni di vetture-km, per cui emerge una lieve discrepanza rispetto alla variazione congiunta dei due fattori produttivi, che era pari a 4,6 milioni di vetture-km (incrementali): la differenza, pari a circa 120 mila vetture-km, è dovuta alla sinergia tra i fattori produttivi che, se fatti variare congiuntamente, permettono di ottenere una produzione più elevata.

Da queste variazioni di produzione in funzione delle variazioni dei singoli impieghi degli input produttivi è possibile calcolare delle elasticità medie, che ammontano a:

- elasticità produzione-fattore capitale = 0,26;
- elasticità produzione-fattore lavoro = 1,21.

Questi valori delle elasticità sono i parametri α e β misurati dopo la simulazione e differiscono lievemente dalle stime del modello econometrico in quanto la loro quantificazione si fonda sull'ipotesi di variazioni medie degli input (infatti essendo sia i mezzi di superficie che gli agenti di linea intesi come grandezze-stock è necessario considerare il loro livello medio per i vari mesi dell'anno per simulare gli impatti a totale anno).

A regime, ovvero quando i nuovi bus ed i nuovi autisti potranno essere impiegati per la produzione del servizio dall'inizio dell'anno tale incremento di produzione sarebbe circa il doppio, ovvero pari a circa 9,4 milioni di vetture-km¹⁷ in più rispetto al 2018 (pari al +11,3%).

Quello appena proposto essenzialmente è un esercizio accademico, ma il senso della simulazione è rivolto a concludere che, dato il "modello produttivo" del servizio di TPL di superficie in Atac, sia possibile aumentare in modo significativo l'output, ovvero il livello di servizio, facendo variare opportunamente i fattori produttivi Capitale e Lavoro (ovvero bus e personale di guida).

¹⁷ Il valore non è esattamente il doppio in quanto la produzione risente del fenomeno della stagionalità, per cui in alcuni mesi la produzione può essere differente (più alta o più bassa) rispetto ad un altro mese in funzione del periodo dell'anno (tipicamente agosto è un mese in cui la produzione è inferiore rispetto alla media degli altri mesi).

5 Conclusioni

Il presente lavoro ha tentato di fornire un diverso approccio allo studio della tecnologia produttiva relativamente al servizio di trasporto pubblico locale di superficie erogato da Atac su Roma.

Dopo una rassegna sulle ultime tendenze della teoria economica (suffragata da studi empirici recenti), ma senza perdere il riferimento delle basi teoriche classiche sull'argomento, si è proceduto a stimare la produttività fisica dei fattori lavoro e capitale a partire da un modello econometrico che abbraccia l'intero periodo 2005-2018 sul servizio di TPL di superficie prodotto da Atac.

I dati analizzati hanno mostrato come nel corso del decennio analizzato si sia verificata una contrazione del livello di servizio offerto, causata sia dal ridisegno della rete di superficie in risposta a variazioni dell'offerta del TPL su ferro sia per la riduzione della produttività dei fattori produttivi capitale e lavoro, che dipende a sua volta dai motivi esaminati in dettaglio in precedenza.

La scelta di razionalizzazione del servizio stesso (operata dall'azionista Roma Capitale, per effetto della riduzione delle risorse disponibili per il finanziamento degli obblighi di servizio pubblico e per effetto della ridotta capacità produttiva del gestore stesso) ha inciso sulla quantità, ma anche sulla qualità, del servizio erogato.

I modelli econometrici utilizzati per testare la presenza o meno di economie di scala sono stati completati includendo i fenomeni stagionali facendo ottenere delle stime delle produttività marginali dei fattori produttivi capitale e lavoro tali da far desumere la presenza di economie di scala; tale fenomeno sembrerebbe essersi manifestato gradualmente nel corso degli anni e sembra destinato ad aumentare.

I dati mostrano anche come il prodotto per lavoratore stia scendendo a causa dell'abbassamento del rapporto numero mezzi per agente, invece di un suo aumento (come sarebbe necessario per favorire un incremento della produttività del lavoro, almeno in base a quanto è emerso dalla stima del modello econometrico), per cui si rendono prioritari e necessari interventi in tema di investimenti e manutenzioni per favorire il riequilibrio di questo rapporto e per permettere una crescita del prodotto complessivo, ovvero del livello di servizio offerto.

Di converso, la produttività fisica per agente è andata diminuendo, anche a causa del persistere del fenomeno dell'assenteismo, che comunque è più contenuto rispetto agli anni passati.

In termini di *policy* gli snodi per una efficace riorganizzazione del servizio di superficie di Atac, di conseguenza, passano per tre azioni che devono essere condotte congiuntamente:

1. un rinnovo della flotta, che consenta di migliorare decisamente la qualità del capitale. In tal senso, oltre a favorire una crescita sia del prodotto per lavoratore che della produzione complessiva (ovvero una maggiore offerta in termini di livelli di servizio erogato) si potrà beneficiare anche di una riduzione delle spese per le manutenzioni ordinarie e anche straordinarie, che in un'azienda con un parco veicolare vetusto come Atac incidono fortemente sulle casse della società;
2. un recupero di produttività degli agenti, capace di intervenire sui nastri di turnazione e sulla riduzione dell'assenteismo. La produttività dei singoli autisti è altresì un elemento di non facile misurazione, soprattutto in una città come Roma, caratterizzata dalla presenza di una quota ridotta di corsie preferenziali, da una conformazione urbana a maglia stretta, un centro storico diffuso e l'accesso ai principali siti archeologici reso più complesso da uno sviluppo urbano disomogeneo;
3. una riorganizzazione del ciclo manutentivo, per riallacciarsi al punto 1), che consenta di ridurre drasticamente i livelli di indisponibilità della flotta, condizionati dalle difficoltà finanziarie che l'azienda ha dovuto affrontare per la drastica riduzione dei corrispettivi per gli obblighi di servizio pubblico. Anche nel settore manutentivo, come per gli autisti, occorre una trasformazione del modello di organizzazione industriale, adeguando i nastri lavorativi e i livelli di produttività degli agenti.

Questi elementi di valutazione da un lato tengono conto di molteplici fattori industriali di carattere "generale", ovvero di tutti quegli elementi tipici delle economie di rete (tipicamente i servizi pubblici), dall'altro tentano di considerare anche degli elementi di carattere "specifico", ovvero le caratteristiche del tutto peculiari della città di Roma, per cui non è possibile fornire una "ricetta" che sia valida in senso assoluto.



Le considerazioni di *policy* che sono state elaborate alla luce dei risultati ottenuti tendono a ribadire quello che il buon senso di un management attento alle caratteristiche dell'azienda ed alle peculiarità del servizio erogato dovrebbe assicurare al fine di garantire un adeguato livello di servizio, sia qualitativamente che quantitativamente.

La riorganizzazione dei processi industriali, mediante il rinnovo della flotta di superficie, l'efficientamento del comparto manutentivo e la riduzione del tasso di assenteismo degli autisti, rappresenta la chiave di volta per determinare un ulteriore miglioramento della produttività aziendale.

Accanto alle leve nelle mani dell'impresa, esistono poi interventi connessi al ciclo della mobilità pubblica, ed in particolare al miglioramento della velocità commerciale mediante un incremento delle corsie preferenziali, che possono incidere positivamente sul miglioramento della produttività totale dei fattori.

La strada per il risanamento di Atac è ancora lunga, ma questo tentativo di stima, suffragato da un'analisi quantitativa, ha cercato di mostrare come esiste un certo grado di margine di manovra per correggere le tendenze in atto e quindi per migliorare lo stato di salute del TPL romano, elevandolo agli standard medi delle altre capitali europee.

Riferimenti bibliografici

- Banker R.D., Cooper W.W., Seiford L.M., Thrall R.M., Zhu J. “Returns to scale in different DEA models” *European Journal of Operational Research*, Volume 154, Page 345-362, 2004.
- Bergantino A., “Infrastrutture, accessibilità, crescita”, in “*Rivista di economia e politica dei trasporti*”, n. 1, 2013
- Boitani A., “Per una riorganizzazione competitiva del sistema dei trasporti”, in “*Le virtù della concorrenza*”, a cura di De Vincenti C., Vigneri A, Bologna, Il Mulino, 2006.
- Boitani A., 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.
- Boitani A., 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., Cambini C., “To Bid or Not to Bid, This is the Question: The Italian Experience in Competitive Tendering for Local Bus Services”, in “*European Transport*”, n. 33, 2006.
- Boitani A., Ponti M., “Infrastrutture e politica dei trasporti”, *Il Mulino*, n. 1-2006.
- Braeutigam R.R., “Learning About Transport Cost”, *Techniques of Transportation Analysis*, 1999, pp. 57-97.
- Cambini, C., 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.
- Cambini, C., Paniccia, I., Piacenza, M., Vannoni, D. “Struttura di costo e rendimenti di scala nelle imprese di trasporto pubblico locale da medie e grandi dimensioni” *Università di Torino e HERMES*.
- 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.
- Daniele Fabbri “la stima di frontier di costo nel trasporto pubblico locale, una rassegna e un’applicazione” *Dipartimento di Scienze Economiche, Università di Bologna, Piazza Scaravilli 2, 40126-Bologna, Italy*.
- Esposito G.F., Spirito P., “Il ruolo dei servizi e dei processi di outsourcing nelle dinamiche della produttività totale dei fattori: una applicazione al settore della logistica”, in *Economia & Lavoro*, n. 2, 2015.
- Esposito G.F., Spirito P., “La costruzione del capitale fiduciario. Motivazione, imprenditorialità e libertà per una nuova politica di sviluppo”, *Franco Angeli*, 2013
- Fazioli, R., Filippini, M., 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., Künzle M., “Valutazione dell’efficienza delle compagnie e 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., 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.
- Gastaldi F., Quaglino L., Stagnaro C., “Local public transportation and competition. Changing paradigm to save the service: the case of Liguria”, *MPRA*, 2012
- Laurits R. Christensen, Dale W. Jorgenson, Lawrence J. Lau “Transcendental Logarithmic Production Frontiers” *The Review Of Economics And Statistics*, vol. 55, Issue 1 (fen. 1973), pp. 28-45.
- Marabucci, A., Spirito, P. “Analisi della produttività totale dei fattori nel servizio di superficie prodotto da Atac Spa: il decennio 2005-2014. Un caso di studio nel settore del trasporto pubblico locale” *Economia&Lavoro*, Anno I, settembre-dicembre 2016, n. 3, pp. 167-200.
- OECD “Measuring productivity – measurement of aggregate and industry level productivity growth”
- Petretto A., Viviani A., “An Econometric Model for Cross-Section Analysis of the Production of Urban Transport Service”, *Economic Notes*, 13, 1984, pp. 35-65.



- Piacenza M. “Choosing among Alternative Cost Function Specifications: An Application to Italian Multi-utilities” (con D. Vannoni), in *Economics Letters*, vol. 82, n. 3, Marzo 2004, pagg. 415-422, Elsevier.
- Piacenza M. “Regulatory Contracts and Cost Efficiency: Stochastic Frontier Evidence from the Italian Local Public Transport”, in *Journal of Productivity Analysis*, vol. 25, n. 3, Giugno 2006, pagg. 257-277, Springer.
- 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, Torino, febbraio 2001.
- Ponti M., Beria P. “La rotaia arrugginita e il vagone del futuro”, *Il Mulino*, No. 6, p. 1028-1041.
- Ponti M., Beria P. “Introduzione ai sistemi di trasporto”, Pitagora, Bologna (Italy).
- Ponti M., Erba S. “Il sistema dei trasporti” in Barucci P, Becheri E., (2006).
- Schilcht E., “Directed Technical Change and Capital Deepening: A Reconsideration of Kaldor’s Technical Progress Function” (Munich Discussion Paper n. 2015, Department of Economics, University of Munich).
- Xue M., Harker P.T., “Ranking DMUs with Infeasible Super Efficiency DEA Models”. Institute for Operations Research and the Management Science (INFORMS).
- Yu G., Wei Q., Brockett P., Zhou L., “Construction of all DEA efficient surfaces of the production possibility set under the Generalized Data Envelopment Analysis Model” *European Journal of Operational Research* (1995).
- 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.
- Zhu J., “Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking. Data Envelopment Analysis with Spreadsheets”. Springer International Publishing (2013).

Acknowledgements

Si ringrazia Atac Spa per i dati e le informazioni gentilmente forniti.