



Un approccio semplificato al calcolo del costo standard nel Trasporto Pubblico Locale

A simplified approach to the determination of standard cost in Local Public Transport

Luca DELLA LUCIA^(*)
 Claudio MENEGUZZER^(*)
 Gino ZOTTIS^(**)

Sommario - Il tema dei costi standard e le considerazioni sulle dimensioni ottimali dei bacini di traffico e delle aziende erogatrici di servizi di TPL sono stati oggetto di una serie di interventi legislativi nonché di numerosi studi con impostazioni modellistiche di vario tipo. Il presente lavoro si prefigge l'obiettivo di fornire uno strumento analitico di agevole utilizzo per la determinazione dei costi standard di servizi di bus. A tale scopo viene proposto un approccio semplificato per il calcolo dei costi medi, che utilizza come unica variabile indipendente il tempo di servizio offerto al pubblico, mentre recepisce mediante opportuni parametri l'effetto di fattori strutturali tipici del settore e di scelte di carattere aziendalistico. Al fine di supportare quantitativamente questa proposta metodologica, il modello è stato calibrato utilizzando dati riferiti a dieci aziende italiane di piccole e medie dimensioni operanti sia in ambiti urbani che extraurbani. Nonostante la dimensione relativamente ridotta del campione, i risultati ottenuti suggeriscono un'adeguata capacità del modello di riprodurre i valori reali dei costi. Si ritiene quindi che lo studio possa fornire un interessante contributo al dibattito in corso sul tema dei costi standard dei servizi di TPL.

1. Introduzione

L'avvio delle liberalizzazioni nel settore del TPL ha portato all'attenzione dei regolatori e dei gestori il tema della identificazione delle dimensioni ottimali dei lotti di gara rispetto ai possibili processi di integrazione modale e tariffaria e conseguentemente degli assetti organizzativi delle aziende erogatrici dei servizi. Il presente lavoro si prefigge di definire un semplice modello matematico utilizzabile per determinare il costo medio di produzione del servizio, verificando in particolare l'esistenza di un punto di minimo del costo medio stesso in funzione della quantità prodotta.

Lo scopo è quello di proporre un approccio semplificato per il calcolo dei costi standard in funzione di parametri aggregati, quali il tempo di servizio erogato, e di elementi

Summary - The issue of standard costs and the related considerations about the optimal sizes of Local Public Transport (LPT) networks and operators have been the subject of a number of legislative acts and of several studies adopting various kinds of modelling approaches. The aim of the present work is to provide an easy-to-use analytical tool for the determination of standard costs of bus services. To this end, we propose a simplified approach to the calculation of average costs, using as a single independent variable the amount of service time supplied to users, while the effects of structural factors of the LPT sector and of operators' strategies are taken into account by means of appropriate parameters. In order to support quantitatively the proposed methodology, the model has been calibrated using data of ten small- and medium-sized Italian bus companies operating in both urban and intercity contexts. Despite the relatively small size of the sample, the obtained results suggest that the proposed model can reproduce adequately actual cost values. Hence, we conclude that this study may contribute significantly to the ongoing debate about standard costs of LPT services.

1. Introduction

The beginning of liberalization in the Local Public Transport (LPT) sector has brought to the attention of both regulators and operators the issue of the identification of optimal sizes of allotments for tendering procedures in view of possible modal and fare integration, and consequently of the organizational structures of LPT companies. The present work aims at defining a simple mathematical model for the determination of the average cost of production of bus services and, in particular, for

^(*) Dipartimento ICEA - Università di Padova.

^(**) Già dirigente primaria azienda TPL.

^(*) ICEA Department - University of Padova, Italy.

^(**) Former executive of a primary Italian LPT company.

strutturali tipici del settore del TPL. Si vuole così dare un contributo al dibattito pluridecennale che non ha ancora trovato una definitiva sistematizzazione né a livello nazionale, né a quello regionale.

1.1. Costo standard

Il tema dei costi standard e le considerazioni sulle dimensioni ottimali dei bacini di traffico e delle aziende erogatrici di servizi sono stati oggetto di numerosi interventi legislativi nel settore dei servizi di interesse economico generale. In particolare nel settore del Trasporto Pubblico Locale tali concetti sono stati introdotti per la prima volta con la L. 151/1981, oggi abrogata, e sono stati successivamente sviluppati dal D.Lgs 422/1997 e s.m.i., dalla legge sul federalismo fiscale (L. 42/2009), dalla legge di stabilità 2014 (L. 147/2013), dalla L. 96/2017, dal Decreto MIT n. 157/2018 e dalle leggi regionali applicative del quadro normativo nazionale, nonché di quello comunitario definito con i Regolamenti U.E. 1370/2007 e 1371/2007.

In termini generali il costo standard può essere definito come un valore “ideale” del costo di produzione ottenuto supponendo condizioni operative normali; esso può essere misurato come costo per unità di risorsa impiegata (per esempio: manodopera, materia prima, ecc.) o per unità di prodotto ottenuta.

Nel settore del TPL, secondo i contenuti del citato D.M. MIT 157 del 28 marzo 2018, il costo standard riflette il costo del servizio, opportunamente specificato ed erogato a pre-stabiliti livelli di qualità, assumendo condizioni operative efficienti, ed è espresso in termini di costo per unità di prodotto. Viene calcolato mediante una funzione che tiene conto delle diverse specificità di produzione e delle condizioni della domanda.

Lo sviluppo legislativo, sinteticamente delineato, è stato accompagnato nel tempo da studi ed analisi finalizzate a definire metodologie per la composizione e strutturazione del costo standard nel settore del TPL. Nel paragrafo seguente si fornisce una breve sintesi di alcuni lavori sull'argomento pubblicati nella letteratura internazionale.

1.2. Sintesi di alcuni studi precedenti

Lo studio dei costi standard può essere inquadrato nella più ampia tematica dell'efficienza ed efficacia dei sistemi di trasporto pubblico [1] e costituisce, in particolare, un elemento fondamentale per la definizione delle procedure di affidamento dei servizi di TPL. Una panoramica completa degli aspetti più importanti della competizione per il mercato e delle aggregazioni tra aziende nel settore del TPL si può trovare nel recente lavoro di BOITANI & RAMELLA [2], che riporta anche una sintesi del quadro normativo e di alcune esperienze italiane ed europee.

BOITANI & CAMBINI [3] presentano un'analisi critica delle principali problematiche relative alle procedure di affidamento e ne illustrano i risultati riscontrati (fino all'epoca dell'articolo) con specifico riferimento all'esperienza italia-

the identification of its minimum value as a function of the quantity of service produced.

The ultimate goal of this study is to propose a simplified approach for the calculation of standard costs on the basis of aggregate variables, such as the amount of service time supplied, and of parameters reflecting structural elements that characterize the LPT sector.

1.1. Standard cost

The issue of standard costs and the related considerations about the optimal sizes of LPT networks and operators have been the subject of a number of legislative acts. After having been introduced by Law 151/1981, now repealed, the relevant concepts were later developed by Legislative Decree 422/1997 (and subsequent modifications), by the bill on fiscal federalism (Law 42/2009), by Laws 147/2013 and 96/2017, by MIT (Ministry of Infrastructures and Transport) Decree 157/2018, as well as by regional laws and by EU Regulations 1370/2007 e 1371/2007.

In general terms, standard cost may be defined as an “ideal” value of production cost under normal operating conditions, to be measured either as a cost per unit of input or as a cost per unit of output.

In particular, according to the above cited MIT Decree 157/2018, standard cost should reflect the cost of providing service at a specified level of quality, assuming efficient operational conditions, and should be expressed as a cost per unit of output. It is to be determined using a function that takes into account the specific characteristics of both production and demand.

Besides the legislative framework outlined above, the topic of standard costs of LPT has been the subject of various scientific studies published in the international literature. The following section provides a brief summary of some of these studies.

1.2. Some previous studies

The study of standard costs can be framed within the broader topic of the efficiency and effectiveness of public transport systems [1] and represents, in particular, an essential element for the definition of tendering procedures for LPT services. An exhaustive overview of the main aspects of competition for the market and aggregation of companies in the LPT sector can be found in the recent work of BOITANI & RAMELLA [2], including a synthesis of the legislative framework and of some Italian and European experiences.

BOITANI & CAMBINI [3] discuss the main issues related to tendering procedures and present the results obtained (to the date of the article) with specific reference to the Italian case. One of the most important questions

na. Una delle questioni di maggiore rilevanza riguarda la definizione della dimensione ottimale del bacino di servizio, finalizzata a sfruttare al meglio le possibili economie di scala e di densità [4].

CAMBINI et al. [5] forniscono evidenze empiriche a supporto dell'esistenza di entrambi i tipi di economie, analizzando con un approccio econometrico la struttura dei costi (sia totali che variabili) di produzione dei servizi di TPL per un campione di città italiane di medie e grandi dimensioni con riferimento agli anni 1993-1999. Sulla base dei risultati ottenuti, gli autori concludono che un'eccessiva frammentazione territoriale dei servizi può generare significative perdite di efficienza.

Dato che il presente lavoro riguarda specificamente il problema della determinazione dei costi standard dei servizi di TPL, nel seguito di questo paragrafo viene presentata una breve sintesi di alcuni tra i più recenti studi sull'argomento. AVENALI et al. [6], partendo dall'osservazione che le ricerche precedenti non affrontavano specificamente il problema di una definizione *ex ante* del costo standard dei servizi di TPL, hanno proposto un modello per la sua determinazione con riferimento specifico alla realtà italiana. Utilizzando dati relativi all'anno 2011 e ad un campione di 45 aziende con una produzione complessiva di circa 500 milioni di chilometri, gli autori hanno formulato e stimato mediante regressione alcune relazioni funzionali che legano il costo unitario di produzione del servizio (euro/bus-km), da assumere come costo standard, ad un numero limitato di variabili indipendenti (velocità commerciale, dimensione del servizio e "tasso di rinnovo" della flotta veicolare). Sulla base dei valori stimati dei parametri del modello, gli autori concludono che l'incidenza marginale della velocità commerciale sul costo unitario diminuisce all'aumentare della stessa, e che le economie di scala risultano deboli e tendono a divenire diseconomie quando la dimensione del servizio raggiunge una soglia di circa 4 milioni di bus-km all'anno.

Utilizzando gli stessi dati dello studio sopra citato, AVENALI et al. [7] sviluppano un modello "ibrido" per la determinazione del costo standard, caratterizzato dal fatto che alcune componenti del costo sono calcolate con un approccio di tipo "bottom-up" e altre con un approccio "top-down". Per quanto riguarda, in particolare, gli effetti marginali della velocità commerciale e della dimensione del servizio sulle componenti del costo unitario determinate mediante un modello di regressione, i risultati ottenuti sono coerenti con quelli documentati in [6].

In una ulteriore analisi riferita al medesimo set di dati, AVENALI et al. [8] propongono un approccio alternativo, basato sull'impiego di reti neurali artificiali, per lo sviluppo di modelli finalizzati all'identificazione dei fattori che maggiormente contribuiscono alla formazione dei costi unitari di produzione dei servizi di TPL.

PETRUCCELLI & CARLEO [9] delineano una metodologia di tipo "top-down" per la determinazione di un indicatore di efficienza, inversamente correlato al costo unitario, in funzione di un set di variabili caratterizzanti il servizio, i cui valori sono calcolabili sulla base di dati facilmente reperibili.

is the definition of the optimal size of the service area, aimed at exploiting the economies of scale and the economies of density that are likely to exist [4]. CAMBINI et al. [5] provide empirical evidence in support of the existence of both types of economies, and use an econometric approach to analyze the structure of total and variable costs of production of LPT services for a sample of medium- and large-sized Italian cities over the years 1993-1999. They conclude that an excessive fragmentation of service areas may generate substantial losses of efficiency.

Since the present paper deals specifically with the determination of standard costs of LPT services, in the remainder of this section we present a brief account of some recent studies on this topic. AVENALI et al. [6], noting that previous research did not focus specifically on the problem of an *ex-ante* definition of standard cost of LPT services, propose a model for its determination with specific reference to the Italian scenario. Using year 2011 data for a sample of 45 bus companies with a total production of about 500 Mkm/year, the authors developed regression models relating the unit cost of service production (euro/bus-km), to be taken as standard cost, to a limited number of independent variables (commercial speed, service size and "degree of renewal" of the bus fleet). Based on the estimated values of model parameters, they conclude that the marginal effect of commercial speed on unit cost decreases for increasing commercial speed, and that economies of scale are weak and turn into diseconomies as the service size reaches a threshold of about 4 Mkm/year. Using the same data, AVENALI et al. [7] develop a hybrid model for the determination of standard cost, characterized by a mixed "bottom-up" and "top-down" approach, and find results that are consistent with those of [6] as regards, in particular, the marginal effects of commercial speed and service size on unit cost. In a further analysis on the same dataset, AVENALI et al. [8] propose the use of artificial neural networks as an alternative approach for the development of models aimed at identifying the main factors contributing to the formation of unit costs of LPT services.

PETRUCCELLI & CARLEO [9] outline a "top-down" methodology for the determination of an efficiency indicator (inversely related to unit cost) as a function of a set of variables characterizing the service, whose values can be calculated using easily available data.

Other studies based on the analysis of production factors have been developed by ASSTRA [10] and Veneto Region [11]. ANAV [12] and Friuli-Venezia Giulia Region [13] have adopted a "top-down" methodology considering, in particular, some cost factors (such as the cost of driving personnel) that can be put into relation to the overall labour cost and to the general company cost through appropriate weighting coefficients. The fo-

Altri studi basati sull'utilizzo analitico dei fattori di produzione sono stati elaborati da ASSTRA [10] e Regione Veneto [11], mentre ANAV [12] e Regione Friuli-Venezia Giulia [13] hanno proposto ed adottato una metodologia di analisi di tipo top down, che considera, in particolare, alcuni fattori di costo quali quello dei conducenti, definendo dei coefficienti di ponderazione per relazionare il costo di tale fattore con il costo generale del fattore lavoro e con il costo generale aziendale. L'analisi è quindi focalizzata su elementi strutturali che possono essere considerati espressione di una gestione efficiente ed economica.

1.3. Il contributo di questo studio

I metodi di calcolo del costo standard riferiti al caso italiano sono prevalentemente basati su dati analitici tipici delle aziende di TPL (modelli di fonte regionale) o su dati sintetici (ANAV). Gli studi condotti dall'Università La Sapienza affrontano la questione utilizzando, in modo innovativo, dati aggregati quali la produzione, le velocità commerciali e la redditività del capitale investito. Le elaborazioni prevedono un'articolata suddivisione delle aziende per tipologia di servizio (urbano, extraurbano, ecc.) e volumi di produzione, e tengono conto anche dell'effetto economico del ritorno accettabile (standard) del capitale investito (materiale rotabile).

L'aspetto che maggiormente differenzia lo studio descritto nel presente lavoro da quelli precedenti consiste nel fatto che la funzione utilizzata per la determinazione del costo di produzione contiene come unica variabile indipendente il tempo di servizio erogato all'utenza, rendendo il modello particolarmente semplice e al tempo stesso consentendo di recepire gli effetti di altre caratteristiche (ad esempio la tipologia di servizio urbano o extraurbano) mediante pochi parametri opportunamente tarati.

Un problema di notevole rilevanza ai fini dello sviluppo dei modelli di calcolo dei costi standard è la possibile mancanza di omogeneità nel criterio di fornitura delle informazioni da parte delle aziende, pur in presenza di precise metodiche richieste dalle fonti Istituzionali (ART, MIT, Regioni). La criticità può emergere soprattutto quando il livello di analisi ed aggregazione è quello nazionale.

Il presente studio, come sopra evidenziato, si pone l'obiettivo di sviluppare un modello matematico che utilizzi sostanzialmente il dato, espresso in ore, del tempo di servizio offerto, ed alcuni dati strutturali tipici del settore, per tenere conto degli effetti dimensionali, geografici e logistici sia sui costi fissi che su quelli variabili. Si tratta di una proposta metodologica semplificata, che potrà essere eventualmente affinata utilizzando dati riferiti ad un campione di aziende più ampio ed articolato di quello considerato in questo lavoro (si veda la sezione 2).

1.4. Rilevanza e possibili utilizzi dei costi standard

In termini generali ed indipendentemente dal modello impiegato, i costi standard possono essere utilizzati come uno strumento per regolare una molteplicità di aspetti, quali il dimensionamento dei lotti di gara e la relativa base d'asta, non-

cus of the analysis is thus on structural elements that are considered to be an expression of efficient and economic management.

1.3. The contribution of this study

Methods for the calculation of standard cost proposed to date for the Italian case are typically based on analytical data of LPT companies (at the regional level) or on synthetic data (ANAV). Studies carried out at "La Sapienza" University of Rome use, in an innovative way, aggregate data such as quantity of production, commercial speed and return on invested capital, while classifying companies according to the type of service supplied (urban, intercity, etc.).

The main difference between the present study and previous works on the same topic is that the function adopted here for the determination of production cost is particularly simple, as it includes as a single independent variable the amount of service time supplied to users, while the effects of other factors (e.g. the type of service) are taken into account by means of appropriate parameters. The proposed method is implemented on a small sample of bus companies (see Section 2), and therefore we recognize that improvements and refinements of the model are possible if a larger dataset is employed.

It should also be noted that a problem typically encountered in the development of models for the calculation of standard costs is the possible lack of homogeneity of the data provided by operators, despite the specific guidelines on this matter issued by institutional subjects (ART, MIT, Regions). This aspect may become critical especially for aggregate analyses at the national level.

1.4. Importance and possible uses of standard costs

In general terms, standard costs can be used for a variety of purposes, such as the determination of the size of allotments for tendering procedures and the related bidding bases, as well as the quantification, within regional planning processes, of the resources required to supply the requested services [14].

More specifically, standard costs represent a tool that institutional subjects and LPT companies can use according to their goals:

- on the supply side, to support the governance functions of national, regional and local institutions as regards the planning, programming, administration and control of services, and to aid operators in the search for the most economical organization given the available resources and the requested quantity and quality of services [15, 16];*

ché per quantificare, in modo obiettivo ed equo, le risorse necessarie all'erogazione dei servizi richiesti, secondo i processi di pianificazione che ogni Regione avrebbe già dovuto attuare attraverso lo strumento dei "servizi minimi" [14].

Si tratta quindi di uno strumento che va utilizzato in funzione delle finalità perseguite dai Soggetti Istituzionali o aziendali fruitori dello stesso e precisamente:

- *lato offerta*, per quanto attiene alle funzioni istituzionali di *governance*, di competenza di Stato, Regioni ed Enti locali, in termini di pianificazione, programmazione, amministrazione e controllo, mentre per i gestori dei servizi può essere utile per la ricerca degli assetti economicamente più adeguati al contesto delle risorse disponibili e dei livelli di quantità e qualità del servizio richiesto [15, 16];
- *lato domanda*, per quanto attiene alla soddisfazione dei bisogni dei cittadini per conseguire il risultato di garantire sviluppo economico e coesione sociale, e quindi efficienza e competitività del territorio di riferimento.

È evidente che i due ambiti sono strettamente correlati, ma dovrebbe essere la domanda di mobilità, nelle sue articolazioni territoriali regionali, a orientare le scelte relative alla dimensione delle reti di servizio ed ai possibili livelli di integrazione.

Esaminare la dinamica "lato domanda" significa poter quantificare il gettito finanziario derivante dai prodotti del traffico, in funzione del sistema tariffario adottato e dei suoi effetti sull'equità redistributiva territoriale. In quest'ottica il costo standard diviene uno strumento da adottare nei processi di pianificazione per l'analisi costi-benefici dei vari scenari; risulta inoltre fondamentale per supportare la programmazione dei servizi verificando la sostenibilità economico-finanziaria delle risorse disponibili rispetto alle soluzioni di servizio proposte, al quadro tariffario ipotizzato ed alla reale disponibilità sul mercato di operatori in grado di assumersi gli impegni richiesti, superando gli affidamenti diretti o *in-house*, nei limiti fissati dalla normativa comunitaria e nazionale.

1.5. Economie di scala

Il costo standard è espresso in termini di costo per unità di prodotto, che è tipicamente misurato in chilometri o tempo di servizio. La funzione di costo deve avere una struttura tale che la corrispondente funzione di costo medio presenti un punto di minimo al variare della produzione. In quest'ottica l'esame del costo standard si correla a valutazioni circa la presenza di economie di scala, almeno in termini di sola produzione.

Vari studi condotti nel settore del TPL, e in particolare le analisi dell'Università La Sapienza [17], hanno evidenziato che, in chiave strettamente aziendale ed imprenditoriale, il costo medio presenta un minimo per produzioni di circa 4 milioni di chilometri, peraltro con un *range* di variabilità che può superare i 10 Mkm, per effetto di elementi strutturali di tipo geografico, di efficienza territoriale e di tipologia della domanda di trasporto.

Con il presente lavoro si vuole dare un contributo analitico per supportare le considerazioni di cui sopra e valutare

- *on the demand side, to meet the mobility needs of the population of interest, with positive implications in terms of economic development and social cohesion.*

It is emphasized that, while the two above perspectives are strictly interrelated, the decisions regarding the size of the service networks and the possible forms of integration should be guided mainly by the level of travel demand and by its spatial structure. The analysis of the dynamics of demand is essential for the quantification of traffic revenues, and in this context standard cost can be used in cost-benefit analyses within planning processes, as well as for the programming of services and for the assessment of their economic and financial sustainability.

1.5. Economies of scale

Standard cost is expressed as a cost per unit of product, the latter being typically measured in kilometers or amount of service time supplied. The average cost function should have a minimum, indicating the existence of economies of scale for some range of quantity of service produced. According to various studies, in particular those carried out by "La Sapienza" University of Rome [17], such minimum is reached for productions of about 4 million kilometers, although with a possibly wide range of variability due to several exogenous factors. The present work aims at supporting the above considerations through an analytical formulation that can be used to determine the levels of production at which economies of scale are fully exploited.

In general terms, economies of scale in production are said to exist when long-term marginal costs decrease as the quantity produced increases [18]. In the analysis of economies of scale it is necessary to determine:

- *whether they are evaluated in purely technical terms or taking into account social considerations as well;*
- *whether qualitative aspects are considered;*
- *their possible relationships with economic factors other than the volume of production, such as the characteristics of demand, the location of plants, the corporate structure of the operator (single company, holding, etc.) and the market form (competition, oligopoly, monopoly).*

Several factors may affect the growth of companies' size, such as [19, 20]:

- *technology;*
- *organizational and governance structure;*
- *availability of capitals;*
- *marketing skills;*
- *robustness in terms of financial stock protecting the company from risks and short-term fluctuations.*

quali volumi di produzione permettano di ottenere la massimizzazione delle economie gestionali con rilevanti riflessi sul livello tecnologico, produttivo e sullo sviluppo di un settore strategico per il sistema economico nazionale.

Dal punto di vista della produzione (lato offerta) si hanno economie di scala o rendimenti di scala crescenti quando i costi marginali aziendali di lungo periodo diminuiscono all'aumentare della quantità prodotta [18].

La dimensione produttiva ottimale della singola impresa è correlata alla dimensione ed alle caratteristiche della domanda che, se supera la capacità produttiva, può spingere l'impresa a riorganizzarsi ed a ricorrere al decentramento amministrativo ed organizzativo in rapporto alle funzioni da ottimizzare.

In tale contesto si dovrà valutare se le economie di scala:

- si riferiscano alla singola unità produttiva, con evidenti risvolti prevalentemente tecnici, o si valutino con riferimento a processi di localizzazione dove si contemperano aspetti tecnici e aspetti di tipo sociale;
- si calcolino in termini di volumi produttivi prescindendo o meno dagli aspetti qualitativi;
- risultino interconnesse con altri fattori economici, quali la struttura e l'intensità della domanda, la localizzazione degli impianti e le specifiche societarie (azienda unica, holding, raggruppamento, ecc.), le forme di mercato (concorrenziali, oligopolistiche o monopolistiche).

I fattori che interferiscono con la crescita delle dimensioni delle imprese possono essere così individuati [19], [20]:

- la tecnologia (macchinari, impianti, ecc.);
- la struttura organizzativa e di governance (H&R, management, stakeholders, ecc.);
- la disponibilità delle fonti finanziarie e dei capitali;
- la capacità promozionale (marketing, diversificazione, ecc.);
- la capacità di sopravvivenza, intendendo con ciò le riserve economiche che tendono a preservare l'impresa dai rischi e dalle fluttuazioni congiunturali.

È evidente che ipotizzare miglioramenti di efficienza e di economicità solo sulla base di un semplice aumento della produzione rappresenterebbe un approccio errato e fuorviante rispetto alla complessità del fenomeno ed alle externalità che incidono sui costi del sistema produttivo [21].

In un mercato quale quello del TPL, fortemente controllato dalla Pubblica Amministrazione, risulta ancora più importante definire processi di pianificazione, di controllo e di governo che facciano riferimento alla struttura della domanda, mentre la pura gestione del servizio dovrebbe essere lasciata alla normale dinamica di mercato. Infatti le economie di scala sono fortemente influenzate dai processi di diversificazione del ciclo produttivo e di scomponibilità dello stesso, nonché dallo sviluppo tecnologico. Nel contesto di interesse si avranno imprese nelle quali il processo produttivo è fortemente integrato, ed altre situazioni in cui l'impresa è specializzata ed utilizza servizi esterni o di gruppo permettendo la

Moreover, the complexity of the transport sector environment implies that efficiency cannot be measured solely in terms of the quantity of output produced, because other factors, such as external costs, should be taken into account [21].

Economies of scale may depend strongly on the diversification of the production process and on technological progress. In the LPT sector companies may either control the entire production cycle, or specialize and use external or group general services, with possible increases in capital and labour productivity. From the standpoint of the regulating authority, the relationship between standard costs and economies of scale is an important factor to be considered, in addition to an in-depth analysis of travel demand and mobility needs, for the definition of the optimal size of service areas, also in view of possible modal and fare integrations.

2. A cost model

In the following we propose a model for the identification of a relationship of the general form $C = f(t)$ where C is the cost of production of the service and t is the production volume, expressed in terms of amount of service time supplied to users (measured in hours).

Considering production in terms of service time, as opposed to the usual practice of referring to the mileage of service supplied, allows an easier comparison between companies operating in urban, suburban and intercity contexts, or exhibiting different levels of efficiency as expressed by commercial speed.

The information needed in order to implement the proposed model is easily available to the regulating authority, in terms of both structural data and quantity of service set as a bidding base in tendering procedures, thus reducing the dependence on the know-how of operating companies.

2.1. The proposed function

The proposed function aims at describing in a simplified way the cost of production (and hence the average/standard cost) using a single independent variable (the amount of service time supplied) and a set of parameters reflecting structural aspects of operating companies. More specifically, the proposed model:

1. *represents cost components that vary with service time, such as the costs of vehicle usage (fuel etc.) and driving personnel;*
2. *takes into account the variability of fixed costs, such as the cost of non-driving personnel and the costs ascribed to logistics and to the geographical characteristics of the service area, in relation to the quantity of service produced;*

ripartizione dei costi generali su una maggiore produzione, conseguendo significativi miglioramenti dei livelli di produttività del capitale e del lavoro. Quindi la correlazione tra costo standard ed economie di scala serve al Regolatore per definire i bacini ottimali sia per i potenziali erogatori che per i processi di integrazione modale e tariffaria, sulla base di analisi che tengano conto della struttura della domanda, dei bisogni da soddisfare e della possibilità di ottenere una pluralità di concorrenti nel rispetto dei principi di trasparenza e non discriminazione, massimizzando l'accesso al mercato degli operatori interessati.

2. Un modello di calcolo dei costi

Nelle note che seguono proponiamo un modello per la identificazione di una relazione del tipo $C = f(t)$ dove C è il costo di produzione e t è il volume di produzione espresso in termini di tempo di servizio erogato al pubblico (misurato in ore).

Considerare la produzione in termini di tempo di servizio erogato, in alternativa alla prassi di considerare il riferimento alle percorrenze chilometriche, permette una più agevole comparazione tra aziende che operano in ambiti urbano, suburbano, extraurbano o con caratteristiche di efficienza diversa, che è tipicamente espressa dal parametro della velocità commerciale. Utilizzare il tempo di servizio offerto al pubblico permette di fare riferimento ad un dato oggettivo deciso dal Regolatore e dai vincoli territoriali ed indicativo della quantità di servizio offerto e della qualità dello stesso in termini di distribuzione temporale nell'arco giornaliero, settimanale o periodico in generale.

Le informazioni necessarie per l'applicazione del modello proposto sono facilmente nella disponibilità del Regolatore, sia per la quantità di servizi posti a base di gara che per i dati strutturali di seguito indicati, riducendo in tal modo la dipendenza dal *know-how* delle aziende erogatrici dei servizi.

2.1. La funzione proposta

La soluzione che di seguito si sviluppa, quale primo approccio semplificato, ha lo scopo di definire un'espressione analitica che permetta di descrivere la variabile costo di produzione (e conseguentemente il costo medio/costo standard di produzione) utilizzando parametri strutturali che differenziano le varie gestioni. Per l'individuazione della relazione matematica di riferimento si sono considerate tre condizioni:

1. la presenza di costi variabili in funzione del tempo di servizio, quali i costi di trazione e del personale di guida;
2. la variabilità dei costi fissi, quali quelli legati al personale di struttura, alla logistica ed alle caratteristiche geografiche in cui il servizio si esplica, in funzione della dimensione della produzione;
3. una relazione di base, che permette di rappresentare le economie di scala, espressa nella forma semplificata: $C = k \cdot t^h$, dove C è il costo totale di produzione, k è una costante positiva, t è il volume di produzione (espresso in ore di servizio) ed h (con valore compreso tra 0 ed 1 estremi esclusi) rappresenta l'elasticità del costo rispetto alla

3. allows to represent economies of scale through a simple nonlinear expression of the general form: $C = k \cdot t^h$, where C is the total cost of production, k is a positive constant, t is the quantity produced (measured in hours of service time) and h ($0 < h < 1$) represents the elasticity of cost with respect to the quantity produced.

Based on the above considerations, the proposed function is formulated more specifically as the following expression:

$$C = F \cdot \alpha \cdot e^{\left(\frac{t}{t_u}\right)^h} \cdot \left(1 + \frac{t}{t_u}\right)$$

where: t_u is the amount of service time assumed to correspond to a "base service"⁽¹⁾, h is a calibration parameter ($0 < h < 1$), F is the fixed cost of providing an intercity "base service", while α is a parameter representing the effect of structural characteristics of the service that are independent of commercial speed, as well as the effects of territorial distribution and organizational configuration.

Parameter α is determined as the product of three coefficients, as illustrated in Tables 1 and 2:

- α_1 represents depreciation costs, vehicle usage costs (fuel etc.) and maintenance costs related to vehicle and engine types and to their use in the different kinds of service (urban, intercity, etc.), as shown in Table 1;
- α_2 represents cost factors that are independent of commercial speed, related to logistic organization and to the reserve stock of vehicles, as shown in Table 1;
- α_3 reflects the weight of the fixed structure costs, whose incidence is generally inversely proportional to the volume of production. The values shown in Table 2 have been estimated based on a sample of bus companies.

⁽¹⁾ Reference to a "base" service unit is adopted in order to neutralize the effects of low production volumes, for which a large dispersion of cost values is typically observed. For the purposes of our analysis we assume as "basic" the production corresponding to an intercity service with an amount of supplied service time $t_u = 50.000$ h/year which, for a normalized speed of 30 km/h, leads to a base production of 1.500.000 bus-km. The value of F corresponding to this "base" production volume can be realistically estimated considering the costs sustained by an intercity operator that provides 1.500.000 bus-km using:

- 30 buses (with a standard mileage of 50.000 km/year per bus), implying an investment of about 6.000.000 € (average cost of 200.000€ for an intercity bus) and a depreciation of 400.000 €/year (assuming a technical life of 15 years and an average fleet age of 7,5 years);
- a value of 2.500.000 € for depots and offices (1.000 m² at a cost of 2.500€/m²), which leads to a cost of 100.000 €/year assuming a 25-year depreciation period;
- five units of non-driving personnel with a cost of 190.000 €/year (assuming a cost of 38.000€/year per unit).

quantità prodotta. Secondo questa relazione, di forma non lineare, il costo aumenta meno che proporzionalmente rispetto alla quantità prodotta.

Sulla base delle considerazioni sopra elencate si propone nello specifico la seguente funzione di costo totale di produzione del trasporto di forma esponenziale:

$$C = F \cdot \alpha \cdot e^{\left(\frac{t}{t_u}\right)^h} \cdot \left(1 + \frac{t}{t_u}\right)$$

dove: t_u è un valore del tempo di servizio corrispondente ad un "servizio base"⁽¹⁾, h è un coefficiente di calibrazione (compreso tra 0 ed 1 estremi esclusi), F è il costo fisso sostenuto per erogare un servizio extraurbano considerato quale servizio "base", mentre α è un coefficiente adimensionale che rappresenta l'effetto delle caratteristiche strutturali specifiche del servizio, indipendenti dalla velocità commerciale, della diffusione sul territorio e di effetti di policentrismo organizzativo.

Il parametro α è calcolato come prodotto di tre componenti α_1 , α_2 , α_3 , e descrive la variabilità dei costi fissi in funzione delle diverse incidenze delle tipologie di servizio indipendenti dalla velocità commerciale, come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

- α_1 descrive i fattori di costo relativi agli ammortamenti, ai costi di trazione ed ai costi di manutenzione connessi alle tipologie di autobus e di motorizzazione ed al loro utilizzo nei diversi servizi (urbano, extraurbano, ecc.), come indicato in Tabella 1;
- α_2 descrive i fattori di costo indipendenti dalla velocità commerciale, legati agli assetti logistici ed alle scorte tecniche del parco mezzi, come indicato in Tabella 1;
- α_3 considera il peso dei costi fissi di struttura, che generalmente incidono in modo inversamente proporzionale alla

⁽¹⁾ Il riferimento ad una unità di servizio "base" viene adottato per neutralizzare gli effetti delle produzioni ridotte, per le quali si riscontra tipicamente una forte dispersione dei valori di costo. Ai fini della presente analisi si assume quale produzione base quella corrispondente ad un servizio extraurbano con tempo di servizio erogato "base" $t_u=50.000$ h/anno che, per una velocità normalizzata di 30 km/h, porta ad una produzione base di 1.500.000 vetture-km. Tale percorrenza si assume come riferimento base per evitare di dover considerare le variabilità di costi fissi e variabili per aziende di piccole dimensioni. Al valore di F corrispondente al valore di produzione base si può pervenire realisticamente considerando i costi di un'azienda extraurbana che sviluppi 1.500.000 vetture-km utilizzando:

- 30 bus (con percorrenza standard di 50.000 km/anno per bus) che comportano un investimento di circa 6.000.000 € (costo medio di un bus extraurbano di 200.000€) a cui consegue, assumendo una vita tecnica pari a 15 anni, un costo di ammortamento di 400.000 €/anno (assumendo un'età media della flotta di 7,5 anni);
- un deposito/impianti di rimessaggio/uffici del valore di 2.500.000 € (1.000 m² coperti al costo di 2.500€/m²) che, con ammortamento in 25 anni, porta ad un costo annuo di 100.000 €/anno;
- cinque unità di personale di struttura con costo di 190.000 €/anno (assumendo un costo di 38.000€/anno per dipendente).

The companies belonging to the sample have been selected considering the types of services supplied and their territorial distribution, as well as the willingness to provide the requested data (under conditions of confidentiality). All data used in the analyses reported in this paper refer to year 2016. A preliminary quantification of α_1 , α_2 , α_3 for the sample companies has been carried out based on the factors f_i shown in Tables 1 and 2. As an example, the values of f_i in Table 1 reflect the higher costs of a 12-meter urban bus as compared to an intercity bus in terms of depreciation (+35%), consumption of fuel, lubricants and tires (+50%), and maintenance (+10%). Similar considerations apply to f_2 , f_3 , f_4 . The values of the f_i factors have been determined on the basis of technical and economic information from the LPT sector. Parameter α_i represents the incidence on costs of structural factors f_p , taking into account the weight (p) of the single cost item within the company's budget (see example⁽²⁾).

Based on the parameters shown in Tables 1, 2 and 3, the value of α has been computed for each of the sample companies (Table 4). Using the service production data collected for the sample companies (Table 3), we can determine costs through the previously described function $C = f(t)$. Parameter h appearing in the cost function has been calibrated using the method of least squares estimation, resulting in a value of 0,177743 (rounded to 0,18 for the purpose of the subsequent calculations). Using this value, the results presented in Table 5 and Figs 1 and 2 have been obtained.

Fig. 3 displays a set of average cost curves, deriving from the proposed function, for various values of α between 1,00 and 1,60 and for $h=0,18$. It is observed that, regardless of the value of α , all curves reach their minimum value for a production (service time) of approximately 150 kh. Assuming a commercial speed of 30 km/h, this would correspond to 4.500.000 bus-km. Thus, it can be concluded that parameter α does not affect significant-

⁽²⁾ If we consider, as an example, the "depreciation" cost item in Table 1, an urban bus service costs 4,2% more than an intercity service; indeed: $f \times p \times 100 = 16,2$ with $f_1 \text{ depreciation} = 1,35$ and $p_{\text{depreciation}} = 12\%$. Using the parametric values of Tables 1 and 2, as well as the size of the sample companies shown in Table 3, the values of the α multipliers can be computed. For example, for company A1:

$$\alpha 1.1 =$$

$$(260.000 \times 16,2 + 2.000.000 \times 12 + 410.000 \times 12) / 2.670.000 = 12,41$$

and so on for the other α_{ij} values in Table 4.

Again for company A1, the values of α_i can be computed from the α_{ij} values as follows:

$$\alpha 1 = 1 + (\alpha 1.1 + \alpha 1.2 + \alpha 1.3 + \alpha 1.4) / \sum p_i =$$

$$1 + (12,34 + 11,02 + 6,15 + 41,81) / 68 = 1,034,$$

$$\alpha 2 = \alpha 2.1 \times \alpha 2.2 = 1,00 \times 1,00 = 1;$$

$$\alpha 3 = 1,25.$$

Tabella 1 – Table 1

Indicatori per il calcolo dei parametri α_1 e α_2
Indicators for the calculation of parameters α_1 and α_2

	Voci di costo con componenti indipendenti dalla velocità commerciale <i>Cost items</i>	Incidenza % sui costi tot. <i>% incidence on total costs</i>	Fattore relativo incidenza costi fissi <i>Relative factors of incidence on fixed costs</i>			
			Urbano diesel <i>Urban diesel</i>	Extraurb. <i>Intercity</i>	Montagna <i>Mountain</i>	Urbano CNG/SPEC ^(*) <i>Urban CNG/SPEC^(*)</i>
		<i>p</i>	<i>f1</i>	<i>f2</i>	<i>f3</i>	<i>f4</i>
$\alpha_{1.1}$	Ammortamenti <i>Depreciation</i>	12%	1,35	1,00	1,00	1,5
$\alpha_{1.2}$	Consumi <i>Consumption</i>	10%	1,50	1,00	1,35	1,00
$\alpha_{1.3}$	Manutenzioni <i>Maintenance</i>	6%	1,10	1,00	1,10	1,30
$\alpha_{1.4}$	Guida (organizzazione turni) <i>Driving (shift organization)</i>	40%	1,00	1,05	1,05	1,00
$\alpha_{2.1}$	Logistica e scorte tecniche bus ^(**) <i>Logistics and reserve stock of vehicles^(**)</i>		1,00	1,35	1,20	1,50
$\alpha_{2.2}$	Logistica e percorrenze a vuoto ^(**) <i>Logistics and empty trips^(**)</i>		1,00	1,10	1,10	1,00

(*) Servizi erogati con mezzi speciali (Alimentazione a Gas, elettrico,...).

(**) Logistica $\alpha_2 = 1$ per valori di produzione $t \leq 150.000$ h.

(*) *Services provided with special vehicles (Natural gas or electric power)*

(**) *Logistics $\alpha_2 = 1$ for production volumes $t \leq 150.000$ h*

dimensione di produzione. I valori di Tabella 2 sono calcolati sulla scorta dei dati disponibili in rapporto alla scala di produzione, utilizzando come elemento di calibrazione i dati di un set di aziende campione.

Le aziende sono state scelte considerando la loro articolazione produttiva per quanto riguarda sia la tipologia di servizi che la diffusione su territori diversi, nonché la loro disponibilità a fornire le informazioni necessarie, sia pur sotto condizione di riservatezza aziendale. I dati utilizzati si riferiscono all'anno 2016. Inoltre, come detto in precedenza, la dimensione aziendale è espressa solo in funzione della produzione del servizio, senza quindi entrare nel merito della struttura organizzativa o di dotazione di conducenti, personale di struttura e del parco rotabile. Nel modello proposto queste circostanze sono tenute in debito conto mediante i coefficienti α .

La quantificazione dei parametri α_1 , α_2 , α_3 può essere eseguita sulla scorta di dati strutturali standardizzati per le varie tipologie di servizio, desunti da analisi sperimentali sulle aziende campione. Una determinazione preliminare è stata effettuata sulla base dei fattori riportati nelle Tabelle 1 e 2. Ad esempio, i fattori f_1 di Tabella 1 rappresentano il fatto che, rispetto ad un bus extraurbano standard da 12 mt, il corrispondente mezzo urbano costa circa il 35% in più ($f_{1 \text{ amm}} = 1,35$), consuma il 50% in più ($f_{1 \text{ consumi}} = 1,50$), ed i costi di manutenzione sono del 10% superiori ($f_{1 \text{ manut}} = 1,10$). Tali valori sono stati determinati sulla base di dati forniti dalle aziende di cui alle tabelle seguenti. Per i coefficienti f_2 , f_3 , f_4 valgono le stesse considerazioni, precisando che per consumi si intende la generalità del costo per carburanti, lubrifi-

by the quantity of service that is optimal in terms of unit production cost.

The average value of the percent differences between actual and calculated unit costs (column H in Table 5) is equal to 2,65%. This value could be useful:

- to regulating authorities, in order to define an acceptable range of variation of standard cost for the determination of bidding bases in tendering procedures, or for the determination of compensations to be transferred to operators in cases of direct (non-tendered) concessions;

Tabella 2 – Table 2

Indicatore dei costi di struttura α_3
Indicator of fixed structure costs α_3

Classi dimensionali aziendali produzione in h x 1000 <i>Production range (h x 1000)</i>	α_3
da 50 a 100 - 50 to 100	1,25
da 100 a 250 - 100 to 250	1,15
da 250 a 400 - 250 to 400	1,05
Oltre 400 - More than 400	1,00

Tabella 3 – Table 3

Dati di base per le aziende campione, ripartizione delle produzioni in funzione della diversa tipologia dei servizi
Sample companies data: volumes of production for different service types

Azienda campione <i>Bus company</i>	Ore guida <i>Driving hours</i>	km totale <i>Total km</i>	km urb. <i>Urban km</i>	km extr. <i>Intercity km</i>	km montagna <i>Mountain km</i>	km <i>CNG/SPEC^(*)</i>
z	t	k ₁ +k ₂ +k ₃ +k ₄	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄
A1	97.908	2.670.000	260.000	2.000.000	410.000	-
A2	129.906	3.790.000	1.380.000	2.410.000	-	-
A3	216.057	7.620.000	210.000	7.410.000	-	-
A4	307.377	11.410.000	1.010.000	10.400.000	-	-
A5	347.361	10.900.000	690.000	9.210.000	1.000.000	-
A6	443.008	11.070.000	2.620.000	8.450.000	-	-
A7	451.871	15.594.000	775.000	9.369.000	3.000.000	2.450.000
A8	540.986	16.990.000	1.330.000	14.660.000	1.000.000	-
A9	543.199	17.534.471	3.532.378	12.295.573	-	1.706.520
A10	776.316	12.980.000	10.000.000	-	2.980.000	-

^(*) Servizi erogati con mezzi speciali (Alimentazione a Gas, elettrico,...).

^(*) *Services provided with special vehicles (Natural gas or electric power).*

canti e pneumatici, per le manutenzioni si considera la generalità delle casistiche, programmata, per caduta e per sinistro, per la guida si tiene conto della diversa onerosità dei turni del servizio urbano in rapporto al servizio extraurbano conseguenti alle diversità organizzative delle tipologie di servizio. I valori sono stati calcolati sulla scorta di informazioni tecnico-economiche di settore.

Analoghe considerazioni si possono fare sui fattori legati alla logistica ed all'incidenza di alcuni costi di struttura in funzione di diversi assetti produttivi. Si tratta di una prima schematizzazione che potrà essere affinata utilizzando analisi più ampie del sistema di TPL, a scala regionale o nazionale.

Il parametro α_i descrive l'incidenza sui costi dei fattori strutturali f_j , sulla base del peso p relativo della voce di costo sul bilancio aziendale (si veda l'esempio in nota⁽²⁾).

⁽²⁾ Ad esempio, se consideriamo la voce "ammortamenti" dalla Tabella 1 il servizio urbano ha un costo del 4,2% superiore al servizio extraurbano, infatti $f \times p \times 100 = 16,2$ con f_1 ammort= 1,35 e p ammort =12%. Utilizzando i valori parametrici delle Tabelle 1 e 2, nonché la dimensione delle aziende campione riportata in Tabella 3, si calcolano i valori dei moltiplicatori α . Ad esempio, facendo riferimento all'azienda A1:

$\alpha_{1.1} = (260.000 \times 16,2 + 2.000.000 \times 12 + 410.000 \times 12) / 2.670.000 = 12,41$
e così per gli altri valori di α_{ij} in Tabella 4.

Il passaggio dai valori di α_{ij} ai valori di α_i utilizzando i dati relativi all'azienda A1 si ottiene con il seguente calcolo:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \\ &= 1 + (\alpha_{1.1} + \alpha_{1.2} + \alpha_{1.3} + \alpha_{1.4}) / \sum p_i = \\ &= 1 + (12,34 + 11,02 + 6,15 + 41,81) / 68 = 1,034, \\ \alpha_2 &= \alpha_{2.1} \times \alpha_{2.2} = 1,00 \times 1,00 = 1; \\ \alpha_3 &= 1,25.\end{aligned}$$

– to operators, in order to detect possible internal inefficiencies or to identify possible productivity enhancements.

In cases where reference to average cost per kilometer (C_{km}) is required, the latter can be derived from the values of average cost per hour (C_h) using an estimate of commercial speed (V_c), through the following expression:

$$C_{km} = C_h / V_c$$

Making use of the data in Table 5 and converting the calculated average cost from €/h to €/km, we can compare the results obtained applying the proposed methodology to those obtained by the studies of "La Sapienza" University of Rome, for eight of the ten sample companies [17].

It should be noted that, unlike the proposed model, the method of "La Sapienza" University considers return on the invested capital as well. In the proposed model such return can be taken into account multiplying cost by a parameter γ variable between 5% and 10%. In the ASSTRA [10] and ANAV [12] studies the upper limit of this range has been assumed, but generally the determination of the parameter in question should be a responsibility of the national or regional regulating authority. The values of Table 6 are illustrated graphically in Fig. 4, showing that the results obtained from the two models are coherent, provided parameter γ is taken into account.

In order to test whether statistically significant differences exist between the three sets of average costs shown in Fig. 4, a t-test for paired samples has been performed for each possible coupling of the three datasets. Two-tail P-values obtained from these tests are shown in Table 7.

Tabella 4 – Table 4

Calcolo dell'indicatore strutturale per le aziende campione
Calculation of the structural parameter for the sample companies

Azienda campione Bus company	$\alpha_{1.1}$	$\alpha_{1.2}$	$\alpha_{1.3}$	$\alpha_{1.4}$	α_1	$\alpha_{2.1}$	$\alpha_{2.2}$	α_2	α_3	$\alpha = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3$
A1	12,41	11,02	6,15	41,81	1,034	1,000	1,000	1,000	1,250	1,292
A2	13,53	11,82	6,22	41,27	1,048	1,000	1,000	1,000	1,150	1,206
A3	12,12	10,14	6,02	41,94	1,022	1,243	1,097	1,364	1,150	1,603
A4	12,37	10,44	6,05	41,82	1,027	1,228	1,091	1,340	1,050	1,445
A5	12,27	10,64	6,09	41,87	1,029	1,234	1,094	1,350	1,050	1,458
A6	12,99	11,18	6,14	41,53	1,038	1,191	1,076	1,282	1,000	1,331
A7	13,15	10,92	6,43	41,59	1,041	1,277	1,079	1,378	1,000	1,434
A8	12,33	10,60	6,08	41,84	1,029	1,230	1,092	1,344	1,000	1,382
A9	13,43	11,01	6,30	41,40	1,041	1,224	1,070	1,310	1,000	1,364
A10	15,24	14,66	6,60	40,46	1,090	1,057	1,023	1,082	1,000	1,178

Utilizzando i parametri riportati nelle Tabelle 1, 2 e 3 per le aziende assunte come campione del presente studio e calcolando per ognuna il valore di α (Tabella 4), è possibile calcolare i costi applicando direttamente la funzione $C = f(t)$ descritta in precedenza. La calibrazione del parametro h che compare nella funzione di costo è stata eseguita utilizzando la tecnica statistica dei minimi quadrati: si è determinato il

Comparing the P-values with the critical threshold usually adopted in statistical analyses (0,05), we observe that the null hypothesis (sample means of the differences equal to zero) cannot be rejected in any of the three tests. Thus, we conclude that both models replicate satisfactorily the values of average cost observed for the sample companies.

Tabella 5 – Table 5

Confronto tra costo calcolato e costo effettivo
Comparison between calculated and actual costs

Azienda campione Bus company	Produzione ore guida [h] Production (driving hours)	α	Costo calcolato Calculated cost [€] ^(*)	Costo effettivo Actual cost [€]	Costo medio calcolato Calculated average cost [€/h]	Costo medio effettivo Actual average cost [€/h]	Scarto % % differ.	Scarto % (val ass) % differ. (abs. value)
	A	B	C	D	E = C/A	F = D/A	G = (E-F)/F	H = ABS(G)
A1	97.908	1,292	8.154.402	8.171.542	83,29	83,46	-0,21%	0,21%
A2	129.906	1,206	9.814.783	10.108.566	75,55	77,81	-2,91%	2,91%
A3	216.057	1,603	21.630.461	22.098.000	100,11	102,28	-2,12%	2,12%
A4	307.377	1,445	28.508.530	30.921.100	92,75	100,60	-7,80%	7,80%
A5	347.361	1,458	32.992.957	32.373.000	94,98	93,20	1,92%	1,92%
A6	443.008	1,331	39.818.671	39.852.000	89,88	89,96	-0,08%	0,08%
A7	451.871	1,434	43.916.293	43.382.508	97,19	96,01	1,23%	1,23%
A8	540.986	1,382	52.328.223	49.271.000	96,73	91,08	6,20%	6,20%
A9	543.199	1,364	51.891.067	51.821.701	95,53	95,40	0,13%	0,13%
A10	776.316	1,178	69.159.703	66.548.460	89,09	85,72	3,92%	3,92%
Media Average					91,51	91,55	0,03%	2,65%

^(*) Il calcolo di C è eseguito con la funzione esponenziale proposta con $h=0,18$, $t_u=50.000$ h ed $F= 690.000$ €.

^(*) Values in column C are computed with the proposed function using $h=0,18$, $t_u=50.000$ hours and $F= 690.000$ €.

valore di h che rende minima la somma degli scarti quadratici tra i valori del costo unitario (orario) calcolato con il modello proposto e i corrispondenti valori effettivi del costo stesso, calcolati in base ai dati forniti dalle dieci aziende campione. Ne è risultato un valore di h pari a 0,177743 (arrotondato a 0,18 ai fini dei calcoli successivi). Utilizzando tale valore si sono ottenuti i risultati presentati in Tabella 5 e nelle Figg. 1 e 2.

In Fig. 3 viene illustrato l'andamento della curva del costo medio, derivante dalla funzione proposta, al variare di α tra 1,00 e 1,60, con $h=0,18$. Si rileva che, indipendentemente dal valore di α , la curva del costo medio presenta un minimo per un tempo di produzione di circa 150 kh, che, per una velocità commerciale di 30 km/h, corrisponde ad una produzione di 4.500.000 vetture-km. Da questi risultati si può quindi concludere che il valore del parametro α non influisce in misura significativa sulla quantità di servizio ottimale in termini di costo unitario di produzione.

Dall'esame dei valori di costo orario (Tabella 5) si rileva uno scarto medio assoluto pari al 2,65% tra valori calcolati e valori effettivi forniti dalle aziende, con una punta del 7,80 % per l'azienda A4.

La variazione percentuale media può essere considerata utile:

- per i Regolatori, al fine di definire un campo di variazione accettabile nell'applicazione del costo standard per la determinazione delle basi d'asta o per la quantificazione del corrispettivo da riconoscere ai gestori in caso di affidamenti diretti. In particolare nella fase di prima applicazione dei costi standard (costo medio minimo di lungo periodo) può contribuire ad evitare situazioni di difficoltà aziendale in termini di flussi finanziari;
- per i gestori, per rilevare possibili inefficienze interne o possibili miglioramenti di efficienza e produttività per recuperare i differenziali emergenti.

Infine, qualora si rendesse necessario utilizzare il riferimento al costo medio in rapporto ai chilometri (C_{km}), lo stesso può essere ricavato dai valori sopra riportati e dalla velocità commerciale (V_c) secondo la seguente relazione:

$$C_{km} = C_h / V_c$$

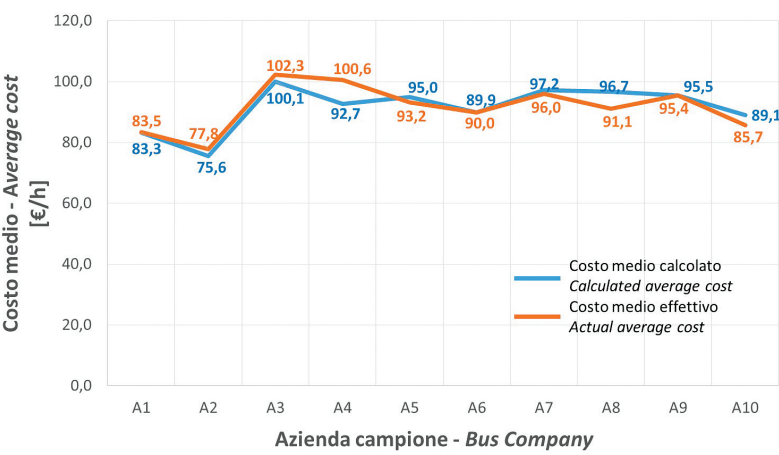


Fig. 1 - Confronto tra costo medio calcolato ed effettivo.
Fig. 1 - Comparison between calculated and actual average costs.

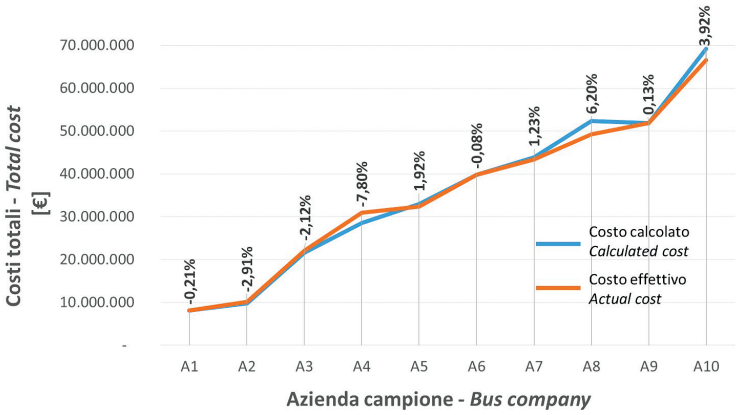


Fig. 2 - Confronto tra costo totale calcolato ed effettivo.
Fig. 2 - Comparison between calculated and actual total costs.

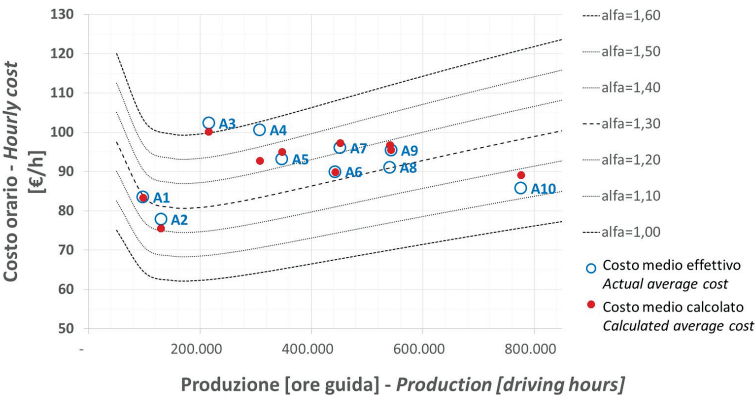


Fig. 3 - Calcolo del costo orario in funzione della produzione (ore guida) e della tipologia aziendale (parametro alfa). (Fonte: stime degli autori su dati aziende campione).
Fig. 3 - Hourly cost vs. production (driving hours) for various company types (parameter alfa) estimated by authors on sample companies' data.

Tabella 6 – Table 6

Confronto tra costo calcolato con la metodologia proposta, costo effettivo e costo calcolato con metodo “La Sapienza”
Comparison between average cost calculated with the proposed methodology, actual average cost and average cost calculated with “La Sapienza” method

Azienda campione <i>Bus company</i>	Vc (km/h)	Costo calcolato <i>Calculated cost</i> [€/h]	Costo calcolato <i>Calculated cost</i> [€/km]	Costo effettivo <i>Actual cost</i> [€/km]	Costo con metodo "La Sapienza" <i>Cost according to</i> "La Sapienza" [€/km]	Differenza % costo calcolato vs "La Sapienza" % difference calculated cost vs. "La Sapienza"	Differenza % costo calcolato vs effettivo % difference calculated cost vs. actual cost
	a	b	c = b/a	d	e	f = (c-e)/e	g = (c-d)/d
A1	27,27	83,29	3,05	3,06	3,27	-6,6%	-0,2%
A2	29,17	75,55	2,59	2,67	3,25	-20,3%	-2,9%
A3	35,27	100,11	2,84	2,90	2,74	3,6%	-2,1%
A4	37,19	92,75	2,49	2,71	-	-	-7,8%
A5	31,39	94,98	3,03	2,97	3,33	-9,1%	1,9%
A6	24,99	89,88	3,60	3,60	3,53	1,9%	-0,1%
A7	34,29	97,19	2,83	2,80	3,32	-14,6%	1,2%
A8	31,41	96,73	3,08	2,90	3,33	-7,5%	6,2%
A9	32,62	95,53	2,93	2,92	-	-	0,1%
A10	16,72	89,09	5,33	5,13	4,81	10,8%	3,9%

Utilizzando i dati di Tabella 5 e trasformando il costo medio calcolato da €/h in €/km, si può fare un confronto (Tabella 6) tra i risultati ottenuti applicando la metodologia proposta e quelli ottenuti negli studi dell'Università La Sapienza di Roma con riferimento ad otto delle dieci aziende campione [17].

Si osserva che il modello elaborato dall'Università La Sapienza, a differenza del modello qui proposto, considera anche la remunerazione del capitale. Per il modello proposto la remunerazione può essere calcolata “a valle” moltiplicando il costo per un parametro γ , il cui valore può oscillare tra il 5% ed il 10%. Negli studi ASSTRA [10] ed ANAV [12] è stato considerato il valore massimo, ma tale quantificazione è di pertinenza del Regolatore nazionale o regionale.

I valori di Tabella 6 sono rappresentati graficamente in Fig. 4, ed evidenziano una sostanziale coerenza dei risultati ottenuti con i due modelli, se si tiene conto del moltiplicatore di remunerazione γ .

Al fine di verificare se le differenze tra i tre set di valori di costo unitario (costi effettivi, costi calcolati con il modello proposto nel presente lavoro e costi calcolati con il metodo “La Sapienza”) sono statisticamente significative, si è proceduto ad effettuare, per ciascuna delle tre possibili coppie di set di dati, un *t-test* (per campioni accoppiati) sulle medie delle differenze. La Tabella 7 riporta i valori della significatività *P* (test a due code) ottenuti. Confrontando i valori di *P* con la soglia critica comunemente utilizzata nelle analisi statistiche (0,05), si osserva che l'ipotesi nulla (uguaglianza a zero delle medie campionarie delle differenze) non può essere rifiutata per nessuno dei tre confronti effettuati. Si può quindi concludere che entrambi i modelli riproducono adeguatamente i va-

2.2. Variability over time

Once standard cost has been defined for the base year, temporal variations of its value can be estimated using the proposed function, properly modified so as to incorporate a factor representing a given price index (either general, sectoral, or based on a specific set of products defined by the national or regional regulating authority). This approach has been adopted in the analyses carried out by ANAV [12] and by Friuli-Venezia Giulia Region [13].

3. Conclusions

In this paper, we have outlined and applied a simplified approach for the calculation of standard costs in the LPT sector. In particular, the proposal to consider the amount of service time (instead of the mileage of service) supplied to users as a measure of production volume, internalizes the effect of commercial speed, which can complicate the comparison between different operating environments. Structural aspects of bus companies are taken into account through a set of parameters included in the model.

Standard costs may be adopted in the LPT sector in order to:

- 1) motivate operators to pursue efficiency in the production of services;

lori osservati per il campione di aziende considerate.

2.2. Variabilità nel tempo

Definito il costo standard unitario all'anno zero, la sua variabilità nel tempo si può calcolare sulla base della funzione proposta, incorporando in essa un fattore rappresentativo della variabilità nel tempo τ dell'indice dei prezzi i (τ), generale, di settore o secondo uno specifico paniere di prodotti merceologici definiti in chiave normativa dai Regolatori nazionale o regionale.

Tale soluzione è stata adottata nelle analisi condotte da ANAV [12] e dalla Regione Friuli-Venezia Giulia [13].

3. Conclusioni

L'approccio analitico descritto nel presente lavoro persegue l'obiettivo di identificare una modalità diretta e semplificata per il calcolo dei costi standard nel settore del TPL. In particolare, la proposta di considerare come variabile di produzione il tempo di servizio erogato invece delle percorrenze chilometriche internalizza l'effetto della velocità commerciale, che rende particolarmente difficile il confronto fra diversi ambiti di esercizio. Le diverse realtà aziendali sono comparate sulla base di parametri strutturali (denominati parametri alfa), più oggettivi e meno sensibili agli aspetti di contesto ambientale.

L'utilizzo dei costi standard rappresenta l'elemento qualificante di un approccio metodologico che può favorire il delinearsi di un quadro che:

- 1) responsabilizzi i gestori a garantire una struttura dei costi efficiente sia nell'impiego del personale viaggiante che nel controllo dei costi di struttura;
- 2) garantisca un equo margine di remunerazione;
- 3) responsabilizzi gli enti territoriali nel perseguire il raggiungimento di livelli prestazionali corrispondenti anche ad una velocità commerciale standard;
- 4) consideri i ricavi da traffico ed i ricavi totali come il vero riferimento a cui condizionare i costi in un contesto di compatibilità delle risorse disponibili. In tal modo si possono creare le condizioni perché il corrispettivo sia correlato ai costi standard ed ai ricavi tariffari partendo da

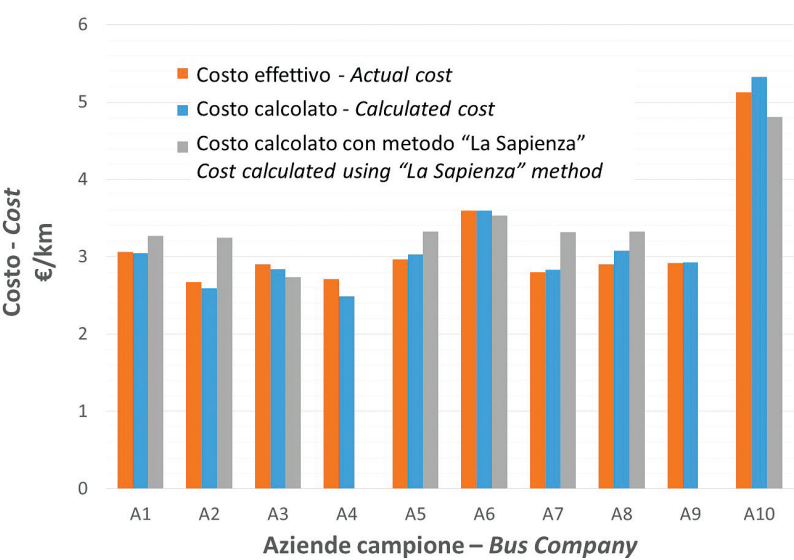


Fig. 4 - Confronto tra costo medio calcolato con la metodologia proposta, costo medio effettivo e costo medio calcolato con il metodo "La Sapienza".

Fig. 4 - Comparison between average cost calculated with the proposed methodology, actual average cost and average cost calculated with "La Sapienza" method.

Tabella 7 – Table 7

Risultati dei t-test sulle medie delle differenze tra costi unitari calcolati con i due modelli e costi unitari effettivi

Results of t-tests on the means of the differences between average costs calculated with the two models and actual average costs

Confronto tra Comparison between	Numero di osservazioni Number of observations	P-value (due code) P-value (two-tail)	Differenza statisticamente significativa? Statistically significant difference?
Modello proposto e valori effettivi Proposed model vs. actual values	10	0,782	NO
Metodo "La Sapienza" e valori effettivi "La Sapienza" method vs. actual values	8	0,149	NO
Modello proposto e metodo "La Sapienza" Proposed model vs. "La Sapienza" method	8	0,282	NO

- 2) guarantee an equitable return to operating companies;
- 3) empower local authorities in the pursuit of service performance targets corresponding to a standard commercial speed;

un'analisi realistica della domanda e non da un parametro forfettario predefinito come obiettivo generale valido per tutti gli ambiti territoriali, senza venir meno alla spinta all'efficienza ed all'economicità dei processi produttivi;

- 5) fissi i criteri di indicizzazione dei corrispettivi e delle compensazioni-sussidi in funzione della variazione dei prezzi e delle variabili di struttura tramite la velocità commerciale.

I risultati ottenuti dall'applicazione presentata in questo lavoro evidenziano una soddisfacente capacità del modello proposto di riprodurre i dati reali, delineando quindi una promettente impostazione metodologica per interessanti sviluppi ed approfondimenti successivi. Tra questi ultimi si ritiene di indicare come prioritaria la calibrazione del modello proposto su un campione più numeroso di aziende, in modo da rafforzare la rappresentatività statistica del metodo, nonché la sua estensione ad altre tipologie di servizi di TPL come, ad esempio, metropolitane e sistemi tramviari.

- 4) *create the conditions for setting compensations to operators in relation to standard costs and fare revenues based on a realistic analysis of demand;*

- 5) *establish criteria for indexing compensations and subsidies as a function of prices variations and structural variables through commercial speed.*

The results obtained from the application presented in this paper indicate a satisfactory performance of the proposed model in replicating real data, thus providing a sound starting point for further developments of the underlying methodological approach. Priority in future research should be given to the calibration of the proposed model on a larger sample of bus companies, as well as to its extension to other LPT service types such as, for example, rapid transit and tramway systems.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] DARAIO C., DIANA M., DI COSTA F., LEPORELLI C., MATTEUCCI G., NASTASI A. (2016), "Efficiency and effectiveness in the urban public transport sector: a critical review with directions for future research", *European Journal of Operational Research*, 248, 1-20.
- [2] BOITANI A., RAMELLA F., con la collaborazione di DI FOGGIA G. (2017), "Competizione e aggregazioni nel TPL", Università Cattolica del Sacro Cuore, 5 luglio 2017.
- [3] BOITANI A., CAMBINI C. (2006), "To bid or not to bid, this is the question: the Italian experience in competitive tendering for local bus services", *European Transport \ Trasporti Europei*, 33, 41-53.
- [4] CAMBINI C., FILIPPINI M. (2003), "Competitive tendering and optimal size in the regional bus transportation industry: an example from Italy", *Annals of Public and Cooperative Economics*, 74, 163-182.
- [5] CAMBINI C., PIACENZA M., VANNONI D. (2007), "Restructuring public transit systems: evidence on cost properties from medium and large-sized companies", *Review of Industrial Organization*, 31, 183-203.
- [6] AVENALI A., BOITANI A., CATALANO G., D'ALFONSO T., MATTEUCCI G. (2016), "Assessing standard costs in local public bus transport: evidence from Italy", *Transport Policy*, 52, 164-174.
- [7] AVENALI A., BOITANI A., CATALANO G., D'ALFONSO T., MATTEUCCI G. (2018), "Assessing standard costs in local public bus transport: a hybrid cost model", *Transport Policy*, 62, 48-57.
- [8] AVENALI A., CATALANO G., D'ALFONSO T., MATTEUCCI G., MANNO A. (2017), "Key-cost drivers selection in local public bus transport services through machine learning", *WIT Transactions on The Built Environment*, Vol. 176, Urban Transport XXIII, 155-166.
- [9] PETRUCCELLI U., CARLEO S. (2017), "Cost models for local road transit", *Public Transport*, 9, 527-548.
- [10] ASSTRA, "Un modello di calcolo del costo standard per il trasporto pubblico locale e regionale", Roma 2010 e 2013.
- [11] Regione Veneto, "Metodologia di calcolo del costo standard per TPL gomma", anni 1995, 2013.
- [12] ANAV (2010), "Modello per la determinazione dei costi standard dei servizi di trasporto pubblico locale su gomma", Roma 2010.
- [13] Regione Friuli-Venezia Giulia, "Metodologia di calcolo del costo standard per TPL gomma", anni 1997, 1999, 2010.
- [14] PETRUCCELLI U., FABRIZIO D. (2008), "Un modello sintetico per il dimensionamento dei servizi minimi di trasporto comunale", *Trasporti e Territorio*, 3-4, 100-110.

- [15] BOITANI A., CAMBINI C. (2004), "Le gare per i servizi di trasporto locale in Europa e in Italia: molto rumore per nulla?", *Economia e Politica Industriale*, 122, 65-69.
- [16] BOITANI A., NICOLINI M., SCARPA C. (2013), "Do competition and ownership matter? Evidence from local public transport in Europe", *Applied Economics*, 45, 1419-1434.
- [17] AVENALI A., CATALANO G., D'ALFONSO T., MATTEUCCI G. (2013-2014), "La determinazione del costo standard nei servizi di trasporto pubblico locale su autobus: aspetti metodologici e prime esperienze applicative". Roma, Università degli Studi La Sapienza.
- [18] BELLANDI M. (1995), "Economia di scala e organizzazione industriale", F. Angeli Editore, Milano.
- [19] PRATTEN C. (1988), "A survey of the economies of scale – Commission of the European Communities", Bruxelles.
- [20] SRAFFA P. (1998), "On the relations between cost and quantity produced", *Italian Economic Papers*, Vol III, Il Mulino, Bologna.
- [21] CRISALLI U., CIPRIANI E., FUSCO G. (2013), "External costs of transport systems: theory and applications", Edizioni Franco Angeli, Collana Trasporti.

CONDIZIONI DI ASSOCIAZIONE AL CIFI QUOTE SOCIALI ANNO 2018

- Soci Ordinari e Aggregati	€/anno	65,00
- Soci Ordinari e Aggregati abbonati anche a "La Tecnica Professionale"	€/anno	85,00
- Soci Ordinari e Aggregati fino a 35 anni	€/anno	35,00
- Soci Ordinari e Aggregati fino a 35 anni abbonati anche a "La Tecnica Professionale"	€/anno	55,00
- Soci Junior (studenti fino a 28 anni)	€/anno	17,00
- Soci Junior (studenti fino a 28 anni) abbonati anche a "La Tecnica Professionale"	€/anno	27,00
- Soci Collettivi	€/anno	550,00

La quota di Associazione, include l'invio gratuito della Rivista **Ingegneria Ferroviaria**.

**I Soci possono decidere di ricevere la rivista
"Ingegneria Ferroviaria" e "La Tecnica Professionale" online a pari quota annuale**

Tutti i Soci hanno diritto ad avere uno sconto del 20% sulle pubblicazioni edita dal CIFI, ad usufruire di eventuali convenzioni con Enti esterni ed a partecipare alle varie manifestazioni, convegni e conferenze organizzati dal Collegio.

Il modulo di associazione è disponibile sul sito internet www.cifi.it alla voce "ASSOCIARSI" e l'iscrizione decorre dopo il versamento della quota tramite:

- c.c.p. 31569007 intestato al CIFI – Via Giolitti, 48 – 00185 Roma;
- bonifico bancario sul c/c n. 000101180047 – Unicredit Roma, Ag. Roma Orlando – Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 – 00185 Roma - IBAN IT29 U 02008 05203 000101180047 - BIC: UNCRITM 1704;
- pagamento online, collegandosi al sito www.cifi.it;
- in contanti o tramite Carta Bancomat.

Per il personale FSI, RFI, TRENITALIA, FERSERVIZI e ITALFERR è possibile versare la quota annuale, valida solo per l'importo di € **65,00**, con trattenuta a ruolo compilando il modulo per la delega disponibile sul sito. Il versamento per l'abbonamento annuale alla rivista *La Tecnica Professionale* di € **20,00** dovrà essere effettuato sul c.c.p. 31569007 intestato al CIFI – Via Giolitti 48 – 00185 Roma.

Le associazioni, se non disdette, vengono rinnovate d'ufficio; le disdette devono pervenire entro il 30 settembre di ciascun anno.

Per ulteriori informazioni: Segreteria Generale – tel. 06/4882129 – FS 26825 – E mail: areasoci@cifi.it