



Munich Personal RePEc Archive

**TECHNICAL AND ECONOMIC
EFFICIENCY OF LOCAL PUBLIC
SERVICES: THE CASES OF THE
MUNICIPALS PHARMACIES AND OF
THE INTEGRATED WASTE
SERVICES**

Bracalente, Bruno and Polinori, Paolo

Department of Economics, Finance and Statistics, University
of Perugia, Department of Economics, Finance and
Statistics, University of Perugia

18. October 2010

Online at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/34455/>

MPRA Paper No. 34455, posted 02. November 2011 / 11:29

L'EFFICIENZA TECNICO-ECONOMICA DEI SERVIZI PUBBLICI LOCALI: I CASI DELLE FARMACIE COMUNALI E DEI SERVIZI DI IGIENE URBANA*

di Bruno Bracalente e Paolo Polinori

1 Introduzione

Nell'attuale contesto economico italiano, caratterizzato dalla necessità di una forte razionalizzazione della spesa pubblica, il tema dell'efficienza dei servizi pubblici è divenuto uno dei più discussi a tutti i livelli di governo. Nell'ambito delle riforme dei servizi pubblici locali questo tema si intreccia peraltro con quello relativo alla necessità di una maggiore apertura a logiche competitive¹, assumendo, talvolta, quasi una dimensione dogmatica. La misurazione dell'efficienza raggiunta nell'ambito dell'erogazione di qualsiasi tipologia di servizio è tuttavia questione complessa. Non bisogna dimenticare, infatti, che le attività del settore pubblico si svolgono in condizioni di contesto – politiche, istituzionali, territoriali – molto eterogenee e tali da condizionare in modo rilevante, almeno potenzialmente, le performance raggiunte nell'erogazione dei servizi. Diversi studi empirici confermano, in particolare, che le cosiddette variabili ambientali giocano un ruolo rilevante nella spiegazione dei livelli di efficienza conseguiti nella erogazione dei servizi pubblici locali.

Nonostante tale oggettiva difficoltà, e la conseguente complessità di questo tipo di analisi, anche nel nostro Paese si sono sviluppate significative esperienze di misurazione della efficienza, tecnica ed economica, di tali servizi (Gazzei et al., 1997; Benvenuti e Gennari, 2008; Bigerna e Polinori, 2010; Boetti et al., 2010) così come, più diffusamente e da più tempo, esse si sono affermate in altri paesi². Tali esperienze si fondano prevalentemente sull'impiego di metodologie non parametriche, come la Data Envelopment Analysis (DEA), o parametriche, come le frontiere di produzione, particolarmente adatte a misurare l'efficienza delle unità decisionali (DMUs³), specialmente di quelle attive nei servizi

¹ Per una recente rassegna di analisi comparative di efficienza per diversi servizi pubblici in relazione al grado di attuazione delle riforme volte alla liberalizzazione e apertura al mercato si veda Bripi et al. (2011).

² Per una rassegna di alcune esperienze di analisi della efficienza a livello internazionale si vedano i paragrafi 3.1.1 e 3.2.1.

³ L'acronimo DMU sta per *Decision Making Unit*, che nel seguito sarà usato anche come sinonimo di unità.

pubblici locali. E' noto peraltro che la misura dell'efficienza che deriva dalla applicazione di queste metodologie dipende, oltre che dalle condizioni di contesto, anche dal campione di unità analizzate, e in particolare dalle DMUs prese a riferimento – *best practices* – il che implica una natura non assoluta ma relativa delle misure di efficienza che se ne ricavano.

In questo studio vengono illustrate le metodologie e i risultati delle due esperienze di analisi della efficienza tecnico-economica realizzate nell'ambito degli studi promossi dall'Osservatorio sui servizi pubblici locali del Comune di Perugia. I due studi riguardano le farmacie comunali e i servizi di igiene urbana. Nel primo caso di studio, poiché le farmacie comunali svolgono, oltre alla attività commerciale, anche alcune funzioni di carattere sociale (“angolo della salute”, servizio CUP, ecc.), l'analisi viene articolata calcolando i livelli relativi di efficienza secondo diversi modelli – un modello “commerciale”, un modello “sociale” e modello “misto” – senza tuttavia inserire nell'analisi le variabili di contesto, le più significative delle quali sono di difficile rilevazione. Nel secondo caso di studio (servizi di igiene urbana) l'analisi della efficienza tecnico-economica ha messo a confronto il Comune di Perugia con altri relativamente simili dell'Italia centrale, in questo caso attraverso un approccio multi-stadio al fine di inserire nel *framework* di analisi anche le variabili di contesto che possono condizionare l'efficienza dei servizi.

Il seguito del lavoro è articolato nel modo seguente. Nel paragrafo 2 vengono richiamati i principali aspetti teorici e metodologici, con particolare riferimento alle metodologie non parametriche e all'introduzione delle variabili di contesto che condizionano l'efficienza tecnico-economica. Nel paragrafo 3 vengono presentati i due casi di studio. Dalle due esperienze di analisi della efficienza, nel paragrafo 4 vengono tratte alcune considerazioni conclusive. In appendice sono riportati alcuni approfondimenti metodologici.

2 La teoria e i metodi

Un modo per valutare in termini di efficienza una qualsiasi DMU produttrice di beni o servizi è quello di analizzarne la capacità di utilizzare in modo efficiente le risorse economiche a sua disposizione. Proiettato nell'ambito del settore pubblico, il concetto di efficienza è allora inteso principalmente come ammontare minimo di risorse necessario per raggiungere un livello prestabilito di servizio erogato, livello che sovente è connesso alla dimensione universale del servizio stesso. Il perseguimento dell'efficienza si traduce, quindi, nella minimizzazione degli eventuali

sprechi e/o nella razionalizzazione delle procedure presenti nella macchina pubblica.

Sebbene l'efficienza non deve essere intesa come obiettivo esclusivo, e neppure come necessariamente prioritario nell'ambito dei molteplici obiettivi della pubblica amministrazione⁴, è indubbia l'importanza che una maggiore efficienza assume per il miglioramento del bilancio delle diverse amministrazioni e per attenuare i problemi della finanza pubblica del Paese. La valutazione delle politiche pubbliche e delle attività della pubblica amministrazione sempre più frequentemente includono, di conseguenza, misure di efficienza delle stesse. Nel prosieguo del paragrafo vengono descritte le tecniche non parametriche di misurazione della efficienza in genere impiegate nella valutazione dei servizi pubblici.

2.1 Misure di efficienza non parametrica

L'efficienza può essere misurata sia nello spazio dei fattori produttivi che in quello dei prodotti. Nel primo caso, assumendo come dati il livello di produzione e la tecnologia, l'efficienza produttiva, *input efficiency*, è data dalla corrispondenza tra la quantità di input effettivamente utilizzata e la quantità minima potenzialmente utilizzabile. Nello spazio dei prodotti, data la tecnologia ed il livello di impiego degli input, l'efficienza produttiva, *output efficiency*, è data invece dal rapporto tra l'output effettivamente conseguito e quello massimo potenzialmente producibile. In ambo i casi l'obiettivo dell'analisi è evidenziare la eventuale discrepanza tra comportamenti effettivi e comportamenti potenzialmente ottimi. Le difficoltà insite in questo tipo di analisi hanno una duplice natura, teorica ed empirica. Infatti, mentre in chiave teorica il nodo è rappresentato dalla spiegazione della suddetta mancata coincidenza, riconducibile principalmente alla presenza di inefficienza tecnica e allocativa, dal lato empirico la difficoltà è rappresentata dalla definizione dei livelli potenziali di riferimento. Di conseguenza, in termini di metodo, la valutazione dell'efficienza produttiva passa almeno attraverso due fasi, che attingono i rispettivi riferimenti, da un lato, dalla teoria economica della produzione e dei costi e, dall'altro, dalle tecniche econometriche e/o di programmazione matematica impiegate nell'analisi empirica⁵.

⁴ Per il settore pubblico altri aspetti particolarmente rilevanti sono l'efficacia e l'equità, senza considerare il ruolo della percezione che del servizio ha l'utenza (si veda tra gli altri: Bradford et al. 1969; Dunn, 2004).

⁵ In questo capitolo si fa riferimento solo ai metodi non parametrici che rientrano nel novero delle tecniche di programmazione matematica.

In termini operativi, l'analisi dell'efficienza assume due dimensioni prevalenti: quella tecnica e quella allocativa. Nel primo caso, data la tecnologia di produzione, è detto efficiente l'impiego di una combinazione di fattori produttivi tale che solo aumentando la quantità di uno a parità degli altri sarebbe possibile aumentare il volume di produzione. Nella seconda dimensione, dato un prefissato livello di produzione e la tecnica produttiva, è detta efficiente quella combinazione di fattori che consente di produrre rendendo minimi i costi sostenuti o, il che è simmetricamente identico, di ottenere la massima produzione possibile una volta prefissata la somma da spendere, ovvero una volta noto il vincolo di bilancio.

2.1.1 Efficienza tecnica

Una DMU è tecnicamente efficiente se, dati il livello di produzione e la tecnologia, la quantità degli input utilizzati non è maggiore di quella minima potenzialmente utilizzabile per ottenere lo stesso output. La figura 1 consente di fornire una adeguata esemplificazione nel caso di due input e un output. Siano note le quantità di fattori (x_1, x_2) utilizzate da un insieme di unità, rappresentate nello spazio dei fattori con le lettere A – G, per produrre una unità di prodotto.

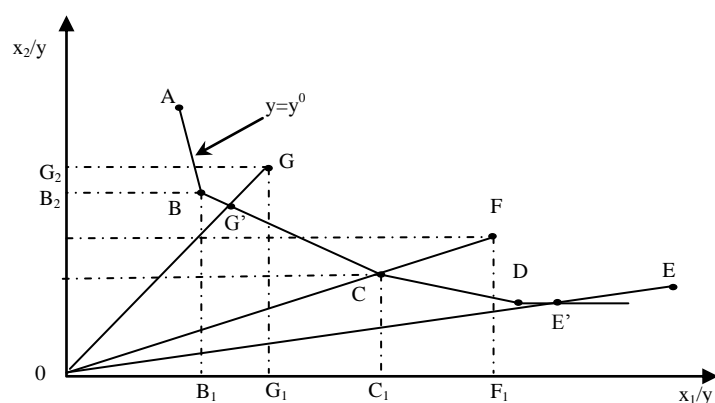


Figura 1 – Efficienza tecnica

I segmenti che congiungono tutte le combinazioni di input efficienti danno luogo all'isoquante efficiente (y^0) per cui tutte le unità che si collocano lungo la spezzata ABCD sono efficienti. L'unità F è inefficiente dato che utilizza una maggiore quantità di entrambi gli input rispetto a C. Il segmento CF che misura la distanza tra la combinazione degli input

delle unità C e F viene chiamato *radial input slack* e indica di quanto la DMU F sta eccedendo nell'utilizzo di entrambi gli input e, di conseguenza, di quanto gli input dovrebbero essere ridotti affinché la DMU annulli l'inefficienza (la proiezione radiale di F è infatti efficiente). L'unità E è inefficiente poiché rispetto a D impiega una maggior quantità di entrambi i fattori, ma la sua proiezione radiale (E') è ancora inefficiente poiché rispetto a D utilizza x_1 in eccesso. Il segmento DE' è chiamato "*non radial input slack*", e costituisce anch'esso una misura di eccesso di utilizzo dei fattori produttivi.

La valutazione dei livelli di efficienza condotta con approcci *input* ed *output-oriented* conducono ad esiti diversi anche in funzione delle assunzioni concernenti le economie di scala, senza peraltro che vi siano, come si vedrà più avanti, elementi di inconsistenza (Knox-Lovell, 1993). Le diversità dipendono (i) dalle differenti modalità con cui sono concepite le relazioni di scala e (ii) dalle opposte prospettive da cui ci si confronta con la frontiera di produzione. L'efficienza di scala (Coelli et al. 2003) è una misura della capacità di una DMU di ottimizzare la dimensione delle sue attività, evitando che una dimensione ridotta o eccessiva rispetto a quella ottimale la penalizzi, determinando un processo produttivo inefficiente. Imperfezioni del mercato, vincoli finanziari, limitazioni ambientali, imposizioni normative possono far sì che una DMU non operi alla scala ottimale. L'assunzione di scala ottimale è implicita quando si ipotizzano rendimenti di scala costanti (RSC) e quindi l'unica fonte di inefficienza che residua è quella tecnica e allocativa. La figura 2 illustra tali concetti in uno schema con un solo input e un solo output.

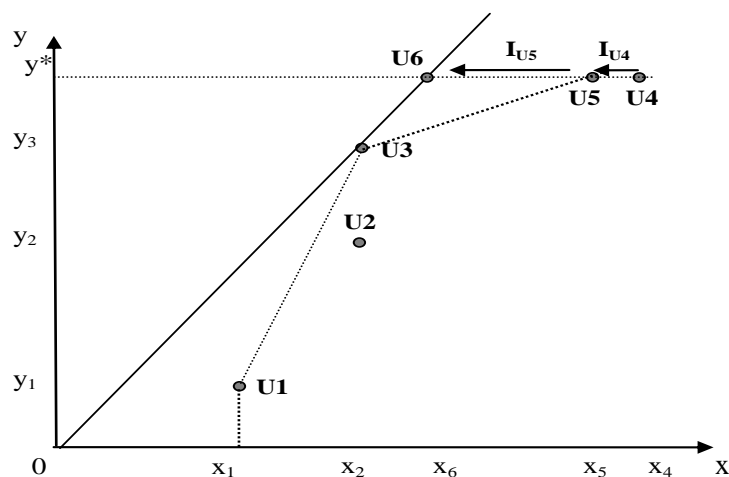


Figura 2- Efficienza di scala (input-oriented)

Delle sei DMU riportate nella figura 2 solo la U3 e la U6 operano alla scala ottimale. Se ipotizziamo l'esistenza di RSC e consideriamo l'unità U4 questa è caratterizzata da una inefficienza tecnica (*input-oriented*) pari al segmento $(I_{U5} + I_{U4})$ mentre la stessa, sotto l'ipotesi di rendimenti di scala variabili (RSV) ha una inefficienza pari a (I_{U4}) . La differenza tra questi due livelli di inefficienza (I_{U4}) rappresenta proprio l'inefficienza di scala di U5 rispetto a U6. Seguendo Coelli et al. (1998, p. 151), possiamo dare una rappresentazione relativa dei concetti di: *i*) efficienza tecnica RSC = x_6/x_4 *ii*) efficienza tecnica RSV = x_5/x_4 ; *iii*) efficienza di scala (ES) = x_6/x_5 . Essa consente di decomporre l'efficienza tecnica misurata sotto l'ipotesi di RSC in efficienza tecnica pura ed efficienza di scala e di dar conto del significato economico della misura. L'efficienza di scala può essere infatti approssimativamente interpretata come il rapporto tra il prodotto medio di U5 e quello di U6 che opera alla scala tecnica ottimale.

In una prospettiva *output-oriented*, per contro, il concetto di efficienza si esprime in termini di espansione del livello dell'output data la dotazione di risorse di una data DMU. La figura 3 illustra questa relazione assumendo tre unità che producono due output y_1 e y_2 .

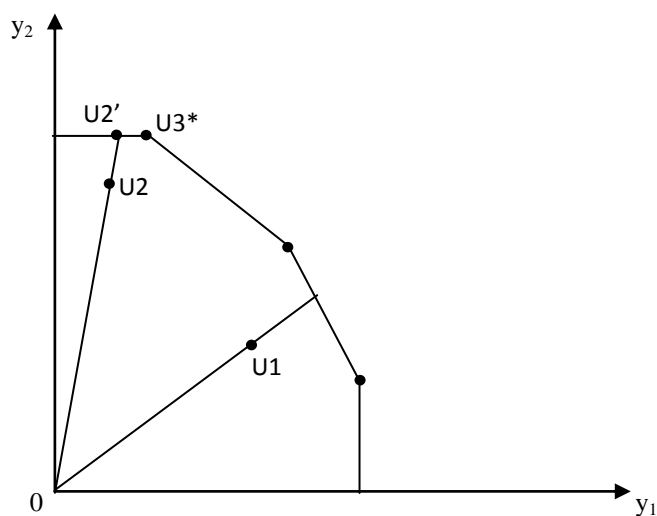


Figura 3 - Efficienza tecnica output-oriented

Le unità U2 ed U1 sono inefficienti poiché, date le dotazioni di fattori, si collocano al disotto della frontiera, mentre l'unità U3 risulta tecnicamente efficiente. Si segnala fin da ora che nelle applicazioni relative alla Azienda Speciale Farmacie si utilizzerà una procedura atta ad

identificare il grado di efficienza tecnica proprio in un contesto *output-oriented*.

2.1.2 Efficienza di costo

Quando l'analisi viene estesa alla dimensione economica il concetto di efficienza si fa più articolato, poiché all'efficienza tecnica si affianca quella allocativa che assume esplicitamente l'introduzione di un obiettivo comportamentale quale la minimizzazione dei costi produttivi. L'adozione di una frontiera di costo si pone come estensione della misura dell'efficienza tecnica *input-oriented*, rappresentando quest'ultima una condizione necessaria ma non sufficiente per il perseguimento della minimizzazione dei costi (Kumbhakar e Knox Lovell, 2000, p. 51). Infatti, in un'ottica *input-oriented* una unità è considerata efficiente se per ottenere un dato output sostiene costi minimi. Si ha efficienza allocativa quando, dato il livello di produzione e la tecnologia, gli input vengono combinati in modo da minimizzare il costo di produzione oppure, dato il livello dei costi, in modo da massimizzare l'output. Questo tipo di efficienza riflette l'abilità nell'utilizzare un'ottima combinazione degli input dati i prezzi.

Con riferimento alla figura 4 si consideri una unità che produce un solo output y dati due input x_1 e x_2 sotto l'assunzione di rendimenti di scala costanti. L'isoquante indica le combinazioni di input che producono un output unitario in modo efficiente, mentre la sua inclinazione misura il saggio marginale di sostituzione tecnica tra i fattori produttivi, ossia il tasso al quale un fattore può essere sostituito con l'altro a parità di output. Il segmento C è un isocosto e indica le combinazioni dei fattori produttivi che determinano uno stesso livello di spesa. La pendenza dell'isocosto è pari al rapporto tra i prezzi $|p_1/p_2|$ dei fattori. Un'unità pienamente efficiente si troverà a produrre lungo l'isoquante unitario y^0 e precisamente nel punto C, caratterizzato dall'uguaglianza tra l'inclinazione della curva di isoquante e quella di isocosto nel rispetto dell'eguaglianza marginale tra saggio marginale di sostituzione e prezzo relativo dei fattori. Se l'unità operasse in una situazione di inefficienza sia tecnica che allocativa si troverebbe nel punto A (il quale corrisponde ad una combinazione non ottimale di input per produrre l'unità di output). Se invece l'unità fosse caratterizzata solamente da inefficienza allocativa si troverebbe rappresentata da un punto come il punto B, che si trova sull'isoquante dell'efficienza tecnica ma non anche su quello di costo minimo. Nella letteratura relativa alla valutazione dell'efficienza nel settore pubblico in genere la natura dei dati disponibili non consente tuttavia di isolare in modo adeguato il vettore dei prezzi dei fattori produttivi, scorporandoli dalle relative quantità utilizzate. Di conseguenza

si utilizza come variabile di input il costo aggregato associato alla erogazione dei servizi.

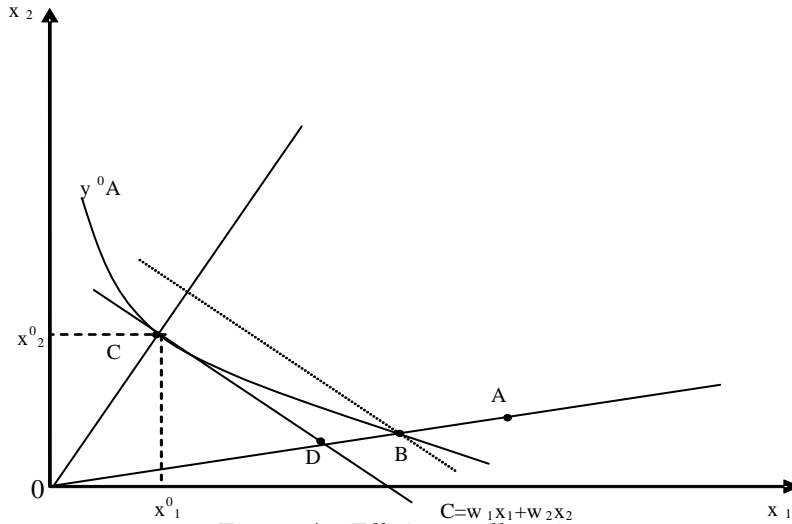


Figura 4 – Efficienza allocativa

Questo metodo, largamente utilizzato, prende il nome di *overall cost efficiency* (Färe et al, 1994; De Borger e Kerstens, 1996; Balaguer-Coll et al, 2007; Boetti et al, 2010) e consente di valutare il grado di inefficienza in termini di costo totale. La rappresentazione grafica è fornita nella figura 5 in cui si riporta un esempio di struttura di dati in cui un output aggregato (Y) è prodotto sostenendo un costo complessivo C.

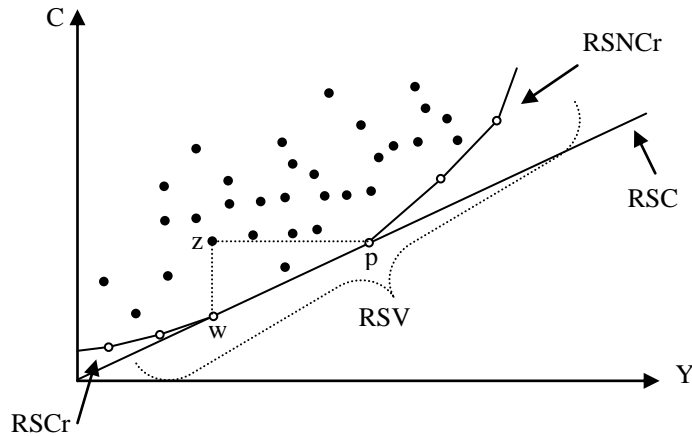


Figura 5 – Overall cost efficiency

L'ipotesi sottostante è che non sia possibile conoscere i prezzi degli input e che tutte le amministrazioni operino con i medesimi prezzi nell'acquisto dei fattori, il che non appare come una rilevante forzatura, data la tendenziale omogeneità dei costi dei fattori, lavoro e capitale, per la pubblica amministrazione. La tecnologia illustrata in figura 5 presenta le varie possibilità di rendimento sotto l'ipotesi di convessità della funzione di costo: RSC rendimenti di scala costanti; RSNCr rendimenti di scala non crescenti; RSCr rendimenti di scala crescenti; RSV rendimenti di scala variabili. Le unità rappresentate con i cerchi vuoti, collocandosi lungo la frontiera, sono quelle pienamente efficienti, mentre le rimanenti presentano diversi gradi di inefficienza. L'unità z, ad esempio produce lo stesso output dell'unità w con un eccesso di costo totale pari alla distanza zw mentre rispetto all'unità p sostiene lo stesso costo producendo un ammontare di output inferiore pari alla distanza zp.

2.2 Analisi dell'efficienza attraverso la DEA e il contesto operativo

2.2.1 Analisi della efficienza tecnica

La valutazione dell'efficienza richiede la specificazione di tutte le variabili afferenti, direttamente ed indirettamente, alle funzioni di produzione, di costo, di ricavo o di profitto. In altri termini, facendo riferimento ad un generico processo produttivo e focalizzandosi sulla funzione di produzione, è necessario esplicitare sia le variabili che influenzano direttamente il livello di produzione, attraverso la tecnologia, che le variabili di contesto che influenzano il processo produttivo in modo indiretto, come elementi ambientali, istituzionali, sociali ecc. La esplicitazione delle variabili direttamente coinvolte nel processo produttivo rende possibile sia calcolare il grado di inefficienza delle singole unità che definire una graduatoria di tutte le unità analizzate. Per contro, la specificazione delle variabili indirettamente coinvolte nel processo produttivo fornisce la possibilità di analizzare le cause che principalmente concorrono a determinare i diversi livelli di inefficienza. In termini operativi la DEA⁶ consente di misurare, nello spazio degli input (output), la massima contrazione (espansione) radiale compatibile con l'insieme delle possibilità produttive sotto le varie ipotesi di rendimenti di scala.

In un contesto *output-oriented*, che ripropone sostanzialmente il modello di Farrell (1957), la specificazione relativa alla superficie di inviluppo, relativamente più parsimoniosa in termini di numerosità dei vincoli, è rappresentata da un sistema di equazioni in cui si esplicita la

⁶ Per la trattazione formale del metodo si rimanda alla sezione A.1 dell'appendice.

funzione obiettivo, che è la massimizzazione del livello di output, compatibilmente con il vincoli della dotazione degli input, della struttura tecnologica del processo produttivo e della non negatività delle grandezze fisiche rilevanti per il processo produttivo medesimo. Attraverso questo approccio si genera un piano convesso che interpola i punti efficienti e pone gli altri ad una certa distanza dalla superficie di inviluppo. Questa distanza è indicatrice del grado di inefficienza mentre il vincolo di convessità consente di calcolare i punteggi sotto l'ipotesi di rendimenti di scala variabili. In altre parole l'efficienza computata rappresenta la produttività media, rapporto tra output ed input aggregati, opportunamente ponderata. Fissato il valore dell'input composito (*output-oriented*) la procedura consiste, per ciascuna unità, nell'individuazione dei pesi che massimizzano tale rapporto (minimizzazione del denominatore). L'esito finale è l'individuazione di n scalari compresi tra 0 e 1, estremi che rappresentano, rispettivamente, la minima e massima efficienza nel senso di Farrell. Le misure che si ottengono possono essere incluse nell'intervallo $[0, 1]$ o nell'intervallo $[1, +\infty]$ a seconda che si adotti la misura di Farrell (1957) o la distanza di Sheppard (1953) che ne rappresenta il reciproco.

2.2.2 Il contesto operativo

Come accennato, l'importanza dell'ambiente esterno⁷ è ampiamente riconosciuta in letteratura. Coelli *et al.* (1998, p. 166) descrivono con il termine ambiente l'insieme dei fattori che possono influenzare la performance di una unità produttiva e che non appartengono alla categoria dei fattori produttivi e non sono sotto il controllo del management. Cooper *et al.* (2007, pp. 63-64) adottano il termine *non discretionary inputs*, mettendo in evidenza come il processo produttivo coinvolga fattori non governabili dall'impresa. In generale le variabili prese in considerazione⁸ sono riconducibili (Coelli *et al.*, 1998, p. 166) alle differenze delle forme proprietarie dell'impresa, a differenze di ubicazione, alla diversità di assetti istituzionali, incluse le diverse forme di regolazione pubblica. Con riferimento alla valutazione dell'efficienza nel settore pubblico, le variabili non discrezionali più frequentemente prese in considerazione riguardano il

⁷ Fried *et al.* (1999, pp. 249-250) introducono il concetto di *external operating environment*.

⁸ Fried (1993, p. 53) suggerisce: «Candidates for second-stage variables include quasi-fixed variables, site specific characteristics, socioeconomic and demographic characteristics, the weather and so on».

contesto politico, quello geografico territoriale e le già citate forme di regolazione economica.

Dal punto di vista metodologico, per tener conto dell'ambiente operativo, sono state sviluppati in letteratura molteplici approcci, che per comodità espositiva possiamo raggruppare in tre principali: i) *two-stage method*; ii) *exclusion method*; iii) *reverse two-stage method*. Il primo di questi sarà utilizzato nella valutazione dei servizi di igiene urbana e verrà discusso più in dettaglio nel paragrafo 2.3. In sintesi, l'approccio a due stadi consiste nel computare, nel primo stadio, i livelli di efficienza attraverso una tecnica standard e successivamente, nel secondo stadio, nel regredire tali punteggi di efficienza su un set di variabili ambientali e valutare in base ai parametri stimati quanta parte dell'inefficienza è a esse attribuibile⁹.

Nel secondo approccio il computo della DEA avviene per cluster, ognuno dei quali è definito in modo che ogni unità produttiva sia confrontata unicamente con quelle, tra le restanti, che si trovano in un contesto operativo non migliore. La definizione del contesto operativo è attuata tramite un indice aggregato che combina l'efficienza tecnica delle singole unità con le variabili relative al contesto ambientale. Formalmente, l'esclusione di una parte delle unità dall'analisi può essere effettuata in diversi modi (Muñiz *et al.* 2006, pp. 1175-79). Nella versione *one-stage* di Ruggiero (1996) il tutto si risolve, sotto l'ipotesi di rendimenti di scala variabili, nella minimizzazione della funzione obiettivo vincolata in modo da escludere le unità che si collocano in un ambiente più favorevole¹⁰. I metodi proposti in letteratura consentono di operare sia con i punteggi di efficienza che con le *slacks* (Muñiz *et al.* 2006, pp. 1175-79), ma in ogni caso sussistono delle controindicazioni legate principalmente al problema della dimensione dei vari cluster, *curse dimensionality*, che non solo è diversa ma può talvolta essere molto ridotta per le unità che si trovano nelle condizioni peggiori. I principali limiti che ne derivano sono: i) i punteggi di efficienza ottenuti sono distorti, con una distorsione proporzionale al condizionamento dovuto alle variabili ambientali; ii) i

⁹ In letteratura esiste un ampio dibattito sulla validità della procedura a due stadi relativamente alla potenziale distorsione e precisione dei risultati finali (Barnum e Gleason 2008), in relazione al quale si sono sviluppati due filoni di studio: il primo (Daraio e Simar, 2005) propone di introdurre le variabili ambientali mediante un approccio di frontiera probabilistica; il secondo (Simar e Wilson, 2007) propone invece di correggere le distorsioni dell'approccio a due stadi attraverso delle procedure di ricampionamento finalizzate ad eliminare la distorsione nella fase di stima. L'approccio a due stadi continua tuttavia ad essere utilizzato nelle sue varie versioni (Buzzo Margari *et al.* 2007; Sangkyu e Jungnam 2007; Balaguer-Coll *et al.* 2007).

¹⁰ Per una trattazione formale si rimanda a Muñiz *et al.* (2006) e Ruggiero (1996).

punteggi di efficienza, essendo calcolati su sub-campioni diversi, non sono sempre direttamente confrontabili.

Di recente sono apparsi in letteratura due contributi (Barnum *et al.* 2008a, 2008b) che perseguono l'obiettivo di valutare l'impatto delle variabili ambientali con un approccio diametralmente opposto a quello *two-stage*, denominato infatti *reverse two-stage method*¹¹. In questo approccio i due stadi sono invertiti poiché è nel primo che si regrediscono le variabili originarie (di input o di output) per rimuovere l'effetto delle variabili ambientali e successivamente le variabili corrette si utilizzano per computare l'efficienza con la tecnica non parametrica più adeguata. In altri termini, nel primo stadio si valuta come i fattori ambientali influenzano la disponibilità di fattori produttivi o i livelli di output e se ne elimina il condizionamento, mentre nel secondo stadio si computano i livelli di efficienza depurati da tale condizionamento ambientale.

2.2.3 Analisi "two stage" modificata della funzione di costo

Uno degli aspetti più interessanti dell'analisi di efficienza è la possibilità di verificare se nel campione esistono differenze significative legate alle dimensioni delle aree servite, alle loro caratteristiche geografiche, ecc. Il metodo che proporremo nel caso dell'analisi dei servizi di igiene urbana prevede, a questo proposito, un procedimento articolato su due livelli¹². Nel primo stadio si computano i livelli di efficienza attraverso l'approccio *overall cost efficiency* associati ad ogni unità, in cui l'unico input è rappresentato dal costo di erogazione e gestione del servizio. Nel secondo stadio i punteggi di efficienza corretti per la distorsione sono regrediti su un set di variabili esogene esplicative dei termini d'inefficienza, ovvero sul set di variabili ambientali assunte come più influenti sul processo di erogazione del servizio. Sulla base dei parametri stimati è così possibile valutare quanta dell'inefficienza è da attribuire al contesto operativo piuttosto che alle scelte imprenditoriali e alle caratteristiche dell'unità produttiva.

¹¹ «Without doubt, it is necessary to account for exogenous influences in order to explain variation in DEA scores. Because the conventional two-stage method is suspect and the exclusion method is invalid, finding a better alternative method is important.» (Barnum *et al.* 2008a, p.79). Per una trattazione formale si rimanda anche a Barnum *et al.* (2008b).

¹² Il computo dei valori di efficienza corretti per la componente ambientale prevede un terzo stadio come indicato nella sezione A.2 dell'appendice.

3. Le analisi empiriche

Nell'ambito dell'Osservatorio sui servizi pubblici locali del Comune di Perugia sono state sperimentate due analisi dell'efficienza dei servizi, utilizzando la DEA in alcune delle sue varianti discusse nei paragrafi precedenti. La prima analisi è stata condotta sull'Azienda Comunale Farmacie mentre la seconda ha interessato i servizi di igiene urbana¹³.

3.1 Alcune avvertenze di metodo

Il problema dell'eterogeneità dimensionale. L'eventuale eterogeneità presente nel campione oggetto d'analisi deve essere tenuta seriamente in conto perché la presenza di *outliers* nelle procedure non parametriche è un problema che può inficiare tutto l'esito dell'analisi. I riferimenti in tal senso sono molteplici e basterà qui ricordare Timmer (1971), Cazals *et al.* (2002), Simar (2003), Wilson (1993, 2007) e Tran *et al.* (2008). Nel nostro caso le procedure di analisi hanno riguardato due campioni caratterizzati da una bassissima eterogeneità poiché nel caso delle farmacie le aziende si caratterizzano per una apprezzabile comparabilità dimensionale mentre nel caso delle aziende di igiene il campione è stato costruito selezionando realtà dimensionalmente simili.

L'ambiente operativo. Nella formulazione della procedura multistadio – che come si è detto sarà impiegata per l'analisi della efficienza dei servizi di igiene urbana – il ruolo delle variabili ambientali è limitato alla capacità di modificare i livelli di efficienza con cui gli input sono trasformati in output (Fried *et al.* 1993, pp. 53-54) e quindi sono assunte essere in grado di modificare la posizione della frontiera (Ruggiero, 2004, p. 251). L'idea di base è che i fattori esterni, pur essendo esogeni rispetto al processo produttivo, concorrono comunque a spiegarne una parte senza però influenzarlo direttamente (Fried *et al.* 1993, p. 54). Nel caso in cui esista una correlazione significativa tra le variabili non discrezionali e i punteggi di efficienza, non solo la posizione della frontiera ma anche le distanze da questa delle singole unità sarebbero affette dal contesto operativo in una misura proporzionale all'entità della correlazione. I risultati dell'analisi sarebbero perciò affetti da un grado di distorsione proporzionale alla correlazione esistente (Fried *et al.* 1993, p. 54; Boame, 2004, p. 406)¹⁴.

¹³ Le rispettive presentazioni ufficiali delle ricerche sono state tenute a Perugia nel corso dell'evento "Dalla parte del cittadino" rispettivamente il 16 dicembre 2009 ed il 15 dicembre 2010 presso la Sala dei Notari.

¹⁴ In modo ancora più chiaro Grosskopf (1996, p. 165) sottolinea: «... . *More subtle, and*

L'ottenimento di coefficienti non distorti nel secondo stadio è quindi condizionato all'individuazione di variabili non discrezionali "esogene" rispetto al set degli input e degli output.

Nello studio sui servizi di igiene urbana si è condotta una prima esplorazione di queste variabili sia attraverso l'analisi di correlazione lineare che tramite l'ispezione grafica del *chi plot* attraverso la quale i dati sono trasformati, in modo tale da poter valutare se questi sono indipendenti, se presentano una qualche semplice relazione monotona oppure delle relazioni di interdipendenza caratterizzate da strutture più complesse¹⁵. Questo secondo tipo di analisi è consigliato perché la semplice analisi di correlazione non è in grado di dar conto di eventuali altri tipi di dipendenza tra l'insieme di produzione e le variabili non discrezionali, ma soprattutto perché negli studi di produttività ed efficienza le variabili sono tipicamente caratterizzate da distribuzioni non normali (Wilson, 2003, p. 381).

3.2 Il caso delle farmacie comunali

L'efficienza delle farmacie si inquadra nel tema più generale della riforma dei servizi sanitari. In Europa diversi servizi sanitari nazionali sono stati riformati negli ultimi venti anni, sostituendo sistemi di remunerazione basati sulla spesa storica con sistemi di pagamento prospettico che meglio dovrebbero garantire gli incentivi all'efficienza. Per quanto molto diverse dai classici servizi sanitari (ospedali o servizi territoriali), anche le farmacie, in particolare quelle pubbliche – che in genere più di quelle private forniscono anche alcuni servizi di carattere sociale – possono essere considerate parte dei servizi sanitari territoriali. E sebbene non sia molto frequente che ciò avvenga (come si vedrà nella rassegna della letteratura) è quindi opportuno che – al pari dei principali servizi del sistema sanitario – vengano anch'esse sottoposte ad accurate analisi di efficienza, in modo da fornire gli elementi di valutazione necessari per cercare di avvicinare anche per questo segmento dei servizi sanitari pubblici, l'obiettivo del contenimento dei costi.

In tale contesto lo studio si propone di identificare le farmacie pubbliche con i migliori risultati in termini di quantità di diversi servizi erogati (le farmacie efficienti) e successivamente di misurare il grado di

perhaps more troubling, is the issue of the data generating process, and the related issue of the distribution of the errors. If the variables used in specifying the original efficiency are correlated with the explanatory variables used in the second stage, then the second-stage estimates will be inconsistent and biased.»

¹⁵ Per gli approfondimenti statistici si rimanda alla sezione A.4 dell'appendice.

inefficienza relativa delle restanti al fine di valutare i margini di miglioramento esistenti. Lo studio ha interessato undici¹⁶ farmacie comunali che fanno capo all'Azienda Comunale Farmacie (AFAS) e che coprono l'intero territorio del Comune di Perugia.

3.2.1 Una rassegna della letteratura

La rassegna sviluppata in questo paragrafo si limita a fornire le principali indicazioni provenienti dalla letteratura per quanto riguarda le modalità di impiego della DEA e le tipologie di variabili selezionate per analizzare l'efficienza tecnica delle farmacie. Un primo aspetto da sottolineare è che gli studi concernenti le farmacie sono in numero limitato, mentre molteplici sono quelli concernenti l'efficienza tecnica e/o allocativa dell'*Health Care system*, come emerge dalle rassegne di Hollingsworth et al. (1999), Hollingsworth (2003, 2008).

Tra i primi studi sulla efficienza delle farmacie si annovera quello di Banker e Morey (1986), che ha natura prettamente metodologica, focalizzando l'attenzione sull'utilizzo delle variabili categoriali nella DEA. Il modello sviluppato viene applicato a 69 farmacie dello Stato dello Iowa, caratterizzando il processo produttivo dal lato degli input discrezionali (nella loro dimensione economica) in termini di costo annuale del lavoro, altri costi operativi annuali correlati alle prescrizioni, valore medio dei farmaci inventariati. Quale variabile di contesto (dimensione del mercato) viene considerata la popolazione servita da ogni farmacia. Dal lato dell'output vengono presi in considerazione il numero delle prescrizioni annuali e il valore economico annuale delle prescrizioni. Gli autori sviluppano diversi modelli finalizzati a valutare l'impatto della variabile di contesto, trattando quest'ultima sia come variabile continua che come variabile categoriale, traendone la conclusione che nel secondo caso è possibile controllare l'influenza del fenomeno esterno attuando delle comparazioni tra farmacie che operano in mercati simili.

Lo stesso campione di farmacie, con la stessa caratterizzazione del processo produttivo, è utilizzato da Staat (2001) per un lavoro pure di natura metodologica che si propone di evidenziare come la dimensione campionaria sia rilevante non solo quando si comparano punteggi di efficienza riferiti a campioni di dimensioni diverse, ma anche quando nello stesso campione si impongono delle restrizioni, condizionando le unità e creando dei sotto gruppi dei quali si valuta l'efficienza condizionata.

¹⁶ Per quanto riguarda la dodicesima farmacia, ubicata nella frazione di Pila, essendo l'ultima aperta, al momento dell'analisi non si disponeva delle necessarie informazioni pluriennali ed è stata quindi esclusa.

I primi due lavori riferiti all'Europa concernono un campione di 257 farmacie svedesi, anche ospedaliere, analizzate nel periodo 1980 -1989 (Färe et al., 1992) e nel biennio 1990 – 1991 (Färe et al., 1995). Entrambi i lavori sono finalizzati a misurare i cambiamenti in termini di produttività, mentre il secondo estende l'analisi anche ai cambiamenti qualitativi. A differenza del lavoro precedente, questi utilizzano delle funzioni di produzione, caratterizzando il processo produttivo prevalentemente in termini fisici. Nel primo lavoro i fattori produttivi considerati sono le ore di lavoro dei farmacisti e dello staff tecnico, la superficie delle farmacie e i costi annuali di ammortamento. Sul versante degli output sono presi in considerazione il numero dei farmaci forniti agli ospedali e ai clienti non ospedalizzati, il numero dei prodotti venduti connessi alle disabilità e il valore complessivo dei prodotti venduti. Nel secondo lavoro gli autori pongono maggior enfasi su alcuni aspetti qualitativi –numero di ore di apertura settimanali, tempi di attesa del cliente– e dettagliano maggiormente gli output quantitativi, distinguendo i prodotti alimentari dietetici e speciali dagli altri articoli per i disabili. La rilevanza di questi lavori sta proprio nella individuazione di diverse funzioni del servizio svolto dalle farmacie, delineando una dimensione commerciale e una dimensione più sociale.

Sulla distinzione tra dimensione commerciale e dimensione sociale si basa anche uno studio sulla efficienza tecnico-economica di 155 farmacie ospedaliere in Thailandia (Rattanachotphanit et al. 2008), dove si analizza anche l'impatto delle più rilevanti variabili di contesto. Grande attenzione è posta da parte degli autori alla specificazione del modello, che è costituito da 2 input e 10 output. Nella specificazione del modello, costituito da 2 input (espressi come unità di lavoro, farmacisti e staff tecnico, equivalenti a tempo pieno) e 10 output, gli autori si avvalgono anche degli esiti di alcuni *focus group*. Gli output afferiscono sia alla dimensione commerciale (numero di prescrizioni per pazienti interni ed esterni nella settimana, valore dei farmaci acquistati, inventariati e venduti), che a quella sociale (numero di pazienti assistiti nella somministrazione del farmaco, frequenza dei corsi di formazione tenuti dal personale, numero di pazienti informati sul trattamento farmacologico). Il contesto operativo, infine, è caratterizzato in termini di dimensione ed ubicazione dell'ospedale.

La specificazione di modelli differenziati si trova anche in Barnum et al. (2011), dove si valuta l'efficienza di 12 farmacie ospedaliere, appartenenti al sistema ospedaliero statunitense, monitorate per sei mesi nel 2008 attraverso dati a frequenza quindicinale. I tre diversi modelli specificati riguardano l'efficienza nell'attività di erogazione dei prodotti e dei servizi, l'efficienza clinica e l'efficienza complessiva. In tutti e tre i modelli si considera un solo input, rappresentato dalle relative ore di

lavoro associate ad ognuna delle attività prese in esame. Gli output considerati sono: nel primo modello, il numero delle terapie somministrate; nel secondo, il numero degli interventi clinici e l'entità dei relativi risparmi; nel terzo, che sintetizza i due precedenti, gli interventi, il totale delle terapie somministrate e il totale dei risparmi conseguiti.

3.2.2 Specificazione del modello

In coerenza con quanto emerso dalla rassegna della letteratura, la complessità del fenomeno indagato ha suggerito di esplorare più dimensioni nell'ambito del processo valutativo della efficienza delle farmacie comunali. Compatibilmente con l'informazione statistica disponibile, la scelta è stata quella di valutare tre modelli. In primo luogo si è computata l'efficienza di un modello sociale capace di render conto dell'erogazione delle prescrizioni, delle prenotazioni CUP e dei servizi relativi all'angolo della salute. Il secondo modello considerato è prettamente commerciale e valuta l'efficienza relativa ai pezzi venduti, ai prodotti alimentari venduti e alle preparazioni galeniche effettuate. Infine, si è computato un modello sintetico che si prefigge di valutare l'efficienza delle due dimensioni precedentemente considerate.

Non si sono invece introdotte nell'analisi variabili rappresentative delle diverse condizioni di contesto in cui le farmacie operano, che sono molteplici e non sempre agevoli da rilevare – dalla presenza di farmacie concorrenti alla vicinanza di studi medici, dalla densità abitativa alla disponibilità di parcheggi, ecc – limite del quale andrà tenuto conto al momento della interpretazione dei risultati. In tutti e tre i modelli gli input considerati sono stati le ore di lavoro dei farmacisti, quelle dello staff tecnico e la superficie delle farmacie. Nella tabella 1 sono descritti i modelli considerati, mentre nella tabella 2 è riportato il campione delle farmacie analizzate.

3.2.3 Analisi preliminare dei dati

In questo paragrafo si forniscono le informazioni statistiche di base relative alle variabili utilizzate. Tutte le informazioni derivano dai bilanci delle farmacie forniti dall'azienda erogatrice del servizio. I dati originali sono stati elaborati con il supporto del personale dell'azienda, che è stato di notevole ausilio nella individuazione e trattamento dei valori mancanti e di quelli anomali.

Tabella 1 - Modelli computati e relative variabili di input e output

Input		
Ore di lavoro farmacisti		
Ore di lavoro staff tecnico		
Superficie farmacia		
Output		
<i>Modello Sociale</i>	<i>Modello Commerciale</i>	<i>Modello Globale</i>
Nr. Prescrizioni	Nr. pezzi	Nr. prenotazioni CUP
Nr. prenotazioni CUP	Nr. prodotti alimentari	Nr. interventi angolo salute
Nr. interventi angolo salute	Nr. preparazioni galeniche	Nr. prodotti alimentari
		Nr. preparazioni galeniche

Tabella 2 - Campione delle farmacie comunali

Farmacia		DMUs	
Farm.1	Farmacia via Pallotta	Pallotta	PAL
Farm.2	Farmacia San Sisto	S.Sisto	SSI
Farm.3	Farmacia Ponte S. Giovanni	P.S.Giovanni	PSG
Farm.4	Farmacia S. Marco	S.Marco	SMC
Farm.5	Farmacia Madonna Alta	Madonna A.	MAD
Farm.6	Farmacia Monteluca	Monteluca	MLU
Farm.7	Farmacia Montegrillo Ponte d'Oddi	Montegrillo PO	MPO
Farm.8	Farmacia Settevalli	Settevalli	SET
Farm.9	Farmacia Villa Petignano	V.Petignano	VPE
Farm.10	Farmacia S. Feliciano	S.Feliciano	SFE
Farm.11	Farmacia S. Mariano	S.Mariano	SMR

Periodo considerato su base mensile: Gennaio 2006 - Giugno 2009

Il periodo preso in esame ai fini dell'analisi va dal gennaio 2006 al giugno 2009, con una frequenza dei dati mensile. Per motivi di brevità in questa analisi descrittiva ci si è concentrati solo su alcune grandezze fondamentali, in particolare sulla produttività del lavoro del personale sia in una prospettiva statica (tabelle 3 e 4) – da cui già emerge una certa variabilità nelle performance delle diverse farmacie – che dinamica (figura 6). Al di là di un certo miglioramento iniziale nei livelli di produttività, da queste figure emerge una sua sostanziale stabilità nel tempo, mentre qualche significativo cambiamento si osserva con riferimento ai divari tra le performance migliori e quelle peggiori, in particolare quando la produttività viene calcolata sulle ore di lavoro dei farmacisti. Si osserva infatti una notevole convergenza, specialmente nel periodo più recente, delle produttività dei farmacisti nella dimensione commerciale, sia dal

basso (avvicinamento alla media delle situazioni peggiori), che dall'alto (riduzione dei divari positivi).

Tabella 3 - Produttività oraria - modello commerciale

<i>Staff tecnico</i>									
Farmacia	Nr. pezzi			Nr. prodotti alimentari			Nr. preparazioni galeniche		
	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media
PAL	69,4	31,7	58,7	0,79	0,43	0,55	0,018	0,004	0,012
SSI	74,2	40,1	61,2	0,45	0,20	0,33	0,006	0,001	0,003
PSG	85,7	39,2	69,2	0,55	0,09	0,40	0,012	0,001	0,005
SMC	58,1	21,2	48,6	0,59	0,30	0,39	0,015	0,004	0,009
MAD	121,3	91,7	107,0	0,62	0,19	0,38	0,034	0,012	0,023
MLU	71,5	34,2	58,0	0,28	0,12	0,20	0,035	0,011	0,019
MPO	76,6	30,9	56,3	0,66	0,23	0,38	0,019	0,001	0,007
SET	85,9	43,0	59,2	0,38	0,16	0,24	0,021	0,005	0,009
VPE	79,3	32,3	58,3	0,96	0,39	0,61	0,014	0,000	0,006
SFE	78,9	34,0	52,4	0,52	0,04	0,24	0,036	0,004	0,023
SMR	80,6	18,3	58,4	0,46	0,21	0,28	0,046	0,013	0,023
Totale	121,3	18,3	62,5	0,96	0,04	0,36	0,046	0,000	0,013

<i>Farmacisti</i>									
Farmacia	Nr. pezzi			Nr. prodotti alimentari			Nr. preparazioni galeniche		
	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media
PAL	36,8	17,6	33,1	0,38	0,25	0,31	0,010	0,002	0,007
SSI	36,9	24,0	32,8	0,24	0,11	0,18	0,003	0,001	0,002
PSG	42,0	21,2	33,6	0,25	0,05	0,20	0,005	0,001	0,002
SMC	35,1	14,2	30,4	0,33	0,17	0,25	0,010	0,003	0,006
MAD	68,5	31,2	41,6	0,21	0,09	0,14	0,016	0,004	0,009
MLU	37,9	18,0	32,5	0,16	0,07	0,11	0,017	0,006	0,010
MPO	35,3	19,6	29,1	0,30	0,14	0,20	0,008	0,001	0,004
SET	36,2	18,4	30,7	0,20	0,07	0,13	0,010	0,002	0,005
VPE	28,8	16,7	23,8	0,31	0,15	0,25	0,005	0,000	0,002
SFE	35,3	19,7	29,2	0,46	0,02	0,16	0,023	0,003	0,013
SMR	44,7	11,5	34,2	0,24	0,11	0,17	0,022	0,008	0,014
Totale	68,5	11,5	31,9	0,46	0,02	0,19	0,023	0,000	0,007

Con riferimento alla dimensione sociale si osserva invece una tendenza alla divergenza, in particolare per effetto di un ulteriore rilevante allontanamento verso l'alto delle situazioni più virtuose.

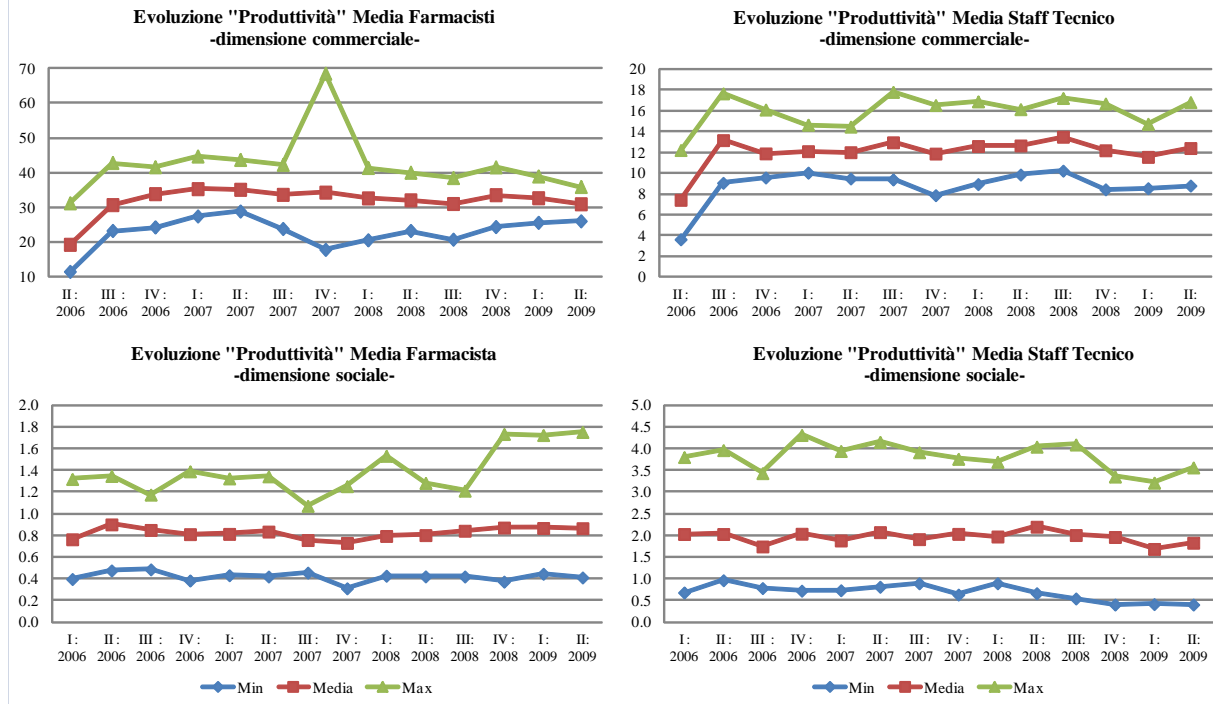
Tabella 4 - Produttività oraria - modello sociale

<i>Staff tecnico</i>									
Farmacia	Nr. prescrizioni			Prenotazioni CUP			Interventi angolo salute		
	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media
PAL	14,3	6,2	11,5	1,50	0,80	1,25	0,79	0,63	0,70
SSI	16,6	9,0	13,4	4,10	2,34	3,22	1,18	0,31	0,90
PSG	17,8	8,9	14,7	0,97	0,41	0,69	1,14	0,60	0,89
SMC	12,5	4,8	10,6	4,32	3,01	3,78	0,96	0,60	0,77
MAD	16,8	11,4	13,9	1,53	1,08	1,35	0,84	0,39	0,49
MLU	13,9	6,6	11,0	1,92	1,08	1,40	0,87	0,66	0,75
MPO	16,9	7,6	12,9	2,39	1,13	1,73	1,23	0,83	1,01
SET	16,1	7,9	11,2	2,95	1,55	2,19	0,83	0,63	0,72
VPE	16,3	7,2	12,3	2,22	1,20	1,78	0,88	0,46	0,73
SFE	15,8	6,8	11,1	3,18	1,42	2,33	1,39	0,86	1,24
SMR	12,1	3,6	9,6	2,25	1,41	1,81	0,85	0,59	0,71
Totale	17,8	3,6	12,0	4,32	0,41	1,96	1,39	0,31	0,81
<i>Farmacisti</i>									
Farmacia	Nr. prescrizioni			Prenotazioni CUP			Interventi angolo salute		
	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media
PAL	7,3	3,4	6,5	0,83	0,57	0,70	1,52	1,11	1,26
SSI	8,5	5,4	7,2	2,22	1,38	1,73	2,28	0,56	1,58
PSG	8,7	4,8	7,1	0,56	0,19	0,34	2,26	1,47	1,76
SMC	7,3	3,2	6,7	2,74	1,98	2,37	1,83	1,05	1,27
MAD	8,4	4,0	5,4	0,88	0,43	0,52	1,45	0,85	1,19
MLU	7,1	3,5	6,2	1,17	0,65	0,81	1,51	1,13	1,31
MPO	7,7	4,8	6,7	1,06	0,71	0,90	2,28	1,31	1,81
SET	6,9	3,7	5,8	1,37	0,91	1,14	1,87	1,01	1,45
VPE	6,2	3,7	5,0	1,12	0,53	0,73	1,84	1,35	1,60
SFE	7,9	3,9	6,3	1,75	0,95	1,28	3,38	2,11	2,50
SMR	6,7	2,3	5,6	1,31	0,83	1,05	1,42	1,00	1,21
Totale	8,7	2,3	6,2	2,74	0,19	1,05	3,38	0,56	1,54

3.2.4 Stima del modello ed interpretazione dei risultati

Il computo dell'efficienza *output-oriented* fornisce i risultati riportati nella tabella 5. Il modello sociale evidenzia la notevole omogeneità e gli elevati standard conseguiti dall'insieme delle farmacie analizzate. Fatto pari a 1 il livello massimo di efficienza tecnica, ben 6 unità (su 11) risultano infatti pienamente efficienti e altre 4 fanno registrare indici relativi di efficienza che si collocano intorno a 0,98 con margini di miglioramento molto esigui (peraltro in tutti questi quattro casi l'estremo superiore dell'intervallo di confidenza è pari a 1).

Figura 6 - evoluzione temporale delle produttività



Il valore minimo stimato, che riguarda la farmacia di Montegrillo, è di 0,894 con un intervallo di confidenza tra 0,86 e 0,93: questa unica farmacia presenta dunque un margine di miglioramento apprezzabile, comunque dell'ordine del 10 per cento. Il modello commerciale presenta invece una maggiore differenziazione nei livelli di efficienza. In effetti, anche in questo caso si osserva un buon numero di farmacie pienamente efficienti, cinque (considerando pienamente efficiente anche quella con indice pari a 0,998), quattro delle quali già risultate pienamente efficienti anche nella precedente analisi secondo il modello sociale.

Tabella 5 – Misure di efficienza per i modelli sociale, commerciale e sintetico

Farmacia	Sociale				Commerciale				Sintetico			
	Eff	bias	l.bo	u.bo	Eff	bias	l.bo	u.bo	Eff	bias	l.bo	u.bo
PAL	0,99	0,02	0,97	1	0,81	0,02	0,79	0,83	0,97	0,02	0,74	0,77
SSI	1	0,04	0,96	1	0,75	0,03	0,72	0,78	0,97	0,05	0,95	1
PSG	1	0,03	0,97	1	1	0,03	0,97	1	1	0,04	0,96	1
SMA	1	0,04	0,96	1	1	0,04	0,96	1	1	0,05	0,95	1
MAD	1	0,01	0,99	1	1	0,01	0,99	1	1	0,01	0,99	1
MLU	0,98	0,05	0,93	1	1	0,05	0,95	1	1,00	0,05	0,86	1
MPO	0,90	0,03	0,86	0,93	0,91	0,03	0,88	0,94	0,92	0,04	0,94	1,02
SET	1	0,02	0,98	1	0,98	0,02	0,96	1	0,99	0,03	0,97	1
VPE	1	0,02	0,98	1	1,00	0,02	0,98	1	1,00	0,02	0,87	1
SFE	0,97	0,06	0,92	1	0,89	0,05	0,84	0,94	0,91	0,06	0,87	0,98
SMR	0,98	0,02	0,96	1	0,93	0,02	0,91	0,95	0,94	0,02	0,91	0,95
Media	0,98				0,93				0,97			

Tuttavia, tre delle restanti si attestano intorno al 90 per cento dell'efficienza tecnica massima possibile e altre due intorno al 75-80 per cento, con margini di miglioramento che, in particolare in questi ultimi due casi, appaiono non trascurabili. Da osservare, in particolare, che queste ultime erano pienamente o quasi pienamente efficienti in base al modello sociale. Ad essere rigorosi, nel modello sintetico le farmacie che risultano pienamente efficienti si riducono a tre, ma in realtà se ne possono aggiungere altrettante, che fanno registrare livelli di efficienza relativa superiori al 99 per cento. Altre due si attestano su livelli vicini a 0,97 (peraltro con limiti superiori dei rispettivi intervalli di confidenza che raggiungono o si avvicinano a 1). Secondo questa analisi riassuntiva, di farmacie con qualche apprezzabile problema di efficienza relativa ne restano dunque soltanto due. Da tale valutazione, che necessariamente risente di qualche fenomeno di compensazione tra performance commerciali e sociali, si distinguono infatti in negativo la già menzionata farmacia di Montegrillo – che ad una certa inefficienza nella dimensione

sociale aggiunge una, seppure meno marcata, minore efficienza anche sotto il profilo commerciale – e la farmacia di San Feliciano (che peraltro è l'unica non appartenente al Comune di Perugia) che, al contrario, ad una modesta inefficienza nella dimensione sociale ne somma una più marcata nella dimensione commerciale.

E' evidente che, in particolare in quest'ultimo caso (la farmacia di San Feliciano serve un piccolo borgo sulle rive del lago Trasimeno), i fattori di contesto giocano un ruolo importante, e forse decisivo, nelle misure relative di efficienza tecnica. La performance parzialmente negativa di Montegrillo va invece ricondotta agli effetti dei cambiamenti nel Piano del traffico, che hanno temporaneamente escluso la farmacia dai principali itinerari urbani. Ciò conferma, come già accennato, che inserire nel quadro analitico alcune variabili rappresentative del contesto ambientale più o meno favorevole in cui le farmacie operano costituisce uno sviluppo particolarmente auspicabile di questo studio.

3.3 Il caso dei servizi di igiene urbana

In questi ultimi anni il settore dei rifiuti ha modificato sostanzialmente le fasi principali della filiera raccolta, trattamento e smaltimento. I cambiamenti sono avvenuti in un quadro in cui nuove emergenze, ambientali e di finanza locale, hanno avviato un percorso di maggior sostenibilità ambientale ed economico-finanziaria che sembra difficilmente arrestabile. Infatti, se da un lato i riferimenti normativi ambientali premono per una consistente riduzione delle forme di smaltimento in discarica¹⁷, dall'altro i sempre più stringenti vincoli finanziari impongono ripensamenti nelle modalità di gestione del servizio in un settore che è comunque regolamentato e che necessariamente deve confrontarsi con il mercato e con parametri di efficienza.

L'analisi di efficienza relativa qui presentata si inquadra in questo contesto ed è stata condotta, con riferimento al periodo che va dal 2000 al 2007 (dati annuali), su 23 comuni capoluoghi di provincia (vedi tabella 6), incluso ovviamente il Comune di Perugia. Per assicurare una certa omogeneità di caratteristiche urbane, tutti i comuni inseriti nell'analisi sono ubicati nell'Italia centrale, con esclusione tuttavia delle città più grandi, certamente non omogenee e confrontabili con il resto dei comuni capoluogo. Nonostante tali esclusioni, le realtà prescelte presentano comunque una certa eterogeneità per alcune dimensioni rilevanti, della

¹⁷ In tal senso anche le emergenze ambientali di Napoli e di altre realtà italiane hanno operato, ed operano, da monito per le amministrazioni locali impegnate su questo fronte.

quale si è cercato di tenere conto utilizzando un approccio multi stadio allo studio della efficienza relativa.

Tabella 6 – Campione dei comuni capoluogo per regione

Emilia Romagna	Marche	Toscana	Umbria	Lazio
Ferrara	Ancona	Arezzo	Perugia	Rieti
Forlì	Ascoli Piceno	Grosseto	Terni	Viterbo
Modena	Macerata	Livorno		
Parma	Pesaro	Lucca		
Ravenna		Massa		
Reggio Emilia		Pisa		
Rimini		Prato		
		Siena		

Periodo indagato: 2000 – 2007

Lo studio è articolato su tre livelli e si prefigge di: 1) identificare i comuni con i migliori risultati in termini di quantità e qualità dei diversi servizi erogati, computando l'efficienza economica relativa espressa in termini di costo (*Overall cost efficiency*); 2) misurare il grado di inefficienza relativa delle unità analizzate, identificando i potenziali margini di miglioramento; 3) identificare e misurare il grado di condizionamento del contesto ambientale in senso lato sulle predette misure di efficienza attraverso diverse procedure.

3.3.1 Una rassegna della letteratura

Il quadro concettuale in cui collocare l'analisi economica del servizio di raccolta dei rifiuti urbani è ben delineato in un pionieristico contributo di Hirsh (1965), dove, tramite un modello semplificato, viene anche realizzata una prima analisi empirica sulle municipalità dello Stato di Saint Louis (USA). Il costo unitario del servizio è posto in relazione ad alcuni principali gruppi di variabili, nell'ambito dei quali vengono individuate le più significative: dalla quantità di servizio (principalmente in termini di tonnellate di rifiuti raccolti) alla sua qualità (principalmente in termini di frequenza della raccolta, ma anche di pulizia e di caratteristiche dei mezzi impiegati). Particolarmente importanti sono considerate le condizioni di contesto in cui il servizio viene prestato, espresse tramite alcune variabili quali la densità della popolazione (che incide sul tempo impiegato per realizzare il servizio) e la distanza media dai siti di smaltimento, che incide sulla proporzione tra tempi "produttivi" e tempi "improduttivi" del servizio. Altri fattori di contesto da considerare sono il rapporto tra popolazione e punti di raccolta, il livello di benessere della popolazione

servita (misurato con il reddito procapite), la tipologia di gestione e di finanziamento del servizio.

L'approccio analitico fondato sulla stima di funzioni di costo è adottato anche da Dijkgraaf & Gradus (2003) con l'obiettivo di valutare gli effetti, in termini di risparmio nei costi del servizio, della gestione privata rispetto a quella pubblica in un campione di municipalità olandesi¹⁸. Il modello prevede come variabile da spiegare il costo di raccolta per le municipalità e come variabili esplicative il numero di punti di raccolta, il numero di abitanti per punto di raccolta, la densità dei punti di raccolta, la frequenza settimanale del servizio, le percentuali di raccolta differenziata, una variabile dummy per il tipo di gestione, municipale o esterna.

Interessanti esperienze di analisi tramite DEA sono state realizzate in molti paesi – dalla Spagna (Bosch et al. 2000, 2001; Delgado, 2005), all'Australia (Worthington e Dollery, 2001); dal Portogallo (Simões e Marques, 2009) al Belgio (De Jaeger et al., 2011) – e con diversi obiettivi: principalmente l'analisi della efficienza del servizio municipale di raccolta e smaltimento rifiuti (e delle relative politiche); ma anche l'analisi della efficienza delle imprese che gestiscono il servizio.

Bosch et al (2000) si propongono di analizzare l'efficienza tecnica del servizio di raccolta dei rifiuti nei municipi della Catalogna attraverso la DEA e altre metodologie. L'output è misurato in termini di quantità di rifiuti organici raccolti, mentre gli input considerati sono il numero di contenitori, il numero di veicoli e il numero di occupati diretti equivalenti. Viene svolta anche una analisi di regressione Tobit per verificare se sulla efficienza influisce il tipo di gestione (privata o pubblica) del servizio.

In un secondo lavoro (Bosch et al. 2001) l'analisi di efficienza delle municipalità della Catalogna viene effettuata anche in termini di *cost-efficiency* e utilizzando una metodologia DEA a tre stadi in modo da prendere in considerazione anche i possibili effetti di fattori non controllabili (variabili ambientali). Vengono considerati due output (la quantità di rifiuti organici raccolti annualmente e la frequenza settimanale della raccolta, quest'ultima come misura della qualità del servizio) e tre input (la capacità dei contenitori, la capacità degli automezzi, il numero di ore lavorate annualmente, in un secondo stadio dell'analisi, sono sostituiti con il costo del servizio). Le variabili che esprimono le condizioni di contesto sono il numero di chilometri coperti dagli automezzi dai punti di raccolta ai siti di deposito e la popolazione stagionale-turistica.

Worthington & Dollery (2001) applicano una metodologia DEA *input-oriented* per analizzare l'efficienza tecnica – e la sua scomposizione in

¹⁸ Per una rassegna critica di studi concernenti la relazione tra costi del servizio e privatizzazione della gestione (riguardante anche il servizio idrico, oltre che la raccolta e smaltimento rifiuti) si veda Germà & Mildred (2008).

efficienza tecnica pura ed efficienza di scala – dello smaltimento dei rifiuti delle amministrazioni locali nel New South Wales, in Australia. La variabile di input è il costo del servizio, mentre quelle di output sono la quantità totale di rifiuti raccolti, quella dei rifiuti riciclabili e il tasso di riciclo. Le variabili di input “non discrezionali” o ambientali, che vengono analizzate nell’ambito della DEA, sono principalmente relative al numero di unità servite, alla densità urbana, alla dispersione della popolazione nel territorio, a un indice di costo dello smaltimento, che varia, tra l’altro, con la distanza dai siti di smaltimento, ma vi sono comprese anche alcune variabili dummy volte a distinguere le diverse tipologie di realtà locali analizzate (essenzialmente, lungo l’asse urbano - rurale).

Il contributo di Delgado (2005) è più di carattere metodologico e si propone di confrontare la metodologia delle reti neurali artificiali con altre metodologie di analisi dell’efficienza (tra cui la DEA). Il confronto empirico è basato sulla loro applicazione ai servizi di raccolta e smaltimento rifiuti in un campione di municipi spagnoli. L’unico output considerato è la quantità di rifiuti solidi, mentre gli input sono la capacità dei contenitori, il numero di automezzi e il numero di ore di lavoro.

Lo studio di De Jaeger et al (2011) riguarda le amministrazioni locali delle Fiandre (Belgio) e ha l’obiettivo di valutare l’impatto di alcune scelte concernenti le politiche adottate localmente. L’efficienza tecnica è misurata tramite DEA *input-oriented* a rendimenti di scala costanti. Vengono considerati un input (costo della raccolta e smaltimento) e alcuni output concernenti le quantità di rifiuti raccolti, in complesso e per quattro tipologie di raccolta differenziata. Le variabili ambientali considerate sono il totale della popolazione, la sua densità, l’incidenza delle classi di età estreme (anziani e bambini), il reddito mediano, la percentuale di elettori dei partiti di sinistra. Tali variabili vengono sia considerate tra gli input della DEA che utilizzate in un secondo stadio come variabili esplicative nell’ambito di un modello di regressione Tobit in cui le misure di efficienza derivate dalla DEA sono la variabile da spiegare. L’incidenza delle diverse politiche locali – prezzi, frequenza della raccolta, adesione ad accordi volontari di cooperazione con il governo regionale, partecipazione a *joint venture* intercomunali – sulla efficienza del servizio viene analizzata suddividendo le amministrazioni locali in gruppi omogenei secondo le politiche adottate e analizzando la differenza tra tali gruppi in termini di valori medi delle misure di efficienza tecnica ottenute dalla DEA, oppure attraverso una tecnica di *matching*.

L’analisi comparativa della efficienza delle imprese che gestiscono alcune fasi del servizio, dal trasporto al trattamento, costituisce l’oggetto del lavoro di Simões & Marques (2009) relativo al caso portoghese. La DEA viene impiegata nella versione *input-oriented* e a rendimenti di scala variabili, con separazione delle misure di efficienza in efficienza tecnica

pura e efficienza di scala. Vengono considerati due output (quantità di rifiuti trasportati in complesso e quantità di rifiuti riciclati), due input (costo del capitale impiegato e costo operativo e di manutenzione) e tre variabili di contesto, relative all'area di operatività dei soggetti gestori (densità della popolazione, Pil per abitante a livello regionale, distanza media dagli impianti di smaltimento). Queste ultime sono utilizzate nel secondo stadio dell'analisi quali variabili esplicative di un modello Tobit relativo alle misure di efficienza ottenute tramite DEA.

3.3.2 Specificazione del modello

La valutazione dell'efficienza a livello comunale dei servizi di igiene urbana si basa sulla specificazione di una funzione di costo in cui gli output sono una serie di variabili caratterizzanti il settore e l'input è il costo totale di erogazione del servizio. La complessità del fenomeno indagato ha imposto di utilizzare un modello capace di tener conto delle molteplici dimensioni sia del processo industriale in senso stretto che degli ambiti in cui il processo viene ad essere realizzato. Un processo industriale come quello della raccolta, trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi urbani è infatti profondamente influenzato dal contesto ambientale ed istituzionale in cui si svolge. Conseguentemente, differenze apprezzabili nel contesto operativo possono inficiare in modo molto rilevante l'operazione di *benchmarking* connaturata al processo di valutazione dell'efficienza. Compatibilmente con l'informazione statistica disponibile, la scelta è stata dunque quella di valutare sia il processo produttivo del servizio, descritto attraverso le variabili di input (un'unica variabile) e di output (quattro variabili) riportate, con le relative fonti, nella tabella 7, sia l'influenza del contesto ambientale, descritto attraverso le nove variabili riportate, anch'esse con le relative fonti, nella tabella 8.

Il costo totale di erogazione del servizio sostenuto dalla municipalità relativamente alla gestione dei rifiuti¹⁹ è un input assolutamente omogeneo tra tutte le unità indagate, grazie al livello di dettaglio che caratterizza i Certificati di Conto Consuntivo dei Comuni²⁰. Il lato della produzione è invece caratterizzato utilizzando sia informazioni quantitative (il totale di rifiuti raccolti) che qualitative (la quantità di rifiuti raccolto in modo differenziato, la quota di rifiuti non consegnati in discarica, la percentuale di popolazione servita dal servizio di igiene urbana).

¹⁹ Questa voce di spesa è inclusa nella macro funzione "Gestione del territorio e dell'Ambiente" insieme alle voci: Urbanistica e gestione del territorio; Edilizia residenziale pubblica e locale e piani di edilizia economico-popolare; Servizio idrico integrato.

²⁰ Per gli aspetti legati al passaggio dalla Tarsu alla TIA si rimanda al paragrafo successivo.

Tabella 7 - Variabili di input e output

Input		Output	
Variabile	Periodo Scala e Fonte	Variabile	Periodo Scala e Fonte
		Rifiuti raccolti (q.li)	2000 – 2007
Costo di esercizio per i rifiuti tratto dai Certificati di Conto Consuntivo dei Comuni	2000-2007	Comunale (Ministero dell'Interno-Finanza Locale & Utilitatis) Rifiuti raccolti con la differenziata (q.li)	2000 – 2007
		Raccolta non in discarica (%)	2000 – 2007
		Popolazione servita (%)	2000 – 2007

Per quanto riguarda, infine, la caratterizzazione del contesto operativo, sono state considerate nove variabili rappresentative delle caratteristiche insediative, urbanistiche, demografiche e socio economiche²¹. Con riferimento alle prime, le variabili prese in considerazione danno conto della densità abitativa, della percentuale delle case sparse e del grado di dispersione complessivo della popolazione sul territorio comunale. La variabile relativa ai centri e ai nuclei è computata come dispersione insediativa, intesa come rapporto tra superficie e residenti dei centri e/o nuclei moltiplicata per la distanza del centro e/o nucleo dal centro del comune²². La connotazione dei comuni sotto il profilo urbanistico è descritta dalla densità delle aree verdi, dalla diffusione delle isole pedonali e dall'estensione delle strade interne ed esterne. Si tratta di aspetti che condizionano l'erogazione del servizio a causa sia della maggiore o minore difficoltà di gestione che della composizione dei rifiuti. Un aspetto molto rilevante da prendere in considerazione è la connotazione turistica dei diversi comuni. E' evidente infatti che maggiore è il flusso turistico più oneroso risulta il servizio, in particolare se il fenomeno è caratterizzato da

²¹ Tipicamente, nelle analisi di efficienza totale condotte sulle municipalità (per i riferimenti si rimanda al par. 3.3.1) l'ambiente operativo è caratterizzato includendo anche variabili politiche e di fiscalità. In questo contesto si è deciso di omettere queste variabili perché di difficile interpretazioni rispetto ad un singolo servizio. Ad esempio, il grado di autonomia fiscale, tipica variabile di controllo utilizzata, data dal rapporto tra le entrate proprie e il gettito totale, ha poco senso per un servizio che è quasi interamente gestito in autonomia. Analogo ragionamento può essere fatto per variabili di tipo politico (mandato del sindaco, vittoria al primo turno del sindaco) che sono più connesse all'efficienza complessiva del municipio piuttosto che a quella di un singolo servizio.

²² Appare evidente che questa variabile assume valori elevati nel caso in cui i centri e i nuclei presentano una popolazione dispersa e sono anche distanti dal centro del comune. Una situazione di questo tipo penalizza chiaramente l'erogazione del servizio.

stagionalità, poiché in tal caso il servizio risente dei periodi di picco, ai quali deve far fronte, sovente, sovradimensionando le strutture, che risulteranno poi sottoutilizzate nei restanti periodi dell'anno.

Tabella 8 - Variabili di caratterizzazione del contesto ambientale

Input non discrezionali					
Variabile	Periodo	Scala e Fonte	Variabile	Periodo	Scala e Fonte
Popolazione residente	2000 - 2007	Comunale (ISTAT)	Strade esterne	2001 e 2005	Comunale (ANCI)
Nr. nuclei familiari	2000 - 2005	Comunale (ISTAT)	Superficie verde urbano	2000 - 2005	Comunale (ISTAT)
Superficie totale	2001 e 2005	Comunale (ISTAT)	Estensione delle isole pedonali	2000 - 2005	Comunale (ISTAT)
Superficie urbana	2001 e 2005	Comunale (ISTAT)	Nr. di posti letto offerta turistica	2003 - 2007	Provinciale (ISTAT)
Case sparse	2001	Comunale (ISTAT)	Indice stagionalità flussi turistici	2003 - 2007	Provinciale (ISTAT)
Indice dispersione centri e nuclei abitativi	2001	Nostra elab. su dati ISTAT (Comunale)	Tasso di occupazione	2000 - 2007	Provinciale (ISTAT)
Strade interne	2001 e 2005	Comunale (ANCI)	PIL pro capite	2000 - 2007	Provinciale (ISTAT)

Infine sono state considerate tre variabili che in modo diverso pure impattano sulla produzione dei rifiuti: due rappresentative del livello di sviluppo economico e occupazionale, il PIL pro capite e il tasso di occupazione, entrambe disponibili solo a livello provinciale; una rappresentativa di un importante aspetto demografico, la dimensione media dei nuclei famigliari, disponibile invece a livello comunale.

3.3.3 Analisi preliminare dei dati

Prima di passare ad una sintetica analisi descrittiva delle variabili considerate nell'analisi di efficienza, è necessario un cenno sul problema dei *missing values* e sul relativo trattamento. Il problema ha riguardato in particolare le spese sostenute dai comuni per la gestione dei rifiuti ed è legato al fatto che un numero apprezzabile di comuni è passato dalla tassazione (TARSU) ad un regime tariffario (TIA)²³. Tale cambiamento

²³ I 14 casi di cambiamenti di regime sono così ripartiti temporalmente: 2000, 2 comuni; 2002, 1 comune; 2003, 4 comuni; 2004, 1 comune; 2005, 2 comuni; 2006, 4 comuni.

implica che le spese per la gestione dei rifiuti non si ritrovino più tra le pieghe dei bilanci comunali ma siano rintracciabili nei bilanci dei soggetti gestori del servizio. Nel nostro caso di studio si è provveduto ad integrare le informazioni mancanti utilizzando i dati Utilitatis e, in alcuni casi, contattando direttamente le imprese coinvolte nella gestione del servizio²⁴.

Una non trascurabile disomogeneità dimensionale tra i comuni compresi nel campione analizzato emerge chiaramente dalle statistiche descrittive delle variabili di input e di output riportate nella tabella 9. Il costo totale del servizio varia infatti da 5,2 a 31,2 milioni di euro (quasi sei volte), così come poco più di sei è il rapporto tra il massimo e il minimo anche in termini di raccolta complessiva di rifiuti. Per le variabili rappresentative della qualità del servizio l'eterogeneità è talvolta ancora maggiore (ad esempio, la percentuale di smaltimento non in discarica varia dall'8 al 95 per cento). Per quanto riguarda le variabili di contesto la tabella 10 mostra una notevole eterogeneità per quanto concerne, da un lato, la densità della popolazione e delle case sparse e l'indice di dispersione e, dall'altro, l'entità e i caratteri del fenomeno turistico.

3.3.4 Stima del modello e interpretazione dei risultati

I dati precedentemente descritti sono stati utilizzati nell'analisi a due stadi illustrata nel paragrafo 2.2 e nella sezione A.2 dell'Appendice. Il primo stadio prevede il computo dei punteggi di efficienza, utilizzando l'informazione di tutti i 23 comuni. In via preliminare è stata condotta un'analisi sulla eventuale presenza di *outliers*, ma le procedure utilizzate non hanno supportato la presenza di osservazioni anomale²⁵.

²⁴ Oltre al problema dei costi sostenuti per lo smaltimento dei rifiuti, alcuni problemi di dati mancanti si sono riscontrati con riferimento agli indicatori di qualità urbana, per risolvere i quali si sono in genere incrociati i dati Istat con quelli di fonte Legambiente e ANCI.Tel. In altre circostanze si è dovuto ripiegare su dati provinciali.

²⁵ La scelta di comuni con caratteristiche simili si prefiggeva proprio di ottenere un campione "omogeneo" e le procedure impiegate hanno consentito di verificare la comparabilità delle unità selezionate. Nel dettaglio si sono utilizzati i metodi proposti da Wilson (1993), Cazals et al. (2002) e Tran et al. (2008). I risultati sono concordi nel non individuare in modo unanime dei possibili *outliers*; infatti nessun comune è individuato come tale dai tre metodi. Per brevità non si riportano i risultati, che sono tuttavia a disposizione su richiesta.

Tabella 9 - Statistiche descrittive delle variabili di input e output

Variabile	Sigla	Tipo	Min	Media	Max	Mediana	Dev. St.	C.V.
Costo totale	CosT	input ⁽ⁱ⁾	5,24	17,02	31,18	16,55	7,91	0,46
RSU raccolti	RSU	output ⁽ⁱⁱ⁾	20,82	74,02	136,85	62,66	34,20	0,46
RSU differenziata	RSUD	output ⁽ⁱⁱ⁾	2,04	20,63	49,15	21,70	12,80	0,62
RSU recuperati	RSUR	output ⁽ⁱⁱ⁾	1,83	17,81	54,47	12,35	14,29	0,80
RSU differenziata	RSUDp	output ⁽ⁱⁱⁱ⁾	0,07	0,26	0,42	0,26	0,08	0,32
RSU recuperati	RSURp	output ⁽ⁱⁱⁱ⁾	0,08	0,22	0,54	0,21	0,11	0,48
RSU no scarica	RSU NDp	output ⁽ⁱⁱⁱ⁾	0,08	0,54	0,95	0,63	0,27	0,51
Popolazione servita	PS RSU p	output ⁽ⁱⁱⁱ⁾	0,61	0,93	1,00	1,00	0,11	0,12

N.B.: ⁽ⁱ⁾ in MIO EUR; ⁽ⁱⁱ⁾ in MIO di KG; ⁽ⁱⁱⁱ⁾ in frazione unitaria.

Tabella 10 - Statistiche descrittive delle variabili di contesto

Variabile	Sigla	U.M.	Min	Media	Max	Mediana	C.V.
Assolute							
Pop. Residente	Res	N. (000)	42,0	107,5	178,4	100,8	0,41
Nuclei familiari	Fam	N. (000)	17,1	45,8	79,8	43,1	0,43
Superficie totale	SupT	kmq	92,7	240,0	652,9	185,5	0,63
Superficie urbana	SupU	kmq	7,9	30,0	90,0	30,0	0,60
Case sparse	CaSp	N.	371	2355,6	7105,0	2375,0	0,65
Strade interne	StrI	km	50,0	274,0	980,0	235,6	0,75
Strade esterne	StrE	km	117	308,2	834,3	266,0	0,56
Strade in totale	StrT	km	185	582,2	1448,0	522,6	0,53
Sup. isole pedonali	Ped	kmq	0,0	0,4	1,6	0,2	1,11
Sup. verde urbano	Vus	kmq	3,8	246,7	1493,0	35,2	1,76
Posti letto ric. tur.	Ric	N.	779	9694	72644	2907	1,68
Percentuali							
Quota case sparse	QCaSp	%	0,1%	5,8%	13,1%	5,5%	62,1%
Quota sup. urbana	QSuUr	%	1,7%	15,6%	44,7%	15,0%	63,7%
Tasso occupazione ^(a)	Occ	%	31,3%	44,4%	51,8%	45,4%	11,9%
Pro-capite							
Prod. Int. Lordo ^(a)	PIL	€(000)/ab	16,2	21,93	27,53	21,80	0,14
Disp. verde urbano	Vud	mq/ab	0,12	11,84	71,78	1,95	1,47
Disp. isole pedonali	Ipd	mq/ab	0,24	4,38	24,11	2,28	1,32
Ricettività pro capite	Ricd	N/ab(000)	11,2	93,52	546,10	24,86	1,46
Densità							
Densità abitativa	Dens	ab/kmq	148	595	1828	481	0,70
Densità case sparse	DCaSp	ab/kmq	3,22	10,51	29,73	9,10	0,55
Densità strade totale	DStrTo	km/kmq	0,48	3,08	6,83	2,88	0,58
Altri indicatori							
Dispersione	Disp	kmc/ab ⁽ⁱ⁾	11,5	227,80	771,06	205,66	0,79
Indice stagionalità ^(a)	Stag	n.p. ⁽ⁱⁱ⁾	2,65	24,93	82,99	19,22	0,93

N.B. ^(a) dati provinciali; ⁽ⁱ⁾ il grado di dispersione dei centri e nuclei è moltiplicata per la distanza degli agglomerati dal centro del comune; ⁽ⁱⁱ⁾ rapporto tra la presenza massima mensile e quella minima

La stima dell'*overall cost efficiency* è stata eseguita computando tre modelli non parametrici: la DEA sotto l'ipotesi di RSV e sotto l'ipotesi di RSNC e un modello di Free Hull Disposal (FDH). Questa scelta di effettuare l'analisi con una pluralità di modelli consente di avere utili elementi di giudizio sulla robustezza dei risultati ottenuti. A tal fine, inoltre, per ognuno dei tre modelli si sono prodotte 2000 replicazioni attraverso una procedura *bootstrap*, finalizzate a ottenere una misura della confidenza del valore computato. La Tabella 11 presenta i risultati di tutti i modelli computati, siano essi corretti o meno per le variabili ambientali. Il modello originale evidenzia una elevata eterogeneità, con livelli di inefficienza compresi tra 1,005 (FDH) e 2,28 (DEA-RSNC).

Tabella 11- Misure di efficienza per i diversi modelli computati

Comuni	Non aggiustati per variabili discrezionali				Aggiustati			
	FDH ^(a)	DEA RSNC _r ^(a)	DEA RSV ^(a)	l.inf	l.sup	DEA RSV ^(b)	l.inf	l.sup
AN	1,983	2,286	2,180	1,849	2,512	1,801	1,527	2,075
AR	1,130	1,849	1,700	1,368	2,032	1,220	1,000	1,459
AP	1,238	1,847	1,683	1,351	2,015	1,279	1,027	1,531
FE	1,408	1,740	1,553	1,221	1,884	1,174	1,000	1,425
FO	1,005	1,230	1,136	1,000	1,468	1,043	1,000	1,347
GR	1,557	2,245	2,116	1,784	2,447	1,707	1,440	1,975
LI	1,800	2,124	2,018	1,686	2,349	2,203	1,841	2,565
LU	1,248	1,576	1,452	1,121	1,784	1,142	1,000	1,403
MC	1,122	1,386	1,215	1,000	1,547	1,068	1,000	1,359
MS	1,352	1,852	1,746	1,414	2,078	1,828	1,481	2,175
MO	1,424	1,635	1,536	1,204	1,868	1,169	1,000	1,421
PR	1,076	1,297	1,089	1,000	1,420	1,028	1,000	1,341
PG	1,265	1,531	1,374	1,042	1,706	1,118	1,000	1,388
PS	1,236	1,387	1,293	1,000	1,625	1,092	1,000	1,373
PI	1,181	1,591	1,486	1,155	1,818	1,504	1,169	1,840
PO	1,245	1,487	1,343	1,011	1,674	1,108	1,000	1,382
RA	1,350	1,588	1,441	1,109	1,773	1,250	1,000	1,538
RE	1,028	1,321	1,186	1,000	1,517	1,058	1,000	1,355
RI	1,761	2,098	1,996	1,664	2,328	1,713	1,428	1,997
RN	1,642	2,019	1,927	1,596	2,259	1,846	1,528	2,164
SI	1,041	1,231	1,116	1,000	1,448	1,037	1,000	1,345
TR	1,099	1,387	1,287	1,000	1,619	1,370	1,065	1,723
VT	1,286	1,815	1,668	1,336	1,999	1,677	1,343	2,010

^(a) Punteggi ottenuti con 2000 replicazioni; ^(b) Punteggi ottenuti con 3000 replicazioni.

Tuttavia, dal punto di vista teorico è bene giungere a definire il modello che meglio è in grado di interpretare i dati disponibili²⁶. Attraverso le

²⁶ I tre modelli stimati (FDH, DEA-RSNC, DEA-RSV), pur sotto ipotesi di rendimenti e di convessità diverse, conducono a graduatorie abbastanza concordi. Infatti, i coefficienti di cograduazione di Spearman sono superiori a 0,80 e altamente significativi. Nel dettaglio i

procedure bootstrap descritte in appendice (sezione A.3) si sono testate le ipotesi riportate nella figura 7 (Bogetoft e Otto, 2011, pp. 161-171).

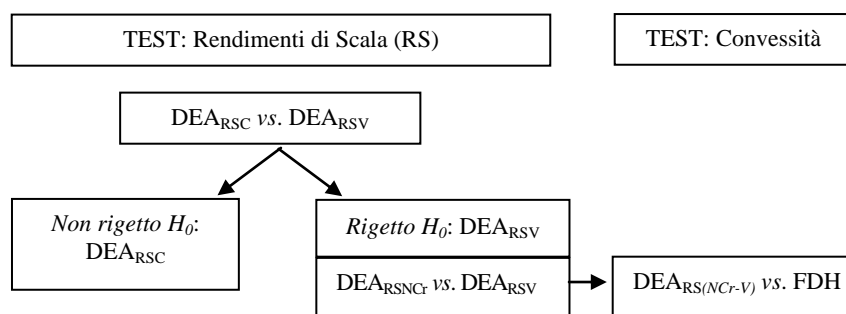


Figura 7 - Struttura delle ipotesi testate

L'esito della sequenza di test conduce a scegliere l'ipotesi di rendimenti di scala variabili come quella più coerente con i dati utilizzati, come si evince dalla tabella 12.

Tabella 12 - Test sulle ipotesi di rendimenti di scala e convessità

Ipotesi [H_0 vs. H_1]	T_{obs}	Valori critici			p -value*	H_0
		1%	5%	10%		
RSC vs. RSV	0,8064	0,8975	0,9192	0,9301	0,0014	Rigetto
RSNC vs. RSV	0,9341	0,9867	0,9906	0,9953	0,0058	Rigetto
RSV vs. FDH	0,7997	0,5649	0,6698	0,7715	0,1246	Non rigetto

Il p -value* è ottenuto con 3000 replicazioni

Sotto l'ipotesi di RSV si è proceduto a ricomputare i punteggi di efficienza e a definirne gli intervalli di confidenza²⁷. I risultati confermano quanto emerso dall'analisi precedente. Pur non risultando nessun comune pienamente efficiente, si osserva che sette municipalità hanno l'intervallo di confidenza che include la piena efficienza di costo (Forlì, Massa, Parma, Pesaro, Reggio Emilia e Siena), mentre Perugia (insieme a Prato) si colloca subito a ridosso delle *best practices*. I margini di miglioramento più ampi riguardano i comuni di Ancona, Grosseto, Livorno, Rieti e Rimini. Il contesto ambientale risulta tuttavia determinante

coefficienti sono tutti significati al 1% e i valori delle correlazioni di rango sono: RSV vs. RSNCr $r = 0,8992$; RSV vs. FDH $r = 0,8012$; RSNCr vs. FDH $r = 0,8214$.

²⁷ Il computo dei punteggi di efficienza e le stime del modello di regressione sono state eseguite con il package FEAR 1.15 "FEAR: Frontier Efficiency Analysis in R," copyright 2010, Paul W. Wilson per R – Cran. (<http://www.r-project.org>).

nell'influenzare i livelli di inefficienza dei municipi e quindi il sovra utilizzo delle risorse economico finanziarie nella gestione dei servizi di igiene urbana. Come già rilevato, un modo per tener conto di tale influenza è quello di regredire i punteggi di efficienza su un set di variabili esplicative del contesto ambientale. Tale operazione deve però tener conto del grado di indipendenza delle variabili del secondo stadio da quelle impiegate nel primo stadio (si veda la sezione A4 dell'Appendice) e quindi dagli stessi punteggi di efficienza. Per motivi di brevità non si riportano i risultati dettagliati (disponibili su richiesta) di tale analisi, ma se ne fornisce una breve sintesi. L'analisi evidenzia che le variabili non discrezionali relative alle densità non presentano particolari relazioni con gli *scores* d'efficienza (le osservazioni si collocano abbondantemente entro la banda di confidenza). Per le variabili pro capite emerge, invece, una blanda relazione che si discosta in modo leggermente più consistente dalla indipendenza, caratterizzandosi per un rapporto di monotonicità tra l'intensità della variabile e gli *scores*. Tuttavia, in termini generali, l'analisi condotta evidenzia legami contenuti tra variabili non discrezionali e punteggi di efficienza, confortandoci nell'utilizzo del set di variabili scelte. L'effetto delle variabili, in termini di impatto percentuale, è riportato nella tabella 13²⁸, limitatamente a quelle risultate statisticamente significative.

Tabella 13 – Stime dell'impatto delle variabili ambientali

Variabile ambientale		Coef. (%) Sign.
Nuclei familiari	Fam	0,10***
Prodotto interno lordo	PIL	0,47**
Superficie totale	SupT	0,97*
Superficie urbana	SupU	-0,76**
Densità abitativa	Dens	-0,44*
Indice di dispersione	Disp	1,96***
Strade totali	Str	-0,27**
Case sparse	CaSp	0,62**
Indice di stagionalità	Stag	13,64**

I risultati del secondo stadio confermano il ruolo giocato dal contesto ambientale. Particolarmente penalizzanti appaiono la presenza di flussi turistici temporalmente concentrati e una elevata dispersione della popolazione sul territorio, insieme all'ampiezza del territorio municipale e

²⁸ Per motivi di brevità non si riportano gli esiti completi, disponibili su richiesta, della regressione troncata con relativa procedura *bootstrap* attuata per tener conto della struttura dei dati utilizzati.

alla presenza di numerose case sparse. Per contro tendono a ridurre l'inefficienza, seppure in termini percentuali più contenuti, l'incidenza della superficie urbana e la densità abitativa. Livellate le differenze ambientali²⁹ – ponendo tutte le realtà nelle condizioni migliori attraverso i parametri stimati – è possibile computare una seconda procedura DEA, sempre sotto l'ipotesi di RSV, per ottenere i nuovi indici di efficienza e i relativi intervalli di confidenza. I risultati così ottenuti (ultime 3 colonne della tabella 11) appaiono più omogenei. Si riduce la dispersione dei punteggi, cinque realtà peggiorano il loro comportamento (quelle collocate nelle condizioni migliori) mentre altri sette municipi diventano pienamente efficienti. L'efficienza media del campione passa da 1,52 a 1,31 con un incremento di 0,2, il che significa una contrazione dei costi del 20 per cento.

4. Considerazioni conclusive

Nell'ambito delle riforme dei servizi pubblici locali in direzione di una maggiore apertura a logiche competitive è diventato sempre più necessario analizzare con metodologie adeguate i livelli di efficienza dei vari servizi. Una misurazione rigorosa della efficienza tecnico-economica è tuttavia resa complessa soprattutto dal fatto che vi influiscono le diverse condizioni del contesto in cui i servizi vengono prodotti ed erogati. In questo studio sono state illustrate le metodologie, in particolare la DEA, e i risultati delle due esperienze di analisi della efficienza tecnico-economica realizzate nell'ambito degli studi promossi dall'Osservatorio sui servizi pubblici locali del Comune di Perugia.

La prima esperienza di misurazione empirica dell'efficienza ha riguardato le farmacie comunali, per le quali un aspetto che rende complessa l'analisi è che esse svolgono, oltre alla attività commerciale, anche alcune funzioni di carattere sociale, il che ha richiesto una corrispondente articolazione delle analisi di efficienza tecnico-economica secondo diversi modelli, commerciale, sociale e misto. Il modello sociale ha evidenziato la sostanziale omogeneità e gli elevati standard conseguiti dall'insieme delle farmacie comunali, con una sola di esse che presenta un qualche margine di miglioramento, peraltro esiguo. I risultati relativi al modello commerciale hanno evidenziato una maggiore differenziazione, sia pure non particolarmente rilevante, nei livelli di efficienza.

Nello schema di analisi della efficienza delle farmacie non sono state tuttavia inserite le variabili di contesto, le più significative delle quali sono

²⁹ Per la modalità di correzione si rimanda alla sezione A.2 dell'appendice e a Fried et al. (1999; 2002).

di difficile rilevazione. Ma i risultati dell'analisi hanno mostrato che le poche situazioni di relativa inefficienza sono presumibilmente da attribuire proprio ad alcune caratteristiche sfavorevoli del contesto in cui esse si collocano, dal che si deduce che l'inserimento nel quadro analitico delle cosiddette variabili ambientali costituisce uno sviluppo auspicabile di questo studio. L'analisi dell'efficienza delle farmacie comunali andrebbe peraltro estesa ed approfondita anche da altri punti di vista, in particolare inserendovi la dimensione economica (efficienza allocativa), da un lato, e gli aspetti di qualità del servizio nella misura dell'output, dall'altro. Infine, trattandosi di analisi della efficienza relativa, i cui risultati sono notoriamente condizionati dalla ampiezza del campione analizzato, l'estensione dello studio a farmacie comunali di altri comuni (anche di altre regioni) e alle stesse farmacie private, sarebbe particolarmente utile al fine di collocare in una scala più ampia e significativa l'efficienza delle farmacie considerate in questo studio.

Nel secondo caso di studio, relativo ai servizi di igiene urbana, l'analisi della efficienza tecnico-economica è stata effettuata con l'obiettivo di mettere a confronto il Comune di Perugia con altri relativamente simili dell'Italia centrale. In questo caso, data la minore difficoltà di reperimento di adeguate variabili ambientali, l'analisi della efficienza relativa è stata condotta attraverso un approccio multi-stadio, inserendo nello schema di analisi un certo numero di variabili di contesto che possono condizionare l'efficienza dei servizi. I risultati hanno dimostrato che Perugia si colloca subito a ridosso delle realtà che fanno registrare i migliori livelli di efficienza relativa, confermando peraltro che le variabili di contesto influiscono in modo significativo sulle misure di efficienza. Particolarmente penalizzanti sono, da questo punto di vista, soprattutto la presenza di flussi turistici temporalmente concentrati, da un lato, e una elevata dispersione della popolazione sul territorio, la presenza di numerose case sparse e l'ampiezza del territorio municipale, dall'altro. Per contro tendono a ridurre l'inefficienza, seppure in misura relativamente contenuta, l'incidenza della superficie urbana e la densità abitativa.

In definitiva, anche per il servizio di igiene urbana, come per altri tipi di servizi, un assetto urbano che si avvicina alla forma ideale della città compatta rende il servizio più efficiente e quindi potenzialmente meno costoso per i cittadini. I flussi turistici, d'altro canto, che sono uno dei motori dell'economia delle città, soprattutto quando sono concentrati in brevi periodi dell'anno comportano anche dei costi – in parte proprio in termini di necessità di potenziamento dei servizi ambientali e di igiene urbana – che la collettività cittadina è chiamata indirettamente a sostenere, il che giustifica qualche riflessione sulla opportunità di introdurre forme di contribuzione alle spese di gestione delle città da parte dei turisti.

Bibliografia

- Balaguer-Coll M.T., Prior E., Tortosa-Ausina E. (2007), On the Determinants of Local Government Performance: A Two-stage Nonparametric Approach, *European Economic Review*, 51, 2: 425-451.
- Banker R.D., Charnes A, Cooper WW (1984), Some Models for the Estimation of Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 30, 9: 1078-1092.
- Banker R.D. (1996), Hypothesis Tests Using Data Envelopment Analysis, *Journal of Productivity Analysis*, 7, 2-3: 139-159.
- Banker R.D., Morey R. D. (1986), The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 32, 12: 1613-1627.
- Barnum D.T., Gleason J.M. (2008), Bias and Precision in the DEA Two-stage Method, *Applied Economics*, 40, 18: 2305-2311.
- Barnum D.T., Tandon S., McNeil S. (2008a), Comparing the Performance of Bus Routes after Adjusting for the Environment Using Data Envelopment Analysis, *Journal of Transportation of Engineering*, 134, 2: 77-85.
- Barnum D.T., Gleason J.M., Brendon H. (2008b), Estimating DEA Confidence Intervals for Canadian Urban Paratransit Agencies Using Panel Data Analysis. Chicago: University of Illinois, *Great Cities Institute Working Paper* n. GCP-08-01.
- Barnum D.T., Shields K.L., Walton S.M. e Schumock G.T. (2011), Improving the Efficiency of Distributive and Clinical Services in Hospital Pharmacy, *Journal of Medical Systems*, 35: 591-597.
- Benvenuti M., Gennari E. (2008), Il servizio idrico in Italia: stato di attuazione della legge Galli ed efficienza delle gestioni, Banca d'Italia, *Questioni di Economia e Finanza*, n. 23.
- Bigerna S., Polinori, P. (2010) Ambiente Operativo ed Efficienza nel Settore del Trasporto Pubblico Locale in Italia, *Italian Journal of Regional Science*, 9, 3: XX XX 85 – 118.
- Bogetoft P. e Otto L. (2011), *Benchmarking with DEA, SFA, and R*, Springer New York Dordrecht Heidelberg London.
- Boame A.K. (2004), The Technical Efficiency of Canadian Urban Transit System, *Transportation Research Part-E*, 40, 5: 401-416.
- Boetti L, Piacenza M, Turati G (2010) Decentralization and Local Government's Performance: How Does Fiscal Autonomy Affect Spending Efficiency? Department of Economics and Public Finance «G. Prato», University of Turin, *Working Paper Series*, No. 11/2010.
- Bosch N., Pedraja F. e Suárez-Pandiello J. (2000), Measuring the efficiency in Spanish municipal refuse collection services, *Local Government Studies*, Vol, 26, n. 3.

- Bosch N., Pedraja F. e Suárez-Pandiello J. (2001), *The efficiency of refuse collection services in Spanish municipalities: do non-controllable variables matter?*, Document de treball 2001/4, Institut d'Economia de Barcelona.
- Bradford D.F., Malt R.A. e Oates W.E. (1969), The Rising Cost of Local Public Services: Some Evidence and Reflections, *National Tax Journal*, Vol. XXII, n. 2, 185-202.
- Bripi P., Carmignani A. e Giordano R. (2011), La qualità dei servizi pubblici in Italia, *Questioni di Economia e Finanza*, n. 84.
- Buzzo Margari B., Erbetta F., Petraglia C., Piacenza M. (2007), Regulatory and Environmental Effects on Public Transit Efficiency: A Mixed DEA-SFA Approach, *Journal of Regulatory Economics*, 32, 2: 131-151.
- Camanho A.S., Portela M.C., Vaz C.B. (2009), Efficiency Analysis Accounting for Internal and External Nondiscretionary Factors, *Computers and Operations Research*, 36, 5: 1591-1601.
- Cazals C., Florans J.P., Simar L. (2002), Nonparametric Frontier Estimation: A Robust Approach, *Journal of Econometrics*, 106, 1: 1-25.
- Coelli T., Prasada Rao D.S., Battese G.E. (1998), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. (2007), *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, 2nd Edition*, Springer-Verlag, New York.
- Daraio C., Simar L. (2005), Introducing Environmental Variables in Nonparametric Frontier Models: a Probabilistic Approach. *Journal of Productivity Analysis*, 24, 1: 93-121.
- Delgado F. J. (2005), Measuring efficiency with neural network. An application to the public sector, *Economic Bulletin*, vol, 3, n. 15: 1-10.
- De Borger B. and Kerstens K. (1996), Cost Efficiency of Belgian Local Governments: A Comparative Analysis of FDH, DEA, and Econometric Approaches, *Regional Science and Urban Economics*, 26, 2: 145-170.
- De Jaeger S., Eyckmans J., Rogge N., van Puyenbroeck T. (2011), Wasteful waste-reducing policies? The impact of waste reduction policy instrument on collection and processing cost of municipal solid waste, *Waste Management*, 31: 1429-1440.
- Dijkgraaf E., Gradus R.H.J.M. (2003), Cost Saving of Contracting Out Refuse Collection, *Empirica*, 30: 149-161.
- Dunn W.N. (2004) *Public Policy Analysis: An Introduction*, Pearson Prentice Hall, New Jersey.

- Färe R., Grosskopf S. e Knox-Lovell C.A. (1994), *The Measurement of Efficiency of Production*, Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston.
- Färe R., Grosskopf S. e Kikkelenberg E.C. (1989), Measuring Plant Capacity, Utilization and Technical Change: A Nonparametric Approach, *International Economic Review*, 30, n. 3, pp. 655-666.
- Färe R., Grosskopf S., Lindgren Y. and Roos P. (1992), Productivity changes in Swedish pharmacies 1980–1989: A non-parametric Malmquist approach, *Journal of Productivity Analysis*, 3, 1/2: 85-101.
- Färe R., Grosskopf S. e Knox-Lovell C.A. (1994), *Production Frontiers*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Färe R., Grosskopf S. e Roos P. (1995), Productivity and quality changes in Swedish pharmacies, *International Journal of Production Economics*, 39, 1/2: 137-144.
- Farrell M.J. (1957), The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120, n. 3, 1957.
- Fisher N.I. e Switzer P. (1985), Chi-plots for Assessing Dependence, *Biometrika*, 72, 2: 253-265.
- Fisher N.I. e Switzer P. (2001), Graphical Assessment of Dependence: Is a Picture Worth 100 Tests?, *The American Statistician*, 55, 3: 233-239.
- Fried H.O., Knox-Lovell C.A. e Schmidt S. (eds.) (1993), *The Measurement of Productive Efficiency - Techniques and Applications*, Oxford University Press, Oxford.
- Fried H.O., Schmidt S. e Yaisawarng S. (1999), Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency, *Journal of Productivity Analysis*, 12, 3: 249-267.
- Fried H.O., Knox-Lovell C.A., Schmidt S., Yaisawarng S. (2002), Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis, *Journal of Productivity Analysis*, 17, 1: 157-174.
- Gazzei D.S., Lemmi A., Viviani A. (1997), *Misure statistiche di performance produttiva. Un percorso di metodi e di evidenze empiriche*, CLEUP, Padova.
- Germà B., Mildred W. (2008), Does privatization of solid waste and water services reduce costs? A review of empirical studies, *Resources, Conservation and Recycling*, 52: 1337-1348.
- Grosskopf S. (1996), Statistical Interference and Nonparametric Efficiency: A Selective Survey, *Journal of Productivity Analysis*, 7, 2-3: 161-176.
- Hirsh W.Z. (1965), Cost Function of an Urban Government Service: Refuse Collection, *The Review of Economics and statistics*, 47, n.1: 87-92.

- Hollingsworth, B. (2003) Non-parametric and parametric applications measuring efficiency in health care, *Health Care Management Science*, Vol. 6, n. 4: 203-218
- Hollingsworth, B. (2008) The measurement of efficiency and productivity of health care delivery, *Health Economics*: Vol. 17, n. 10: 1107-1128.
- Hollingsworth B., Dawson P.J. e Maniadakis N. (1999), Efficiency measurement of health care: a review of non-parametric methods and applications, *Health Care Management Science*, Vol. 2, n.3: 161-172.
- Koopmans TC (1951) Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. In: Koopmans TC (Ed.) *Activity Analysis of Production and Allocation*, New York: John Wiley & Sons, 33-97.
- Kumbhakar S.C. e Knox-Lovell C.A., (2000), *Stochastic frontier analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Knox-Lovell C.A., (1993) Production function and productive efficiency, in Fried H.O., Knox-Lovell C.A. e Schmidt S.S. (Eds.), *The measurement of productive efficiency – Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York.
- Muñiz M.A., Paradi J., Ruggiero J., Yang Z. (2006), Evaluating Alternative DEA Models Used to Control for Nondiscretionary Inputs, *Computers and Operations Research*, 33, 5: 1173-1183.
- Rattanachotphanit T., Limwattananon C., Limwattananon S., Johns J.R., Schommer J.C. e Brown L.M. (2008), Assessing the efficiency of hospital pharmacy services in Thai public district hospitals, *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, Vol. 39, n. 4: 753 – 765.
- Ray S.C. (2004) *Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operations Research*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ruggiero J. (1996), On the Measurement of Technical Efficiency in the Public Sector, *European Journal of Operational Research*, 90, 3: 553-565.
- Ruggiero J. (2004), Performance Evaluation in Education: Modeling Educational Production. In: Cooper W.W., Seiford L.M., Zhu J. (eds.), *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 323-348.
- Sangkyu R., Jungnam A. (2007), Evaluating the Efficiency of a Two-stage Production Process Using Data Envelopment Analysis, *International Transaction in Operational Research*, 14, 5: 395-410.
- Shepard, R. W. (1953): *Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton.
- Simar L. (2003), Detecting Outliers in Frontier Models: A Simple Approach, *Journal of Productivity Analysis*, 20, 3: 391-424.

- Simar L., Wilson P.W. (2007), Estimation and Inference in Two-stage, Semi-parametric Models of Productions Process, *Journal of Econometrics*, 136, 1: 31-64.
- Simões P. e Marques R.C., (2009), Avaliação do desempenho dos serviços de resíduos urbanos em Portugal - Performance evaluation of Portuguese solid waste services, *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, Vol. 14, n. 2: 285-294.
- Staat M. (2001), The Effect of Sample Size on the Mean Efficiency in DEA: Comment, *Journal of Productivity Analysis*, 15, 2: 129-137.
- Timmer C.P. (1971), Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency, *Journal of Political Economy*, 79, 4: 776-794.
- Tran N.A., Shively G., Preckel P. (2008), A New Method for Detecting Outliers in DEA, *Applied Economics Letters*, 17, 4: 313-316.
- Wilson P.W. (1993), Detecting Outliers in Deterministic Nonparametric Frontier Models with Multiple Outputs, *Journal of Business and Economic Statistics*, 11, 3: 319-323
- Wilson P.W. (2003), Testing Independence in Models of Productive Efficiency, *Journal of Productivity Analysis*, 20, 3: 361-390.
- Wilson P.W. (2007), FEAR: A Package for Frontier Efficiency Analysis with R, *Socio-Economic Planning Sciences*, 42, 4: 247-254.
- Worthington A.C., Dollery B.E. (2001), Measuring Efficiency in Local Government: an Analysis of New South Wales Municipalities' Domestic Waste Management Function, *Policy Studies Journal*, 29, n. 2: 232-249.

Appendice metodologica

A.1 DEA efficienza tecnica output-oriented

In un contesto *output-oriented* la specificazione relativa alla superficie di inviluppo, relativamente più parsimoniosa in termini di numerosità dei vincoli, è rappresentata nelle seguenti due modalità in funzione dei rendimenti di scala ipotizzati [a1.1] e [a1.2]:

$$\begin{array}{ll}
 ET_i = \max_{\phi, \lambda} \phi, & ET_i = \max_{\phi, \lambda} \phi, \\
 s.to: & -\phi y_i + Y\lambda \geq 0 \\
 & x_i - X\lambda \geq 0 \\
 & \lambda \geq 0 \\
 & N1'\lambda = 1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{array}$$

dove $X_{(K*N)}$ è la matrice degli input, $Y_{(M*N)}$ è la matrice degli output e x_i e y_i sono i vettori colonna che individuano nello spazio la i -esima unità di

produzione con $i = (1, \dots, N)$; $\lambda_{(N^*)}$ è un vettore di costanti, $N^1 \lambda = 1$ rappresenta il vincolo di convessità, assente nella formulazione con RSC mentre ϕ è uno scalare che indica il livello di efficienza raggiunto dall'unità i -esima.

A.2 Two stages overall cost efficiency

Ipotizziamo che (Ray, 2004; Cooper et al, 2007) ogni unità produttiva usi J fattori produttivi per produrre K prodotti e che le usuali assunzioni microeconomiche sulla funzione di produzione siano soddisfatte. Il processo produttivo può scriversi come:

$$PP(y) = \{x|y \leq Yz; x \geq Xz; z \in \Psi\} \quad [a2.1]$$

dove $Y_{(K \times N)}$ è la matrice degli output, $X_{(J \times N)}$ è la matrice degli input mentre $Z_{(N \times 1)}$ è il vettore che consente di definire i tipi di rendimenti, infatti sotto l'ipotesi di RSC avremo che $\{z|z \geq 0\}$ mentre sotto l'ipotesi di RSV avremo che $\{z|z_i = 1\}$, dove i è un vettore identità. Se le unità ricorrono agli stessi mercati dei fattori e quindi pagano gli stessi prezzi è possibile scrivere la corrispondente funzione di costo totale:

$$CT(y) = \{ct|y \leq Yz; ct \geq CTz; z \in \Psi\} \quad [a2.2]$$

dove $ct = p^T x$ è il budget complessivo dell'unità produttiva e $p = (p_1, \dots, p_j)$ è il vettore dei prezzi non noto ma comune a tutte le unità di produzione (Färe et al. 1984, p. 64). Per computare la *overall cost efficiency* è sufficiente risolvere il seguente problema di minimizzazione vincolata:

$$\begin{aligned} \theta^i &= \min_{\lambda, z} \lambda \\ \text{s.to: } \lambda ct^i &\geq CTz \end{aligned} \quad [a2.3]$$

$$y^i \leq Yz, z \in \Psi, \lambda > 0$$

che conduce a definire le misure di efficienza di Farrell (1957), che possono essere utilmente convertite nelle misure di Sheppard (1953). Queste misure sono regredite secondo la:

$$\theta^i = g^k(z_i, \beta^k) + u_{ki}$$

assumendo che:

$$\theta^i = \begin{cases} z_i + u_{ki} & \text{se } z_i + u_{ki} \geq c_i \\ \text{sconosciuto} & \text{se } < c_i \end{cases}$$

dove z_i sono le covariate che caratterizzano il contesto ambientale e

$$u_{ik} \sim N^+\left(\mu_i, \sigma_{ui}^2\right)$$

è il termine di disturbo. Per ricalcolare i nuovi punteggi si può operare sugli input attraverso la stessa procedura ma utilizzando l'ammontare complessivo di *slacks* associata ad ogni input secondo questi tre passaggi:

i) nel primo stadio si conduce un'analisi DEA *input-oriented*, multi-input e multi-output, che consente di ottenere oltre ai livelli di inefficienza anche i livelli di *slack* (radiali e non) distinti per input ed associati ad ogni unità; *ii*) l'ammontare complessivo di *slack* associato ad ogni input è regredito su un set di variabili "esogene", esplicative dei termini di inefficienza. Attraverso i coefficienti stimati si procede all'aggiustamento degli input originari rispetto alle condizioni ambientali; *iii*) il terzo passo prevede l'utilizzo degli "input aggiustati" al fine di calcolare nuovamente i livelli di efficienza delle singole unità.

A.3 Test per forma funzionale e rendimenti

A partire dai contributi iniziali di Banker et al (1984) e Banker (1996) l'approccio più diffuso è quello che utilizza i momenti della distribuzione. Simar e Wilson (2007) hanno esteso questo approccio mediante l'applicazioni di procedure bootstrap relativamente ai test per la specificazione del modello, con una procedura che è valida anche senza considerare l'ipotesi di convessità. Vengono considerate le due usuali ipotesi [H_0 e H_1] rispetto ad una statistica t che è data dal rapporto tra le misure di efficienza calcolate sotto diverse assunzioni. Formalmente la statistica è ottenuta mediante una procedura di bootstrap in cui vengono generati B pseudo-campioni sotto l'ipotesi nulla definendo la statistica test ed i relativi valori critici [a3.1] e [a3.2] seguenti:

$$T_b^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\theta}_{A,N}^i(X_i, Y_i)}{\hat{\theta}_{B,N}^i(X_i, Y_i)} \quad b = 1, \dots, B \quad pvalue = \frac{\#\{T_b^* \leq T_{obs} | H_0 \text{ is true}\}}{B} = \frac{\sum_{b=1}^B \mathbb{I}(T_b^* \leq T_{obs})}{B}$$

dove $A, B \in \Psi$ con $A = \text{DEA}_{\text{RSC}}, \text{DEA}_{\text{RSV}}, \text{DEA}_{\text{RSNC}}$; $B = \text{DEA}_{\text{RSV}}, \text{FDH}$ con $A \neq B$ e T_{obs} è la statistica calcolata utilizzando i dati del campione originale. Attraverso le [a3.1 – a3.5] è possibile verificare la forma di specificazione corretta (vedi figura 7).

A.4 Test per indipendenza

Dai contributi di Fried (1993, p. 54), Grosskopf (1996, p. 165), Camanho *et al.* (2009, p. 5) e Wilson (2003, pp. 361-367) discende l'importanza di testare l'indipendenza tra le variabili utilizzate nel primo stadio per determinare l'efficienza e quelle impiegate nel secondo stadio per indagare la componente "ambientale" dei livelli di inefficienza. Per ampliare la gamma di relazioni di dipendenza testabili e per tener conto della distribuzione delle variabili utilizzate si è implementata un procedura grafica originariamente proposta da Fisher e Switzer (1985, 2001) testando, come suggerito in Wilson (2003, p. 379) le singole relazioni tra le variabili dell'insieme produttivo e le variabili di contesto ambientale. Graficamente, la dipendenza aumenta al crescere del numero delle

osservazioni esterne alla banda di confidenza centrata sul valore nullo della distribuzione χ^2 ricavata dalla trasformazione dei dati originali. Formalmente, in un contesto bivariato con X variabili del primo stadio e Z variabili del secondo stadio avremo che ogni coppia (X_{n^*}, Z_{n^*}) , con $n^*= 1, \dots, N$, partiziona il piano (X, Z) in quadranti formati dall'intersezione delle regioni: $X_{n^*} \geq X$ e $Z_{n^*} \geq Z$. Le rimanenti $N-1$ coppie saranno distribuite nei quadranti con frequenze $A_{Nn^*}, B_{Nn^*}, C_{Nn^*}, D_{Nn^*}$ che sommano a uno. Questi quadranti consentono di definire una funzione di distribuzione campionaria bivariata H_n e le relative distribuzioni marginali F_n e G_n . Definita l'usuale funzione indicatrice $I(P) = 1, 0$, a seconda che P sia vero o falso, avremo:

$$H_n(X_{n^*}, Z_{n^*}) \equiv H_{n^*} = A_{n^*} = \sum_{n \neq n^*} I(X_n \leq X_{n^*}, Z_n \leq Z_{n^*}) / (N-1) \quad [a4.1]$$

$$F_n(X_{n^*}) \equiv F_{n^*} = A_{n^*} + B_{n^*} = \sum_{n \neq n^*} I(X_n \leq X_{n^*}) / (N-1) \quad [a4.2]$$

$$G_n(Z_{n^*}) \equiv G_{n^*} = A_{n^*} + D_{n^*} = \sum_{n \neq n^*} I(Z_n \leq Z_{n^*}) / (N-1) \quad [a4.3]$$

Partendo da queste informazioni è possibile calcolare:

$$S_{n^*}^2 = \text{sign}\{F_{n^*}(1-F_{n^*})G_{n^*}(1-G_{n^*})\} \quad [a4.4]$$

$$\forall n^* \in N; \chi_{n^*} = (H_{n^*} - F_{n^*}G_{n^*}) / S_{n^*} \quad [a4.5]$$

$$\lambda_{n^*} = 4S_{n^*} \max\left\{\left(F_{n^*} - 1/2\right)^2, \left(G_{n^*} - 1/2\right)^2\right\} \quad [a4.6]$$

La (a4.5) misura il grado di associazione tra X e Z (se Z è strettamente crescente in X allora avremo $\chi_{n^*} = 1$) mentre la (a4.6) misura la distanza del punto (X_{n^*}, Z_{n^*}) dal centro della distribuzione dei dati, ovvero dalle rispettive mediane della distribuzione bivariata.

Ringraziamenti: Lavoro svolto nell'ambito dell'Osservatorio sui servizi pubblici locali del Comune di Perugia. I risultati delle rispettive ricerche sono stati presentati nell'ambito dell'evento: "Dalla parte del cittadino" il 16 Dicembre 2009 e il 15 Dicembre 2010