

# **Efficienza tecnica e produzione ospedaliera: una valutazione con *Data Envelopment Analysis* delle prestazioni ospedaliere nel periodo della riforma<sup>1</sup>**

di

Daniele Fabbri

Dipartimento di Scienze Economiche

Università di Bologna

## ***abstract***

In questi ultimi anni il Sistema Sanitario Nazionale è stato sottoposto ad un sostanziale processo di trasformazione e di riforma. Uno fra gli ambiti più investiti dalle trasformazioni in atto è certamente quello della produzione di servizi ospedalieri. Nel quadro istituzionale che si va delineando i produttori vengono sempre più responsabilizzati a perseguire strategie di razionalizzazione nell'uso delle risorse e di razionamento della domanda. E' in questo contesto che il miglioramento dell'efficienza produttiva assume il valore di obiettivo prioritario. In questo studio ci concentriamo sulla componente tecnica dell'efficienza nella produzione ospedaliera al fine di valutare se e in quale misura le recenti riforme abbiano contribuito ad accrescerla. L'analisi viene condotta, impiegando la tecnica di Data Envelopment Analysis (DEA), sugli ospedali pubblici della regione Emilia-Romagna, i cui dati d'attività sono stati rilevati per il periodo fra il 1994 e il 1995. I risultati confermano la presenza di un significativo miglioramento delle prestazioni in termini di efficienza tecnica che si realizza in assenza di progresso tecnologico. Il miglioramento è pronunciato e statisticamente significativo nell'ambito della produzione di "ricoveri", mentre risulta statisticamente non significativo nella produzione di "giornate di degenza". L'inefficienza si concentra nell'utilizzo del personale amministrativo e di quello infermieristico. L'utilizzo dei letti e del personale medico risulta pressoché pienamente efficiente. Sul versante degli output si riscontra il permanere di una rilevante capacità inutilizzata nella produzione di ricoveri di elevata complessità. Questo porta a concludere che nel periodo esaminato gli incentivi introdotti dalla riforma hanno raggiunto l'obiettivo di migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse tuttavia sono stati insufficienti rispetto al contenimento della produzione sanitaria e al razionamento della domanda.

JEL : I11, D24, C61

---

<sup>1</sup> Questo lavoro è stato realizzato grazie alla collaborazione del personale e della dirigenza dell'Agenzia Sanitaria Regionale dell'Emilia-Romagna. In particolare la dott.ssa Gioia Virgilio, dell'Agenzia Sanitaria Regionale, ha offerto una indispensabile collaborazione alla predisposizione delle banche dati necessarie alla costruzione del modello.

## ***1. Introduzione***

In questi ultimi anni il Sistema Sanitario Nazionale è stato sottoposto ad un sostanziale processo di trasformazione e di riforma. Gli elementi di innovazione rispetto all'impianto sancito dalla riforma del 1978 sono numerosi e articolati, sia per quanto concerne gli ambiti di applicazione che per quel che riguarda gli effetti. Uno fra gli ambiti più investiti dalle trasformazioni in atto è certamente quello della produzione di servizi ospedalieri. L'introduzione, a partire dal gennaio 1995, di un sistema di finanziamento prospettico degli ospedali basato sull'applicazione di tariffe prefissate per caso trattato, è forse l'elemento più appariscente del quadro di trasformazioni che interessa gli ospedali. Tuttavia non è l'unico. Il processo di aziendalizzazione dei presidi maggiori e delle USL, l'attribuzione di responsabilità finanziaria alle Regioni, l'introduzione di tipologie contrattuali privatistiche tanto per il personale che per la dirigenza, il riconoscimento formale dei diritti dei pazienti, contribuiscono infatti a disegnare per gli ospedali un sistema di incentivi del tutto nuovo.

Nel quadro precedente, il ripiano sistematico dei disavanzi e la mancata attribuzione di autonomia gestionale e finanziaria, rendevano assai ridotta la percezione e la gestione, soprattutto da parte dei produttori, del rischio finanziario. Il risultato era quello di sganciare l'obiettivo della tutela sanitaria da ogni considerazione di natura economica circa la corretta allocazione delle risorse con vistosi effetti in termini di sovracapitalizzazione del processo produttivo e eccesso di spedalizzazione. Al contrario, nel quadro che si va delineando, il rischio finanziario finisce per gravare su Regioni e Aziende cosicché i produttori vengono responsabilizzati a perseguire strategie di razionalizzazione nell'uso delle risorse e di razionamento della domanda. E' in questo contesto che il miglioramento dell'efficienza produttiva assume il valore di obiettivo prioritario, il cui perseguimento è del resto esplicitamente enunciato in molti passaggi della recente riforma.

I concetti di efficienza che la teoria economica ha formalmente definito sono numerosi. In questo studio ci concentriamo sulla sola componente tecnica dell'efficienza nella produzione ospedaliera al fine di valutare se e in quale misura le recenti riforme abbiano contribuito ad accrescerla. Le ragioni dell'attenzione dedicata all'efficienza tecnica sono molteplici. Innanzi tutto, dal punto di vista della politica sanitaria, l'attuazione stessa della riforma ha avuto come scopo prevalente quello di migliorare l'efficienza nell'utilizzo delle risorse. Non pare dunque irrilevante identificare e quantificare l'ampiezza di tale miglioramento, anche per quanto concerne la sola componente dell'efficienza tecnica nella produzione ospedaliera. D'altronde, è noto che il perseguimento dell'efficienza tecnica, nell'ambito delle produzioni pubbliche e di quelle altamente regolamentate, non è conflittuale con gli altri obiettivi dell'intervento pubblico (Pestieu e Tulkens, 1990). Infine, occorre riconoscere che la facilità con cui si possono misurare, seppure in modo convenzionale, input e output ospedalieri, rendono l'efficienza tecnica uno fra i pochi aspetti la cui analisi sia attuabile a così poco tempo di distanza dall'introduzione della riforma. Ogni valutazione statisticamente robusta circa l'impatto della riforma sugli esiti medici (Cutler, 1995) richiederebbe al contrario la disponibilità di dati su un orizzonte temporale molto più ampio.

L'analisi è condotta, impiegando la Data Envelopment Analysis (DEA), su un campione rilevante di ospedali pubblici, quelli della regione Emilia-Romagna, nel tentativo di valutare l'andamento dell'efficienza tecnica in due anni di attività, il 1994 e il 1995, che si

pongono esattamente a cavallo dell'introduzione della riforma del sistema di finanziamento. La tecnica DEA è assai consolidata sia nella letteratura di Analisi dell'Efficienza che in quella di Economia Sanitaria. Si tratta di una metodologia non parametrica di misurazione dell'efficienza che fa ricorso alle tecniche di programmazione matematica piuttosto che alla stima econometrica di funzioni di produzione o di costo<sup>2</sup>. La tecnica DEA opera una valutazione relativa dell'efficienza tecnica di una unità produttiva (UP) rispetto alle prestazioni di altre UP che producono il medesimo insieme di output utilizzando lo stesso insieme di input. Nella sua formulazione originaria la procedura massimizza un indice di produttività media per ciascuna UP costruito come rapporto fra una combinazione pesata di output e una combinazione pesata di input. L'indice viene costruito risolvendo un problema di programmazione per ciascuna UP che identifica la ponderazione di output e input che pone la UP nella "miglior luce possibile" compatibilmente ad alcuni vincoli. Charnes, Cooper e Rhodes (1978) mostrano che questo problema di programmazione frazionale e non convesso può essere sostituito da una semplice procedura di programmazione lineare che risolve il seguente problema: data la prestazione osservata della UP, identificare nel campione un sottoinsieme di UP la cui combinazione lineare degli input è minore del vettore di input impiegati dalla unità esaminata e la cui combinazione lineare di output non è inferiore al vettore di output prodotti dalla stessa.

Le applicazioni DEA nel settore sanitario sono ormai piuttosto numerose. A partire dal lavoro di Sherman (1984) questa tecnica è stata ripetutamente impiegata nel settore della produzione ospedaliera per confrontare l'efficienza di produttori con differenti strutture di controllo [Grosskopf e Valdmanis (1987), Nyman e Bricker (1989), Bruning e Register (1989), Ley (1995), Fazel e Nunnikhoven (1992)] e di obiettivi [Grosskopf, Margaritis e Valdmanis (1997)]; per valutare l'andamento nel tempo dell'efficienza [Mirmirani e Li (1995), Burgess e Wilson (1993)] e della produttività [Burgess e Wilson (1995), Fare, Grosskopf, Lindgren e Roos (1994), Hollingsworth e Mandiakis (1997)]; per misurare l'efficienza tecnica e quella allocativa [Byrnes e Valdmanis (1994)]; per fornire indicazioni di natura manageriale [Sexton, Leiken, Nolan, Liss, Hogan e Silkman (1989)].

L'applicazione che presentiamo in questo lavoro si riallaccia a questa tradizione riproducendo, per il caso italiano, elementi di analisi in larga parte standard e contenuti ad esempio nei lavori di Burgess e Wilson (1993), Ley (1995) e Mirmirani e Li (1995). Peraltro i risultati ottenuti vengono ulteriormente suffragati da una analisi di sensitività che possiede elementi di originalità rispetto alla letteratura. Infatti uno fra gli aspetti più delicati delle applicazioni DEA alla produzione ospedaliera riguarda la definizione dell'output e la sensitività dei risultati alle specificazioni adottate. Le differenze di efficienza valutate sia nelle analisi cross-section, fra tipologie di ospedali diversi, che in serie storica, possono infatti essere sovra- o sotto-stimate qualora i controlli per la difforme natura e qualità degli input e degli output siano inadeguati<sup>3</sup>. Valdmanis (1992), per rendere robusto il confronto fra l'efficienza degli ospedali pubblici rispetto a quelli non-profit, procede alla stima di dieci specificazioni alternative del modello, delle quali

---

<sup>2</sup> Per un confronto fra i due approcci in ambito sanitario si rimanda ai lavori di Banker, Conrad e Strauss (1986) e al recente Giuffrida e Gravelle (1997).

<sup>3</sup> Per alcune riflessioni su questo e su altri temi legati all'applicazione dell'analisi dell'efficienza alla produzioni pubbliche si veda Fabbri, Fazioli e Filippini (1996).

ognuna differisce per la composizione del paniere di input e di output considerato. Nella nostra applicazione riprendiamo la proposta della Valdmanis adattandola alle peculiari circostanze della situazione italiana.

Il lavoro è organizzato come segue. Nel prossimo paragrafo descriviamo la tecnica DEA, non prima di aver definito i concetti di input-efficienza e output-efficienza alla Debreu-Farrell. Nella sezione successiva presentiamo alcuni elementi di analisi economica della produzione ospedaliera e definiamo i concetti di efficienza che utilizzeremo nel seguito. Il quarto paragrafo presenta i dati e i modelli che sono stati calibrati in considerazione della peculiare situazione italiana. Nel paragrafo quinto presentiamo i risultati e nella sezione conclusiva ne commentiamo e discutiamo le implicazioni.

## 2. Efficienza tecnica e Data Envelopment Analysis

L'efficienza tecnica fa riferimento alla capacità di usare le risorse in modo da produrre la maggior quantità possibile di output con i fattori produttivi a disposizione ovvero di utilizzare la minor quantità di input per produrre una certa quantità di output. In questo senso l'analisi dell'efficienza tecnica può essere orientata all'aumento dell'output (output-efficienza) o alla riduzione dell'input (input-efficienza). Debreu (1951) e Farrell (1957) hanno definito una utile misura di input efficienza come il complemento a uno della massima riduzione equiproporzionale di tutti gli input che permette di produrre un livello prefissato di output. In modo analogo si può definire anche la misura di output efficienza. Un po' di notazione è a questo proposito utile per agevolare la discussione.

Sia  $X=(x_1, \dots, x_n) \in R^n_+$  il vettore di input utilizzato dalle unità produttive (UP) per produrre il vettore di output  $Y=(y_1, \dots, y_m) \in R^m_+$ . Una tecnologia produttiva può essere rappresentata con un input set:

$$L(Y)=\{X: (X,Y) \in \hat{I} \text{ insieme delle possibilità produttive}\},$$

che per ogni  $Y \in R^m_+$  possiede un isoquante:

$$Isoq(Y)=\{X: X \in L(Y), kX \in L(Y), k \in [0,1]\}$$

La misura di Debreu-Farrell orientata agli input può essere definita formalmente come segue:

$$DF_I(Y,X)= \min\{k: kX \in L(Y)\} \quad (1)$$

Dalla definizione segue che  $DF_I \leq 1$ , dove un valore di 1 indica che siamo in presenza di efficienza tecnica poiché non è possibile alcuna riduzione equiproporzionale degli input, mentre un valore minore di 1 misura la presenza dell'inefficienza tecnica.

La misura di output-efficienza alla Debreu-Farrell può essere altrettanto agevolmente definita a partire da una rappresentazione della tecnologia produttiva attraverso un output set, ovvero:

$$P(X)=\{Y: (X,Y) \in \hat{I} \text{ insieme delle possibilità produttive}\},$$

che per ogni  $X \in R^n_+$  possiede una frontiera di trasformazione:

$$T(X)=\{Y: Y \in P(X), hX \in P(X), h \in (1, +\infty)\}$$

Per cui la misura di Debreu-Farrell orientata all'output sarà:

$$DF_o = \max\{h: hY \hat{I} P(Y)\} \quad (2)$$

Quindi dalla definizione segue che  $DF_o \geq 1$ , dove un valore di 1 indica che siamo in presenza di efficienza tecnica poiché non è possibile alcun incremento equiproportionale degli output, mentre un valore minore di 1 misura la presenza dell'inefficienza tecnica.

### INSERIRE FIGURA 1.A

La misurazione empirica dell'efficienza tecnica alla Debreu-Farrell richiede quindi la costruzione, a partire di un insieme di osservazioni, della mappa di isoquanti, nel caso della misura di input-efficienza, e delle frontiere di trasformazione, nel caso della misura di output-efficienza. Le due misure sono illustrate nelle figure 1.a e 1.b. Nella rappresentazione con isoquanti, i vettori di input  $X^A$  e  $X^B$ , con i quali viene prodotto il vettore di output  $Y$ , possono essere ridotti in modo proporzionale, o in senso radiale, e rimanere comunque in grado di produrre il vettore di output  $Y$ . Al contrario i due vettori  $X^C$  e  $X^D$  non possono essere ridotti in senso radiale e continuare a produrre il vettore di output  $Y$ . Di conseguenza  $DF_I(Y, X^C) = DF_I(Y, X^D) = 1 > \max\{DF_I(Y, X^A) = DF_I(Y, X^B)\}$ . Si noti che il vettore di input  $k^B X^B$  non può essere ulteriormente ridotto in senso radiale e continuare a produrre l'output  $Y$ , anche se contiene un eccesso di input 2. Questa circostanza è coerente con la definizione di efficienza alla Debreu-Farrell, tuttavia non lo è con una definizione più appropriata come quella di Koopmans (1951), secondo la quale un produttore è input-efficiente qualora per ridurre un input debba necessariamente diminuire la produzione di almeno un output o accrescere l'utilizzo di almeno un altro input. Tale circostanza non si verifica nel caso del vettore  $k^A X^A$ . Analoghe considerazioni possono essere fatte in relazione alla output-efficienza e alla espansione radiale degli output per i vettori  $Y^A$  e  $Y^B$  della figura 1.b.

### INSERIRE FIGURA 1.B

La tecnica DEA, che utilizzeremo in questo studio, permette di misurare la massima contrazione (espansione) radiale degli input (output) compatibile con l'insieme delle possibilità produttive esistente, o spazio di inviluppo. Pertanto un'analisi DEA consiste di due elementi: una procedura di programmazione matematica che costruisca, a partire dalle UP rilevate, lo spazio di inviluppo; in secondo luogo una procedura che ottimizzi la proiezione radiale di ciascuna UP all'interno dell'inviluppo.

La costruzione dell'inviluppo deve rispondere ai requisiti imposti dalla teoria economica. Se indichiamo con il pedice  $l$  la generica UP di un insieme di  $s$ , quindi  $l=1, \dots, s$ , allora la superficie di inviluppo a rendimenti di scala variabili (VRS) che soddisfa la proprietà di disponibilità forte dei fattori, è costituita da porzioni degli iperpiani di sostegno che formano le facce dell'involucro convesso di vettori  $(Y_l, X_l)$ . Un iperpiano in  $R^{m+n}$  è di sostegno, e forma una delle facce dell'inviluppo, se e solo se tutti i punti  $(Y_l, X_l)$  giacciono sotto all'iperpiano, o vi appartengono, e se almeno uno vi appartiene. Queste condizioni si definiscono come:

$$\sum_{r=1}^m m_r y_{rl} - \sum_{s=1}^n n_s x_{sl} + w \leq 0 \quad \forall l = 1, \dots, s$$

$$\sum_{r=1}^m m_r y_{rk} - \sum_{s=1}^n n_s x_{sk} + w = 0 \quad \text{per almeno un } k$$

La prima condizione identifica la porzione del involucro convesso che contiene prestazioni migliori in termini di maggior output e/o minor input, mentre la seconda garantisce che l'iperpiano passi almeno per uno dei punti. La variabilità dei rendimenti di scala si interpreta.....

Queste condizioni si traducono nel seguente problema di programmazione lineare per la UP  $l$ :

$$\begin{aligned} \max_{\mathbf{m}, \mathbf{n}, \mathbf{w}} \quad & \sum_{r=1}^m \mathbf{m}_r y_{rl} - \sum_{s=1}^n \mathbf{n}_s x_{sl} + \mathbf{w} \\ & \sum_{r=1}^m \mathbf{m}_r y_{rk} - \sum_{s=1}^n \mathbf{n}_s x_{sk} + \mathbf{w} \leq 0 \quad \text{per } k = 1, \dots, s \\ & \mathbf{m}_r \geq 1 \quad \text{per } r = 1, \dots, m \\ & \mathbf{n}_s \geq 1 \quad \text{per } s = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (3)$$

I vincoli garantiscono che per una soluzione  $(\mathbf{m}^l, \mathbf{n}^l, \mathbf{w}^l)$  che li soddisfi, la UP  $l$ -esima, in virtù del vincolo  $l$ -esimo, appartiene o giace sotto l'iperpiano, così come, in virtù dell'intero insieme di vincoli, tutte le UP. Il massimando, che è non positivo, misura la distanza fra la  $l$ -esima UP e l'iperpiano. Pertanto la sua massimizzazione seleziona quell'iperpiano che rende minima tale distanza. Un valore di zero indica che la  $l$ -esima UP giace su questo iperpiano, mentre le UP inefficienti giacciono al di sotto del più vicino iperpiano di sostegno. L'effettuazione di una analisi DEA richiede quindi la soluzione di un problema di programmazione lineare come il (3) per ciascuna delle UP esaminate<sup>4</sup>. La soluzione di ciascun programma  $(\mathbf{m}^l, \mathbf{n}^l, \mathbf{w}^l)$  è data da un vettore di dimensione  $m+n+1$ , contenente i cosiddetti moltiplicatori virtuali<sup>5</sup>.

Una volta ottenuti i moltiplicatori, ovvero definito l'iperpiano di raffronto per ciascuna UP occorre, qualora essa non vi appartenga e quindi non sia efficiente, identificare su di esso la UP di raffronto che ne è la miglior proiezione radiale. Senza entrare nel merito di questa problematica<sup>6</sup> è sufficiente dire che la proiezione orientata all'input viene identificata massimizzando l'approssimazione radiale all'involuppo nel sottospazio degli input, mentre quella orientata agli output si ottiene massimizzando l'approssimazione radiale all'involuppo nel sottospazio degli output.

Se indichiamo con  $(X_i^P, Y_i^P)$  la proiezione della UP  $(X_i, Y_i)$  sull'iperpiano di confronto, comunque essa sia stata ottenuta, allora abbiamo :

$$\begin{aligned} \mathbf{m}^l Y^l - \mathbf{n}^l X^l + \mathbf{w}^l &= \mathbf{m}^l Y^l - \mathbf{n}^l X^l + \mathbf{w}^l - [\mathbf{m}^l Y_i^P - \mathbf{n}^l X_i^P + \mathbf{w}^l] = \\ &= -\mathbf{m}^l [Y_i^P - Y^l] - \mathbf{n}^l [X^l - X_i^P] = -\mathbf{m}^l s^l - \mathbf{n}^l e^l \end{aligned} \quad (4)$$

dove  $s^l$  e  $e^l$  rappresentano gli 'slack', o carenze di output e gli eccessi di input della  $l$ -esima UP rispetto alla UP di raffronto.

<sup>4</sup> Tipicamente la soluzione dei problemi (3) viene ottenuta ricorrendo alla sua formulazione duale. Si veda Ali e Seiford (1993).

<sup>5</sup> I rapporti  $\mathbf{m}_r^l/\mathbf{m}_j^l$  e  $\mathbf{n}_r^l/\mathbf{n}_s^l$  possono essere interpretati rispettivamente come saggi marginali di trasformazione fra output  $i$  e  $j$ , e di sostituzione fra input  $r$  e  $s$ . Si veda Sudit (1995).

<sup>6</sup> Per una trattazione sul tema si rimanda al già citato Ali e Seiford (1993).

### ***3. L'ospedale come unità produttiva***

Per misurare il prodotto di un ospedale non è sufficiente descriverne le funzioni che svolge o i panieri di servizi che produce. Infatti tutti questi sono solo input intermedi rispetto alla finalità ultima della produzione ospedaliera che possiamo definire come il miglioramento delle condizioni di salute dei pazienti. Tuttavia poiché la corretta misurazione del miglioramento delle condizioni di salute dei pazienti è molto complessa, tipicamente la produzione ospedaliera viene colta attraverso la misurazione di altri indicatori di output. Quelli più comunemente utilizzati sono (Breyer, 1987) :

1. numero di servizi medici e assistenziali prestati (esami, operazioni chirurgiche, medicazioni, cicli di terapia, iniezioni, ...);
2. numero di giornate di degenza (tipicamente differenziate per il livello di intensità del trattamento);
3. numero di pazienti o di casi trattati (tipicamente differenziato per tipologia di trattamento).

#### **INSERIRE FIGURA 2**

La figura 2 fornisce una descrizione del processo produttivo di un ospedale che coinvolge le grandezze predette. I fattori di produzione vengono utilizzati per produrre i diversi servizi medici collocati al secondo livello del processo produttivo. Una definizione propria di efficienza tecnica nella produzione ospedaliera fa riferimento all'impiego tecnicamente ottimale degli input in questa fase della produzione. I casi trattati e le giornate di degenza possono invece considerarsi come indicatori di differenti prodotti intermedi che si collocano immediatamente prima dell'output proprio della produzione ospedaliera, ovvero l'esito medico<sup>7</sup>. Il numero di casi trattati riflette la componente medica mentre il numero di giornate di degenza quella più propriamente assistenziale del servizio ospedaliero. Ad entrambe le componenti possono essere attribuiti, in qualità di input diretti, differenti servizi medici prodotti nel primo stadio del processo produttivo. Questo permette di definire due ulteriori concetti di efficienza. L'efficienza "assistenziale" fa riferimento alla capacità di utilizzare la minor quantità di servizi assistenziali per giornata di degenza. L'efficienza "medica interna" invece si riferisce alla capacità di utilizzare la minor quantità di servizi medici per caso trattato. Infine si può prefigurare una nozione di efficienza "medica esterna" che, in una accezione orientata all'output, possiamo caratterizzare come la capacità di produrre gli esiti medici più favorevoli a parità di casi trattati e di giornate di degenza.

Un problema ulteriore nell'analisi della produzione ospedaliera è rappresentato dalla estrema eterogeneità degli output, intermedi e finali, prodotti. Il numero complessivo di casi trattati, ad esempio, offre una misura molto grossolana della produzione ospedaliera se non si qualifica il tipo e la gravità delle patologie trattate, lo stadio di avanzamento delle patologie, la presenza di malattie concomitanti, le caratteristiche complessive del paziente. Alla luce di queste considerazioni ogni paziente trattato andrebbe considerato come un output distinto, tuttavia al costo di rendere impossibile qualunque tipo di valutazione comparativa fra la produzione di ospedali diversi. Il compromesso

---

<sup>7</sup> Cutler (1995) esamina fra gli esiti medici i seguenti rischi per il paziente : il decesso ospedaliero, il ricovero post-dimissione e la morte post-dimissione. Analisi più accurate degli esiti medici scontano una inevitabile componente tecnica che tipicamente esula dagli interessi e dagli scopi della disciplina economica.

usualmente adottato è quello di condurre le analisi classificando i pazienti trattati secondo un numero ridotto di categorie che presentino il maggior grado di omogeneità. Nell'analisi che segue abbiamo totalmente ignorato l'efficienza medica esterna. Una sua analisi compiuta richiede strumenti di analisi differenti da quelli qui impiegati nonché la disponibilità di dati adesso ancora carenti. Per ciò che concerne i tre restanti concetti di efficienza delineati, la disponibilità dei dati ci ha indotto ad elaborarne una sintesi. La mancata rilevazione dei servizi medici e assistenziali prodotti non ci permette di cogliere quella che abbiamo definito come efficienza tecnica in senso proprio. In sostanza nell'analisi che segue abbiamo incorporato il primo stadio della produzione nel secondo immaginando che i fattori di produzione (medici, personale infermieristico, letti, ...) vengano utilizzati per "produrre" ricoveri e giornate di degenza. Pertanto l'efficienza che misureremo nel seguito incorpora tanto la capacità di utilizzare gli input per produrre in modo efficiente gli output medici e assistenziali, che l'attitudine ad impiegare questi ultimi in modo parsimonioso rispetto agli episodi di ricovero e di degenza.

#### ***4. I dati e i modelli calibrati***

I dati<sup>8</sup> su cui si fonda la nostra analisi sono relativi all'attività degli ospedali pubblici dell'Emilia-Romagna negli anni 1994 e 1995. Le UP rilevate sono 70 nel 1994 e 64 nel 1995. Tuttavia dall'universo sono stati tolti tutti gli ospedali monospecialistici attivi in regione e, per l'anno 1994, l'Azienda Ospedaliera Sant'Orsola-Malpighi, il cui dato di attività non comprendeva i ricoveri effettuati in regime di day-hospital. Nel complesso quindi il campione si compone di 58 osservazioni relative al 1994 e 54 osservazioni relative al 1995. La riduzione nel tempo delle UP è da attribuire al processo di ristrutturazione dell'offerta che, nel periodo considerato, ha portato alla chiusura o all'accorpamento di alcuni presidi. Ciò fa sì che il campione non possa essere trattato come un panel, anche se non bilanciato, in quanto gli accorpamenti hanno modificato significativamente la natura stessa di alcune UP rilevate<sup>9</sup>. Per ognuno degli ospedali del campione sono stati ricostruiti, a partire da fonti ufficiali, i dati di attività descritti nella Tabella 1.

RICOV contiene il numero complessivo degli episodi di ricovero, come rilevato dalla apertura e chiusura di scheda nosologica, nell'arco dell'anno considerato. Per quel che attiene i ricoveri in regime di day-hospital sono stati quindi contati i cicli completi di terapia che danno adito alla corresponsione di un pagamento in tariffa DRG. DEGEN contiene il numero complessivo delle giornate di ricovero, per i ricoveri in regime ordinario, e il numero di accessi alla struttura, per quanto attiene ai ricoveri in regime di day-hospital. La grandezza ottenuta offre una misura in parte disomogenea di produzione tuttavia esprime un volume di attività che riflette in modo abbastanza accurato la

---

<sup>8</sup> I dati utilizzati provengono da due banche dati dell'Assessorato Regionale alla Sanità dell'Emilia-Romagna. La prima è relativa alle schede nosologiche individuali dei ricoveri ospedalieri ; la seconda ai flussi rilevati per conto del Ministero della Sanità. L'accesso a questi dati è stato reso possibile dall'Agenzia Sanitaria Regionale dell'Emilia-Romagna nell'ambito del progetto "Matrici di mobilità per motivi sanitari", svolto in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Economiche dell'Università di Bologna.

<sup>9</sup> E' da ascrivere anche a questa ragione la nostra scelta di utilizzare la tecnica DEA di analisi dell'efficienza piuttosto che fare ricorso a tecniche di Total Factor Productivity Analysis, forse più adatte a cogliere l'evoluzione nel tempo dei comportamenti.

capacità di impiego soprattutto degli output assistenziali. LETTI è calcolato come il numero di letti ordinari e a pagamento mediamente presenti nell'arco dell'anno nella struttura. MED, l'ammontare complessivo di personale medico, comprende i primari, gli aiuti e gli assistenti medici, gli odontoiatri e l'altro personale laureato. INF contiene il personale infermieristico-assistenziale definito come il complesso del personale infermieristico in senso stretto, il personale tecnico-sanitario, il personale con funzioni di riabilitazione, gli operatori tecnici di assistenza e gli ausiliari specializzati socio-assistenziali. Infine ADM comprende il personale con funzioni dirigenziali e gestionali, ovvero direttori e vicedirettori sanitari, statistici e ausiliari specializzati tecnico-economali. Le due variabili di output sono state inoltre disaggregate in classi sulla base di alcuni criteri rilevanti come l'età del paziente, il regime di ricovero, la complessità del trattamento (si veda la successiva Tabella 3), per controllare rispetto alla composizione della casistica. In particolare RICOV\_H (DEGEN\_H) indica il numero di ricoveri (giornate di degenza) in DRG ad alto peso, mentre RICOV\_L (DEGEN\_L) quello in DRG di peso medio-basso.

### **INSERIRE TABELLA 1**

### **INSERIRE TABELLA 2**

Sulla scorta dei dati così costruiti sono stati calibrati quattro classi di modelli (si veda la Tabella 2). Il 1° modello base contiene tutti gli input descritti e i due output, ricoveri e degenze, in forma aggregata. Da esso si trae quindi una indicazione piuttosto ampia sulla efficienza tecnica nella trasformazione degli input in produzione medico-assistenziale (si veda la Tabella 4 per una descrizione degli intervalli di variazione delle variabili contenute in questo modello). I modelli orientati ai ricoveri (tipo R) non contengono, fra gli input, il personale infermieristico-assistenziale e presentano una disaggregazione dell'output medico che intende cogliere la composizione della casistica trattata. Questa classe di modelli offre indicazioni circa l'efficienza tecnica nella trasformazione dell'input di personale medico nella produzione di output medico, tenendo conto della sua composizione e complessità, nonché del volume di produzione assistenziale erogata e quindi della destinazione di parte degli input alla produzione di tale output. I modelli orientati alla degenza (tipo D) non contengono, fra gli input, il personale medico e presentano la disaggregazione dell'output assistenziale. Questa classe di modelli offre indicazioni circa l'efficienza tecnica nella trasformazione dell'input di personale infermieristico-assistenziale nella produzione di output assistenziale, tenendo conto del volume di produzione medica erogata, e quindi della destinazione di parte degli input considerati alla sua produzione, nonché della composizione e complessità dell'output assistenziale stesso. L'analisi dei risultati ottenuti con le prime tre classi di modelli ha suggerito infine di stimare un 2° modello base, in cui, rispetto al 1°, la specificazione dell'output è tale da tenere conto anche della differente complessità della casistica trattata.

La Tabella 3 descrive le specificazioni alternative dei due modelli orientati ai ricoveri e alla degenza. La specificazione 1 distingue l'aggregato in base all'età del paziente. I pazienti di età inferiore ai 17 anni sono classificati come pediatrici, gli adulti fra i 17 e i 65 anni, gli anziani oltre i 65 anni. La specificazione 2 distingue in base al regime di ricovero, la 3 rispetto al carattere medico, chirurgico o residuale del DRG. Le specificazioni 4 e 5 disaggregano sulla base di una differente definizione di complessità

della casistica, la prima calcolata in base al peso dei DRG in cui viene collocato il paziente, la seconda in base al peso medio della linea di produzione in cui il paziente viene ricoverato. Infine la specificazione 6 disaggrega in base alla durata dell'episodio di ricovero.

Per tutte le classi di modelli l'inviluppo è stato costruito assumendo che i rendimenti di scala fossero variabili, mentre la proiezione radiale sull'inviluppo è orientata agli input.

### **INSERIRE TABELLA 3**

### **INSERIRE TABELLA 4**

Per quel che concerne l'andamento del settore vediamo che (Tabella 4) la produzione ospedaliera, colta dal numero di ricoveri e giornate di degenza è aumentata nel biennio considerato. I primi aumentano del 5,4%, le seconde del 2,7%. La degenza media (non riportata) cala passando da 7,08 a 6,88 giorni. Quindi nel primo anno di applicazione della riforma si osserva un incremento netto della produzione di ricoveri che, pur in presenza di una sostanziale riduzione della degenza media, si accompagna anche ad un incremento della degenza totale. Per quel che riguarda gli input si può notare come la situazione dei letti non si sia modificata. Più interessante invece l'aggiustamento del personale che, sebbene resti sostanzialmente invariato nell'aggregato, tuttavia presenta aggiustamenti molto differenziati nelle sue componenti. Il personale infermieristico non conosce aggiustamenti sostanziali. Il personale medico perde circa 700 unità (-11%), mentre aumenta sensibilmente il personale addetto alle funzioni amministrative e gestionali di circa 400 unità, (+30%). Le entità coinvolte sembrano suggerire che nel biennio si sia verificato, almeno per una parte del saldo rilevato, un significativo reindirizzamento del personale medico verso le funzioni amministrativo-gestionali. Questo può essere in larga parte indicato come un effetto della riforma in atto.

## ***5. I risultati***

### ***5.1. Efficienza e analisi di sensitività***

La Tabella 5 presenta i risultati della stima del 1° modello base. I dati presentati sono valori di sintesi della distribuzione degli indicatori di input-efficienza alla Debreu-Farrell. Si tratta, rammentiamo, della massima contrazione radiale del vettore di input impiegati compatibile con la produzione "efficiente" del vettore di output effettivamente prodotti. Gli indicatori di inefficienza sono stati calibrati rispetto a due insiemi di riferimento. Le prime tre righe presentano i risultati ottenuti da una calibratura unica del modello base per l'intero campione. Invece le ultime due righe presentano dati di sintesi relativi a distinte calibrature effettuate sulle osservazioni di ciascun anno. Dai risultati della calibratura unica si evince che nell'arco dei due anni di attività la produzione ospedaliera negli ospedali pubblici dell'Emilia-Romagna poteva essere ottenuta in modo tecnicamente efficiente impiegando, in media, l'87% degli input effettivamente impiegati, ovvero con una riduzione di circa il 13%. La percentuale di ospedali efficienti nel senso di Debreu-Farrell è pari al 33% del campione. Se si considerano le stime di efficienza delle prestazioni di ciascun anno rispetto all'intero insieme di riferimento, la riduzione di input compatibile con la produzione efficiente degli output è pari al 14% per le prestazioni del 1994 e all'11% per quelle del 1995. Gli ospedali che giacciono sulla frontiera efficiente passano da 16 (27,5%) nel 1994 a 21 (39%) nel 1995. La calibratura

delle due frontiere efficienti pone in una luce migliore le prestazioni delle UP in entrambi gli anni. Se valutate rispetto alla frontiera efficiente dell'anno, sia nel 1994 che nel 1995 gli ospedali dell'Emilia-Romagna potevano produrre utilizzando in media un 10% di input in meno. Contestualmente anche il numero di UP efficienti è relativamente maggiore rispetto a quanto ottenuto nella calibratura unica.

#### **INSERIRE TABELLA 5**

Il miglioramento nel tempo dell'efficienza tecnica di una UP che viene misurato nelle analisi DEA, può essere imputato o ad un effettivo aumento dell'efficienza tecnica nell'uso delle risorse a parità di possibilità produttive, oppure al manifestarsi di progresso tecnico. Nel seguito dell'analisi forniremo evidenza circa il fatto che nel periodo considerato non si è verificato progresso tecnico in misura statisticamente significativa e che quindi il miglioramento delle prestazioni debba essere attribuito unicamente al miglioramento dell'efficienza tecnica a parità di possibilità produttive.

#### **INSERIRE TABELLA 6**

#### **INSERIRE TABELLA 7**

Come dicevamo nella premessa, nel caso della produzione ospedaliera sembra estremamente importante valutare quanto le stime di efficienza siano sensibili alla specificazione del modello adottata, in particolare rispetto alla definizione dell'output. Le Tabelle 6 e 7 presentano i risultati dell'analisi di sensitività rispetto alle due tipologie di modelli che abbiamo calibrato. In entrambe le tipologie di modelli e per tutte le specificazioni dell'output che abbiamo adottato si osserva che le prestazioni del 1995 sono più efficienti di quelle dell'anno precedente con una sola eccezione. La deduzione secondo cui l'efficienza della produzione ospedaliera sia cresciuta nell'arco dei due anni pare quindi non risentire della definizione di output prescelta. L'efficienza tecnica si accresce fino ad un massimo del 5%, per la produzione dell'output medico, e fino a un massimo del 4% per la produzione dell'output assistenziale. Si rileva inoltre che le prestazioni del 1994 tendono ad essere migliori se valutate rispetto all'output assistenziale, mentre le prestazioni del 1995 sono sistematicamente migliori se valutate rispetto all'output medico.

#### *5.2. Test delle ipotesi*

Le ipotesi che vengono tipicamente testate nelle analisi di efficienza coinvolgono il confronto fra due gruppi di UP al fine di valutare se uno dei due è più efficiente dell'altro, ovvero se sono stati estratti da distribuzioni differenti<sup>10</sup>. Nel nostro caso si tratta di formulare un test relativo alla significatività dell'incremento di efficienza fra le UP osservate nei due anni, e in particolare di valutare se la tendenza centrale della distribuzione degli indicatori di efficienza del 1995 è significativamente maggiore di quella relativa al 1994. Banker (1993) dimostra che la distribuzione asintotica dello stimatore DEA dell'inefficienza tecnica è la medesima di quella vera. Tuttavia, come rileva l'autore, non si può utilmente applicare il Teorema del Limite Centrale per costruire test delle ipotesi sulla distribuzione degli scarti di efficienza in quanto i

---

<sup>10</sup> Per una trattazione completa di questi temi si veda Banker (1993, 1996). Grosskopf (1996) offre una rassegna generale delle problematiche connesse alla inferenza statistica con modelli di efficienza nonparametrici.

parametri che rappresentano la media e la varianza degli scarti di efficienza non sono noti. Pertanto occorre utilizzare test non parametrici o formulare alcune ipotesi circa la distribuzione dell'inefficienza.

Nel nostro studio facciamo ricorso a quattro test, due parametrici e due non parametrici. I test parametrici sono costruiti a partire dalle più ricorrenti ipotesi distributive circa l'inefficienza tecnica. Dato un campione di  $n$  osservazioni e due sotto-popolazioni di  $m_1$  e  $m_2$  UP estratte dal medesimo, con  $m_1+m_2 \ll n$ , se si assume che l'inefficienza  $e_j$  segua una distribuzione esponenziale [Schmidt, 1976] con parametro  $s_i$ , con  $i=1,2$ , allora sotto l'ipotesi nulla  $H_0 : s_1 = s_2$ , il rapporto :

$$T_{EX} = \frac{\sum_{j \in M_1} e_j^*/m_1}{\sum_{j \in M_2} e_j^*/m_2}$$

segue una distribuzione  $F$  con  $(2m_1, 2m_2)$  gradi di libertà, dove l'ipotesi alternativa è  $H_1 : s_1 > s_2$ . Se invece si assume che l'inefficienza sia distribuita sul campione secondo una half normal con parametro  $s_i$ , allora sotto l'ipotesi nulla precedente, il test :

$$T_{HN} = \frac{\sum_{j \in M_1} (e_j^*)^2/m_1}{\sum_{j \in M_2} (e_j^*)^2/m_2}$$

segue una distribuzione  $F$  con  $(m_1, m_2)$  gradi di libertà [Banker (1993)].

In entrambe i casi la probabilità cumulativa che gli scarti di inefficienza siano minori di un certo valore è maggiore per la sottopopolazione  $M_2$  rispetto alla  $M_1$  se e solo se l'ipotesi nulla viene rigettata a favore dell'ipotesi  $H_1 : s_1 > s_2$ . In generale le UP del gruppo  $M_2$  sono più efficienti di quelle del gruppo  $M_1$  se accade che per ogni  $e$ ,  $F_2(e) > F_1(e)$ , dove  $F_1$  e  $F_2$  sono le distribuzioni degli scarti di inefficienza in  $M_1$  e  $M_2$ . Pertanto se non si formula alcuna ipotesi mantenuta sulle distribuzioni degli scarti di efficienza Banker suggerisce di utilizzare un test come quello di Kolmogorov-Smirnov. Il test di Kolmogorov-Smirnov tuttavia è un test molto severo, in quanto non si limita a valutare la differenza in tendenza centrale delle due distribuzioni ma anche in dispersione, curtosi, etc.. Per questa ragione abbiamo utilizzato un quarto test molto popolare nelle applicazioni DEA, quello di Mann-Whitney<sup>11</sup>. La tabella 8 presenta i risultati dei test predetti. Tutti i test sono one-side. Le distribuzioni asintotiche dei due test nonparametrici utilizzati sono descritte in Siegel (1956).

### INSERIRE TABELLA 8

Come si vede dai risultati presentati in tabella 8, tutti i test utilizzati indicano in modo concorde che l'incremento di efficienza fra le UP del 1995 e quelle del 1994, misurato nel 1° modello base, non è statisticamente significativo. Non è tale cioè da indurre al

---

<sup>11</sup> Applicazioni del test di Mann-Whitney negli studi DEA sul settore ospedaliero si ritrovano in Chilingirian (1994), Valdmanis (1992), Ley (1991) e Grosskopf e Valdmanis (1987). Banker (1996) discute i risultati di esperimenti Monte-Carlo circa la potenza e la robustezza dei test da lui proposti rispetto ai test non parametrici qui utilizzati. Nella stragrande maggioranza delle situazioni simulate l'autore mostra che i test  $T_{EX}$  e  $T_{HN}$  sono superiori.

rigetto dell'ipotesi nulla di uguaglianza dell'efficienza sui due periodi. Questa deduzione vale a maggior ragione nel caso del confronto fra le stime di efficienza relative alla calibratura di due frontiere distinte per ciascun anno. Siamo portati quindi a rigettare con forza l'ipotesi che nel periodo considerato vi sia stato uno spostamento della frontiera delle possibilità produttive e a rigettare, seppure con minor forza, l'ipotesi che le prestazioni delle UP, valutate rispetto al medesimo insieme delle possibilità produttive, abbia conosciuto un miglioramento in termini di efficienza tecnica.

#### **INSERIRE TABELLA 9**

#### **INSERIRE TABELLA 10**

Se esaminiamo i test relativi alle specificazioni orientate ai ricoveri e alla degenza vediamo che i risultati divergono in modo sostanziale. Infatti mentre per tutte le specificazioni orientate alla degenza l'evidenza non è sufficiente per rigettare l'ipotesi nulla di invarianza dei livelli di efficienza tecnica, al contrario l'incremento nell'efficienza tecnica pare statisticamente significativo, a livelli di significatività variabili, ma sempre superiori al 90%, per tutte le specificazioni orientate ai ricoveri.

#### *5.3. Il 2° modello base : risultati e test di significatività.*

Le classi di modelli che abbiamo sinora esaminato presentano alcuni elementi di insoddisfazione. Il modello base soffre del limite evidente dato dalla mancata considerazione della differenziazione verticale del prodotto. Il modello in sostanza valuta come altrettanto efficienti strutture che a parità di ricoveri, degenze e quantità di risorse impiegate, trattano casistiche di complessità molto difforme. Dal canto loro le specificazioni orientate ai ricoveri e alle degenze, pur non risentendo del limite precedente, tuttavia rappresentano in modo volutamente parziale un processo produttivo che coinvolge in modo integrato e congiunto tanto la produzione dell'uno che dell'altro tipo di output. La ricerca di una specificazione base che permetta di esaminare congiuntamente il processo produttivo dei due tipi di output, e che nel contempo controlli per la complessità della casistica ci ha indotto a calibrare una seconda versione del modello base. In questa nuova versione l'output viene disaggregato, sulla base alla complessità del trattamento, in quattro componenti : ricoveri e giornate di degenza in DRG di peso medio-basso (<1,23), ricoveri e giornate di degenza in DRG di peso elevato (>1,23). Questa specificazione dovrebbe permetterci di trarre deduzioni più robuste circa l'andamento dell'efficienza tecnica e in particolare sulle sue cause.

#### **INSERIRE TABELLA 11**

Dai risultati della stima (Tabella 11) si può vedere che il 2° modello base tende ad essere meno severo del 1°. Infatti rispetto a tutti i reference-set utilizzati e per ogni anno considerato la percentuale di UP efficienti è nettamente maggiore. Interpretando questo esito secondo un lessico econometrico potremo dire che l'inviluppo del 2° modello base approssima meglio le UP osservate cosicché la contrazione radiale degli input è mediamente più bassa. In termini di teoria della produzione possiamo osservare che la disaggregazione dell'output, permettendo all'inviluppo di assumere una maggiore curvatura, lo rende coerente con un andamento più pronunciato dei rendimenti di scala. L'efficienza media delle prestazioni passa dal 89% nel 1994 al 92% nel 1995. Tre dei quattro test statistici utilizzati sono concordi nel rigettare, a livelli di significatività inferiori al 10%, l'ipotesi nulla che le UP dei due anni presentino il medesimo livello di

inefficienza. Pertanto siamo portati a ritenere che fra il 1994 e il 1995 sia si verificato un avvicinamento delle UP verso la frontiera delle possibilità produttive. Se si esaminano i risultati della calibratura separata del modello sui due anni possiamo notare che il miglioramento delle prestazioni non risulta statisticamente significativo per nessuno dei test utilizzati. Pertanto siamo portati a ritenere che nel biennio considerato non si sia manifestato alcun spostamento significativo della frontiera delle possibilità produttive e quindi che le UP vadano valutate in “assenza di progresso tecnico”. Tutti i risultati che presentiamo nel seguito fanno riferimento alla calibratura di un unico inviluppo.

#### *5.4. Struttura organizzativa e efficienza tecnica*

Posto che abbiamo rilevato, sul biennio, un significativo miglioramento nell'efficienza tecnica degli ospedali dell'Emilia-Romagna, è di notevole interesse individuare quali siano le caratteristiche delle strutture che hanno più spiccatamente manifestato tale miglioramento. I caratteri degli ospedali che abbiamo esaminato sono la dimensione, l'assetto organizzativo (aziendale o non), la presenza di attività didattica universitaria, la complessità. Il primo carattere è descritto in base a variabili di attività (ricoveri, degenze, personale, letti); il quarto carattere lo abbiamo dedotto da una valutazione esperta formulata presso l'Assessorato alla Sanità dell'Emilia-Romagna al fine di valorizzare il punto DRG per i ricoveri effettuati nelle differenti “fasce” di ospedali<sup>12</sup>.

Per individuare i tipi di ospedali che hanno migliorato l'efficienza tecnica abbiamo confrontato sui due anni le distribuzioni degli indici di efficienza per ciascuna tipologia considerata. Inoltre abbiamo effettuato anche un confronto cross-section fra le distribuzioni degli indici di efficienza di tipologie differenti. In entrambe i casi abbiamo adottato come test di confronto il test non parametrico di Mann-Whitney. I risultati sono presentati nella Tabella 12. Le variabili di classificazione riportate sono quelle che si sono rivelate più significative<sup>13</sup>.

### **INSERIRE TABELLA 12**

Le prestazioni delle Aziende Ospedaliere sono significativamente più efficienti di quelle degli ospedali incorporati nelle Aziende Sanitarie su entrambe gli anni considerati. Sul biennio invece, mentre i primi non registrano miglioramenti significativi dell'efficienza tecnica, quello fatto registrare dai secondi è significativo al livello del 10%. Da ciò segue che mentre le Aziende Ospedaliere non sembrano rispondere agli incentivi della riforma, probabilmente perché già collocate su standard di razionalizzazione piuttosto elevati, gli ospedali incorporati nelle Aziende Sanitarie Locali sembrano interessati da rilevanti processi di riorganizzazione produttiva nel pur breve periodo considerato. Queste

---

<sup>12</sup> Sono stati individuate 3 fasce di ospedali. La fascia A raccoglie le strutture di eccellenza, 12 in tutto, contraddistinte da elevata dimensione, bassa concentrazione della casistica su specialità di base, grado elevato di specializzazione. La fascia B (7) e C (50), individuate in base ai tre criteri menzionati, raccolgono rispettivamente le strutture di medio eccellenza e primo livello.

<sup>13</sup> In letteratura è usuale procedere in questo genere di analisi attraverso la stima di modelli di regressione censurata. Nel nostro caso ci siamo limitati, vista la dimensione ridotta del campione e il numero ridotto di variabili di classificazione disponibili, ad effettuare un'analisi univariata nonparametrica. Del resto la stima di modelli Tobit non ha offerto particolari vantaggi di natura interpretativa. Le stime Tobit ci hanno peraltro guidato nella scelta delle variabili di classificazione più significative. Una procedura analoga alla nostra è stata adottata da Chilingirian (1994).

considerazioni non vengono sovvertite se si utilizza come variabile di classificazione la presenza di attività didattica universitaria.

Considerazioni in un certo senso conflittuali alle precedenti si possono trarre esaminando la classificazione in base alle variabili dimensionali. Gli ospedali di grandi dimensioni, ovvero con numero di ricoveri o di letti superiore alla media, nel biennio migliorano in modo significativo la propria prestazione, mentre non conoscono significative variazioni gli ospedali di piccole dimensioni. Nell'analisi cross-section gli ospedali "grandi" si dimostrano più efficienti di quelli "piccoli" solo nell'anno 1995. Poiché le cinque Aziende Ospedaliere sono gli ospedali di dimensioni maggiori evidentemente le due classificazioni, organizzativa e dimensionale, risultano essere conflittuali rispetto all'analisi di efficienza. Per interpretare questa conflittualità abbiamo individuato una ulteriore classificazione. La Tabella 13 riporta i risultati dell'analisi. Gli ospedali della classe 1 comprendono le Aziende Ospedaliere; la classe 2 comprende gli ospedali individuati dall'Assessorato alla Sanità come di eccellenza (fascia A) che sono incorporati nelle Aziende Sanitarie; le classi 3 e 4 raccolgono gli ospedali rispettivamente appartenenti alla fascia media e bassa definite dall'Assessorato.

### **INSERIRE TABELLA 13**

L'analisi dei dati ci rivela che un miglioramento statisticamente significativo dell'efficienza tecnica si rileva solo per gli ospedali di classe 2, mentre per le restanti tipologie il miglioramento dell'efficienza non è statisticamente rilevante. Questo risultato ci pare coerente con una descrizione del processo di razionalizzazione innescato dalle recenti riforme nel quale le Aziende Ospedaliere, già molto efficienti, e gli ospedali di medio e basso livello, vengono interessati in modo relativamente minore rispetto agli ospedali di eccellenza incorporati nelle Aziende Sanitarie.

#### *5.5. Gli eccessi di input e gli "slack" di output*

L'individuazione della proiezione radiale di ciascuna UP sull'involuppo permette di ricostruire gli eccessi di input e le carenze di output attribuibili all'inefficienza tecnica. Nella calibratura orientata agli input la proiezione viene determinata massimizzando la riduzione radiale degli input mentre l'espansione degli output viene costruita in maniera residuale. L'analisi degli eccessi di input e degli "slack" di output offre evidentemente una utile indicazione di politica sanitaria in merito al grado di razionalizzazione nell'uso delle risorse impiegate nella produzione ospedaliera.

Gli eccessi assoluti di input si contraggono sensibilmente nel biennio 1994-1995. L'eccesso si riduce dell'80-90% per i letti e i medici, e del 45-50% per personale amministrativo e infermieristico. Le carenze di output si sono ridotte tutte ad eccezione di quella relativa alle giornate di degenza in DRG di peso medio-basso, la cui rilevanza percentuale su quanto viene effettivamente prodotto è tuttavia assolutamente trascurabile. Se esaminiamo la situazione in termini relativi vediamo che nel biennio considerato l'eccesso di letti rispetto a quanto effettivamente utilizzato si riduce dall'1,5% allo 0,3%; quello di personale infermieristico dal 5,3% al 2,8%; quello di personale medico dal 6,4% a poco più dello 0,5%. Infine l'eccesso di personale amministrativo passa dal 10 al 4%. Dall'analisi emerge quindi che le sacche di inefficienza nell'utilizzo degli input si concentrano in larga parte nel personale amministrativo e in quello infermieristico, sebbene entrambi, ma soprattutto il primo, abbiano visto sensibilmente ridursi il loro eccesso relativo. L'utilizzo dei letti risulta

essere pressoché pienamente efficiente. Per quel che concerne gli output si vede che l'efficiente utilizzo degli input è coerente con un incremento nella produzione di ricoveri di alto peso pari al 5% nel 1994 e al 3,2% nel 1995. La carenza di output si mantiene a livelli significativi anche nel caso dei ricoveri di peso medio-basso, che passa dal 2,5 all'1,3%, e della degenza totale di alto peso, che passa dal 3,4 al 1,3%. Pertanto dalla nostra analisi emerge che spazi significativi di miglioramento della prestazione dal lato degli output permangono in particolare nella produzione di ricoveri di alto peso.

In presenza di una sostanziale invarianza di letti e di personale infermieristico, appare chiaro che nel biennio esaminato il miglioramento dell'efficienza tecnica si sia realizzato soprattutto attraverso l'incremento della produzione di ricoveri, tanto di alto che di medio e basso peso. Dal lato delle risorse si osserva un incremento della produttività dei fattori, di cui l'abbattimento della degenza media, soprattutto sui ricoveri di media e bassa complessità, è una conseguenza immediata, e una forte razionalizzazione nell'uso del personale medico. Naturalmente queste indicazioni sono in larga parte incoerenti con lo spirito della riforma nella misura in cui la razionalizzazione si è realizzata non tanto riducendo l'utilizzo degli input, e quindi contenendo i costi, quanto aumentandone la produttività e quindi la produzione. Non c'è dubbio che questa propensione possa portare a problemi evidenti di contenimento della spesa, soprattutto se si osserva che le possibilità di espansione dell'output sono concentrate nella produzione dei ricoveri a tariffa più elevata. Nel periodo perso in esame gli incentivi introdotti dalla riforma hanno indubbiamente raggiunto l'obiettivo di migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse tuttavia sono stati insufficienti rispetto al contenimento della produzione sanitaria e al maggior razionamento della domanda.

#### **INSERIRE TABELLA 14**

#### **INSERIRE TABELLA 15**

L'analisi degli eccessi di input e delle carenze di output per classe di ospedale ci rivela che la razionalizzazione produttiva ha percorso linee abbastanza differenti fra le differenti classi. Le Aziende Ospedaliere accrescono la propria efficienza tecnica, sebbene in maniera non significativa, e si collocano tutte sulla frontiera efficiente, soprattutto incrementando la produzione di ricoveri e degenze di alta complessità, e riducendo le prestazioni nei ricoveri a peso medio-basso. Ciò avviene pur in presenza di un sostanziale incremento del personale con funzioni amministrative, la riduzione del personale medico e con aggiustamenti marginali su personale infermieristico e letti.

Gli unici presidi a sperimentare un significativo incremento dell'efficienza sono gli ospedali di eccellenza incorporati nelle Aziende Sanitarie. Questi hanno perseguito tanto dal lato degli output che da quello degli input strategie analoghe a quelle seguite dalle Aziende Ospedaliere: aumento delle prestazioni ad alta complessità, incremento del personale amministrativo e contrazione di quello medico. A seguito di tale razionalizzazione, mentre l'eccesso relativo di medici si abbatte drasticamente passando dal 10% a meno dell'1%, emerge un eccesso di personale amministrativo pari a circa il 3%, e rimane non sfruttata la capacità produttiva di ricoveri di peso medio-basso che si mantiene, nel 1995, intorno al 5% rispetto al 7% dell'anno precedente.

Gli ospedali appartenenti alla terza e alla quarta classe sono quelli che conoscono le trasformazioni più profonde. Come si vede gli incrementi e le riduzioni generalizzati di input e output che si sono realizzati rispettivamente nel primo e nel secondo gruppo

considerati riflettono il processo di riorganizzazione dell'offerta perseguito dalle Aziende Sanitarie. Nel biennio infatti hanno proceduto a chiudere alcuni dei presidi di primo livello e a riaccorparne altri con le strutture di secondo livello. Questi aggiustamenti non si traducono necessariamente in una razionalizzazione del processo produttivo ma si risolvono assai di sovente in una ridenominazione di stabilimenti che mantengono peraltro una sostanziale autonomia operativa. Il nostro studio ci rivela in effetti che a fronte di questi aggiustamenti il guadagno nell'efficienza tecnica degli ospedali appartenenti alla terza e quarta classe non è statisticamente rilevante. Se si esamina l'andamento degli slack relativi si vede che le strutture di medio livello dimostrano una sostanziale efficienza nella produzione degli output, presentano un rilevante e crescente eccesso relativo di personale infermieristico e, nonostante il drastico calo, anche di personale con funzioni amministrative. Le strutture di primo livello al contrario non sfruttano al meglio le capacità produttive nelle prestazioni ad alta complessità e, seppur mostrando progressi importanti nel biennio, mantengono eccessi di input molto rilevanti sia per il personale amministrativo che per quello infermieristico.

Pertanto l'analisi ci rivela che gli eccessi di input più rilevanti, quelle relativi al personale infermieristico e amministrativo, si concentrano rispettivamente fra gli ospedali di primo e medio livello. Analogamente, la capacità produttiva inespressa relativa ai ricoveri ad alta complessità, rilevata sull'intero campione, interessa quasi esclusivamente queste due tipologie di ospedali. Solo nel gruppo degli ospedali di primo livello si rileva il permanere di significativi livelli di letti e personale medico inutilizzati.

## **6. Conclusioni**

In questo studio abbiamo analizzato l'efficienza tecnica degli ospedali pubblici dell'Emilia-Romagna negli anni dal 1994 al 1995, utilizzando la tecnica DEA. I risultati della nostra analisi riguardano esclusivamente l'efficienza tecnica nella produzione ospedaliera. Abbiamo in questo senso trascurato di esaminare l'evoluzione dell'efficienza di scala. Inoltre valgono, rispetto all'interpretazione dei risultati, gli usuali richiami alla cautela riconducibili ai limiti ben noti dello strumento impiegato: omissione di output rilevanti, omissione e non misurabilità di alcuni input, difficoltà di controllo rispetto alla composizione della casistica [Newhouse (1994)].

L'analisi condotta ci permette di trarre le seguenti conclusioni.

Innanzitutto nel periodo considerato non si è riscontrato progresso tecnico nella produzione ospedaliera. Il significativo miglioramento dell'efficienza tecnica rilevato va quindi interamente attribuito alla riorganizzazione produttiva indotta dalla riforma. Le prestazioni produttive sui due anni tendono ad essere indistinguibili se non si controlla per l'effetto della complessità della casistica trattata da ciascuna struttura.

L'incremento di efficienza è pronunciato e significativo nell'ambito della produzione di "ricoveri", mentre non è significativo nella produzione di "giornate di degenza". Sebbene il campione si riferisca ai soli ospedali pubblici dell'Emilia-Romagna, questo risultato è dotato di una notevole robustezza rispetto alla definizione di output adottata. Esso ci sembra del tutto coerente con il sistema di incentivi introdotti dalle riforme recenti e in particolare dall'introduzione di un sistema di pagamento prospettico delle prestazioni erogate. Il miglioramento riscontrato nella produzione di ricoveri suggerisce infatti una maggiore sensibilità dei produttori all'accrescimento degli episodi di ricovero e alla concomitante riduzione della durata media degli stessi.

I residui di inefficienza si concentrano nell'utilizzo del personale amministrativo e di quello infermieristico, sebbene entrambi, ma soprattutto il primo, abbiano visto sensibilmente ridursi il loro eccesso relativo. L'utilizzo dei letti risulta essere pressoché pienamente efficiente così come quello del personale medico. Sul versante degli output si riscontra il permanere di una significativa capacità inutilizzata nella produzione di ricoveri di elevata complessità. In presenza di una sostanziale invarianza di letti e di personale infermieristico, il miglioramento, nel biennio esaminato, dell'efficienza tecnica va ricondotto soprattutto all'incremento della produttività dei fattori e, in ultima istanza, all'incremento nella produzione di ricoveri, tanto di alto che di medio e basso peso. Questo ci porta a concludere che nel periodo esaminato gli incentivi introdotti dalla riforma hanno indubbiamente raggiunto l'obiettivo di migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse tuttavia sono stati insufficienti rispetto al contenimento della produzione sanitaria e al razionamento della domanda.

Gli ospedali che hanno conseguito i miglioramenti di efficienza più significativi sono i poli di eccellenza incorporati nelle Aziende Sanitarie Locali. Questi hanno perseguito una strategia di riorganizzazione mirata all'aumento delle prestazioni ad alta complessità, incremento del personale amministrativo e contrazione di quello medico a seguito della quale l'eccesso relativo di medici si è ridotto drasticamente, è emerso un eccesso di personale amministrativo e la capacità produttiva di ricoveri di peso medio-basso è rimasta non pienamente sfruttata. Le Aziende Ospedaliere si rivelano sistematicamente più efficienti degli altri ospedali in entrambe gli anni ; tuttavia non sembrano recepire in maniera statisticamente significativa gli incentivi alla razionalizzazione introdotti dalla riforma.

L'analisi ci rivela che gli eccessi di input più rilevanti, quelli relativi al personale infermieristico e amministrativo, si concentrano rispettivamente fra gli ospedali di primo e secondo livello. Analogamente, la capacità produttiva inespressa relativa ai ricoveri ad alta complessità, rilevata sull'intero campione, interessa quasi esclusivamente queste due tipologie di ospedali. Solo nel gruppo degli ospedali di primo livello si rileva il permanere di significativi livelli di letti e personale medico inutilizzati.

### ***Bibliografia***

- Ali, A. I. e Seiford, L. M., 1993, "The mathematical programming approach to efficiency analysis", in Fried, H.O., Knox Lovell, C.A. e Schmidt, S.S., (a cura di), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, 1993, pp. 120-159.
- Banker, R.D., Conrad, R.F. e Strauss, R.P., 1986, "A comparative application of DEA and translog methods : an illustrative study of hospital production", *Management Science* 32, pp. 40-44.
- Banker, R.D., 1993, "Maximum likelihood, consistency and Data Envelopment Analysis : a statistical foundation", *Management Science* 39, pp. 1265-1273.
- Banker, R.D., 1996, "Hypothesis tests using Data Envelopment Analysis", *Journal of Productivity Analysis* 7, pp. 139-159.
- Breyer, F., 1987, "The specification of a hospital cost function. A comment on the recent literature", *Journal of Health Economics* 6, pp. 147-157.
- Bruning, E.R. e Register, C.A., 1989, "Technical Efficiency within Hospitals: Do Profit Incentives Matter?", *Applied Economics* 21, pp. 1217-33.

- Burgess, J.F. e Wilson, P.W., 1993, "Technical Efficiency in Veterans Administration Hospitals", in Fried, H.O., Knox Lovell, C.A. e Schmidt, S.S., (a cura di), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, 1993, pp. 335-51.
- Burgess, J.F. e Wilson, P.W., 1995, "Decomposing Hospital Productivity Changes, 1985-1988: A Nonparametric Malmquist Approach", *Journal of Productivity Analysis* 6, pp. 343-63.
- Byrnes, P. e Valdmanis, V., 1994, "Analyzing technical and allocative efficiency of hospitals", in Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A.Y. e Seidorf, L.M., (a cura di), *Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers.
- Charnes, A., Cooper W. W., e Rhodes, E., 1978, "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research* 2, pp. 429-444.
- Chattopadhyay, S. e Heffley, D., 1994, "Are for-profit nursing homes more efficient? Data Envelopment Analysis with a case-mix constraint", *Eastern Economic Journal* 20, pp. 171-186.
- Chilingerian, J., 1994, "Exploring why some physicians' hospital practices are more efficient : taking DEA inside the hospital", in Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A.Y. e Seidorf, L.M., (a cura di), *Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers.
- Cutler, D.M., 1995, "The Incidence of Adverse Medical Outcomes under Prospective Payment", *Econometrica* 63, pp. 29-50.
- Debreu, G., 1951, "The coefficient of resource utilization", *Econometrica* 19, pp. 273-292.
- Fabbri, D., Fazioli, R. e Filippini, M., 1996, *L'Intervento Pubblico e l'Efficienza Possibile*, Il Mulino, Bologna.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. e Roos, P., 1994, "Productivity developments in Swedish hospitals: a Malmquist output index approach", in Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A.Y. e Seidorf, L.M., (a cura di), *Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers.
- Färe, R., Grosskopf, S., e Lovell, C.A.K., 1985, *The Measurement of Productive Efficiency*, Kluwer, Boston.
- Farrell, M. J., 1957, "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, A, 120, pp. 253-281.
- Fizel, J.L. e Nunnikhoven, T.S., 1992, "Technical Efficiency of For-profit and Non-profit Nursing Homes", *Managerial and Decision Economics* 13, pp. 429-39.
- Giuffrida, A. e Gravelle, H., 1997, "Measuring performance in primary care : econometric analysis and DEA", paper presentato al Health Economics Study Group, York, UK, Luglio, 1997.
- Grosskopf, S., 1996, "Statistical inference and nonparametric efficiency : a selective survey", *Journal of Productivity Analysis* 7, pp. 161-176.
- Grosskopf, S., Margaritis, D. e Valdmanis, V., 1997, "Comparing teaching and non-teaching hospitals: a frontier approach", Discussion Paper No. 97-29, Department of Economics, Southern Illinois University.
- Grosskopf, S. e Valdmanis, V., 1987, "Measuring Hospital Performance: A Non-parametric Approach", *Journal of Health Economics* 6, pp. 89-107.
- Hollingsworth, B. e Mandiakis, N., 1997, "Measuring and analyzing hospital productivity trends taking into account case-mix and quality of service: a Malmquist index approach", paper

presentato al V° European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis, Copenhagen, 1-11 Ottobre 1997.

- Koopmans, T. C., 1951, "An analysis of production as an efficient combination of activities", in Koopmans, T.C., (a cura di), *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission, for Research in Economics, 13, Wiley and Sons.
- Kooreman, P., "Nursing home care in The Netherlands : a nonparametric efficiency analysis", *Journal of Health Economics*, 13, pp. 301-316.
- Ley, E., "Eficiencia productiva: un estudio aplicado al sector hospitalario", *Investigaciones Economicas* 15, pp. 71-88.
- Mirmirani, S. e Li, H.-C., 1995, "Health Care Efficiency Measurement: An Application of Data Envelopment Analysis", *Rivista Internazionale di Scienze Economiche e Commerciali* 42, pp. 217-29.
- Newhouse, J.P., 1994, "Frontier estimation : how useful a tool for health economics ?", *Journal of Health Economics* 13, pp. 317-322.
- Nyman, J.A. e Bricker, D.L., 1989, "Profit Incentives and Technical Efficiency in the Production of Nursing Home Care", *Review of Economics and Statistics* 71, pp. 586-94.
- Pestieu, P. e Tulkens, H., 1990, "Assessing the performance of public sector activities : some recent evidence from the productive viewpoint", Discussion Paper n°. 9060, CORE, Université Catholique de Louvain, Belgio.
- Sexton, T.R., Leiken, A.M., Nolan, A.H., Liss, S., Hogan, A. e Silkman, R.H., 1989, "Evaluating managerial efficiency of veterans medical centers using Data Envelopment Analysis", *Medical Care* 27, pp. 1175-1188.
- Sherman, H.D., 1984, "Hospital efficiency measurement and evaluation", *Medical Care* 22, 922-938.
- Siegel, S., 1956, *Nonparametric Statistics for the Behavioural Sciences*, McGraw-Hill, New-York.
- Sudit, E. F., 1995, "Productivity measurement in industrial operations", *European Journal of Operational Research* 85, pp. 435-453.
- Valdmanis, V., 1992, "Sensitivity Analysis for DEA Models: An Empirical Example Using Public vs. NFP Hospitals", *Journal of Public Economics* 48, pp. 185-205.
- Zweifel, P. e Breyer, F., 1997, *Health Economics*, Oxford University Press.

## Figure e Tabelle

Figura 1.a: La misura di input-efficienza alla Debreu-Farrell

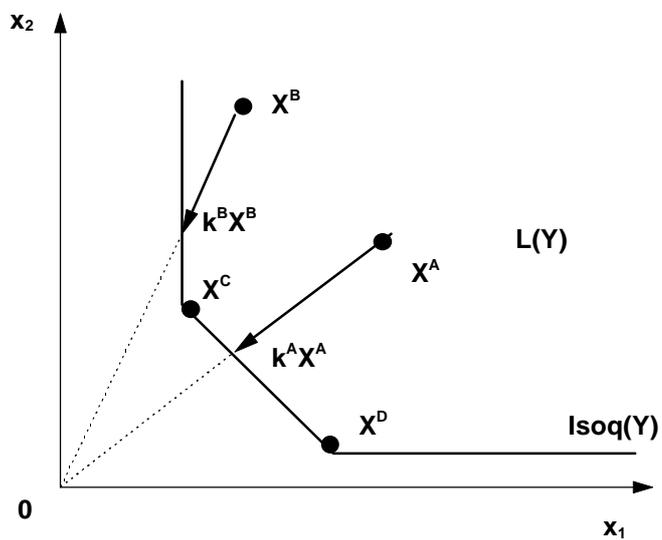


Figura 1.b: La misura di output-efficienza alla Debreu-Farrell

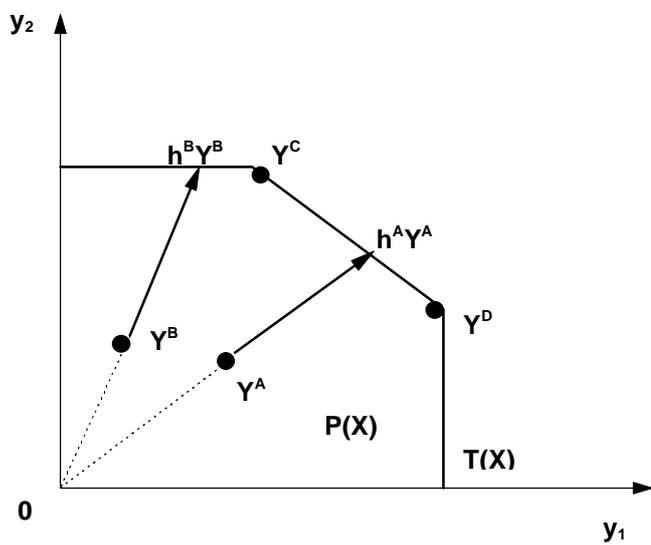
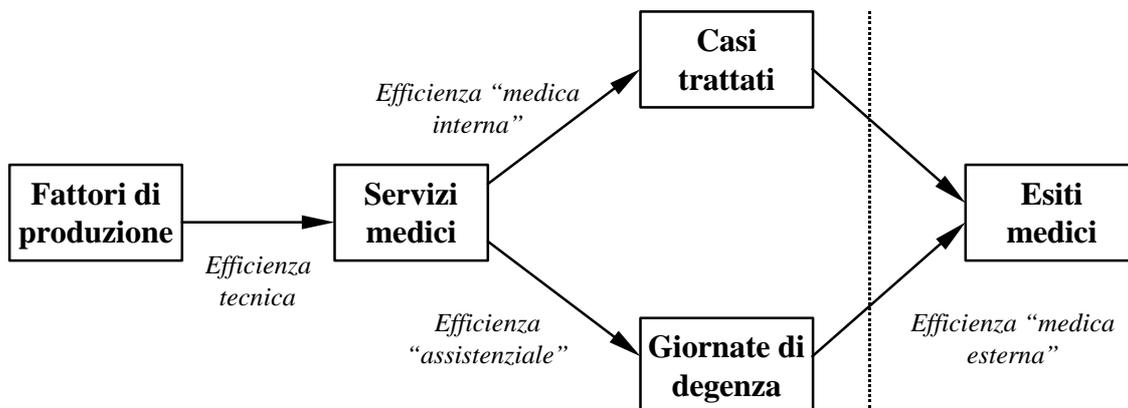


Figura 2 : Il processo produttivo ospedaliero



fonte : Zweifel e Breyer (1997)

*Tabella 1: Descrizione delle variabili*

variabile	descrizione
<b>output</b>	<b>output</b>
RICOV	Ricoveri totali
RICOV_L	Ricoveri totali DRG a medio-basso peso
RICOV_H	Ricoveri totali DRG a alto peso
RICOV_a	Ricoveri totali classe a
RICOV_b	Ricoveri totali classe b
RICOV_c	Ricoveri totali classe c
DEGEN	Degenza totale
DEGEN_L	Degenza totale DRG a medio-basso peso
DEGEN_H	Degenza totale DRG a alto peso
DEGEN_a	Degenza totale classe a
DEGEN_b	Degenza totale classe b
DEGEN_c	Degenza totale classe c
<b>input</b>	<b>input</b>
LETTI	Letti medi ordinari e a pagamento
MED	Personale medico
INF	Personale infermieristico-assist.
ADM	Personale amministrativo

*Tabella 2: Struttura dei modelli*

variabile	1° modello base	modello tipo R	modello tipo D	2° modello base
<b>output</b>				
RICOV	X		X	
RICOV_L				X
RICOV_H				X
RICOV_a		X		
RICOV_b		X		
RICOV_c		X		
DEGEN	X	X		
DEGEN_L				X
DEGEN_H				X
DEGEN_a			X	
DEGEN_b			X	
DEGEN_c			X	
<b>input</b>				
LETTI	X	X	X	X
MED	X	X		X
INF	X		X	X
ADM	X	X	X	X

*Tabella 3: Le specificazioni alternative*

Modello	RICOV_a DEGEN_a	RICOV_b DEGEN_b	RICOV_c DEGEN_c
Specificazione			
R/D 1	pediatrici	adulti	anziani
R/D 2	ordinari	day_hospital	
R/D 3	DRG medici	DRG chirurgici	DRG residuali
R/D 4*	bassa complessità	media complessità	alta complessità
R/D 5**	bassa complessità	media complessità	alta complessità
R/D 6***	degenza breve	degenza media	degenza lunga

\*L'alta complessità contiene i ricoveri in DRG con peso superiore a 1.1468, media complessità quelli con peso compreso fra 0,68 e 1,146 e la bassa complessità quelli con peso inferiore a 0.68.

\*\*Alta complessità contiene i ricoveri in 15 linee di produzione aventi peso medio DRG maggiore di 1.23, media complessità quelli compresi in 13 linee di produzione con peso medio compreso fra 0,8 e 1.23 e bassa complessità quelli contenuti in 9 linee di produzione con peso medio inferiore a 0,8. L'alta e la bassa complessità assorbono ciascuna il 20% della casistica, la media il restante 60% .

\*\*\*I ricoveri a degenza lunga sono quelli con durata superiore ai 10 giorni, quelli a degenza media con durata compresa fra i 10 e 1 giorno, quelli a degenza breve sono i ricoveri di un giorno. La casistica con degenza lunga è pari al 20% del totale, la media al 55%, la breve al 25%.

*Tabella 4: Le variabili del modello base : descrizione\**

		Media	Dev. Std.	Somma	Minimo	Massimo
1994	N=58					
	RIC_TOT	12.117	14.694	702.813	1.114	73.069
	DEG_TOT	85.569	103.523	4.962.978	10.779	498.685
	LETTI	275	304	15.965	40	1.497
	MED	120	154	6.975	8	713
	INF	385	441	22.343	40	2.103
	ADM	24	31	1.382	-	151
	PERS_TOT	529	620	30.700	60	2.904
1995	N=53					
	RIC_TOT	13.981	15.065	740.987	1.384	67.949
	DEG_TOT	96.242	107.230	5.100.807	10.968	506.220
	LETTI	302	319	16.023	40	1.496
	MED	117	145	6.179	8	666
	INF	424	479	22.473	38	2.132
	ADM	34	54	1.798	-	240
	PERS_TOT	575	674	30.450	46	3.030

\*Per rendere i dati confrontabili, in questa descrizione non abbiamo considerato per il 1995 l'osservazione relativa al S. Orsola-Malpighi.

*Tabella 5: Risultati della stima di efficienza sul modello base*

Anno	Ref.-set	N° UP	Media	Dev. Std.	N° UP effic.	% UP effic.
1994-1995	1994-1995	112	0,875	0,129	37	33,0%
1994	1994-1995	58	0,863	0,128	16	27,6%
1995	1994-1995	54	0,888	0,129	21	38,9%
1994	1994	58	0,903	0,110	23	39,7%
1995	1994	54	0,903	0,123	24	44,4%

Tabella 6: Analisi di sensitività rispetto a differenti specificazioni dell'output "medico". Insieme di riferimento 1994-95.

		R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
1994	Media	0,866	0,879	0,893	0,867	0,902	0,869
	Dev.st	0,133	0,129	0,114	0,132	0,116	0,132
	N° UP effic.	17	20	21	18	22	19
	% UP effic.	29%	34%	36%	31%	38%	33%
1995	Media	0,912	0,915	0,919	0,916	0,911	0,886
	Dev.st	0,122	0,115	0,120	0,123	0,116	0,126
	N° UP effic.	24	24	29	27	25	18
	% UP effic.	44%	44%	54%	50%	46%	33%
1995-1994	scarto media	4,5%	3,6%	2,6%	4,9%	0,8%	1,7%
	scarto % efficienti	15,1%	10,0%	17,5%	19,0%	8,4%	0,6%

Tabella 7: Analisi di sensitività rispetto a differenti specificazioni dell'output "assistenziale". Insieme di riferimento 1994-95.

		D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6
1994	Media	0,882	0,885	0,905	0,874	0,869	0,863
	Dev.st	0,128	0,120	0,112	0,130	0,140	0,128
	N° UP effic.	18	18	26	19	18	16
	% UP effic.	31%	31%	45%	33%	31%	28%
1995	Media	0,893	0,890	0,900	0,905	0,911	0,886
	Dev.st	0,120	0,117	0,122	0,117	0,116	0,126
	N° UP effic.	18	18	22	19	25	18
	% UP effic.	33%	33%	41%	35%	46%	33%
1995-1994	scarto media	1,1%	0,6%	-0,5%	3,1%	4,2%	2,2%
	scarto % efficienti	2,3%	2,3%	-4,1%	2,4%	15,3%	5,7%

Tabella 8 : Test delle ipotesi  $H_0$  : [le UP del 1995 sono efficienti quanto quelle del 1994],  $H_1$  : [le UP del 1995 sono più efficienti di quelle del 1994]. Modello base.

Ref.-set	1994-1995	1994/1995
Test		
Banker $T_{EX}$	1,222	0,997
$p > T_{EX}$	0,146	0,507
Banker $T_{HN}$	1,205	0,879
$p > T_{HN}$	0,245	0,686
Mann-Whitney U	1379	1515
$p > U$	0,138	0,383
Kolmogrov-Smirnov D	0,170	0,077
$p > D$	0,199	0,720

Tabella 9 : Test delle ipotesi  $H_0$  : [le UP del 1995 sono efficienti quanto quelle del 1994],  $H_1$  : [le UP del 1995 sono più efficienti di quelle del 1994]. Specificazioni dell'output 'medico'.

Test	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
B T <sub>EX</sub>	1,512	1,421	1,322	1,579	1,400	1,389
$p > T_{EX}$	0,015	0,033	0,071	0,008	0,039	0,042
B T <sub>HN</sub>	1,568	1,527	1,170	1,592	1,420	1,505
$p > T_{HN}$	0,049	0,059	0,281	0,043	0,098	0,066
M-W U	1233	1317	1297	1206	1285,5	1291
$p > U$	0,026	0,074	0,058	0,018	0,051	0,055
K-S D	0,255	0,204	0,232	0,303	0,221	0,191
$p > D$	0,026	0,098	0,050	0,006	0,065	0,130

Tabella 10 : Test delle ipotesi  $H_0$  : [le UP del 1995 sono efficienti quanto quelle del 1994],  $H_1$  : [le UP del 1995 sono più efficienti di quelle del 1994]. Specificazioni dell'output 'assistenziale'.

Test	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6
B T <sub>EX</sub>	1,106	1,052	0,946	1,164	1,094	1,149
$p > T_{EX}$	0,288	0,390	0,622	0,200	0,308	0,221
B T <sub>HN</sub>	1,177	1,073	0,866	1,202	1,073	1,201
$p > T_{HN}$	0,263	0,392	0,715	0,236	0,391	0,237
M-W U	1498	1535	1617	1447,5	1450	1476
$p > U$	0,346	0,428	0,617	0,245	0,250	0,300
K-S D	0,109	0,070	0,095	0,130	0,103	0,114
$p > D$	0,517	0,763	0,607	0,391	0,550	0,485

Tabella 11: Risultati della stima di efficienza sul secondo modello base

Anno	1994-1995	1994	1995	1994	1995
Ref. -set	1994-1995	1994-1995	1994-1995	1994	1995
N° UP	112	58	54	58	54
Media	0.907	0.895	0.920	0.929	0.934
Dev.st	0.120	0.119	0.120	0.101	0.112
N° UP effic.	47	20	27	28	32
% UP effic.	42.0%	34.5%	50.0%	48.3%	59.3%
		test	$p > test$	test	$p > test$
B T <sub>EX</sub>		1.312	0.077	1.077	0.349
B T <sub>HN</sub>		1.223	0.228	0.904	0.648
M-W U		1301	0.061	1426	0.207
K-S D		5.209	0.074	2.455	0.293

Tabella 12: Andamento dell'efficienza tecnica rispetto alcune caratteristiche dell'ospedale. Secondo modello base.

	N° UP	Media	N° Effic	N° UP	Media	N° Effic	M-W U	p>U
	<b>NON AZOSP</b>			<b>AZOSP</b>				
1994	54	0.889	17	4	0.974	3	56.5	0.057
1995	49	0.912	22	5	1.000	5	55	0.022
M-W U		1121.0			7.5			
p>U		0.091			0.270			
	<b>NON UNIV</b>			<b>UNIV</b>				
1994	53	0.888	16	5	0.965	4	70	0.042
1995	48	0.911	22	6	0.992	5	85	0.052
M-W U		1065.0			14.0			
p>U		0.080			0.428			
	<b>RIC&lt;MEDIA</b>			<b>RIC&gt;MEDIA</b>				
1994	45	0.881	16	13	0.942	4	238	0.155
1995	37	0.891	14	17	0.982	13	170	0.004
M-W U		787.0			56.0			
p>U		0.336			0.011			
	<b>LETTI&lt;MEDIA</b>			<b>LETTI&gt;MEDIA</b>				
1994	45	0.884	16	13	0.932	4	252	0.225
1995	37	0.893	15	17	0.979	12	192	0.011
M-W U		780.0			59.0			
p>U		0.312			0.016			

Tabella 13: Andamento dell'efficienza tecnica rispetto alla "classe" dell'ospedale. Secondo modello base.

	N° UP	Media	N° Effic	Kruskal-Wallis									
	<b>CLASSE=1</b>			<b>CLASSE=2</b>			<b>CLASSE=3</b>			<b>CLASSE=4</b>			<b>p&gt;CHI</b>
1994	4	0.974	3	7	0.926	1	7	0.950	3	40	0.872	13	0.206
1995	5	1.000	5	7	0.993	5	8	0.950	4	34	0.886	13	0.027
M-W U		7.5			7.5			27.0			625.0		
p>U		0.270			0.015			0.454			0.275		

Tabella 14: “Output slack” e “eccessi di input” totali rispetto al secondo modello base\*.

	EFFETTIVI			“SLACK”			“SLACK”/ EFFETTIVI	
	1994	1995	variaz.%	1994	1995	variaz.%	1994	1995
LETTI	15,965	16,023	0%	234	46	-80%	1.5%	0.3%
MED	6,975	6,179	-11%	448	45	-90%	6.4%	0.7%
INF	22,343	22,473	1%	1,193	625	-48%	5.3%	2.8%
ADM	1,382	1,798	30%	141	77	-45%	10.2%	4.3%
RICOV_L	591,888	614,413	4%	14,521	8,205	-43%	2.5%	1.3%
RICOV_H	110,925	126,574	14%	5,562	4,041	-27%	5.0%	3.2%
DEGEN_L	3,525,451	3,476,364	-1%	2,963	6,796	129%	0.1%	0.2%
DEGEN_H	1,437,527	1,624,443	13%	48,623	20,759	-57%	3.4%	1.3%

\*Il dato relativo al S’Orsola, presente nel campione solo nel 1995, non è stato considerato.

Tabella 15: “Output slack” e “Eccessi di input” totali per “classe” di ospedale, calcolati rispetto al secondo modello base.

CLASSE	Variaz. % EFFETTIVE				“SLACK”/ EFFETTIVI							
	1	2	3	4	1		2		3		4	
ANNO	95-94	95-94	95-94	95-94	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995
LETTI	-2%	1%	44%	-15%	0.7%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	1.1%
MED	-8%	-14%	27%	-31%	0.0%	0.0%	9.7%	0.8%	0.0%	0.1%	13.6%	2.4%
INF	2%	6%	46%	-26%	0.0%	0.0%	2.6%	2.1%	5.7%	7.7%	12.9%	3.2%
ADM	84%	21%	27%	-21%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	17.9%	3.5%	29.1%	18.8%
RICOV_L	-6%	4%	49%	-6%	0.3%	0.0%	6.8%	5.1%	0.6%	0.0%	2.1%	0.4%
RICOV_H	11%	17%	47%	-2%	0.2%	0.0%	1.6%	0.7%	6.4%	2.3%	15.1%	12.5%
DEGEN_L	-8%	0%	38%	-13%	0.0%	0.0%	0.3%	0.6%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
DEGEN_H	8%	15%	47%	0%	0.0%	0.0%	2.7%	0.1%	2.3%	0.0%	10.3%	6.4%

\*Il dato relativo al S’Orsola, presente nel campione solo nel 1995, non è stato considerato.