



UNIVERSITA'
CA' FOSCARI
DI VENEZIA

novembre 2000

**Analisi dell'efficienza relativa
delle strutture di ricovero con il metodo DEA
Il caso degli ospedali del Veneto**

Vincenzo Rebba - Dino Rizzi

Nota di lavoro 2000.13



Analisi dell'efficienza relativa delle strutture di ricovero con il metodo DEA Il caso degli ospedali del Veneto

Vincenzo Rebba

Dipartimento di Scienze Economiche - Università di Padova

E-mail address: rebba@decon.unipd.it

Dino Rizzi

Dipartimento di Scienze Economiche - Università Ca' Foscari di Venezia

E-mail address: rizzi.dino@unive.it

Riassunto

Il presente contributo intende analizzare la possibilità di determinare l'efficienza relativa delle strutture di ricovero a livello intra-regionale utilizzando il metodo DEA. Nel paragrafo 2 si esaminano, in termini molto sintetici, le tipologie degli output e degli input utilizzati nell'ambito del processo produttivo dell'ospedale. Nel paragrafo 3 vengono esplicitate le principali implicazioni derivanti dalla scelta della DEA, focalizzando l'attenzione sulle ipotesi alla base di tale metodologia, in particolare rispetto alla tecnologia di produzione e alle preferenze dei managers o delle autorità di politica sanitaria riguardo al mix di output prodotto. Nel paragrafo 4 viene evidenziato come l'eventuale inefficienza degli ospedali possa essere imputabile sia all'utilizzo di una tecnica di produzione non ottimale (inefficienza *interna* imputabile al management ospedaliero) sia al possibile sovradimensionamento della capacità produttiva rispetto alla domanda espressa (inefficienza *esterna* imputabile alle scelte di programmazione sanitaria). Nel paragrafo 5, infine, il metodo DEA viene applicato per la misurazione dell'efficienza relativa degli ospedali del Veneto.

Abstract

The present paper analyses the possibility of performing a measurement of hospitals' relative efficiency at an infra-regional level by using DEA. In section 2 the hospital as a productive unit is briefly examined. In section 3 the main assumptions linked to the choice of DEA are considered and it is argued that the methodology requires precise hypotheses regarding the hospital technology and the managers' or policy makers' preferences on the mix of outputs. Section 4 considers the possibility of imputing the level of inefficiency of a hospital to the management (*internal* inefficiency) or to an excess capacity with respect to the demand that can be attributed to policy makers (*external* inefficiency). Finally, the methodology is applied to the efficiency measurement of hospitals in the Veneto Region.

Keywords: Hospital performance; Technical efficiency; Data envelopment analysis

JEL-code: I11 – D24

1. Introduzione

A partire dai primi anni novanta, il sistema socio-sanitario italiano, al pari di quello di molti paesi industrializzati, è stato caratterizzato da profondi cambiamenti e da rilevanti innovazioni. Il 1999 e i primi mesi del 2000 hanno segnato altre due tappe fondamentali nel processo di trasformazione del Servizio Sanitario Nazionale con il decreto n. 229/1999 (“riforma ter”), che definisce il completamento e una parziale ridefinizione degli interventi di riordino avviati a partire dal 1992, e con il decreto n. 56/2000 (di attuazione dell’art. 10 della legge 133/1999) che prevede un completo decentramento alle Regioni delle responsabilità di finanziamento della sanità pubblica con la contestuale attivazione di procedure di monitoraggio dei livelli essenziali e uniformi di assistenza sanitaria da parte dello Stato.

A fronte delle recenti innovazioni istituzionali, assume particolare importanza, soprattutto nell’attuale fase di transizione verso un sistema di “federalismo sanitario”, l’introduzione di nuovi meccanismi di governo del settore sanitario.

In quest’ottica nessun indicatore è capace da solo di definire i livelli assistenziali erogati dai diversi sistemi sanitari regionali. Occorre quindi puntare a sviluppare un sistema integrato di indicatori che copra l’intera gamma dei fenomeni che vanno dalla spesa, alla dotazione e all’utilizzo delle risorse fisiche, alle prestazioni e allo stato di salute. Tale sistema dovrebbe, in particolare: a) consentire il controllo statale del rispetto, da parte delle Regioni, dei livelli minimi di tutela sanitaria dei cittadini; b) consentire interventi di perequazione della capacità fiscale delle diverse Regioni che tengano conto anche dell’efficienza e dell’appropriatezza con cui le Regioni stesse impegnano le proprie risorse per l’assistenza sanitaria.

Il presente contributo intende analizzare una delle molteplici componenti del sistema integrato di indicatori: quella relativa alla misurazione dell’efficienza relativa dei servizi ospedalieri. La possibilità di effettuare un confronto dell’efficienza relativa delle strutture di ricovero, non solo a livello interregionale, ma anche a livello intra-regionale, appare peraltro essenziale rispetto al perfezionamento e alla revisione di accordi contrattuali tra Regioni e ASL, da un lato, e strutture pubbliche e private accreditate dall’altro (così come previsto dall’art. 8-quinquies, c.2 del decreto legislativo 229/1999).

Le metodologie utilizzabili per il calcolo dell’efficienza relativa delle strutture ospedaliere sono di tipo econometrico (*Deterministic Frontier Analysis* – DFA; *Stochastic Frontier Analysis* - SFA) oppure di tipo matematico (*Data Envelopment Analysis* – DEA; *Free Disposal Hull* -FDH). Le analisi di tipo econometrico (*parametriche*) richiedono l’esplicitazione *a priori* di una funzione di produzione dei servizi ospedalieri, mentre quelle di tipo matematico (*non parametrico*) si caratterizzano per la possibilità di determinare l’efficienza relativa di unità decisionali simili attraverso tecniche di programmazione lineare.

In entrambi i casi si tratta di metodi che consentono di tenere conto del carattere eterogeneo dell’output erogato da diverse unità operative oltre a permettere di incorporare anche le principali caratteristiche qualitative della produzione ospedaliera. Entrambe le metodologie appaiono quindi particolarmente promettenti rispetto all’obiettivo di sviluppare indicatori per la valutazione comparativa dell’efficienza dei servizi ospedalieri sia tra diverse Regioni, sia all’interno di una stessa Regione. Dal momento che ciascuna metodologia si basa su ipotesi diverse, più o meno stringenti, la scelta di una o dell’altra conduce tuttavia a risultati diversi e talora contrastanti per quanto riguarda l’efficienza relativa degli ospedali esaminati. Pertanto, anche nel caso dei modelli non parametrici, si rende comunque necessario esplicitare il modello di comportamento sottostante la scelta della metodologia; modello che può essere più o meno flessibile, a seconda che si riferisca in modo specifico a ciascuna delle unità di produzione, ad un’aggregazione di queste o ad un *policy maker* con poteri di controllo sulle unità produttive esaminate.

Nel presente contesto si intende concentrare l'attenzione su un particolare metodo non parametrico, la *Data Envelopment Analysis* (DEA), che sta ricevendo molti consensi in letteratura per quanto riguarda la sua applicazione alla misura della produttività degli ospedali in quanto consente di tenere conto del carattere eterogeneo dell'output erogato dalle diverse unità decisionali¹. Essa si caratterizza per la possibilità, attraverso l'utilizzo della programmazione lineare, di determinare l'efficienza relativa di unità decisionali simili in assenza di una dettagliata descrizione del processo produttivo e ciò sembra rendere tale approccio particolarmente flessibile e generalizzabile². Utilizzando tecniche proprie della ricerca operativa, il metodo DEA determina l'efficienza di ciascuna unità produttiva comparando la sua tecnologia con tutte le possibili tecnologie derivanti dalla combinazione lineare delle produzioni osservate per le altre unità produttive considerate. Inoltre, il metodo non richiede la definizione di una funzione obiettivo valida per tutti e lascia, anzi, a ciascuna unità decisionale la possibilità di ponderare gli input e gli output in modo da massimizzare il proprio indice di efficienza rispetto alle altre³.

Il metodo DEA viene qui utilizzato per la misurazione dell'efficienza produttiva relativa degli ospedali della Regione Veneto. Le valutazioni di efficienza sono state effettuate a partire dalle informazioni disponibili (a livello di ASL e di struttura ospedaliera) contenute nelle banche dati del Ministero della Sanità e della Regione Veneto. I risultati ottenuti possono consentire una prima valutazione della metodologia DEA e offrire alcune indicazioni preliminari sull'efficienza relativa degli ospedali veneti.

Il lavoro è così articolato. Nel paragrafo 2 si esaminano, in termini molto sintetici, le tipologie degli output e degli input utilizzati nell'ambito del processo produttivo dell'ospedale e si descrivono le principali caratteristiche della DEA come tecnica di misurazione dell'efficienza relativa di un insieme di ospedali. Nel paragrafo 3 vengono esplicitate le principali implicazioni derivanti dalla scelta della DEA, focalizzando l'attenzione sulle ipotesi alla base di tale metodologia ed evidenziando come anche per la valutazione dell'efficienza produttiva si rendano necessari giudizi di valore a livello di unità decisionale e/o di autorità di politica sanitaria. Nel paragrafo 4 viene evidenziato come l'eventuale inefficienza degli ospedali possa essere imputabile sia all'utilizzo di una tecnica di produzione non ottimale (inefficienza *interna* imputabile al management ospedaliero) sia al possibile sovradimensionamento della capacità produttiva rispetto alla domanda espressa (inefficienza *esterna* imputabile alle scelte di programmazione sanitaria). Si mostra, in particolare come, nel caso dell'analisi DEA, la considerazione della componente dell'inefficienza esterna possa avvenire inserendo tra gli input del modello un indicatore di domanda. Nel paragrafo 5, il metodo DEA viene applicato per la misurazione dell'efficienza relativa degli ospedali del Veneto. Infine, nel paragrafo 6 si riportano alcune considerazioni conclusive.

¹ La DEA è stata ampiamente utilizzata nell'ambito della produzione di servizi pubblici. Il primo test empirico sull'efficienza degli ospedali è stato effettuato da Sherman (1984) con riferimento agli ospedali di insegnamento, mentre molte applicazioni più recenti cercano di stabilire se la proprietà (pubblica o privata) e/o il tipo di obiettivo (profit o non profit) degli ospedali abbia o meno un impatto significativo sulla produttività. Tra queste ultime, si ricordano le analisi compiute con riferimento all'Italia da Cellini, Pignataro e Rizzo (1999, 2000) e da Barbetta e Turati (2000).

² In realtà, come verrà meglio specificato nel paragrafo 4, la presunta maggiore flessibilità della DEA può essere messa in discussione qualora si considerino le ipotesi piuttosto restrittive in base alle quali vengono combinati i diversi input e i diversi output ospedalieri.

³ Un'altra caratteristica desiderabile della DEA è che consente di dare delle indicazioni su come le unità produttive non efficienti potrebbero diventarlo, utilizzando il concetto di gruppo di riferimento (*peer group*) di unità decisionali efficienti che producono un output simile (per quantità e qualità) a quello dell'unità inefficiente.

2. La costruzione di indicatori dell'efficienza produttiva degli ospedali attraverso la DEA

2.1. La definizione degli output dell'ospedale

Limitandoci per il momento a considerare le prestazioni di ricovero, ogni ospedale è caratterizzato da un diverso numero e da una diversa composizione di specialità oltre che da un diverso *case mix*, per cui le diverse strutture di ricovero non sono tutte omogenee nel tipo di cure erogate e di pazienti trattati. Non è quindi possibile utilizzare solamente il numero di pazienti dimessi o il numero di giornate di degenza quali misure dell'attività di ricovero, in quanto si tratta di grandezze non omogenee mentre un corretto confronto tra le diverse strutture richiederebbe la preliminare eliminazione e/o il controllo dell'effetto della diversa complessità e severità della patologia trattata.

Per questo motivo, si ricorre a sistemi di classificazione dei ricoveri che consentano di pesare la diversa complessità del prodotto ospedaliero. In particolare, il sistema dei DRG (*Diagnosis Related Groups*), adottato in Italia dal 1995, individua - a partire dalle informazioni cliniche e demografiche routinariamente disponibili dalla scheda di dimissione - classi di ricoveri omogenei rispetto alla quantità di risorse utilizzate, attribuendo a ciascuna classe un peso che esprime la complessità dei casi di ricovero in essa raggruppati⁴. Applicando ai diversi casi di ricovero i pesi DRG è quindi possibile ottenere una misura di output omogenea utile per operare confronti di produttività tra gli ospedali.

Se definiamo con:

- c_{jd} il numero di casi trattati dall'ospedale j relativi al DRG d ;
- w_d il peso attribuito al DRG d ,

allora possiamo definire come *output aggregato* dell'ospedale j la somma complessiva dei casi trattati valutati con i pesi DRG⁵:

$$(1) \quad y_j = \sum_d c_{jd} w_d$$

La misurazione dell'attività di ricovero ordinario non dovrebbe tuttavia limitarsi a pesare la diversa complessità dei casi trattati come nella (1), ma dovrebbe tener conto della qualità delle cure e soprattutto dell'esito finale delle cure stesse in termini di miglioramento dello stato di salute degli assistiti. A tale riguardo, si osserva che, benché l'indagine qui svolta venga circoscritta alla misurazione dell'output intermedio e non si estenda alla misurazione dell'*outcome*, l'analisi dell'efficienza tecnica non dovrebbe comunque trascurare la considerazione di indicatori significativi della qualità delle prestazioni erogate quali, ad esempio, il grado di appropriatezza clinica (misurato secondo opportuni protocolli) oppure (in negativo) indicatori quali: i tassi di mortalità intraospedaliera DRG-specifici, i tassi di mortalità misurati entro un certo intervallo dalla dimissione, l'incidenza delle infezioni ospedaliere, il numero di ricoveri ripetuti per particolari trattamenti, la durata delle liste di

⁴ Quello dei DRG rappresenta il sistema di classificazione iso-risorse maggiorante utilizzato anche se presenta, nel caso di particolari patologie o di particolari tipologie di pazienti, problemi di variabilità residua intra-gruppo. Un'analisi delle caratteristiche e delle problematiche del sistema dei DRG è contenuta in Taroni (1996) e Rebba (1997).

⁵ Alternativamente, nel caso di una Regione che non abbia adottato un particolare sistema di pesi DRG ma abbia utilizzato le tariffe ministeriali ex D.m. 14/12/1994, l'output ospedaliero aggregato potrebbe essere misurato, in termini monetari, dalla sommatoria dei prodotti tra casi e tariffe ministeriali per DRG.

attesa, ecc.⁶. Tali indicatori vanno considerati come veri e propri output intermedi alla stessa stregua del numero di casi di dimissione ponderati con i pesi DRG.

Considerazioni analoghe andrebbero svolte con riferimento ad altre prestazioni erogate dall'ospedale al di fuori del regime di degenza ordinaria: ricoveri in regime di day hospital, ricoveri in regime di lungodegenza, prestazioni di emergenza, prestazioni specialistiche, prestazioni diagnostiche, ecc.⁷.

Occorre tuttavia essere consapevoli del fatto che, sia per quanto riguarda gli indicatori di qualità, sia per quanto riguarda molte delle attività diverse dalla degenza ordinaria, gli attuali sistemi informativi a livello nazionale e regionale sono, con poche eccezioni, molto carenti e vanno necessariamente migliorati. L'ovvia implicazione che discende da tale constatazione è che in molti casi è possibile effettuare una misurazione molto parziale della produzione ospedaliera.

2.2 La definizione degli input dell'ospedale

Gli input generalmente considerati per l'analisi dell'efficienza tecnica delle strutture ospedaliere, sono il lavoro, nelle sue diverse componenti professionali (medici, infermieri, personale amministrativo, personale tecnico) e il capitale.

Molto spesso ci si limita a considerare il numero di posti letto come *proxy* dello stock di capitale impiegato nell'ospedale. Ovviamente si tratta di una rozza approssimazione se, come accade nella realtà, le attrezzature e apparecchiature mediche impiegate variano di molto da ospedale a ospedale a parità di numero di letti. Anche in questo caso, il ricorso a tale approssimazione diventa però obbligato per la mancanza di dati raccolti in modo sistematico per quanto riguarda la dotazione strumentale delle diverse strutture.

2.3 La misura dell'efficienza

La misurazione dell'efficienza tecnica relativa degli ospedali⁸ può essere effettuata rapportando gli output ottenuti rispetto agli input utilizzati, sulla base di semplici indicatori di attività, di risorse e di struttura quali, ad esempio: durata media della degenza, tasso di occupazione dei posti letto, indice di rotazione dei posti letto, intervallo di *turn over*, indice di

⁶ La misurazione della qualità delle cure ospedaliere è un tema particolarmente complesso e che viene spesso trascurato nelle analisi di efficienza produttiva, anche per la mancanza di dati affidabili e oggettivi. Tra i vari studi che hanno considerato esplicitamente la variabile qualità si possono citare Cutler (1995) e Nante et al. (1999).

⁷ Anche nel caso delle attività ambulatoriali e dei ricoveri in regime di lungodegenza sono stati sviluppati sistemi di classificazione in gruppi iso-risorse, tra cui si possono ricordare: nel primo caso, gli *Ambulatory Visit Groups* (AVG); nel secondo caso, i *Resource Utilization Groups* (RUG). Si veda al riguardo Taroni e Bevan (1988).

⁸ Nel presente contesto si considera la caratteristica dell'efficienza tecnica in senso stretto (o efficienza produttiva), che viene massimizzata quando una data unità decisionale opera sulla frontiera delle possibilità produttive, cioè riesce a minimizzare gli input necessari per ottenere un determinato livello di produzione, dato il rapporto di sostituzione tra tali input (o a massimizzare la produzione dato un certo livello di input utilizzati). Non viene invece considerata l'efficienza gestionale (talora definita anche efficienza allocativa), che nella fattispecie considerata si raggiunge quando l'unità decisionale sceglie la combinazione di fattori produttivi di minor costo per ogni livello di produzione. L'ottenimento dell'efficienza tecnica complessiva (la cosiddetta efficienza X) richiede la contemporanea esistenza di efficienza produttiva e di efficienza gestionale. La scelta riduttiva operata viene motivata, oltre che dall'obiettivo di concentrare l'attenzione sull'analisi teorica di tale componente dell'efficienza ritenuta comunque essenziale per garantire l'economicità delle strutture ospedaliere, anche dall'impossibilità di costruire delle funzioni di costo degli ospedali con riferimento specifico al caso qui esaminato, non disponendo dei dati economico-finanziari disaggregati a livello di strutture di ricovero se non per le sole aziende ospedaliere.

case mix, indice comparativo di *performance*, rapporto tra numero di pazienti e dotazioni di personale (medico e non), rapporto tra dotazioni di personale e dotazioni di posti letto, ecc.

Attraverso l'utilizzo combinato di alcuni degli indicatori appena ricordati, e di altri relativi alle attività non legate alle degenze, è possibile operare dei confronti dell'efficienza produttiva delle diverse strutture, tenendo conto anche (attraverso l'indice di *case mix*) della complessità della casistica trattata⁹. In questo caso, volendo definire una misura sintetica dell'efficienza produttiva, si deve inevitabilmente attribuire esogenamente un peso alle diverse misure utilizzate. Ma, in assenza di un coefficiente di ponderazione univoco per i diversi indicatori, al variare dei pesi attribuiti si ottengono diversi esiti per quanto riguarda il livello di efficienza tecnica evidenziato dalle strutture esaminate.

Sotto questo profilo, i metodi di valutazione parametrica e non parametrica dell'efficienza appaiono preferibili rispetto all'uso combinato degli indicatori tradizionali in quanto consentono, con diverse modalità tecniche, di confrontare simultaneamente gli input e gli output che caratterizzano il processo produttivo di un ospedale, esprimendo un indicatore sintetico di produttività. Si tratta di metodi "di frontiera", cioè di metodi che consentono di comparare l'efficienza di una particolare unità decisionale non rispetto ad una media o a uno standard ma rispetto alla frontiera delle possibilità produttive efficienti potenzialmente raggiungibile da tutte le unità: si confronta, cioè, la quantità effettivamente prodotta con quella massima ottenibile da una data dotazione di input oppure si confrontano le quantità di fattori utilizzati con quelle minime necessarie per produrre una data quantità di output¹⁰.

Nel caso limite in cui l'attività ospedaliera venga misurata con un solo output intermedio si può stimare direttamente la frontiera di produzione con i metodi parametrici della frontiera deterministica o stocastica. In questo caso, infatti, il ricorso ai metodi non parametrici, quali la DEA, non appare molto utile, anche se è comunque possibile evidenziare le particolari modalità di utilizzo degli input nei diversi ospedali. Tra i metodi parametrici, quello della stima della frontiera di produzione stocastica viene generalmente preferito, perché assume che anche la stima della frontiera di produzione possa contenere degli errori casuali; rimane comunque necessario specificare una particolare forma della funzione di produzione.

⁹ I primi quattro indicatori consentono di tracciare il nomogramma di Barber-Johnson che riporta in ordinata la degenza media e in ascissa l'indice di turn over, rappresentando le funzioni del tasso di occupazione (crescente) e dell'indice di rotazione (decrescente). Per ogni ospedale di una certa area, si può individuare un punto del nomogramma e si possono osservare anche i cambiamenti che intervengono nel corso del tempo. Si ottiene così un'istantanea del livello di utilizzo dell'ospedale e si possono effettuare comparazioni tra diversi momenti dell'attività di una sua stessa unità o di differenti unità. Tanto maggiore è l'intensità di utilizzo dei posti letto, tanto più il punto che individua l'ospedale in un dato istante temporale si trova nella regione in basso a sinistra del piano cartesiano del nomogramma. Vi sono, tuttavia, alcuni dubbi circa la fondatezza di ciò che si deduce dall'area di produttività accettabile (ad esempio, mentre l'intervallo di turn over può variare tra 1 e 3, gli altri indici – e in particolare la degenza media – possono avere fluttuazioni anche molto sensibili). Risulta così difficile valutare se e in che misura vi siano incongruenze tra volume delle risorse utilizzato e prodotto e se tali incongruenze riguardino la parte diagnostico-terapeutica piuttosto che quella alberghiera, oltre al fatto che si prescinde completamente dal grado di complessità dei ricoveri.

¹⁰ L'analisi delle modalità di costruzione delle frontiere parametriche e non parametriche non rientra nell'economia del presente lavoro per cui si rinvia ad alcuni dei più significativi contributi nell'ambito della vastissima letteratura esistente. In particolare, si segnalano le rassegne contenute in Barbetta e Turati (2000), Fried, Lovell e Schmidt (1993), Lovell e Schmidt (1987), Fabbri, Fazioli e Filippini (1996) e Testi (1996) e i seguenti contributi specifici: 1) per i metodi parametrici, Christiansen, Jorgensen e Lau (1973), Aigner, Lovell e Schmidt (1977), Vita (1990), Zuckerman, Hadley e Iezzoni (1994); 2) per i metodi non parametrici, Charnes, Cooper e Rhodes (1978), Deprins, Simar e Tulkens (1984), Destefanis e Pavone (1996), Ganley e Cubbin (1992), Grosskopf e Valdmanis (1987), Puig-Junoy J. (2000), Seiford e Thrall (1990), Tulkens (1990), 3) per una comparazione tra i due metodi, Banker, Conrad e Strauss (1986), Chirikos e Sear (2000).

Il caso rilevante, per quanto riguarda il processo di produzione ospedaliero, è tuttavia quello della molteplicità degli output. Ed è proprio nel caso multi-output che - qualora risulti impraticabile procedere alla stima di funzioni di costo ospedaliero - l'uso dei metodi non parametrici appare più giustificato ed è maggiormente diffuso, benché recentemente siano stati sviluppati metodi parametrici che estendono la stima di una funzione di produzione dal caso mono-prodotto a quello multi-output¹¹. Nell'ambito dei metodi non parametrici, la tecnica più utilmente applicabile appare la DEA, in quanto l'approccio FDH, basato sul criterio di dominanza discreta tra differenti tecniche di produzione, non sembra consentire una sufficiente capacità selettiva delle osservazioni per cui i risultati con esso ottenibili possono risentire più della DEA di una eccessiva specificità delle combinazioni di output e input relative alle diverse unità esaminate¹².

Per una breve descrizione dell'approccio DEA, si considerino J ospedali relativamente omogenei tra loro¹³. Per ogni generico ospedale j , caratterizzato dalla presenza di K output ed I input, l'efficienza assoluta può essere calcolata come:

$$(2) \quad E_j = \frac{\text{somma ponderata degli output}}{\text{somma ponderata degli input}}$$

Indicando con:

- y_{kj} = ammontare di output di tipo k ($k = 1, \dots, K$) prodotto dall'ospedale j (inclusivo di indicatori di qualità),
- x_{ij} = ammontare di input di tipo i ($i = 1, \dots, I$) utilizzato dall'ospedale j ,
- u_{kj} = peso assegnato all'output di tipo k dall'ospedale j ,
- v_{ij} = peso assegnato all'input di tipo i dall'ospedale j ,

l'efficienza assoluta E_j , dell'ospedale j , può essere scritta come:

$$(3) \quad E_j(y_j, x_j, u_j, v_j) = \frac{u_{1j}y_{1j} + u_{2j}y_{2j} + \dots + u_{kj}y_{kj} + \dots + u_{Kj}y_{Kj}}{v_{1j}x_{1j} + v_{2j}x_{2j} + \dots + v_{ij}x_{ij} + \dots + v_{Ij}x_{Ij}} = \frac{\sum_{k=1}^K u_{kj}y_{kj}}{\sum_{i=1}^I v_{ij}x_{ij}}$$

Una volta assegnati dei valori ai pesi degli output e degli input è possibile calcolare un valore per l'indicatore di efficienza E_j associato all'ospedale j .

In genere si valuta l'efficienza dell'ospedale j *relativamente* all'efficienza degli altri. L'indicatore E_j deve essere quindi ridefinito in termini percentuali rispetto all'indice più elevato raggiunto da un ospedale, qualora siano assegnati a tutti gli ospedali i pesi scelti dall'ospedale j , al fine di rendere massima la sua efficienza assoluta. In altri termini, è come

¹¹ Un primo tipo di modelli parametrici (Löthgren, 1997; Gerdtham, Löthgren, Tambour e Rehnberg, 1999) considera come variabile dipendente la norma del vettore degli output e include tra i regressori, oltre al vettore degli input, anche un vettore di pesi che descrive una data combinazione tecnica dell'insieme dei prodotti dell'ospedale; tali pesi hanno una valenza puramente tecnologica, evidenziando lo specifico mix di output di ciascuna unità decisionale. Un secondo tipo di modelli (Färe e Primont, 1995; Coelli, Prasada Rao e Battese, 1998, cap. 3) considera una trasformazione della funzione di distanza di Shephard e si fonda su ipotesi di omogeneità lineare degli output. In entrambi i casi il vettore degli output viene ridotto ad una misura scalare attraverso una particolare rappresentazione delle relazioni tecnologiche esistenti tra i diversi prodotti. A differenza di tali tecniche, Rizzi (2000) considera la possibilità di rappresentare in forma scalare il vettore degli output di organizzazioni non profit non sulla base di un'aggregazione puramente tecnica ma sulla base della considerazione della funzione di utilità relativa alle organizzazioni stesse o relativa all'autorità politica che le controlla. Tale particolare approccio riveste notevoli analogie con il modello di DEA vincolata che verrà considerato nel paragrafo 3.

¹² Su questi aspetti, si veda Fabbri, Fazioli e Filippini (1996), cap. 5.

¹³ Si adotta una formalizzazione analoga a quella utilizzata in Rizzi (1999), seguendo l'approccio di Charnes, Cooper e Rhodes (1978).

se si cercasse di attribuire agli output e agli input dell'ospedale j quei pesi che consentano di mettere meglio in luce l'attività da esso svolta.

Il livello massimo di efficienza assoluta raggiunto dagli ospedali considerati, quando sono utilizzati i pesi migliori per l'ospedale j , è quindi definito nel modo seguente:

$$(4) \quad E_j^*(u_j, v_j) = \max_l E_l(y_l, x_l, u_j, v_j) \quad \text{con } l = 1, \dots, J$$

La valutazione dell'efficienza relativa dell'ospedale j si ottiene poi risolvendo il seguente problema di programmazione matematica, in cui si tratta di determinare i vettori dei pesi u_j e v_j che massimizzano l'efficienza relativa dell'ospedale j esaminato:

$$(5) \quad \max e_j = \frac{E_j(y_j, x_j, u_j, v_j)}{E_j^*(u_j, v_j)}$$

subordinatamente ai vincoli

$$(6) \quad \frac{\sum_{k=1}^K u_{kj} y_{kl}}{\sum_{i=1}^I v_{ij} x_{il}} \leq 1 \quad l = 1, \dots, J$$

$$(7) \quad u_{kj}, v_{ij} \geq 0 \quad k = 1, \dots, K; \quad i = 1, \dots, I.$$

Il primo vincolo (6) rappresenta un limite superiore, pari all'unità, per gli indici di efficienza assoluta di tutti gli ospedali calcolati con i pesi dell'ospedale j . In altri termini, la massimizzazione (5) è vincolata dal fatto che i pesi endogenamente definiti per j non possono dar luogo, una volta applicati anche agli altri ospedali, ad indicatori di efficienza superiori all'unità. Gli altri vincoli indicati nella (7) impongono invece la condizione di non negatività dei pesi.

Il problema della ricerca dei pesi che rendono massima l'efficienza può essere risolto in due modi: cercando di minimizzare le quantità impiegate degli input al fine di ottenere dei livelli prefissati di output (modello *input-oriented*), oppure cercando di massimizzare le quantità degli output dati dei livelli disponibili per gli input (modello *output-oriented*).

Nei due casi è possibile introdurre, rispettivamente, uno dei seguenti vincoli:

$$(8a) \quad \sum_{i=1}^I v_{ij} x_{ij} = 1$$

$$(8b) \quad \sum_{k=1}^K u_{kj} y_{kj} = 1$$

che normalizzano all'unità la somma ponderata degli input o degli output.

Il problema di massimo (5)-(8) viene risolto per ciascun ospedale j , ottenendo i vettori di pesi u_j e v_j che massimizzano l'indice di efficienza dell'ospedale preso in considerazione rispetto a tutti gli altri. I pesi ottenuti sono i "migliori" in assoluto per l'ospedale considerato, in quanto qualsiasi altro vettore di pesi porterebbe a indici di efficienza inferiori.

Se si riesce a trovare un insieme di pesi per cui $e_j = 1$, allora l'ospedale j risulterà efficiente¹⁴. Per contro, se si evidenziasse un valore $e_j < 1$, allora l'ospedale j risulterebbe inefficiente, poiché esisterebbero altri ospedali che producono gli stessi output con quantità inferiori di input, oppure che producono maggiori quantità di output con le stesse quantità di

¹⁴ Taluni autori hanno modificato il modello DEA misurando la *super-efficienza* delle unità produttive. In questo caso il calcolo dell'efficienza relativa viene effettuato escludendo l'unità in esame dalla lista delle unità di comparazione. Pertanto, dal momento che si ricerca la maggiore efficienza nell'unità considerata rispetto alle altre unità più efficienti, si possono ottenere indici di efficienza relativa superiori all'unità.

input. In questo secondo caso, si dirà che non esistono pesi u_j e v_j tali da porre l'unità j in testa alla graduatoria di efficienza tra gli altri ospedali del campione esaminato.

Il processo di valutazione appena descritto viene ripetuto per ciascuno degli ospedali, ottenendo per ciascuna delle J unità considerate il grado di efficienza relativa e i pesi "ottimali" che ne garantiscono il raggiungimento, i quali ovviamente differiscono per ciascun ospedale. I pesi forniscono quindi informazioni particolarmente importanti sulle scelte che vengono (implicitamente) operate da ciascun ospedale allo scopo di apparire il più possibile efficiente rispetto agli altri. Ad esempio, un peso elevato (basso) associato ad un dato output segnala un punto di forza (debolezza) dell'ospedale considerato, mentre un peso elevato (basso) associato ad un dato input segnala una scarsità (abbondanza) relativa di tale input rispetto agli altri fattori utilizzati dall'ospedale considerato e dagli altri ospedali del campione.

L'endogenizzazione del processo di attribuzione dei pesi e, quindi, di valutazione dell'efficienza può così portare a pesi differenti a seconda dell'ospedale considerato. Tale particolarità della DEA ne rappresenta un punto di debolezza ma, nel contempo, anche un punto di forza:

- un punto di debolezza, in quanto ciascuna struttura può ottenere un livello elevato di efficienza scegliendo opportunamente i pesi migliori, per cui gli indicatori di efficienza calcolati per le varie unità non sono comparabili essendo la risultante di diversi processi di ponderazione; ma in questo modo, unità di produzione *outliers* che puntano tutto su un solo output, trascurando gli altri, possono apparire pienamente efficienti¹⁵;
- un punto di forza, perché se un dato ospedale risulta inefficiente anche quando per misurare la sua efficienza si applicano i pesi ad esso più favorevoli, allora il giudizio di inefficienza di tale ospedale appare ragionevolmente fondato; infatti, nonostante siano stati scelti i pesi migliori per massimizzare la sua efficienza, un indice $e_j < 1$ evidenzia che esiste una combinazione lineare degli altri ospedali che risulta comunque più efficiente.

In ogni caso, per i motivi appena esposti, appare opportuno rendere sempre espliciti accanto agli indici di efficienza relativa anche i pesi ottimali attribuiti agli output e agli input da ciascuno degli ospedali in esame.

Il metodo DEA è stato raffinato nel corso del tempo allo scopo di stimare l'eventuale esistenza di economie di scala (ad esempio, si vedano Banker, 1984 e Banker, Charnes e Cooper, 1984) ma, come per tutti i risultati DEA, la loro presenza non risulta univoca, in quanto ciascun ospedale definirà una tecnologia propria al fine massimizzare il proprio indice di efficienza. Un'ulteriore estensione (Sengupta, 1990) ha cercato di superare il carattere puramente deterministico della DEA - per cui tutti gli scostamenti rispetto alla frontiera di *best practice* vengono attribuiti a inefficienza e non a possibili deviazioni casuali non direttamente controllabili dall'unità produttiva - inserendo elementi stocastici nella definizione della frontiera non parametrica.

3. Implicazioni della scelta della DEA per la valutazione dell'efficienza produttiva degli ospedali del SSN: la necessità di giudizi di valore

Abbiamo visto nel precedente paragrafo che la soluzione del metodo DEA porta a calcolare i due vettori di pesi u_j e v_j che massimizzano l'efficienza di un generico ospedale j .

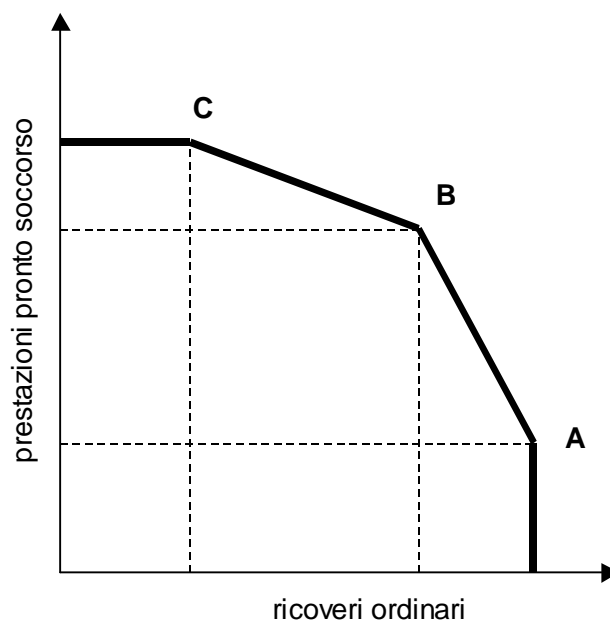
¹⁵ Ad esempio, se un dato ospedale j evidenzia il più alto rapporto tra l'output 1 (numero di ricoveri ordinari) e l'input 5 (numero di posti letto), scegliendo un peso u_j arbitrariamente grande e tutti gli altri pesi (degli altri output e degli input) arbitrariamente piccoli, è possibile far risultare tale ospedale pienamente efficiente ($e_j = 1$) anche se fosse in realtà del tutto inefficiente nella produzione degli altri output. Questa particolarità della DEA, per cui unità di produzione anomale o estreme (*outliers*) possono comunque risultare comparativamente efficienti al 100%, ne rappresenta indubbiamente un punto di debolezza. Si vedano al riguardo Testi (1996) e Fabbri, Fazioli e Filippini (1996), pp. 159-169.

Questa metodologia porta quindi a calcolare pesi diversi per ciascun ospedale e ciò equivale ad ammettere che ciascun ospedale persegua propri specifici obiettivi riguardo agli output offerti e agli input utilizzati.

Tale grande flessibilità nel processo di definizione dei pesi di ponderazione, che rappresenta una caratteristica peculiare dell'analisi DEA e che spesso viene confusa, erroneamente, con l'assoluta mancanza di un'ipotesi a priori sulla forma della funzione di produzione (mentre in realtà si adotta una particolare tecnologia che conduce alla definizione di una frontiera di produzione lineare ad intervalli)¹⁶, può tuttavia costituire un ostacolo alla corretta analisi dell'efficienza relativa tra diversi ospedali appartenenti al Servizio sanitario nazionale. In altri termini, non si dovrebbe trascurare il fatto che le modalità di produzione e di utilizzo degli input da parte di ospedali pubblici o accreditati sono vincolate al perseguimento di obiettivi di interesse pubblico e non lasciate alla completa discrezionalità delle singole strutture.

Per chiarire il concetto può essere utile un semplice esempio, in cui si considera un processo di produzione ospedaliera caratterizzato da due soli output: 1) ricoveri ordinari; 2) prestazioni di pronto soccorso¹⁷.

Fig. 1 - Esempio di frontiera di produzione DEA



Nel diagramma cartesiano della fig. 1 (dove sull'asse delle ascisse si riporta il numero di ricoveri mentre su quello delle ordinate si riporta il numero di prestazioni di pronto soccorso) viene rappresentata graficamente la frontiera delle possibilità di produzione che può essere costruita applicando la DEA a tre ospedali tra loro omogenei (si può pensare a tre presidi ospedalieri di ASL di uguali dimensioni, con simili dotazioni di apparecchiature

¹⁶ Ci si riferisce ai modelli DEA più frequentemente utilizzati e cioè quello di Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e quello di Banker, Charnes e Cooper (1984), mentre sono possibili anche altre forme della frontiera di produzione, come viene evidenziato da Seiford e Thrall (1990).

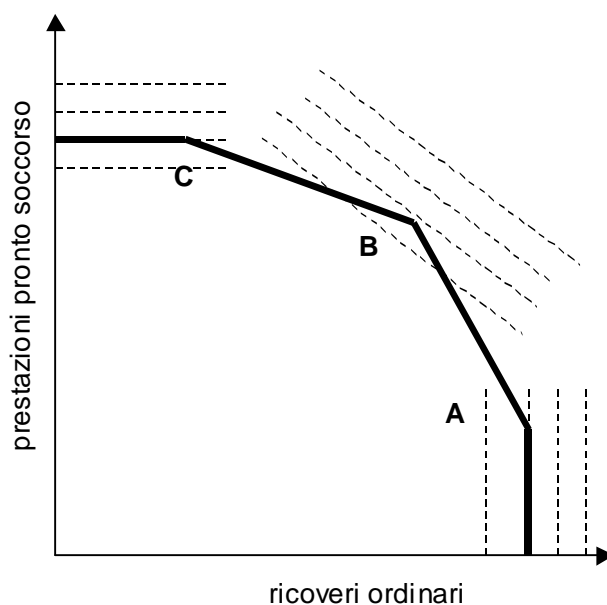
¹⁷ L'esempio potrebbe essere reso ancora più efficace se uno dei due prodotti considerati fosse un indicatore di qualità dell'attività ospedaliera: ad esempio, un particolare indice di appropriatezza dei ricoveri, il complemento del tasso di mortalità intra-ospedaliera, ecc.

sanitarie) e ipotizzati tutti egualmente efficienti relativamente all'utilizzo dei fattori di produzione i cui pesi sono per ipotesi predeterminati.

L'ospedale A evidenzia, come suo punto di forza, l'attività in regime di degenza ordinaria mentre attribuisce un peso nullo alle prestazioni di emergenza in cui ritiene di essere meno efficiente ($u_{1A} = 1; u_{2A} = 0$). Per contro, l'ospedale C "punta tutto" sui servizi di pronto soccorso mentre la sua attività di ricovero riceve un peso nullo ($u_{1C} = 0; u_{2C} = 1$). Ad un livello intermedio, si colloca l'ospedale B, che evidenzia pesi più simili tra loro per l'output ricoveri e per l'output prestazioni di emergenza (ad esempio: $u_{1B} = 1/2; u_{2B} = 1/2$)¹⁸.

Come si può osservare dalla fig. 2, i tre ospedali assegnano pesi molto diversi ai due prodotti offerti: è come se ciascun ospedale rivelasse diverse preferenze (diverse mappe di indifferenza) riguardo alla combinazione di due output perfettamente sostituibili tra loro. In particolare, A presenta mappe di indifferenza perfettamente verticali (dal momento che attribuisce peso nullo alle prestazioni di pronto soccorso), C presenta mappe di indifferenza perfettamente orizzontali (dal momento che attribuisce peso nullo alle prestazioni di ricovero) e B presenta mappe di indifferenza con un'inclinazione negativa di 45° (dal momento che attribuisce peso uguale alle prestazioni di pronto soccorso e a quelle di ricovero).

Fig. 2 - Mappe di indifferenza DEA scelte dai vari ospedali



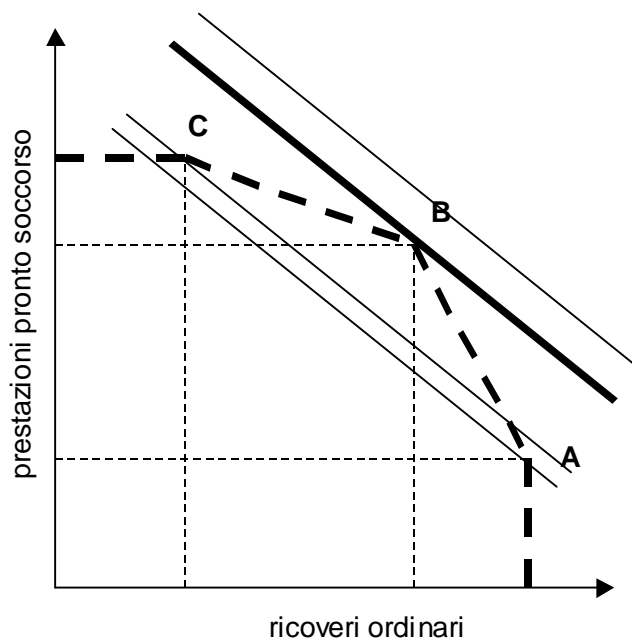
Benché esista una notevole diversità nel sistema dei pesi relativi assegnati ai due output, in base all'analisi DEA tutti e tre gli ospedali risultano ugualmente efficienti, trovandosi sulla frontiera delle possibilità di produzione CBA che rappresenta l'involuppo delle singole funzioni di trasformazione tecnica.

Tuttavia, se - sulla base di giudizi di carattere tecnico (ritenuti validi con riferimento all'insieme di ospedali esaminati) o di tipo politico (formulati a livello di ASL o a livello dell'autorità regionale) - venisse attribuito uguale peso alle prestazioni di ricovero ordinario e a quelle di pronto soccorso, solo l'ospedale B potrebbe essere giudicato efficiente, dal momento che si comporta in modo perfettamente coerente rispetto ai giudizi di valore

¹⁸ Per ciascun ospedale, la somma dei pesi dei due output deve essere ovviamente pari a 1.

prevalenti, mentre A e C verrebbero a trovarsi al di sotto della nuova frontiera di produzione efficiente vincolata coincidente con la più elevata curva di indifferenza di B (si veda la fig. 3).

Fig. 3 - Frontiera di produzione DEA vincolata
(con pesi vincolati pari al 50%)



Quello appena esemplificato rappresenta ovviamente un caso limite, dal momento che i pesi assegnati ai diversi output vengono completamente vincolati sulla base di particolari giudizi di valore adottati ad un livello superiore rispetto a quello dei singoli ospedali. Più in generale, si deve comunque rilevare che, benchè la necessità di considerare le specifiche condizioni operative delle unità di produzione renda auspicabile un certo grado di flessibilità nella scelta dei pesi degli output e, quindi, anche nella scelta dell'inclinazione delle singole mappe di indifferenza (corrispondente nell'esempio formulato al saggio marginale di trasformazione tecnica tra i due output), possono esistere dei valori di soglia dei pesi relativi (cioè delle inclinazioni delle mappe di indifferenza) oltre i quali le singole unità operative verrebbero meno alla funzione di interesse pubblico loro assegnata.¹⁹

In altri termini, la valutazione di efficienza relativa delle strutture di ricovero richiederà necessariamente dei giudizi di valore con la fissazione di intervalli di variazione per i pesi degli input e degli output considerati, e tali intervalli potranno variare a seconda della prospettiva di analisi adottata:

- ad un estremo, adottando la *prospettiva del singolo ospedale*, vi può essere massima libertà nella scelta dei pesi; anche in questo caso, che corrisponde all'applicazione integrale del metodo DEA, tuttavia, viene implicitamente formulato un giudizio di valore: quello secondo cui *i pesi impliciti adottati da ciascun ospedale sono considerati accettabili*;

¹⁹ Analoghe considerazioni possono essere formulate se, anziché due output, vengono considerati due input (ad esempio, personale medico e posti letto): in tal caso, per ciascun ospedale, si potranno costruire degli isoquanti la cui inclinazione potrà essere più o meno in linea con giudizi di merito formulati sul piano tecnico o politico (ad esempio, un particolare rapporto standard tra numero di medici e numero di posti letto).

- all'altro estremo, adottando una *prospettiva di completa centralizzazione*, i pesi dei singoli input e output possono essere determinati in modo univoco; in questo caso il metodo DEA viene però a perdere di significato in quanto si riduce ad un'analisi di tipo tradizionale in cui l'efficienza di ciascun ospedale viene misurata come rapporto tra una qualche aggregazione ponderata di output e di input;
- ad un livello intermedio, adottando la *prospettiva di un amministratore o di un policy maker di livello superiore a quello dell'ospedale* (ad esempio, ASL o Regione), si possono stabilire limiti inferiori e superiori per alcuni o per tutti i pesi; in tal caso si adotta un'analisi DEA vincolata in funzione degli obiettivi dell'amministratore o del *policy maker*²⁰.

Nel caso estremo dell'applicazione integrale non vincolata dell'analisi DEA, si potrebbe affermare che è il "mercato" (dal lato dell'offerta) a valutare liberamente le performance delle diverse unità esaminate, non esistendo alcuna limitazione nella scelta delle diverse combinazioni di input e di output. Tuttavia, dal momento che ai servizi ospedalieri viene riconosciuta un'elevata valenza sociale, rientrando in buona parte nei livelli essenziali di assistenza che definiscono in positivo il diritto alla salute di ciascun individuo, diventa in qualche misura inevitabile condizionare la valutazione di efficienza relativa rispetto alle preferenze espresse dalla collettività a livello nazionale e/o locale. Per quanto riguarda l'analisi DEA, ciò implica l'imposizione ai pesi degli input e degli output di vincoli compatibili con le preferenze collettive.

Peraltro, a ben vedere, mantenere una completa flessibilità dei coefficienti di ponderazione appare perfino contraddittorio. Infatti, se si ammette che le unità produttive possano assegnare pesi nulli a particolari output e input, non è chiaro perché tali output e input siano stati inclusi fin dall'inizio nell'analisi. Inoltre, se gli output e gli input a cui sono stati attribuiti coefficienti nulli da alcune strutture ospedaliere assumono particolare importanza, la valutazione dell'efficienza relativa risulterà incompleta e, anzi, potrebbe segnalare come efficienti ospedali che si specializzano unicamente su attività o sull'utilizzo di fattori ritenuti meno significativi all'interno del campione considerato. Come si può facilmente intuire, anche la scelta degli input e degli output da considerare nell'analisi DEA viene quindi a dipendere in maniera cruciale da giudizi di merito.²¹

Ampliando la gamma degli input e degli output considerati (dati i vincoli sui pesi) aumenta la probabilità che i singoli ospedali esaminati risultino efficienti e si riduce la possibilità di discriminare tra le diverse strutture di ricovero. Ciò dipende in particolare dalla dimensionalità dello spazio degli input/output rispetto al numero delle unità produttive analizzate²². Il fatto di restringere l'analisi di efficienza ad un numero piuttosto contenuto di output (e/o di input) che più di altri rappresentino la "mission" dell'ospedale (ad esempio, nel caso degli output, i ricoveri per acuti ordinari e di day hospital e le prestazioni di pronto soccorso) può quindi consentire di raggiungere conclusioni maggiormente discriminanti circa le performance degli ospedali esaminati concentrando l'attenzione sulle attività considerate fondamentali.

²⁰ Si vedano al riguardo Charnes et al. (1990) e Thompson et al. (1990).

²¹ Come suggeriscono Fabbri, Fazioli e Filippini (1996, pp. 174-175), la scelta degli input e degli output può comunque essere affinata dopo aver effettuato una prima analisi DEA. Ad esempio, se i pesi assegnati dalla DEA suggeriscono che un determinato input non è importante nel determinare i costi per la maggior parte delle unità produttive esaminate, allora o l'input non dovrebbe essere considerato per l'analisi o il suo peso dovrebbe essere aumentato.

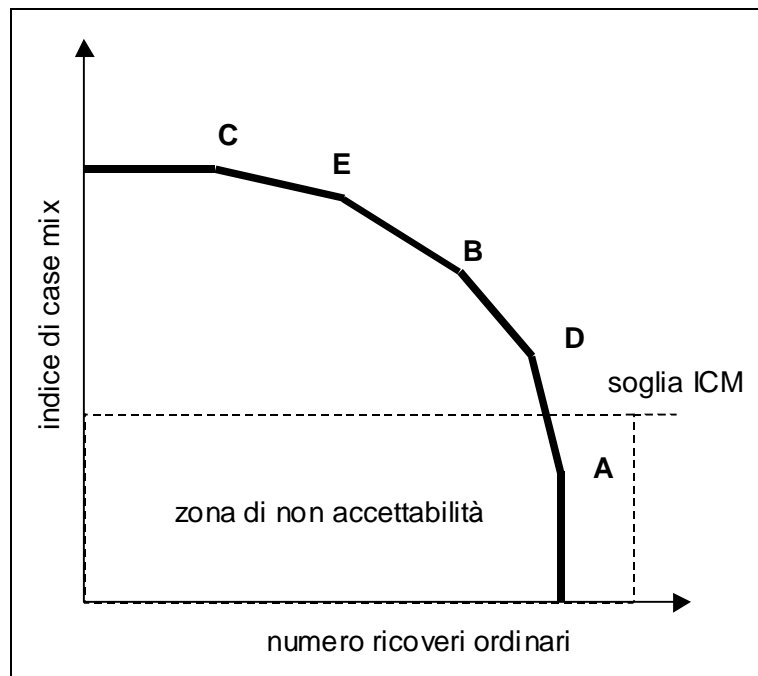
²² Gli indicatori DEA, oltre ad essere molto sensibili rispetto alla scelta delle variabili di input e di output (e quindi facilmente soggetti a errori di misurazione), nel caso di piccoli campioni possono risultare sensibili alla differenza tra il numero di unità produttive considerate e la somma di input e output.

Per contro, al crescere del numero dei vincoli imposti ai pesi (date le tipologie di input e output considerate nell'analisi) si riduce il numero di unità che risultano efficienti. Infatti se, ad esempio, vengono imposti limiti inferiori e superiori per tutti i pesi, gli ospedali non possono più assegnare pesi molto elevati agli output rispetto ai quali operano in modo efficiente e pesi nulli agli output rispetto ai quali sono inefficienti. Ne consegue che con l'analisi DEA non vincolata si registra il numero massimo di strutture ospedaliere efficienti, mentre imponendo intervalli di variazione ai pesi, si riduce il numero delle unità efficienti. Con l'inserimento di vincoli le valutazioni di efficienza relativa risultano, quindi, maggiormente discriminanti e offrono indicazioni più precise rispetto agli obiettivi del *management* delle aziende sanitarie o del *policy maker*.

I vincoli imposti ai pesi sulla base di precisi giudizi di valore riguardano il *range* ammissibile delle inclinazioni delle mappe di indifferenza (e/o degli isoquanti) e consentono, come abbiamo visto con l'esempio precedente, di delimitare coerentemente con le preferenze del manager sanitario o del *policy maker* l'insieme delle unità efficienti. All'interno di tale *range*, la linearità delle mappe di indifferenza (isoquanti) mantiene comunque la perfetta sostituibilità degli output (input). In altri termini, i vincoli specificano l'insieme ammissibile dei pesi relativi dei diversi output (input), ma all'interno di tale insieme ciascuna unità produttiva è perfettamente libera di produrre (utilizzare) qualunque possibile combinazione degli output (input)²³.

Ad esempio, considerando la fig. 4 si potrebbe imporre una soglia minima per quanto riguarda il prodotto rappresentato dall'indice di *case mix*. Nell'esempio raffigurato l'ospedale A risulta efficiente secondo l'analisi DEA non vincolata ma non rispetta la soglia minima di *case mix*.

Fig. 4 - Esempio di soglia di accettabilità



²³ Se anziché ricorrere alla DEA, l'efficienza venisse misurata con l'uso di frontiere stocastiche o deterministiche, le curve di indifferenza del manager sanitario o del *policy maker* potrebbero assumere una forma più generale (ad esempio, isoelastica). In tal caso non varrebbe l'ipotesi di perfetta sostituibilità ma si evidenzerebbe un trade off tra gli output: se viene aumentata la quantità di un output occorre a ridurre più che proporzionalmente la quantità di un altro output. A seconda dell'elasticità di sostituzione tra i due prodotti. Si veda Rizzi (2000).

4. L'influenza della domanda sulla valutazione dell'efficienza produttiva degli ospedali del SSN

L'analisi DEA (vincolata o non vincolata) consente di evidenziare un particolare indicatore di efficienza tecnica per ciascun ospedale. Quando si consideri l'influenza della domanda sulle *performance* dell'ospedale, l'*efficienza (o inefficienza) tecnica finale* rilevata con la DEA dovrebbe però essere considerata come la risultante di due componenti:

- una prima componente data dalla capacità di applicare la tecnica produttiva più efficiente e imputabile al *management* dell'ospedale (*efficienza tecnica interna*);
- una seconda componente (esogena rispetto alle decisioni del *management* ospedaliero e dipendente da precedenti scelte di programmazione sanitaria) relativa all'eventuale sovradimensionamento o sottodimensionamento dell'ospedale rispetto alla domanda espressa (*efficienza tecnica esterna*)²⁴.

Ne consegue che l'utilizzo dei risultati dell'analisi DEA per l'adozione di interventi di promozione dell'efficienza richiede la chiara specificazione delle due componenti rispetto alle quali si possono individuare distinte responsabilità: della direzione dell'ospedale nel caso dell'efficienza interna; del politico locale nel caso della componente dell'efficienza esterna.

Allo scopo di chiarire i concetti appena esposti, si può partire dalla considerazione di un'ipotetica situazione perfettamente concorrenziale. In tale contesto si potrebbe legittimamente assumere che, qualora non si manifesti una domanda sufficiente per gli output prodotti, una unità produttiva possa essere disattivata, oppure ridimensionata per quanto riguarda gli input da essa utilizzati, al fine di rendere efficiente la produzione che permette la soddisfazione della domanda espressa.

Nel caso degli ospedali pubblici e accreditati la spinta all'eliminazione o al ridimensionamento che si determina a fronte di domanda insufficiente può non essere determinante. Un ospedale potrebbe quindi essere mantenuto attivo, anche con livelli elevati di produzione potenziale ed in presenza di domanda insufficiente, per motivi legati alla politica sanitaria complessiva (si pensi, ad esempio, alle strutture ospedaliere localizzate in aree scarsamente dotate di servizi che se disattivate costringerebbero la popolazione residente a notevoli spostamenti o a lunghe liste di attesa). In tal caso, l'ospedale potrebbe operare in modo efficiente data la domanda di servizi che gli viene rivolta (*efficienza tecnica interna*), ma potrebbe nel contempo essere caratterizzato da *inefficienza tecnica esterna* in quanto gli input di cui è dotato sono eccessivi rispetto alla domanda espressa.

Il livello di inefficienza tecnica finale dell'ospedale che si osserverebbe con l'analisi DEA può quindi essere scomposto in inefficienza tecnica interna e inefficienza esterna dovuta a mancanza di domanda (o inefficienza da sovradimensionamento). Uno stesso livello di inefficienza può essere dovuto ad entrambi i fattori, oppure solo al sovradimensionamento o solo all'inefficienza tecnica interna. Se nel campione esaminato sono presenti casi di sovradimensionamento dell'offerta rispetto alla domanda, allora nello studio dell'efficienza si deve inserire una variabile che catturi questo effetto.

Nel caso della DEA, la considerazione della componente dell'inefficienza esterna (non imputabile ai manager dell'ospedale ma ai *policy maker*) può avvenire, ad un secondo stadio, inserendo tra gli input un indicatore di domanda. La soluzione del problema di programmazione lineare assegna un peso non nullo all'indicatore della domanda se l'ospedale considerato evidenzia, relativamente agli altri ospedali del campione, una maggiore scarsità dell'input "domanda" rispetto agli altri input. Nel caso opposto, di carenza degli altri input relativamente alla domanda, la DEA assegna un peso positivo agli input relativamente più

²⁴ Non viene qui considerato il sovradimensionamento "fisiologico" determinato dal fatto che viene usualmente accettata una certa capacità in eccesso allo scopo di fronteggiare eventi stocastici (ad esempio, epidemie).

scarsi e peso nullo all'indicatore della domanda²⁵. In questo modo, gli indicatori di inefficienza finale, calcolati con l'analisi DEA al primo stadio, possono essere depurati dalle componenti determinate dalla carenza di domanda (di responsabilità dei *policy maker*) e quindi è possibile evidenziare i livelli di inefficienza di tipo *interno*, di responsabilità dei manager ospedalieri.²⁶

Ovviamente, la considerazione di un input aggiuntivo (la domanda espressa) al secondo stadio dell'analisi DEA tenderà, come al solito, ad aumentare i livelli di efficienza e il numero degli ospedali efficienti; in tal caso ciò viene determinato dal fatto che uno scarso livello di efficienza è ora imputabile a variabili esterne rispetto alla possibilità di controllo dei manager ospedalieri²⁷. Nella soluzione della DEA senza l'indicatore della domanda, invece, è come se si assumesse che non esiste il problema del sovradimensionamento dell'ospedale, oppure che la mancanza di domanda sia comunque da considerare un fattore di inefficienza imputabile alla direzione dell'ospedale.

Infine, allo scopo di identificare i fattori maggiormente esplicativi della performance relativa delle strutture ospedaliere, attraverso un'analisi di regressione si può cercare di verificare l'esistenza di una correlazione tra i livelli di efficienza calcolati con la DEA e diversi tipi di variabili interne (ad esempio, la dimensione o la tipologia dell'ospedale) e ambientali (ad esempio, il livello della domanda o la quota di mercato).

5. Il caso degli ospedali della Regione Veneto

5.1 Il modello

Allo scopo di esaminare l'effetto delle considerazioni finora svolte su un caso concreto, si procede ora all'analisi dell'efficienza relativa degli ospedali del Veneto considerando una rappresentazione molto semplificata del funzionamento di un ospedale. Si tratta di un'analisi ancora molto preliminare che verrà successivamente affinata sulla base della disponibilità di dati maggiormente dettagliati.

In questa rappresentazione semplificata si sono considerati:

come *output*:

- y_1 : il numero complessivo di dimissioni corretto con i pesi DRG;
- y_2 : il numero di giornate di ricovero in regime di *day hospital*;
- y_3 : numero di prestazioni erogate dal pronto soccorso;

come *input*:

- x_1 : il numero di medici;
- x_2 : il numero di infermieri;
- x_3 : il numero di altri dipendenti;

²⁵ In altri termini, l'unico effetto visibile sui livelli di efficienza si ha solo nel caso di carenza di domanda e non in quello di esistenza di liste di attesa, dal momento che tra gli input si considera la domanda espressa e soddisfatta.

²⁶ Se si utilizza un metodo parametrico, si può inserire il livello della domanda tra i regressori e quindi scomporre l'inefficienza trovata in inefficienza tecnica interna ed esterna semplicemente calcolando i livelli di output corrispondenti alle due ipotesi (con o senza indicatore della domanda).

²⁷ In realtà, soprattutto nel caso delle aziende ospedaliere, anche il management ospedaliero (medici e amministratori) potrebbe avere qualche responsabilità rispetto ad una situazione di carenza della domanda e di contemporaneo sovradimensionamento dell'offerta, potendo controllare la qualità delle prestazioni erogate e quindi il grado di attrazione della domanda e avendo voce in capitolo nelle decisioni strategiche riguardanti la programmazione dei posti letto e delle specialità offerte.

- x_4 : il numero di posti letto.

Il metodo DEA utilizzato è del tipo a rendimenti costanti e *output oriented*, cosicché si ricerca il massimo output possibile dati gli input.

I risultati presentati comprendono, inoltre, i cosiddetti *pesi virtuali*, che si differenziano dai *pesi assoluti* in quanto sono definiti come il contributo della variabile (moltiplicata per il suo peso assoluto) all'efficienza raggiunta. Poiché abbiamo utilizzato un metodo DEA *output oriented*, i pesi virtuali vengono definiti nel modo seguente:

$$(14) \quad u_{kj}^v = u_{kj} y_{kj} \quad \text{per l'output } k \text{ dell'ospedale } j,$$

$$(15) \quad v_{ij}^v = v_{ij} x_{ij} \quad \text{per l'input } i \text{ dell'ospedale } j$$

e la somma dei pesi virtuali degli output è sempre pari al 100%, mentre la somma dei pesi virtuali relativi agli input risulta pari all'inverso dell'indice di efficienza.

Sulla base della discussione precedente sono considerati diversi modelli di analisi a seconda dell'inclusione o meno di vincoli ai pesi virtuali e della considerazione o meno di un indicatore di domanda rappresentato dal numero di dimissioni (inserito tra gli input).

I quattro modelli che risultano sono i seguenti:

<i>modello</i>	<i>tipo di efficienza</i>	<i>Vincoli</i>
1	tecnica finale	Nessuno
2	tecnica interna	Nessuno
3	tecnica finale	Peso virtuale dell'output $y_1 \geq 70\%$
4	tecnica interna	Peso virtuale dell'output $y_1 \geq 70\%$

Nel calcolare i risultati con la metodologia DEA è stata considerata la cosiddetta *super-efficienza* (v. nota 14), che si ottiene comparando ciascun ospedale con un insieme di riferimento che esclude l'ospedale stesso. In questo caso gli indici di efficienza degli ospedali non efficienti rimangono immutati, mentre gli ospedali efficienti possono raggiungere dei livelli di efficienza superiori al 100%. E' così possibile ottenere una differenziazione degli ospedali efficienti, che altrimenti avrebbero tutti lo stesso livello di efficienza pari al 100%²⁸.

5.2. I dati utilizzati

I dati utilizzati nell'analisi si riferiscono all'anno 1997 e derivano dalla banca dati del Ministero della Sanità relativa alle schede di dimissione ospedaliera e dalla banca dati dell'Unità di progetto controllo e sistema informatico socio-sanitario della Regione Veneto²⁹. A causa della mancanza di alcune informazioni il campione esaminato non corrisponde all'universo degli ospedali pubblici e privati convenzionati della Regione, per cui sono state considerate solo 85 strutture sulle 95 esistenti. Le strutture pubbliche sono rappresentate da 65 presidi di ASL e da 2 aziende ospedaliere (Padova e Verona). Gli ospedali privati

²⁸ Il calcolo della superefficienza è inoltre preferito in quanto comporta una soluzione unica dei pesi degli input e degli output, che altrimenti non sarebbero perfettamente identificati.

²⁹ Si ringraziano, in particolare il Dott. Pennazza dell'Ufficio statistico del Ministero della Sanità e il Dott. Fabio Perina dell'Unità di progetto controllo e sistema informatico socio-sanitario della Regione Veneto per le informazioni fornite.

convenzionati sono 28, di cui 8 ospedali classificati e 20 case di cura (di queste 4 sono presidio di ASL e 16 sono strutture pre-accreditate)³⁰.

5.3 I risultati

I risultati relativi al modello 1 (efficienza finale senza vincoli ai pesi virtuali) mostrano una elevata variabilità sia in termini di indici di efficienza, che vanno dal 15 al 177%, sia in termini di pesi virtuali. E' da notare come l'output associato alle dimissioni pesate con i DRG mostri quasi sempre un peso virtuale molto elevato, soprattutto nelle strutture che risultano meno efficienti. Non avendo imposto vincoli, si possono rintracciare anche ospedali che assegnano un peso virtuale pari al 100% alle prestazioni di pronto soccorso o alle giornate di *day hospital*. Gli ospedali efficienti (con indice superiore al 100%) sono 13, mentre 14 hanno un indice di efficienza inferiore al 50%. E' da ricordare che questi risultati sono i migliori possibili per questi ospedali, in quanto i pesi calcolati sono stati scelti in modo da massimizzare l'indice di efficienza.

I risultati relativi al modello 2 (efficienza interna senza vincoli ai pesi virtuali) sono stati ottenuti inserendo tra gli input un indicatore di domanda, in questo caso il numero complessivo di dimissioni. In questo modo gli ospedali che sono in qualche modo più vincolati dalla domanda rispetto agli altri hanno potuto assegnare un peso positivo alla variabile per aumentare il livello di efficienza. Ben 44 ospedali hanno assegnato un peso positivo alla variabile di domanda, anche se solo una decina hanno evidenziato dei pesi virtuali superiori al 50%. Il vincolo della domanda appare particolarmente stringente per alcuni ospedali classificati: si può, ad esempio osservare come gli ospedali U71 e U20 (entrambi ospedali classificati) risultino molto inefficienti con il modello 1 e evidenzino invece indici di efficienza superiori al 100% con il modello 2. L'influenza del sovradimensionamento dell'offerta rispetto alla domanda si fa sentire allo stesso modo per quei presidi ospedalieri (ad esempio U44, U62, U68 e U75) che si trovano localizzati in zone montane e/o a bassa densità abitativa. La figura 5 mostra la relazione tra gli indici di efficienza ottenuti nei modelli 1 (efficienza finale) e 2 (efficienza interna), evidenziando l'effetto dell'introduzione della variabile "domanda" nel calcolo dell'efficienza. Come è ovvio, la possibilità di agire su una variabile in più ha portato a calcolare degli indici di efficienza uguali o superiori rispetto al caso di efficienza finale. Si può notare come questo sia avvenuto soprattutto per gli ospedali che avevano gli indici più bassi di efficienza finale. Si può quindi concludere che i bassi livelli di efficienza finale sono in molti casi spiegabili soprattutto con l'effetto di sovradimensionamento deciso dai policy maker, piuttosto che da vere e proprie inefficienze interne. Anche la scomposizione dell'inefficienza totale presentata nella tabella 5 mostra che l'inefficienza esterna risulta spesso più elevata dell'inefficienza interna.

I modelli 3 e 4 si riferiscono invece ai due concetti di efficienza (finale e interna) nel caso in cui si introduca un vincolo al peso virtuale del principale output degli ospedali. Negli esercizi presentati (tabelle 3 e 4) il vincolo introdotto è che almeno il 70% del prodotto complessivo degli ospedali sia dovuto alle dimissioni pesate con i DRG. L'effetto del vincolo è quello di penalizzare quelle strutture che assegnavano negli esercizi precedenti un peso virtuale inferiore al 70% a quella variabile. Le figure 6 e 7 mostrano l'effetto di tale vincolo. Come si può notare, gli ospedali interessati maggiormente risultano quelli ad elevata efficienza. Soprattutto nel caso dell'efficienza finale (modello 3) alcuni ospedali che risultavano efficienti mostrano ora indici di efficienza inferiori al 100%: ad esempio, spicca il caso dell'ospedale U21 che privilegia in assoluto l'attività di *day hospital* (con un peso del

³⁰ Si veda la *Relazione sanitaria della Regione Veneto. Anni 1996 e 1997* (Regione Veneto, 1999).

100% nella tab. 1) e che passa da un indice di efficienza finale del 159,3% (tab. 1) a un indice di efficienza del 71,2% (tab. 3).

L'effetto complessivo della domanda e del vincolo al peso relativo delle dimissioni pesate con i DRG è mostrato nella figura 8. Si noti come il passaggio dal modello 1 (efficienza finale senza vincoli) al modello 4 (efficienza interna, con vincoli) comporti una minor dispersione degli indici di efficienza, in quanto l'effetto "domanda" alza l'efficienza degli ospedali meno efficienti mentre il vincolo abbassa l'efficienza degli ospedali più efficienti.

Nella tabella 7, per ciascuno dei quattro modelli considerati, vengono calcolate le medie degli indici di efficienza DEA, evidenziando in particolare gli scostamenti dall'efficienza media dei presidi di ASL che si osservano per quanto riguarda le altre tipologie di ospedale. In tutti e quattro i modelli esaminati si osserva sistematicamente, rispetto ai presidi pubblici di ASL: una maggiore efficienza tecnica delle aziende ospedaliere e delle case di cura-presidi di ASL e una minore efficienza tecnica delle case di cura private pre-accreditate. Anche gli ospedali classificati evidenziano mediamente una performance inferiore, ad eccezione del modello 4 in cui la loro efficienza media è sostanzialmente simile a quella degli ospedali di ASL. Soprattutto per i presidi di ASL e per gli ospedali classificati sembra che l'influenza dei fattori di domanda in qualche misura esterni al controllo del *management* ospedaliero incida in modo particolare sul livello di efficienza tecnica: infatti, per entrambe le tipologie di ospedale si osserva, più che per le altre tipologie di struttura, un sensibile aumento dell'efficienza media con i modelli 2 e 4 relativi all'efficienza tecnica interna.

Va infine osservato che la maggiore efficienza, rispetto alla media dei presidi di ASL, evidenziata dalle aziende ospedaliere e da alcune case di cura private deriva da due motivazioni diverse. Nel primo caso, gli ospedali azienda appaiono più efficienti, sotto il profilo tecnico, in quanto caratterizzati da un *case mix* relativamente più complesso; infatti, nel semplice modello qui considerato la maggiore complessità dei casi trattati influenza positivamente il livello dell'output y_1 ³¹. Nel secondo caso, le case di cura private risultano mediamente più efficienti non tanto in virtù di un più elevato indice di *case-mix*, quanto per il numero relativamente elevato di dimissioni che le caratterizza.

6. Conclusioni

Il presente contributo ha esaminato le principali caratteristiche ed implicazioni della DEA (*Data Envelopment Analysis*) quale metodologia di valutazione dell'efficienza relativa delle strutture ospedaliere.

In primo luogo, è stato evidenziato come sia necessario esplicitare il modello di comportamento sottostante la scelta della metodologia di valutazione dell'efficienza; modello che può essere più o meno flessibile, a seconda che si riferisca in modo specifico a ciascuna delle strutture ospedaliere, ad un'aggregazione di queste o ad un *policy maker* con poteri di controllo sulle unità produttive esaminate. In altri termini, la misurazione dell'efficienza tecnica degli ospedali attraverso la DEA richiede necessariamente la formulazione di giudizi di valore con la fissazione di intervalli di variazione (vincoli) per i pesi degli input e degli output considerati. Inoltre, poiché ai servizi ospedalieri viene riconosciuta un'elevata valenza sociale, si rende necessario condizionare la valutazione di efficienza relativa rispetto alle preferenze espresse dalla collettività a livello locale e/o nazionale. Per quanto riguarda l'analisi DEA, ciò implica l'imposizione ai pesi degli input e degli output di vincoli compatibili con le preferenze del *policy maker*.

³¹ Si ricorda che nel presente contesto si sta considerando l'efficienza produttiva e non l'efficienza allocativa.

In secondo luogo, si è mostrato come, attraverso l'inclusione di un indicatore di domanda tra gli input nell'analisi DEA di produzione ospedaliera, sia possibile individuare in che misura l'inefficienza sia imputabile a fattori esterni al controllo del *management* ospedaliero e legati al sovradimensionamento della capacità produttiva rispetto alla domanda espressa.

Sulla base delle considerazioni teoriche appena sintetizzate, si è quindi proceduto ad effettuare una prima analisi dell'efficienza relativa degli ospedali del Veneto, con riferimento all'anno 1997 e considerando quattro modelli di analisi DEA a seconda dell'inclusione o meno di vincoli ai pesi virtuali e della considerazione o meno di un indicatore di domanda rappresentato dal numero di dimissioni (inserito tra gli input).

I principali risultati ottenuti possono essere così sintetizzati:

- si osserva una elevata variabilità tra ospedali sia per quanto riguarda gli indici di efficienza che per quanto riguarda i pesi virtuali di input e output. In tutti i quattro modelli esaminati gli ospedali efficienti (con indice superiore al 100%) rappresentano meno del 34% del campione. E' da ricordare che questi risultati sono i migliori possibili per questi ospedali, in quanto i pesi calcolati sono stati scelti in modo da massimizzare l'indice di efficienza;
- confrontando il modello 1 con il modello 2 (e il modello 3 con il modello 4) si rileva che i bassi livelli di efficienza sono in molti casi imputabili ad un sovradimensionamento dell'offerta esistente rispetto alla domanda effettiva e cioè a responsabilità proprie dei programmatori sanitari (inefficienza esterna), piuttosto che a vera e propria inefficienza interna; la componente di inefficienza esterna appare particolarmente importante nel caso delle strutture localizzate in zone montane e a bassa densità abitativa;
- l'introduzione di un vincolo nei pesi degli output (in base al quale almeno il 70% del prodotto complessivo degli ospedali deve essere dovuto alle dimissioni ordinarie ponderate in base alla complessità DRG) penalizza le strutture che assegnano particolare importanza ad altri output, quali le attività di day hospital e le prestazioni di emergenza; si riduce così, sia pure di poco, il numero delle strutture con elevata efficienza;
- in tutti e quattro i modelli esaminati si osserva sistematicamente una maggiore efficienza tecnica delle aziende ospedaliere e delle case di cura-presidi di ASL e una minore efficienza tecnica delle case di cura private pre-accreditate. Anche gli ospedali classificati evidenziano, tranne che in un modello, una performance mediamente peggiore dei presidi di ASL; soprattutto per queste due categorie di strutture, sembra che l'esistenza di fenomeni di sovradimensionamento dell'offerta rispetto alla domanda incida negativamente sul livello di efficienza tecnica. La maggiore efficienza, rispetto alla media sembra dipendere, nel caso delle aziende ospedaliere, dalla maggiore complessità dei casi trattati, mentre, nel caso delle case di cura presidi di ASL, sembra dipendere dagli elevati volumi di ricoveri ordinari.

Tabella 1 - Modello 1: Efficienza tecnica finale, senza vincoli sui pesi virtuali

Ospedale	Efficienza	Pesi virtuali (%)						
		Input				output		
		Medici	Infermieri	Altro personale	Posti letto	Giorn. DH	Prestazioni Pronto S.	Dimissioni pesate DRG
U83	15,7	-	-	247,2	392,0	-	-	100,0
U70	19,9	502,9	-	-	-	-	-	100,0
U62	24,5	408,8	-	-	-	-	-	100,0
U13	26,8	372,8	-	-	-	-	-	100,0
U69	31,7	8,6	-	-	307,4	-	-	100,0
U61	34,6	10,1	-	-	279,2	-	-	100,0
U85	35,5	-	268,5	13,6	-	-	-	100,0
U38	37,4	-	253,2	14,6	-	-	-	100,0
U72	40,2	102,9	-	145,8	-	-	-	100,0
U42	41,9	-	-	92,2	146,3	-	-	100,0
U68	44,6	-	78,8	118,6	26,6	-	100,0	-
U71	45,8	-	202,1	16,4	-	-	-	100,0
U58	46,2	-	205,5	10,8	-	-	-	100,0
U63	47,3	-	-	64,4	147,1	7,5	5,0	87,6
U18	50,5	0,8	100,7	96,4	-	-	-	100,0
U25	50,6	189,6	-	-	8,1	-	33,7	66,3
U79	50,9	31,8	71,6	93,0	-	30,4	-	69,6
U54	53,2	52,7	-	-	135,2	34,4	-	65,6
U73	55,9	-	-	61,2	117,8	-	5,0	95,0
U20	57,2	60,6	114,3	-	-	100,0	-	-
U46	57,9	-	165,1	7,6	-	-	-	100,0
U19	58,4	-	158,9	12,3	-	-	-	100,0
U29	58,6	31,7	71,7	67,2	-	55,4	-	44,6
U75	59,6	167,8	-	-	-	-	63,9	36,1
U60	62,7	-	6,9	-	152,6	-	-	100,0
U57	63,9	-	3,4	-	153,2	-	-	100,0
U37	65,0	-	148,4	5,5	-	-	-	100,0
U52	67,5	1,5	-	47,7	99,1	3,5	-	96,5
U40	69,8	143,3	-	-	-	-	51,0	49,0
U35	71,0	8,3	-	43,2	89,3	5,9	3,7	90,4
U41	71,3	93,0	-	35,6	11,6	-	35,3	64,7
U14	71,8	-	39,5	99,8	-	-	-	100,0
U64	71,8	10,0	-	42,3	86,9	7,7	2,6	89,7
U82	71,9	-	46,0	93,0	-	-	-	100,0
U43	72,1	-	-	30,5	108,3	-	3,6	96,4
U22	73,1	-	1,9	44,6	90,4	4,4	-	95,6
U39	73,9	-	-	39,8	95,6	-	2,7	97,3
U49	76,0	14,1	-	21,1	96,4	13,2	0,7	86,1
U44	76,0	126,4	-	-	5,2	-	41,7	58,3
U55	76,8	23,4	-	-	106,8	20,9	-	79,1
U34	77,4	8,4	-	37,6	83,2	7,0	3,4	89,6
U84	77,7	-	54,1	-	74,6	-	16,1	83,9
U53	77,8	12,5	-	21,7	94,3	8,4	0,7	90,9
U33	79,8	11,2	-	42,3	72,0	12,3	-	87,7
U08	79,9	55,5	-	69,6	-	16,4	-	83,6
U09	80,2	124,7	-	-	-	-	13,5	86,6
U10	81,3	-	46,6	58,6	17,8	5,7	94,3	-
U01	83,0	-	9,2	32,3	79,0	5,6	4,6	89,8

Tabella 1 (segue) - Modello 1: Efficienza tecnica finale, senza vincoli sui pesi virtuali

Ospedale	Efficienza	Pesi virtuali (%)						
		input				output		
		Medici	Infermieri	Altro personale	Posti letto	Giorn. DH	Prestazioni Pronto S.	Dimissioni pesate DRG
U27	83,8	119,4	-	-	-	4,4	64,0	31,7
U87	84,2	11,1	42,2	65,5	-	-	4,6	95,4
U77	85,0	10,5	-	40,8	66,3	14,0	-	86,0
U59	85,1	-	39,2	78,3	-	-	-	100,0
U31	86,9	78,9	-	25,9	10,2	0,3	40,6	59,0
U89	87,0	-	-	10,0	104,9	-	-	100,0
U51	87,3	-	69,7	22,3	22,7	39,1	-	60,9
U45	88,1	-	-	40,7	72,8	-	4,8	95,2
U65	88,5	-	27,9	-	85,1	12,5	2,4	85,1
U36	89,2	-	106,7	5,4	-	-	-	100,0
U32	89,9	13,4	-	-	97,9	42,2	-	57,8
U48	91,0	-	14,5	37,0	58,3	17,4	-	82,6
U26	93,6	-	19,2	87,6	-	55,9	-	44,1
U50	94,5	-	60,1	-	45,8	41,4	0,3	58,3
U06	95,6	104,6	-	-	-	69,1	30,9	-
U78	95,7	104,6	-	-	-	-	52,3	47,7
U66	95,9	-	62,2	22,8	19,3	46,0	-	54,0
U24	97,3	-	-	-	102,8	35,0	8,6	56,4
U56	98,1	-	49,6	-	52,4	24,0	-	76,1
U80	98,5	1,0	37,7	50,7	12,1	19,6	-	80,4
U76	98,6	-	45,8	44,9	10,6	34,4	-	65,6
U90	99,2	-	61,0	-	39,9	51,7	-	48,3
U74	99,6	-	45,2	43,0	12,2	22,9	-	77,1
U67	99,7	-	27,2	-	73,2	33,1	-	66,9
U86	101,4	-	-	27,4	71,2	3,2	2,5	94,2
U07	103,5	-	80,2	16,4	-	95,6	4,4	-
U23	104,5	-	-	26,3	69,4	15,2	-	84,8
U03	105,6	-	48,2	46,4	-	-	9,7	90,3
U11	108,9	-	-	-	91,8	27,7	-	72,3
U12	109,2	-	39,8	-	51,9	7,0	20,3	72,8
U30	137,0	-	-	-	73,0	-	100,0	-
U02	139,2	26,4	-	45,4	-	53,3	46,8	-
U17	157,9	43,3	9,2	-	10,8	0,3	-	99,7
U21	159,3	48,5	-	14,3	-	100,0	-	-
U04	163,8	-	61,1	-	-	7,4	91,6	1,0
U16	173,1	-	57,8	-	-	55,5	-	44,6
U05	177,4	-	-	56,4	-	-	77,4	22,6

Tabella 2 - Modello 2: Efficienza tecnica interna, senza vincoli sui pesi virtuali

		Pesi virtuali (%)							
		input					output		
Ospedale	Efficienza	Medici	Infermieri	Altro person.	Dimissioni	Posti letto	Giorn. Dh	Prestazioni Pronto S.	Dimissioni pesate DRG
U83	40,5	26,0	-	8,3	-	212,4	-	-	100,0
U70	71,3	-	-	-	5,9	134,4	-	-	100,0
U42	73,1	29,8	-	-	-	107,0	-	-	100,0
U22	73,5	-	-	33,1	57,5	45,4	-	-	100,0
U52	75,3	17,3	-	28,0	-	87,6	-	-	100,0
U63	77,0	-	-	9,7	0,9	119,3	0,1	13,9	86,0
U18	77,3	-	-	33,9	-	95,4	-	-	100,0
U61	78,2	-	-	-	-	127,9	-	4,2	95,8
U13	79,7	24,7	-	-	-	100,8	-	-	100,0
U58	80,0	-	14,4	8,2	0,4	102,0	-	-	100,0
U85	80,3	25,1	6,8	-	-	92,7	-	-	100,0
U37	80,7	-	12,5	1,2	6,3	103,9	-	-	100,0
U69	80,9	15,3	-	-	2,7	105,6	-	-	100,0
U60	81,0	11,9	-	-	17,0	94,6	-	-	100,0
U62	81,5	15,8	-	-	4,1	102,8	-	-	100,0
U82	82,5	-	13,0	10,1	-	98,2	-	-	100,0
U64	83,2	1,9	23,8	-	14,8	79,7	-	5,0	95,0
U33	84,4	33,0	-	37,0	3,5	45,1	14,2	-	85,8
U01	84,5	-	25,5	15,9	27,4	49,5	5,1	9,0	86,0
U46	84,5	4,7	10,7	-	4,0	98,9	-	-	100,0
U72	84,6	11,4	-	2,7	-	104,2	-	-	100,0
U19	84,9	-	24,4	-	-	93,4	-	-	100,0
U35	85,3	27,6	-	0,4	4,7	84,6	-	8,2	91,8
U43	85,7	-	-	25,1	-	91,6	-	-	100,0
U49	85,8	19,9	-	-	19,6	77,0	-	5,2	94,8
U54	85,9	34,6	-	-	-	81,8	13,8	-	86,2
U84	86,8	-	17,6	-	13,3	84,4	-	6,2	93,8
U25	87,0	9,8	0,8	-	-	104,3	-	7,8	92,2
U79	87,9	-	-	9,4	-	104,4	-	10,9	89,1
U55	88,5	33,8	-	-	3,7	75,5	4,5	6,5	89,0
U34	89,8	28,4	-	0,3	4,4	78,3	-	7,5	92,6
U45	89,8	-	-	2,0	63,1	46,3	-	-	100,0
U08	90,2	22,9	-	-	-	88,0	-	2,0	98,0
U41	90,3	9,9	-	-	2,3	98,5	-	13,7	86,3
U29	90,5	33,4	-	-	-	77,1	16,6	-	83,4
U09	90,7	17,6	-	-	-	92,7	0,1	1,5	98,4
U87	91,2	1,0	11,0	17,5	-	80,2	-	1,3	98,7
U57	91,4	-	14,6	-	5,3	89,6	-	-	100,0
U31	91,4	32,4	-	13,4	8,0	55,6	5,3	15,6	79,2
U51	91,6	-	28,3	27,6	10,2	43,1	19,7	-	80,3
U77	92,0	36,9	-	25,8	-	46,0	14,9	2,3	82,8
U39	92,8	1,7	21,7	-	4,6	79,7	-	3,0	97,0
U27	92,9	6,3	-	21,3	-	80,1	9,6	24,7	65,7
U65	93,1	-	0,6	-	61,5	45,3	-	-	100,0
U59	93,3	-	11,1	8,5	-	87,7	-	-	100,0
U38	93,8	13,7	-	-	3,6	89,4	-	-	100,0
U40	94,1	4,9	6,3	-	-	95,1	-	17,8	82,2

Tabella 2 (segue) - Modello 2: Efficienza tecnica interna, senza vincoli sui pesi virtuali

Ospedale	Efficienza	Pesi virtuali (%)							
		input					output		
		Medici	Infermieri	Altro person.	Dimissioni	Posti letto	Giorn. Dh	Prestazioni Pronto S.	Dimissioni pesate DRG
U32	94,4	21,1	-	-	67,2	17,7	29,4	-	70,6
U26	94,6	-	28,3	30,5	-	46,9	24,8	-	75,2
U73	94,6	-	-	9,4	0,8	95,5	-	14,5	85,5
U50	95,4	-	50,3	0,7	28,8	25,0	29,2	3,3	67,6
U89	96,6	-	14,1	0,3	17,4	71,8	-	-	100,0
U14	96,7	-	11,2	10,8	-	81,5	-	-	100,0
U24	98,4	-	-	-	54,9	46,8	29,7	22,4	48,0
U53	99,4	27,0	-	-	4,3	69,3	-	7,5	92,5
U74	99,6	-	45,2	43,0	12,2	-	22,9	-	77,1
U80	100,2	-	21,6	29,9	8,3	40,0	12,7	-	87,3
U66	100,7	-	45,3	14,4	13,9	25,8	34,4	-	65,7
U56	100,7	-	12,0	-	4,6	82,6	-	-	100,0
U44	100,8	9,1	6,0	-	-	84,2	-	12,0	88,0
U20	101,1	3,3	-	-	-	95,7	32,7	-	67,3
U86	101,4	-	-	27,4	71,2	-	3,2	2,5	94,2
U67	101,8	-	29,7	18,2	16,2	34,2	23,6	3,0	73,4
U76	102,1	3,0	29,6	24,0	7,9	33,4	28,9	-	71,1
U75	102,6	2,6	-	4,4	-	90,4	-	21,4	78,6
U78	103,3	27,4	-	-	-	69,4	-	18,2	81,8
U36	103,4	-	18,9	-	-	77,8	-	-	100,0
U48	105,1	26,7	-	3,9	-	64,5	9,1	1,5	89,4
U03	105,6	-	48,2	46,4	-	-	-	9,7	90,3
U11	108,9	-	-	-	91,8	-	27,7	-	72,3
U12	109,2	-	39,8	-	51,9	-	7,0	20,3	72,8
U71	109,7	-	15,4	-	-	75,8	-	-	100,0
U23	110,6	-	-	20,7	45,5	24,2	11,5	0,5	88,0
U90	112,3	-	6,8	-	9,6	72,7	19,0	-	81,0
U07	112,7	-	48,9	-	-	39,8	58,0	2,6	39,4
U10	114,9	-	-	22,0	-	65,0	23,8	76,2	-
U06	132,4	17,5	-	-	-	58,1	55,7	44,3	-
U30	137,0	-	-	-	73,0	-	-	100,0	-
U02	139,2	26,4	-	45,4	-	-	53,3	46,8	-
U17	157,9	43,3	9,2	-	10,8	-	0,3	-	99,7
U04	163,8	-	61,1	-	-	-	7,4	91,6	1,0
U21	165,3	1,4	-	36,8	-	22,2	100,0	-	-
U16	173,1	-	57,8	-	-	-	55,5	-	44,6
U68	174,9	-	-	-	-	57,2	-	100,0	-
U05	177,4	-	-	56,4	-	-	-	77,4	22,6

Tabella 3 - Modello 3: Efficienza tecnica finale, con vincoli sui pesi virtuali
(peso dimissioni DRG > 70%)

		Pesi virtuali (%)						
		input				output		
Ospedale	Efficienza	Medici	Infermieri	Altro personale	Posti letto	Giorn. DH	Prestazioni Pronto S.	Dimissioni pesate DRG
U83	15,7	-	-	247,2	392,0	-	-	100,0
U70	19,9	502,9	-	-	-	-	-	100,0
U68	23,7	-	60,0	121,2	241,4	-	30,0	70,0
U62	24,5	408,8	-	-	-	-	-	100,0
U13	26,8	372,8	-	-	-	-	-	100,0
U69	31,7	8,6	-	-	307,4	-	-	100,0
U61	34,6	10,1	-	-	279,2	-	-	100,0
U20	35,0	103,0	182,6	-	-	30,0	-	70,0
U85	35,5	-	268,5	13,6	-	-	-	100,0
U38	37,4	-	253,2	14,6	-	-	-	100,0
U29	40,0	102,1	148,0	-	-	30,0	-	70,0
U72	40,2	102,9	-	145,8	-	-	-	100,0
U42	41,9	-	-	92,2	146,3	-	-	100,0
U71	45,8	-	202,1	16,4	-	-	-	100,0
U58	46,2	-	205,5	10,8	-	-	-	100,0
U63	47,3	-	-	64,4	147,1	7,5	5,0	87,6
U75	47,7	68,7	-	62,0	79,1	-	30,0	70,0
U07	48,4	-	69,2	137,4	-	30,0	-	70,0
U25	49,4	161,2	-	27,4	14,0	-	30,0	70,0
U18	50,5	0,8	100,7	96,4	-	-	-	100,0
U79	50,9	23,9	76,0	91,4	5,3	30,0	-	70,0
U54	51,8	34,4	-	-	158,7	30,0	-	70,0
U73	55,9	-	-	61,2	117,8	-	5,0	95,0
U46	57,9	-	165,1	7,6	-	-	-	100,0
U19	58,4	-	158,9	12,3	-	-	-	100,0
U40	60,9	97,4	-	66,8	-	-	30,0	70,0
U60	62,7	-	6,9	-	152,6	-	-	100,0
U57	63,9	-	3,4	-	153,2	-	-	100,0
U37	65,0	-	148,4	5,5	-	-	-	100,0
U52	67,5	1,5	-	47,7	99,1	3,5	-	96,5
U10	68,3	-	28,8	34,3	83,2	13,9	16,1	70,0
U44	69,9	77,7	-	44,4	21,0	-	30,0	70,0
U35	71,0	8,3	-	43,2	89,3	5,9	3,7	90,4
U27	71,1	71,2	-	69,5	-	22,4	7,6	70,0
U41	71,2	76,4	-	37,8	26,4	-	30,0	70,0
U21	71,2	2,3	-	27,4	110,8	30,0	-	70,0
U14	71,8	-	39,5	99,8	-	-	-	100,0
U64	71,8	10,0	-	42,3	86,9	7,7	2,6	89,7
U82	71,9	-	46,0	93,0	-	-	-	100,0
U06	71,9	17,4	-	-	121,7	29,8	0,2	70,0
U43	72,1	-	-	30,5	108,3	-	3,6	96,4
U22	73,1	-	1,9	44,6	90,4	4,4	-	95,6
U39	73,9	-	-	39,8	95,6	-	2,7	97,3
U49	76,0	14,1	-	21,1	96,4	13,2	0,7	86,1
U55	76,8	23,4	-	-	106,8	20,9	-	79,1
U34	77,4	8,4	-	37,6	83,2	7,0	3,4	89,6
U84	77,7	-	54,1	-	74,6	-	16,1	83,9

Tabella 3 (segue) - Modello 3: Efficienza tecnica finale, con vincoli sui pesi virtuali
(peso dimissioni DRG > 70%)

Ospedale	Efficienza	Pesi virtuali (%)						
		input				output		
		Medici	Infermieri	Altro personale	Posti letto	Giorn. DH	Prestazioni Pronto S.	Dimissioni pesate DRG
U53	77,8	12,5	-	21,7	94,3	8,4	0,7	90,9
U33	79,8	11,2	-	42,3	72,0	12,3	-	87,7
U08	79,9	55,5	-	69,6	-	16,4	-	83,6
U09	80,2	124,7	-	-	-	-	13,5	86,6
U78	81,0	71,4	-	52,1	-	-	30,0	70,0
U01	83,0	-	9,2	32,3	79,0	5,6	4,6	89,8
U87	84,2	11,1	42,2	65,5	-	-	4,6	95,4
U77	85,0	10,5	-	40,8	66,3	14,0	-	86,0
U59	85,1	-	39,2	78,3	-	-	-	100,0
U31	85,6	-	45,2	27,2	44,5	4,7	25,3	70,0
U66	86,2	-	23,2	1,2	91,7	30,0	-	70,0
U51	86,7	-	49,7	50,2	15,4	30,0	-	70,0
U89	87,0	-	-	10,0	104,9	-	-	100,0
U45	88,1	-	-	40,7	72,8	-	4,8	95,2
U32	88,5	22,6	-	-	90,5	30,0	-	70,0
U65	88,5	-	27,9	-	85,1	12,5	2,4	85,1
U36	89,2	-	106,7	5,4	-	-	-	100,0
U50	90,0	-	30,9	-	80,3	30,0	-	70,0
U26	90,9	63,2	-	46,8	-	30,0	-	70,0
U48	91,0	-	14,5	37,0	58,3	17,4	-	82,6
U90	92,4	-	22,9	-	85,3	30,0	-	70,0
U24	96,5	-	27,2	-	76,5	24,9	5,2	70,0
U56	98,1	-	49,6	-	52,4	24,0	-	76,1
U67	98,2	-	21,4	7,6	72,9	30,0	-	70,0
U76	98,4	-	34,2	41,5	25,9	30,0	-	70,0
U80	98,5	1,0	37,7	50,7	12,1	19,6	-	80,4
U74	99,6	-	45,2	43,0	12,2	22,9	-	77,1
U86	101,4	-	-	27,4	71,2	3,2	2,5	94,2
U23	104,5	-	-	26,3	69,4	15,2	-	84,8
U03	105,6	-	48,2	46,4	-	-	9,7	90,3
U02	106,0	13,0	-	26,7	54,6	21,9	8,1	70,0
U11	108,9	-	-	-	91,8	27,7	-	72,3
U12	109,2	-	39,8	-	51,9	7,0	20,3	72,8
U04	115,8	-	62,2	24,2	-	-	30,0	70,0
U30	128,6	-	-	-	77,8	-	30,0	70,0
U16	143,6	-	69,7	-	-	30,0	-	70,0
U17	157,9	43,3	9,2	-	10,8	0,3	-	99,7
U05	168,2	-	-	59,5	-	-	30,0	70,0

Tabella 4 - Modello 4: efficienza tecnica interna, con vincoli sui pesi virtuali
(peso dimissioni DRG > 70%)

		Pesi virtuali (%)							
		input					output		
Ospedale	Efficienza	Medici	Infermieri	Altro person.	Dimissioni	Posti letto	Giorn. Dh	Prestazioni Pronto S.	Dimissioni pesate DRG
U83	40,5	26,0	-	8,3	-	212,4	-	-	100,0
U70	71,3	-	-	-	5,9	134,4	-	-	100,0
U42	73,1	29,8	-	-	-	107,0	-	-	100,0
U22	73,5	-	-	33,1	57,5	45,4	-	-	100,0
U52	75,3	17,3	-	28,0	-	87,6	-	-	100,0
U63	77,0	-	-	9,7	0,9	119,3	0,1	13,9	86,0
U18	77,3	-	-	33,9	-	95,4	-	-	100,0
U61	78,2	-	-	-	-	127,9	-	4,2	95,8
U13	79,7	24,7	-	-	-	100,8	-	-	100,0
U58	80,0	-	14,4	8,2	0,4	102,0	-	-	100,0
U85	80,3	25,1	6,8	-	-	92,7	-	-	100,0
U37	80,7	-	12,5	1,2	6,3	103,9	-	-	100,0
U69	80,9	15,3	-	-	2,7	105,6	-	-	100,0
U60	81,0	11,9	-	-	17,0	94,6	-	-	100,0
U62	81,5	15,8	-	-	4,1	102,8	-	-	100,0
U82	82,5	-	13,0	10,1	-	98,2	-	-	100,0
U64	83,2	1,9	23,8	-	14,8	79,7	-	5,0	95,0
U33	84,4	33,0	-	37,0	3,5	45,1	14,2	-	85,8
U01	84,5	-	25,5	15,9	27,4	49,5	5,1	9,0	86,0
U46	84,5	4,7	10,7	-	4,0	98,9	-	-	100,0
U72	84,6	11,4	-	2,7	-	104,2	-	-	100,0
U19	84,9	-	24,4	-	-	93,4	-	-	100,0
U35	85,3	27,6	-	0,4	4,7	84,6	-	8,2	91,8
U43	85,7	-	-	25,1	-	91,6	-	-	100,0
U49	85,8	19,9	-	-	19,6	77,0	-	5,2	94,8
U54	85,9	34,6	-	-	-	81,8	13,8	-	86,2
U84	86,8	-	17,6	-	13,3	84,4	-	6,2	93,8
U25	87,0	9,8	0,8	-	-	104,3	-	7,8	92,2
U79	87,9	-	-	9,4	-	104,4	-	10,9	89,1
U55	88,5	33,8	-	-	3,7	75,5	4,5	6,5	89,0
U34	89,8	28,4	-	0,3	4,4	78,3	-	7,5	92,6
U45	89,8	-	-	2,0	63,1	46,3	-	-	100,0
U08	90,2	22,9	-	-	-	88,0	-	2,0	98,0
U41	90,3	9,9	-	-	2,3	98,5	-	13,7	86,3
U29	90,5	33,4	-	-	-	77,1	16,6	-	83,4
U09	90,7	17,6	-	-	-	92,7	0,1	1,5	98,4
U87	91,2	1,0	11,0	17,5	-	80,2	-	1,3	98,7
U57	91,4	-	14,6	-	5,3	89,6	-	-	100,0
U31	91,4	32,4	-	13,4	8,0	55,6	5,3	15,6	79,2
U51	91,6	-	28,3	27,6	10,2	43,1	19,7	-	80,3
U77	92,0	36,9	-	25,8	-	46,0	14,9	2,3	82,8
U27	92,6	12,5	-	15,1	-	80,5	7,4	22,6	70,0
U39	92,8	1,7	21,7	-	4,6	79,7	-	3,0	97,0
U65	93,1	-	0,6	-	61,5	45,3	-	-	100,0
U59	93,3	-	11,1	8,5	-	87,7	-	-	100,0
U38	93,8	13,7	-	-	3,6	89,4	-	-	100,0

Tabella 4 (segue) - Modello 4: efficienza tecnica interna, con vincoli sui pesi virtuali
(peso dimissioni DRG > 70%)

Ospedale	Efficienza	Pesi virtuali (%)							
		input					output		
		Medici	Infermieri	Altro person.	Dimissioni	Posti letto	Giorn. Dh	Prestazioni Pronto S.	Dimissioni pesate DRG
U40	94,1	4,9	6,3	-	-	95,1	-	17,8	82,2
U32	94,4	21,1	-	-	67,2	17,7	29,4	-	70,6
U26	94,6	-	28,3	30,5	-	46,9	24,8	-	75,2
U73	94,6	-	-	9,4	0,8	95,5	-	14,5	85,5
U50	95,1	-	47,2	-	28,7	29,3	26,4	3,6	70,0
U89	96,6	-	14,1	0,3	17,4	71,8	-	-	100,0
U14	96,7	-	11,2	10,8	-	81,5	-	-	100,0
U24	97,0	-	21,4	-	68,1	13,7	24,7	5,3	70,0
U68	99,0	-	-	-	-	101,0	-	30,0	70,0
U10	99,4	-	-	9,6	-	91,1	4,2	25,9	70,0
U53	99,4	27,0	-	-	4,3	69,3	-	7,5	92,5
U74	99,6	-	45,2	43,0	12,2	-	22,9	-	77,1
U80	100,2	-	21,6	29,9	8,3	40,0	12,7	-	87,3
U66	100,5	2,7	36,3	17,8	10,1	32,5	30,0	-	70,0
U56	100,7	-	12,0	-	4,6	82,6	-	-	100,0
U07	100,8	-	41,4	-	-	57,8	30,0	-	70,0
U44	100,8	9,1	6,0	-	-	84,2	-	12,0	88,0
U20	100,9	-	-	-	-	99,1	30,0	-	70,0
U86	101,4	-	-	27,4	71,2	-	3,2	2,5	94,2
U21	101,6	25,6	-	-	-	72,8	30,0	-	70,0
U67	101,8	-	29,7	18,2	16,2	34,2	23,6	3,0	73,4
U76	102,1	3,0	29,6	24,0	7,9	33,4	28,9	-	71,1
U75	102,6	2,6	-	4,4	-	90,4	-	21,4	78,6
U78	103,3	27,4	-	-	-	69,4	-	18,2	81,8
U36	103,4	-	18,9	-	-	77,8	-	-	100,0
U48	105,1	26,7	-	3,9	-	64,5	9,1	1,5	89,4
U03	105,6	-	48,2	46,4	-	-	-	9,7	90,3
U02	106,0	13,0	-	26,7	54,6	-	21,9	8,1	70,0
U06	107,7	18,9	-	-	-	74,0	12,8	17,2	70,0
U11	108,9	-	-	-	91,8	-	27,7	-	72,3
U12	109,2	-	39,8	-	51,9	-	7,0	20,3	72,8
U71	109,7	-	15,4	-	-	75,8	-	-	100,0
U23	110,6	-	-	20,7	45,5	24,2	11,5	0,5	88,0
U90	112,3	-	6,8	-	9,6	72,7	19,0	-	81,0
U04	120,6	-	45,7	4,8	-	32,4	5,5	24,5	70,0
U30	128,6	-	-	-	77,8	-	-	30,0	70,0
U16	143,6	-	69,7	-	-	-	30,0	-	70,0
U17	157,9	43,3	9,2	-	10,8	-	0,3	-	99,7
U05	168,2	-	-	59,5	-	-	-	30,0	70,0

Tabella 5 - Scomposizione dell'inefficienza (modelli 1 e 2 - senza vincoli sui pesi)
(indici ordinati secondo l'efficienza interna)

Ospedale	Efficienza interna (modello 2)	Efficienza finale (modello 1)	Inefficienza esterna	Inefficienza interna	Inefficienza totale
U83	40,5	15,7	24,9	59,5	84,4
U70	71,3	19,9	51,4	28,7	80,1
U42	73,1	41,9	31,1	26,9	58,1
U22	73,5	73,1	0,4	26,5	26,9
U52	75,3	67,5	7,8	24,7	32,6
U63	77,0	47,3	29,7	23,0	52,7
U18	77,3	50,5	26,8	22,7	49,5
U61	78,2	34,6	43,7	21,8	65,4
U13	79,7	26,8	52,8	20,3	73,2
U58	80,0	46,2	33,8	20,0	53,8
U85	80,3	35,5	44,8	19,7	64,6
U37	80,7	65,0	15,7	19,3	35,0
U69	80,9	31,7	49,3	19,1	68,4
U60	81,0	62,7	18,3	19,0	37,3
U62	81,5	24,5	57,0	18,5	75,5
U82	82,5	71,9	10,5	17,5	28,1
U64	83,2	71,8	11,4	16,8	28,2
U33	84,4	79,8	4,6	15,6	20,3
U01	84,5	83,0	1,5	15,6	17,0
U46	84,5	57,9	26,6	15,5	42,1
U72	84,6	40,2	44,4	15,4	59,8
U19	84,9	58,4	26,5	15,1	41,6
U35	85,3	71,0	14,3	14,7	29,0
U43	85,7	72,1	13,7	14,3	27,9
U49	85,8	76,0	9,8	14,2	24,0
U54	85,9	53,2	32,7	14,1	46,8
U84	86,8	77,7	9,1	13,2	22,3
U25	87,0	50,6	36,4	13,0	49,4
U79	87,9	50,9	37,0	12,1	49,1
U55	88,5	76,8	11,7	11,5	23,2
U34	89,8	77,4	12,4	10,2	22,6
U45	89,8	88,1	1,7	10,2	11,9
U08	90,2	79,9	10,3	9,8	20,1
U41	90,3	71,3	19,0	9,7	28,7
U29	90,5	58,6	31,9	9,5	41,4
U09	90,7	80,2	10,5	9,3	19,8
U87	91,2	84,2	7,0	8,8	15,8
U57	91,4	63,9	27,5	8,6	36,1
U31	91,4	86,9	4,5	8,6	13,1
U51	91,6	87,3	4,4	8,4	12,8
U77	92,0	85,0	7,0	8,0	15,0
U39	92,8	73,9	19,0	7,2	26,1
U27	92,9	83,8	9,1	7,1	16,2
U65	93,1	88,5	4,6	6,9	11,5
U59	93,3	85,1	8,1	6,7	14,9
U38	93,8	37,4	56,4	6,2	62,7
U40	94,1	69,8	24,3	5,9	30,2
U32	94,4	89,9	4,5	5,6	10,1
U26	94,6	93,6	1,0	5,4	6,4
U73	94,6	55,9	38,8	5,4	44,1
U50	95,4	94,5	0,9	4,6	5,5
U89	96,6	87,0	9,5	3,4	13,0
U14	96,7	71,8	24,9	3,3	28,2

Tabella 5 (segue) - Scomposizione dell'inefficienza (modelli 1 e 2 - senza vincoli sui pesi)
(indici ordinati secondo l'efficienza interna)

Ospedale	Efficienza interna (modello 2)	Efficienza finale (modello 1)	Inefficienza esterna	Inefficienza interna	Inefficienza totale
U24	98,4	97,3	1,1	1,6	2,7
U53	99,4	77,8	21,6	0,6	22,2
U74	99,6	99,6	-	0,4	0,4
U80	100,2	98,5	1,7	-	1,5
U66	100,7	95,9	4,9	-	4,2
U56	100,7	98,1	2,6	-	1,9
U44	100,8	76,0	24,8	-	24,0
U20	101,1	57,2	43,9	-	42,8
U86	101,4	101,4	-	-	-
U67	101,8	99,7	2,1	-	0,3
U76	102,1	98,6	3,5	-	1,4
U75	102,6	59,6	43,0	-	40,4
U78	103,3	95,7	7,7	-	4,3
U36	103,4	89,2	14,2	-	10,8
U48	105,1	91,0	14,1	-	9,0
U03	105,6	105,6	-	-	-
U11	108,9	108,9	-	-	-
U12	109,2	109,2	-	-	-
U71	109,7	45,8	63,9	-	54,2
U23	110,6	104,5	6,1	-	-
U90	112,3	99,2	13,1	-	0,8
U07	112,7	103,5	9,2	-	-
U10	114,9	81,3	33,6	-	18,7
U06	132,4	95,6	36,7	-	4,4
U30	137,0	137,0	-	-	-
U02	139,2	139,2	-	-	-
U17	157,9	157,9	-	-	-
U04	163,8	163,8	-	-	-
U21	165,3	159,3	6,0	-	-
U16	173,1	173,1	-	-	-
U68	174,9	44,6	130,3	-	55,4
U05	177,4	177,4	-	-	-

Tabella 6 - Scomposizione dell'inefficienza (modelli 4 e 3 - con vincoli sui pesi)
(indici ordinati secondo l'efficienza interna)

Ospedale	Efficienza interna (modello 4)	Efficienza finale (modello 3)	Inefficienza esterna	Inefficienza interna	Inefficienza totale
U83	40,5	15,7	24,9	59,5	84,4
U70	71,3	19,9	51,4	28,7	80,1
U42	73,1	41,9	31,1	26,9	58,1
U22	73,5	73,1	0,4	26,5	26,9
U52	75,3	67,5	7,8	24,7	32,6
U63	77,0	47,3	29,7	23,0	52,7
U18	77,3	50,5	26,8	22,7	49,5
U61	78,2	34,6	43,7	21,8	65,4
U13	79,7	26,8	52,8	20,3	73,2
U58	80,0	46,2	33,8	20,0	53,8
U85	80,3	35,5	44,8	19,7	64,6
U37	80,7	65,0	15,7	19,3	35,0
U69	80,9	31,7	49,3	19,1	68,4
U60	81,0	62,7	18,3	19,0	37,3
U62	81,5	24,5	57,0	18,5	75,5
U82	82,5	71,9	10,5	17,5	28,1
U64	83,2	71,8	11,4	16,8	28,2
U33	84,4	79,8	4,6	15,6	20,3
U01	84,5	83,0	1,5	15,6	17,0
U46	84,5	57,9	26,6	15,5	42,1
U72	84,6	40,2	44,4	15,4	59,8
U19	84,9	58,4	26,5	15,1	41,6
U35	85,3	71,0	14,3	14,7	29,0
U43	85,7	72,1	13,7	14,3	27,9
U49	85,8	76,0	9,8	14,2	24,0
U54	85,9	51,8	34,1	14,1	48,2
U84	86,8	77,7	9,1	13,2	22,3
U25	87,0	49,4	37,7	13,0	50,7
U79	87,9	50,9	37,0	12,1	49,1
U55	88,5	76,8	11,7	11,5	23,2
U34	89,8	77,4	12,4	10,2	22,6
U45	89,8	88,1	1,7	10,2	11,9
U08	90,2	79,9	10,3	9,8	20,1
U41	90,3	71,2	19,2	9,7	28,9
U29	90,5	40,0	50,5	9,5	60,0
U09	90,7	80,2	10,5	9,3	19,8
U87	91,2	84,2	7,0	8,8	15,8
U57	91,4	63,9	27,5	8,6	36,1
U31	91,4	85,6	5,9	8,6	14,4
U51	91,6	86,7	4,9	8,4	13,3
U77	92,0	85,0	7,0	8,0	15,0
U27	92,6	71,1	21,5	7,4	28,9
U39	92,8	73,9	19,0	7,2	26,1
U65	93,1	88,5	4,6	6,9	11,5
U59	93,3	85,1	8,1	6,7	14,9
U38	93,8	37,4	56,4	6,2	62,7
U40	94,1	60,9	33,2	5,9	39,1
U32	94,4	88,5	6,0	5,6	11,5
U26	94,6	90,9	3,7	5,4	9,1
U73	94,6	55,9	38,8	5,4	44,1
U50	95,1	90,0	5,1	4,9	10,0
U89	96,6	87,0	9,5	3,4	13,0
U14	96,7	71,8	24,9	3,3	28,2

Tabella 6 (segue) - Scomposizione dell'inefficienza (modelli 4 e 3 - con vincoli sui pesi)
(indici ordinati secondo l'efficienza interna)

Ospedale	Efficienza interna (modello 4)	Efficienza finale (modello 3)	Inefficienza esterna	Inefficienza interna	Inefficienza totale
U24	97,0	96,5	0,5	3,0	3,5
U68	99,0	23,7	75,3	1,0	76,3
U10	99,4	68,3	31,0	0,7	31,7
U53	99,4	77,8	21,6	0,6	22,2
U74	99,6	99,6	-	0,4	0,4
U80	100,2	98,5	1,7	-	1,5
U66	100,5	86,2	14,3	-	13,8
U56	100,7	98,1	2,6	-	1,9
U07	100,8	48,4	52,4	-	51,6
U44	100,8	69,9	30,9	-	30,1
U20	100,9	35,0	65,9	-	65,0
U86	101,4	101,4	-	-	-
U21	101,6	71,2	30,4	-	28,8
U67	101,8	98,2	3,5	-	1,8
U76	102,1	98,4	3,8	-	1,6
U75	102,6	47,7	54,9	-	52,3
U78	103,3	81,0	22,4	-	19,0
U36	103,4	89,2	14,2	-	10,8
U48	105,1	91,0	14,1	-	9,0
U03	105,6	105,6	-	-	-
U02	106,0	106,0	-	-	-
U06	107,7	71,9	35,8	-	28,1
U11	108,9	108,9	-	-	-
U12	109,2	109,2	-	-	-
U71	109,7	45,8	63,9	-	54,2
U23	110,6	104,5	6,1	-	-
U90	112,3	92,4	19,9	-	7,6
U04	120,6	115,8	4,9	-	-
U30	128,6	128,6	-	-	-
U16	143,6	143,6	-	-	-
U17	157,9	157,9	-	-	-
U05	168,2	168,2	-	-	-

Tabella 7 – Media degli indici di efficienza nei quattro modelli considerati

Modello 1: Efficienza tecnica finale, senza vincoli sui pesi virtuali

	Num. ospedali	Coefficiente stimato	Standard error	t-test
<i>Efficienza media</i>				
Tutti gli ospedali	85	79.6388		
Presidi di ASL	59	83.9529	4.11645	20.3945
<i>Differenza media rispetto ai presidi di ASL</i>				
Azienda ospedaliera	2	9.14212	22.7338	.402137
Ospedale classificato	7	-22.1615	12.6400	-1.75328
Casa di cura pre-accreditata	14	-21.2707	9.39983	-2.26288
Casa di cura - presidio ASL	3	22.6471	18.7136	1.21019

Modello 2: Efficienza tecnica interna, senza vincoli sui pesi virtuali

	Num. ospedali	Coefficiente stimato	Standard error	t-test
<i>Efficienza media</i>				
Tutti gli ospedali	85	98.4521		
Presidi di ASL	59	100.153	3.13385	31.9584
<i>Differenza media rispetto ai presidi di ASL</i>				
Azienda ospedaliera	2	4.26712	17.3073	.246551
Ospedale classificato	7	-4.07717	9.62279	-.423699
Casa di cura pre-accreditata	14	-11.4250	7.15609	-1.59655
Casa di cura - presidio ASL	3	11.7971	14.2467	.828061

Modello 3: Efficienza tecnica finale, con vincoli sui pesi virtuali

	Num. ospedali	Coefficiente stimato	Standard error	t-test
<i>Efficienza media</i>				
Tutti gli ospedali	85	74.2686		
Presidi di ASL	59	77.2068	3.61847	21.3368
<i>Differenza media rispetto ai presidi di ASL</i>				
Azienda ospedaliera	2	12.5082	19.9837	.625922
Ospedale classificato	7	-18.5796	11.1109	-1.67220
Casa di cura pre-accreditata	14	-16.6346	8.26272	-2.01322
Casa di cura - presidio ASL	3	29.3932	16.4498	1.78684

Modello 4: Efficienza tecnica interna, con vincoli sui pesi virtuali

	Num. ospedali	Coefficiente stimato	Standard error	t-test
<i>Efficienza media</i>				
Tutti gli ospedali	85	94.7145		
Presidi di ASL	59	95.2710	2.18761	43.5503
<i>Differenza media rispetto ai presidi di ASL</i>				
Azienda ospedaliera	2	9.14898	12.0815	.757275
Ospedale classificato	7	.786126	6.71726	.117031
Casa di cura pre-accreditata	14	-8.65316	4.99536	-1.73224
Casa di cura - presidio ASL	3	16.6790	9.94500	1.67712

Fig. 5 - Effetto "domanda" in assenza di vincoli

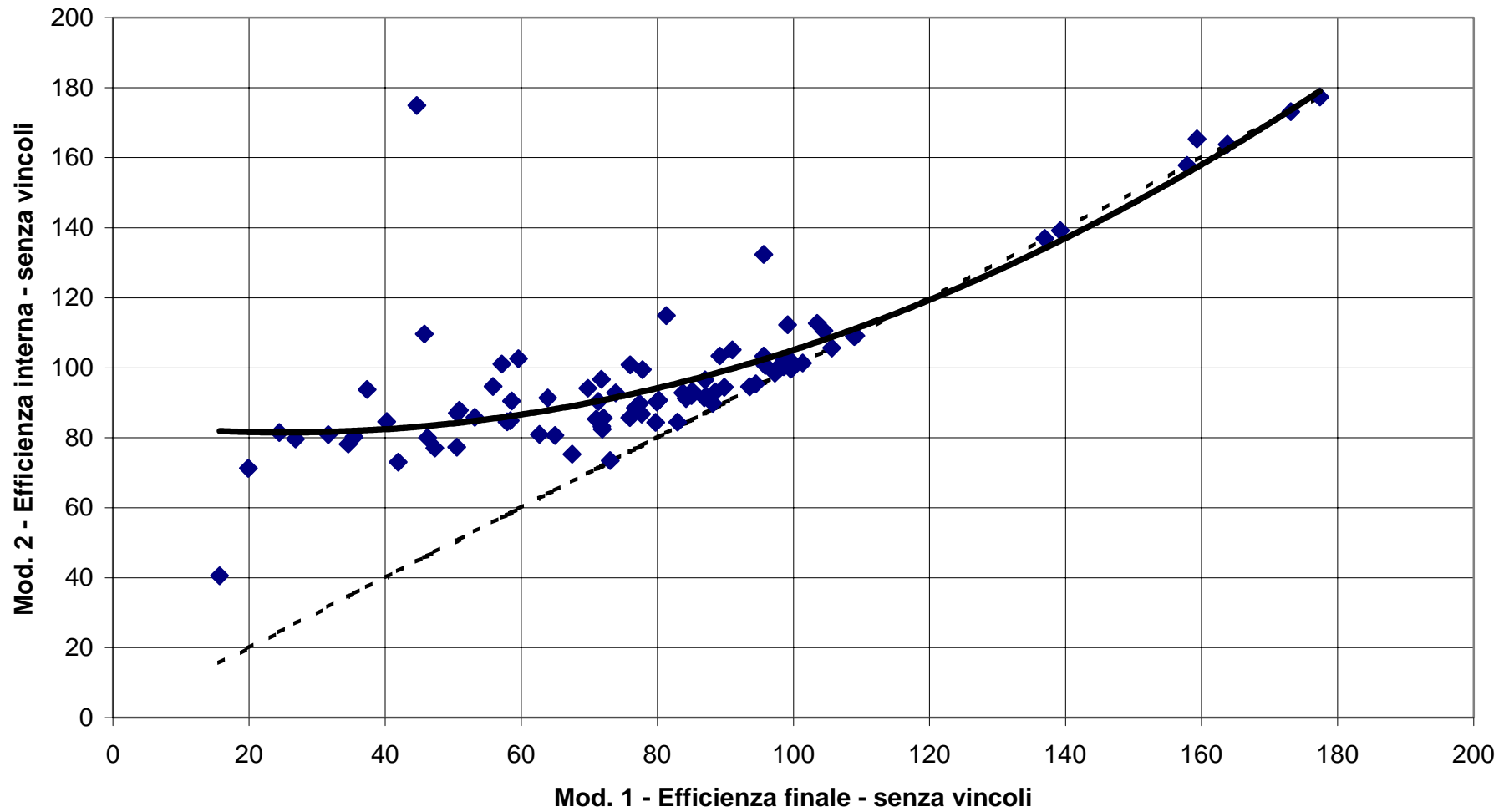


Fig. 6 - Effetto "vincoli" sull'efficienza finale

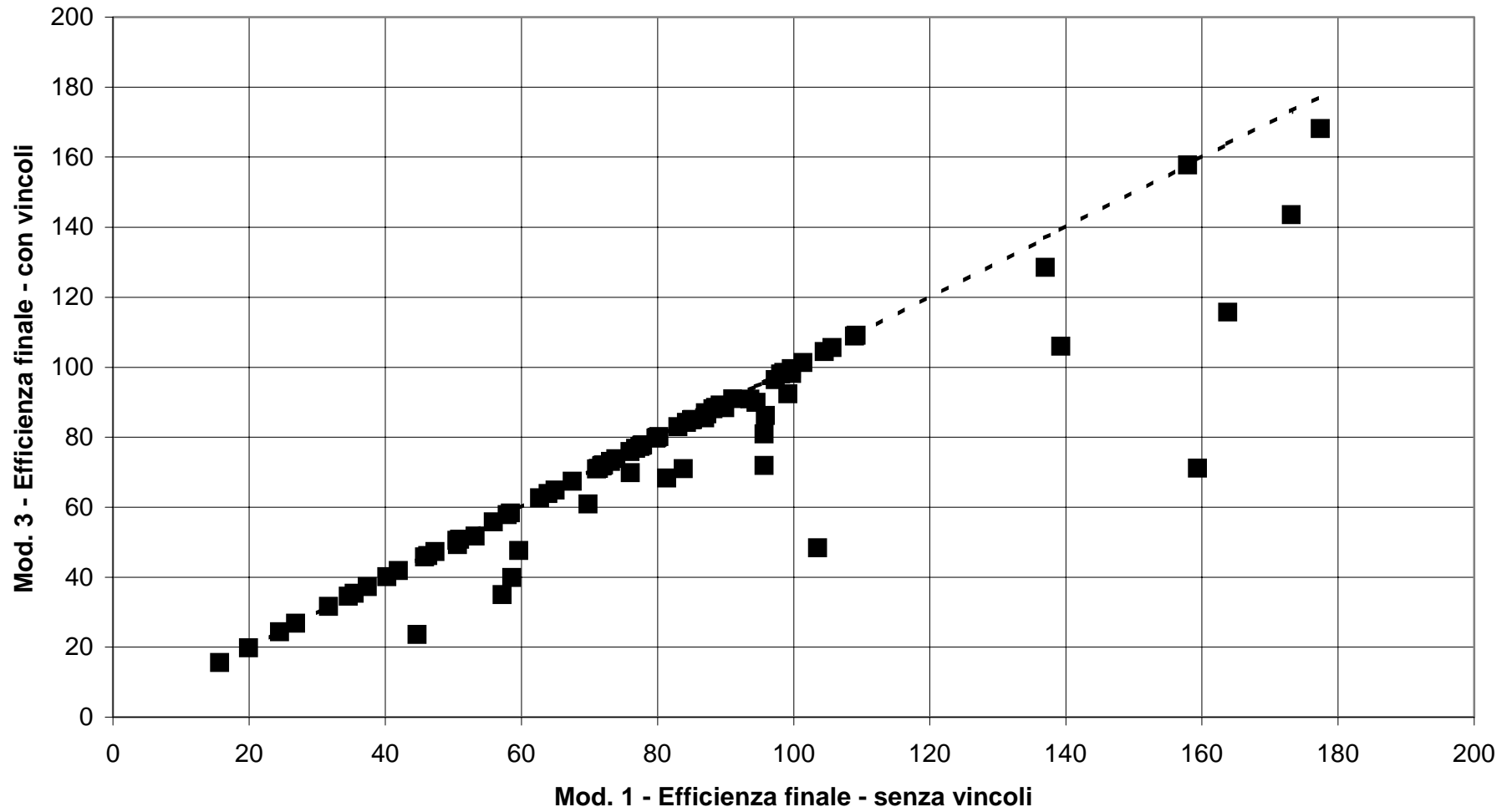


Fig. 7 - Effetto "vincoli" sull'efficienza interna

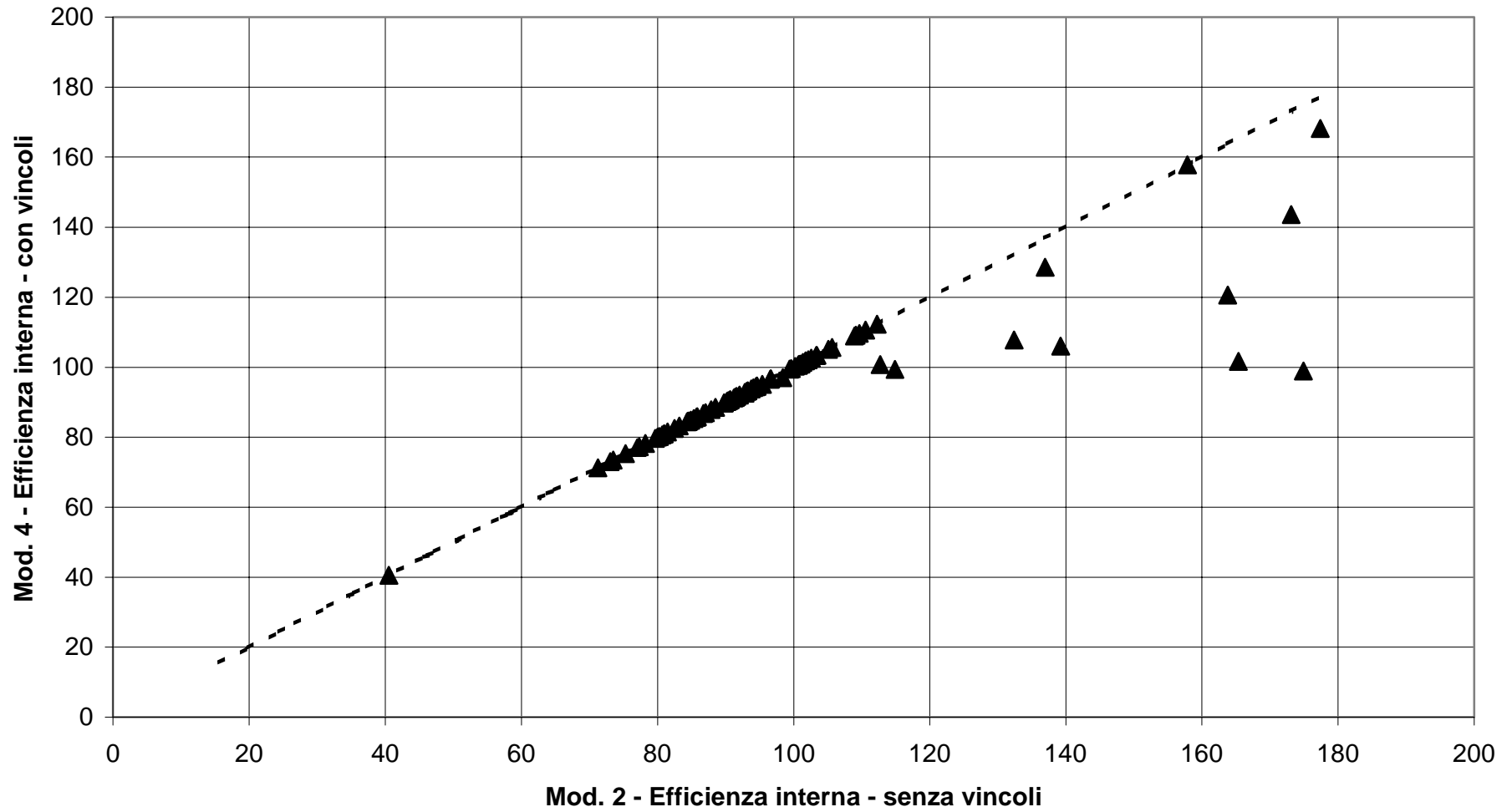
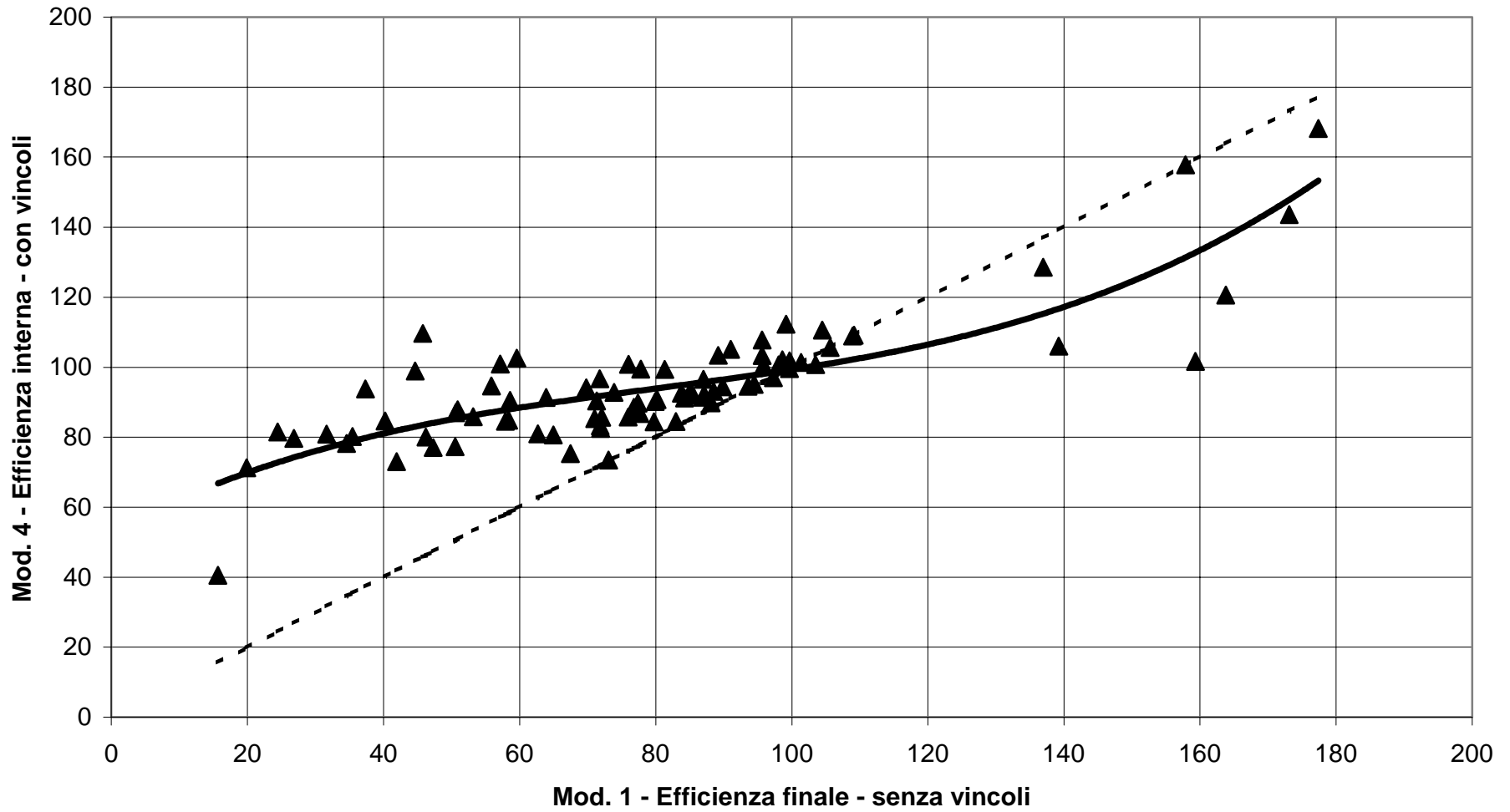


Fig. 8 - Effetto congiunto "domanda" e "vincoli"



Riferimenti bibliografici

- Aigner D., Lovell C.A.K., Schmidt P. (1977), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, 6, pp. 21-37.
- Banker R.D. (1984), "Estimating Most Productive Scale Size Using Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, pp. 35-44.
- Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30, pp. 1078-1092.
- Banker R.D., Conrad R.F., Strauss R.P. (1986), "A Comparative Application of Data Envelopment Analysis and Translog Methods: An Illustrative Study of Hospital Production", *Management Science*, 30(9), pp. 1078-1092.
- Barbetta G.P., Turati G. (2000), *L'analisi dell'efficienza tecnica nel settore della sanità. Un'applicazione al caso della Lombardia*, Dipartimento di Scienze Economiche, Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano, Quaderni dell'Istituto di Economia e Finanza, n. 28, maggio.
- Cellini R., Pignataro G., Rizzo I. (1999), *Competition and Efficiency in Health Care: An Analysis of the Italian Case*, paper presentato all'ottavo European Workshop on Econometrics and Health Economics, Università di Catania, 8-11 settembre.
- Cellini R., Pignataro G., Rizzo I. (1999), "Competition and Efficiency in Health Care: An Analysis of the Italian Case", *International Tax and Public Finance*, 7(4/5), pp. 503-520.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.
- Charnes A., Cooper W.W., Sun D.B., Huang Z.M. (1990), "Polyhedral Cone-Ratio DEA Models with an Illustrative Application to Large Commercial Banks", *Journal of Econometrics*, 46(1/2), pp. 73-92.
- Chirikos T.N., Sear A.M. (2000), "Measuring Hospital Efficiency: A Comparison of Two Approaches", *Health Services Research*, 34(6), pp. 1389-1408.
- Coelli T., Prasada Rao D.S., Battese G. E. (1998), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Cutler D. (1995), "The Incidence of Adverse Medical Outcomes Under Prospective Payment", *Econometrica*, 63 (1), pp. 29-50.
- Deprins D., Simar L., Tulkens H. (1984), "Measuring Labor Efficiency in Post Offices", in M. Marchand, P.Pestieau, H. Tulkens (eds.), *The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurement*, North Holland, Amsterdam, pp. 243-267.
- Destefanis S., Pavone A. (1996), "L'analisi dell'efficienza nell'ambito dell'approccio FDH: un'estensione e un'applicazione per gli ospedali di zona", ISTAT, *Quaderni di Ricerca*, n. 3, pp. 175-216.
- Fabbi D., Fazioli R., Filippini M. (1996), *L'intervento pubblico e l'efficienza possibile*, Il Mulino, Bologna.
- Färe R., Primont D. (1995), *Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Fried H., Lovell C.A.K., Schmidt S. (eds.) (1993), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, London.
- Ganley J.A., Cubbin J.S. (1992), *Public Sector Efficiency Measurement: Applications of Data Envelopment Analysis*, North Holland, Amsterdam.
- Gerdtham, U.G., Löthgren M., Tambour M., Rehnberg C. (1999), "Internal markets and health care efficiency: a multiple-output stochastic frontier analysis", *Health Economics*, 8, 151-64.
- Grosskopf S., Valdmanis V. (1987), "Measuring Hospital Performance: A Non-parametric Approach", *Journal of Health Economics*, 6, pp. 89-107.
- Löthgren M. (1997), *A Multiple Output Stochastic Ray Frontier Production Model*, Stockholm School of Economics, Working Paper Series in Economics and Finance, n. 158, February.

- Lovell C.A.K., Schmidt P. (1987), "A Comparison of Alternative Approaches to the Measurement of Productive Efficiency", in A. Dogramaci, R. Färe (eds.), *Applications of Modern Production Theory*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Nante N. et al. (1999), "Mortalità intraospedaliera DRG specifica in alcuni nosocomi italiani", *Organizzazione sanitaria*, 23 (4), pp. 78-91.
- Puig-Junoy J. (2000), "Partitioning Input Cost Efficiency into its Allocative and Technical Components: An Empirical DEA Application to Hospitals", *Socio-Economic Planning Sciences*, 34, pp. 199-218.
- Rebba V. (1997), "Finanziamento prospettico degli ospedali mediante tariffe nel nuovo Servizio Sanitario Nazionale: aspetti teorici e problemi applicativi", in D. da Empoli e G. Muraro (a cura di), *Verso un nuovo stato sociale. Tendenze e criteri*, F. Angeli, Milano.
- Regione Veneto (1999), *Relazione sanitaria della regione Veneto. Anni 1996 e 1997*, Regione del Veneto, Giunta Regionale, Venezia.
- Rizzi D. (1999), *L'efficienza dei dipartimenti dell'Università Cà Foscari di Venezia via DEA e DFA*, Università Cà Foscari di Venezia, Dipartimento di Scienze Economiche, Nota di lavoro n. 99.09.
- Rizzi D. (2000), *A Utility-frontier Production Function Approach for the Efficiency Measurement of Multi-output Public and Non-profit Organisations with an Application to the Academic Departments of the University of Venice*, Università Cà Foscari di Venezia, Dipartimento di Scienze Economiche, Nota di lavoro n. 2000.08.
- Seiford L.M., Thrall R. M. (1990), "Recent Developments in DEA: The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis", *Journal of Econometrics*, 46(1/2), pp. 7-38.
- Sengupta J.K. (1990), "Transformations in Stochastic DEA Models", *Journal of Econometrics*, 46, pp. 109-123.
- Sherman, H. (1984), "Hospital efficiency measurement and evaluation", *Medical Care*, 22, pp. 922-35.
- Taroni F. (1996), *DRG/ROD e nuovo sistema di finanziamento degli ospedali*, Il Pensiero Scientifico Editore, Roma.
- Taroni F., Bevan G. (1988), "I gruppi di diagnosi iso-risorse per la valutazione dell'attività ospedaliera", in E. Borgonovi et al., *L'Azienda Sanità*, Franco Angeli, Milano, pp. 164-190.
- Testi A. (1996), "La valutazione non parametrica dell'efficienza nella produzione dei ricoveri ospedalieri", *Economia pubblica*, n. 3, pp. 81-121.
- Thompson R.G., Langermeier L., Lee C., Lee E., Thrall R. (1990), "The Role of Multiplier Bounds in Efficiency Analysis with Application to Kansas Farming", *Journal of Econometrics*, 46(1/2), pp.93-108.
- Tulkens H. (1990), *Non Parametric Efficiency Analyses in Four Service Activities: Retail Banking, Municipalities, Courts and Urban Transit*, Discussion Paper n. 1050, CORE, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve.
- Vita M. (1990), "Exploring Hospital Production Relationships with Flexible Functional Forms", *Journal of Health Economics*, 9, pp. 1-22.
- Zuckerman S., Hadley J., Iezzoni L. (1984), "Measuring hospital efficiency with frontier cost functions", *Journal of Health Economics*, vol. 13, n. 3, pp. 255-280.