

Università degli Studi di Napoli Federico II

Dipartimento di Economia

TESI DI DOTTORATO IN  
SCIENZE ECONOMICHE  
XVII° CICLO

*LO STATO COME FATTORE PRODUTTIVO:  
DALL'ANALISI REGIONALE A QUELLA SETTORIALE*

*Coordinatore del dottorato*

Ch.mo Prof. Alfredo Del Monte

*Tutor*

Ch.mo Prof. Antonio Cristofaro

*Dottorando*

Dott. Giuseppe Piroli

# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>iii</b>
<b>1 Il ruolo dello Stato nelle attività produttive</b>	<b>1</b>
1.1 I beni pubblici produttivi . . . . .	6
1.2 I modelli teorici . . . . .	16
1.2.1 Il modello di Barro . . . . .	17
1.2.2 La formalizzazione della teoria di De Viti . . . . .	20
1.2.3 Il modello di Batina e Feehan . . . . .	24
1.2.4 Il modello di Etro . . . . .	33
1.2.5 Conclusioni . . . . .	40
<b>2 I modelli empirici</b>	<b>41</b>
2.1 Funzione di produzione . . . . .	41
2.2 Funzione di costo e funzione di profitto ( <i>behavioural approach</i> ) . . . . .	48
2.3 Modelli VAR . . . . .	56
2.4 Modelli cross-section . . . . .	60
2.5 Rassegna empirica sull'economia italiana . . . . .	61
<b>3 Analisi empirica dell'economia italiana</b>	<b>70</b>
3.1 Il capitale pubblico in Italia: dalle stime regionali a quelle settoriali . . . . .	70
3.2 Il contributo del capitale pubblico ai settori produttivi dell'economia italiana . . . . .	82
3.2.1 Il modello . . . . .	83
3.2.2 Dati e variabili . . . . .	88

3.2.3 Risultati empirici . . . . .	89
3.3 Conclusioni . . . . .	98
Appendice A . . . . .	99
Appendice B.1 . . . . .	100
Appendice B.2 . . . . .	101
<b>Bibliografia</b>	<b>102</b>

# Introduzione

Nessun tipo di attività economica sarebbe possibile senza che lo Stato sia, in qualche maniera, coinvolto. Il suo ruolo essenziale di supporto al mercato è già riconosciuto da Smith nella *Ricchezza delle Nazioni*. In particolare, egli pone l'accento sull'impossibilità da parte delle imprese e dei singoli individui di provvedere alla costruzione e manutenzione di infrastrutture pubbliche. Di conseguenza, una delle principali responsabilità del governo sarebbe quella di dotare la comunità di tali infrastrutture.

Antonio De Viti de Marco, esponente della scuola italiana, elabora un'articolata teoria del funzionamento del sistema economico, che vede al suo centro lo Stato come *fattore produttivo*. La sua idea è che beni e servizi pubblici siano inputs necessari per ogni attività economica privata. I benefici di cui si avvantaggia ogni impresa dovrebbero essere da questa remunerati, tramite prelievo fiscale, per contribuire alle spese sostenute dallo Stato. In questa prospettiva diventa cruciale quantificare l'entità di questi benefici.

La cosiddetta *public capital hypothesis* asserisce che gli investimenti in infrastrutture, e in servizi pubblici in generale, hanno un positivo impatto sull'economia consentendo alle imprese di produrre in modo più efficiente. Questo si traduce in una diminuzione dei costi, e quindi dei prezzi, che stimola la produzione aggregata e il tasso di crescita dell'economia. Tale ipotesi è stata supportata da un notevole numero di lavori empirici. In un fondamentale lavoro per questa letteratura, Aschauer (1989a) trova che, per l'economia statunitense, un incremento del 10% dello stock di capitale pubblico aggregato produce un aumento del 3.9% dell'output. Comunque, alcuni lavori successivi, in particolari quelli geograficamente più disaggregati, hanno rilevato effetti molto meno significativi dal punto di vista quantitativo. Nessuno dubita che il capitale pubblico abbia un effetto positivo sul sistema economico, il problema è cercare di quantificarlo correttamente. Esistono, infatti, una serie di ragioni per cui il capitale pubblico potrebbe avere un impatto trascurabile, se non nullo, oppure potrebbe essere di difficile rilevazione. Per prima cosa, non tutto il capitale pubblico è uguale. Alcune categorie di infrastrutture, ad esempio,

potrebbero incidere sull'economia meno di altre, oppure potrebbero essere di difficile misurazione dal punto di vista statistico. Inoltre, potrebbe essere che i benefici si manifestino solo in futuro o su di un orizzonte temporale molto lungo.

Anche in Italia è fiorita una ricca letteratura che ha molto indagato sui divari di crescita regionale e di dotazione infrastrutturale. Dato il dualismo tra nord e sud tipico dell'economia italiana, l'aspetto geografico non poteva che rappresentare uno degli obiettivi primari di questi studi. L'altro aspetto su cui la letteratura italiana, ma anche quella internazionale, si è focalizzata è l'impatto sull'economia prodotto dai diversi tipi di infrastrutture. Gli esiti di questi lavoro hanno, quasi sempre, prodotto i risultati attesi.

Innanzitutto è stata evidenziata una certa rilevanza del capitale pubblico come fattore produttivo per l'economia italiana (Picci 1997, 1999; Paci, Saggi, 2002). Un secondo risultato riguarda la minore produttività marginale del capitale pubblico nelle zone settentrionali rispetto a quelle meridionali, giustificata dall'ipotesi di rendimenti marginali decrescenti delle infrastrutture che inciderebbe sulle regioni con maggiore dotazione infrastrutturale (Acconcia, Del Monte, 2000; Paci, Saggi, 2002). Infine, si è evidenziato che alcuni tipi di infrastrutture producono un maggiore impatto sul sistema economico rispetto alle altre (Picci 1997; Paci, Saggi, 2002; Marrocu *et al.*(2005).

Tutti questi lavori, e gli altri non citati, presentano alcune caratteristiche comuni. La prima è il largo ricorso dell'approccio dal lato della produzione e della funzione Cobb-Douglas. Pochissimi sono quelli che hanno utilizzato l'approccio duale e una forma funzionale più flessibile. Inoltre nessuno studio si è mai preoccupato di tenere esplicitamente conto del fenomeno del congestionamento delle infrastrutture, che, inevitabilmente, ne limita la produttività marginale. Ma la più rilevante lacuna di questa letteratura è un'altra: l'assenza di un'analisi che misuri l'incidenza del capitale pubblico sui diversi settori economici. Difatti, non si può immaginare che diversi processi produttivi utilizzino le infrastrutture pubbliche nello stesso modo e ne ricavano gli stessi benefici. La cosa sembra essere non trascurabile, perchè, un determinato effetto a livello di economia aggregata, potrebbe nascondere effetti molto diversi per i singoli settori, con implicazioni molto rilevanti per la politica economica e fiscale.

Lo scopo principale di questa tesi è riempire questa lacuna della letteratura italiana e spostare l'analisi dell'impatto del capitale pubblico a livello di settore economico. A tale scopo il lavoro è organizzato nel modo seguente.

Il primo capitolo contestualizza il problema dal punto di vista teorico. All'inizio si accenna alla teoria dello Stato come fattore produttivo di De Viti de Marco, per poi passare ad una discussione critica

del modo in cui la letteratura teorica ha definito le caratteristiche tecniche dell'input produttivo pubblico. Infine si riportano gli aspetti principali di alcuni modelli teorici allo scopo di evidenziare alcuni risultati raggiunti dalla teoria economica circa l'impatto del capitale pubblico sull'economia: il fondamentale modello di Barro (1990), la formalizzazione della teoria del De Viti ad opera di Petretto; il modello di Batina e Feehan (2003) e quello di Etro (2005).

Il secondo capitolo esplora la letteratura empirica sull'argomento e rende conto, oltre che dei risultati raggiunti, anche dei diversi approcci metodologici utilizzati. Lo sviluppo di questa letteratura, difatti, è stato molto condizionata dall'evoluzione delle tecniche econometriche. Il capitolo si conclude con la rassegna della letteratura italiana, rendendo conto anche della disponibilità di dati sul capitale pubblico in Italia.

Nel terzo capitolo si procede all'analisi empirica dell'economia italiana. Lo scopo principale, come già detto, è quello di evidenziare l'effetto del capitale pubblico sui diversi settori economici. I dati utilizzati per le serie del capitale pubblico sono quelli costruiti da Picci (2001) con il metodo dell'inventario permanente per gli anni 1970-1998. Poiché non sarebbe stato possibile semplicemente ignorare l'aspetto regionale tipico dell'economia italiana, si è ritenuto utile, per prima cosa, stimare una funzione di produzione Cobb-Douglas per un panel tridimensionale, dove le tre dimensioni sono: le 20 regioni, il tempo e 16 settori economici. Il capitale pubblico è trattato come un input gratuito che si affianca a quelli privati: lavoro e capitale privato.

Gli esiti delle stime hanno evidenziato la presenza di marcati effetti fissi settoriali e notevoli differenze nell'impatto del capitale pubblico sugli stessi. Tali risultati consentono di spostare la nostra attenzione sulla dimensione settoriale dell'economia italiana. A tale scopo utilizziamo una funzione di costo translogaritmica, per otto settori economici, che include il capitale pubblico come un input quasi-fisso. Per non eludere il problema del congestionamento delle infrastrutture, aggiustiamo lo stock di capitale per un coefficiente dato dal rapporto tra il Pil e l'output di ogni settore. Sfruttando le possibilità del *behavioural approach* otteniamo le domande condizionate dei fattori e la curva del costo marginale. Il sistema così ottenuto viene stimato tramite la procedura reiterativa del metodo SURE. I risultati evidenziano le notevoli differenze tra le stime aggregate e quelle dei singoli settori. In particolare, l'elasticità del costo rispetto al capitale pubblico di alcuni settori è più elevata di quella dell'economia aggregata e viceversa per gli altri. I settori che sembrano beneficiare maggiormente dei servizi resi dalle infrastrutture sono Manifattura ed Energia; il meno avvantaggiato Commercio. L'altro aspetto importante rilevato

è che, per quasi tutti i settori, il capitale pubblico sembra essere un sostituto per i due inputs privati.

# Capitolo 1

## Il ruolo dello Stato nelle attività produttive

Nella storia del pensiero economico e, soprattutto, in quella della Scienza delle Finanze, grande attenzione è stata dedicata alla spesa pubblica come mezzo per aumentare il benessere degli individui, sia tramite la fornitura di beni di consumo, che attraverso i trasferimenti in denaro. Minore interesse è stato posto nell'analizzare il ruolo svolto dai beni e servizi pubblici come supporto dell'attività produttiva. Una prima distinzione da operare, quindi, è tra spesa pubblica improduttiva e spesa pubblica produttiva. Il nostro interesse sarà focalizzato su quest'ultimo tipo.

La tradizione italiana vanta un autore, Antonio De Viti de Marco, che ha dedicato molti dei suoi sforzi alla costruzione di una teoria incentrata sullo Stato come fornitore di inputs pubblici che vengono utilizzati dalle imprese private per la loro produzione. L'autore sostiene che senza l'erogazione di tali beni e servizi da parte dello Stato, le imprese non potrebbero svolgere le loro attività.

L'influenza del pensiero di Antonio De Viti de Marco è andata oltre i confini nazionali ed è stata riconosciuta da molti autori contemporanei di rango internazionale<sup>1</sup>. Alcune sue intuizioni, infatti, sono state poi riscoperte (e formalizzate) dagli economisti del nostro tempo, rivelandone la straordinaria attualità e profondità. Molti dei suoi contributi hanno interessato il campo dell'economia pubblica o finanziaria, vale a dire lo studio delle leggi che regolano ed informano "l'attività produttrice dello Stato, diretta al soddisfacimento di bisogni collettivi". Il breve accenno che sarà dato delle sue teorie ha il solo scopo di utilizzare tali teorie per riflettere su alcune problematiche di interesse ancora attuale, riguardanti

---

<sup>1</sup>Il posto occupato da questa teoria del De Viti nella storia del pensiero economico è chiaramente apprezzabile in: D. Fausto, The economic role of the state as a factor of production, in Arena R., N. Salvatori (a c.d.), Money, credit and the role of the state, essays in honour of Augusto Graziani, Ashgate, Aldershot, 2004.

lo Stato e la sua rappresentazione-interazione come agente economico.

Nell'opera del 1888, "Il carattere teorico dell'economia della finanza", il De Viti presenta la teoria dello Stato come fattore produttivo. Questa rappresenta il fulcro del suo pensiero sul quale confluiscono diversi altri temi per comporre una visione unitaria e coerente del ruolo giocato dallo Stato nell'attività economica (e sociale): *la teoria della finanza pura*. L'organicità e l'originalità di questa costruzione rappresentano forse il maggiore pregio, nonché il merito, dell'avventura intellettuale del De Viti.

L'autore, impiegando argomenti tipici della microeconomia, opera una distinzione tra *Stato assoluto* e *Stato democratico o cooperativo*<sup>2</sup>; il primo è assimilato al caso del monopolio, il secondo alla concorrenza<sup>3</sup>. Fra questi due estremi trovano posto tutti quei casi intermedi che concretamente si manifestano nella realtà in combinazione di entrambi gli aspetti. Dopo questa classificazione il De Viti si concentra sull'analisi dello Stato democratico, che assume a suo ideale politico-civile. È in questo ambito che viene individuato uno scambio fra lo Stato e il consumatore-contribuente, che ha per oggetti i servizi-beni forniti dal primo e per il quale il secondo è tenuto a corrispondere un onere finanziario per coprirne i costi. L'intervento dello Stato diviene necessario per quello che il De Viti definisce un contrasto di interesse fra gli individui, un vero e proprio fallimento del mercato. Lo Stato ricompone queste divergenze nell'interesse collettivo quale somma di quelli individuali come espresso dalla classe dirigente democraticamente eletta, imponendo, poi, a tutti la sua decisione. Appare qui una commistione di volontarietà e di imposizione, poiché, se è vero che la maggioranza riesca ad esprimere le proprie preferenze tramite la mediazione politica, è anche vero che la minoranza dovrà soccombere di fronte all'impegno del patto sociale. La democraticità di tale processo è garantita dalla possibilità del succedersi delle diverse fazioni alla guida del Paese. Quindi, l'autorità coercitiva dello Stato non risiede nella sua capacità di decidere arbitrariamente quantità e tipologia dei servizi pubblici, né di imporre autoritariamente tributi, poiché questi sono la giusta remunerazione delle prestazioni fornite in rispetto della volontà collettiva, bensì nell'imporre a tutti, anche ai non concordi, il finanziamento di certi beni pubblici. Il De Viti riconosce i servizi pubblici come l'espressione di bisogni collettivi degli individui

---

<sup>2</sup>Un terzo Stato viene inizialmente proposto: lo *Stato tutorio*, governato da una sorta di classe dirigente autoritaria, ma illuminata. Tale variante scomparirà nella sistemazione definitiva della teoria nei "Principi di economia finanziaria" del 1934.

<sup>3</sup>Non ci soffermeremo sull'opportunità ed il significato di tali accostamenti, che, in ogni caso, restano accettabili come linee generali ed interpretazione schematica dell'evoluzione storica, o involuzione, degli Stati moderni. È sufficiente accennare che, in realtà, il monopolista inteso dal DeViti è in grado di scegliere sia la quantità che il prezzo, a differenza di quello concepito dalla microeconomia. In oltre, si deve notare che non è molto chiaro se il DeViti, quando poi parla dello Stato democratico e della concorrenza, si riferisca alla realtà concreta piuttosto che ad un ideale teorico. Per tali disquisizioni si rimanda ai vari articoli contenuti in: A. Pedone (a cura di), Antonio De Viti De Marco, Laterza, Bari, 1995.

in quanto organizzati in una società e li classifica in *generali* e *speciali*. I primi sono forniti ai singoli individui ed identificabili nel momento della loro erogazione; mentre secondi sono destinati all'intera comunità. I servizi pubblici sono utilizzati nelle private economie e rendono, in generale, queste possibili consentendo la formazione ed il godimento dei redditi. È così possibile affermare che ogni particella di reddito prodotto contiene la quota-parte di costo che spetta allo Stato. La conseguenza è che ogni reddito dovrà sopportare un tributo per compensare il vantaggio ottenuta da questi servizi. Per i servizi speciali è possibile riconoscere una tassa, poiché sono chiaramente riconoscibili sia la prestazione che il beneficiario. Il problema nasce per l'identificazione dei benefici prodotti dai servizi generali. Si tratta, quindi, di individuare l'utilità arrecata ad ogni singolo individuo, cosa che il De Viti ritiene impossibile senza spingere la teoria marginalista fino ad un punto di inaccettabile distorsione. Per questo l'autore sostiene la necessità di aggirare l'ostacolo definendo un'imposta applicata alla ricchezza generata dai fattori produttivi. Il reddito appare come l'indicatore indiretto di una domanda, quella dei beni pubblici, che non può essere direttamente rilevata. Questo rende il servizio pubblico generale un bene indivisibile e non direttamente ricollegabile al bisogno individuale, quindi non colpibile mediante la tassa. Il ragionamento può essere schematizzato nei seguenti passi: 1) tutti gli individui consumano beni pubblici in proporzione al reddito; 2) lo Stato sostiene delle spese per produrre i beni pubblici che devono essere ripagate dai cittadini in virtù del loro uso; 3) tutti i cittadini sono tenuti a corrispondere allo Stato un'imposta generale in relazione al loro reddito.

Resta da chiarire cosa esattamente si intenda per reddito e che tipo di tributo vi si debba applicare. Il reddito concepito dal De Viti è quello inteso come risultato dell'attività di produzione, identicamente uguale alla remunerazione dei fattori produttivi: il valore aggiunto. Independentemente dalle scelte dell'individuo fra consumo o risparmio, il reddito-prodotto deve essere integralmente soggetto ad imposta, perché interamente ottenuto sfruttando i servizi pubblici. Qui nasce la nota diatriba con Einaudi sulla cosiddetta doppia tassazione del risparmio. Questi riteneva che la parte di reddito risparmiata dovesse essere tassata solo dopo aver prodotto la sua rendita di capitale, perché, altrimenti, si sarebbe tassato due volte lo stesso reddito e violato il principio dell'equità orizzontale, colpendo in modo differente due individui con medesimo reddito che avessero scelto un diverso profilo intertemporale di consumo<sup>4</sup>. La

---

<sup>4</sup>Petretto presenta l'argomento in modo chiarissimo in Petretto A. (1995) De Viti de Marco, Einaudi e l'equità dell'imposizione sul reddito, in: A. Pedone (a cura di), Antonio De Viti De Marco, Laterza, Bari. Nello stesso saggio sono riportate due alternativi modelli di equilibrio conciliabili con lo Stato come fattore produttivo. Mentre una formalizzazione vera e propria di tale concetto è esposta dallo stesso autore in: A. Petretto, Manuale di Economia Pubblica, II ed., Il Mulino, Bologna, 1989.

definizione del reddito impiegata da Einaudi, riconducibile al “teorema del risparmio” di Mill ed alla formula dell’attuarizzazione di Fisher, è di tipo dinamico; mentre quella del De Viti rispetta una visione statica del reddito e dell’uguaglianza del trattamento fiscale degli individui. Sembra, però, difficile negare le ragioni del De Viti quando le si ricollegano al ruolo che egli affida allo Stato come fattore produttivo. Vediamo adesso che tipo di tributo lo Stato dovrebbe prelevare dal consumatore-contribuente. Certamente un’imposta, perché si tratta del pagamento, di fatto, di servizi pubblici generali, quelli, cioè, che certamente tutti, ma in quantità ignota, utilizzano per la formazione ed il godimento del proprio reddito. Ma tale imposta deve essere proporzionale o progressiva rispetto al reddito? In base alle argomentazioni esposte, sembra ragionevole dedurre la proporzionalità dell’imposta. Eppure questa conclusione non è così limpida ed inattaccabile come sembrerebbe a prima vista, tanto è vero che non tutti gli esegeti del pensiero dell’autore sono giunti alla medesima interpretazione<sup>5</sup>. Del resto, non si dimentichi che il reddito è solo un indizio, se pure il più certo, del consumo di servizi pubblici. Ma non è detto che uguali produzioni non impieghino diverse quantità di tali servizi o, semplicemente, che individui diversi esibiscano stesso reddito, ma diverse preferenze rispetto ai beni pubblici. La proporzionalità dell’imposta dovrebbe essere tale rispetto alla quantità di beni pubblici utilizzati, non semplicemente rispetto al reddito. La posizione del De Viti, però, non sembra equivoca quando dice che: “Il principio economico, che la divisione del consumo cresce a misura che cresce l’agiatezza del cittadino, addita il patrimonio, e anche meglio, il reddito netto come l’indizio medio, l’equipollente più sicuro non della “capacità contributiva”, ma della “capacità di domanda” di servizi pubblici, che risiede in ogni cittadino”. E poco dopo aggiunge: “. . . . ., nondimeno il complessivo costo (dell’amministrazione della giustizia) è sopportato dai cittadini (così nelle imposte generali che nelle tasse giudiziarie) in ragione del patrimonio e del valore controverso”.

Tuttavia, nei “Principi”<sup>6</sup>, l’autore avverte che non esistono le condizioni perché sia possibile ricavare conclusioni sostenibili con i soli argomenti della logica. L’assenza di un prezzo (imposta) unico vieta l’applicazione consequenziale di un’imposta proporzionale, anche assumendo, come riferimento medio, la proporzionalità tra consumo di servizi pubblici e reddito prodotto. La natura del rapporto tra i soggetti (Stato e consumatore-contribuente) dello scambio è tale che lo Stato avrebbe la capacità

---

<sup>5</sup>Per una più articolata trattazione di questo delicato punto del pensiero del De Viti si rimanda alla lettura di D. Fausto, I “Principi di economia finanziaria” nella letteratura straniera, in A. Pedone (a cura di), Antonio De Viti De Marco, Laterza, Bari, 1995.

<sup>6</sup>DeViti de Marco A. (1953) Principi di economia finanziaria, Boringhieri, Torino.

di imporre un prezzo diverso dal costo di produzione e nemmeno uguale per tutti (di praticare cioè prezzi molteplici). Ma, per le stesse ragioni di non misurabilità del beneficio individuale prima esposte, neanche è possibile definire l'imposta come progressiva, poiché non si può realmente confrontare l'utilità di individui diversi. La conclusione del De Viti è che la scelta dell'intero sistema tributario debba fondarsi non solo su principi economici, ma anche di natura squisitamente etico-politiche. La proporzionalità dell'imposta consente di non frenare lo sviluppo delle economie private, che sarebbero scoraggiate da un'imposta progressiva. L'imposta progressiva, del resto, ha il pregio di realizzare una certa redistribuzione dei redditi in favore delle classi meno abbienti e rispetta il principio economico del sacrificio decrescente all'aumentare del reddito. Quindi, a seconda degli obiettivi che la collettività intenderà perseguire, è razionale decidere fra proporzionalità e progressività dell'imposta. Nei "Principi" il De Viti propone la sua imposta ottimale, definita *degressiva*, escogitando un particolarissimo sistema di progressività. I redditi inferiori dovrebbero essere esentati e quelli medio-bassi colpiti in modo progressivo, fino ad una soglia di imponibile che vedrebbe l'imposta divenire proporzionale. Si favorirebbe, così, l'accumulazione di capitale e del reddito, consentendo introiti crescenti del prelievo Statale, all'aumentare del quale sarebbe possibile esentare un numero crescente di redditi inferiori. In questo modo si difenderebbero sia le esigenze della produzione, che quelle della redistribuzione.

L'impostazione del De Viti getta nuova luce anche sulla questione della traslazione. Se è vero che le imposte sono il corrispettivo di un servizio, allora non è possibile vedere queste come un semplice aggravio del costo di produzione, come normalmente ritenuto al tempo del nostro autore. Invece, diviene necessario considerare l'effetto dell'impiego del nuovo gettito sulle condizioni di produzione. In linea di principio, non si può dire a priori se davvero si configuri un aggravio del costo di produzione, bensì, è teoricamente più probabile che si realizzi un risparmio.

Questa visione della traslazione mette in evidenza, come chiaramente afferma nei "Principi" lo stesso De Viti, il bisogno di superare la consueta impostazione di considerare i fenomeni della finanza come separati da quelli dell'economia privata, cioè il prelievo delle tasse come non collegato alla spesa pubblica ed alla produzione. La lezione del De Viti è proprio questa: lo Stato fornisce inputs pubblici che dovrebbero essere remunerati da ogni produttore in base al beneficio che esso ne ricava. Diviene, quindi, cruciale ottenere una misura dei vantaggi economici che sia differenziata per le diverse tipologie di attività economiche.

## 1.1 I beni pubblici produttivi

Il modo più semplice per descrivere il modo in cui un input pubblico interagisce con quelli privati è immaginare che possa aumentare la loro produttività o, simmetricamente, consentire un risparmio di costi nel produrre lo stesso livello di output.

L'effetto di un input pubblico  $G$  sulla produzione di una generica impresa può essere mostrato graficamente utilizzando una funzione di produzione del tipo  $Y = F(L, K, G)$ . La Figura 1 rappresenta l'isoquanto della produzione per due dati livelli di input pubblico  $G1$  e  $G2$ , dove  $G1 < G2$ . Per ipotesi, un aumento della disponibilità dell'input pubblico sposta l'isoquanto verso il basso consentendo di produrre la stessa quantità di  $Y$  utilizzando minori quantità di inputs privati. Lungo l'isoquanto avremo che:

$$F_L\left(\frac{dL}{dG}\right) + F_K\left(\frac{dK}{dG}\right) + F_G = 0, \quad (1.1)$$

dove le derivate parziali rispetto a ogni fattore sono positive.

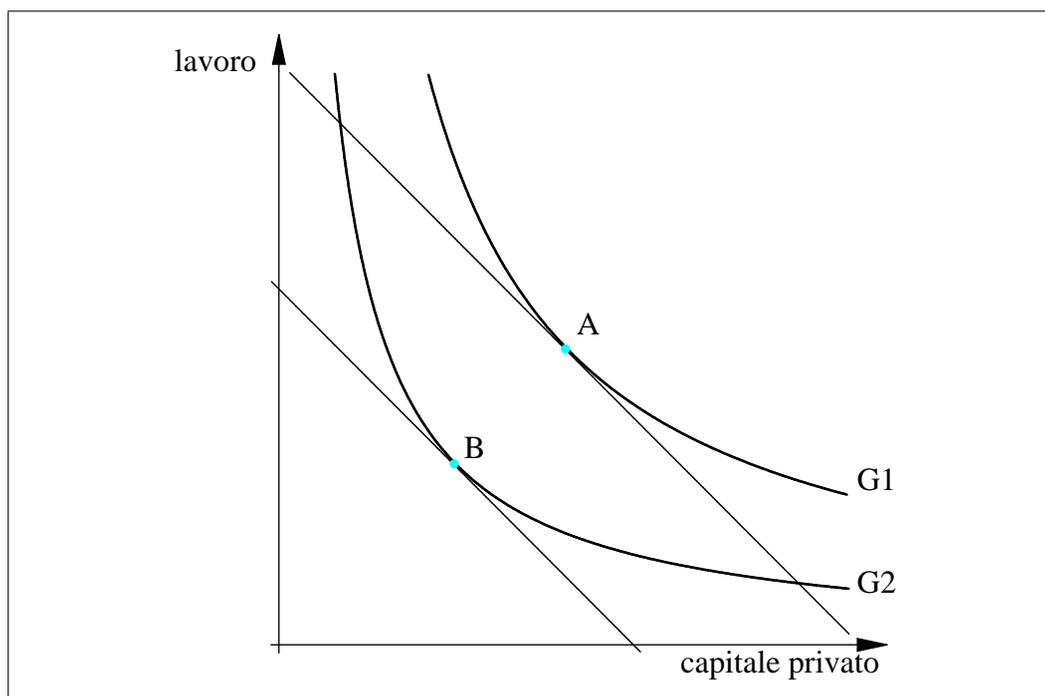


Figura 1: effetti variazione di  $G$  sull'impresa

La letteratura economica ha modellato in vario modo gli inputs pubblici, rendendo possibile una

loro classificazione teorica secondo diversi criteri. Un'utile precisazione, proposta da Meade<sup>7</sup> nel 1952, è quella che chiarisce la distinzione tra beni pubblici come inputs veri e propri e quelli che si possono considerare come una sorta di *beni ambientali* o *atmosferici*.

Nell'ultimo caso la funzione di produzione di un'impresa, che presenta rendimenti costanti di scala rispetto agli inputs privati in modo da non generare profitti, si può rappresentare tramite una Cobb-Douglas del tipo:

$$Y = F(G) \cdot K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (1.2)$$

Meade cita l'esempio della pioggia che cade, in modo uguale, su tutte le fattorie di una stessa comunità. L'autore, invece, parla di input pubblico quale *unpaid factor* se la funzione di produzione presenta rendimenti di scala costanti in tutti gli inputs:

$$Y = K^\alpha L^\beta G^{1-\alpha-\beta} \quad (1.3)$$

Adottando un'altro punto di vista, ma sempre riguardo alla tecnologia della produzione, si può tracciare una distinzione fondamentale tra beni pubblici *firm-augmenting* e beni pubblici *factor-augmenting*.

I beni pubblici *firm-augmenting* forniscono servizi alle imprese ed indipendentemente dalla loro dimensione, cioè, assumendo che tutte le imprese di una stessa industria siano della stessa grandezza, formalmente si ha:

$$Y/N = F(K/N, L/N, G), \quad (1.4)$$

dove  $Y$  è l'output totale dell'industria,  $K$  ed  $L$  sono le quantità dei fattori produttivi privati, capitale e lavoro, adoperati dall'industria,  $N$  è il numero di imprese o, meglio, delle unità produttive,  $G$  il bene pubblico e la funzione di produzione, tipicamente, presenta omogeneità di grado uno in tutti gli inputs. Per quanto abbiamo detto è lecito ricavare l'output dell'industria come:

---

<sup>7</sup>Meade J.E. (1952) External economies and diseconomies in a competitive situation, *Economic Journal*, 62:54-67.

$$Y = F(K, L, NG) \quad (1.5)$$

da cui si nota immediatamente che, aumentando il numero di imprese, anche semplicemente immaginando di dividere quelle esistenti in unità più piccole, si aumenta l'output totale. Questo deriva dal fatto che l'intero ammontare del bene pubblico è disponibile per tutte le imprese, le quali usano tutte la stessa quantità dell'input pubblico. Non si ha esclusione dell'uso tra diverse imprese, ma all'interno di ciascuna impresa vi è esclusione tra i fattori produttivi. Assumendo che esistano imprese di dimensione diversa si ha che più è piccola l'impresa, più elevato è il rapporto tra impiego dei fattori pubblici e quelli privati dell'impresa, cioè maggiore è il rendimento marginale dei fattori privati. Quindi, assumendo rendimenti costanti di scala tra tutti i fattori e avendo  $p_i$  come prezzo dell'output dell'impresa  $i$ , l'equilibrio competitivo per una generica impresa sarà:

$$p_i(\partial F_i / \partial K_i)K_i + p(\partial F_i / \partial L_i)L_i + p_i(\partial F_i / \partial G)G = p_i F_i(K, L, G) \quad (1.6)$$

Della formula (1.6) risulta evidente che la remunerazione dei fattori produttivi non esaurisce i ricavi dell'impresa, perché i beni pubblici non sono forniti a fronte di un prezzo  $e$ , quindi,  $p_i(\partial F_i / \partial G)G$  rappresenta una rendita che affluisce all'impresa stessa. D'altronde è anche possibile immaginare che, con l'eventuale entrata di nuove imprese, l'offerta aumenterà, facendo abbassare i prezzi fino ad assorbire integralmente la rendita.

Gli inconvenienti sopra esposti circa la possibilità di aumentare l'output semplicemente scomponendo le imprese in un numero maggiore può essere rimosso con delle ulteriori assunzioni, per esempio, sulla dimensione minima delle imprese o ipotizzando come dato il numero delle imprese esistenti (Richter 1994). Nella realtà, tuttavia, non esistono molti significativi esempi di questo genere di beni pubblici, per cui sembra ragionevole concludere che il caso firm-augmenting non sia di particolare interesse, così come ritengono anche Mcmillan (1979) e Hendersen (1974). C'è da dire, però, che, assumendo alcune precise ipotesi, la formalizzazione firm-augmenting può essere classificata come un caso molto particolare di bene pubblico congestionabile, di cui vedremo dopo il paradigma più generale e maggiormente interessante. Esempi di beni pubblici firm-augmenting sono le consulenze fiscali o legali offerte dalle associazioni di categoria, che vengono fornite agli iscritti in misura fissa indipendentemente dalla loro

dimensione.

Nel caso di factor-augmenting i beni pubblici sono disponibili per l'uso da parte di ogni fattore privato, ne consegue che, a differenza dei beni firm-augmenting, variando le dimensioni delle imprese non si modificano i rapporti relativi tra inputs pubblici e privati.

Facendo ipotesi di rendimenti costanti rispetto agli input privati e funzione di produzione lineare e omogenea in  $K$  e  $L$ , a livello aggregato, si ha:

$$Y = F(K, L, G) \quad (1.7)$$

Si può immaginare il bene pubblico come un fattore produttivo non soggetto a congestione, quindi un bene pubblico di tipo puro, che si aggiunge agli altri, seppure in modo gratuito, all'interno della funzioni di produzione delle imprese oppure concepirlo come una sorta di progresso tecnico endogeno che potenzia la produttività del capitale privato e del lavoro, così da avere:

$$F(K, L, G) = F[\alpha(G)K, \beta(G)L] \quad (1.8)$$

In questo caso i ricavi di una generica impresa sono identicamente uguali ai pagamenti per i fattori produttivi, poiché in equilibrio di mercato concorrenziale si ha che:

$$p_i(\partial F_i / \partial K_i)K_i + p_i(\partial F_i / \partial L_i)L_i = p_i F_i(K_i, L_i, G) \quad (1.9)$$

Un esempio di bene pubblico factor-augmenting potrebbe essere un qualsiasi porto che svolge funzioni sia commerciali che turistiche, ma in modo che l'esercizio di un'attività non limiti in nessun modo l'altra.

Nella realtà molti beni pubblici sono però soggetti a congestione, per cui l'utilizzo da parte di un'impresa diminuisce la disponibilità del bene per le altre imprese. Un buon esempio è rappresentato dalle infrastrutture stradali dove l'aumento del numero di veicoli che transitano per una strada rende sempre meno conveniente utilizzare quella stessa via, fino a renderla, oltre una certa soglia, praticamente inaccessibile. In questo caso sembra ragionevole supporre che la funzione di produzione presenti rendimenti di scala decrescenti negli inputs privati. Si può agevolmente rappresentare questo caso con un'economia

che produce due beni  $Y_A$  e  $Y_B$ , mostrando come l'utilizzo dell'ammontare del bene pubblico  $G$  da parte di un'industria si rifletta sull'attività dell'altra. Le funzioni di produzione delle due industrie sono:

$$Y_A = F_A(K_A, L_A, G_A) \quad (1.10)$$

$$Y_B = F_B(K_B, L_B, G_B) \quad (1.11)$$

dove  $F_i$  è linearmente omogenea, continua e due volte differenziabile in tutti gli inputs e, inoltre, si ha che:

$$G_i = G - u_i Y_j; \quad i = A, B \quad \text{e} \quad i \neq j; \quad u_i \geq 0 \quad (1.12)$$

In questa formalizzazione  $u_i$  è il coefficiente secondo cui la produzione dell'industria  $j$  diminuisce la disponibilità di input pubblico per l'industria  $i$ . Nel caso in cui non sia attiva una delle due industrie, allora non esisterebbe congestione inter-industria. All'interno dell'industria, invece, si può comunque assumere congestione semplicemente imponendo economie costanti di scala. Un modello di questo tipo è sviluppato da Negishi (1973) assumendo  $u_A = u_B = 0$ . Si tratta, ovviamente, di una situazione abbastanza rara nella realtà, giustificabile se, per esempio, le industrie sfruttano il bene pubblico con diversa tempistica e che sarebbe più corretto classificare come un caso di bene semi-pubblico.

Barro e Sala-I-Martin (1995) presentano il caso dei beni pubblici produttivi e congestionabili formalizzandoli in un modello<sup>8</sup> del tipo AK:

$$Y_i = AK_i \cdot F(G/Y) \quad (1.13)$$

con  $F' > 0$  e  $F'' < 0$ . Per un dato livello di  $G$ , se si espande la produzione totale, si avrà, a causa della congestione, una minore disponibilità di beni pubblici per tutte le imprese.

---

<sup>8</sup>In un capitolo successivo tale modello sarà presentato in modo esaustivo, qui interessa solo la formalizzazione dell'input pubblico congestionabile.

Colombier e Pickhardt (2005)<sup>9</sup> rilevano che in letteratura non vi è grande chiarezza circa le differenti forme di input pubblico e che molti autori fanno riferimento a diversi tipi di inputs pubblici considerandoli equivalenti. I due autori riconoscono tre tipologie fondamentali di beni pubblici intermedi e ne tracciano le caratteristiche peculiari: 1) input semi-pubblico; 2) input firm-augmenting; 3) unpaid factor. Il punto cruciale è che l'inclusione di un bene pubblico all'interno di una categoria piuttosto che di un'altra dipende dal livello di aggregazione che si considera. Assunzioni sulla non-rivalità dell'uso, ad esempio, implicano diverse tipologie di bene pubblico a seconda se sono imposte a livello di industria, impresa o fattori produttivi interni all'impresa stessa.

Tawada (1980) definisce l'input semi-pubblico come un bene a consumo non-rivale rispetto alle diverse industrie, ma congestionabile, e quindi rivale, tra le imprese della stessa industria. Negishi (1973), invece, ricollega l'input semi-pubblico all'unpaid factor di Meade. Poi, Manning e McMillan (1982) specificano il loro modello definendo un input pubblico come un firm-augmenting input e lo assimilano sempre all'unpaid factor di Meade. Tutti questi autori considerano economie di scala costanti, sia a livello di industria, che di singola impresa. Ma anche Hillman (1978) considera economie costanti di scala quando utilizza un firm-augmenting input, che, diversamente da un input semi-pubblico, non determina rivalità nel suo uso tra le imprese della stessa industria. Il firm-augmenting input, però, implica rivalità dell'uso all'interno dell'impresa stessa, cioè tra i diversi fattori produttivi privati, così come definito nella formalizzazione di McMillan (1979). Quindi, secondo Colombier e Pickhardt, è opportuno distinguere chiaramente tra i diversi tipi di inputs pubblici considerando, tanto le caratteristiche dei beni, quanto le economie di scala.

Per l'input semi-pubblico, la rivalità dell'uso all'interno dell'industria è determinata dal grado di congestione, che indica la quota-parte di bene pubblico che può essere utilizzato dalla singola impresa. Tawada (1980) e Feehan (1989), invece, quando definiscono il grado di congestione, indicano come rilevante solo il numero di imprese presenti e non il rapporto tra bene semi-pubblico e numero di imprese. Gli autori, comunque, forniscono dei validi esempi di input semi-pubblici come i sistemi di canali utilizzabili tanto ai fini della navigazione quanto dell'irrigazione agricola. Sia nel modello di Feehan (1989) che in quello di Negishi (1976), poiché tutte le industrie sono assunte come identiche, ogni impresa

---

<sup>9</sup>Colombier C., Pickhardt M. (2005) A note on public input specifications, *International Advances in Economic Research*, 11:13-28. Per una completa analisi si consulti: Colombier C., Pickhardt M., *Public inputs - some clarifications and taxonomy*, in Barends I., Pickhardt M. (eds.) (2002) *Die Rolle des Staates in der Ökonomie - Finanzwissenschaftliche Perspektiven*, Marburg, Germany: Metropolis-Verlag, pp. 253-86.

beneficia di una uguale proporzione del bene semi-pubblico  $G$ :

$$G_i = \frac{1}{n_A} G \quad (1.14)$$

$$G_j = \frac{1}{n_B} G \quad (1.15)$$

dove  $n_A$  e  $n_B$  sono il numero di imprese presenti nelle industrie A e B. La funzione di produzione per una qualsiasi impresa dell'industria B sarebbe:

$$Y_{B,j} = F_j(K_j, L_j, \frac{G}{n_B}) \quad (1.16)$$

Applicando la regola di Kaizuka (1965)<sup>10</sup> si definisce la condizione necessaria perché sia fornita la quantità efficiente dell'input semi-pubblico:

$$p_g = p_A \frac{\partial F_i}{\partial G_i} + \frac{\partial F_j}{\partial G_j} \quad (1.17)$$

dove  $p_g$  è il costo opportunità di un'unità addizionale di  $G$  e  $p_a$  è il prezzo del bene A, mentre il prezzo del bene B è trattato come numerario, quindi posto uguale a 1. La parte destra dell'equazione mostra la produttività marginale dell'input pubblico per un'impresa dell'industria A ed una dell'industria B. Quindi, la condizione di efficienza implica che la somma delle produttività marginali delle due imprese sia uguale al costo marginale di produzione dell'input semi-pubblico. Proprio la particolare caratteristica di questa tipologia di bene pubblico non consente di usare direttamente la formulazione di Kaizuka (1965), a meno di non considerare l'esistenza di una sola impresa per industria:

$$p_g = p_A n_A \frac{\partial F_i}{\partial G} + n_B \frac{\partial F_j}{\partial G} \quad (1.18)$$

Nel caso dell'input semi-pubblico, quindi, non vi è rivalità nell'uso del bene pubblico da parte delle diverse industrie, ma vi è rivalità tra le imprese di una stessa industria.

---

<sup>10</sup>Kaizuka K. (1965) Public goods and decentralizaion of production, Review of Economics and statistics, 47:118-120.

Nel caso di input firm-augmenting, invece, le imprese di diverse industrie possono utilizzare simultaneamente lo stesso bene pubblico:

$$G_j = G, \quad \text{per ogni } j \quad (1.19)$$

La funzione di produzione per una generica impresa dell'industria  $B$  diviene:

$$Y_{B,j} = F_j(K_j, L_j, G) \quad (1.20)$$

Una formalizzazione di questo tipo è utilizzata da Hillman (1978), mentre Feehan (1989) fornisce un esempio concreto di questo tipo di beni pubblici richiamato anche da molti altri autori: i servizi legali e di sicurezza. In realtà questo esempio non è molto convincente, perché gli inputs firm-augmenting sono ad uso di non-rivalità tra le diverse imprese, ma esibiscono rivalità all'interno dell'impresa stessa, cioè tra i fattori produttivi privati. Imponiamo economie di scala costanti e consideriamo a livello di industria  $B$  le equazioni di produzione definite nei due diversi casi di inputs pubblici:

$$Y_B = F_B(K_B, L_B, n_B G) \quad \text{input firm-augmenting} \quad (1.21)$$

$$Y_B = F_B(K_B, L_B, G) \quad \text{input semi-pubblico} \quad (1.22)$$

dove  $L_B = n_B \cdot L_j$  e  $K_B = n_B \cdot K_j$ .

Osservando le ultime due equazioni, si nota immediatamente che che il numero di imprese  $n_B$  è presente tra gli argomenti della funzione di produzione dell'input firm-augmenting. Quindi, avendo assunto economie costanti di scala, vi è un trade-off tra il livello del bene pubblico ed il numero delle imprese. Per cui si può affermare che diviene possibile abbassare la quantità, e quindi il costo di produzione, dell'input firm-augmenting senza variare l'output dell'industria, ma semplicemente aumentando il numero di imprese operanti. Henderson (1974) nota che l'output di ogni impresa potrebbe ridursi di conseguenza. Data la funzione di produzione dell'industria, affinché un numero maggiore di imprese implichi un incremento della produzione si deve avere:

$$\frac{dF_B}{dn_B} = \frac{\partial F_B}{\partial n_B} > 0, \text{ per ogni } n_B < n_B^* : n_B \in R_+^* \text{ e per: } dL_B = dK_B = dG = 0, \quad (1.23)$$

dove  $n_B^*$  è il numero di imprese che massimizza l'output dell'industria. Condizione necessaria perché la (1.23) sia vera è che la somma delle elasticità rispetto all'output del lavoro e del capitale per la funzione di produzione di ogni singola impresa sia minore di uno. Questo proprio per la caratteristica di rivalità dell'uso dell'input firm-aumenting all'interno dell'impresa. L'ipotesi che la funzione di produzione aggregata a livello industriale presenti la derivata parziale positiva rispetto al numero di imprese fa sì che, aumentando il numero di imprese, i costi di produzione diminuiscano. Nel caso di input semi-pubblico, invece, i costi dell'industria rimangono invariati, per un dato output, rispetto al numero di imprese presenti. Quindi, per un input firm-augmenting, perché la condizione di efficienza coincida con la regola originaria di Kaizuka, riportata nella formula (1.17), si deve assumere come fisso il numero di imprese, così che ogni impresa utilizzi sempre la stessa quantità di bene pubblico.

In questo modo sono state evidenziate le due differenze fondamentali tra un input semi-pubblico ed uno firm-augmenting: 1) in presenza di un input firm-augmenting i costi dell'industria sono decrescenti rispetto al numero delle imprese operanti; 2) la caratteristica di rivalità o di non-rivalità nell'uso dell'input pubblico dipende crucialmente dal livello di aggregazione della funzione di produzione che si considera.

Come abbiamo accennato, nella letteratura economica, l'unpaid factor è indicato certe volte come uguale ad un input semi-pubblico e certe altre assimilato ad un firm-augmenting input. Ma poiché questi sono tutt'altro che identici, resta da definire il preciso significato di unpaid factor. L'unpaid factor concepito da Meade è certamente soggetto a rivalità nell'uso e, a causa di ragioni tecniche o economiche, non vi è possibilità di applicare il principio di esclusione tramite prezzo. Continuando ad utilizzare le imprese delle due industrie A e B abbiamo che:

$$G = n_A G_i + n_B G_j \quad (1.24)$$

Una singola impresa dell'industria B opera secondo la funzione di produzione:

$$Y_{B,j} = F_j(K_j, L_j, G_j) \quad (1.25)$$

Mentre a livello di industria si ha:

$$Y_B = F_B(K_B, L_B, G_B) \quad (1.26)$$

dove  $G_B = n_B \cdot G_j$ . Applicando la regola di Kaizuka per la condizione di efficienza si ottiene:

$$p_g = p_A \frac{\partial F_i}{\partial G_i} = \frac{\partial F_j}{\partial G_j} \quad (1.27)$$

Nella (1.26) il costo marginale di produzione dell'unpaid factor deve essere uguale al suo ricavo marginale per ogni impresa di ogni industria. L'applicazione di un prezzo-esclusione all'unpaid factor uguale al suo costo marginale, quindi, consentirebbe un'allocazione ottimale dal punto di vista dell'efficienza. Questo mostra chiaramente la differenza sostanziale tra unpaid factor ed un firm-augmenting input nel caso di numerosità fissa delle imprese, sebbene entrambi adottino rendimenti di scala costanti. Diversa è anche la condizione di efficienza per un input semi-pubblico, che, però, nell'ipotesi di una sola industria viene a coincidere con quella di un unpaid factor:

$$p_g = \frac{\partial F_j}{\partial G_j} \quad (1.28)$$

Lo stesso Feehan (1989) afferma che un input semi-pubblico degenera in un unpaid factor se solo si ammette l'esistenza di un unico bene di consumo prodotto. In generale, comunque, l'unpaid factor di Meade è rivale *a priori*, mentre l'input semi-pubblico è costruito a partire da un bene non-rivale, che è soggetto a congestione in modo decrescente rispetto al rapporto tra input semi-pubblico e numero di imprese. Se questo rapporto è sufficiente piccolo da generare congestione si ha un input semi-pubblico, altrimenti si cade in un'altra tipologia di input pubblico. Per cui l'input semi-pubblico non è solo congestionabile, ma anche già congestionato. L'unpaid factor di Meade, invece, è condiviso dalle imprese della stessa industria indipendentemente dal loro numero, quindi, indipendente da ragioni che non siano quelle tecnicamente date *a priori*. Se  $(G/n_A)_c$  è il rapporto sufficiente per generare congestione, allora

la condizione di efficienza è applicabile nel caso di input semi-pubblico solo se  $(G/n_A) \leq (G/n_A)_c$  con  $(G/n_A)_c > 0$ . Differentemente, per un unpaid factor, è applicabile per ogni valore positivo di  $(G/n_A)$ , così che semi-public input e unpaid input sono differenti anche nel caso di un'economia monoprodotto. Inoltre, poiché la rivalità dell'uso di un input semi-pubblico si realizza solo ad una determinata soglia raggiunta la quale si verifica congestione, per tutti i valori  $(G/n_A) > (G/n_A)_c$  un bene semi-pubblico è non-rivale a livello di impresa ed è, quindi, un firm-augmenting input.

## 1.2 I modelli teorici

Esiste una consolidata letteratura di modelli teorici che spiegano quale ruolo esercita lo Stato all'interno del sistema economico produttivo. La teoria della crescita esogena spiegava lo sviluppo economico con fattori esterni che ricadono sul sistema economico, quali gli shocks tecnologici e la crescita della popolazione. In tale contesto si ricava una limitata capacità per lo Stato di contribuire alla crescita economica, se non attraverso politiche tese ad aumentare la produttività del lavoro.

Negli anni '80, poi, la teoria della crescita endogena costruisce una struttura teorica in cui bene si inserisce una politica attiva da parte dello Stato, in particolare impegnato nella fornitura di servizi produttivi e nella costruzione di infrastrutture pubbliche. Comunemente si riconosce nell'articolo di Barro del 1990<sup>11</sup> il primo esempio, o almeno il più noto tra i primi, di beni pubblici produttivi integrati in un modello di crescita endogena. Intanto, contemporaneamente allo sviluppo di modelli teorici così impostati, nasce una ricchissima letteratura empirica che offre un robusto sostegno all'idea dello Stato come fornitore di inputs necessari all'attività economica. Uno dei primi contributi è proposto da Raitner (1983), ma sarà soprattutto l'analisi di Aschauer<sup>12</sup>, di pochi anni successiva, a suscitare grande interesse e ad avviare un vero e proprio filone di ricerca empirica. Tutta la parte relativa alle questioni empiriche sarà discussa nel successivo capitolo, mentre ora saranno presentati alcuni modelli teorici di particolare interesse. Per primo sarà richiamato l'originale contributo di Barro di cui si è già accennato, per poi presentare una formalizzazione, proposta da Petretto, del pensiero di De Viti De Marco sullo Stato come fattore produttivo. Infine, saranno discussi alcuni degli ultimi sviluppi di questa letteratura ad opera di Batina e Feehan (2003) ed Etro (2005). Lo scopo di questa parte non sarà, naturalmente, quello

---

<sup>11</sup>Barro R.J (1990) Government spending in a simple model of endogenous growth, *The Journal of Political Economy*, 98(5), S103-S125.

<sup>12</sup>Aschauer D.A. (1989) Is public expenditure productive?, *Journal of Monetary Economics*, 23:177-200.

di proporre una rassegna esaustiva della modellistica presente in letteratura, ma, piuttosto, quello di contestualizzare il problema dal punto di vista teorico.

### 1.2.1 Il modello di Barro

Nel 1990, Barro propone un modello del tipo AK dove i servizi governativi, finanziati dalle tasse, producono effetti, sia sull'utilità degli individui, che sulla loro produttività. Si consideri un individuo rappresentativo con orizzonte infinito e funzione di utilità data da:

$$U = \int_0^{\infty} \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} e^{-\rho t} dt, \quad (1.29)$$

dove  $\rho$  è il tasso, supposto costante, di preferenza intertemporale e  $\sigma$  è l'elasticità, anch'essa costante, dell'utilità marginale. La popolazione è composta da un numero costante di lavoratori e consumatori, il numero di ore di lavoro è dato. Ogni produttore utilizza la funzione di produzione:

$$y = f(k) \quad (1.30)$$

dove  $y$  e  $k$  sono, rispettivamente, l'output e il capitale per lavoratore. La massimizzazione della funzione di utilità precedente individua il tasso di crescita del consumo per ogni istante di tempo secondo l'equazione:

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{1}{\sigma} \cdot (f' - \rho) \quad (1.31)$$

dove  $f'$  è la produttività marginale del capitale. Barro, come Rebelo (1991), assume economie costanti di scala per il capitale in senso lato<sup>13</sup>:

$$y = A(k) \quad (1.32)$$

---

<sup>13</sup>Per capitale in senso lato si intende capitale fisico e capitale umano.

dove  $A$ , costante e maggiore di zero, è il prodotto marginale netto del capitale. Utilizzando le due equazioni precedenti si ottiene il tasso di crescita dell'output pro-capite  $\gamma$ :

$$\gamma = \frac{\dot{c}}{c} = \frac{1}{\sigma} \cdot (A - \rho) \quad (1.33)$$

L'ultima equazione ci dice che l'economia è sempre in stedy-state di crescita con le variabili  $c$ ,  $k$  e  $y$  che crescono al tasso  $\gamma$ . Inoltre è sempre possibile determinare il livello di tutte le variabili se si conosce il valore iniziale dello stock di capitale  $k(0)$ , infatti:

$$c(0) = k(0) \cdot (A - \gamma) \quad (1.34)$$

Questa è la struttura del modello di base sulla quale viene inserito il settore pubblico considerando i servizi  $g$  forniti dal governo che entrano nella funzione di produzione come un ulteriore input. Questi servizi sono, per ipotesi, disponibili per ogni produttore in modo gratuito e non sono soggetti a congestione. La funzione di produzione, quindi, viene così modificata:

$$y = \Phi(k, g) = k \cdot \Phi\left(\frac{g}{k}\right), \quad (1.35)$$

con  $\Psi' > 0$  e  $\Psi'' < 0$ . Barro assume che vi siano rendimenti di scala decrescenti per gli inputs privati e che si ottengano rendimenti costanti di scala considerando anche l'input pubblico  $g$ . L'ipotesi concettuale dietro queste assunzioni è che il capitale privato e i servizi pubblici sono complementari, così che, perché i rendimenti del capitale non siano decrescenti, bisogna che  $g$  cresca nella stessa misura di  $k$ . Utilizzando una funzione di produzione Cobb-Douglas si ha:

$$\frac{y}{k} = \Phi\left(\frac{g}{k}\right) = A \cdot \left(\frac{g}{k}\right)^\alpha, \quad (1.36)$$

con  $0 < \alpha < 1$ . Ma in presenza di quale tipo di bene pubblico ci troviamo? Barro lo chiarisce con le seguenti precisazioni: 1) il governo non produce nulla, perché non possiede capitale da impegnare in attività produttive. Quindi, semplicemente, compra servizi prodotti dal mercato e li rende disponibili

a tutti in modo gratuito. 2)  $g$  è un bene pubblico puro: non rivale e non escludibile. Difatti l'intero ammontare di servizi pubblici è disponibile per ogni individuo. E sono proprio queste caratteristiche che lo rendono non adatto ad essere sostituito in modo perfetto da  $k$ , bensì complementare ad esso.

L'acquisto dei servizi pubblici è finanziato dal governo, imponendo il vincolo di bilancio in pareggio, tramite una tassa proporzionale al reddito di aliquota  $\tau$ <sup>14</sup>:

$$g = T = \tau \cdot y = \tau \cdot k \cdot \Phi\left(\frac{g}{k}\right) \quad (1.37)$$

La produttività marginale del capitale è:

$$\frac{\partial y}{\partial k} = \Phi\left(\frac{g}{k}\right) \cdot \left(1 - \Phi' \cdot \frac{g}{y}\right) = \Phi\left(\frac{g}{k}\right) \cdot (1 - \eta), \quad (1.38)$$

dove  $\eta$  è l'elasticità dell'output rispetto a  $g$ . Lo stesso Barro sottolinea che la produttività marginale del capitale è calcolata facendo variare  $k$  e mantenendo fisso  $g$ , proprio a causa dell'ipotesi di non congestione dei servizi pubblici. Nel contesto così rispecificato, l'equazione che definisce il sentiero ottimale di crescita diviene:

$$\gamma = \frac{\dot{c}}{c} = \frac{1}{\sigma} \cdot \left[ (1 - \tau) \cdot \Phi\left(\frac{g}{k}\right) \cdot (1 - \eta) - \rho \right]. \quad (1.39)$$

Il peso dell'intervento pubblico, influisce in due modi sul tasso  $\gamma$  di crescita ottimale. Un aumento dell'aliquota d'imposta riduce  $\gamma$ , ma una maggiore disponibilità di servizi pubblici, così finanziati, incrementa la produttività marginale del capitale, che produce un incremento del tasso di crescita. In generale, quindi, si può dire che l'effetto di un investimento pubblico è incerto ed è positivo se riuscirà a stimolare il capitale privato in misura sufficiente da superare l'effetto depressivo del prelievo fiscale necessario al suo finanziamento. Verosimilmente, l'effetto sarà positivo per bassi livelli di servizi pubblici e di tassazione, mentre diverrà negativo se si supera una certa soglia. Quindi, in relazione ai due effetti contrastanti, esiste un livello ottimale di  $\tau^*$  che massimizza il tasso di crescita dell'economia. Nel caso della Cobb-Douglas, prima utilizzata, è possibile ricavare in modo semplice questo livello ottimale di tassazione:

<sup>14</sup>Nell'equazione il numero di individui è normalizzato ad uno, così che  $g$  è la spesa aggregata e  $T$  il gettito totale.

$$\tau^* = a = \frac{g}{y} \quad (1.40)$$

Questo risultato, noto in letteratura come la cosiddetta *regola di Barro*, dice che il livello ottimale di tassazione è quello che uguaglia l'aliquota fiscale al valore della produttività dei servizi pubblici per le imprese private<sup>15</sup>.

### 1.2.2 La formalizzazione della teoria di De Viti

Nessuna delle teorie di De Viti De Marco fu originariamente proposta in maniera formalizzata, ma Petretto<sup>16</sup> ha rielaborato il suo pensiero tramite un modello che prevede una definizione di bene pubblico produttivo coerente con la teoria dello Stato come fattore produttivo. Consideriamo un'economia in cui esistono  $n$  beni di consumo  $X_i$  venduti ai prezzi  $p_i$ . Sia  $L$  il lavoro, unico fattore produttivo privato, e  $G$  il bene pubblico. I consumatori, di numero totale  $H$ , massimizzano tutti la stessa funzione di utilità  $U(X, L)$  sotto il vincolo di bilancio  $pX = L$ , dove il lavoro è considerato come numerario. Il bene pubblico è un bene intermedio, integralmente disponibile per tutte le imprese, senza che queste paghino direttamente un prezzo per il suo utilizzo. Tali imprese, di numerosità  $n$  finita e costante, operano secondo la seguente funzione di produzione lineare omogenea a rendimenti costanti di scala:

$$Y_i = f^i(L_i, G), \quad \text{per } i = 1, \dots, n \quad (1.41)$$

Il modo in cui è costruito il modello, e in particolare la definizione del bene pubblico, rappresenta un caso di bene pubblico del tipo *firm-augmenting*, ma, con opportune variazioni, si può estendere anche al tipo *factor-augmenting*.

Ogni impresa massimizza il profitto scegliendo  $L_i$ :

$$p_i f^i(L_i, G) - L_i = \max \quad (1.42)$$

---

<sup>15</sup>Naturalmente, per ottenere un simile risultato, è necessario assumere che il sistema fiscale non generi nessun tipo di distorsione.

<sup>16</sup>Petretto A. (1987) *Manuale di economia pubblica*, Il Mulino.

da cui si ricava  $p_i f^i - 1 = 0$ , cioè  $p_i = (1 / f_L^i)$ , dove  $f_L^i = \partial f^i / \partial L_i$ .

Poichè la funzione è linearmente omogenea, il valore della produzione può essere scomposto in base al teorema di Eulero come

$$Y_i = f_L^i L_i + f_G^i G \quad (1.43)$$

da cui

$$p_i Y_i = L_i + p_i f_G^i G \quad (1.44)$$

L'ultima espressione ci dice che il valore della produzione di ogni impresa è superiore alla remunerazione dei fattori produttivi. Il surplus realizzato è uguale al contributo, in termini monetari, che il bene pubblico apporta al valore della produzione.

Il bene pubblico è prodotto dallo Stato tramite una funzione di produzione lineare:

$$G = a L_G \quad (1.45)$$

e  $p_G = (1/a)$  è il costo unitario di produzione, quindi,  $L_G$  rappresenta anche la spesa pubblica totale.

L'equilibrio generale implica che:

$$Y_i = H X_i \quad \text{per } i = 1, \dots, n \quad (1.46)$$

$$\sum_i L_i + L_G = H L \quad (1.47)$$

Moltiplicando la (1.47) per  $p_i$  si ottiene:

$$p_i Y_i = H p_i X_i, \quad (1.48)$$

che può essere riscritta secondo il teorema di Eulero come:

$$L_i + p_i f_G^i G = H p_i X_i \quad \text{per } i = 1, \dots, n. \quad (1.49)$$

Sommando per  $i = 1, \dots, n$ , si ottiene:

$$H p X - \sum_i L_i = \sum_i p_i f_G^i G \quad (1.50)$$

che, riaggregando il vincolo di bilancio del consumatore:

$$H L - \sum_i L_i = \sum_i p_i f_G^i G \quad (1.51)$$

$$L_G = \sum_i p_i f_G^i G. \quad (1.52)$$

La (1.52) evidenzia che la spesa pubblica è identicamente uguale al contributo del bene pubblico alla produzione e, quindi, potrebbe essere riscritta come:

$$L_G = \sum_i p_i f_G^i a L_G, \quad (1.53)$$

da cui:

$$p_G = (1/a) = \sum_i p_i f_G^i. \quad (1.54)$$

L'ultima identità mostra che il costo marginale del bene pubblico è uguale al beneficio marginale dello stesso e rappresenta la condizione di efficienza della produzione aggregata secondo cui il SMT è pari alla somma, per tutte le imprese, dei saggi marginali di sostituzione tecnica tra input pubblico e input privato. Difatti, poiché  $p_i = (1/f_L^i)$ , si ha:

$$p_G = \sum_i (f_G^i / f_L^i). \quad (1.55)$$

A questo punto resta da definire il sistema di finanziamento della spesa pubblica. Il modo più coerente sarebbe quello di imporre a ciascuna impresa una tassa *lump sum* pari al valore della produzione  $p_i f_G^i G$ . Ma, nella realtà, questa grandezza è ignota e non è possibile ritenere che possa emergere tramite qualche meccanismo di mercato. Un modo per superare l'ostacolo è suggerito dallo stesso De Viti: si può ragionevolmente assumere che il contributo ricevuto da ogni impresa dall'input pubblico sia proporzionale ai fattori produttivi privati. Quindi avremo che ogni impresa sarà tassata per un valore pari a:

$$p_i f_G^i G = \Gamma_i L_i \quad \text{per } i = 1, \dots, n. \quad (1.56)$$

Da cui, implicitamente assumendo una funzione di produzione del tipo Cobb-Douglas:

$$Y_i = A_i L_i^{\alpha_i} G^{1-\alpha_i}, \quad (1.57)$$

si ottiene l'aliquota d'imposta:

$$\Gamma_i = (1 - \alpha_i) / \alpha_i. \quad (1.58)$$

Per utilizzare l'idea del DeViti, secondo cui l'imposizione dovrebbe essere proporzionale al reddito prodotto dai fattori produttivi, è necessaria un'ulteriore ipotesi a livello dell'intera economia, per cui deve verificarsi che:

$$\Gamma = \sum_i \Gamma_i l_i \quad \text{con } l_i = L_i / \sum_i L_i. \quad (1.59)$$

da cui:

$$L_G = \sum_i p_i f_G^i a L_G = \sum_i \Gamma_i L_i = \Gamma \sum_i L_i = \Gamma (HL - L_G), \quad (1.60)$$

che dice che la spesa pubblica pro-capite è identicamente uguale alla tassazione pro-capite:

$$\frac{L_G}{H} \equiv \left[ \frac{\Gamma}{(1+\Gamma)} \right] L \quad (1.61)$$

La quota  $\left[ \frac{\Gamma}{(1+\Gamma)} \right]$  dei redditi dei fattori produttivi, quindi dei redditi individuali, è sottratta dal prelievo pubblico per finanziare la spesa pubblica.

### 1.2.3 Il modello di Batina e Feehan

Batina e Feehan<sup>17</sup> forniscono un interessante modello in cui l'input pubblico crea una rendita disponibile per i fattori privati, che potrebbero, quindi, mettere in atto comportamenti rent-seeking, tali da indurre inefficienza economica. I due autori si pongono anche il problema del finanziamento del bene pubblico, che potrebbe essere attinto da questa rendita, tramite un sistema fiscale che sia non solo non distortivo, ma che cerchi anche di correggere gli sprechi connessi alle attività per appropriarsi di questa rendita.

Supponiamo che nell'economia esistano due beni di consumo venduti ai prezzi  $P_i$  ed esista il bene pubblico puro  $G$ , utilizzato da tutte le imprese in una funzione di produzione linearmente omogenea nei fattori produttivi privati. Siano  $L$  e  $K$  gli input privati, mentre  $w$  e  $r$  sono, rispettivamente, il salario ed il costo del capitale privato. Il profitto per ogni industria è :

$$\Pi_i = P_i F_i(L_i, K_i, G) - wL_i - rK_i \quad (1.62)$$

In concorrenza perfetta l'impiego dei fattori produttivi è determinato dalle condizioni di ottimo:

$$P_i F_{i,L} = w \quad (1.63)$$

$$P_i F_{i,K} = r. \quad (1.64)$$

Utilizzando il teorema di Eulero, possiamo scrivere:

---

<sup>17</sup>Batina R.G., Feehan J.P. (2003) Public infrastructure support for industry: common property versus collective property, ESRI.

$$F_{1L}L_1 + F_{1K}K_1 = P_1F_1(L_1, K_1, G) \quad (1.65)$$

$$F_{2L}L_2 + F_{2K}K_2 = P_2F_2(L_2, K_2, G) \quad (1.66)$$

$$F_{GL}L_G + F_{GK}K_G = P_1F_1(L_1, K_1, G). \quad (1.67)$$

L'equilibrio di mercato, quindi, non consente profitti positivi: la remunerazione dei fattori produttivi uguaglia il valore della produzione. La produttività dei fattori produttivi privati aumenta grazie all'input pubblico e la loro remunerazione accresce di conseguenza. Poichè i profitti sono nulli, tassarli non procurerebbe alcun gettito. L'unico modo ragionevole per finanziare un bene pubblico puro è quello di una tassa lump-sum tale che:

$$P_1F_{1G} + P_2F_{2G} = P_G. \quad (1.68)$$

Nel caso di bene pubblico congestionabile, invece, poiché la funzione di produzione è caratterizzata da rendimenti di scala costanti, si genera una rendita. Batina e Feehan ritengono che, allora, il punto cruciale è capire a cosa è destinata questa rendita. Nei modelli di Kenn e Marchand (1997) e di Dahlby e Wilson (2003)<sup>18</sup>, ad esempio, si assume che la rendita diventi profitto per le imprese dell'industria. In questo modo, non solo non diventa motivo di inefficienza, ma rappresenta anche un'ideale fonte da cui attingere gettito fiscale. Per evitare le complicazioni degli effetti incrociati tra diverse industrie è conveniente utilizzare un modello con un solo bene di consumo. Il teorema di Eulero ci dice che:

$$F(L, K, G) = F_L(L, K, G)L + F_K(L, K, G)K + F_G(L, K, G)G. \quad (1.69)$$

Il profitto, normalizzando il prezzo del bene di consumo a uno, è:

---

<sup>18</sup>In questi modelli, poiché l'input pubblico è congestionabile, si assume che i rendimenti di scala relativi ai soli fattori produttivi privati siano decrescenti.

$$\Pi = F(L, K, G) - wL - rK \quad (1.70)$$

Le condizioni del primo ordine per la massimizzazione del profitto sono:

$$F_L(L, K, G) = w \quad (1.71)$$

$$F_K(L, K, G) = r. \quad (1.72)$$

Riscrivendo il profitto utilizzando le condizioni di scelta ottima si ottiene una grandezza positiva:

$$\Pi = F(L, K, G)G > 0 \quad (1.73)$$

L'esistenza di un profitto positivo in un equilibrio di mercato competitivo lascia perplessi, perché ci si aspetterebbe che questa rendita dovesse essere in qualche modo erosa. Di questa idea sembra essere Henderson (1974), che, in un modello così concepito, conclude che l'esistenza di profitto nell'industria attrae altre imprese fino a portare alla sua totale dissipazione. Gramlich (1994), invece, suggerisce che, poiché i rendimenti di scala di  $L$  e  $K$  sono decrescenti, allora sono i fattori produttivi privati ad appropriarsi della rendita, essendo questi remunerati più della loro produttività marginale. Una prospettiva ancora diversa è proposta da Negishi (1973) in un modello con due beni privati, input pubblico semi-pubblico e rendimenti costanti di scala in tutti gli inputs. Questo autore ritiene che la rendita sia dissipata da un eccessivo uso del capitale privato implicando un'allocazione non efficiente dello stesso tra le industrie. Il modello di Batina e Feehan cerca, quindi, proprio di gettare luce sulle diverse e contraddittorie teorie proposte dalla letteratura, spiegando il modo in cui la rendita viene necessariamente dissipata. I due autori, assumendo rendimenti costanti di scala in tutti gli inputs, assimilano l'input pubblico ad un bene in *proprietà comune* (common-property situation). Se l'uso di questo bene in proprietà comune non è soggetto a nessun tipo di razionamento, allora le imprese non utilizzeranno gli inputs privati in modo efficiente. Considerando un solo fattore privato, la funzione di produzione di un'industria è data da:

$$X_1 = F_1(L_1, G) \quad (1.74)$$

e il suo profitto è dato da:

$$P_1 X_1 - w L_1 \quad (1.75)$$

Le imprese utilizzeranno il bene privato fino al punto in cui tutta la rendita sarà dissipata, cioè fin dove il valore del prodotto medio del lavoro è uguale al salario:

$$P_1 (APL_1) = w, \quad (1.76)$$

dove  $APL_1 = X_1/L_1$  è il prodotto medio del lavoro. Poiché abbiamo rendimenti di scala decrescenti per  $L_1$ , allora il prodotto medio del lavoro supera la suo prodotto marginale:  $APL_1 > F_{1L}$ . La differenza tra prodotto medio e marginale altro non è che la rendita media per unità di  $L$ , difatti possiamo scrivere:

$$P_1 (APL_1) = F_{1L} + R_1/L_1 = w, \quad (1.77)$$

dove  $R_1 = P_1 F_{1G} G$  è la rendita totale per l'industria.

La conclusione del modello, quindi, è che, analizzando il comportamento delle imprese, non può esistere rendita-profitto in equilibrio all'intero di un'industria e, di conseguenza, non è possibile pensare di risolvere il problema del finanziamento dell'input pubblico attraverso la tassazione dei profitti. Un profitto positivo in equilibrio può essere ammesso solo nelle due particolari circostanze seguenti:

- Lo Stato, oltre a fornire l'input pubblico, provvede anche alla sua allocazione-ripartizione per un dato numero di imprese.
- Se esistono condizioni perché valga il teorema di Coase, per cui le imprese si accordano per usare l'input di proprietà comune in modo da massimizzare i profitti dell'industria. Cosa abbastanza irrealistica per un mercato competitivo con libertà di entrata.

Tornando ad un modello con due industrie e due inputs privati, le condizioni di uso efficiente dei fattori produttivi richiederebbe l'uguaglianza tra il saggio marginale di sostituzione tecnica degli inputs primari tra le due industrie e, considerando anche l'industria dell'input pubblico, si avrebbe:

$$MRTS_{KL}^1 = MRTS_{KL}^2 = MRTS_{KL}^G. \quad (1.78)$$

Ma se anche fosse fornita esattamente la quantità ottimale di  $G$ , nulla assicura che questa sarebbe impiegata in maniera efficiente dalle due industrie. Difatti, assumendo sempre rendimenti costanti di scala in tutti gli inputs e  $G$  fornito senza razionamento, si ha:

$$P_1 F_{1L} + S_1 R_1 / L_1 = w = P_2 F_{2L} + S_2 R_2 / L_1 \quad (1.79)$$

e

$$P_1 F_{1K} + (1 - S_1) R_1 / K_1 = r = P_2 F_{2K} + (1 - S_2) R_2 / K_2, \quad (1.80)$$

dove  $S_1$  e  $S_2$  sono due frazioni che rappresentano la quota della rendita media per lavoratore in ciascuna industria che le imprese ottengono assumendo un lavoratore addizionale. Allo stesso modo si interpretano  $(1 - S_1)$  e  $(1 - S_2)$  relativamente al capitale. Mentre  $R_i = P_i F_{iG} G$  è la rendita totale di ciascuna industria originata dall'esistenza del bene pubblico. Analizzando queste condizioni si deve concludere che l'equazione (1.78) non può essere rispettata. Per cui il comportamento di procacciamento della rendita causato dalla disponibilità gratuita di un input pubblico implica che l'economia non stia producendo sulla frontiera efficiente, bensì al di sotto di essa. Nel caso semplificato di un solo fattore produttivo privato era sufficiente ricavare la condizione (1.77), poiché si aveva, di fatto, implicitamente  $S_1 = 1$ <sup>19</sup>. Ma nel caso generale di due o più inputs il valore di ogni  $S_i$  non è facilmente determinabile. Ma cosa succede alle quote  $S_i$  nel caso generale? Assumiamo che l'economia si trovi in equilibrio e che tutta la rendita del livello corrente di  $G$  sia erosa. Un incremento unitario di  $G$  spinge le imprese ad aumentare l'uso dei fattori produttivi privati e, utilizzando una funzione di produzione Cobb-Douglas,

<sup>19</sup>Nel modello di Negishi (1974) la semplificazione  $S_i = 0$  e  $(1 - S_i) = 0$ , invece, consentiva di catturare la rendita attraverso il soprutilizzo del capitale privato.

si può affermare che manterranno fisso il rapporto tra capitale e lavoro<sup>20</sup>, per cui le quote di rendita relative ai fattori produttivi dipendono semplicemente dal rapporto tra capitale e lavoro. Impiegando la funzione di produzione  $X = K^\alpha L^\beta G^\theta$ , con  $\alpha + \beta + \theta = 1$ , le quote di rendita di ogni input produttivo rimarranno costanti:  $\alpha / (\alpha + \beta)$  per il lavoro e  $\beta / (\alpha + \beta)$  per il capitale.

Quindi, riassumendo, nel caso di bene pubblico puro, se lo Stato può imporre una tassa non distortiva, può semplicemente limitarsi a fornire il livello ottimale di input pubblico. Nel caso di bene congestionabile, invece, deve anche assicurarsi che le imprese utilizzino il bene pubblico in maniera da rispettare le condizioni di efficienza. La quale cosa è tutt'altro che di semplice realizzazione anche se fosse possibile imporre una tassa lump-sum. Per questo motivo, Batina e Feehan cercano di definire i migliori strumenti di finanziamento degli inputs pubblici per spingere il comportamento delle imprese verso una soluzione di first-best. I due autori analizzano il caso in cui non sia possibile per il governo imporre una lump-sum e dove il fattori produttivi non sono offerti in quantità fissa, così che la loro tassazione non coinciderebbe con una tassa lump-sum. Inoltre, non è possibile utilizzare una tassa sui profitti perché nel caso di bene pubblico congestionabile i profitti di equilibrio sono nulli, mentre nel caso di bene pubblico puro si hanno rendimenti di scala costanti nei fattori produttivi privati. Per semplicità si consideri un'economia in cui esista un solo bene di consumo privato, due fattori produttivi ed un input pubblico. Batina e Feehan si concentrano principalmente sul caso di bene pubblico congestionabile, che origina la disponibilità di una rendita, dove i rendimenti di scala della funzione di produzione sono costanti in tutti gli inputs. Il vincolo di bilancio a cui è soggetto l'individuo rappresentativo è :

$$C = (w - t)E + \rho K^*, \quad (1.81)$$

dove  $C$  è il consumo del bene privato il cui prezzo è normalizzato a uno,  $t$  la tassa sull'occupazione,  $E$  l'offerta di lavoro, mentre  $K^*$  è la quantità di capitale interno all'economia che è per ipotesi fissa, ma internazionalmente mobile, e  $\rho$  è la remunerazione del capitale dopo la tassazione che è possibile ottenere sui mercati mondiali. Di conseguenza,  $r = \rho + \tau$  è il ritorno del capitale al lordo della relativa tassa nazionale  $\tau$ .

La funzione indiretta di utilità è:

---

<sup>20</sup>Poiché la funzione di produzione presenta elasticità costante di sostituzione tra i fattori produttivi (CES), allora la proporzione ottimale tra gli inputs impiegati rimane la stessa per qualsiasi livello del loro utilizzo.

$$V = V(w - t, \rho K^*). \quad (1.82)$$

Quindi, Lo Stato, per finanziare l'input pubblico, dispone di due strumenti fiscali:  $t$  e  $\tau$ . Se si assume che il bene pubblico abbia un costo di produzione costante ed uguale a  $q$ , allora il vincolo di bilancio pubblico è:

$$tE + \tau K = qG, \quad (1.83)$$

dove  $K$  è la quantità totale di capitale presente nell'economia. Sia  $F(L, K, G)$  la funzione di produzione dell'industria del bene privato, allora, secondo il teorema di Eulero di ha:

$$F(L, K, G) = F_L(L, K, G)L + F_K(L, K, G)K + F_G(L, K, G)G. \quad (1.84)$$

Come abbiamo precedentemente visto, nel caso di un solo bene di consumo, le condizioni diventano:

$$F_L + SR/L = w \quad (1.85)$$

$$F_K + (1 - S)R/K = r = \rho + \tau, \quad (1.86)$$

dove  $R = F_G G$  è la rendita procurata dall'input pubblico. Quindi, sia la domanda di lavoro, che quella di capitale, sono funzioni di  $w$ ,  $r$  e  $G$ :  $L = L(w, r, G)$  e  $K = K(w, r, G)$ .  $G$  è una variabile di politica economica,  $r$  è dato dal mercato internazionale ed il salario di equilibrio si determina sul mercato del lavoro per  $E(w - t, \rho K^*) = L(w, r, G)$ . Per ottenere le funzioni di domanda del lavoro e del capitale si devono derivare rispetto a  $w$ ,  $r$  e  $G$  le equazioni (1.85) e (1.86). Svolgendo tutto il procedimento si ottengono le derivate parziali dei fattori produttivi privato rispetto a  $G$  e rispetto ai loro prezzi, dove, non a caso, queste ultime derivate parziali sono negative. Difatti l'uso dei fattori privati è eccessivo ed un aumento dei loro prezzi tende a ridurre la rendita disponibile. Inoltre, poiché un aumento di  $G$  crea, almeno inizialmente, una maggiore rendita, allora dovrà aumentare la domanda di almeno un fattore produttivo privato.

Dal punto di vista del governo il problema da risolvere è così impostato:

$$\Gamma = V = V(w - t, \rho K^*) + \lambda_1 [tL(w, r, G) + \tau K(w, r, G) - qG] + \\ + \lambda_2 [L(w, r, G) - E(w - t, \rho K^*)], \quad (1.87)$$

dove  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  sono, rispettivamente, i moltiplicatori di Lagrange del vincolo di bilancio pubblico e della condizione di equilibrio del mercato del lavoro. Le condizioni del primo ordine relative a  $G$ ,  $t$ ,  $\tau$ , e  $w$  sono:

$$(\alpha t + \beta)L_G + \alpha(\tau K_G - q) = 0 \quad (1.88)$$

$$-V_W + \alpha L + \beta E_w = 0 \quad (1.89)$$

$$(\alpha t + \beta)L_r + \alpha(\tau K_r + K) = 0 \quad (1.90)$$

$$V_W + (\alpha t + \beta)L_w + \alpha \tau K_w - \beta E_w = 0. \quad (1.91)$$

Riscrivendo l'ultima condizione sfruttando le due precedenti, si ottiene:

$$(\tau K_r + K)(L_w / L_r) = (\tau K_w + L), \quad (1.92)$$

da cui si ricava la regola per la tassazione del capitale privato<sup>21</sup>:

$$\tau = (1 - S)F_G G / K. \quad (1.93)$$

---

<sup>21</sup>Nel loro lavoro, Batina e Feehan, mostrano il completo procedimento di derivazione per tutte le condizioni.

Utilizzando le condizioni del primo ordine e le derivate parziali dei fattori produttivi rispetto ai prezzi degli stessi, si ottiene la regola di spesa pubblica ottimale:

$$F_G = q, \quad (1.94)$$

la quale coincide con la nota condizione di efficienza di Kaizuka per un'economia monoprodotto. Servendosi dell'equazione (1.93), della (1.94) e del vincolo di bilancio si ricava anche la tassa sul fattore lavoro:

$$t = SF_G G / L. \quad (1.95)$$

Queste tre condizioni indicano come sia possibile ottenere l'ottimo di first-best tassando i fattori produttivi. Il risultato raggiunto da Batina e Feehan è particolarmente interessante, perché le tasse sui fattori primari consentono di realizzare un duplice obiettivo: da un lato di finanziare il bene pubblico congestionabile e, dall'altro, di correggere le distorsioni che si avrebbero se l'input pubblico fosse fornito in modo del tutto gratuito. Queste tasse sugli inputs primari si configurano come un pagamento del beneficio ricevuto, poiché ogni fattore è tassato secondo la parte di rendita di cui si avvantaggia. Si realizza, quindi, un sistema non solo efficiente, ma anche equo secondo il principio di beneficio ricevuto<sup>22</sup>.

Per quanto riguarda il caso dell'input pubblico puro<sup>23</sup>, la letteratura economica se ne è ampiamente occupata. In questo caso, poiché i rendimenti di scala sono costanti già nei soli fattori produttivi privati, non si crea la rendita. Per questo motivo tassare i fattori produttivi non consente di raggiungere la situazione di first-best come nel caso del bene pubblico congestionabile. Difatti, nel modello di Feehan e Matsumoto (2002), che segue tale via, il capitale privato, essendo perfettamente mobile, non può essere tassato, facendo ricadere sul lavoro l'intera pressione fiscale. Le tasse sui fattori produttivi sono ora distorsive e non portano allo stesso livello di  $G$  che sarebbe fornito in presenza di una tassa lump-sum.

<sup>22</sup>Un altro pregio di questo modello è che la tassazione del capitale privato, internazionalmente mobile, non produce inefficienza nel sistema come nel modello, simile a questo per impostazione, di Keen e Marchand (1997).

<sup>23</sup>Da sottolineare il fatto che Batina e Feehan (2003), a pagina 19, collegano esplicitamente l'input pubblico puro di cui parlano, sia al bene pubblico *atmosferico* di Meade (1952), che all'input factor-aumentig.

Anche Manning, Markusen e McMillan (1985) raggiungono le stesse conclusioni e le portano alle estreme conseguenze. Questi autori sostengono che, in un'economia competitiva, praticare un sistema di prezzi per l'input pubblico puro (tipo quello di Lindhal) implicherebbe un equilibrio con output tendenzialmente uguale a zero. L'idea sottostante al loro ragionamento è che, per il teorema di Eulero, la remunerazione dei fattori privati della produzione esaurisce il valore del prodotto, poiché i rendimenti di scala sono costanti. Di conseguenza, una tassa sulle imprese causerebbe perdite insostenibili. Così, al limite, potrebbe operare al massimo una sola impresa divenuta monopolista, che scaricherebbe sui consumatori una qualunque tassa per l'input pubblico. Quindi, differentemente dal caso di bene pubblico congestionabile, non appare possibile raggiungere una situazione di efficienza.

Per concludere, si può dire che, secondo il modello di Batina e Feehan, le scelte di politica fiscale dovrebbero essere radicalmente diverse a seconda del tipo di input pubblico che si intenda finanziare. Tutti i beni pubblici puri, come la difesa o la ricerca di base, dovrebbero essere finanziati mediante entrate generali, mentre quelli congestionabili dovrebbero essere finanziati in relazione ai benefici che essi procurano alle industrie o, se questo non è possibile direttamente, sulla base dei fattori primari utilizzati. Si deve qui sottolineare, che tale posizione non è molto lontana dalla teoria dello Stato come fattore produttivo del De Viti.

#### **1.2.4 Il modello di Etro**

La teoria della crescita endogena più moderna ritiene che il contributo delle infrastrutture pubblico risieda, almeno per livelli di dotazione infrastrutturale non troppo alti, nel compensare l'andamento decrescente della produttività marginale dei fattori primari, in modo da consentire crescita nel lungo periodo. Un modello di questo genere è proposto da Etro (2005)<sup>24</sup>, dove però viene anche mostrato che se vi è una bassa sostituibilità tra lo stock di capitale pubblico e quello privato e il deprezzamento del capitale pubblico è molto elevato rispetto a quello del capitale privato, allora possono esistere andamenti ciclici.

L'autore considera un tipico modello a generazioni sovrapposte (OLG) con una funzione di produzione a rendimenti costanti di scala:

---

<sup>24</sup>Etro F. (2005) Investimenti in infrastrutture I: teoria ed evidenza empirica, working paper.

$$Y_t = F(K_t, L, G_t), \quad (1.96)$$

da cui si ricava la seguente funzione di produzione pro-capite:

$$y_t = f(k_t, G_t). \quad (1.97)$$

Per ipotesi, l'investimento pubblico è finanziato da un'imposta sul reddito di aliquota costante  $\tau$ . Sebbene la scelta di lavoro sia esogena, l'imposta è distorsiva in quanto crea effetti di sostituzione sulle scelte di risparmio. Il salario di equilibrio è  $w = f(k_t, G_t) - k_t f_k(k_t, G_t)$  e il tasso di interesse di equilibrio è  $r = f_k(k_t, G_t)$ . I risparmi sono:

$$S_t = w_t(1 - \tau)\psi(r_{t+1}), \quad (1.98)$$

dove  $\psi'_r \geq 0$ , perché il risparmio aumenta col crescere del tasso di interesse.

Il gettito dell'imposta sul lavoro finanzia l'investimento pubblico:

$$R_t = \tau w_t \quad (1.99)$$

L'accumulazione degli stock di capitale, pubblico e privato, segue le seguenti equazioni dinamiche:

$$k_{t+1} = (1 - \delta_k)k_t + (1 - \tau)[f(k_t, G_t) - k_t f_k(k_t, G_t)]\psi[f'_t(k_{t+1}, G_{t+1})] \quad (1.100)$$

e

$$G_{t+1} = (1 - \delta_G)G_t + (1 - \tau)[f(k_t, G_t) - k_t f_k(k_t, G_t)]. \quad (1.101)$$

Assumendo che  $f(\cdot)$  esibisca rendimenti costanti di scala in tutti gli input, se si definisce  $x$  come il rapporto tra capitale privato e capitale pubblico e si utilizza la trasformazione  $h(x) = f(k/G, 1)$ , si ottiene:

$$\frac{k_{t+1}}{k_t} = 1 - \delta_k + (1 - \tau) \left[ \frac{h(x_t) - x_t h'(x_t)}{x_t} \right] \psi [h'(x_{t+1})] \quad (1.102)$$

e

$$\frac{G_{t+1}}{G_t} = 1 - \delta_G + \tau [f(x_t) - x_t h'(x_t)]. \quad (1.103)$$

Se si definisce  $\frac{x_{t+1}}{x_t} = \left( \frac{k_{t+1}}{k_t} \right) / \left( \frac{G_{t+1}}{G_t} \right)$ , il sistema composto dalle due equazioni ultime equazioni può essere ridotto a:

$$x_{t+1} = \frac{(1 - \delta_k)x_t + (1 - \tau)[h(x_t) - x_t h'(x_t)] \psi [h'(x_{t+1})]}{1 - \delta_G + \tau [h(x_t) - x_t h'(x_t)]}, \quad (1.104)$$

dove, se esiste uno stato stazionario del sistema, deve soddisfare:

$$[h(x_t) - x_t h'(x_t)] \left\{ \tau - (1 - \tau) \frac{\psi [h'(x_t)]}{x} \right\} = \delta_G - \delta_k. \quad (1.105)$$

Nel caso in cui il tasso di deprezzamento del capitale pubblico è uguale a quello del capitale privato si ottiene semplicemente  $x = (1 - \tau) \psi [h'(x_t)] / \tau$ . Le proprietà della dinamica transizionale dipendono dall'andamento della funzione  $\phi(x, \tau)$ . In generale si ha:

$$\phi'(x, \tau) \propto (1 - \delta_k)(1 - \delta_G) + (1 - \delta_k)\tau A(x) + (1 - \delta_G)(1 - \tau)\psi A'(x) - \tau(1 - \delta_k)x A'(x), \quad (1.106)$$

dove  $A(x) = h(x) - x h'(x)$  e  $A'(x) = -x h''(x) > 0$ . La pendenza di  $\phi(x, \tau)$  è di segno non univoco, ma sempre positivo per valori sufficientemente grandi di  $\delta_k$ .

Se si utilizza una funzione di produzione CES si ha che:

$$y_t = \left[ k_t^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} + G_t^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \implies h(x) = \left[ 1 + x^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}, \quad (1.107)$$

dove  $\gamma \in [0, \infty]$  è l'elasticità di sostituzione tra capitale pubblico e privato (ed anche tra capitale privato e lavoro). Il tasso di interesse è:

$$h'(x) = \left[1 + x^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]^{\frac{1}{\gamma-1}} x^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (1.108)$$

e si ha che  $A(x) = \left[1 + x^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}$ . Per cui la corrispondente equazione di equilibrio è:

$$x_{t+1} = \frac{(1 - \delta_k)x_t + (1 - \tau)\psi[h'(x_{t+1})] \left[1 + x^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}}{1 - \delta_G + \tau \left[1 + x^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}}. \quad (1.109)$$

La pendenza di  $\phi(x)$  ora è:

$$\begin{aligned} \phi'(x) = & (1 - \delta_k)(1 - \delta_G) + (1 - \delta_k)\tau \left[1 + x^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]^{\frac{1}{\gamma-1}} + \\ & + (1 - \delta_G)(1 - \tau)\psi - \tau(1 - \delta_k)x \left[1 + x^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}} \frac{x^{\frac{1}{\gamma}}}{\gamma}, \end{aligned} \quad (1.110)$$

che sarà sempre positiva quando si ha un'elevata sostituibilità tra capitale pubblico e privato<sup>25</sup>, il che implica convergenza monotona allo stato stazionario lungo il sentiero di equilibrio. Etro riassume questo primo risultato così:

**Proposizione 1** *Il processo di accumulazione del capitale privato e di quello pubblico è graduale (ma con tassi di crescita delle due forme di capitale negativamente correlati) qualora l'elasticità di sostituzione fra i due stocks di capitale sia abbastanza alta.*

In realtà, potrebbe anche aversi una bassa sostituibilità tra le due forme di capitale, con  $\gamma \in [0, 1]$ . In tal caso, potrebbe aversi, una pendenza negativa dell'equazione di equilibrio per  $\delta_G$  molto alto, tale produrre una convergenza verso lo stato stazionario attraverso un andamento ciclico. Si può mostrare che, per  $\delta_G = 1$ , si ha:

---

<sup>25</sup>In tale caso si ha  $\gamma \in [1, \infty]$ .

$$\phi'(x) \propto (1 - \delta_k) \tau \left[ 1 + x^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]^{\frac{2-\gamma}{\gamma-1}} + \left[ 1 - \left( \frac{1-\gamma}{\gamma} \right) x^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] \geq (<) 0, \quad (1.111)$$

se e solo se:

$$x \geq (<) \left( \frac{1-\gamma}{\gamma} \right) x^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \equiv \tilde{x}, \quad (1.112)$$

dove cicli periodici a due periodi possono emergere se  $\phi'(x) = -1$ <sup>26</sup> al valore di stato stazionario di  $x$ . Concettualmente i cicli possono emergere perché l'accumulazione dei due stocks di capitale, quello pubblico e quello privato, sono determinati da fattori che possono essere inversamente correlati. Il primo, infatti, dipende essenzialmente dal gettito fiscale, mentre, il secondo, dal tasso di rendimento. Per cui si può affermare che:

**Proposizione 2** *Il processo di accumulazione del capitale privato e di quello pubblico può essere ciclico qualora l'elasticità di sostituzione fra i due stocks di capitale sia bassa ed il tasso di deprezzamento del capitale sia abbastanza alto.*

Un altro importante risultato del modello di Etro è quello di confermare le conclusioni standard sulla convergenza dei modelli neoclassici di crescita. Utilizzando una funzione di produzione Cobb-Douglas con rendimenti di scala crescenti in tutti gli inputs si ha:

$$y_t = k_t^\alpha G_t^{1-\alpha} \implies h(x) = x_t^\alpha. \quad (1.113)$$

Per ipotesi, le preferenze relative al consumo sono logaritmiche:

$$U = \log C_t + \left( \frac{1}{1+\rho} \right) \log C_{t+1}, \quad (1.114)$$

dove il tasso di preferenza intertemporale  $\rho \in (0, \infty)$  implica  $\psi = 1/(2+\rho)$ . Il sistema di equilibrio che ne deriva è:

$$\frac{k_{t+1}}{k_t} = \frac{(1 - \delta_k)(2 + \rho) + (1 - \tau)(1 - \alpha)x_t^{\alpha-1}}{(2 + \rho)} \quad (1.115)$$

<sup>26</sup>Questo caso corrisponde al modello di Barro (1990), dove però la spesa pubblica forniva beni e servizi non accumulabili.

$$\frac{G_{t+1}}{G_t} = 1 - \delta_{G_t} + \tau(1 - \alpha)x_t^\alpha, \quad (1.116)$$

riassumibile in:

$$x_{t+1} = \frac{(1 - \delta_k)(2 + \rho)x_t + (1 - \tau)(1 - \alpha)x_t^\alpha}{(2 + \rho)[1 - \delta_G + \tau(1 - \alpha)x_t^\alpha]} \equiv \phi(x, \tau), \quad (1.117)$$

con  $\phi(0, \tau) = 0, \phi_x(x, \tau) > 0, \phi_{xx}(x, \tau) < 0, \phi_x(0, \tau) \rightarrow \infty$  e  $\phi_x(\infty, \tau) \rightarrow 0$ <sup>27</sup>. Ne deriva che, partendo con un livello basso del rapporto tra capitale privato e capitale pubblico, esiste un unico sentiero di equilibrio stabile con tale rapporto crescente<sup>28</sup>. Il tasso di crescita dell'output lungo questo sentiero è:

$$\begin{aligned} \frac{y_{t+1}}{y_t} &= \left(\frac{k_{t+1}}{k_t}\right)^\alpha \left(\frac{G_{t+1}}{G_t}\right)^{1-\alpha} = \\ &= \left[ (1 - \delta_k) + (1 - \tau) \left(\frac{1 - \sigma}{2 + \rho}\right) x_t^{\alpha-1} \right]^\alpha [1 - \delta_G + \tau(1 - \alpha)x_t^\alpha]^{1-\alpha}, \end{aligned} \quad (1.118)$$

dove la derivata del tasso di crescita rispetto a  $x$  è positiva se e solo se:

$$x_t > \left(\frac{1 - \delta_G}{1 - \delta_k}\right) \left(\frac{1 - \tau}{\tau}\right) \left(\frac{1}{2 + \rho}\right). \quad (1.119)$$

Se si assume che gli stocks dei due tipi di capitale abbiano lo stesso tasso di deprezzamento, il tasso di crescita sarà sempre positivo in modo decrescente e quindi:

**Proposizione 3** *Un processo graduale di crescita è caratterizzato da una riduzione nel tempo del tasso di crescita della produzione, ovvero è coerente con l'ipotesi di convergenza internazionale nei livelli di infrastrutture e di reddito.*

Un altro punto analizzato dal modello di Etro è l'investimento, e relativa tassazione, come problema politico in senso generale. L'autore considera un basso investimento in infrastrutture motivato dalla

<sup>27</sup>Per dei più si ha:  $\phi_\tau(x, \tau) < 0, \phi_{\tau x}(x, \tau) < 0$  e  $\phi_{\tau\tau}(x, \tau) > 0$ .

<sup>28</sup>Viceversa, il rapporto tra capitale privato e pubblico è decrescente se il suo livello di partenza è alto.

mancata internalizzazione, da parte di ogni generazione, degli effetti positivi per le generazioni successive. Ogni periodo gli agenti, che vivono solo due periodi, votano sul livello di tassazione. L'utilità degli agenti nati al tempo  $t$  dipende dall'imposta  $\tau_t$  dello stesso periodo:

$$\begin{aligned} V(\tau_t) &= \log \left[ \frac{(1-\alpha)x_t^\alpha G_t(1-\tau_t)(1+\rho)}{2+\rho} \right] + \left[ \frac{1}{1+\rho} \right] \log \left[ (1+\alpha x_{t+1}^{\alpha-1}) \frac{(1-\alpha)x_t^\alpha G_t(1-\tau_t)}{2+\rho} \right] = \\ &= \left[ \frac{2+\rho}{1+\rho} \right] \log(1-\tau_t) + \left[ \frac{1}{1+\rho} \right] \log [1 + \alpha \phi(x_t, \tau_t)^{\alpha-1}] + \dots \quad (1.120) \end{aligned}$$

dove non sono riportate le parti che non dipendono da  $\tau$ . Dall'equazione (1.120) si capisce chiaramente che se è basso il valore dell'utilità futura, i benefici derivanti da un'elevata tassazione saranno anch'essi bassi. Di conseguenza la tassazione ottimale  $\tau_t^*$  per i giovani nati al tempo  $t$  deve rispettare:

$$\frac{(2+\rho)}{(1-\tau_t^*)} = \alpha(1-\alpha) \left[ -\frac{\phi_t(x_t, \tau_t^*) \phi(x_t, \tau_t^*)^{\alpha-2}}{1 + \alpha \phi(x_t, \tau_t^*)^{\alpha-1}} \right], \quad (1.121)$$

che definisce l'imposta ottima  $\tau_t^* = \tau^*(x_t)$  con derivata prima di segno ambiguo. Se l'elettore mediano fosse tra la popolazione giovane, allora la tassazione di equilibrio politico-economico sarebbe sempre  $\tau_t^* = \tau^*(x_t)$ , perché risulterebbero esattamente bilanciati gli svantaggi di un salario netto minore da giovani con i vantaggi di un maggiore investimento in infrastrutture che garantirebbe, grazie ad un aumento della produttività, un più elevato interesse sui risparmi della vecchiaia. Siccome gli agenti vivono solo due periodi, non considerano i vantaggi dell'investimento oltre il loro orizzonte temporale e, di conseguenza, la tassazione è sub-ottimale. Bassi livelli di investimento in infrastrutture, secondo l'autore sotto il 4%, scaturiscono da un quadro politico in cui non si tiene conto dei benefici per le generazioni future. L'analisi dell'equazione di moto della dinamica transizionale, però, non può escludere la possibilità di equilibri multipli, perciò:

**Proposizione 4** *Quando l'investimento in infrastrutture viene scelto politicamente ogni periodo, possono emergere equilibri politico-economici multipli nel lungo periodo, alcuni associati a basso investimento in infrastrutture e bassa crescita, altri ad alto investimento ed alta crescita.*

Si può dire che equilibri politico-economici inefficienti possono persistere lungamente quando ad un dato livello di bassa crescita dovuta alla carenza di infrastrutture rimane una maggioranza di cittadini che non reputa conveniente investire maggiormente in infrastrutture e non considera i benefici per le generazioni future.

La conclusione di Etro è che il livello ottimale di investimento in infrastrutture sia intorno al 10%, mentre la maggior parte dei Paesi occidentali si trova al 2%-4%. Il modello teorico fornito dall'autore trova una giustificazione politico-economica per questo livello di investimento così basso, però egli stesso nota che il concetto di infrastrutture utilizzato nell'analisi teorica è molto più estensivo di quello utilizzato dai sistemi di contabilità nazionale. Potrebbe quindi essere che il livello reale di investimento in infrastrutture non sia così lontano da quello ottimale secondo la teoria.

### 1.2.5 Conclusioni

Per concludere è opportuno schematizzare gli effetti che il capitale pubblico esercita sulle attività produttive secondo la moderna teoria economica:

1. **Effetto produttività:** un aumento dei servizi del capitale pubblico sposta verso il basso i costi di produzione delle imprese
2. **Effetto di non neutralità:** le imprese aggiustano la loro domanda di fattori produttivi se i servizi del capitale pubblico sono complementari o sostituti degli input privati
3. **Effetto di espansione dell'output:** la riduzione dei costi produttivi delle imprese potrebbe condurre a una riduzione dei prezzi dei beni e in questo modo stimolare la domanda e quindi l'offerta
4. **Effetto di compensazione:** il capitale pubblico può contribuire ad aumentare la produttività dei fattori produttivi, controbilanciando la tendenza alla riduzione della produttività marginale del capitale a seguito della sua accumulazione, consentendo tassi di crescita positivi anche nel lungo periodo

Il lavoro empirico del capitolo 3 sarà dedicato proprio all'identificazione di questi effetti, prestando particolare attenzione ai diversi settori economici, perché, come dice anche il De Viti, i benefici dei beni pubblici non sono gli stessi per differenti soggetti economici.

## Capitolo 2

# I modelli empirici

In questo capitolo sono illustrati i più noti risultati della letteratura empirica relativa al capitale pubblico. Saranno discusse le metodologie econometriche più diffuse, evidenziandone sia i vantaggi che i relativi limiti. L'ultimo paragrafo è dedicato alla letteratura sull'economia italiana e renderà anche conto dell'informazione disponibile in Italia riguardo al capitale pubblico.

### 2.1 Funzione di produzione

Nei primi studi empirici, per analizzare l'effetto del capitale pubblico sull'output dell'economia privata, si è spesso seguito l'approccio dal lato della produzione, in cui lo stock di capitale pubblico entra direttamente nella funzione di produzione insieme agli inputs privati oppure influenza la produttività in modo indiretto:

$$Y_t = A_t(G_t)f(L_t, K_t, G_t), \quad (2.1)$$

dove  $Y_t$  è l'output,  $L_t$  il fattore lavoro,  $K_t$  il capitale privato,  $A_t$  è la costante per la tecnologia e  $G_t$  è il capitale pubblico. La forma della funzione di produzione dice che tipo di effetto è verificato. L'effetto indiretto sarà analizzato alla fine di questo paragrafo, mentre il primo caso lo si può ridurre ad una funzione di produzione Cobb-Douglas del tipo:

$$Y = A_t L_t^\alpha K_t^\beta G_t^\gamma, \quad (2.2)$$

La derivata parziale della (2.2) rispetto ad uno degli inputs rappresenta la produttività marginale dell'input stesso, così, la derivata rispetto a  $G_t$ , è l'impatto che l'incremento marginale di capitale pubblico produce sull'output:

$$\frac{\partial Y_t}{\partial G_t} = \frac{\partial f(L_t, K_t, G_t)}{\partial G_t} \equiv f_{G_t}. \quad (2.3)$$

Nel caso specifico della Cobb-Douglas, la produttività marginale del capitale pubblico è data da:

$$f_{G_t}(L_t, K_t, G_t) = \gamma AL^\alpha K^\beta G^{\gamma-1} = \gamma \frac{Y_t}{G_t}. \quad (2.4)$$

L'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico, invece, è:

$$\epsilon_G = \left(\frac{G_t}{Y_t}\right) \left(\frac{\partial Y_t}{\partial G_t}\right) = \left(\frac{G_t}{Y_t}\right) f_{G_t} = \gamma. \quad (2.5)$$

Per assumere rendimenti di scala costanti in tutti gli inputs o solo in quelli primari è sufficiente imporre, rispettivamente,  $\alpha + \beta + \gamma = 1$ , per il primo caso, e  $\alpha + \beta = 1$ , per il secondo. Riscrivendo l'equazione (2.2) in logaritmi e dividendo entrambi i membri per  $K_t$ , si ottiene:

$$\ln \frac{Y_t}{K_t} = \ln A_t + \alpha \frac{L_t}{K_t} + \gamma \frac{G_t}{K_t}, \quad (2.6)$$

dove si sono implicitamente imposti rendimenti di scala costanti in tutti gli inputs. Inoltre, c'è da dire che un'assunzione implicita nella stima di una funzione di produzione è che i fattori produttivi sono esogeni, ipotizzando, quindi, che siano remunerati secondo la loro produttività marginale.

Nel suo noto lavoro, Aschauer (1989a) utilizza una funzione di produzione Cobb-Douglas del tipo appena definito, introducendo una variabile di trend come proxy di  $A_t$  e aggiungendo, tra le variabili esplicative, il tasso di utilizzo della capacità produttiva per rendere conto dell'influenza del ciclo economico. Molti autori, soprattutto i primi di questo filone di ricerca, si sono serviti di una funzione Cobb-Douglas, la quale, però, impone una forte limitazione alla tecnologia di produzione, poiché l'elasticità di sostituzione tra gli inputs è costante. Una sua generalizzazione, che non è stata spesso utilizzata da

questa letteratura, è la funzione di produzione translogaritmica, di cui la Cobb-Douglas rappresenta un caso speciale. Un notevole vantaggio è che diviene possibile, grazie ai prodotti incrociati delle variabili esplicative, tener conto dell'effetto procurato dall'interazione degli inputs:

$$\begin{aligned} \ln Y_t = & \ln A_t + \alpha_l \ln L_t + \beta_k \ln K_t + \gamma_g \ln G_t + \delta_{ll} \frac{1}{2} (\ln L_t)^2 + \delta_{kk} \frac{1}{2} (\ln K_t)^2 + \delta_{gg} \frac{1}{2} (\ln G_t)^2 + \\ & + \delta_{lk} \frac{1}{2} (\ln L_t \ln K_t) + \delta_{lg} \frac{1}{2} (\ln L_t \ln G_t) + \delta_{kl} \frac{1}{2} (\ln K_t \ln L_t) + \\ & + \delta_{kg} \frac{1}{2} (\ln K_t \ln G_t) + \delta_{gl} \frac{1}{2} (\ln G_t \ln L_t) + \delta_{gk} \frac{1}{2} (\ln G_t \ln K_t) \quad (2.7) \end{aligned}$$

La Tavola 2.1 e la Tavola 2.2 mostrano i risultati degli studi effettuati negli Stati Uniti e negli altri Paesi. L'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico, mostrata nell'ultima colonna delle tabelle, assume valori molto diversi e non sempre significativi. Soprattutto negli Stati Uniti sono stati usati dati a diversi livelli di aggregazione, sia statale, che locale. L'utilizzo di questi dati consentirebbero di evitare alcuni degli inconvenienti impliciti nell'uso di dati nazionali, quali l'uguaglianza della produttività marginale per tutti gli stati o un identico tasso di progresso tecnologico. Alcuni autori<sup>1</sup>, però, utilizzano per la stima metodi come i Minimi Quadrati Ordinari (OLS), che, non tenendo conto degli effetti statali specifici, producono stime distorte ed inconsistenti. Difatti, come sostiene Holtz-Eakin (1992), gli stati più ricchi sono naturalmente portati a spendere maggiormente in capitale pubblico, il che si rifletterà in una correlazione positiva tra gli effetti specifici statali ed il capitale pubblico.

Gli studi negli Stati Uniti con dati a livello nazionale trovano valori dell'elasticità rispetto al capitale pubblico tipicamente superiori a quelli riscontrati negli studi che usano dati geograficamente disaggregati. Munnell (1992) giustifica questa differenza tramite l'esistenza di effetti spillover, sostenendo che l'impatto del capitale pubblico si manifesti soprattutto a livello aggregato, perché difficilmente se ne possono catturare i benefici in un'area geograficamente piccola e limitata. Holtz-Eakin (1992) e Holtz-Eakin, Schwartz (1994), che utilizzando tecniche di dati panel sugli Stati americani per evitare gli inconvenienti insiti nell'uso di dati aggregati, non trovano un effetto significativo del capitale pubblico. Holtz-Eakin, Schwartz (1995), che stimano proprio gli effetti spillover delle infrastrutture stradali, trovano solo una piccola evidenza di tali spillovers. Hulten e Schwab (1991b) cercano di isolare gli

---

<sup>1</sup>Fra questi autori ci sono Munnell, Cook (1990) e Garcia-Milà, McGuire (1992).

effetti dell'esternalità positiva prodotta dal capitale pubblico focalizzando l'analisi sul settore manifatturiero, ma non trovano una correlazione significativa tra il tasso di crescita della produttività e quello del capitale pubblico.

La conclusione della prima ondata di studi, comunque, era quella di aver trovato un significativo effetto positivo del capitale pubblico sulla produttività del settore privato, dovuto, principalmente, ad una complementarità tra capitale pubblico e quello privato. Aschauer indica la diminuzione degli investimenti pubblici come la causa principale della caduta del tasso di crescita dell'economia americana. Tale posizione è diventata nota e riassunta dalla locuzione: *public capital hypothesis*.

Per un altro verso, a causa dei già menzionati problemi circa la forma funzionale utilizzata nella funzione di produzione e l'esogenità degli inputs, molti autori hanno criticato soprattutto l'affidabilità di questi risultati positivi, anche in ragione della loro vistosa variabilità. Alcuni autori, quali Aaron (1990) e Gramlich (1994), parlano esplicitamente di risultati implausibilmente alti. In particolare, i risultati positivi di Ratner (1983), Costa *et al.* (1987), Aschauer (1989a) e Munnell (1990a), sono stati più volte criticati da diversi economisti. Il primo argomento utilizzato è quello della presupposta relazione causale tra output e capitale pubblico. Eisner (1991) e Gramlich (1994), rispetto alle conclusioni dei fautori della *public capital hypothesis*, si domandano se non sia piuttosto stato il basso livello di crescita dell'output a determinare una caduta degli investimenti pubblici. Aschauer (1990) ha risposto a questo tipo di critica sottolineando che, effettivamente, le spese per infrastrutture non militari raggiungono un picco tra il 1965 e il 1968 per poi iniziare a calare vistosamente, mentre la produttività inizia a declinare nella metà degli anni '70. Inoltre, lo stesso Aschauer, per evitare di cadere in questo tipo di inconveniente, si è anche servito di variabili strumentali, con risultati che confermano la sua posizione. Del resto, anche altri autori, ad esempio Sturm (1998) per l'Olanda, dimostrano che il declino della produttività del settore privato è stato preceduto da una caduta degli investimenti pubblici.

Un modo efficace per catturare la relazione di causalità è quello di servirsi dello stimatore del Metodo Generalizzato dei Momenti (GMM), come hanno fatto Finn (1993) e Ai, Cassou (1995). Questo metodo, facendo ricorso ad una procedura che utilizza le variabili strumentali, consente di evitare la distorsione prodotta dalla presenza di un'eventuale relazione di causalità inversa. Entrambi gli autori trovano una significativa elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico: di 0.16, il primo e tra 0.15 e 0.2, il secondo.

Gramlich (1994) sottolinea l'esistenza di un'altra possibile fonte di distorsione dovuta alla simultaneità dei dati utilizzati nella stima. Infatti, anche se l'effetto dello stock di capitale pubblico fosse nullo, un aumento degli investimenti pubblici produrrebbe un aumento della domanda aggregata e dell'output che, nel breve periodo, potrebbe essere erroneamente scambiato per un effetto sulla produttività del settore privato.

Molti autori hanno criticato la specificazione del modello proposto da Aschauer (1989a). Secondo Tatom (1991), un problema di scorretta specificazione della funzione di produzione sarebbe la causa dell'elevata elasticità dell'output (0.39) rispetto allo stock di capitale pubblico rilevata da Aschauer. Egli sostiene, invece, che la causa del declino della produttività del settore privato, manifestatasi a partire dall'inizio degli anni '80, sia l'impennata del prezzo del petrolio durante il decennio precedente. Sarebbe stata, quindi, la crescita del prezzo dell'energia a rendere obsoleto ed inefficiente una parte dello stock di capitale privato, causando una caduta della sua produttività. Per queste ragioni, Tatom (1991) include il prezzo dell'energia nella specificazione della funzione di produzione e moltiplica il coefficiente della capacità produttiva utilizzata, sia per il capitale privato, che per quello pubblico. L'esito delle sue stime mostrano un modesto o insignificante effetto del capitale pubblico sul settore privato. Diversi autori, però, hanno criticato questa impostazione, perché non appare giustificabile inserire una variabile di prezzo in una funzione di produzione, nella quale trovano tipicamente posto i fattori produttivi e non il loro prezzo, che, invece, sarebbe da utilizzare all'interno di uno schema di costo. Per esempio, Duggal *et al.* (1995) insistono molto su questo punto, ritenendo che si sarebbe dovuto utilizzare l'energia come input produttivo e non il suo prezzo. La stessa critica è sollevata anche da Gramlich (1994).

Un'altro problema circa la specificazione del modello riguarda l'utilizzo del grado della capacità utilizzata. Come abbiamo visto, Aschauer (1989a) lo include tra le variabili esplicative per tener conto delle fasi del ciclo economico. Duggal *et al.* (1995) criticano questo tipo di impostazione, seguita anche da Hulten, Schwab (1991a) e da Sturm, De Haan (1995a), dove tale coefficiente viene incluso nella funzione di produzione come un fattore moltiplicativo per tutti gli inputs, per cui una sua variazione lascia invariati i rapporti di grandezza tra le produttività marginali dei diversi fattori produttivi. Questa ipotesi appare effettivamente molto restrittiva, come, del resto, sarebbe eccessivo anche non includere affatto il grado di utilizzo della capacità produttiva. Sturm, De Haan (1995a) e Sturm (1998) hanno mostrato, tuttavia, che questo non è un punto cruciale per le conclusioni da loro raggiunte.

Un altro tipo di specificazione presente in letteratura è quella adottata nel noto lavoro di Ford, Poret (1991). Questi autori hanno stimato una funzione di produzione per undici Paesi appartenenti all'OCSE, dove appare un solo input produttivo privato quale risulta da una combinazione di capitale privato e lavoro. Tale restrizione, seppure molto restrittiva, non è in nessun modo testata dagli autori e l' sito delle loro stime conferma un positivo effetto del capitale pubblico solo per quattro Paesi. Lo stesso approccio è seguito da Toen-Gout, Jongeling (1994) per l'economia olandese, con risultati molto significativi circa i benefici prodotti dal capitale pubblico. Il loro risultato è in contrasto con quelli di Sturm, De Haan (1995a), che, sempre per l'Olanda, non assumono la stessa restrizione.

Un'altra critica mossa ai risultati di Aschuer (1989a) riguarda la non stazionarietà dei dati da lui utilizzati, che potrebbero rendere spuria la regressione tra il capitale pubblico e l'output. Sturm, De Haan (1995a) hanno ristimato il modello di Aschuer (1989a) in differenze prima, ma i loro risultati non sono in grado di confermare pienamente quelli di Aschauer. L'utilizzo delle differenze prime consente di eludere le distorsioni causate dalla mancata stazionarietà dei dati in livelli, ma, come evidenziato da Munnell (1992) e da Duggal *et al.* (1995), non appare comunque una soluzione ottimale. Infatti, in questo modo, si pone l'attenzione solo sulle relazioni di breve periodo, distruggendo quelle di lungo periodo, che, di fatto, sono quelle che una funzione di produzione vorrebbe catturare. Alcuni autori, per risolvere questo problema, hanno stimato la funzione in livelli, verificando l'esistenza di una relazione di cointegrazione tra le variabili utilizzate. Tale relazione, però, non è stata sempre comprovata. Ad esempio Sturm, De Haan (1995a) concludono che il capitale pubblico e l'output del settore privato, in Olanda e negli Stati Uniti, non sono cointegrati. Esiti positivi, invece, sono rilevati da Bajo-Rubio, Sosvilla-Rivero (1993) per i dati spagnoli, da Lau, Sin (1997) per quelli statunitensi e da Otto-Voss per quelli australiani. L'analisi di cointegrazione è tipica dei modelli di serie storiche, ma è stata anche utilizzata in contesti di dati panel. Per esempio in Marcia-Milà *et al.* (1996) vengono testate, per gli Stati Uniti, varie specificazioni di una funzione di produzione con dati statali. La più soddisfacente, secondo gli autori, risulta essere quella in differenze prime con effetti fissi statali. Peraltro, l'esito delle stime non conferma l'esistenza di un significativo effetto del capitale pubblico sull'output privato, contraddicendo anche i loro stessi risultati precedenti (Marcia-Milà, McGuire 1992).

Un problema più generale, invece, riguarda l'opportunità stessa di utilizzare il capitale pubblico come un fattore produttivo all'interno di una funzione di produzione, così come il capitale privato ed il lavoro. Poiché non esiste un costo sostenuto a fronte dell'utilizzo del capitale pubblico, viene violata la

teoria standard della produttività marginale per la remunerazione dei fattori produttivi. Tale problema è esplicitamente sollevato, tra gli altri, da Aaron (1990) e da Duggal *et al.* (1995). Questo ultimo autore sviluppa un modello in cui, per una funzione di produzione Cobb-Douglas, un indice del livello di infrastrutture pubbliche non appare come un input, ma viene incorporato come un vincolo tecnologico. L'elasticità dell'output rispetto a questo indice infrastrutturale è quantificata in 0.27.

In letteratura è presente un altro approccio che utilizza le funzioni di produzione, noto come *contabilità della crescita*, la cui impostazione può essere riassunta nel modo seguente. Per prima cosa, si stima una funzione di produzione, per esempio una Cobb-Douglas, senza considerare il capitale pubblico. Se si assume che ogni input è remunerato secondo la sua produttività marginale, allora l'elasticità dell'output rappresenta anche la quota di reddito-prodotto pertinente all'input stesso. Di conseguenza, la cosiddetta multifactor productivity (MFP) o total factor productivity (TFP), può essere stimata come residuo, dato che tutti gli altri termini possono essere direttamente osservati. Il capitale pubblico, una volta incluso nella funzione, può incidere sulla MFP in due modi: direttamente, quale fattore produttivo come in Aschuer (1989a), oppure indirettamente, influenzando la produttività di uno o più fattori. Entrambi i modi determinano una distorsione della stima della MFP. Comparando la crescita di MFP con quella del capitale pubblico si ottengono indicazioni dell'importanza di questi effetti.

Hulten, Schwab (1991b) sono portati a concludere che il capitale pubblico non è determinante nella crescita della produttività totale dei fattori. Le loro stime indicano che la crescita del capitale pubblico, negli anni 1951-86, è maggiore negli stati americani della Sun Belt (nord e ovest), mentre la produttività cresce più velocemente nel resto del Paese. Simili risultati sono trovati anche nel loro lavoro del 1993.

Un risultato molto diverso è osservato da Erberts (1990) nell'analisi di 36 aree metropolitane tra il 1965 e il 1977. Per il periodo dal 1965-73, l'autore trova che la crescita dello stock di capitale pubblico ha un positivo impatto sulla crescita. Tale relazione, però, non è più verificabile nel successivo periodo (1973-77).

I lavori più recenti riscontrano tutti un notevole e significativo impatto esercitato dal capitale pubblico. Stephan (2000), Stephan (2003), Everaert e Helylen (2004), Annala, Batina, Feehan (2004) e Kamps (2004a) riportano tutti risultati positivi e robusti. Annala, Batina, Feehan (2004) studiano l'economia giapponese stimando anche una funzione di produzione per i singoli settori economia. Il valore dell'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico è di 0.119 a livello di economia aggregata. I dieci settori in cui scompongono l'economia, invece, mostrano un valore dell'elasticità che varia da -0.034

(settore Servizi) a 0.257 (settore Utilities). Oltre al settore Servizi, anche Trasporti e Comunicazioni e Commercio presentano elasticità negative: rispettivamente -0.161 e -0.002.

Kamps (2004a) compie un ampio studio di 22 Paesi Ocse e, utilizzando alternative fonti per misurare il capitale pubblico, riscontra un suo effetto positivo praticamente in tutti i casi.

Infine, Zegeye (2000) costruisce una funzione di produzione translogaritmica del settore manifatturiero per un panel di 1500 contee di 50 Stati americani. I suoi risultati indicano che esiste un effetto significativo del capitale pubblico, ma modesto.

## 2.2 Funzione di costo e funzione di profitto (*behavioural approach*)

Mentre la funzione di produzione consiste, in sostanza, in una relazione tra inputs ed uno o più outputs (dove riamangono latenti i presupposti economici), una funzione di costo adotta esplicitamente, come ipotesi, il comportamento ottimale degli agenti. Data una funzione di costo, sotto certe condizioni di regolarità, si può derivare un'unica funzione di produzione applicando il teorema della dualità di Diewert (1974). Un tipico modo di specificare una funzione di costo è quello di immaginare un'impresa che voglia produrre un certo livello di output  $Q_t$  minimizzando i suoi costi  $C$  determinati dall'impiego di  $i$  fattori produttivi. Poiché i prezzi  $p_t^i$  dei fattori produttivi sono esogenamente determinati, il comportamento ottimizzante dell'impresa si traduce nella scelta delle quantità di inputs  $x_t^i$  di cui servirsi. In alternativa si può assumere che l'impresa voglia massimizzare i suoi profitti  $\Pi$  scegliendo un opportuno livello di produzione, dati sia il prezzo degli inputs, che quello dell'output  $P_t$ .

Nel primo caso si ha:

$$C(p_t^i, x_t^i, A_t, G_t) = \min_{x_t^i} \sum_i p_t^i x_t^i$$

$$s.t. \quad Q_t = f(x_t^i, A_t, G_t) \quad (2.8)$$

Mentre, per la massimizzazione del profitto:

**Tavola 2.1**

Studi che utilizzano la funzione di produzione per gli Stati Uniti

<i>Autore</i>	<i>Aggregazione</i>	<i>Specificazione</i>	<i>Dati</i>	$\epsilon_G$
Holtz-Eakin (1988)	Nazionale	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1950-73	0.39
Ratner (1989)	Nazionale	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1949-73	0.06
Aschauer (1989a)	Nazionale	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1966-85	0.39
Ram, Ramsey (1989)	Nazionale	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1949-85	0.24
Aaron (1990)	Nazionale	Cobb-Douglas; log L, $\Delta$	serie storiche, 1952-85	nr
Munnell (1990a)	Nazionale	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1949-87	0.31-0.39
Ford, Poret (1991)	Nazionale	Cobb-Douglas; log $\Delta$	serie storiche, 1957-89	0.39-0.54
Tatom (1991)	Nazionale	Cobb-Douglas; log $\Delta$	serie storiche, 1949-89	ns
Hulten, Schwab (1991a)	Nazionale	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1949-85	nr, ns
Finn (1993)	Nazionale	Cobb-Douglas; log $\Delta$	serie storiche, 1950-89	0.16
Eisner (1994)	Nazionale	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1961-91	0.27
Duggal <i>et al.</i> (1995)	Nazionale	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1960-90	0.27
Sturm, De Haan (1995a)	Nazionale	Cobb-Douglas; log L, $\Delta$	serie storiche, 1949-85	0.41, ns
Ai, Cassou (1995)	Nazionale	Cobb-Douglas; log $\Delta$	serie storiche, 1947-89	0.15-0.20
Lau, Sin (1997)	Nazionale	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1952-89	0.11
Costa <i>et al.</i> (1987)	48 stati	Translog; L	cross-section, 1972	0.19-0.26
Merriman (1990)	48 stati	Translog; L	cross-section, 1972	0.20
Munnell, Cook (1990)	48 stati	Cobb-Douglas; log L	pooled cross-sect., 1970-86	0.15
Aschauer (1990c)	50 stati	Cobb-Douglas; log L	cross-sect.media, 1965-83	0.055-0.11
Eisner (1991)	48 stati	Cobb-Douglas, translog; log L	pooled cross-sect., 1970-86;	0.17
			serie storiche, 1970-86	ns
Garcia-Milà, McGuire (1992)	48 stati	Cobb-Douglas; log L	dati panel, 1969-82	0.04-0.05
Holtz-Eakin (1992)	48 stati	Cobb-Douglas; log L	dati panel, 1969-86	ns
Munnell (1993)	48 stati	Cobb-Douglas; log L	pooled cross-sect., 1970-86	0.14-0.17
Pinnoi (1994)	48 stati	Translog; L	dati panel, 1970-86	-0.11-0.08
Evans, Karras (1994a)	48 stati	Cobb-Douglas, translog; log L, $\Delta$	dati panel, 1970-86	ns, (istruz. s)
Baltagi, Pinnoi (1995)	48 stati	Cobb-Douglas; log L	dati panel, 1970-86	ns
Garcia-Milà <i>et al.</i> (1996)	48 stati	Cobb-Douglas; log $\Delta$	dati panel, 1970-83	ns
Eberts (1986)	aree metrop.	Translog; L	dati panel, 1958-78	0.03-0.04
Duffy-Deno, Erberts (1991)	aree metrop.	Translog; L	dati panel, 1958-85	0.08
Zegeye (2000)	1500 contee	Translog; L	dati panel, 1982-92	0.03, s

*Note:* L = livelli;  $\Delta$  = tassi di crescita; r = robusto; nr = non robusto; s = significativo; ns = non significativo; aree metrop. = aree metropolitane

**Tavola 2.2**

Studi che utilizzano la funzione di produzione in altri Paesi

<i>Autore</i>	<i>Paese</i>	<i>Specificazione</i>	<i>Dati</i>	$\epsilon_G$
Mera (1973)	regioni Giappone	Cobb-Douglas; log L	dati panel, 1954-63	0.12-0.50
Aschauer (1989c)	Paesi G-7	Cobb-Douglas; log $\Delta$	dati panel, 1966-85	0.34-0.73
Merriman (1990)	regioni Giappone	Translog; L	dati panel, 1954-63	0.43-0.58
Ford, Poret (1991)	11 Paesi OCSE	Cobb-Douglas; log $\Delta$	serie storiche, 1960-89	s 4 Paesi
Berndt, Hasson (1991)	Svezia	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1960-88	misti
Argimòn <i>et al.</i> (1993)	Spagna	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1964-88	0.18
Bajo-Rubio, Sosvilla (1993)	Spagna	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1964-88	0.19
Mas <i>et al.</i> (1993)	regioni Spagna	Cobb-Douglas; log L	dati panel, 1980-89	0.21
Prud'homme (1993)	Francia	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1970-91	0.08
Evans, Karras (1994b)	7 Paesi OCSE	Cobb-Douglas; log $\Delta$	dati panel, 1963-88	0.18
Mas <i>et al.</i> (1994a)	regioni Spagna	Cobb-Douglas; log L	dati panel, 1980-89	0.24
Otto, Voss (1994)	Australia	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1966-90	0.38-0.45
Toen-Gout, Jongeling (1994)	Olanda	Cobb-Douglas; log $\Delta$	serie storiche	0.37
Sturm, De Haan (1995a)	Olanda	Cobb-Douglas; log L, $\Delta$	serie storiche, 1960-90	r, s
Dalmagas (1995)	Grecia	Translog; L	serie storiche, 1950-92	0.53
Mas <i>et al.</i> (1996)	regioni Spagna	Cobb-Douglas; log L	dati panel, 1980-89	0.08
Otto, Voss (1996)	Australia	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1959-92	0.17
Wylie (1996)	Canada	Cobb-Douglas; translog	serie storiche, 1946-91	0.11-0.52
Kavanagh (1997)	Irlanda	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1958-90	s
Nazmi, Ramirez (1997)	Messico	Cobb-Douglas; log $\Delta$	serie storiche, 1950-90	usa invest., s
Stephan (2000)	Germania	Cobb-Douglas; log L	serie storiche, 1970-95	0.11
Stephan (2003)	Germania	Cobb-Douglas; log L, $\Delta$	dati panel, 1970-96	0.65(L); 0.38( $\Delta$ )
Everaert, Helylen (2004)	regioni Belgio	Translog; L	serie storiche, 1965-96	0.31
Annala, Batina, Feehan (2004)	Giappone	Cobb-Douglas; log $\Delta$	serie storiche, 1970-98	0.119
Kamps (2004a)	22 Paesi OCSE	Cobb-Douglas; log L	dati panel, 1960-2001	sempre positiva

*Note:* L = livelli;  $\Delta$  = tassi di crescita; r = robusto; nr = non robusto; s = significativo; ns = non significativo;

$$\Pi(P_t, p_t^i, x_t^i, A_t, G_t) = \max_{Q_t, x_t^i} P_t Q_t - \sum_i p_t^i x_t^i$$

$$s.t. Q_t = f^i(x_t^i, A_t, G_t). \quad (2.9)$$

Il comportamento dell'impresa tiene conto delle conoscenze tecniche e, più in generale, dell'ambiente in cui opera. Nelle equazioni precedenti, il livello della tecnologia è rappresentato dal parametro  $A_t$ , mentre molti studi preferiscono catturarlo tramite una variabile temporale di trend. L'infrastruttura pubblica  $G_t$  è una variabile ambientale che verosimilmente condiziona il comportamento dell'impresa. Lo stock di capitale pubblico entra quale argomento della funzione di produzione, e allo stesso modo nella funzione di costo o di profitto, come un fattore produttivo gratuito. Naturalmente, le imprese versano le tasse allo Stato che potrebbero essere considerate come un prezzo pagato per i servizi pubblici. Ma poiché questa relazione non è direttamente identificabile e le imprese non hanno il controllo del livello di capitale pubblico che lo Stato fornisce, tutti gli studi trattano questi servizi come fattori gratuiti della produzione.

Dal punto di vista operativo, la funzione duale è, di solito, una trascendentale logaritmica o una funzione generalizzata di Leontief o di Mcfadden. Applicando il Lemma di Shepard alla funzione di costo è possibile ricavare la domanda condizionata dei fattori. In questo modo si ottiene un sistema di equazioni, che viene stimato, di solito, con il metodo SURE reiterato oppure con la funzione di massima verosimiglianza, in modo da ottenere stime più efficienti grazie all'utilizzo di maggiore informazione.

La Tavola 2.3 riporta i più importanti lavori che hanno utilizzato una funzione di costo o di profitto. La maggior parte dei risultati dice che il capitale pubblico diminuisce i costi del settore privato o ne aumenta i profitti, sebbene tali risultati siano, con poche eccezioni, significativamente più piccoli di quelli individuati dal pionieristico lavoro di Aschauer. Inoltre, si può affermare, che la maggior parte degli autori trova una relazione di sostituzione tra capitale pubblico ed lavoro (ed anche beni intermedi quando sono presenti nella specificazione funzionale), mentre emerge una complementarità tra il capitale pubblico e quello privato. Un altro risultato comune a molti studi è il rifiuto dell'ipotesi di rendimenti costanti di scala in tutti gli inputs. Eccezioni sono Lynde (1992), Lynde e Richmond (1992) e Conrad,

**Tavola 2.3**

Studi che utilizzano la funzione di costo o di profitto

<i>Autore</i>	<i>Funzione</i>	<i>Dati</i>	<i>G</i>	<i>elasticità</i>	<i>sostit. G</i>	<i>compl. G</i>
Berndt, Hansson(1991)	costo: L	US, 1960-88	core	0.06-0.17		
Conrad, Seitz(1992)	costo: T	Germania, P, 4 settori, 1961-88	core	costo: -0.07; -0.22	M	K, L
Conrad, Seitz(1994)	costo: T	Germania, P, 3 settori, 1961-88	core		L	K
Dalmagas(1995)	costo: T	Grecia, 1950-92,(manif.)	invest. totale	costo: -2.35	K, L	
	II: T	Grecia, 1950-92,(manif.)	infrastr.; edu.	infrastr.: output: 1.06	edu.: K, L	infr.:K, L
Deno(1988)	II: T	Usa, P, 36 aree metropol., 1970-78,(manif.)	core	output: 0.69		K, L
Keeler, Ying(1988)	costo: T	Usa, P, 9 regioni, 1950-73,(trasporto)	strade			
Kitterer, Schlag(1995)	costo: T	Germania, 1961-88	totale, core	costo: -0.01	L	K
Lynde(1992)	II: C-D	Usa, 1958-88	totale; federale; s-l			
Lynde, Richmond(1992)	costo: T	Usa, 1958-89	totale; federale; s-l			
Lynde, Richmond(1993a)	costo: T	Uk, 1966:I-90:II,(manif.)	totale	output: 0.20	L	K
Lynde, Richmond(1993b)	II: T	Usa, 1958-89	totale	output: 0.20		
Morrison, Schwartz(1992)	costo: L	Usa, P, 49 stati, 1970-87,(manif.)	core	costo: 0.07; -0.17		K, L
Shah(1992)	costo: T	Messico, P, 26 settori, 1970-87,(manif.)	core	output: 0.05	M	K (lungo)
Morrison, Schwartz(1996)	costo: L	Usa, P, 6 stati New Engl., 1970-78,(manif.)	core			
Nadiri, Mamuneas(1994a)	costo: C-D	Usa, P, 12 settori, 1956-86, (manif.)	tot, R&D	costo: -0.11; -0.21		
Nadiri, Mamuneas(1994b)	costo: C-D	Usa, P, 12 settori, 1956-86, (manif.)	tot, R&D	costo: -0.10; -0.21	M	K, L
Seitz(1993)	costo: L	Germania, P, 31 settori, 1970-89,(manif.)	strade		L	K
Seitz(1994)	costo: L	Germania, P, 31 settori, 1970-89,(manif.)	totale, core		L	K
Seitz, Licht(1995)	costo: T	Germania, P, 11 stati, 1971-88,(manif.)	totale	costo: -0.10; -0.36	L	K
Katz, Bye (1995)	costo: T	Norvegia, 6 settori, 1971-1991	trasporto	costo: 0; -0.04	L	K
Sturm, Kuper(1996)	costo: T	Olanda, P, 5 settori, 1953-87,(manif.)	totale; infrastrutt.	output: 0.20; 0.25		L, E
Nadiri, Mamuneas(1996)	costo: T	Usa, 35 settori, 1950-1989	autostrade	costo: -0.146; -0.22(manifatt.)		
				costo: 0.02; -0.06(non-manifatt.)		
Sturm(1997)	costo: Mc	Olanda, 1953-93	infrastrutture	costo: -0.2; -0.3		
Demetriades, Mamuneas(2000)	II: Mc	12 Paesi OCSE, P, 1972-91	infrastrutture	output (breve): 0.35; 2.056		
Albala, Mamatzakis(2001)	costo: T	Cile, 1960-98	core		L	K
Paul(2003)	costo: T	Australia, 7 settori, 1969-1996	totale	costo: -0.48; -1.27	K, L	
Harchaoui, Tarkani(2003)	costo: T	Canada, 37 settori, 1961-2000	totale	costo: -0.00125; -0.12	L	K

*Note:* Funzione: T = Translogaritmica, C-D = Cobb-Douglas, L = generalizzata Leontief, Mc = simmetrica generalizzata McFadden; Data: P = dati panel; G = capitale pubblico: definizione di capitale pubblico utilizzata, s-l = statale e federale; K = capitale, L = lavoro, E = energia

Seitz (1992, 1994), che rifiutano anche l'omogeneità lineare dei prezzi della funzione di costo, la quale viene, generalmente, assunta in tutti gli studi.

Diversi autori aggiustano lo stock di capitale pubblico per un indice che ne rifletta l'uso da parte del settore privato. L'indice che di solito viene utilizzato è il tasso di utilizzazione della capacità produttiva e gli studi che seguono tale approccio sono: Conrad, Seitz (1994); Deno (1988); Nadiri, Mamuneas (1994a); Seitz (1994); Shah (1992). Poiché il tasso di utilizzazione della capacità produttiva non è sempre disponibile, alcuni autori, per esempio Paul (2003), lo sostituiscono con un coefficiente che rappresenta il livello di attività dell'unità produttiva analizzata (tipicamente imprese o settori economici) costruito come il rapporto tra il suo valore aggiunto e il Pil. Esistono varie ragioni teoriche che giustificano l'utilizzo di queste procedure di aggiustamento. Innanzitutto lo stock di capitale pubblico è un bene pubblico che ogni impresa deve condividere con le altre. In molti casi l'input pubblico è soggetto a congestione, per cui il suo utilizzo da parte di un soggetto ne riduce inevitabilmente l'ammontare disponibile per il resto dell'economia. Rimane tuttavia dubbio il fatto che il tasso di utilizzo della capacità produttiva consenta effettivamente di rendere conto del fenomeno del congestionamento delle infrastrutture. Un'altra argomentazione teorica suggerisce (Shah, 1992 e Seitz, 1993) che le imprese hanno un qualche controllo sulle infrastrutture esistenti, perché possono scegliere di quali servirsi. E, come sottolineato da Hulten (1990), l'utilizzo di una determinata infrastruttura incrementa direttamente l'intensità del suo sfruttamento, che sarebbe, quindi, direttamente collegato al livello di attività e al grado di utilizzo del capitale privato dell'impresa stessa. Tuttavia alcuni autori ritengono che questa sia semplicemente una via per aumentare, artificiosamente, la variabilità dei dati in modo da evadere il problema della multicollinearità.

Sono pochi gli autori che, utilizzando il behavioural approach, controllano per la stazionarietà o cointegrazione delle serie. Per risolvere il problema della non-stazionarietà dei dati, Lynde e Richmond (1993a, 1993b) utilizzano un modello a correzione di errore (ECM), che consente anche di strutturare il modello in maniera dinamica. Difatti, l'approccio standard, essendo di tipo statico, incontra delle difficoltà di ordine teorico a causa delle ipotesi molto forti implicitamente assunte circa l'aggiustamento ottimale delle variabili nel tempo. Tali perplessità riguardano soprattutto il sentiero di aggiustamento del capitale privato. Questi problemi si manifestano tipicamente, a livello econometrico, tramite l'autocorrelazione dei residui del modello stimato. Stimando un modello statico, quindi, diviene essenziale controllare l'assenza di autocorrelazione nei residui per verificare la bontà delle stime. Questa impostazione

è correttamente seguita, ad esempio, da Sturm e Kuper (1996), i quali, rilevando autocorrelazione nel loro modello statico, adottano una rappresentazione ECM. Sfortunatamente le stime del loro modello dinamico incontrano altre difficoltà, poiché non riescono a rispettare tutte le condizioni del primo ordine e di regolarità.

Un modo semplice e molto usato in letteratura per calcolare i benefici marginali totali del capitale pubblico è sommare i benefici per tutte le imprese private<sup>2</sup>. Un modo altrettanto semplice per determinare la quantità ottimale da fornire di capitale pubblico è calcolare il livello di infrastrutture per cui i benefici marginali totali sono uguali ai costi marginali. Calcolare il costo marginale del capitale pubblico rappresenta una notevole difficoltà, per cui, di solito, viene approssimato servendosi del tasso di interesse di un titolo di debito pubblico a lunga scadenza. Seguendo questa impostazione, Berndt e Hansson (1991) riportano un eccesso di capitale pubblico per l'economia statunitense che sarebbe, poi, sfumato nel tempo. Shah (1992) registra un sottodimensionamento delle infrastrutture in Messico. Una strada diversa è proposta da Conrad e Seitz (1994), che confrontano il beneficio marginale totale del capitale pubblico con il prezzo del capitale privato: se il primo supera il secondo, allora vi è carenza di capitale pubblico e viceversa se il primo è minore del secondo. Applicando questo criterio, i due autori trovano che, nel periodo 1961-1979, vi è un eccesso di capitale pubblico per l'economia tedesca, mentre registrano una carenza dello stesso dal 1980 al 1988.

Katz, Bye (1995) stimano una funzione di costo translogaritmica che include le infrastrutture di trasporto pubblico tra gli inputs. Gli autori dividono l'economia privata norvegese in sei macrosettori, perché, come dicono a pagina 17: *This is particularly important since different industries require different kinds and amounts of public transport infrastructure capital in the production process.* Le conclusioni di questo lavoro sono che per quasi tutti i settori gli investimenti in infrastrutture di trasporto hanno ridotto i costi privati di produzione in modo significativo e condizionato la domanda di fattori produttivi privati. Questi effetti, invece, sembrano essere non statisticamente rilevanti a livello aggregato dell'intera economia.

Nadiri e Mamuneas (1996) svolgono un ampio studio sull'effetto della rete autostradale utilizzando una funzione di costo translogaritmica. I due autori utilizzano un modello che comprende sia la domanda che l'offerta di fattori produttivi per 35 settori dell'economia statunitense. Per ciascuno di questi, ven-

---

<sup>2</sup>Ai benefici delle imprese andrebbero aggiunti quelli procurati ai consumatori, così definendo, nel modo più corretto, il beneficio marginale sociale.

gono stimati le funzioni di costo e di domanda, i cui parametri sono usati per scomporre la crescita della Produttività Totale dei Fattori (TFP). I risultati delle elasticità del costo rispetto al capitale autostradale mostrano valori molto diversi tra i differenti settori. Le elasticità di costo per le industrie manifatturiere variano da -0.146 a -0.22, mentre per gli altri settori l'elasticità è compresa tra 0.02 e 0.06. I benefici marginali risultano crescere dal 1950 al 1969, ma decrescere dal 1970 al 1989 per ogni settore. Sembra, quindi, che gli investimenti per le autostrade abbiano generalmente un impatto negativo sulle industrie private, aumentando i loro costi. Tale risultato non è solo contrario alla comune intuizione, ma anche ai risultati di Fernald (1999). C'è da dire, però, che Nadiri e Mamuneas (1996) trovano anche evidenza del fatto che le infrastrutture autostradali contribuiscono significativamente alla crescita e alla produttività di quasi tutte le industrie. Questi effetti positivi non si verificano solo in alcune industrie non manifatturiere, dove, secondo gli autori, lo stock autostradale è disponibile per un livello superiore a quello necessario.

Demetriades e Mamuneas (2000) utilizzano un modello di ottimizzazione intertemporale basato su una funzione di profitto quadratica per studiare gli effetti del capitale pubblico sull'offerta di output e sulla domanda di inputs di 12 Paesi Ocse per il periodo 1972-91. Gli autori trovano che il capitale pubblico esercita un effetto positivo di lungo periodo, sia sull'offerta di output, che sulla domanda di inputs. Verificano, inoltre, che, il tasso di ritorno dello stock di capitale pubblico declina durante il tempo. Questi risultati sottolineano l'esistenza di un livello insufficiente di capitale pubblico all'inizio del periodo considerato. Tale deficit infrastrutturale viene poi colmato da quasi tutti i Paesi verso l'inizio degli anni '90.

Albala-Bertrand e Mamatzakis (2001) utilizzano una funzione di costo translogaritmica per studiare l'economia cilena da 1960 al 1998. Come capitale pubblico utilizzano solo la parte *core* delle infrastrutture pubbliche e sommano la parte *no-core* al capitale privato per ottenere il capitale non-infrastrutturale. Le loro conclusioni sono che lo stock di capitale pubblico riduce i costi di produzione dell'economia per l'intero periodo e aumenta la produttività a partire dalla metà degli anni '70. Inoltre, per gli stessi anni, capitale infrastrutturale e capitale non-infrastrutturale appaiono essere complementari, mentre capitale pubblico e lavoro sembrano essere sostituiti solo nel periodo 1960-73. Riguardo gli altri periodi, non sembra esserci una particolare relazione tecnologica tra capitale infrastrutturale e gli altri inputs della produzione.

Harchaoui, Tarkani (2003) stimano un modello basato su una funzione di costo translogaritmica per

37 settori economici dell'economia canadese per il periodo 1961-2000. L'elasticità del costo rispetto al capitale pubblico varia tra le diverse industrie in modo significativo. Il maggiore impatto si registra nei settori del Commercio all'ingrosso (-0.12), Commercio al dettaglio (-0.11), e Trasporto (-0.09); quello minore nel settore della Pesca (-0.00125).

Paul (2003) esamina gli effetti del capitale pubblico sulla struttura del costo e della produttività dei settori privati dell'economia Australiana dal 1969 al 1996. Anche lui si serve di una funzione di costo translogaritmica e trova risultati molto differenti per le diverse industrie. L'elasticità del costo rispetto al capitale pubblico varia tra -1.27 del settore Costruzioni e -0.48 del settore Minerario. Inoltre l'autore rileva una relazione di sostituzione tra capitale pubblico e gli altri fattori della produzione per quasi tutte le industrie.

### **2.3 Modelli VAR**

Un'altra linea di ricerca, ampiamente sviluppata dalla letteratura empirica, si serve di un tipico modello delle serie storiche: i VAR. Si tratta di un approccio decisamente orientato all'interpretazione dei dati, cercando di imporre il minore numero di restrizioni e ipotesi teoriche a priori. In questo modo, si vorrebbero superare alcuni limiti, in particolare quelli teorici, delle metodologie di cui si è discusso in precedenza. In un modello VAR si definiscono alcune variabili che sono spiegate dai ritardi stessi e da quelli di altre variabili, così da trattare tutte le variabili come simultaneamente determinate. Se ritenuto necessario sono incluse anche alcune variabili deterministiche, per esempio il trend o la costante. Tipico di questa metodologia è l'utilizzo del test di causalità di Granger, per spiegare, in modo strettamente statistico, in nesso di causalità tra le variabili. Il test di Granger vuole verificare se l'andamento di una variabile può spiegare il sentiero percorso nel tempo da un'altra variabile. Naturalmente la questione è di grande interesse e, per questo, largamente utilizzata, anche se alcune delle sue stesse implicazioni sono tuttora oggetto di dibattito.

Un modello VAR può essere anche utilizzato per analizzare la cosiddetta funzione di impulso-risposta, che ha lo scopo di osservare la risposta delle variabili a differenti shocks. Riscrivendo il VAR nella sua rappresentazione in forma di Vettore a Media Mobile (VMA) diviene possibile tracciare l'impatto degli shocks sull'andamento nel tempo delle variabili cointegrate del sistema stimato. Comunque, esistendo varie rappresentazioni VMA equivalenti per uno stesso VAR, è necessario imporre alcune

restrizioni economiche per risolvere il problema dell'identificazione del modello<sup>3</sup>. Inoltre il modello deve essere sufficientemente stabile per essere trattato in questo modo, cioè le variabili devono essere necessariamente stazionarie o cointegrate. Se nessuna di queste condizioni dovesse verificarsi, allora, come mostrato da Johansen (1988, 1991), è possibile risolvere il problema includendo nel sistema di equazioni un meccanismo a correzione di errore (VECM).

Una caratteristica del VAR è che non sono imposte a priori delle relazioni di causalità o altre assunzioni derivanti dalla teoria economica, cosa, invece, necessaria sia nelle funzioni di produzioni, che nell'approccio duale. Per esempio, un VAR potrebbe rilevare una relazione che va dall'output al capitale pubblico, cioè l'opposto di quello che viene normalmente assunto.

Da questa caratteristica dei VAR, deriva un'altro importante vantaggio: la possibilità di utilizzare, per la stima del modello, direttamente gli investimenti in luogo degli stock di capitale. La cosa è tutt'altro che priva di interesse, poiché i dati sull'investimento sono sempre più facili da reperire rispetto a quelli di stock.

Si noti che, poiché l'approccio VAR non rivela completamente il processo di produzione sottostante al modello esplicativo, il solo modo per ottenere delle elasticità stimate è attraverso la funzione di impulso-risposta, che stima gli effetti di lungo periodo in risposta dei vari shocks.

La Tavola 2.4 riporta alcuni dei lavori che utilizzano la metodologia VAR per studiare gli effetti del capitale/investimento pubblico sull'economia privata.

Clarida (1993), utilizzando le tecniche di proposte da Johansen (1988, 1991), trova che le serie storiche di multifactor productivity (MFP) e capitale pubblico in Usa, Francia, Germania e Regno Unito sono cointegrate, sebbene non singolarmente stazionarie. Le sue stime, però, non rilevano una chiara relazione di causalità tra le variabili. Il test di Granger, difatti, mostra una bidirezionalità tra capitale pubblico e produttività. Utilizzando una funzione di risposta ad impulso osservano gli effetti degli shocks sulle variabili.

McMillan e Smith (1994) cercano di seguire la struttura utilizzata della letteratura sulle funzioni di produzione in modo da poter ottenere risultati confrontabili. Le variabili che definiscono il loro modello VAR sono l'output del settore privato per unità di capitale privato ( $Q/K$ ), le ore di lavoro per unità

---

<sup>3</sup>Questo contraddice la ragione stessa dei presunti vantaggi del VAR, cioè la sua estraneità ad ipotesi di teoria economica.

Tavola 2.4

## Approccio VAR

<i>Autore</i>	<i>Dati</i>	<i>Modello</i>	<i>Conclusioni</i>
Clarida (1993)	Usa, Francia, Germania, Uk	VECM	MFT e capitale pubblico sono cointegrati, ma causalità non chiara
McMillan, Smith (1994)	Usa	VAR	effetto capitale pubblico non significativo
Crowder, Himarios (1997)	Usa	VECM	effetto capitale pubblico significativo
Sturm <i>et al.</i> (1995)	Olanda	VAR	infrastrutture influenzano (Granger) output
Otto, Voss (1996)	Australia	VAR	capitale pubblico non influenza lavoro e capitale privato
Ramirez (1998)	Cile	VAR	capitale privato influenza positivamente capitale pubblico
Ghali (1998)	Tunisia	VECM	effetto positivo del capitale pubblico su produttività
Sturm <i>et al.</i> (1999)	Olanda	VAR	effetto negativo di investimento pubblico su crescita e investimento privato
Mittnik, Neumann (2001)	Canada, Francia, Giappone, Uk, Olanda, Germania	VECM	effetto positivo investimento pubblico nel breve periodo, ma non nel lungo
Everaet (2002)	Belgio	VECM	effetto positivo dell'investimento pubblico su crescita
Voss (2002)	Usa, Canada	VAR	investimento pubblico spiazza quello privato
Andraz, Pereira (2003)	Usa	VECM	effetto positivo dell'invest. pubbl. su output e investimento settori privati
Ashipala, Haimbodi (2003)	Namibia, Sud Africa, Botswana	VECM	effetto capitale pubblico non significativo
Annala, Batina, Feehan (2004)	Giappone	VECM	effetto capitale pubblico positivo su economia aggreg. (negativo alcuni settori)
Kamps (2004b)	22 Paesi Ocse	VECM	per quasi tutti i Paesi effetto positivo e significativo

*Note:* MFP: multifactor productivity

di capitale privato ( $H/K$ ), il capitale pubblico per unità di capitale privato ( $G/K$ ), il prezzo relativo dell'energia ( $P^E/P^Q$ ) e il tasso d'inflazione  $\pi$ . Ovviamente alcune di queste variabile, come il tasso di inflazione o il prezzo dell'energia, non sono normalmente incluse in una tipica funzione di produzione. Gli autori stimano il modello sia in livelli, che in differenze prime. McMillan e Smith (1994) non testano la stazionarietà dei dati e, per questo, inseriscono un termine di trend in ogni equazione del modello in livelli, ma non in quello in differenze prime. I due autori utilizzano una funzione di risposta ad impulso per osservare gli effetti degli shocks sulle variabili e calcolano la parte di errore di previsione che può essere attribuita ad ogni variabile tramite l'analisi di decomposizione delle varianze. Per entrambi i modelli da loro stimati ottengono la stessa conclusione: il capitale pubblico non riesce a spiegare in modo significativo l'andamento della produzione. Tuttavia, applicando la scomposizione di Cholesky della matrice di covarianza, convertono il VAR in una rappresentazione VMA. Questo approccio necessita di ordinare le variabili da quella che si ipotizzi abbia maggiore influenza sul sistema a quella che dovrebbe averne meno. Per variabile di maggiore influenza si intende quella che, nello stesso periodo, riflette sulle altre uno shock che interviene sulla variabile stessa. L'ordine scelto dagli autore è:  $(P^E/P^Q)$ ,  $\pi$ ,  $(G/K)$ ,  $(H/K)$ ,  $(Q/K)$ . Questo ordine, con  $(Q/K)$  in ultima posizione, appare compatibile con le ipotesi dei modelli che utilizzano la funzione di produzione, perché questi trattano l'output come una variabile endogena. Purtroppo l'ordine delle variabili, che potrebbe rivelarsi rilevante per gli esiti delle stime, non può essere scelto che in modo sostanzialmente arbitrario. L'importanza della scelta dell'ordine dipende dalle correlazioni tra i termini dei residui, che, nei modelli di McMillan e Smith (1994), si rilevano essere abbastanza alti in molti casi. Crowder e Himarios(1997), invece, analizzando l'economia americana con dati simili a quelli di McMillan e Smith (1994), trovano che il capitale pubblico sia più produttivo di quello privato.

Sturm *et al.* (1995) utilizzano dati sugli investimenti pubblici in Olanda tra il 1953 e il 1913. L'Augmented Dickey-Fuller Test (ADF) motra che le serie di investimenti in macchinari, investimenti in infrastrutture e dell'output presentano un trend stazionario nel periodo considerato. Il Granger test rivela un notevole impatto delle infrastrutture sull'output. Questo risultato è confermato dalla funzione di impulso-risposta e dalle decomposizioni delle varianze. Anche questi autori utilizzano un ordine delle variabili compatibile con l'approccio delle funzioni di produzione, ma verificano che la scelta di tale ordine non altera i risultati del modello.

Gli stessi autori, in un lavoro di qualche anno dopo, verificano che l'investimento pubblico produce

effetti positivi sull'economia solo nel breve periodo, ma non nel lungo.

Voss (2002), analizzando con dati trimestrali l'economia statunitense dal 1947 al 1988 e quella canadese dal 1947 al 1996, conclude che l'investimento pubblico spiazza quello privato.

Ashipala, Haimbodi (2003) sono autori di un ampio studio sull'economia di tre Paesi africani: Namibia, Sud Africa, Botswana. La conclusione degli autori è che non esista evidenza empirica di un effetto significativo dell'investimento pubblico in questi Paesi.

I lavori di Andraz, Pereira (2003) e Annala, Batina, Feehan (2004) sono molto interessanti perché mostrano che l'effetto degli investimenti pubblici ha un diverso impatto su ogni settore economico. Per di più, secondo Annala, Batina, Feehan (2004), tale effetto, pure essendo positivo a livello di economia aggregata, può assumere valore negativo per alcuni settori.

Kamps (2004b), che utilizza anche tecniche di bootstrapping, studia l'economia di 22 Paesi Ocse dal 1960 al 2001, rilevando effetti positivi del capitale pubblico per la maggioranza dei casi.

## 2.4 Modelli cross-section

Come abbiamo già visto, la teoria della crescita endogena non poteva che guardare con grande interesse al ruolo svolto dall'investimento pubblico nel sistema economico.

Diversi suoi autori, per verificare empiricamente le loro teorie, hanno fatto largo uso di modelli cross-section.

In questi lavori il modello teorico collassa in una singola equazione di crescita, dove la crescita del Pil pro-capite è spiegata dalle variabili esplicative endogene, nel nostro caso l'investimento pubblico. La Tavola 2.5 riporta alcuni dei primi studi compiuti relativamente ai Paesi OCSE.

**Tavola 2.5**

Regressioni cross-section tra Paesi			
<i>Autore</i>	<i>Paese</i>	<i>Variabile</i>	<i>Conclusioni</i>
Barro (1989)	72 Paesi	investimento pubblico	effetto significativo
Barro (1991)	76 Paesi	investimento pubblico	effetto non significativo
Easterly e Rebelo (1993)	100 Paesi	investimento pubblico	effetto non significativo
		trasporti e comunicazioni	effetto significativo

In molti casi vengono utilizzati i dati raccolti da Summers, Heston (1988, 1991) per un ampio campione di Paesi, integrati con quelli di Barro-Wolf (1989) e Barro, Lee (1994) relativi agli investimenti pubblici.

Nel modello di Barro (1989), che abbiamo visto nel capitolo 1, i servizi pubblici entrano nella funzione di produzione privata come input ed aumentano la produttività marginale del capitale privato. L'autore verifica empiricamente, per 72 Paesi, che gli investimenti pubblici producono un notevole effetto sul tasso di crescita del Pil pro-capite. In Barro (1991), invece, la crescita è inversamente legata alla quota del Pil impiegata in spesa pubblica, ma direttamente, e in modo non significativo, collegata alla parte spesa in investimento pubblico.

Secondo Easterly e Rebelo (1993), la quota di investimenti pubblici spesa per infrastrutture di comunicazione e trasporto è fortemente correlata alla crescita in una regressione del tipo di quella stimata da Barro. Gli autori, però, verificano anche che, utilizzando delle variabili strumentali per l'investimento pubblico, i risultati appaiono poco plausibili. Inoltre, utilizzando il totale degli investimenti pubblici, le stime non sono mai significative.

Diversi autori hanno puntualizzato i problemi derivanti dall'utilizzo di modelli cross-section. Questi derivano soprattutto da omissione di variabile rilevante e causalità inversa, come evidenziato da Levine, Renelt (1992) e da selezione del campione (De Long, 1988). Baltagi e Pingoi (1955) si soffermano anche su significativi problemi di misurazione. Certamente una notevole perplessità è legata, in particolare nelle regressioni tra Paesi, alla grande eterogeneità degli stessi, che molto spesso si traduce in mancanza di robustezza delle stime.

## **2.5 Rassegna empirica sull'economia italiana**

Nella letteratura italiana grande attenzione è stata prestata ad analizzare i divari regionali di sviluppo come conseguenza della differente dotazione di infrastrutture pubbliche.

Il primo studio ad analizzare l'influenza della dotazione regionale infrastrutturale è quello di Bracalente, Di Palma (1982), che si servono di un modello cross-section riferito all'anno 1997. I due autori, utilizzando un indice infrastrutturale, notano una correlazione positiva con il livello di sviluppo regionale.

Jappelli, Ripa di Meana (1990) per primi utilizzano dati in serie storiche stimando, a livello aggrega-

to, una funzione di domanda ed una di offerta con lo scopo di evidenziare la ricaduta che gli investimenti pubblici, presenti come variabile esplicativa in entrambe le equazioni, hanno sulla crescita. I due autori si chiedono se le politiche di risanamento del bilancio, che iniziavano allora da essere implementate, avrebbero potuto influire negativamente sulla crescita attraverso, ad esempio, una riduzione degli investimenti in infrastrutture. Le regressioni sono stimate per due diverse definizioni di investimenti pubblici: 1) investimenti delle Amministrazioni Pubbliche ; 2) investimenti del Settore Pubblico, che comprende anche quelli della definizione precedente. Inoltre, sono presi in considerazione due diversi periodi temporali: 1882-1960 e 1961-1988. I risultati indicano che gli investimenti pubblici producono un effetto positivo sulla variabile dipendente dell'offerta aggregata (il Pil) praticamente in tutte le regressioni stimate. I valori dei parametri dell'investimento pubblico variano da 3.08, per il primo periodo, a 6.67 per il secondo; ottenuti utilizzando l'aggregato riferito alle Amministrazioni Pubbliche.

Rossi, Toniolo (1993b), utilizzando una funzione di costo su di un arco temporale molto lungo (1880-1980)<sup>4</sup>, trovano che gli investimenti pubblici sono sostituiti di quello privati nel breve periodo, ma la relazione è di complementarità nel lungo periodo.

Questi primi studi, però, soffrono della mancanza di dati relativi allo stock di capitale pubblico delle regioni. Il primo ad elaborare questi dati è stato Picci (1995) per il periodo 1970-1971. Tale periodo è stato esteso fino al 1996 da Bonaglia, Picci (2000). Infine, nel 2001, Picci ha ampliato (e rivisto) i dati aggiungendo gli anni 1997 e 1998, disaggregando anche i dati regionali in 103 province, secondo la metodologia utilizzata da Peroni, Picci (2000). Per ricostruire i dati dello stock regionale di capitale pubblico è stato utilizzato il metodo dell'inventario permanente a partire dalle serie storiche degli investimenti pubblici aggregati ricostruite da Rossi *et al* (1993a) per gli anni 1890-1992. Tali dati sono stati integrati utilizzando quelli di Opere Pubbliche dell'Istat, che raccolgono gli investimenti pubblici a livello provinciale distinguendoli in nove tipologie. Queste nove categorie sono: 1) strade ed aeroporti; 2) ferrovie e trasporti alternativi; 3) infrastrutture marittime; 4) infrastrutture idrauliche ed elettriche; 5) impianti di comunicazione; 6) edilizia pubblica e sociale; 7) infrastrutture sanitarie; 8) bonifiche; 9) altre. Le prime cinque sono quelle che compongono la cosiddetta parte *core* del capitale pubblico, cioè quella che dovrebbe avere un maggiore connessione con il processo produttivo. Le altre categorie costituiscono la parte *nocore* e dovrebbero avere un impatto di tipo sociale.

Gli investimenti pubblici aggregati sono stati ripartiti per le 20 regione italiane sulla base di questi

---

<sup>4</sup>Gli autori utilizzano la serie storica degli investimenti pubblici ricostruita da sono Rossi *et al* (1993a).

ultimi dati. Agli investimenti regionali così ricavati è stato applicato il metodo dell'inventario permanente<sup>5</sup> per lo stock di capitale pubblico di ogni regione distinto per le nove tipologie di infrastrutture. L'inconveniente implicito nell'utilizzo del metodo dell'inventario permanente è che viene sopravvalutato il valore delle infrastrutture, perché non tiene conto dell'eventuale inefficienza presente nella spesa degli investimenti pubblici. Il migliore metodo per calcolare il valore di uno stock di capitale sarebbe quello di costruire degli indici basati su misure fisiche che, però, sono definibili solo disponendo di una notevole quantità (e qualità) di informazioni. Tali informazioni sono disponibili per l'Italia solo per un numero limitato di anni, mentre esistono lunghe serie storiche sugli investimenti pubblici, che consentono di applicare il metodo dell'inventario permanente in maniera affidabile.

La disponibilità di dati sullo stock di capitale pubblico ha consentito di utilizzare molte delle metodologie applicate dalla letteratura internazionale, in particolare l'approccio delle funzioni di produzione. Picci (1997) usa i dati aggregati a livello nazionale seguendo, in sostanza, la metodologia proposta nel primo lavoro di Aschauer:

$$y_t - l_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 k_t + [1 - \beta_3] l_t + \beta_4 g_t + \beta_5 UR_t + u_t \quad (2.10)$$

dove  $t$  è una tendenza temporale e  $UR$  il logaritmo del tasso di utilizzazione del capitale, incluso per tenere conto delle dinamiche di breve periodo nell'utilizzo del capitale. Le altre variabili sono tutte espresse in logaritmi: l'output ( $y$ ), il lavoro ( $l$ ), il capitale privato ( $k$ ) e il capitale pubblico ( $g$ ). Per il periodo 1960-1992, la stima dell'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico varia tra 0.35 e 0.85, secondo le ipotesi adottate sui rendimenti di scala. Questi risultati sono statisticamente significativi, oltre che quantitativamente rilevanti. Ristimando l'equazione con la sola parte *core* del capitale pubblico si ottengono, come atteso, valori anche più elevati. Innegabilmente l'esito di queste stime dimostra, per il periodo considerato, un significativo impatto del capitale pubblico sull'economia.

Picci (1999) utilizza metodi di panel data con dati regionali per evitare gli inconvenienti dell'uso di dati aggregati, come fatto in Holtz-Heakin (1994). Usando dati a livello regionale, difatti, si tiene conto dell'eterogeneità delle stesse. L'autore stima una funzione di produzione Cobb-Douglas per il periodo 1970-95 in forma logaritmica:

---

<sup>5</sup>Il metodo dell'inventario permanente consiste, sostanzialmente, nel cumulare gli investimenti e stabilire una regola per calcolare l'ammortamento.

$$y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 l_{it} + \alpha_2 k_{it} + \alpha_3 g_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2.11)$$

dove gli indici  $i$  e  $t$  indicano, rispettivamente, la regione e il tempo. Il termine di errore è così composto:

$$\varepsilon_{it} = f_i + \delta_t + \eta_{it} \quad (2.12)$$

dove  $f_i$  è l'effetto regionale specifico che non varia nel tempo,  $\delta_t$  è l'effetto specifico del tempo e  $\eta_{it}$  è il termine di errore casuale (*i.i.d.*). Il modello è stimato per l'Italia e per 4 macroregioni<sup>6</sup> e, oltre che per l'intero arco temporale dei dati, anche per i due sottoperiodi 1970-1982 e 1983-1995. Riguardo all'esito delle stime per l'Italia per l'intero periodo, il modello pooled OLS, cioè quello che elimina gli effetti specifici regionali, il parametro  $\alpha_3$  risulta essere negativo e statisticamente non significativo. Comunque, è rigettata l'ipotesi nulla sull'assenza degli effetti individuali e la stima con effetti fissi dello stesso parametro è di 0.358. Tale valore è statisticamente significativo e il test di Hausman porta a scegliere il modello a effetti fissi rispetto a quello *random effects*. Se si stima il modello scindendo il capitale pubblico nella parte *core* e in quella *nocore*, l'elasticità dell'output rispetto alla prima è di 0.50, mentre rispetto alla seconda è di -0.052.

Quando il modello è stimato a livello delle 4 macroregioni, per gli anni 1970-95, il parametro  $\alpha_3$  vale 0.21 per il Nord-Est, 0.15 per il Nord-Ovest, 0.89 per il Centro e 0.6 per il Sud. Anche in questi casi l'elasticità dell'output rispetto al *core capital* è più elevata rispetto a quella relativa al *nocore capital*. Quest'ultimo, tuttavia, assume un valore positivo, anche se molto piccolo, per tutte le macroregioni, ad eccezione del Nord-Est.

I risultati ottenuti con i due sottocampioni, invece, sono ambigui. Riguardo l'Italia la stima del parametro  $\alpha_3$  di 0.48 per il periodo 1970-1982 e di 0.417 per l'altro periodo. Escludendo il Centro, per le altre macroregioni, invece, accade che l'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico è superiore nel secondo periodo. Un fatto simile accade con la stima del parametro relativo al *core capital*. In questo caso c'è concordanza solo nelle stime per l'Italia e per il Sud, dove il valore del parametro è, per entrambi, superiore nel secondo periodo.

Bonaglia *et al.*(2000) analizzano, con dati regionali, l'impatto del capitale pubblico sull'economia

---

<sup>6</sup>Le quattro macroregioni sono: Nord-Est, Nord-Ovest, Centro, Sud.

utilizzando tre diverse metodologie: 1) contabilità della crescita; 2) funzione di produzione; 3) funzione di costo. Il loro lavoro si riferisce al settore manifatturiero italiano, che viene anche scomposto a livello di macroregioni. Gli anni studiati coprono il periodo 1970-1994 e viene sempre impiegata una funzione Cobb-Douglas. Per la prima metodologia, applicata a livello di aggregazione nazionale, il capitale pubblico sembra aver contribuito positivamente alla crescita della Produttività Totale dei Fattori. La quota di crescita attribuita all'accumulazione di capitale pubblico è 0.47. Viceversa, a livello nazionale, non è stato trovato significativo il capitale pubblico come input della funzione di produzione. A livello di disaggregazione macroregionale, invece, sembra che ci sia un effetto maggiore nelle regioni del Mezzogiorno. Anche l'approccio della funzione di costo evidenzia gli stessi risultati. La Ferrara, Marcellino (2000) seguendo il lavoro di Bonaglia *et al.* (2000), ma aggiungendo una funzione di costo Generalizzata di Leontief, ottengono, praticamente, gli stessi ambigui risultati.

Acconcia, Del Monte (2000) si propongono di verificare se la spesa pubblica è determinante nei differenziali della produttività tra le regioni italiane durante il periodo 1963-93. Prima stimano una funzione di produzione Cobb-Douglas a rendimenti costanti di scala, il cui esito implica un valore dell'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico che varia tra 0.1 e 0.22. Per il loro obiettivo principale, invece, stimano il seguente modello, sia per l'intera economia, che per il settore industriale:

$$y_{it} - y_{it-\tau} = \eta \cdot y_{it-\tau} + \sum \varphi_i \cdot X_{ij} + \varepsilon_{it} \quad (2.13)$$

dove i differenziali della crescita di produttività tra le regioni sono spiegati dalle relative condizioni iniziali e da una serie di variabili esplicative  $X$  che comprendono i consumi pubblici ( $cg$ ), la spesa pubblica in infrastrutture ( $ig$ ) e la somma del deprezzamento del capitale pubblico e del tasso di crescita di forza lavoro e tecnologia. Gli autori ottengono due diverse versioni dell'equazione (2.13) sotto alternative ipotesi su  $\tau$  e l'errore  $\varepsilon_{it}$ . La prima versione del modello sfrutta la dimensione cross-section dei dati per  $\tau = 5$ . Il termine di errore è, per ipotesi, composto da un effetto specifico regionale  $f_i$  più il termine idiosincratico  $v_{it}$ . Data l'assunzione che  $f_i$  dipende da un indice ( $gh$ ), l'equazione (2.13) diventa:

$$y_{it} - y_{it-5} = a + b \cdot gh_{i70} + \eta_i + \eta \cdot y_{it-5} + \varphi_1 \cdot ig_{it} + \varphi_2 \cdot cg_{it} + \varphi_3 \cdot dl_{it} + u_{it} \quad (2.14)$$

la quale viene stimata con i metodi OLS e IV. La stima OLS del parametro  $\varphi_1$  è un valore positivo e

statisticamente significativo, sia per l'intera economia, che per il settore manifatturiero: rispettivamente 0.004 e 0.012. Stimando lo stesso coefficiente con IV, invece, i risultati non sono concordi: 0.021 e statisticamente significativo per l'economia aggregata, ma statisticamente non diverso da zero per il settore manifatturiero. In tutte le stime si conferma un effetto negativo sulla crescita della spesa in consumi pubblici.

Per esplorare la dimensione temporale dei dati l'equazione (2.13) è definita per  $\tau = 1$  e  $\varepsilon_{it} = f_{1i} + f_{2i} \cdot t + v_{it}$ :

$$y_{it} - y_{it-1} = \eta \cdot y_{it-1} + \Phi_1(L) \cdot ig_{it} + \Phi_2(L) \cdot cg_{it} + \Phi_3(L) \cdot dl_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2.15)$$

dove  $\Phi_r(L)$ , per  $r = 1, 2, 3$ , è un polinomio dell'operatore ritardo  $L$ ,  $f_{1i}$  è un effetto regionale specifico e  $f_{2i} \cdot t$  è l'effetto specifico relativo tempo. Poichè lo scopo è quello di testare gli effetti di lungo periodo di  $ig$  e  $cg$ , gli autori utilizzano per le stime anche un numero di 5 e 6 ritardi per entrambe le due variabili. I risultati confermano un effetto positivo dell'investimento in infrastrutture:  $\Phi_1(5) = 0.013$  e  $\Phi_1(6) = 0.032$  (manifattura). Mentre il coefficiente  $\Phi_2(L)$  appare sempre statisticamente non diverso da zero.

Il modello è stimato anche distinguendo le regioni italiane in due gruppi, Nord e Sud, in base al livello di reddito e tre diverse categorie di infrastrutture. I risultati indicano che gli investimenti pubblici producono un rilevante impatto sul settore manifatturiero solo per il Sud:  $\Phi_1(5) = 0.048$  e  $\Phi_1(6) = 0.072$ . I parametri sono sempre statisticamente non significativi per il Nord. La giustificazione di questo risultato è che un aumento della dotazione di capitale pubblico, il quale sarebbe caratterizzato da rendimenti marginali decrescenti, produca solo un leggero impatto sulle regioni che sono già dotate di buone infrastrutture. Questa interpretazione sembra essere coerente anche con i risultati delle stime che utilizzano le tre diverse categorie di infrastrutture.

Paci e Saggi (2002) costruiscono le serie dello stock di capitale pubblico regionale applicando il metodo dell'inventario permanente direttamente agli investimenti di Opere Pubbliche dell'Istat. Il loro database copre gli anni 1970-1995 e mantiene la distinzione per le nove categorie di infrastrutture, che è caratteristica dei dati di investimento in Opere Pubbliche. Gli autori stimano una funzione di produzione Cobb-Douglas con effetti fissi regionali, sia con il capitale pubblico a livello aggregato, sia scomponendolo nei seguenti tre aggregati: 1) *infrastrutture economiche*: infrastrutture economiche; strade ed aeroporti; ferrovie e trasporti alternativi; infrastrutture marittime; impianti di comunicazione;

2) *infrastrutture sociali*: edilizia pubblica e sociale; infrastrutture idrauliche ed elettriche; infrastrutture sanitarie; bonifiche; altre; 3) *edilizia abitativa*. Per l'economia Italiana, le loro stime indicano che l'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico (aggregato) è di 0.16 e statisticamente significativo. Scindendo lo stock di capitale pubblico nelle diverse categorie ottengono i risultati che ci si attendeva: 0.13 per le infrastrutture economiche, 0.09 per quelle sociali e -0.05 per l'edilizia abitativa. Questi risultati sono confermati anche dalle stime sulle macroregioni. Per altro l'elasticità del capitale pubblico per il mezzogiorno (0.20) è superiore a quelle delle altre circoscrizioni territoriali. Si ripropone, quindi, l'ipotesi di Acconcia, Del Monte(2000) sulla maggiore incidenza del capitale pubblico nelle zone meno sviluppate a causa della loro minore dotazione infrastrutturale.

Demetriades e Mamuneas(2000) stimano una funzione di profitto quadratica, relativa al settore manifatturiero, servendosi dei dati Ocse sul settore pubblico. I risultati che ottengono per l'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico sono di 0.597 per il breve periodo e di 0.584 per il lungo, quindi decisamente stabili.

Kamps (2004a) stima una funzione di produzione Cobb-Douglas per l'economia aggregata italiana, includendo il capitale netto del Settore Pubblico fra gli input. Quando utilizza la serie dello stock di capitale pubblico da lui ricostruita ottiene un'elasticità dell'output dello 0.153, servendosi di dati di contabilità nazionale Istat il valore sale a 0.498, e si alza fino all'1.749 quando utilizza dati Ocse. L'autore, per costruire lo stock di capitale pubblico, applica il metodo dell'inventario permanente alla serie storica degli investimenti del Settore Pubblico.

Recentemente Marrocu *et al.*(2005) hanno utilizzato i dati sui Conti Pubblici Territoriali del Dipartimento per le Politiche Sociali. Purtroppo la brevità del periodo di cui si dispongono questi dati, 1996-2002, non consente di essere certi della robustezza dei risultati. Comunque, il benefico derivante dall'uso di questi dati è che questi rappresentano l'intera spesa pubblica in conto capitale, non limitata alle sole infrastrutture come Opere Pubbliche. Gli autori, dopo aver ricostruito lo stock di capitale pubblico, stimano una funzione di produzione Cobb-Douglas con effetti fissi regionali. Il valore stimato dell'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico è modesto: 0.05.

Dalla rassegna dei lavori empirici sull'economia italiana si possono trarre alcune considerazioni. Esiste un'evidenza empirica di un effetto positivo degli investimenti pubblici sul sistema economico. La letteratura italiana si è concentrata esclusivamente sulle caratteristiche regionali dell'economia italiana. Il problema delle differenze settoriali, invece, è stato completamente ignorato. La maggiore parte dei

lavori si è concentrata sugli approcci metodologici dal lato della produzione ed ha utilizzato un tipo di funzione molto restrittiva, la Cobb-Douglas. Non sono state sfruttate a pieno, né le potenzialità dell'approccio duale, né quelle delle funzioni più flessibili.

Tavola 2.6

Studi empirici sull'economia italiana

<i>Autore</i>	<i>Dati</i>	<i>Modello</i>	<i>Variabile</i>	<i>Conclusioni</i>
Bracalente, Di Palma(1982)	1997	cross-section regionale	indice infrastrutturale	relazione positiva con livello sviluppo regionale
Jappelli, Ripa di Meana(1990)	1882-1960	crescita	investimenti pubblici	3.08 (invest. Amm. Pubbliche)
Biel <i>et al.</i> (1990)	1962-1988	crescita	investimenti pubblici	6.67 (invest. Amm. Pubbliche)
Rossi, Toniolo(1993b)	1070 e 1987	crescita	indice infrastrutturale	effetto positivo
Picci(1997)	1880-1980	funzione costo	investimenti pubblici	inv.pubbl. e priv. sostit. breve, complem. lungo
Di Palma <i>et al.</i> (1998)	1960-1992	funzione produzione	stock capitale pubblico	0.35-0.85
Picci(1999)	1987-1995	crescita	indice infrastrutturale	effetto positivo
Cosci <i>et al.</i> (1999)	1970-1995	funzione produzione	stock capitale pubblico	0.358; 0.50; -0.052
Peroni, Picci(2000)	1983-1994	crescita	investimenti pubblici	invest. pubbl. positivi, consumi pubbl. negativi
Acconcia, Del Monte(2000)	1970-1996	var	stock capitale pubblico	risultati ambigui
Bonaglia <i>et al.</i> (2000)	1963-1993	funzione produzione	stock capitale pubblico	0.04(ols), 0.22(IV); $\Phi_1(5)=0.013$
La Ferrara, Marcellino(2000)	1965-1993	crescita	investimenti pubblici	0.001-0.021
Demetriades, Mamuneas(2000)	1970-1994	funzione produzione, C-D	stock capitale pubblico	coefficiente non significativo
Di Palma, Mazziotto(2002)	1970-1994	contabilità della crescita	stock capitale pubblico	0.47
Paci, Saddi(2002)	1970-1994	funzione costo, C-D	stock capitale pubblico	effetto nullo
Kamps (2004a)	1970-1994	funzione produzione, C-D	stock capitale pubblico	coefficiente non significativo
Marrocu <i>et al.</i> (2005)	1970-1994	contabilità della crescita	stock capitale pubblico	0.471
	1970-1994	funzione costo, C-D, L	stock capitale pubblico	positivo solo centro e sud
	1972-1991	funzione profitto, Mc	settore pubblico(Ocse)	0.59
	1997	crescita	indice infrastrutturale	effetto positivo
	1970-1995	funzione produzione, C-D	stock capitale pubblico	0.16(G); 0.13(ie); 0.09(is); -0.05(ea)
	1960-2001	funzione produzione, C-D	settore pubblico(Kamps)	0.153
	1980-2000	funzione produzione, C-D	settore pubblico(Istat)	0.498
	1979-1996	funzione produzione, C-D	settore pubblico(Ocse)	1.369
	1996-2002	funzione produzione, C-D	stock CPT	0.05

Note: C-D= Cobb-Douglas; L=Generalizzata di Leontief; Mc= McFadden (quadratica); CPT=Conti Pubblici territoriali; G=stock capitale pubblico; ie=infrastrutture economiche; is=infrastrutture sociali; ea=edilizia abitativa

## Capitolo 3

# Analisi empirica dell'economia italiana

### 3.1 Il capitale pubblico in Italia: dalle stime regionali a quelle settoriali

È oramai convinzione condivisa che il capitale pubblico eserciti un ruolo significativo nel sistema produttivo dell'economia. Non c'è, invece, accordo sulla quantificazione e l'interpretazione del significato di questo effetto. Questo lavoro si concentra sull'impatto che il capitale pubblico ha sui diversi settori produttivi.

Già Adamo Smith aveva rilevato le difficoltà per gli individui privati di provvedere alla formazione delle infrastrutture pubbliche e quanto queste fossero indispensabili per le attività del mercato, tanto da indicare nella funzione del Governo la responsabilità di sopperire a tali necessità.

Nella tradizione italiana, Antonio De Viti de Marco esplicitamente parla di beni pubblici come beni intermedi utilizzati nelle attività private. L'imposta gravante su tali attività sarebbe il giusto onere per ripagare lo Stato, così come vengono remunerati tutti gli altri fattori produttivi.

Per molto tempo la ricerca economica non si è più interessata a questi temi, anche per la mancanza di dati utilizzabili nell'applicazione empirica. Negli anni '80, poi, Ratner<sup>1</sup> e soprattutto Aschauer<sup>2</sup> hanno donato a questi argomenti una notevole visibilità riuscendo a quantificare il ruolo del capitale pubblico attraverso la stima di una funzione di produzione che lo comprendeva fra gli input produttivi. L'interesse per questi lavori è stato tale da arrivare a parlare di *public capital hypothesis* come spiegazione della crescita o della decelerazione delle moderne economie. Aschauer chiaramente afferma, sulla scorta

---

<sup>1</sup>Ratner J. (1983) Government capital and the production function for U.S. private output, *Economic Letters*.

<sup>2</sup>Aschauer D. A. (1989) Is Public Expenditure Productive?, *Journal of Monetary Economics*, 23.

del proprio lavoro, che il rallentamento dell'economia statunitense nella seconda metà degli anni '70 è dovuto alla netta caduta degli investimenti pubblici.

Da allora molti sono stati i lavori che si sono occupati di queste ricerche seguendo, da un lato, la crescente disponibilità di dati e, dall'altro, l'evoluzione delle tecniche econometriche.

Anche la letteratura italiana si è oramai arricchita di una copiosa produzione, che si è principalmente concentrata sui temi delle differenze regionali e delle tipologie di infrastrutture. Naturalmente il dualismo Nord-Sud, tipico dell'economia italiana, rappresenta un terreno fecondo per le analisi della crescita e delle sue determinanti. Questo lavoro empirico si inserisce in questo filone di ricerca e trova la sua motivazione nella mancanza di un'adeguata trattazione del ruolo del capitale pubblico all'interno dei diversi settori produttivi. Tutte gli studi, difatti, hanno lasciato fino ad ora separati questi due temi, preoccupandosi alternativamente dell'uno o dell'altro. Tra tutte le numerose indicazioni possibili, citiamo solo Marrocu, Paci, Pala (2001)<sup>3</sup> per l'analisi settoriale e Paci, Saggi (2002)<sup>4</sup> per quella sul capitale pubblico.

Quello che si cerca di capire è in che modo il capitale pubblico agisca nelle funzioni di produzione dei settori privati dell'economia e come questo si rifletta sull'analisi della produttività degli stessi. La cosa sembra abbastanza rilevante, poiché il solo impatto del capitale pubblico a livello aggregato può nascondere ampie differenze fra i diversi settori. Infatti non risulta essere informativo per quelle che sono le dinamiche dei singoli settori ed i reali effetti sugli stessi. Per esempio, un effetto positivo del capitale pubblico potrebbe essere il risultato di un beneficio diffuso a tutti i comparti economici, o, altrimenti, potrebbe mascherare incidenze di segno diverso sui differenti settori.

Un primo passo è quello di spostare l'attenzione dall'analisi regionale a quella settoriale. Si cerca di capire, cioè, se effettivamente ha un senso focalizzarsi sulle differenze settoriali oppure se deve considerarsi esaurita l'analisi dell'economia italiana con il riferimento alle sole differenze regionali.

La funzione di produzione stimata per il nostro scopo è una Cobb-Douglas e include il capitale pubblico tra gli input. L'equazione di partenza è:

$$Y_{ijt} = A_{ij} K_{ijt}^{\alpha} L_{ijt}^{\beta} G_{it}^{\gamma}, \quad (3.1)$$

---

<sup>3</sup>Marrocu E., Paci R., Pala R. (2001) Estimation of total factor productivity for regions and sectors in Italy. A panel cointegration approach, *Risec*, 48.

<sup>4</sup>Paci R., Saggi S. (2002) Capitale pubblico e produttività nelle regioni italiane, *Crenos*.

dove  $Y$  è il valore aggiunto,  $K$  è lo stock di capitale privato,  $L$  sono le unità di lavoro standard,  $G$  lo stock di capitale pubblico,  $A$  il livello tecnico, mentre  $i$  indica le regioni,  $j$  i settori e  $t$  gli anni. Trasformando l'equazione (3.1) in logaritmi naturali si ottiene una funzione lineare definita da un panel tridimensionale:

$$y_{ijt} = a_{it} + \alpha k_{ijt} + \beta l_{ijt} + \gamma g_{it} + \varepsilon_{ijt}, \quad (3.2)$$

dove le lettere minuscole indicano i logaritmi delle variabili ed  $\varepsilon$  è il termine di errore;  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  rappresentano l'elasticità dell'output rispetto a ciascun fattore. I dati per stimare l'equazione (3.2) sono attinti in larga parte dal data-base di Crenos, che riporta i valori dello stock di capitale privato, unità di lavoro standard e valore aggiunto per sedici settori economici<sup>5</sup> delle regioni italiane dal 1970 al 1994. Questi dati sono stati integrati per gli anni fino al 1998 con quelli forniti dall'Istat.

I dati dello stock di capitale pubblico per le regioni italiane, che viene calcolato utilizzando la tecnica dell'inventario permanente per ripartire gli investimenti pubblici in base ai dati degli investimenti in Opere Pubbliche dell'Istat, sono quelli elaborati da Picci. Rimane, quindi, da risolvere il problema dell'imputazione del capitale pubblico ad ogni singolo settore. A questo scopo si ricorre alla definizione del cosiddetto bene pubblico "puro", secondo cui tale bene sarebbe caratterizzato da non rivalità e non escludibilità nel suo consumo. In tal modo, i beni pubblici di una regione sarebbero potenzialmente disponibili in eguale misura per tutti i settori produttivi della stessa. Questa impostazione, mai esplicitamente utilizzata nella letteratura italiana, è largamente usata a livello internazionale, per esempio da Batina, Annala, Feehan (2004)<sup>6</sup> e da Andraz, Pereira (2003)<sup>7</sup>. La motivazione appena esposta consente di imputare, a tutti i settori appartenenti ad una medesima regione, lo stesso stock di capitale pubblico regionale. Tale stock, poi, per evitare problemi di grandezza rispetto alle altre variabili, viene trasformato in un indice di infrastrutture pubbliche ponendo il primo anno uguale a 100.

L'equazione (3.2) è stimata utilizzando gli effetti fissi, sia per la natura del modello da stimare, sia perché tale scelta è supportata dall'esito del Test di Hausman ( $\chi^2(3) = 241.01$ ).

<sup>5</sup>La Tabella A.1, presente in Appendice A, riporta la classificazione dei sedici settori economici e le relative sigle.

<sup>6</sup>Annala Christopher N., Batina Raymond G., Feehan James P. (2004) The Impact of Public Inputs on the Private Economy: Further Evidence for the Japanese Economy, Esri.

<sup>7</sup>Andraz Jorge M., Pereira Alfredo M. (2003) On the impact of public investment on the performance of U.S. industries, Public Finance Review.

La Tavola 3.1<sup>8</sup> riporta le stime ottenute dal Panel 1, cioè quello composto di 320 gruppi settore-regione ( 16 settori per 20 regioni), osservati per 29 anni, per un totale di 9280 osservazioni (320 gruppi per 29 anni). Panel 1a indica il modello che utilizza il capitale pubblico aggregato, Panel 1c quello senza capitale pubblico e Panel 1b quello in cui il capitale pubblico è scomposto nelle componenti *core* e *nocore*<sup>9</sup>. La parte *core* rappresenta le infrastrutture più direttamente collegate con l'attività produttiva, quali le strade ed i porti. La componente *nocore* è composta dalle infrastrutture igienico-sanitarie e dall'edilizia pubblica.

Come si nota dalla tavola 3.1, l'inclusione del capitale pubblico modifica sostanzialmente il valore dei parametri stimati. L'elasticità del capitale privato si abbassa sensibilmente, passando da 0.55 a 0.27; mentre quella del capitale pubblico appare statisticamente significativa e di un discreto impatto: 0.19. Tali stime sono abbastanza simili a quelle ottenute da Paci, Saggi (2002) non utilizzando la disaggregazione settoriale. Infatti l'elasticità del capitale pubblico da loro stimata è dello 0.16, per il lavoro è dello 0.61, mentre molto più alta è quella del capitale privato (0.53). Tra l'altro la nostra stima di 0.27 dell'elasticità del capitale privato appare sufficientemente in linea con quelle tipiche di contabilità della crescita. Com'era logico aspettarsi, se il capitale pubblico viene scisso nelle due componenti *core* e *nocore*, l'elasticità della prima (0.17) è nettamente superiore a quella della seconda (0.03). Identico risultato è mostrato da Paci, Saggi (2002).

Nella Tavola 3.1B sono riportate le stesse stime della Tavola 3.1, ma troncando i dati all'anno 1994. L'esito delle stime è sostanzialmente lo stesso di quello ottenuto utilizzando l'intero database, costruito con la nostra integrazione dei dati già disponibili.

---

<sup>8</sup>In tutte le tabelle sono riportati in parentesi gli standard error delle sole variabili non significative.

<sup>9</sup>Core: 1) strade ed aeroporti; 2) ferrovie e trasporti alternativi; 3) infrastrutture marittime; 4) infrastrutture idrauliche ed elettriche; 5) impianti di comunicazione; Nocore: 6) edilizia pubblica e sociale; 7) infrastrutture sanitarie; 8) bonifiche; 9) altre.

**Tavola 3.1**

Metodo di stima: Effetti Fissi - anni 1970-1998 - (nazionale)

Parametri	Panel 1a	Panel 1b	Panel 1c
k	0.2731(0.0103)	0.2697(0.0103)	0.5530(0.0066)
l	0.4102(0.0076)	0.4099(0.0076)	0.3592(0.0080)
g	0.1949(0.0057)		
core		0.1734(0.0147)	
nocore		0.0315(0.0106)	
regioni	20	20	20
settori	16	16	16
osservazioni	9280	9280	9280
gruppi	320	320	320
Test F ( $u_i=0$ )	108.44	108.65	96.08
Wald test	4351.15	3274.33	5258.25
R <sup>2</sup>	0.89	0.89	0.88

*Nota:* standard errors in parentesi

**Tavola 3.1B**

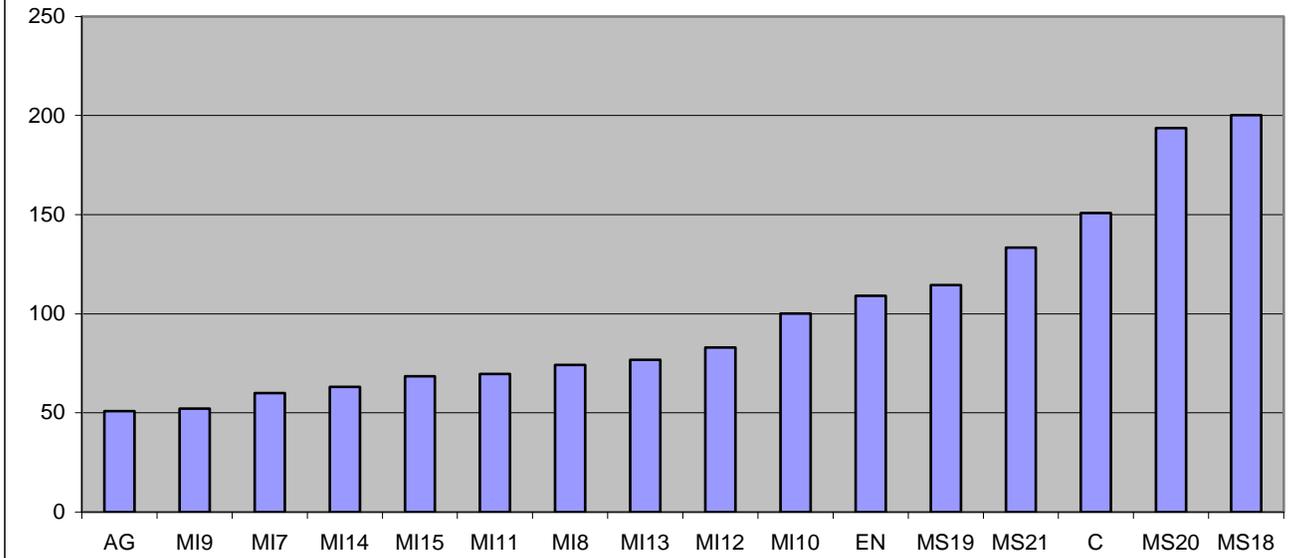
Metodo di stima: Effetti Fissi - anni 1970-1994- (nazionale)

Parametri	Panel 1a	Panel 1b	Panel 1c
k	0.2334(0.0119)	0.2291(0.0119)	0.5489(0.0078)
l	0.4126(0.0084)	0.4126(0.0084)	0.3530(0.0088)
g	0.2165(0.0064)		
core		0.1854(0.0158)	
nocore		0.0400(0.0115)	
regioni	20	20	20
settori	16	16	16
osservazioni	8000	8000	8000
gruppi	320	320	320
Test F ( $u_i=0$ )	96.71	96.86	83.40
Wald test	3379.30	2543.60	3932.08
R <sup>2</sup>	0.88	0.88	0.88

*Nota:* standard errors in parentesi

Il netto rifiuto del Test F indica l'esistenza di una specificità individuale di ogni gruppo che è possibile catturare tramite il calcolo degli effetti fissi. Nella Tavola 3.A vengono calcolati gli antilogaritmi di tali effetti fissi, così da ottenere i parametri dell'efficienza tecnica per ogni singolo settore di ogni regione. La Tavola è ricca di informazioni, ma di difficile interpretazione. Quindi ci focalizziamo sulle medie delle 20 regioni (ultima riga della tavola) e dei 16 settori (ultima colonna della tavola). La cosa importante da notare è la notevole differenza dei livelli di efficienza dei settori, che, costruendo un indice pari a cento per la media, vengono riportati nel Grafico 3.1. Il settore più efficiente appare MS18 (commercio, alberghi e pubblici servizi), seguito da MS20 (credito e assicurazioni) e C (costruzioni); il meno efficiente l'agricoltura. Il grafico 3.2, invece, mostra le notevoli differenze di livello tecnologico tra le regioni. Le regioni più efficienti sono decisamente quelle del nord, quelle meno efficienti le meridionali.

**Grafico 3.1 - Effetti fissi settoriali**



**Grafico 3.2- Effetti fissi regionali**

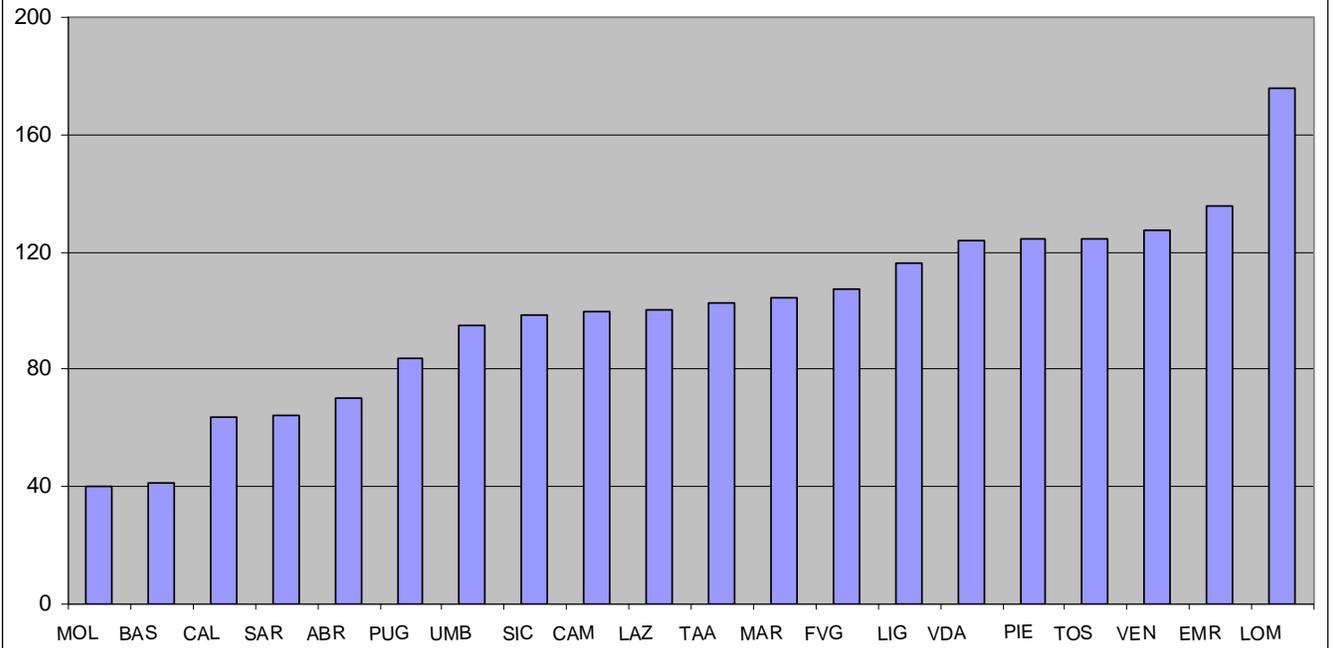


Tavola 3.A

## Effetti fissi regionali e settoriali

	PIE	VDA	LOM	TAA	VEN	FVG	LIG	EMR	TOS	UMB	MAR	LAZ	ABR	MOL	CAM	PUG	BAS	CAL	SIC	SAR	CV	sqm	media
AG	0.010	0.002	0.014	0.008	0.014	0.006	0.011	0.018	0.010	0.009	0.008	0.012	0.008	0.004	0.012	0.014	0.004	0.008	0.016	0.009	0.418	0.004	0.010
EN	0.024	0.008	0.045	0.013	0.021	0.013	0.032	0.025	0.024	0.019	0.016	0.026	0.025	0.009	0.023	0.014	0.011	0.014	0.036	0.020	0.444	0.009	0.021
MI7	0.018	0.009	0.027	0.010	0.017	0.010	0.018	0.013	0.019	0.016	0.008	0.012	0.006	0.005	0.011	0.012	0.002	0.005	0.007	0.006	0.538	0.006	0.011
MI8	0.018	0.006	0.023	0.011	0.020	0.012	0.016	0.026	0.025	0.017	0.012	0.016	0.012	0.007	0.014	0.013	0.006	0.009	0.013	0.011	0.403	0.006	0.014
MI9	0.013	0.004	0.027	0.006	0.014	0.008	0.013	0.013	0.015	0.011	0.007	0.016	0.007	0.004	0.011	0.007	0.003	0.005	0.009	0.006	0.554	0.006	0.010
MI10	0.033	0.006	0.045	0.012	0.031	0.018	0.030	0.037	0.026	0.017	0.017	0.024	0.012	0.005	0.019	0.013	0.006	0.009	0.014	0.010	0.590	0.011	0.019
MI11	0.030	0.007	0.024	0.009	0.017	0.011	0.022	0.020	0.019	0.012	0.012	0.014	0.009	0.007	0.016	0.012	0.005	0.005	0.015	0.005	0.513	0.007	0.013
MI12	0.020	0.006	0.029	0.012	0.024	0.014	0.014	0.028	0.019	0.020	0.015	0.018	0.011	0.009	0.015	0.018	0.007	0.012	0.019	0.011	0.395	0.006	0.016
MI13	0.024	0.004	0.034	0.009	0.027	0.012	0.012	0.024	0.034	0.018	0.020	0.014	0.010	0.004	0.014	0.010	0.004	0.006	0.010	0.005	0.653	0.010	0.015
MI14	0.018	0.004	0.029	0.009	0.020	0.011	0.013	0.016	0.017	0.012	0.010	0.023	0.011	0.006	0.013	0.008	0.005	0.004	0.008	0.006	0.547	0.007	0.012
MI15	0.021	0.004	0.029	0.012	0.023	0.016	0.011	0.021	0.021	0.014	0.016	0.014	0.009	0.004	0.012	0.009	0.004	0.006	0.009	0.006	0.537	0.007	0.013
C	0.033	0.016	0.049	0.025	0.042	0.031	0.026	0.042	0.034	0.036	0.028	0.029	0.023	0.014	0.030	0.028	0.017	0.019	0.029	0.028	0.310	0.009	0.029
MS18	0.053	0.016	0.068	0.022	0.049	0.029	0.045	0.050	0.043	0.036	0.036	0.056	0.028	0.019	0.049	0.040	0.020	0.035	0.044	0.028	0.364	0.014	0.038
MS19	0.022	0.007	0.028	0.017	0.028	0.022	0.034	0.031	0.024	0.019	0.017	0.035	0.020	0.013	0.024	0.026	0.013	0.023	0.022	0.012	0.336	0.007	0.022
MS20	0.048	0.013	0.068	0.019	0.043	0.028	0.055	0.050	0.051	0.036	0.028	0.063	0.025	0.014	0.044	0.033	0.016	0.031	0.048	0.030	0.433	0.016	0.037
MS21	0.031	0.008	0.047	0.016	0.035	0.020	0.035	0.037	0.036	0.024	0.021	0.041	0.018	0.010	0.027	0.022	0.012	0.020	0.028	0.022	0.412	0.011	0.026
CV	0.453	0.559	0.431	0.419	0.411	0.470	0.553	0.427	0.423	0.451	0.483	0.608	0.505	0.542	0.564	0.550	0.660	0.726	0.636	0.678			
sqm	0.012	0.004	0.016	0.005	0.011	0.008	0.013	0.012	0.011	0.009	0.008	0.016	0.007	0.005	0.012	0.010	0.006	0.010	0.013	0.009			
media	0.026	0.025	0.037	0.0213	0.026	0.0224	0.024	0.028	0.026	0.020	0.0217	0.026	0.015	0.008	0.020	0.017	0.009	0.013	0.020	0.013	0.020	0.011	0.026

La Tavola 3.A riporta anche il coefficiente di variazione (CV), una misura relativa di dispersione calcolata rapportando lo scarto quadratico medio alla media. Utilizzando il coefficiente di correlazione tra i CV e i livelli di efficienza delle regioni notiamo che esiste una certa correlazione negativa tra efficienza regionale e variabilità dell'efficienza settoriale (-0.50). Questo vuol dire che le regioni più efficienti sono quelle con minore variabilità della stessa tra i settori, quindi un livello più alto di produttività totale dei fattori. Ancora più significativo (-0.54) appare il coefficiente di correlazione tra i CV dei settori economici e i loro livelli di efficienza tecnica. Si può, quindi, affermare che l'economia italiana presenti non solo una struttura produttiva dualistica tra nord e sud, ma anche dei settori economici con caratteristiche produttive marcatamente diverse.

Per quanto riguarda le differenze tra aree geografiche, nella Tavola 3.2 sono riportate le stime per le tre macroregioni<sup>10</sup>: Nord, Centro, Sud. La stima dell'elasticità del capitale privato nel Sud è molto inferiore a quelle delle altre macroregioni, il che indicherebbe una sua insufficienza. A questa mancanza sembrerebbe supplire il forte impatto del capitale pubblico, che, a causa della sua ancora bassa disponibilità in queste regioni, presenta un'elevata produttività marginale.

Di particolare interesse appare l'analisi settoriale. Nella Tabella 3.1 sono riportati i coefficienti dell'elasticità del capitale pubblico stimati dalle funzioni di produzioni per i singoli settori economici, controllando, quindi, per gli effetti regionali. Come si nota le differenze tra i diversi comparti sono apprezzabili e sono stati individuati 4 gruppi a seconda dell'intensità dell'effetto. Per la metà dei settori il valore è inferiore a quello medio nazionale (0.19) ed appare correlato con i rendimenti di scala delle elasticità dei fattori produttivi. Difatti i settori che presentano una bassa elasticità del capitale pubblico sono quelli che mostrano rendimenti di scala decrescenti. I settori che invece rilevano rendimenti di scala crescenti o costanti, mostrano anche una rilevante elasticità del capitale pubblico, ad eccezione dell'agricoltura. Invece, dalla Tabella 3.2 sembra che ci sia una certa correlazione inversa (-0.484) tra elasticità del capitale pubblico ed effetti fissi. In altre parole non sembra esserci una relazione diretta tra il livello di efficienza di un settore e il suo utilizzo di capitale pubblico.

---

<sup>10</sup>In Appendice A, la Tabella A.2 mostra la composizione delle macroregioni.

**Tavola 3.2**  
Metodo di stima: Effetti Fissi - anni 1970-1998 - (macroregioni)

Parametri	NORD		CENTRO		SUD	
	2a	2b	2a	2b	2a	2b
k	0.3416(0.0178)	0.3451(0.0179)	0.1141(0.0260)	0.1136(0.0259)	0.1751(0.0160)	0.1608(0.0161)
l	0.3186(0.0105)	0.3197(0.0105)	0.5451(0.0254)	0.5603(0.0257)	0.4565(0.0121)	0.4531(0.0120)
g	0.1261(0.0074)		0.334(0.0183)		0.3046(0.0111)	
core		0.047(0.0272)		0.1626(0.0261)		0.3291(0.0241)
nocore		0.066(0.0195)		0.1464(0.0166)		0.0132(0.0178)
settori		16		16		16
regioni		8		4		8
osservazioni		3712		1856		3712
gruppi		128		64		128
Test F ( $u_i=0$ )	112.3	112.3	116.31	115.35	97.38	98.84
Wald test	1550	1164	1153.9	875.15	1930.5	1480.97
R <sup>2</sup>	0.91	0.91	0.83	0.83	0.86	0.86

*Nota:* standard errors in parentesi

Tabella 3.1

Elasticità del capitale pubblico ed economie di scala per i settori economici

		ELASTICITÀ CAPITALE PUBBLICO		ECONOMIE DI SCALA
C		-0.00197	nulla	nulle
EN		0.038936	bassa	decrescenti
MS21		0.074004	bassa	decrescenti
MS18		0.094592	bassa	decrescenti
MI11		0.102444	media	decrescenti
MI14		0.10899	media	decrescenti
MI12		0.168731	media	crescenti
MS19		0.18138	media	decrescenti
MS20		0.19178	media	decrescenti
AG		0.226382	rilevante	decrescenti
MI7		0.237695	rilevante	crescenti
MI13		0.277993	rilevante	crescenti
MI10		0.308423	rilevante	crescenti
MI15		0.311508	rilevante	costanti
MI8		0.34643	rilevante	costanti
MI9		0.725553	rilevante	crescenti

Tabella 3.2  
Elasticità capitale pubblico ed effetti fissi per i settori economici

	ELASTICITÀ CAPITALE PUBBLICO	EFFETTI FISSI
C	-0.00197	150.8935
EN	0.038936	109.0419
MS21	0.074004	133.2767
MS18	0.094592	200.2098
MI11	0.102444	69.7299
MI14	0.10899	63.0901
MI12	0.168731	83.08689
MS19	0.18138	114.385
MS20	0.19178	193.7586
AG	0.226382	50.85586
MI7	0.237695	59.89187
MI13	0.277993	76.8499
MI10	0.308423	100.0588
MI15	0.311508	68.56514
MI8	0.34643	74.17152
MI9	0.725553	52.13452

Le conclusioni sono che esiste una elevata eterogeneità tra i settori dell'economia ed è rilevante la diversità di impatto del capitale pubblico su questi. Il tenere conto di queste differenze nella costruzione del modello modifica sostanzialmente il risultato delle stime. La differenza di efficienza tra i settori non appare significativamente correlata con l'incidenza del capitale pubblico, che invece sembra sospingere verso più elevati rendimenti di scala. L'efficienza settoriale sembra essere legata al livello dell'efficienza tecnica, che appare essere connessa alle differenze regionali, ma, soprattutto, alle stesse caratteristiche settoriali. Queste conclusioni ci autorizzano a concentrare l'analisi dell'economia italiana sulla sua dimensione settoriale.

## 3.2 Il contributo del capitale pubblico ai settori produttivi dell'economia italiana

Nei loro primi lavori, Aschauer (1989) e Munnell (1990a), utilizzando una funzione di produzione Cobb-Douglas, trovano un'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico di 0.3-0.4 per l'economia aggregata statunitense. Utilizzando dati a livello statale (o regionale per i Paesi europei), i risultati hanno prodotto valori notevolmente più piccoli o statisticamente insignificanti. Lo stesso Munnell (1990b) e diversi altri autori, quali Eisner (1991) o Garcia-Milla e McGuire (1992), riportano stime dell'elasticità che non va mai oltre lo 0.2. Altri autori<sup>11</sup>, poi, hanno voluto utilizzare modelli in differenze prime, invece dei livelli, allo scopo di evitare problemi di radice unitaria delle serie storiche. L'esito delle loro stime è risultato ridimensionare nettamente i risultati dei modelli in livelli mostrando valori molto piccoli o implausibilmente negativi. Questo strano risultato è spiegato dai problemi stessi generati da una funzione di produzione<sup>12</sup> costruita in differenze prime. Infatti queste, pure presentando alcuni vantaggi, distruggono le relazioni di lungo periodo tra le variabili, cioè, esattamente quello che si cerca di individuare tramite la stima. Le notevoli differenze fra i risultati ha prodotto una discussione circa la struttura teorica utilizzata ed in particolare della funzione di produzione Cobb-Douglas. Tale modello, è risultato troppo limitativo, sia per i vincoli restrittivi posti alla tecnologia dalla funzione Cobb-Douglas, sia per la povertà di informazione utilizzata dall'approccio dal lato della produzione. Difatti, in questo modo, si ignora completamente il ruolo giocato dai prezzi dei fattori produttivi nelle scelte delle imprese. Per questi motivi, è sembrato naturale abbandonare questa prima impostazione e passare ad un più ricco approccio dal lato dei costi, utilizzando una meglio articolata funzione, di solito una translogaritmica. I modelli panel precedenti hanno mostrato chiara evidenza dell'esistenza, per l'economia italiana, di specifiche caratteristiche settoriali, autorizzandoci a concentrare la nostra attenzione su queste ultime. La letteratura empirica italiana ha fino ad ora ignorato questa problematica, concentrandosi sulla dimensione regionale del nostro Paese. Il modello che andremo a stimare ha l'obiettivo di rimediare a questa mancanza.

Le industrie<sup>13</sup> che andremo a considerare sono otto: 1) Agricoltura; 2) Industria manifatturiera; 3)

---

<sup>11</sup>Per esempio Tatom (1991), Evans e Karras (1994), oppure Holz-Eakin (1994).

<sup>12</sup>Altri problemi nell'utilizzare una funzione di produzione derivano dalla non sempre perfetta esogenità delle variabili esplicative. Per ovviare a tale inconveniente, si è spesso ricorso all'utilizzo di variabili strumentali.

<sup>13</sup>Il termine generico *industria* sarà sempre utilizzato come sinonimo di *settore economico*.

Energia; 4) Costruzioni; 5) Commercio; 6) Alberghi e ristoranti; 7) Trasporti e comunicazioni; 8) Altri servizi<sup>14</sup>. Viene effettuata un'analisi a livello di Economia Aggregata, che è la somma degli otto precedenti settori e rappresenta il totale economia al netto di Intermediazione monetaria e finanziaria e Altre attività di servizi<sup>15</sup>. L'analisi dal lato dei costi permette un maggiore approfondimento rispetto all'uso delle funzioni di produzione, sebbene, proprio a causa della più articolata modellazione, presenti lo svantaggio di richiedere una più varia disponibilità di dati. La scelta di utilizzare una funzione di costo di tipo translogaritmico risponde all'esigenza di una maggiore flessibilità di quella consentita dalla Cobb-Douglas. Così diviene possibile rendere conto dell'interazione tra le variabili esplicative e quantificare meglio, sia la riduzione dei costi procurata dal capitale pubblico, sia l'aumento di produttività di cui beneficiano gli inputs. Nella sezione successiva sarà definito il modello econometrico utilizzato; la sezione 3.2.2 descrive i dati utilizzati e la sezione 3.2.3 espone i risultati delle stime empiriche.

### 3.2.1 Il modello

Nella prossima sezione saranno richiamate le fonti e la natura dei dati, per ora ci limitiamo alla definizione della struttura teorica utilizzata dal modello econometrico. La quantità prodotta come output è  $Y$ , mentre  $p$  è il vettore dei prezzi del vettore  $X$  dei due inputs privati: lavoro e capitale. I servizi del capitale pubblico incorporati nell'attività produttiva sono espressi da  $Z$  e la variabile tempo  $t$  rappresenta la tecnologia. La generica funzione di costo che utilizzeremo è quindi rappresentabile come:  $CT = C(Y, p, t; Z)$ . La sommatoria dei prodotti di ciascun input per il relativo prezzo è uguale al costo della produzione<sup>16</sup>:  $CT = p_i * X_i$ , dove  $i = l, k$  e  $X_i$  sono le quantità degli inputs che minimizzano i costi. La corrispondente funzione di produzione si esprimerebbe come:  $Y = p(X, t; Z)$ . Le variabili  $Y$ ,  $p$ ,  $Z$ ,  $X$  e  $CT$  variano nel tempo in modo diverso per ogni settore economico. Per ipotesi, i servizi del capitale pubbli-

<sup>14</sup>Gli otto diversi settori economici considerati corrispondono alla seguente classificazione Ateco dell'Istat:

- 1) Agricoltura, silvicoltura e pesca
- 2) Industria manifatturiera
- 3) Produzione e distribuzione di energia elettrica, di gas, di vapore e acqua calda
- 4) Costruzioni
- 5) Commercio all'ingrosso, al dettaglio e riparazioni
- 6) Alberghi e pubblici esercizi
- 7) Trasporti e comunicazioni
- 8) Attività immobiliari, noleggio, attività professionali ed imprenditoriali

<sup>15</sup>Vengono esclusi, sia i settori riguardanti l'economia finanziaria, a causa della particolare natura di queste attività, sia tutti quelli che coinvolgono beni e servizi di tipo pubblico. Anche l'Industria estrattiva, che comunque rappresenta una parte molto piccola dell'economia, non è considerata. L'Economia Aggregata, così costruita, vale, nel 1995, circa il 73% del Pil.

<sup>16</sup>Naturalmente senza considerare i beni intermedi, ma solo le remunerazioni dei fattori produttivi.

co entrano gratuitamente nella combinazione produttiva delle industrie private, poiché queste ultime si avvantaggiano dei beni pubblici. Sembra ragionevole supporre che ogni settore economico non utilizzi direttamente l'intero ammontare dello stock di capitale pubblico, ma una quota dei servizi da questo prodotti in quantità proporzionale al proprio livello di produzione netta. Questo accorgimento, già utilizzato in letteratura<sup>17</sup>, trova la sua giustificazione in vari motivi. Come mostrato da Hulten (1990), l'intensità dello sfruttamento delle infrastrutture pubbliche dipende dal livello delle attività: se aumenta il numero di veicoli, a parità del numero di strade, ci sarà un incremento del loro tasso di utilizzazione. Inoltre, l'uso di beni pubblici è suddiviso da più utilizzatori e, quindi, soggetto a congestione: il numero massimo di veicoli che può transitare per una determinata strada ha un limite. Ne consegue che, sebbene le imprese non abbiano facoltà di scegliere il livello di infrastrutture disponibili, posso scegliere di quali di queste servirsi (Shah 1992). In un interessante modello, Batina e Feehan (2003)<sup>18</sup>, considerano i benefici procurati dai beni pubblici come una rendita che i fattori primari della produzione cercano di guadagnare. Secondo questa logica, poi, gli autori ricavano una tassazione ottimale in base ai vantaggi ricavati da ogni industria o in relazioni agli inputs da queste utilizzati. Lo stesso De Viti de Marco riconosce il reddito prodotto come un indicatore indiretto dell'utilizzo di beni e servizi pubblici. Ogni unità di reddito nascerebbe, quindi, già gravata di una percentuale spettante allo Stato quale fornitore di servizi generali per tale produzione. Le imposte, proporzionali al reddito prodotto, sarebbero il corrispettivo di questi servizi, allo stesso modo in cui il salario è il corrispettivo del lavoro prestato dai lavoratori. Difatti è possibile, almeno in linea di principio, considerare le tasse prelevate dallo Stato quale contropartita dei servizi da esso forniti. Comunque consideriamo tali servizi semplicemente come forniti in maniera del tutto gratuita. Tale scelta è di solito giustificata in letteratura notando che, di fatto, le imprese, pur sostenendo gli esborsi delle tasse e ricevendo dei servizi a fronte di queste, non sono in grado di scegliere il livello di capitale pubblico desiderato allo stesso modo in cui scelgono, ad esempio, la forza lavoro da impiegare in contropartita del monte salari. Si tratta, quindi, di considerare i servizi del capitale pubblico come cosiddetti *unpaid factors of production* e la capacità di beneficiarne di ogni industria direttamente collegata al livello della sua produzione. Il rapporto tra livello di attività di ogni settore e PIL servirà come indice del peso di utilizzo dei servizi pubblici da parte di una data industria, che dovrà essere moltiplicato per l'intero stock di capitale pubblico  $G$ . In questo modo possiamo

---

<sup>17</sup>In particolare si veda: Paul S. (2003) Effects of public infrastructure on structure and productivity in the private sector, *The Economic Record*, vol. 79, no.247, december, 446-4461.

<sup>18</sup>Annala C. N., Batina R. G., Feehan J. P., (2003) The public impact of public inputs on private economy, ESRI

definire  $Z = u * G$ , dove  $u = Y / P I L$ , con  $u$  che varia per ogni industria. Risulta, quindi, evidente che, se aumenta il livello di produzione di una data industria, si ridurranno i coefficienti  $u$  relativi alle altre industrie. Le imprese godono di un beneficio che dipende dalla loro capacità di sostituire inputs acquisiti sul mercato con quelli forniti dallo Stato e dall'incremento della produttività dei primi procurato dalla disponibilità dei secondi. Il risparmio dei costi è dovuto alla riduzione dei fattori produttivi che impiegano, per un dato livello di output, se sono in grado di utilizzare beni e servizi pubblici. L'effetto di questa riduzione di costo è misurato da  $A_g = \eta_{cg}$ , dove  $\eta_{cg} = (\partial \ln CT / \partial \ln G)$  è l'elasticità del costo rispetto al capitale pubblico. Il segno di  $\eta_{cg}$ , normalmente definito in letteratura come *dual measure*, è negativo se le infrastrutture pubbliche consentono un risparmio di costi. Poichè vi è una relazione duale fra lato dei costi e lato della produzione, si avrà un corrispondente effetto (*primal measure*) di produttività diretta misurato da  $B_g = (\partial \ln Y / \partial \ln G)(G / Y) = \eta_{yg} = -A_g \div \eta_{cy}$ , dove  $\eta_{cy}$  è l'elasticità del costo rispetto all'output<sup>19</sup>. Le due misure sono equivalenti soltanto nel caso di rendimenti costanti di scala, in caso diverso, la misura della produttività diretta può essere ricavata da un modello di funzione di costo, mentre non è sempre possibile seguire la strada inversa partendo da una funzione di produzione<sup>20</sup>. L'utilizzo di una funzione di costo permette anche di verificare se le funzioni di domanda degli inputs sono condizionate dalla disponibilità di capitale pubblico. Le principali ipotesi implicite nella funzione di costo sono: 1) L'output  $Q$  è predeterminato e quindi esogeno. 2) Il vettore dei prezzi degli inputs  $p_i$  è esogeno perché dato dal mercato<sup>21</sup>. In questo modo le imprese, per ogni livello di output predeterminato, sceglieranno la combinazione ottimale di fattori produttivi in considerazione dei relativi prezzi di mercato. Utilizzando il Lemma di Shepard si ottengono le funzioni di domanda ottima degli inputs:  $L = (\partial \ln CT / \partial \ln w_l)$ ,  $K = (\partial \ln CT / \partial \ln w_k)$ . Una funzione di costo, per rispettare le condizioni di regolarità, dovrebbe essere omogenea di 1° grado nei prezzi dei fattori:  $S_k + S_l = 1$ , dove  $S_i = (p_i X_i) / CT = C_i / CT$  rappresenta la quota di costo dell'input  $i$ . Considerando i prezzi dei fattori produttivi, si hanno  $S_l = p_l L / CT$  e  $S_k = p_k K / CT$ . Se la quota di costo dell'input viene uguagliata alla rispettiva derivata della funzione di costo si ricavano le cosiddette *equazioni di input cost-share*:  $S_i = (\partial \ln CT / \partial \ln p_i)(p_i / CT) = p_i X_i / CT$ . Derivando la funzione rispetto all'output, invece, si ha la funzione del costo marginale:  $\lambda = (\partial \ln CT / \partial \ln Y)$ , dove  $\lambda$  è il Moltiplicatore di Lagrange che rap-

<sup>19</sup>Dall'elasticità del costo rispetto all'output si ricava l'elasticità di scala  $\mu = (\partial \ln CT / \partial \ln Y)^{-1}$

<sup>20</sup>Se la funzione di produzione non è omotetica, il parametro di scala ottenuto come somma dei coefficienti delle elasticità rispetto all'output dei fattori produttivi non è esattamente uguale, in valore assoluto, a  $\eta_{cy}$ .

<sup>21</sup>Per una completa definizione di tutte le ipotesi rilevanti dal punto di vista economico si veda Chambers (1988)

presenta il *prezzo ombra* dell'output. Sotto ipotesi di concorrenza perfetta  $\lambda$  è uguale al prezzo  $p_y$  dell'output, potendo quindi scrivere:  $S_y = p_y Q / CT = Y / CT$ .

L'elasticità della domanda di input rispetto al capitale pubblico si può scomporre in un effetto diretto ed uno indiretto:  $\epsilon_{ig} = (\partial \ln X_i / \partial \ln G)(G / X_i) = \epsilon_{sig} + \eta_{cg}$ . Il primo termine della somma rappresenta l'elasticità dell'equazione di cost-share dell'input rispetto al capitale pubblico e mostra la distorsione nell'utilizzo di quel fattore produttivo; mentre il secondo termine esprime l'effetto *neutrale* delle infrastrutture pubbliche sulla domanda di inputs delle imprese. Il capitale pubblico distorce verso un maggiore uso del fattore  $i$  se per  $\epsilon_{sig} > 0$ , un minore uso se  $\epsilon_{sig} < 0$ , è neutrale per  $\epsilon_{sig} = 0$ . I due effetti possono essere sia di segno uguale che opposto. Il capitale pubblico ed il fattore produttivo  $i$  sono, invece, sostituti, indipendenti o complementare se  $\epsilon_{ig}$  è, rispettivamente, minore, uguale o maggiore di 0.

Per l'implementazione empirica scegliamo una funzione di costo translogaritmica per i notevoli vantaggi che questa consente, grazie alla ricchezza della sua specificazione<sup>22</sup>, caratterizzata dai parametri di interazione fra le variabili. Questa si ricava approssimando al secondo ordine la serie di Taylor di un'arbitraria funzione di costo, in cui il capitale pubblico viene trattato come un input quasi-fisso. La nostra funzione translogaritmica di costo ha la seguente forma:

$$\begin{aligned} \ln CT = & \alpha_0 + \alpha_y \ln Y + \frac{1}{2} \alpha_{yy} (\ln Y)^2 + \sum \beta_i \ln p_i + \\ & + \frac{1}{2} \sum \beta_{ij} (\ln p_i \ln p_j) + \sum \beta_{iy} (\ln Y \ln p_i) + \delta_z \ln Z + \\ & + \delta_{zi} (\ln Z \ln p_i) + \gamma_i t + \gamma_{it} (t \ln p_i) + \gamma_{iy} (t \ln Y) \end{aligned} \quad (3.3)$$

All'equazione (3.3) devono essere imposte le usuali restrizioni di omogeneità lineare dei prezzi e simmetria:

$$\sum \beta_i = 1, \quad \sum \beta_{iy} = \sum \beta_{zi} = 0, \quad \sum \beta_{ij} = \sum \beta_{ji}$$

<sup>22</sup>Inoltre, Guilkey et al. (1983) dimostrano la superiorità della forma translogaritmica all'interno della classe delle funzioni flessibili.

Dopo le restrizioni la (3.3) diviene la funzione di costo utilizzata nelle stime:

$$\begin{aligned} \ln(CT/p_k) = & \alpha_0 + \alpha_y \ln Y + \alpha_{yy} \frac{1}{2} (\ln y)^2 + \beta_l \ln(p_l/p_k) \\ & + \beta_{ll} \frac{1}{2} \ln(p_l/p_k)^2 + \beta_{ly} [\ln Y \ln(p_l/p_k)] + \delta_z \ln Z \\ & + \delta_{lz} [\ln Z \ln(p_l/p_k)] + \gamma_{lt} t + \gamma_{ly} [t \ln(p_l/p_k)] + \gamma_{yt} (t \ln Y) \end{aligned} \quad (3.4)$$

Applicando all'equazione (3.4) il Lemma di Shepard si ricavano le equazioni di share:

$$S_l = \beta_l + \beta_{ll} \ln(p_l/p_k) + \beta_{ly} \ln Y + \delta_{zl} \ln Z + \gamma_{lt} t \quad (3.5)$$

$$S_k = (1 - \beta_l) - \beta_{ll} \ln(p_l/p_k) - \beta_{ly} \ln Y - \delta_{zl} \ln Z - \gamma_{lt} t \quad (3.6)$$

$$S_y = \alpha_y + \alpha_{yy} Y + \beta_{ly} \ln(p_l/p_k) + \gamma_{yt} t \quad (3.7)$$

L'equazione di costo potrebbe essere stimata singolarmente, ma risulta conveniente farlo insieme alle equazioni di domanda dei fattori in un sistema multiplo. Questa metodologia è più efficiente e sfrutta meglio l'informazione disponibile. Il metodo adoperato per la stima è il SURE<sup>23</sup> (sistema di equazioni apparentemente non collegate) di Zellner, che consente la correlazione tra i residui delle diverse equazione del sistema<sup>24</sup>. Siccome le equazioni (3.5) e (3.6) sono fra di loro linearmente dipendenti, il sistema deve essere stimato eliminandone una, per evitare la singolarità della matrice delle varianze-covarianze.

<sup>23</sup>La procedura di stima utilizzata è quella reiterativa, che rende ininfluenza la scelta dell'equazione di share da eliminare e converge alla stima della funzione di massima verosimiglianza.

<sup>24</sup>Altrimenti non si avrebbe motivo di servirsi di un sistema di equazioni in ragione di stime separate.

### 3.2.2 Dati e variabili

I dati utilizzati nelle stime riguardano il periodo temporale dal 1970/71 al 1998/99 e sono tratti dall'Istat, integrando le serie dello stock di capitale servendosi dei dati di Crenos. I dati relativi allo stock di capitale pubblico, invece, provengono dal database di Picci. Maggiori particolari riguardo le fonti, e il modo in cui i dati sono stati integrati, sono in appendice. Di seguito saranno definite le variabili utilizzate. Tutti i valori sono misurati in euro a prezzi 1995. L'output è il valore aggiunto. Il Capitale privato è lo stock di capitale privato ritardato di un lag, poichè nei dati Istat viene misurato alla fine dell'anno e, quindi, il primo anno in cui si rende effettivamente disponibile il nuovo stock è quello successivo. Lo stesso accorgimento è utilizzato per lo stock di capitale pubblico, rappresentato dalla serie dello stock di infrastrutture pubbliche costruita da Picci tramite il metodo dell'inventario permanente. Il Lavoro è misurato dalle *unità di lavoro standard*, dipendenti e indipendenti. Il salario (annuo) è calcolato dividendo il *Reddito da lavoro dipendente* per le unità di lavoro dipendente. Il salario dei lavoratori indipendenti è stato uguagliato a quello dei lavoratori dipendenti. Tale semplificazione è stata necessaria ed è largamente utilizzata in letteratura. Il prezzo del capitale privato è calcolato secondo la nota formula di Berndt e Hansson (1992), che lo misurano in termini di costo d'uso:  $p_k = d_k(a + r - i)$ . All'interno della parentesi sono sommati il tasso di deprezzamento del capitale e il tasso di interesse reale, mentre  $d_k$  è il deflatore degli investimenti. Il tasso di deprezzamento è calcolato, considerando le diverse tipologie di bene capitale, dividendo l'ammortamento per lo stock di capitale; il tasso di interesse è quello dei buoni del Tesoro decennali depurato dell'inflazione; il deflatore degli investimenti è ottenuto dividendo gli investimenti a prezzi correnti con il valore degli stessi a prezzi costanti. Come già accennato i servizi forniti dalle infrastrutture pubbliche sono stati misurati da  $Z = u * G$ . Tale valore è stato indicizzato a 100 nell'anno base (1995), mentre i prezzi dei fattori sono stati normalizzati a uno nello stesso anno. Nella Tavola 3.3 sono riportate alcune statistiche descrittive relative all'anno intermedio 1984/85, e le medie su tutto l'arco temporale dei tassi di crescita dell'output e del capitale per unità di lavoro. Come si nota immediatamente, quattro settori su otto sono decisamente *labor-intensive*, e solo due *capital-intensive*. Ciò è probabilmente dovuto, sia all'elevato costo del lavoro, tipico dell'economia Italiana, sia al non molto alto rapporto *capitale/unità di lavoro*. Le sole eccezioni riguardano le industrie Energia e Altri servizi<sup>25</sup>. In particolare, quest'ultimo settore è caratterizzato da uno stock di capitale

---

<sup>25</sup>L'elevato livello di stock di capitale di questo settore è dovuto al valore degli immobili del settore *Attività immobiliare*.

molto elevato che, nel tempo, tende a crescere meno del lavoro. Per tutti gli altri, invece, il rapporto capitale/lavoro presenta un andamento crescente nel tempo. Si possono anche notare le notevoli differenze della crescita media del valore aggiunto tra le diverse industrie. La diversità dei tassi di crescita dell'output e degli input tra i settori suggerisce immediatamente che i differenti settori potrebbero essere evoluti nel tempo lungo sentieri molto differenti, sia nelle scelte di input e di output, che riguardo alla crescita della produttività.

### 3.2.3 Risultati empirici

Il modello, composto dalla funzione di costo (3.4) e dalle equazioni (3.5) e (3.7), è stimato per l'Economia Aggregata e le diverse industrie tramite il metodo reiterativo delle regressioni apparentemente non collegate di Zellner. La Tavola 3.4 riporta i risultati delle stime per l'Economia Aggregata, le Tavole 3.6a e 3.6b riportano quelle dei settori economici. La maggioranza dei parametri è statisticamente significativa e presenta il segno teoricamente atteso. Viene rispettata la condizione di omogeneità lineare nei prezzi degli inputs ed un loro aumento, o dell'output, non produce una contrazione dei costi. Il segno associato al parametro del capitale pubblico è negativo, mentre quello relativo all'output è positivo. Gli alti valori dell' $R^2$ , così come l'esito dei test di significatività congiunta dei parametri e il basso valore degli standard errors delle equazione, confermano la bontà delle stime dal punto di vista statistico. Gli esiti dei tests di Breusch-Pagan rifiutano nettamente l'ipotesi nulla di assenza di correlazione fra i residui delle diverse equazioni stimate: il modello SURE offre migliori risultati di stime indipendenti per ogni equazione. Soddisfacenti pure i test sulla normalità e autocorrelazione dei residui. Fra le variabili esplicative, il solo regressore che desta qualche dubbio circa la sua effettiva esogenità è l'output, ma gli esiti dei tests di Hausman, effettuati a tale scopo, escludono l'endogenità della variabile indagata. Il modello viene stimato includendo una componente di trend  $t$ , per rappresentare il progresso tecnologico, che interagisce con l'output ed i prezzi dei fattori. I tests sulla significatività di questi parametri indicano chiaramente che l'inclusione del trend nel modello è necessaria e corretta.

La Tavola 3.5 riporta gli effetti del capitale pubblico per l'Economia Aggregata e mostra una discreta ricaduta sulla sua produttività. L'elasticità del costo rispetto all'output è di -0.4009, mentre la corrispondente misura diretta sull'output (che può essere confrontata con le stime dei lavori che seguono l'approccio delle funzioni di produzione) è dello 0.3109. Entrambi i risultati sono statisticamente sig-

**Tavola 3.3**  
Statistiche descrittive per i diversi settori economici

SETTORI ECONOMICI	Y	CT	S <sub>l</sub>	S <sub>k</sub>	K	L	Ẏ	K̇/L
Agricoltura	24065	31538	0.28	0.72	109566	2440	0.83	4.34
Industria manifatturiera	150000	122000	0.77	0.23	254757	5276	3.21	2.77
Energia	19170	13959	0.55	0.45	95807	165	1.95	2.53
Costruzioni	44337	30136	0.85	0.15	35703	1590	0.57	1.72
Commercio	94000	74775	0.88	0.12	65693	3662	2.97	2.98
Alberghi e ristoranti	25945	23872	0.89	0.10	22415	966	1.52	1.88
Trasporti, magazz., comun.	39783	46599	0.74	0.26	106210	1366	4.29	3.07
Altri servizi	123000	73816	0.39	0.61	1111019	1186	3.68	-2.3
Economia Aggregata	547000	457000	0.74	0.26	1806413	16680	2.60	2.54

*Note:* tasso medio di crescita stock cap. pubbl.=2,43%. Stock capitale pubblico=449000.

I valori monetari sono in milioni di euro a prezzi costanti 1995, unità di lavoro in migliaia di unità, gli altri dati sono in valori percentuali. Dati riferiti all'anno 1984/85 e tassi di crescita medi. Y=output, CT=costi totali, K=stock capitale privato, L= unità di lavoro standard

nificativi<sup>26</sup>. L'elasticità del costo rispetto all'output è di 1.2406, che, essendo maggiore di 1, indica la presenza di diseconomie di scala, seppure di modesta entità. Bonaglia, La Ferrara, Marcellino (2000), con un panel regionale per un arco temporale simile, non trovano effetti significativi del capitale pubblico. La diversità con le loro stime è motivata dalla diversa forma funzionale utilizzata, la Cobb-Douglas invece della nostra translogaritmica. Per verificare l'opportunità di ridurre la nostra funzione ad una Cobb-Douglas è stato effettuato il test sulle restrizioni a zero dei relativi parametri. Il suo esito rifiuta nettamente l'ipotesi nulla e rafforza la scelta di una translogaritmica. Inoltre, un'altra differenza è che loro usano direttamente lo stock di capitale pubblico al posto di una misura dei servizi da esso forniti.

Picci (1999) trova che un'elasticità dell'output rispetto al capitale pubblico molto vicina alla nostra: 0.358. Kamps (2004a) stima una funzione di produzione Cobb-Douglas per l'economia aggregata italiana, includendo il capitale netto del settore pubblico fra gli input. Quando utilizza la serie dello stock di capitale pubblico da lui ricostruita ottiene un'elasticità dell'output dello 0.153, servendosi di dati di contabilità nazionale Istat il valore sale a 0.498, e si alza fino all'1.749 quando si serve di dati Ocse. Come si nota, quando l'autore impiega i dati di fonte Istat, i risultati non è molto dissimile dal nostro.

L'effetto del capitale pubblico sulla domanda di un input è dato dalla somma dell'effetto distortivo e quello neutrale. Osservando la Tavola 3.5 si nota che per il fattore lavoro si stima una distorsione negativa di -0.23, mentre l'effetto è positivo per il capitale privato: 0.73. La stima dell'elasticità della domanda di input rispetto al capitale pubblico è di -0.63 per il lavoro e di 0.33 per il capitale privato. Il capitale pubblico, quindi, appare come un sostituto del primo e complementare al secondo.

---

<sup>26</sup>Gli standard errors delle elasticità sono calcolati utilizzando la formula generale:  $var(\sum_i \beta_i x_i) = \sum_i x_i^2 var(\beta_i) + 2 \sum_{i \neq j} x_i x_j cov(\beta_i \beta_j)$ .

**Tavola 3.4**

Stima modello SURE per Economia Aggregata

Parametri	Stima
$\alpha_y$	2.8781 (1.1357)
$\alpha_{yy}$	-0.0579 (0.0425)
$\beta_l$	0.2593 (0.4621)
$\beta_{ll}$	0.0214 (0.0057)
$\beta_{ly}$	0.0528 (0.0084)
$\delta_z$	-0.2055 (0.1149)
$\delta_{lz}$	-0.1754 (0.1003)
$\gamma_t$	0.2465 (0.0430)
$\gamma_{lt}$	-0.0130 (0.0028)
$\gamma_{yt}$	-0.0094 (0.0015)
$\alpha_0$	-28.493 (15.269)
Funzione di costo	
R <sup>2</sup>	0.99
RMSE	0.02492
Wald test	$\chi^2(10)=141126$
H <sub>0</sub> : $\gamma_t = \gamma_{lt} = \gamma_{yt} = 0$	$\chi^2(3)=68.62$
Equazione di cost-share lavoro	
R <sup>2</sup>	0.97
RMSE	0.02261
Wald test	$\chi^2(4)=2272.99$
H <sub>0</sub> : $\gamma_{lt} = 0$	$\chi^2(1)=21.53$
Equazione di cost-share output	
R <sup>2</sup>	0.96
RMSE	0.02818
Wald test	$\chi^2(3)=656.263$
H <sub>0</sub> : $\gamma_{yt} = 0$	$\chi^2(1)=36.52$
Breusch-Pagan test	$\chi^2(3)=11.465$
H <sub>0</sub> : $\alpha_{yy} = \beta_{ll} = \beta_{ly} = \delta_{lz} = \gamma_{lt} = \gamma_{yt} = 0$	$\chi^2(6)= 2546.3$
Durbin-Watson	1.11
<i>Nota:</i> standard errors in parentesi	

**Tavola 3.5**

Effetti capitale pubblico su produttività e domanda di input: Economia Aggregata

Statistiche	Valore	s.e.
Dual measure: $\eta_{cg}$	-0.4009	(0.1650)
Primal measure: $\eta_{yg}$	0.3109	(0.1147)
Elasticità del costo rispetto all'output: $\eta_{cy}$	1.2406	(0.1418)
Elasticità di scala: $\mu$	0.8060	(0.1418)
<i>Distorsione input per capitale pubblico</i>		
Lavoro: $\delta_{lz}/sl = \epsilon_{slg}$	-0.2304	(0.0499)
Capitale: $\delta_{kz}/sk = \epsilon_{skg}$	0.7344	(0.4328)
<i>Elasticità domanda di input rispetto al capitale pubbl.</i>		
Lavoro: $\epsilon_{lg}$	-0.6308	(0.1579)
Capitale: $\epsilon_{kg}$	0.3340	(0.3525)
<i>Nota: calcolati con valori medi, standard errors in parentesi</i>		

Ma lo scenario cambia sensibilmente quando si passa alle stime del modello per i singoli settori economici. Le Tavole 3.6a-b mostrano i risultati della stima del modello per le diverse industrie. Soltanto le stime del settore Altri servizi non sembrano essere pienamente soddisfacenti. Il parametro relativo al salario, infatti, appare con un valore non molto plausibile. Probabilmente questo è dovuto alle particolari caratteristiche di questo settore che poco si adattano all'approccio metodologico utilizzato. Gli effetti del capitale pubblico sono esposti nella Tavola 3.7 con risultati molto diversi tra le industrie, ma, quasi sempre, statisticamente significativi. Alcuni settori mostrano valori dell'elasticità maggiore di quello dell'economia aggregata, altri minore. L'elasticità del costo varia tra il -0.1978 per Trasporti e comunicazione al -1.6991 dell'industria manifatturiera. L'effetto diretto sulla produttività appare leggermente inferiore di quello duale e varia tra 0.1228 delle Costruzioni e 1.1511 dell'Agricoltura. L'elasticità del costo rispetto all'output, infatti, è quasi sempre leggermente sopra l'unità, esibendo delle trascurabili diseconomie di scala. I soli settori che fanno eccezione sono Agricoltura (0.8662) e Trasporti e co-

municazioni (0.8840). Le Tavole 3.8 e 3.9 analizzano il comportamento della domanda di inputs da parte delle imprese dei diversi settori. Osservando la Tavola 3.8, il capitale pubblico sembra distorcere verso un minor uso di lavoro nelle industrie Agricoltura, Manifattura, Energia, e, leggermente, nelle Costruzioni. Negli stessi settori, la domanda di capitale privato è distorta verso l'alto. L'inverso succede negli altri settori, dove, in particolare, si segnala una fortissima distorsione verso il sottoutilizzo di capitale nel settore Alberghi e ristoranti (-3.8339). Praticamente in tutte le industrie il capitale pubblico è un sostituto di entrambi i fattori produttivi privati (Tavola 3.9). Il settore Energia è l'unico a presentare una complementarità tra capitale pubblico ed un input privato, il capitale. Per quasi la metà dei settori, però, l'elasticità della domanda di lavoro rispetto alle infrastrutture non sembra essere statisticamente diversa da zero, segnalando un effetto neutrale.

**Tavola 3.7**

Effetti capitale pubblico sulla produttività dei Settori economici

Settori economici	Dual measure	Primal measure	$\eta_{cy}$	$\mu$
Agricoltura	-0.9971 (0.0961)	1.1511 (0.0881)	0.8662 (0.0834)	1.1544
Manifattura	-1.6961 (0.1395)	1.3886 (0.0731)	1.2214 (0.1126)	0.8187
Energia	-1.1071 (0.1555)	0.8001 (0.2711)	1.3836 (0.1658)	0.7227
Costruzioni	-0.6657 (0.1813)	0.4722 (0.0233)	1.4098 (0.1539)	0.7093
Commercio	-0.1628 (0.1082)	0.1228 (0.0824)	1.3251 (0.0329)	0.7546
Alberghi e ristoranti	-0.9757 (0.1301)	0.8868 (0.4194)	1.1003 (0.0402)	0.9088
Trasp., mag., com.	-0.1978 (0.1648)	0.2238 (0.1833)	0.8840 (0.0123)	1.1312
Altri servizi	-0.7568 (0.1520)	0.4813 (0.0158)	1.5723 (0.5404)	0.6360

*Nota:* calcolati con valori medi, standard errors in parentesi**Tavola 3.8**

Distorsione domanda inputs dei settori economici

Settori economici	<i>Lavoro</i>	<i>Capitale</i>
Agricoltura	-0.4532 (0.3944)	0.1831 (0.0321)
Manifattura	-0.1975 (0.0242)	0.6912 (0.4196)
Energia	-0.9939 (0.4230)	1.3457 (1.3118)
Costruzioni	-0.0535 (0.0042)	0.3580 (1.1478)
Commercio	0.1093 (0.0079)	-0.9912 (0.0811)
Alberghi e ristoranti	0.3805 (0.0295)	-3.8339 (1.7948)
Trasp., mag., com.	0.4055 (0.0314)	-4.0857 (1.9127)
Altri servizi	0.1376 (0.0311)	-0.3736 (0.2399)

*Nota:* calcolati con valori medi, standard errors in parentesi

Tavola 3.6a

Stima modello SURE per i diversi settori economici

Parametri	Agricoltura	Manifattura	Energia	Costruzioni
$\alpha_y$	0.1993 (1.6451)	-1.3574 (1.2696)	0.6384 (2.1847)	0.0915 (1.8282)
$\alpha_{yy}$	0.0379 (0.0689)	0.1098 (0.0497)	0.0358 (0.0924)	0.0596 (0.0747)
$\beta_l$	1.7216 (1.0838)	0.8868 (0.4623)	0.9127 (0.7536)	-0.1979 (0.4537)
$\beta_{ll}$	-0.2387 (0.0056)	0.0403 (0.0052)	0.1348 (0.0095)	0.0153 (0.0041)
$\beta_{ly}$	-0.0313 (0.0319)	0.0254 (0.0184)	0.0581 (0.0342)	0.0561 (0.0159)
$\delta_z$	-0.9044 (0.6612)	-1.5972 (0.1357)	-0.5716 (0.1772)	-0.6234 (0.1570)
$\delta_{lz}$	-0.1304 (0.1269)	-0.1536 (0.0771)	-0.4151 (0.0519)	-0.0465 (0.0713)
$\gamma_l$	0.2603 (0.0974)	0.4162 (0.0560)	0.2764 (0.1181)	0.2966 (0.0508)
$\gamma_{lt}$	0.0051 (0.0014)	-0.0067 (0.0018)	-0.0052 (0.0015)	-0.0069 (0.0006)
$\gamma_{yt}$	-0.0133 (0.0041)	-0.0158 (0.0021)	-0.0115 (0.0049)	-0.0124 (0.0020)
$\alpha_0$	14.341 (19.972)	31.309 (16.363)	0.9267 (25.782)	7.2224 (22.295)
Funzione di costo				
R <sup>2</sup>	0.739	0.997	0.997	0.999
RMSE	0.3975	0.0383	0.0393	0.0330
Wald test	$\chi^2(10)=130019$	$\chi^2(10)=68821$	$\chi^2(10)=44636$	$\chi^2(10)=161518$
H <sub>0</sub> : $\gamma_l = \gamma_{lt} = \gamma_{qt} = 0$	$\chi^2(3)=2350.4$	$\chi^2(3)=56.74$	$\chi^2(3)=38.88$	$\chi^2(3)=176.46$
Eq. di cost-share lavoro				
R <sup>2</sup>	0.674	0.967	0.992	0.963
RMSE	0.0833	0.0178	0.0230	0.0132
Wald test	$\chi^2(4)=2595.59$	$\chi^2(4)=810.60$	$\chi^2(4)=3878.99$	$\chi^2(4)=855.76$
H <sub>0</sub> : $\gamma_{lt} = 0$	$\chi^2(1)=12.60$	$\chi^2(1)=12.80$	$\chi^2(1)=10.78$	$\chi^2(1)=117.27$
Eq. di cost-share output				
R <sup>2</sup>	0.344	0.847	0.641	0.915
RMSE	0.13156	0.0455	0.1153	0.0457
Wald test	$\chi^2(3)=14.59$	$\chi^2(3)=155.77$	$\chi^2(3)=54.37$	$\chi^2(3)=295.74$
H <sub>0</sub> : $\gamma_{lq} = 0$	$\chi^2(1)=10.57$	$\chi^2(1)=54.65$	$\chi^2(1)=5.44$	$\chi^2(1)=36.05$
Breusch-Pagan test	$\chi^2(3)=53.877$	$\chi^2(3)=40.33$	$\chi^2(3)=9.297$	$\chi^2(3)=6.889$
H <sub>0</sub> : $\alpha_{yy} = \beta_{ll} = \beta_{ly} = \delta_{lz} = \gamma_{lt} = \gamma_{yt} = 0$	$\chi^2(6)=2948.6$	$\chi^2(6)=912.61$	$\chi^2(6)=3920.74$	$\chi^2(6)=1071.38$
Durbin-Watson	1.62	1.73	1.56	1.87

Note: standard errors in parentheses

**Tavola 3.6b**

Stima modello SURE per i diversi settori economici

Parametri	Commercio	Alberghi e rist.	Trasporti e com.	Altri servizi
$\alpha_y$	-0.1827 (1.6835)	-0.4291 (1.2139)	3.5253 (1.4586)	2.0688 (0.5471)
$\alpha_{yy}$	0.0579 (0.0672)	0.0723 (0.0507)	-0.1124 (0.0610)	-0.0281 (0.0220)
$\beta_l$	-0.4406 (0.3068)	0.8962 (0.4286)	0.5111 (0.3079)	-13.605 (1.0283)
$\beta_{ll}$	0.0133 (0.0030)	0.0236 (0.0036)	0.0129 (0.0042)	0.1843 (0.0060)
$\beta_{ly}$	0.0418 (0.0108)	-0.0641 (0.0141)	0.0041 (0.0060)	0.6072 (0.0465)
$\delta_z$	-0.2599 (0.1544)	-1.4527 (0.1721)	-0.3077 (0.1474)	-0.4494 (0.1357)
$\delta_{lz}$	0.0985 (0.0405)	0.3689 (0.0740)	0.1005 (0.0859)	-0.3756 (0.0507)
$\gamma_t$	-0.0177 (0.0495)	0.2173 (0.0526)	0.0062 (0.0025)	0.3992 (0.1311)
$\gamma_{lt}$	-0.0104 (0.0011)	-0.0087 (0.0011)	-0.1530 (0.0642)	-0.0039 (0.0009)
$\gamma_{qt}$	0.0002 (0.0018)	-0.0079 (0.0021)	-0.0204 (0.0036)	-0.0148 (0.0049)
$\alpha_0$	12.577 (21.212)	19.434 (14.589)	-26.524 (17.540)	-16.435 (7.0234)
Funzione di costo				
R <sup>2</sup>	0.998	0.999	0.999	0.840
RMSE	0.0401	0.0213	0.0431	.0332
Wald test	$\chi^2(10)=361211$	$\chi^2(10)=244779$	$\chi^2(10)=98383$	$\chi^2(10)=56592$
H <sub>0</sub> : $\gamma_t = \gamma_{lt} = \gamma_{yt} = 0$	$\chi^2(3)=87.74$	$\chi^2(3)=143.76$	$\chi^2(3)=41.08$	$\chi^2(3)=117.12$
Eq. di cost-share lavoro				
R <sup>2</sup>	0.984	0.966	0.970	0.939
RMSE	0.0085	0.01251	0.0269	0.0317
Wald test	$\chi^2(4)=1791.82$	$\chi^2(4)=890.08$	$\chi^2(4)=2020.3$	$\chi^2(4)=4110.98$
H <sub>0</sub> : $\gamma_{lt} = 0$	$\chi^2(1)=79.59$	$\chi^2(1)=61.24$	$\chi^2(1)=30.95$	$\chi^2(1)=15.64$
Eq. di cost-share output				
R <sup>2</sup>	0.455	0.283	0.211	0.634
RMSE	0.0437	.0502	0.0395	0.6398
Wald test	$\chi^2(3)=22.06$	$\chi^2(3)=25.07$	$\chi^2(3)=6.47$	$\chi^2(3)=200.92$
H <sub>0</sub> : $\gamma_{ly} = 0$	$\chi^2(1)=0.01$	$\chi^2(1)=13.45$	$\chi^2(1)=6.14$	$\chi^2(1)=8.93$
Breusch-Pagan test	$\chi^2(3)=13.798$	$\chi^2(3)=3.653$	$\chi^2(3)=15.429$	$\chi^2(3)=44.793$
H <sub>0</sub> : $\alpha_{yy} = \beta_{ll} = \beta_{ly} = \delta_{lz} = \gamma_{lt} = \gamma_{yt} = 0$	$\chi^2(6)=1808.20$	$\chi^2(6)=891.39$	$\chi^2(6)=2288.3$	$\chi^2(6)=4247.94$
Durbin-Watson	1.83	1.79	1.64	1.37

Note: standard errors in parentheses

**Tavola 3.9**

Elasticità domanda input settori economici

Settori economici	Lavoro	Capitale
Agricoltura	-1.4503 (0.8151)	-0.8139 (0.1303)
Manifattura	-1.8937 (0.1376)	-1.0049 (0.3474)
Energia	-2.1010 (0.2532)	0.2386 (0.9950)
Costruzioni	-0.7193 (0.0454)	-0.3076 (0.1292)
Commercio	-0.0534 (0.1010)	-1.1540 (0.3054)
Alberghi e ristoranti	-0.5702 (0.4450)	-5.6158 (1.7462)
Trasp., mag., com.	-0.0602 (0.1426)	-0.5715 (0.0943)
Altri servizi	-1.7905 (0.1091)	-0.1665 (0.1425)

*Nota:* calcolati con valori medi, standard errors in parentesi

### 3.3 Conclusioni

I risultati empirici hanno mostrato una chiara evidenza dell'effetto esercitato dal capitale pubblico sui diversi settori economici. Alcuni settori, in particolare *Energia* ed *Industria manifatturiera*, hanno mostrato beneficiare più degli altri delle infrastrutture pubbliche. Non si sono rilevati, per nessun settore, particolari economie o diseconomie di scala. I servizi resi dai beni pubblici hanno un impatto positivo per tutte le industrie grazie alla sostituibilità fra il capitale pubblico e gli altri fattori della produzione. In particolare, nei settori a bassa intensità di capitale, le infrastrutture pubbliche producono una notevole distorsione negativa nei confronti del capitale privato e mostrano un'elevata elasticità della domanda (negativa) di questo input rispetto al capitale pubblico. Meno significativa, invece, appare l'elasticità della domanda di lavoro rispetto al capitale pubblico.

Considerare l'effetto del capitale pubblico sulla sola economia aggregata fornisce un'informazione distorta e fuorviante del reale effetto degli investimenti pubblici. Risultano evidenti le implicazioni in materia di politica economica e fiscale.

## APPENDICE A - Modelli panel

**Tabella A.1**

Codici settori economici		
1	AG	agricoltura
2	EN	energia
3	MI7	minerali e metalli ferrosi e non ferrosi.
4	MI8	minerali e prodotti a base di minerali non metalliferi
5	MI9	prodotti chimici e farmaceutici
6	MI10	prodotti in metallo e macchine
7	MI11	mezzi di trasporto
8	MI12	prodotti alimentari, bevande e tabacco
9	MI13	prodotti tessili e dell'abbigl., pelli cuoio e calzature
10	MI14	carta, prodotti cartotecnici, della stampa ed editoria
11	MI15	legno, gomma ed altri prodotti industriali
12	C	costruzioni
13	MS18	commercio, alberghi e pubblici esercizi
14	MS19	trasporti e comunicazioni
15	MS20	credito e assicurazione
16	MS21	altri servizi destinabili alla vendita.

**Tabella A.2**

Le macroregioni italiane	
NORD:	pie, vda, lom, lig tr, fvg, ven, emr
CENTRO:	tos, umb, mar, laz
SUD:	abr, mol, cam, pug, bas, cal, sic, sar

## APPENDICE B.1 - Fonte dati modelli SURE

**Output (valore aggiunto)** Il valore aggiunto è tratto dalle serie di contabilità nazionale Istat a prezzi costanti 1995.

**Lavoro** Le unità di lavoro standard (ula) sono tratte dalle serie di contabilità nazionale Istat.

**Capitale privato** Lo stock di capitale privato è tratto dalle serie di contabilità nazionale Istat a prezzi costanti 1995 per gli anni dal 1980/89 al 1998/99. Gli anni precedenti sono stati integrati raccorrendo le serie Istat a quelle calcolate da Crenos e disponibili sul relativo sito internet.

**Capitale pubblico** Per il capitale pubblico è utilizzata la serie dello stock di infrastrutture pubbliche calcolata da Picci e reperibile sul suo sito internet. Tale serie è costruita applicando il metodo dell'inventario permanente alla serie storica degli investimenti pubblici. Per portare la serie a prezzi costanti 1995 è stato usato il deflatore degli investimenti fissi del settore Costruzioni (fonte Istat).

**Prezzo del lavoro** Il salario è stato calcolato dividendo il Reddito da lavoro dipendente (prezzi 1995) per le unità di lavoro standard, entrambi fonte di contabilità nazionale Istat.

**Prezzo del capitale** Il costo d'uso del capitale è stato calcolato impiegando dati di contabilità nazionale Istat, ad eccezione del tasso di interesse nominale dei Buoni del Tesoro Pluriennali a scadenza decennale (fonte Dipartimento del Tesoro-Ministero dell'Economia e delle Finanze). Per calcolare il deprezzamento del capitale è stato rapportato l'ammortamento economico allo stock di capitale per quattro diversi tipi di beni capitale, riaggregati, poi, secondo i relativi pesi.

**APPENDICE B.2 - Classificazione settori economici modelli SURE**

**Tabella B**

codice ateco	Attività economiche
A+B	Agricoltura, sivicoltura e pesca
D	Industria manifatturiera
E	Produzione e distribuz. di energia elettr., di gas, di vapore e acqua calda
F	Costruzioni
G	Commercio all'ingr., al dett. e ripar. di autov., motoc. e di beni pers. e per la casa
H	Alberghi e pubblici esercizi
I	Trasporti, magazzinaggio e comunicazioni
K	Attività immobiliari, noleggio, attività professionali ed imprenditoriali

# Bibliografia

- [1] Acconcia A. (2000) On growth and infrastructure provision, *Research in Economics*, 50:215-34.
- [2] Acconcia A., Del Monte A. (2000) Regional development and public spending. The case of Italy. *Studi Economici*, 72(3):5-24.
- [3] Albala-Bertrand J.M., Mamatzakis E.C. (2001) The impact of public infrastructure on the productivity of the Chilean economy, version: february 2001.
- [4] Andraz Jorge M., Pereira Alfredo M. (2003) On the impact of public investment on the performance of U.S. industries, *Public Finance Review*.
- [5] Annala Christopher N., Batina Raymond G., Feehan James P. (2004) The Impact of Public Inputs on the Private Economy: Further Evidence for the Japanese Economy, Esri.
- [6] Arrow K.J., Kurz M. (1970) Public investment, the rate of return and optimal fiscal policy, The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- [7] Aschauer D.A. (1989a) Is public expenditure productive?, *Journal of Monetary Economics*, 23:177-200.
- [8] Aschauer D.A. (1989b) Does public capital crowd out private capital?, *Journal of Monetary Economics*, 24:171-188.
- [9] Aschauer D.A. (1989c) Public investment and productivity growth in the Group of Seven, *Economic Perspective*, 13:17-25.
- [10] Aschauer D.A. (1990) Why is infrastructure important?, in Munnell A.H., *Is there a shortfall in public capital investment?*, vol. 34 of Conference Series, Boston.

- [11] Barbieri G., Causi M. (1996) Infrastrutture e sviluppo territoriale: un'analisi delle province italiane, *Economia Pubblica*, 2:31-59.
- [12] Barro R.J. (1990) Government spending in a simple model of endogenous growth, *The Journal of Political Economy*, 98(5).
- [13] Barro R.J. (1991) Economic growth in a cross section of Countries, *Quarterly Journal of Economics*, 106:407-443.
- [14] Barro R.J., Sala-I-Martin X. (1995) *Crescita economica*, Giuffrè Editore, Milano.
- [15] Batina R.G. (2001) The Effects of Public Capital on the Economy, *Public Finance and Management*, 1(2).
- [16] Batina R.G., Feehan J.P. (2003) Public infrastructure support for industry: common property versus collective property, ESRI.
- [17] Berndt E.R., Hansson B. (1991) Measuring the contribution of public infrastructure capital in Sweden, NBER working paper no. 3842, Cambridge.
- [18] Berndt E.R., Hansson B. (1992) Measuring the Contribution of Public Infrastructure in Sweden, *The Scandinavian Journal of Economics*, 94:151-168.
- [19] Biehl D., Bracalente B., Di Palma M., Mazziotta C. (1990) *Le infrastrutture a rete. Dotazione e linee di sviluppo*, Centro Studi Confindustria.
- [20] Bonaglia F., La Ferrara E., Marcellino M. (2000) Public capital and economic performance: evidence from Italy, versione: febbraio 2000.
- [21] Bonaglia F., Picci L. (2000) Lo stock di capitale nelle regioni italiane. Quaderni del dipartimento di Scienze Economiche no. 374, Università di Bologna.
- [22] Bracalente B., Di Palma M. (1982) Infrastrutture e sviluppo regionale in Italia: un'analisi multidimensionale, *Note Economiche*, 4:13-42.
- [23] Bracalente B., Di Palma M., Mazziotta C. (1993) *Infrastrutture minori e sviluppo territoriale*. Milano: Franco Angeli.

- [24] Chambers R.G. (1988) *Applied production analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [25] Colombier C., Pickhardt M. (2002) Public inputs - some clarification and taxonomy, in Barends I., Pickhardt M., *Die rolle des Staates in der okonomie - Finanzwissenschaftliche Perspektiven*, Marburg, Germany: Metropolis-Verlag.
- [26] Colombier C., Pickhardt M. (2005) A note on public input specifications, *International Advances in Economic Research*, 11:13-28.
- [27] Conrad, K., Seitz H. (1992) The 'Public Capital Hypothesis': The Case of Germany, *Recherches Economiques de Louvain*, 58:309-327.
- [28] Conrad, K., Seitz H. (1992) The economic benefits of public infrastructure, *Applied Economics*, 26:303-311.
- [29] Cosci S., Di Cagno D., Meliciani V. (1999) Gli effetti della spesa pubblica sulla crescita delle regioni italiane, *Rivista Italiana degli Economisti*, 2:213-238.
- [30] Costa J., Ellson R., Martin R.C. (1987) Public capital, regional output and development: some empirical evidence, *Journal of Regional Science*, 27:419-437.
- [31] Dalamagas, B. (1995) A Reconsideration of the Public Sector's Contribution to Growth, *Empirical Economics*, 20:385-414.
- [32] De la Fuente A. (1997) Fiscal policy and growth in the OECD, CEPR discussion paper series no. 1755.
- [33] Demetriades P.O., Mamuneas T.P. (2000) Intertemporal output and employment effects of public infrastructure capital: evidence from 12 OECD economies, *The Economic Journal*, 110:687-712.
- [34] Devarajan S., Swaroop V., Zou H. (1996) The composition of public expenditure and economic growth, *Journal of Monetary Economics*, 37:313-44.
- [35] De Viti de Marco A. (1888) *Il carattere teorico dell'economia della finanza*, Pasqualucci, Roma.
- [36] DeViti de Marco A. (1953) *Principi di economia finanziaria*, Boringhieri, Torino.

- [37] Di Palma M., Mazzotta C. (2002) La dotazione di capitale pubblico in Europa e in Italia: un quadro di riscontri empirici, in *L'Italia nella competizione globale – regole del mercato*, a cura di Baldassarri M., Galli G., Piga G., Edizioni Il Sole 24 Ore.
- [38] Di Palma M., Mazzotta C., Rosa G. (1998) Infrastrutture e sviluppo. Primi risultati: indicatori quantitativi a confronto (1987-95). Quaderni dell'Area Politiche Territoriali e Mezzogiorno, Centro Studi Confindustria, Roma.
- [39] Duffy-Deno K.T., Eberts R.W. (1991) Public Infrastructure and regional development: a simultaneous equation approach, *Journal of Urban Economics*, 30:329-343.
- [40] Duggal V.G., Saltzman C., Klein L.R. (1999) Infrastructure and productivity: a nonlinear approach, *Journal of Econometrics*, 92:47-74.
- [41] de Haan J., Romp W. (2005) Public capital and economic growth: a critical survey, University of Groningen, version: 13 january 2005.
- [42] Eberts R. (1986) Estimating the contribution of urban public infrastructure to regional growth, wp 8610, Federal Reserve Bank of Cleveland.
- [43] Eberts R. (1990) Public infrastructure and regional economic development, *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Cleveland, 26:15-27.
- [44] Etro F. (2005) Investimenti in infrastrutture I: teoria ed evidenza empirica, working paper.
- [45] Evans P., Karras G. (1994) Are government activities productive? Evidence from a panel of US states, *Review of Economics and Statistics*, 76.
- [46] Fausto D. (2004) The economic role of the state as a factor of production, in Arena R., Salvatori N. (a cura di), *Money, credit and the role of the state, essays in honour of Augusto Graziani*, Ashgate, Aldershot.
- [47] Feehan J., Matsumoto M. (2002) Distortionary taxation and optimal public spending on productive activities, *Economic Inquiry*, 40:60-68.
- [48] Feehan J.P. (1989) Pareto-efficiency with three varieties of public input, *Public Finance*, 44:273-248.

- [49] Garcia-Milà T., McGuire T. J. (1992) The contribution of publicly provided inputs to states' economies, *Regional Science and Urban Economics*, 22:229-241.
- [50] Garcia-Milà T., McGuire T.J., Porter R.H. (1996) The effect of public capital in state-level production functions reconsidered, *Review of Economics and Statistics*, 78:77-80.
- [51] Gramlich E.M. (1994) Infrastructure investment: a review essay, *Journal of Economic Literature*, 32:1176-1199.
- [52] Guilkey D. K., Lovell C. A. K., Sickles R.,(1983) A comparison of the performance of three flexible functional forms, *International of Economics Literature*, september, 1176-1196.
- [53] Hendersen J.V. (1974) A note on economics of public intermediate inputs, *Economica*, 41:322-327.
- [54] Hillman A.L. (1978) Symmetries and asymmetries between public input and public good equilibria, *Public Finance*, 33:269-279.
- [55] Holtz-Eakin D. (1994) Public sector capital and the productivity puzzle, *Review of Economics and Statistics*, 76:12-21.
- [56] Holtz-Eakin D., Schwartz A.E. (1995) Spatial Productivity Spillovers from Public Infrastructure: Evidence from State Highways, *International Tax and Public Finance*, 2:459-468.
- [57] Hulten, C.R., Schwab R.M. (1991) Public Capital Formation and the Growth of Regional Manufacturing Industries, *National Tax Journal*, 44(4):121-134.
- [58] Jappelli T., Ripa di Meana A. (1990) Investimenti pubblici, onere pubblico e accumulazione del capitale, *Rivista di Politica Economica*, 12:89-115.
- [59] Kaizuka K. (1965) Public goods and decentralizaion of production, *Review of Economics and statistics*, 47:118-120.
- [60] Kamps C. (2004a) New estimates of government net capital stock for 22 OECD countries 1996-2001, IMF working paper.

- [61] Kamps C. (2004b) The dynamic effects of public capital: evidence for 22 OECD countries, Kiel Institute of World Economics, w.p. 1224. OECD countries/unit/cost share approach from Norway, 1971-1991, discussion paper no. 154.
- [62] Katz A., Bye T. (1995) Returns to publicly owned transport infrastructure investment: a cost
- [63] Keeler T.E., Ying J.S. (1988) Measuring the benefits of a large public investment. The case of the U.S. federal-aid highway system, *Journal of Public Economics*, 35:69-85.
- [64] Kuper G.H., Sturm J. (1996) The dual approach to the public capital hypothesis: the case of the Netherlands, CCSO Series no. 26, february.
- [65] La Ferrara E., Marcellino M. (2000) TFP, costs, and public infrastructure: an equivocal relationship, IGIER wp 176, Università Bocconi.
- [66] Levine R., Renelt D. (1992) A sensitivity analysis of cross-country growth regressions, *American Economic Review*, 82:942-963.
- [67] Lynde C., Richmond J. (1992) The Role of Public Capital in Production, *The Review of Economics and Statistics*, 74:37-45.
- [68] Lynde C., Richmond J. (1993a) Public Capital and long-run costs in U.K. manufacturing, *The Economic Journal*, 103:880-893.
- [69] Lynde C., Richmond J. (1993b) Public Capital and total factor productivity, *The Economic Review*, 34(2);401-414.
- [70] Manning R., Markusen J., Mcmillan J. (1985) Paying for public inputs, *American Economic Review*, 75:242-259.
- [71] Manning R., McMillan J. (1982) The scale effect of public goods on production-possibility sets, in Kemp M.C., *Production sets, economic theory, econometrics, and mathematical economics*, Academic Press, pp.119-132.
- [72] Marrocu E., Paci R., Pala R. (2001) Estimation of total factor productivity for regions and sectors in Italy. A panel cointegration approach, *RISEC Rivista Internazionale di Scienze Economiche e Commerciali*, 48:533-558.

- [73] Marrocu E., Paci R., Pigliaru R. (2005) Gli effetti del capitale pubblico sulla produttività delle regioni italiane, parte del progetto: “Utilizzo della banca dati dei Conti Pubblici Territoriali: realizzazione di un pacchetto di ricerche applicate”, Dipartimento per le Politiche di Sviluppo e Coesione Sociale, Ministero dell’Economia e delle Finanze.
- [74] Meade J.E. (1952) External economies and diseconomies in a competitive situation, *Economic Journal*, 62:54-67.
- [75] McMillan J. (1979) A note on the economics of public intermediate goods, *Public Finance*, 34:292-299.
- [76] Morrison C.J. (1985) Primal and Dual Capacity Utilization: An Application to Productivity Measurement in the U.S. Automobile Industry, *Journal of Business and Economic Statistics*, 3(4), October:312-324.
- [77] Morrison C.J., Siegel D. (1999) Scale Economies and Industry Agglomeration Externalities: A Dynamic Cost Function Approach, *American Economic Review*, 89(1), March:272-290.
- [78] Morrison C.J., Schwartz A.E. (1992) State infrastructure and productive performance, NBER w.p. 3981, Cambridge
- [79] Morrison C.J., Schwartz A.E. (1996a) Public Infrastructure, Private Input Demand and Economic Performance in New England Manufacturing, *Journal of Business and Economic Statistics*, 14(1):91-101.
- [80] Morrison C.J., Schwartz A.E. (1996b) State Infrastructure and Productive Performance, *American Economic Review*. 86(5), (December):1095-1111.
- [81] Munnell A.H. (1990a) Why has productivity growth declined? Productivity and public investment, *New England Economic Review*.
- [82] Munnell A.H. (1990b) How does public infrastructure affect regional economic performance?, *New England Economic Review*.
- [83] Munnell A.H. (1992) Infrastructure investment and economic growth, *Journal of Economic Perspectives*, 6(4):189-198.

- [84] Munnell A.H. (1993) An assessment of trends and economic impacts of infrastructure investment, in: *Infrastructure Policies for 1990s*, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, Chapter 2.
- [85] Nadiri M.I., Mamuneas T.P. (1994a) Infrastructure and public R&D investments and the growth of factor productivity in US manufacturing industries, NBER w.p. 4845, New York.
- [86] Nadiri M.I., Mamuneas T.P. (1994b) The Effects of Public Infrastructure and R&D Capital on the Cost Structure and Performance of U.S. Manufacturing Industries, *The Review of Economics and Statistics*, 76(1):22-37.
- [87] Nadiri M.I., Ramirez M.D. (1997) Public and private investment and economic growth in Mexico, *Contemporary Economic Policy*, 15(1):65-75.
- [88] Negishi T. (1973) The excess of public expenditures on industries, *Journal of Public Economics*, 2:231-240.
- [89] Negishi T. (1976) The excess of productive public expenditures, *Journal of Economics*, 36:85-94.
- [90] Otto G., Voss G.M. (1994) Public capital and private sector productivity, *The Economic Record*, 70:121-132.
- [91] Otto G., Voss G.M. (1996) Public capital and private production in Australia, *Southern Economic Journal*, 63:723-738.
- [92] Ohta M. (1975) A Note on the Duality Between Production and Cost Functions: Rate of Returns to Scale and Rate of Technical Progress, *Economic Studies Quarterly*. 25:63-65.
- [93] Paci R., Saggi S. (2002) *Capitale pubblico e produttività nelle regioni italiane*, Crenos.
- [94] Paci R., Pusceddu, N. (2000), Una stima dello stock di capitale per le regioni Italiane: 1970-1994, *Rassegna Economica, Quaderni di Ricerca*, 4:97-118.
- [95] Paul S. (2003) Effects of public infrastructure on cost structure and productivity in the private sector, *The Economic Record*, vol.79, no. 247, december 2003, 446-461.
- [96] Pereira A.M. (2001) Public Investment and Private Sector Performance: International Evidence, *Public Finance and Management*, 1(2):261-277.

- [97] Peroni L., Picci L. (2001) *Le infrastrutture in Emilia Romagna: un'analisi empirica*. Quaderni del Dipartimenti di Economia, Istituzioni e Territorio, Università di Ferrara, 2001.
- [98] Petretto A. (1987) *Manuale di economia pubblica*, Il Mulino.
- [99] Petretto A. (1995) De Viti de Marco, Einaudi e l'equità dell'imposizione sul reddito, in: A. Pedone (a cura di), *Antonio De Viti De Marco*, Laterza, Bari.
- [100] Picci L. (1995) *Lo stock di capitale nelle regioni italiane*, Quaderni del Dipartimento di Scienze Economiche no. 229, Università di Bologna.
- [101] Picci L. (1997) *Infrastrutture e produttività: il caso italiano*, *Rivista di Politica Economica*, 87:67-88.
- [102] Picci L. (1999) *Productivity and infrastructure in the Italian regions*, *Giornale degli Economisti e Annali di Economia*, 58:329-353.
- [103] Picci L. (2001) *Le infrastrutture in Italia. Le differenze territoriali e l'efficienza della spesa*, in: *L'Italia nella competizione globale – regole del mercato*, a cura di Baldassarri M., Galli G., Piga G., Edizioni Il Sole 24 Ore.
- [104] Pindyck, R.S., Rotemberg J.J. (1983) *Dynamic Factor Demands, Energy Use and the Effects of Energy Price Shocks*, *American Economic Review*. 73(5), December:1066-79.
- [105] Ratner J.B. (1983) *Government capital and the production function for U.S. private output*, *Economics Letters*, 13:213-217.
- [106] Rebelo S. (1991) *Long run policy analysis and long-run growth*, *Journal Political Economy*, 99(3):500-521.
- [107] Reich R. (1991) *The Real Economy*, *The Atlantic Monthly*:35-52.
- [108] Richter W. (1994) *The efficient allocation of local public factors in Tiebout's tradition*, *Regional Science and Urban Economics*, 24:323-340.
- [109] Rossi N., Sorgato A., Toniolo G. (1993a) *I conti economici italiani: una ricostruzione statistica, 1890-1989*. *Rivista di Storia Economica*, 10:1-47.

- [110] Rossi N., Toniolo G. (1993b) Un secolo di sviluppo economico, *Rivista di Storia Economica*, Bologna, Il Mulino.
- [111] Seitz H. (1994) Public Capital and the Demand for Private Inputs”, *Journal of Public Economics*, 54:287-307.
- [112] Shah A. (1992) Dynamics of Public Infrastructure, Industrial Productivity and Profitability, *The Review of Economics and Statistics*, 74:28-36.
- [113] Sturm J.-E. (1997) The impact of public infrastructure capital on the private sector of the Netherlands: an application of the symmetric generalized McFadden cost function, *CPB Research Memorandum* 133.
- [114] Sturm J.-E., Kuper G.H. (1996) The dual approach to the public capital hypothesis: the case of Netherlands, *ccso series* 26, Groningen.
- [115] Sturm J.-E., de Haan J. (1995a) Is Public Expenditure Really Productive? New Evidence From the USA and the Netherlands, *Economic Modelling*, 12(1):60-72.
- [116] Sturm J.-E., de Haan J. (1995b) Oorzaken en gevolgen van afnemende overheidsinvesteringen, *Tijdschrift voor Politieke economie*, 17:10-29.
- [117] Sturm J.-E., de Haan J. (1998) Public capital spending in the Netherlands: developments and explanations, *Applied Economics Letters*, 5:5-10.
- [118] Sturm J.-E., Kuper G.H., de Haan J. (1998) Modelling Government Investment and Economic Growth On a Macro Level: a Review in S. Brakman, H. Vanes, and S.K. Kuipers, eds. *Market Behaviour and Macroeconomic Modelling*. MacMillan, London.
- [119] Sturm J.-E. (2001) The Impact of Public Infrastructure Capital on the Private Sector of the Netherlands: An Application of the Symmetric Generalized McFadden Cost Function, *Public Finance and Management*, 1.
- [120] Tatom J.A. (1991) Public capital and private sector performance, *Federal Reserve Bank of St. Luis Review*, 73:3-15.
- [121] Tawada M. (1980) The production possibility set with public inputs, *Econometrica*, 48:1005-1012.

- [122] Viviani C., Vulpes G. (1995) Dualismo regionale, divari di produttività e infrastrutture, *Rassegna Economica*, 59:661-688.
- [123] Zellner A. (1962) An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias, *Journal of the American Statistical Association*, 57:348-368.