

**UN'APPLICAZIONE DEL MODELLO FONDI-FLUSSI
ALLA PRODUZIONE DI APPARECCHIATURE
PER TELECOMUNICAZIONI**

Mario Morroni

**Dipartimento di Scienze Economiche
Quaderni Didattici 10, 2003
Università degli Studi di Pisa
Edizioni “Il Campano”, Pisa**

UN'APPLICAZIONE DEL MODELLO FONDI-FLUSSI ALLA PRODUZIONE DI APPARECCHIATURE PER TELECOMUNICAZIONI

Mario Morroni

1. Introduzione¹

Questo capitolo analizza, mediante *case studies*, i processi produttivi di alcune imprese che producono sistemi e apparecchiature per reti di telecomunicazioni². La metodologia impiegata consiste in uno sviluppo del modello fondi-flussi proposto da Georgescu-Roegen (1966, 1976, 1986) e si basa sulla rappresentazione dei processi produttivi attraverso una matrice degli elementi della produzione che pone in evidenza il profilo temporale di utilizzo degli input (Morroni, 1988, 1992). Questa metodologia permette un allargamento del campo d'indagine dalla semplice relazione tra quantità fisiche degli output e degli input agli aspetti temporali e organizzativi dei processi produttivi. L'analisi che segue focalizza quindi l'attenzione sul rapporto che intercorre tra efficienza economica e organizzazione

¹ Ringrazio il dott. Vittorio Moriggia dell'Università di Bergamo per aver effettuato l'intervista presso l'unità produttiva B. Ringrazio inoltre i responsabili delle tre imprese esaminate per le informazioni ricevute, la disponibilità e l'interesse dimostrati. La ricerca è stata finanziata con i fondi di Ateneo (60%); l'elaborazione del programma *KRONOS Production Analyser*, utilizzato per i calcoli delle tabelle dei *case studies*, è stata effettuata grazie al contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

² Nel saggio di Pannone e Marini, pubblicato in questo stesso volume, il modello fondi-flussi è invece applicato all'analisi della fornitura di servizi di telecomunicazioni.

della produzione. Adam Smith ha illustrato efficacemente questo nesso dimostrando come lo sviluppo della divisione del lavoro tra diverse mansioni, corrispondenti a fasi poste in successione lungo il processo produttivo all'interno di una impresa, aumenti l'efficienza³. L'intensificazione della divisione del lavoro tende a mutare non solo l'organizzazione produttiva interna alle imprese, ma anche l'organizzazione degli stessi mercati. Infatti, l'aumento della divisione del lavoro crea la possibilità che le varie fasi siano svolte da imprese specializzate e indipendenti. La letteratura recente ha messo in luce che tale possibilità è naturalmente legata, oltre che alle caratteristiche della tecnologia, al livello dei costi di transazione tra le imprese. Il problema economico della produzione è, dunque, di gran lunga più complesso della sola scelta della combinazione degli input utilizzati, perché riguarda principalmente il coordinamento, all'interno e all'esterno dell'impresa, di fasi che possono avere capacità produttiva e durata diverse e che, inoltre, possono essere caratterizzate da un diverso profilo temporale di utilizzo degli input. In breve, la soluzione del problema economico della produzione richiede l'analisi del rapporto tra efficienza e organizzazione, in base a un modello di divisione del lavoro.

Il grado di efficienza, in termini di produttività fisica, dipende dal particolare modello organizzativo adottato. E' chiaro, ad esempio, che per un dato numero di ore-uomo, la quantità prodotta può variare sensibilmente a seconda del tipo di organizzazione: a seconda se il processo sia in parallelo o in linea, integrato o scomposto in fasi poste in successione, con una maggiore o minore divisione del lavoro. Ogni data combinazione di input può corrispondere a numerosi diversi modi di organizzare la produzione. Di conseguenza, la relazione quantitativa non dice nulla sul profilo temporale di utilizzazione degli input stessi e sull'organizzazione dei processi, sebbene questi tre aspetti (le quantità, il profilo temporale e l'organizzazione) si influenzino reciprocamente e siano rilevanti per

³ Smith (1756, pp.9-25). L'interesse dei classici per lo studio del profilo temporale dei processi è stato ripreso, su basi analitiche molto diverse, dagli economisti della scuola austriaca; cfr. Menger (1871, pp.68,157); Böhm Bawerk (1889, cap.11). In tempi più recenti, l'importanza della dimensione temporale della produzione è stata posta in luce, oltre che da Georgescu-Roegen (1966, 1986), ad esempio, da: Hicks (1973, 1976); Lowe (1976); Tani (1976, 1986); Faber (1986); Amendola e Gaffard (1988); Faber e Proops (1991); Scazzieri (1993); Piacentini (1996).

le decisioni di natura economica (cfr. Zamagni, 1982, pp.19-20). La rappresentazione dei tempi di impiego degli input - effettuata dal modello fondi-flussi - consente di analizzare il modo in cui gli input e i processi, indivisibili e complementari, si combinano al fine di ridurre al minimo i tempi morti, aumentando il grado di utilizzo dei fondi e riducendo, al contempo, la durata dei processi

I *case studies*, relativi a produzioni di apparecchiature di rete per telecomunicazioni, consentono di porre in evidenza le capacità esplicative del modello fondi-flussi applicato all'analisi di produzioni automatizzate che impiegano componenti ad alto contenuto tecnologico⁴. Le informazioni provenienti dalle imprese sono state rielaborate mediante un apposito *software* e raccolte in tre tabelle finali riguardanti rispettivamente il prodotto, il processo e l'organizzazione dell'unità produttiva. I dati calcolati in queste tre tabelle concernono, ad esempio, i margini e i costi, i fabbisogni di input, la domanda di lavoro, i tempi di produzione, i magazzini, il grado di utilizzazione dei macchinari, la dimensione di scala, l'adattabilità, la flessibilità operativa.

I *case studies*, pur non costituendo un campione statistico, forniscono utili elementi di analisi circa l'organizzazione dei processi produttivi e le tendenze in atto nel settore delle apparecchiature di rete. Due casi su tre evidenziano l'esistenza di margini lordi molto ampi. Questi alti margini lordi sono però determinati in gran parte dal peso rilevante dei costi fissi per le attività amministrative, di ricerca e sviluppo, di progettazione e di marketing. L'elevata incidenza dei costi fissi comporta una scarsa adattabilità della produzione di fronte a diminuzioni della domanda. Un altro elemento di debolezza emerso riguarda le ridotte dimensioni delle unità produttive. Un ampliamento delle dimensioni e una espansione della quota di mercato consentirebbe di impiegare maggiori risorse per le attività di R&S, caratterizzate da forti economie di scala. Dunque, il superamento di soglie dimensionali minime nei vari segmenti di mercato è indicato dai responsabili aziendali

⁴ La metodologia qui utilizzata è stata finora applicata all'analisi empirica dei processi nella produzione tessile (Morroni, 1988 e 1992) e di stampi metallici (Riva, 1993). Le produzioni tessile e di stampi metallici sono caratterizzate da una tecnologia piuttosto semplice e da una planimetria lineare. E' dunque interessante estendere l'applicazione di questa metodologia alla produzione di apparecchiature di rete per telecomunicazioni, che utilizza tecnologie avanzate.

intervistati come la principale possibile soluzione di fronte all'aumento della pressione concorrenziale nel settore.

Le unità produttive considerate hanno subito negli ultimi anni gli effetti della congiuntura economica negativa e hanno dovuto fronteggiare un forte aumento della competizione tecnica e dell'aggressività commerciale da parte dei principali concorrenti stranieri. Tra le imprese esaminate quella che ha maggiormente risentito di queste difficoltà di mercato è l'impresa del caso B che produce apparecchiature di trasmissione dati per il gestore della rete nazionale. Dall'applicazione dello schema d'analisi all'impresa del caso B risulta che, nell'anno esaminato, il ricavo prodotto dal processo considerato è addirittura inferiore ai costi industriali. I responsabili dell'impresa non hanno mai ammesso l'esistenza di perdite, malgrado si sia richiesta più volte una spiegazione di questa divergenza tra i risultati della ricerca e i margini dichiarati. Qualche settimana dopo la nostra indagine, la messa in liquidazione dell'azienda ha confermato il cattivo stato di salute diagnosticato dal modello.

Il capitolo è organizzato nel modo seguente. Il prossimo paragrafo è dedicato alle principali definizioni utilizzate nel modello. In particolare verranno esaminati i concetti di fondo, di flusso, di processo elementare e di scomponibilità. Nel paragrafo 3 sono illustrate le caratteristiche fondamentali del modello. Il paragrafo 4 presenta gli strumenti utilizzati nell'analisi empirica. Il paragrafo 5 riporta i *case studies* relativi alle unità produttive considerate. Nell'ultimo paragrafo sono contenute alcune considerazioni finali circa i principali risultati dei *case studies* condotti e le prospettive analitiche offerte da questa linea di ricerca.

2. L'analisi fondi-flussi di un processo elementare: alcune definizioni

2.1 Fondi-flussi e sistema di fabbrica

Gli elementi della produzione possono essere divisi in fondi e flussi. I fondi partecipano a più processi produttivi che si succedono nel tempo, come ad esempio in generale un tornio, un computer o un lavoratore. I flussi, invece, sono utilizzati in un solo processo, come una materia prima, o scaturiscono da un solo processo, come il prodotto finito. Un fondo partecipa quindi al processo produttivo mediante l'erogazione di un servizio (nel tempo), mentre un flusso di input o di output corrisponde sempre a una certa quantità di materiale, sostanza o energia, che entra nel processo o che ne esce, in un dato istante⁵. Naturalmente una stessa merce può essere un flusso in un processo e fondo in un altro processo: un computer, ad esempio, sarà considerato un flusso di output nel processo che lo produce, ma un fondo nel processo in cui presta i propri servizi produttivi.

Per quanto riguarda i fondi presenti presso un processo, essi possono rimanere inattivi durante le pause del processo produttivo e sperimentare periodi d'ozio anche quando il processo è in funzione, a meno che non siano utilizzati in altri processi. Inoltre, durante i periodi in cui un fondo entra attivamente nella produzione il grado di utilizzo della sua capacità produttiva può variare. La produttività e i costi sono, naturalmente, influenzati dal grado e dal tempo di utilizzo di ciascun fondo. L'organizzazione dei processi e le dimensioni dell'unità produttiva rispecchiano la convenienza a minimizzare i

⁵ Georgescu-Roegen (1965, pp.176ss.). I concetti di fondo e di flusso trovano origine nel pensiero classico (Georgescu-Roegen, 1986, p.256); non mancano, tuttavia, definizioni simili anche all'interno di schemi teorici diversi: ad esempio, Léon Walras indica come "capitale fisso, ... ogni bene limitato in quantità ... che può essere usato più di una volta" e come "capitale circolante ... tutte le forme di ricchezza sociale che ... possono essere utilizzate solo una volta". Egli osserva che "non appena la tela è stata tessuta, la fibra tessile cessa di esistere come materia prima e non può essere utilizzata ancora, sebbene continui a essere materialmente presente nella stoffa" (Walras, 1874, p.212).

periodi d'ozio e la sottoutilizzazione della capacità produttiva dei diversi elementi fondo, mediante la sincronizzazione degli intervalli di utilizzo nei vari processi e il bilanciamento delle capacità produttive delle varie fasi⁶. Una volta stabilita una scala che elimina i tempi d'ozio per i vari elementi fondo, qualsiasi espansione della capacità produttiva deve avvenire, secondo il principio di fabbrica di Babbage, in base a salti discreti, vale a dire "secondo multipli interi della scala corrispondente alla piena utilizzazione della capacità produttiva". Se questa regola non è rispettata, la produzione sarà condotta meno efficientemente, si avranno "cadute di efficienza al di là di certi livelli di aumento della produzione" (Landesmann, 1986, pp.308-9). Dunque, le caratteristiche di complementarità e indivisibilità degli input e dei processi hanno effetti rilevanti sulla dimensione di scala⁷. Va sottolineato che se si escludono dall'analisi le caratteristiche di complementarità e indivisibilità di input e processi, diviene molto difficile analizzare l'organizzazione della produzione e dei mercati nei paesi industrializzati dove il sistema di fabbrica è il sistema produttivo prevalente. Infatti, il sistema di fabbrica rappresenta proprio il tentativo di superare il problema della indivisibilità e complementarità, in modo da ridurre al minimo i periodi di inattività dei vari elementi fondo. Secondo Georgescu-Roegen (1969, p.68), il sistema di fabbrica, per questa proprietà straordinaria di raggiungere la massima economia di tempo, "merita di essere considerato insieme alla moneta come una delle due più importanti innovazioni economiche del genere umano"⁸.

⁶ Una trattazione approfondita del modello fondi-flussi è contenuta in Tani (1986). Per un'interessante discussione sugli sviluppi recenti della letteratura su questo tema si veda Piacentini (1996). Per altre applicazioni del modello fondi-flussi si veda, oltre al capitolo di Pannone e Marini pubblicato in questo stesso volume, il lavoro di Giovannetti (1991).

⁷ Sulle difficoltà analitiche che la teoria della produzione tradizionale incontra nel trattare le caratteristiche di indivisibilità e complementarità degli input e dei processi, si veda: Frank (1969, pp.34ss.); Arrow e Hahn (1971, cap. 3 e 7); Alchian e Demsetz (1972); Hicks (1976, p.135). Un'utilissima rassegna sulle tendenze recenti dell'analisi microeconomica della tecnologia produttiva si trova in Tani (1989).

⁸ Georgescu-Roegen (1969, p.68). Questa innovazione è "economica" e non "tecnologica", "perché l'economia di tempo raggiunta con il sistema di fabbrica è indipendente dalla tecnologia. Nulla ci impedisce di utilizzare la tecnica più primitiva per tessere stoffa in un sistema di fabbrica" (*ibid.*)

2.2 Processo elementare e scomponibilità

Un processo di produzione elementare è un processo mediante il quale si ottiene un'unità economica minima di output per mezzo di un'unità tecnica elementare o da un insieme di unità tecniche elementari operanti in sequenza. L'unità economica minima è la quantità di prodotto non ulteriormente riducibile ai fini dello scambio in uno specifico mercato (ad esempio, una tastiera, un video per computer o una scatola di detersivo in polvere). L'unità tecnica elementare è l'insieme minimo di elementi di una macchina che può essere attivato per ottenere un'unità di bene finale.

Un processo elementare è scomponibile se è possibile individuare singoli processi intermedi (o sottoprocessi) tra loro collegati, ovvero se il prodotto dell'uno entra come input in almeno un altro sottoprocesso. La scomponibilità è considerata in relazione alla possibilità che i vari semilavorati (che varcano la "frontiera", passando da un sottoprocesso all'altro) abbiano un'esistenza autonoma, concretizzabile nella possibilità di essere trasferiti nello spazio e, quindi, nella capacità di "mantenersi inalterati per un certo tempo al di fuori del processo di produzione"⁹. Un processo elementare può essere caratterizzato da qualsiasi grado di integrazione verticale.

Naturalmente, differenti processi intermedi all'interno di un processo scomponibile possono essere eseguiti da una singola unità produttiva o da numerose unità produttive, le quali a loro volta possono appartenere alla medesima impresa o a differenti imprese. La scelta tra produrre all'interno o rivolgersi al mercato dipende da una serie di ragioni economiche, tra le quali i costi transazionali. I costi di transazione sono generalmente definiti come i costi di scambio e di contrattazione, vale a dire, il costo di ricorrere al mercato¹⁰. I costi transazionali comprendono, non solo i costi complessivi di contrattazione,

⁹ Tani (1976, pp.78-9). Sul concetto di frontiera del processo si veda Georgescu-Roegen (1969, pp.62-3).

¹⁰ Williamson (1985). Sulla definizione di costi transazionali si veda anche: Goldberg (1985); Grossman e Hart (1986); Demsetz (1988); Hodgson (1988); Turvani (1987); Milgrom e Roberts (1992, cap.2); Dietrich (1994); Langlois (1995); Bellandi (1995); Maher (1995).

ma anche i costi di *monitoring* e di *enforcement* riguardanti la qualità dei beni intermedi acquistati presso le aziende subfornitrici.

I costi di transazione non vanno confusi con i puri costi di trasferimento che fanno parte dei costi di produzione. I costi di trasferimento sono costituiti dai costi degli eventuali processi ausiliari di trasformazione per il trasporto e dai costi di imballaggio e di trasporto dei semilavorati. Nei costi di trasferimento sono anche inclusi i costi dei magazzini in uscita ed entrata. I costi di trasferimento rivestono importanza in tutte le produzioni in cui il prodotto semilavorato richiede uno specifico processo per permettergli un'esistenza autonoma rispetto al processo produttivo da cui è originato. Per esempio, se la produzione di carta, o di un oggetto in vetro, non è integrata, la pasta di cellulosa, o di vetro, deve essere essiccata, o solidificata, e imballata per poter essere trasportata al di fuori dell'unità produttiva e successivamente liquefatta per essere utilizzata dall'unità produttiva acquirente. Questi costi addizionali di trasformazione non sorgono, ovviamente, in una produzione verticalmente integrata svolta all'interno di uno stesso stabilimento.

La scelta tra produrre all'interno o acquistare all'esterno può essere influenzata, oltre che dai costi di transazione, dalla differenza nei costi di produzione delle diverse strutture organizzative. Ad esempio, la presenza nelle vicinanze di imprese specializzate nella produzione di singoli sottoprocessi, che godono di economie di prodotto specifico, può indurre alcune imprese ad acquistare i prodotti semilavorati all'esterno, malgrado l'esistenza di alcuni costi di transazione. Di conseguenza un vantaggio comparato in qualche processo intermedio è un elemento importante che favorisce gli accordi tra imprese¹¹

In conclusione, la scomponibilità, l'organizzazione e il profilo temporale dei processi stanno alla base della dimensione di scala delle unità produttive e delle imprese, quindi, in definitiva, del modo in cui sono organizzati i mercati. Se ciò è vero, l'assenza di un'analisi dei processi produttivi appare come un notevole limite del recente filone di ricerca

¹¹ Sulla compatibilità tra la scelta tecnologica e quella transazionale, si veda Mariti (1980). La letteratura sugli accordi tra imprese è vastissima, sul tema si rinvia, ad esempio, a Lorenzoni (1990); Mariti (1990); Walsh (1991); Arena *et al.* (1992); Bianchi (1994); Teece *et al.* (1994).

sull'organizzazione dei mercati e delle imprese, malgrado gli interessanti sviluppi riguardanti le teorie dei costi transazionali, dell'agenzia, dell'informazione asimmetrica, dei diritti di proprietà¹².

3. Il modello

L'output è definito in base alla data di produzione e alle caratteristiche qualitative. In alcuni casi, le caratteristiche qualitative dell'output possono essere molto complesse. Si pensi, ad esempio a un automobile o a un apparecchio per la trasmissione di dati. E' dunque utile ricorrere a un indice composito delle caratteristiche qualitative dell'output. Seguendo la metodologia proposta Metcalfe e Saviotti¹³, è possibile associare all'output due vettori $\mathbf{x}$ e $\mathbf{y}$ le cui componenti indicano l'intensità rispettivamente delle caratteristiche tecniche e le *performances* di servizio che caratterizzano tale output. Per ogni output avremo i seguenti vettori riga:

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n] \quad [1]$$

$$\mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_n] \quad [2]$$

Il processo elementare necessario alla produzione dell'output, associato ai vettori $\mathbf{x}$ e $\mathbf{y}$, può essere rappresentato da una matrice di funzioni rispetto al tempo, che chiamiamo

¹² Si veda, ad esempio, Milgrom, Qian e Roberts (1991); Milgrom e Roberts (1992). Un'ampia rassegna della letteratura sull'argomento è contenuta in Silva (1991); si veda anche D'Antoni (1995).

¹³ Saviotti e Metcalfe (1984, p.147), Saviotti (1991, pp.5ss); cfr. Sahal (1984, pp.153-4); Esposito (1990, pp.121ss.).

matrice degli elementi della produzione o matrice $L(t)$. La matrice $L(t)$ si riferisce all'analisi *ex-ante* di un processo elementare organizzato, vale a dire un "piano" di un possibile processo produttivo che utilizza un numero di fondi tale da rendere compatibili le loro diverse capacità produttive. Ciascun elemento della matrice $L(t)$ indica, al tempo t , le quantità cumulate degli elementi della produzione che entrano (o escono) da ciascun processo intermedio di un processo elementare scomponibile. La matrice $L(t)$ ha tante colonne quanti sono i sottoprocessi considerati e tante righe quanti sono gli elementi della produzione. Avremo quindi:

$$L(t) = \begin{pmatrix} G_{ij}(t) \\ F_{hj}(t) \\ S_{kj}(t) \end{pmatrix} \quad [3]$$

Nella matrice $L(T)$, $G_{ij}(t)$ indica le funzioni dell' i .esimo ($i=1,2,\dots,I$) flusso di output o input che lascia il (o entra nel) processo del j .esimo ($j=1,2,\dots,J$) stadio intermedio; $F_{hj}(t)$ indica le funzioni del h .esimo ($h=1,2,\dots,H$) flusso di input che entra nel processo di un j .esimo dato stadio intermedio; e, infine, $S_{kj}(t)$ indica le funzioni dei servizi del k .esimo ($k=1,2,\dots,K$) fondo che entra nel processo di un j .esimo dato stadio intermedio. Si assuma che il numero degli elementi utilizzati nel processo produttivo sia finito e che ciascun elemento sia un'entità omogenea e sia misurabile in termini cardinali. Per convenzione diamo un segno positivo alle funzioni dei flussi di output $G_{ij}(t)$, che escono dal processo, e segno negativo alle funzioni dei flussi di input $F_{hj}(t)$ e alle funzioni dei servizi dei fondi $S_{kj}(t)$.

$G_{ij}(t)$ sono funzioni di output rispetto a t non-decrescenti e monotoniche, mentre $F_{hj}(t)$ e $S_{kj}(t)$ sono funzioni di input rispetto a t non-crescenti e monotoniche. Le funzioni $G_{ij}(t)$ e $F_{hj}(t)$ possono essere discontinue perché alcuni flussi possono essere accumulati e

decumulati in un singolo istante¹⁴. Invece, $S_{kj}(t)$ sono sempre funzioni continue in quanto un fondo non può essere decumulato in un solo istante; la decumulazione di un fondo richiede il trascorrere del tempo. Per definizione un fondo partecipa a più processi e non può essere decumulato all'interno della durata di un singolo processo¹⁵. Le funzioni $S_{kj}(t)$ rappresentano non solo il profilo temporale relativo ai servizi dei vari fondi (tenendo conto di eventuali tempi d'ozio), ma anche il grado di utilizzazione durante il tempo in cui i fondi operano effettivamente. Nel corso della durata del 'processo elementare organizzato' si ottengono, generalmente, più di un'unità di output. Per esempio, nel tempo complessivo richiesto per produrre un computer l'unità produttiva può produrre migliaia di altri computer. La quantità totale prodotta nel corso della durata del processo elementare dipende dal modo in cui il processo elementare è organizzato. Tale quantità può infatti variare a seconda se il processo elementare è organizzato in serie e/o in parallelo, o a seconda della durata delle varie pause e della consistenza dei magazzini.

Si consideri a fini puramente illustrativi l'esempio, riportato alla Tavola 3.1, di un processo elementare organizzato che è scomponibile in tre sottoprocessi e che utilizza due flussi di input e i servizi di quattro fondi. Assumendo che ciascun sottoprocesso dia luogo a un prodotto di scarto, abbiamo sei funzioni relative ad altrettanti flussi di output: una funzione di flusso di output finale $G_{5,3}(t)$, due di flussi di output intermedi $G_{1,1}(t)$ e $G_{3,2}(t)$, e tre di flussi di output di scarto $G_{2,1}(t)$, $G_{4,2}(t)$ e $G_{6,3}(t)$. Come si può notare nella Tavola 3.1, il flusso di output intermedio di un sottoprocesso diviene flusso di input nel sottoprocesso successivo [$G_{1,1}(t)$ diviene $G_{1,2}(t)$, e $G_{3,2}(t)$ diviene $G_{3,3}(t)$]. Per quanto riguarda i flussi di input che provengono dall'esterno dell'unità produttiva, il primo

¹⁴ Georgescu-Roegen (1971, pp.223-6). Per quanto riguarda il rapporto tra stock e flussi, si noti che uno stock consiste in un'accumulazione di un flusso. Però un flusso non rappresenta necessariamente un aumento o un decremento di uno stock. Un flusso può, infatti, scaturire, oltre che dalla decumulazione di uno stock, anche dalla trasformazione dovuta a un processo di produzione (*ibid.*).

¹⁵ La differenza tra uno stock e un fondo è messa in luce da Georgescu-Roegen (1971) mediante un esempio molto efficace: con "una scatola contenente venti caramelle, possiamo far felici venti ragazzi adesso o domani, o alcuni oggi e altri domani, e così via". Ma con una camera d'albergo, che probabilmente durerà ancora mille giorni, "non possiamo fare felici ora mille turisti senza camera. Possiamo far felice un turista oggi, uno domani, e così via" (p. 226).

è utilizzato solo nel primo sottoprocesso [la funzione $F_{1,1}(t)$], mentre il secondo è utilizzato in tutti e tre i sottoprocessi [le funzioni $F_{2,j}(t)$]. Ognuno dei primi tre fondi è utilizzato in un solo sottoprocesso [rispettivamente le funzioni $S_{1,1}(t)$, $S_{2,2}(t)$ e $S_{3,3}(t)$], mentre il quarto fondo è impiegato nei tre sottoprocessi [le funzioni $S_{4,j}(t)$]. Infine, nella Tavola 3.1 sono indicate con $S_{5,j}(t)$ le funzioni relative ai magazzini organizzativi, con $S_{6,j}(t)$ le funzioni riguardanti i magazzini tecnici e con $S_{7,j}(t)$ la quantità di prodotto costantemente in lavorazione.

Tav. 3.1 La matrice degli elementi della produzione

	$G_{1,1}(t)$	$G_{1,2}(t)$	-
	$G_{2,1}(t)$	-	-
	-	$G_{3,2}(t)$	$G_{3,3}(t)$
	-	$G_{4,2}(t)$	-
	-	-	$G_{5,3}(t)$
	-	-	$G_{6,3}(t)$
	$F_{1,1}(t)$	-	-
$L(t)$	$F_{2,1}(t)$	$F_{2,2}(t)$	$F_{2,3}(t)$
=	$S_{1,1}(t)$	-	-
	-	$S_{2,2}(t)$	-
	-	-	$S_{3,3}(t)$
	$S_{4,1}(t)$	$S_{4,2}(t)$	$S_{4,3}(t)$
	$S_{5,1}(t)$	$S_{5,2}(t)$	$S_{5,3}(t)$
	$S_{6,1}(t)$	$S_{6,2}(t)$	$S_{6,3}(t)$
	$S_{7,1}(t)$	$S_{7,2}(t)$	$S_{7,3}(t)$

La matrice $L(t)$ degli elementi della produzione costituisce una rappresentazione sintetica del processo produttivo in grado di tener conto delle specifiche caratteristiche delle tecniche di produzione: in particolare, l'indivisibilità dei processi e degli elementi della produzione, l'organizzazione e il profilo temporale della produzione.

Per ottenere le funzioni di costo e di ricavo, dobbiamo moltiplicare ciascuna funzione della matrice $L(t)$ per il rispettivo prezzo, indicato rispettivamente con P_i , P_h , P_k .

Dunque abbiamo:

$$Z(t) = \begin{matrix} G_{ij}(t) \cdot P_i \\ F_{hj}(t) \cdot P_h \\ S_{kj}(t) \cdot P_k \end{matrix} \quad [4]$$

Si supponga che: i) i flussi di input e i servizi dei fondi, costituiti da macchine, apparecchiature e dagli immobili, siano pagati all'inizio del processo elementare; ii) i servizi lavorativi e l'output venduto dall'unità produttiva siano pagati alla fine del processo.

Il calcolo del costo monetario del lavoro è molto semplice perché basta moltiplicare il numero di ore di presenza per il costo orario del livello di qualifica corrispondente. Invece, le cose appaiono più complicate per i fondi costituiti dagli impianti e dalle macchine; in questo caso il costo dei loro servizi è legato non solo al tempo di presenza, ma anche alle diverse intensità di utilizzo. Al riguardo si può avanzare l'ipotesi che ogni macchina sia in grado di svolgere una quantità finita di processi produttivi. In base all'intensità di utilizzo è possibile determinare il periodo di ammortamento tecnico e calcolare il costo orario di utilizzo. In breve, il costo orario del capitale fisso non è indipendente dall'organizzazione della produzione.

Per gli immobili degli stabilimenti il calcolo del costo orario pone poche difficoltà, in quanto esso è dato dal rapporto tra l'ammortamento annuo e il monte ore lavorate. Infine, il costo orario dei magazzini è misurato in base al saggio d'interesse sul valore dell'immobilizzo. Poiché si assume che i flussi di input siano pagati all'inizio del processo, il costo dei magazzini cresce all'aumentare della lunghezza del processo elementare.

4. Gli strumenti per l'analisi applicata

Come abbiamo visto nel paragrafo precedente, la descrizione analitica del processo produttivo di un determinato bene è ricavabile direttamente dalle funzioni che compongono la matrice degli elementi della produzione, mentre le caratteristiche tecniche e di *performance* del bene sono rappresentate da due vettori. Ai fini della ricerca applicata è però preferibile trasformare le informazioni contenute in questi strumenti in tre tabelle separate, distinguendo nettamente i tre diversi livelli di analisi: il prodotto, il processo e l'unità produttiva. Questa trasformazione permette di "standardizzare" i dati relativi ai vari processi elementari considerati, rendendo così possibile la creazione di un database omogeneo sul quale operare gli incroci e i raffronti secondo i fini dell'analisi empirica.

Le differenze tra i due sistemi di rappresentazione, quello teorico e quello empirico, sono dovute al fatto che il secondo, rispetto al primo, deve tener conto della reperibilità dei dati e della possibilità di raffrontarli.

Prima di passare all'illustrazione delle tre tabelle, riferite rispettivamente alle caratteristiche del prodotto, del processo e dell'unità produttiva, è necessario considerare il problema della determinazione della frontiera analitica, legato alla scelta del prodotto del processo elementare, degli elementi della produzione, del numero dei processi intermedi da analizzare. Il numero dei sottoprocessi e degli elementi della produzione (input e output), da includere nella matrice del processo e nello schema organizzativo, dipende dalle finalità dell'analisi oltre che, naturalmente, dalle caratteristiche del processo elementare esaminato. Poiché il nostro obiettivo non è quello di approntare un sistema di contabilità industriale, ma di studiare l'organizzazione della produzione è sufficiente considerare un bene rappresentativo dell'intera gamma di prodotti. Per quanto riguarda gli elementi della produzione e i processi intermedi, va notato che, a seconda degli obiettivi dell'analisi, è possibile utilizzare livelli di disaggregazione diversi, considerando un maggior numero di elementi della produzione o di sottoprocessi. Qualsiasi sia il livello di disaggregazione delle singole parti, in relazione all'area di problemi che si vuole focalizzare, la metodologia

adottata permette di inserire i singoli aspetti esaminati in uno schema in grado di tener conto contemporaneamente delle varie dimensioni economiche del processo produttivo in relazione alle variazioni quantitative, qualitative, temporali e organizzative.

Le tabelle finali costituiscono una rappresentazione analitica del processo produttivo e dell'organizzazione dell'unità produttiva. Il calcolo di queste tabelle è stato effettuato utilizzando il programma *KRONOS Production Analyser* versione 2.1, appositamente concepito per l'inserimento e rielaborazione delle informazioni provenienti dalle unità produttive¹⁶.

4.1 La tabella del prodotto

La tabella del prodotto rappresenta in forma sintetica le caratteristiche principali dell'output esaminato¹⁷. La tabella del prodotto è divisa in cinque sezioni. La prima sezione riguarda le caratteristiche merceologiche utili alla identificazione dell'output. Ovviamente, il numero delle caratteristiche varia da prodotto a prodotto. Ad esempio, nel caso A, relativo alla produzione di ricetrasmittenti portatili, sono menzionate le seguenti caratteristiche: gamma di frequenza, potenza protocollo di comunicazione, *display*, tastiera, dimensioni, peso (cfr. Tabella A1 in Appendice).

La sezione (b) è dedicata ai tempi di produzione del prodotto. In molte produzioni manifatturiere e in quasi tutte le attività di servizi, la durata e i tempi di risposta fanno parte anche delle caratteristiche qualitative intrinseche del prodotto, rappresentando

¹⁶ Moriggia e Morroni (1993a). Sono disponibili i due dischetti del programma *KRONOS Production Analyser*. Chi desiderasse ricevere informazioni più dettagliate sulle caratteristiche del sistema di calcolo può rivolgersi agli autori o alle Edizioni Scientifiche ETS di Pisa.

¹⁷ La tabella del prodotto è stata introdotta in questa ultima versione del modello. Nei lavori precedenti (Morroni, 1988 e 1992) le caratteristiche qualitative dei prodotti considerati venivano indicate nell'intestazione della matrice del processo, i vari tempi di produzione erano indicati all'interno della matrice del processo o dello schema organizzativo.

dunque elementi importanti di competitività. La durata del processo produttivo concorre a determinare l'efficacia della produzione (intesa come la capacità di soddisfare le preferenze espresse dal mercato) in tutti i casi in cui il tempo di risposta costituisca un elemento essenziale nel definire la qualità stessa del prodotto o nel permettere una maggiore o minore capacità di seguire l'evoluzione della domanda. I tempi di produzione e, quindi spesso il grado di efficacia della produzione, possono variare a parità di efficienza, ossia di costo fisico in termini di quantità di input per unità di prodotto.

Figura 1 - Componenti della durata lorda del processo elementare

TEMPO ATTRAV. NETTO	TEMPO MAGAZZ. TECNICI	TEMPO MAGAZZ. ORGANIZZATIVI	PAUSE (notti, festività, ecc.)	TEMPO CONSEGNA MATERIE PRIME
------------------------	--------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

TEMPO ATTRAVERSAMENTO LORDO

TEMPO DI LAVORAZIONE

DURATA NETTA

DURATA LORDA

La Figura 1 illustra i vari intervalli di tempo che compongono la durata complessiva o durata lorda del processo elementare. La durata lorda può essere suddivisa nelle seguenti componenti:

- 1) **Il tempo di attraversamento netto del processo**, pari alla sommatoria dei tempi di attraversamento netto delle unità tecniche elementari appartenenti alle macchine

utilizzate nel processo produttivo, compresi i rispettivi tempi di carico-scarico, di risettaggio e manutenzione. Il tempo di attraversamento netto esclude i tempi di movimentazione interna e tutte quelle pause tecniche e organizzative che consentono l'uso dello stesso fondo in altri processi elementari.

2) **Il tempo di giacenza nei magazzini tecnici** dovuto alla necessità di far decantare o riposare gli elementi della produzione.

3) **Il tempo di attraversamento lordo** pari al tempo di attraversamento netto più il tempo di giacenza nei magazzini tecnici.

4) **Il tempo di giacenza nei magazzini organizzativi e di movimentazione interna.** I primi sono dovuti alle pause necessarie per rendere compatibili le singole fasi del processo, i secondi vengono calcolati in base agli eventuali tempi necessari allo spostamento del *work in progress* da una lavorazione all'altra.

5) **Il tempo di lavorazione** che è dato dalla somma del tempo di attraversamento lordo e del tempo di giacenza nei magazzini organizzativi.

6) **La durata netta del processo elementare** definita come il tempo che intercorre tra l'immissione degli input e il momento in cui questi input sono "trasformati" nel prodotto finito pronto per essere venduto. La durata include le interruzioni notturne, le pause stagionali, le domeniche e le festività.

7) **Il tempo di risposta** che è dato dal tempo necessario all'unità produttiva per consegnare il prodotto finito dal momento dell'arrivo dell'ordine alla consegna al cliente.

8) Infine, **la durata lorda** che va dall'ordine emesso dall'unità produttiva (relativo ai flussi di materia prima o di semilavorato) fino al momento in cui il processo elementare è completato.

Come vedremo nell'illustrazione dei casi nel prossimo paragrafo, la differenza tra il tempo di attraversamento netto e la durata netta del processo può essere considerevole a causa della presenza di consistenti magazzini organizzativi e alle pause del processo. Ad

esempio, nel caso A si passa da un tempo di attraversamento netto di circa un'ora e mezza a una durata netta del processo di 160 giorni (cfr. Tab. A1 in Appendice).

La sezione (c) della tabella indica la produzione annua venduta dell'output considerato, in valore assoluto e come quota percentuale rispetto all'intera gamma del processo. La quota percentuale dell'output esaminato rispetto alla produzione dell'intera gamma del processo è un indice di differenziazione. Questa sezione distingue anche tra produzione interna e produzione essere affidata ad aziende terziste che lavorano in subfornitura.

La sezione (d) è dedicata alle caratteristiche di adattabilità. Una produzione è adattabile se non perde efficienza al variare della quantità prodotta¹⁸. In questa sezione è registrato il *range* all'interno del quale il volume della produzione del bene considerato può variare senza che ciò comporti variazioni del costo medio di trasformazione superiore al 5 per cento. Il costo di trasformazione è dato dai costi diretti più i costi delle macchine. Il grado di adattabilità dipende dal modo in cui è organizzata la produzione. L'adattabilità può essere ottenuta, ad esempio, attraverso: i) la flessibilità numerica (la mobilità degli occupati dentro e fuori dell'impresa - straordinari, occupazione temporanea, procedure di assunzione e licenziamento); ii) la flessibilità funzionale (mobilità delle mansioni, riaddestramento); iii) l'affitto dei macchinari; iv) il mantenimento di magazzini che servono ad assorbire le fluttuazioni quantitative della domanda; v) il mantenimento in fabbrica di vecchie macchine e impianti, già pienamente ammortizzati, che vengono attivati solo quando la domanda è particolarmente alta; vi) l'impiego di subfornitori.

Si noti che il ricorso ad ampi magazzini aumenta l'adattabilità delle singole linee di produzione, ma anche la durata del processo produttivo (riportata nella sezione b esaminata in precedenza) e naturalmente i costi dovuti all'immobilizzo di capitale (riportati

¹⁸ Stigler (1939) rappresenta il *trade-off* tra adattabilità (flessibilità nella sua terminologia) ed efficienza mediante la posizione e inclinazione delle curve di costo medio totale di breve periodo: generalmente la curva di costo unitario di un impianto più adattabile è più piatta, ma con il punto di minimo più alto, rispetto alla curva di costo unitario di un impianto meno adattabile. Si veda al riguardo anche Marschak e Nelson (1962, pp. 42 ss.), Mills (1986), cfr. Morroni (1991).

nella matrice del processo che esamineremo nel prossimo paragrafo). L'impiego di subfornitori permette di raggiungere una maggior adattabilità perché comporta una riduzione dei costi fissi da parte dell'impresa committente e l'assorbimento da parte dell'impresa che lavora per conto terzi di gran parte della variabilità della domanda. Nella tabella del prodotto è registrato il ricorso a ditte terziste sole se esso riguarda la fornitura dell'output considerato. La fornitura di semilavorati è invece registrata nella matrice del processo (si veda ad esempio la Tab. B1 in Appendice).

Infine, la sezione (e) riporta la dimensione del lotto di produzione. Un basso numero di pezzi per lotto indica la possibilità di un'alta flessibilità operativa, ossia di un'elevata capacità di variare le quantità dei singoli beni all'interno del *mix* di prodotti offerto, rendendo adattabili le singole linee di produzione. Oltre alle dimensioni dei lotti di produzione, vi sono altri fattori che possono concorrere a determinare il grado di flessibilità, come, ad esempio, i tempi di risettaggio, riportati nello schema organizzativo, o i tempi di attraversamento netto delle singole macchine per processo, la dimensione dei magazzini (connessa alla quantità di tempo in cui i vari flussi rimangono inutilizzati) e il loro costo, riportati nella matrice del processo.

4.2 La matrice del processo

La matrice del processo indica le quantità datate dei flussi di input e di output e dei servizi dei fondi, necessarie per produrre un'unità economicamente indivisibile di merce mediante un dato processo elementare. Nella matrice del processo le righe riportano le quantità degli elementi della produzione necessarie per produrre un'unità di output, mentre le colonne indicano i vari sottoprocessi considerati.

L'unità di output, a cui dà luogo il processo elementare considerato, compare nella matrice come il prodotto dell'ultimo sottoprocesso. Poiché per definizione l'output di un processo elementare è pari a un'unità economicamente indivisibile del bene considerato, i

valori assoluti dei flussi di input e dei servizi dei fondi della matrice del processo elementare rappresentano i coefficienti tecnici di produzione del processo stesso e sono quindi indici di costo fisico. Tali coefficienti tecnici corrispondono alle quantità degli elementi della produzione necessarie per produrre un'unità fisica di output.¹⁹

La matrice del processo è divisa in tre blocchi. Il blocco (a) riguarda i flussi di output, di scarto e i servizi forniti da aziende esterne terziste. Il blocco (b) riporta i flussi di input utilizzati. Il blocco (c) è dedicato ai servizi prestati dai fondi impiegati (lavoratori, macchine e l'immobile dello stabilimento) e dai magazzini.

Alle colonne che riportano le quantità prodotte o utilizzate nei vari sottoprocessi si aggiungono tre colonne con rispettivamente:

Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. la somma delle quantità prodotte o utilizzate nel processo elementare (le quantità riportate in ciascuna riga sono omogenee e quindi sommabili);

Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. i prezzi unitari dei singoli elementi della produzione;

Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. i ricavi e i costi, ottenuti moltiplicando le quantità fisiche totali per i rispettivi prezzi.

Nelle matrici del processo dei tre casi esaminati abbiamo considerato per semplicità un processo elementare non scomposto in vari sottoprocessi (cfr. Tabb. A2, B2 e C2 in Appendice). Quindi vi è un'unica colonna che indica le quantità dei flussi e dei fondi del processo elementare.²⁰ La seconda colonna riguarda i prezzi per unità di output e i costi per unità di input; infine, la terza colonna riporta il ricavo e i costi per unità di output.

Il costo dei servizi dei lavoratori è ottenuto moltiplicando il numero di ore di presenza per il costo orario medio o il costo corrispondente ai diversi livelli di qualifica.

¹⁹ La matrice del processo ha alcune analogie con i modelli a coefficienti fissi e, in particolare, con l'analisi delle attività. Tuttavia, nella letteratura economica il profilo temporale e l'organizzazione, considerati nella matrice del processo e nello schema organizzativo, sono per lo più trascurati.

²⁰ Per l'analisi di un processo elementare scomposto in diversi sottoprocessi, si rinvia a Morroni (1992, pp.123-34).

Invece il costo orario degli impianti è stimato in base agli ammortamenti annui forniti dall'azienda. Per semplicità, consideriamo i costi di manutenzione come percentuale che si aggiunge al costo dell'ammortamento del macchinario. Dunque, il costo complessivo dei servizi dei fondi, costituiti da apparecchiature, è dato dall'interesse sui costi monetari delle apparecchiature più l'ammortamento e i costi di manutenzione. E' chiaro che il costo orario delle apparecchiature, degli stabilimenti e dei magazzini dipende dall'intensità di utilizzazione dei fondi e dai possibili tempi d'ozio, cioè dal modo in cui la produzione è organizzata²¹.

Infine, per quanto riguarda i fondi, si noti che il tempo dei servizi delle singole macchine corrisponde ai rispettivi tempi di attraversamento netto, mentre il tempo di servizio dell'immobile, riportato nell'ultima riga, corrisponde al tempo di attraversamento netto del processo elementare.

Poiché abbiamo dato segno positivo ai flussi di output e segno negativo ai flussi di input e ai servizi dei fondi, la sommatoria degli elementi dell'ultima colonna ci dà il margine lordo.

4.3 Lo schema organizzativo dell'unità produttiva

Lo schema organizzativo fornisce indicazioni circa gli aspetti dimensionali, temporali e organizzativi dell'unità produttiva. Esso è composto da due blocchi riguardanti rispettivamente i lavoratori e le apparecchiature. Il primo blocco riporta la distribuzione dei lavoratori per qualifica, turni, ore e giorni lavorati, sesso, età e livello di scolarizzazione. E' anche indicato l'orario settimanale medio effettivo e contrattuale. I due orari possono divergere per diversi motivi, come ad esempio, la presenza di straordinari,

²¹ L'illustrazione delle modalità di calcolo del programma *KRONOS Production Analyser* è contenuta in Moriggia e Morroni (1993b, cap. 6).

l'assenteismo o il ricorso alla cassa integrazione guadagni. Questo primo blocco esamina inoltre la distribuzione delle mansioni e il relativo contenuto professionale, per ciascun livello di qualifica. Le diverse qualifiche corrispondono infatti a compiti che spesso richiedono lo svolgimento di mansioni diverse. Il contenuto dei compiti assunti è perciò valutato in base alla quantità di tempo dedicata alle varie mansioni eseguite.²² Il tempo lavorativo totale di ciascun livello di qualifica è stato così distribuito all'interno di cinque possibili mansioni: 1) il carico-scarico, il risettaggio delle macchine, il trasporto da macchina a macchina o da sottoprocesso a sottoprocesso; 2) la trasformazione dei flussi di input; 3) il lavoro di coordinamento; 4) le attività di manutenzione; 5) l'attività innovativa (si veda, per esempio, la Tab. A3 in Appendice).

Il secondo blocco è dedicato alle macchine utilizzate dall'unità produttiva. I dati principali riguardano il numero delle singole macchine (operanti su uno o più processi), i tempi di utilizzo, la velocità, i tempi di risettaggio, di carico-scarico, di manutenzione e d'ozio. La distribuzione dei tempi di utilizzo delle macchine è connessa all'organizzazione dei turni di lavoro, riportata nella prima parte schema organizzativo. I tempi d'ozio delle singole macchine possono essere determinati, oltre che dalle varie pause del processo, dovute alle normative vigenti e agli accordi sindacali, da un eventuale eccesso di capacità produttiva, causato dalla debolezza della domanda o anche da possibili strozzature lungo la linea di produzione, legate alla difficoltà di armonizzare le capacità produttive delle varie macchine utilizzate in successione. Ovviamente, il costo unitario di produzione aumenta al crescere dei tempi d'ozio delle macchine. E' quindi chiaro che tanto più è elevato l'investimento in capitale fisso e tanto maggiore sarà l'esigenza di ridurre i tempi d'ozio.

²² Lo schema organizzativo ha subito alcune modifiche e semplificazioni rispetto alle versioni precedenti (cfr. Morroni, 1988, 1992). Ad esempio, sono state tolte le informazioni riguardanti l'andamento della domanda e la valutazione sul grado di specializzazione, polivalenza, autonomia, interazione e flessibilità corrispondenti alle singole qualifiche. E' stata inserita la distinzione tra orario effettivo e orario contrattuale. Nel caso si considerino diversi processi intermedi, lo schema organizzativo riporta per riga, e non più per colonna, i dati relativi ai vari sottoprocessi. Sono stati, inoltre, inclusi i tempi di carico-scarico e i tempi di risettaggio complessivi delle singole macchine operanti su uno o più processi.

Infine, va osservato che i tempi di risettaggio, riportati nello schema organizzativo, sono un dato importante per misurare il grado di flessibilità tecnica dei macchinari ossia la possibilità di variare le quantità prodotte all'interno di un dato *mix* di output.

5. I tre case studies

Nelle pagine che seguono analizzeremo tre unità produttive di dimensioni medio-piccole, che operano nel settore degli apparati per telecomunicazioni²³. L'indagine è stata effettuata mediante questionario predisposto su fogli elettronici. Per ogni unità produttiva esaminata sono state riportate tre tabelle finali calcolate dal programma *KRONOS Production Analyser*. Per semplificare l'analisi e togliere gli eventuali elementi di stagionalità presenti in quasi tutte le produzioni, le tabelle finali sono state calcolate con riferimento all'intero anno solare.

Le unità produttive considerate nei *case studies* hanno una produzione differenziata, con una gamma di prodotti, in alcuni casi, molto elevata. Si è dunque scelto un bene rappresentativo del *mix* di prodotti offerto da ciascuna delle tre unità produttive²⁴.

5.1 Il caso A

L'unità produttiva del caso A appartiene a un'impresa s.p.a. situata in Italia centrale. L'impresa, che fa parte di un importante gruppo pubblico, produce sistemi e apparati per

²³ Per mantenere il segreto statistico, non sono stati menzionati i nomi delle imprese intervistate e non sono state riportate le sigle effettive con cui sono commercializzati gli apparecchi considerati nei tre casi.

²⁴ All'interno della nostra analisi è sufficiente considerare il processo produttivo di un solo bene per unità produttiva; un sistema di contabilità industriale richiederebbe, invece, il calcolo della matrice del processo per ogni diversa tipologia di prodotto.

telecomunicazioni. In particolare essa è specializzata in comunicazioni civili (radiotelefonica, trasmissioni radio, sistemi di gestione per aziende di trasporto), comunicazioni ad alta sicurezza (per agenzie governative, Polizia di stato e Carabinieri), comunicazioni per il controllo del traffico aereo, comunicazioni mobili aeree, terrestri e marittime.

Nel 1993 il fatturato è stato di 80 miliardi di lire con una quota esportata pari al 10 per cento. Nei due ultimi anni considerati il fatturato nominale si è ridotto del 30% a causa di una contrazione della domanda e una flessione dei prezzi. La diffusione di un numero crescente di prodotti e di servizi, insieme al venir meno della posizione di monopolio da parte di alcuni fornitori di servizi, hanno determinato un aumento della pressione competitiva all'interno del mercato in cui opera l'impresa e la conseguente riduzione delle quote di mercato per alcuni prodotti della gamma. In particolare, l'impresa ha recentemente perduto la posizione di esclusiva fornitrice di un'importante impresa nazionale di servizi di telecomunicazione. Nel 1993 l'impresa occupava 450 persone, di cui 135 in produzione e 315 impiegati nella ricerca e sviluppo, nell'amministrazione, qualità, servizi generali, marketing, industrializzazione, ecc. Negli ultimi due anni il numero degli addetti si è ridotto di 50 unità.

L'attività innovativa si è basata soprattutto sull'acquisizione dall'esterno di nuove tecnologie incorporate negli impianti, nelle componenti e in particolare nei circuiti miniaturizzati.

L'analisi che segue è dedicata al processo produttivo dell'apparecchio ricetrasmittente portatile H9²⁵. Questo apparecchio è utilizzato per comunicare all'interno di reti private o pubbliche ed è prevalentemente venduto ad aziende che stipulano contratti di noleggio e abbonamento. Nel 1993 sono state prodotte 19.312 apparecchi H9 su un totale di 40.000 apparecchiature elettroniche. La ricetrasmittente H9 rappresenta il 32% del fatturato.

²⁵ H9 è una sigla da noi adottata per mantenere il segreto statistico. Ciò vale anche per le sigle T10 e R11 utilizzate nei due casi successivi B e C.

Lo stabilimento è composto da tre linee automatizzate che producono in parallelo. Due delle tre linee di produzione sono interamente dedicate al processo produttivo dell'apparecchio ricetrasmittente portatile H9. La terza linea è impiegata per la produzione di un'ampia gamma di beni secondo un programma di esecuzione che rispecchia la composizione degli ordini. Ogni linea è costituita da una macchina per l'assemblaggio automatico, da una fase di montaggio manuale e da due macchine per il controllo automatico. Il processo di produzione dell'H9 è dunque scomponibile in tre sottoprocessi intermedi: l'assemblaggio automatico, il montaggio manuale e il controllo automatico.

La tabella del prodotto (Tab. A1 in Appendice) permette di analizzare i tempi di produzione dell'apparecchio ricetrasmittente portatile H9. La durata netta del processo risulta pari a 160 giorni, contro un tempo di attraversamento netto, lungo la linea di produzione, di circa un'ora e mezza. La differenza è spiegata dalla presenza dei magazzini. I magazzini tecnici prolungano il processo di due giorni e sono dovuti alla necessità di tenere acceso il prodotto *in progress* per 48 ore per verificare il buon funzionamento dei circuiti stampati (operazione di *burning*). L'incidenza di gran lunga preponderante è quella dei magazzini organizzativi, anche se essi non appaiono sovradimensionati. I magazzini organizzativi sono dovuti alla presenza di code e strozzature lungo il processo, che dipendono dalla necessità di rendere compatibili le capacità produttive delle varie fasi del processo produttivo. Essi inoltre derivano dall'esigenza di far fronte a variazioni improvvise della domanda. I costi connessi ai magazzini sono riportati alla Tab. A2 in Appendice.

Il tempo di risposta, cioè il tempo dal momento dell'arrivo dell'ordine alla consegna al cliente del prodotto finito, è pari a 90 giorni. Il tempo di risposta è inferiore alla durata netta che, come si è appena visto, è di 160 giorni a causa della presenza dei magazzini organizzativi che permettono di far fronte agli ordini in tempi inferiori alla durata del processo.

Un dato piuttosto interessante è costituito dalla notevole adattabilità della produzione del bene in esame. Infatti, l'azienda dichiara che la produzione del

ricetrasmittente H9 può essere accresciuta o diminuita in maniera rilevante (+60%,-50%) senza che ciò comporti variazioni del costo di trasformazione superiore al 5 per cento. Come vedremo esaminando la matrice del processo (Tab. A2) e lo schema organizzativo (Tab. A3), l'ampia adattabilità verso il basso di questo prodotto è dovuta alla modesta incidenza sui costi di trasformazione del costo dei macchinari, mentre l'elevata adattabilità verso l'alto è dovuta alla rilevante riserva di capacità produttiva conseguente al ridotto livello di utilizzo dei macchinari stessi.

Infine, la tabella del prodotto pone in evidenza che la produzione è organizzata in lotti di cinquanta unità. In questo caso, l'ampiezza del lotto non ci dà alcuna informazione sul grado di flessibilità produttiva delle due linee di produzione impiegate, perché esse sono utilizzate in maniera continua esclusivamente per la produzione dell'apparecchio ricetrasmittente H9 e quindi non si pone il problema della variazione del *mix* di prodotti. Tuttavia l'ampia adattabilità delle singole linee di produzione rende possibili rilevanti variazioni quantitative all'interno della gamma di prodotti mutando così le proporzioni del *mix* senza incrementi significativi dei costi medi di trasformazione.

La matrice del processo, posta alla Tab. A2, riporta le quantità impiegate dei vari elementi della produzione nelle loro unità di misura specifiche (unità fisiche per i flussi e di tempo dei servizi prestati per i fondi). Sia in questo caso che negli altri due successivi, il calcolo delle quantità necessarie dei flussi di input è risultato molto semplice giacché si è considerato un *kit* di montaggio composto dai vari componenti assemblati, evitando così di menzionare uno per uno i numerosissimi singoli componenti.

La matrice del processo permette di porre in evidenza la struttura dei costi. Il dato forse più rilevante in proposito è l'esiguità dei costi industriali che rappresentano poco meno del 50% del prezzo. Si ricordi che i costi industriali sono composti dai costi di trasformazione (dati dai costi diretti e dai costi delle macchine) più i costi dei magazzini e degli immobili. All'interno dei costi industriali la quota di gran lunga preponderante è costituita dai flussi di input e in particolare dai semilavorati meccanici, dalle componenti e dai materiali di consumo (pari al 69% dei costi industriali). La quota dei costi dei servizi

dei fondi costituiti da lavoratori, impianti e stabilimento, è invece piuttosto bassa (27% dei costi industriali).

Alla Tab. A3 è riportato lo schema organizzativo, che illustra le caratteristiche dei fondi e il loro grado di utilizzo nella produzione dell'intera gamma di beni offerta dall'unità produttiva. Come si vede alla Tab. A3, il lavoro è organizzato in un solo turno di poco meno 8 ore giornaliere per 5 giorni la settimana. Nel 1993 l'orario contrattuale ha coinciso con quello effettivo. Nei due-tre anni precedenti era stato assai comune il ricorso a straordinari.

Il turno unico di otto ore per cinque giorni alla settimana comporta rilevanti tempi d'ozio dei macchinari. Nel caso di un aumento della domanda, l'ampia riserva di capacità produttiva permette di accrescere notevolmente la produzione, aumentando i tempi di utilizzo degli impianti con un conseguente abbassamento dei costi medi di produzione. Dunque, gli elevati tempi d'ozio spiegano la notevole adattabilità, verso l'alto, della produzione a cui abbiamo accennato in precedenza.

La particolare struttura dei costi sta alla base dell'ampia adattabilità verso il basso della produzione considerata. I costi di trasformazione variano poco al decrescere della quantità prodotta dell'output considerato perché la quantità utilizzata dei flussi di input (materie prime e componenti) si riduce in proporzione, mentre l'aumento dei costi medi fissi dei macchinari è trascurabile data la scarsa incidenza di questa voce di costo.

5.2 IL caso B

L'analisi del caso B riguarda un'unità produttiva situata nel Nord-Italia e appartenente a una società che possiede anche una filiale per l'assistenza tecnica e una quota del 50% di un'impresa che produce apparecchiature per la rilevazione di incendi. L'unità considerata produce due diverse famiglie di apparecchiature: i) apparati per la trasmissione di dati; e ii) impianti per la sicurezza antintrusione per banche e per stabilimenti industriali.

Analogamente al caso A, appena esaminato, il fatturato dell'unità produttiva B è in calo, passando da 51 miliardi nel 1991 a 40 miliardi nel 1993. La contrazione delle vendite

è dovuta alla flessione della domanda, causata dalla congiuntura economica negativa, ma anche dalla contrazione degli ordini da parte dell'unica impresa acquirente di impianti per la trasmissione di dati. La riduzione della domanda ha comportato una diminuzione del numero degli occupati che sono passati, dal 1991 al 1993, da 260 a 185. I 185 addetti attuali sono ripartiti tra le varie attività nel seguente modo: 75 alla produzione, 25 alla ricerca e sviluppo, 23 alle vendite e 20 all'ufficio commerciale e marketing, 42 all'amministrazione e direzione.

La produzione delle apparecchiature per la trasmissione è esclusivamente rivolta al principale gestore di rete nazionale. Gli ordini vengono effettuati mediante contratto basato su trattativa privata o sulla partecipazione a una gara d'appalto. L'unità produttiva considerata partecipa a queste gare d'appalto insieme ad altre due o tre imprese del settore, di cui una è controllata dalla stessa impresa committente. I contratti riguardano lotti di merce secondo le specifiche imposte dal cliente.

La produzione di impianti di sicurezza è personalizzata. Sul mercato nazionale degli impianti per la sicurezza antintrusione sono presenti otto imprese che producono beni di fascia alta e numerosi piccoli produttori marginali collocati in alcune nicchie di mercato e che lavorano su piccole commesse. Tre delle otto imprese appartenenti alla fascia alta sono delle multinazionali, mentre le restanti sono italiane. L'impresa considerata ricopre una quota del 50% del mercato degli impianti antintrusione. Le imprese concorrenti, sebbene con quote di mercato inferiori, riescono a esercitare un'efficace concorrenza di prezzo.

I prodotti sono il frutto di un continuo processo di innovazione, ottenuta attraverso nuovi sistemi di progettazione studiati dal laboratorio di R&S e da modifiche del software utilizzato in produzione. La rapida evoluzione delle tecnologie impiegate è stata determinata anche dalla continua pressione a innovare esercitata dal cliente. E' stato creato un laboratorio di prova per il controllo campionario della qualità. L'efficacia dei test ottenuti ha consentito di definire un marchio di qualità richiesto anche da altre aziende per il controllo dei loro prodotti.

E' stato analizzato in particolare il processo produttivo di una terminazione per reti formate da circuiti diretti numerici (CDN). Il modello prodotto, da noi denominato T10, serve a collegare, attraverso una linea dedicata, due unità (come ad esempio due computer). Il collegamento viene effettuato mediante un segnale digitale a trasmissione di dati binari.

Per la realizzazione del prodotto l'impresa utilizza tre linee di produzione parallele, non specializzate, in grado di realizzare un qualsiasi prodotto della gamma, in base alle commesse e ai relativi tempi di consegna previsti da contratto. Ogni linea si compone di una macchina per il test *in-circuit* e di una per il collaudo a inscatolamento avvenuto. L'unità produttiva si avvale anche dei servizi esterni di un'azienda terzista che effettua il montaggio del circuito stampato. L'unità produttiva B spedisce i componenti (chips, resistenze, condensatori, ecc.) e il circuito stampato ("basetta" con "piste" predisposte) all'impresa terzista che è incaricata di effettuare il montaggio e il collaudo, secondo specifiche trasmesse dal laboratorio di ricerca dell'unità produttiva committente. A montaggio e collegamento avvenuto, il circuito stampato torna all'unità produttiva committente per l'ultima fase di inscatolamento del circuito stampato completo dei componenti. Infine, il 20% del prodotto in progress viene collaudato nuovamente all'interno dell'unità produttiva committente (test *in-circuit*) per verificarne la percentuale di scarto del lavoro affidato in subfornitura.

L'unità considerata produce 10000 terminazioni per reti T10, in 5-6 lotti al mese di 150 unità ciascuno. Nella tabella del prodotto (Tab. B1) la quantità prodotta è inferiore di 500 unità rispetto alla quantità venduta a causa di una rimanenza della produzione dell'anno precedente. La Tab. B1 pone in evidenza la relativa brevità del tempo di lavorazione, pari a circa due mesi. Ciò dipende principalmente dal fatto che l'unità produttiva lavora su commessa e che quindi è in grado di contenere le dimensioni dei magazzini organizzativi.

I tempi di utilizzo dei fondi, sia per quanto riguarda i lavoratori che le macchine, sono simili a quelli osservati nel caso A visto in precedenza (cfr. Tabb. A3 e B3). Vi è da notare che l'orario giornaliero effettivo degli operai e dei magazzinieri è inferiore a quello

contrattuale a causa del parziale ricorso alla cassa integrazione straordinaria. Inoltre, il numero di giorni di lavoro effettivi all'anno risulta inferiore per queste due categorie di lavoratori per effetto dell'assenteismo. Analogamente all'unità produttiva A esaminata in precedenza, anche in questo caso il costo dei componenti costituisce la parte maggiore del costo industriale complessivo.

Nel primo blocco della matrice del processo (Tab. B2) compaiono l'output considerato, lo scarto e le attività commissionate a un'azienda esterna terzista. L'impresa dichiara di fissare il prezzo delle apparecchiature di trasmissione applicando un margine lordo del 20% sui costi industriali, ma questo dato dichiarato dall'impresa è in contraddizione con i risultati ottenuti nella Tabella B2. Dalla matrice del processo risulta infatti che il margine lordo sui costi industriali è lievemente negativo, pari a meno dell'1,6 per cento; rimangono quindi scoperte le spese generali e di amministrazione. E' stata chiesta, più volte, ai responsabili dell'unità produttiva una spiegazione di questa divergenza tra i risultati della ricerca e i margini dichiarati senza però ottenere risposte convincenti. Questa divergenza poteva dipendere o da una sovrastima di qualche componente del costo o dal fatto che l'unità produttiva, pur di non perdere la commessa, avesse stabilito un prezzo non remunerativo. In questo secondo caso era comprensibile che i responsabili non desiderassero far sapere di aver accettato di produrre in perdita. Un mese dopo alla nostra indagine l'impresa è stata posta in liquidazione. Ciò può essere interpretato come un'indiretta conferma della seconda ipotesi.

5.3 Il caso C

L'unità produttiva del caso C appartiene a un gruppo che controlla due imprese operanti nel settore degli apparati per telecomunicazioni. L'impresa capogruppo ha registrato un rapido sviluppo negli anni '80. Il gruppo si è presto affermato come uno dei maggiori produttori privati indipendenti nel proprio segmento di mercato. L'unità produttiva in esame opera nel Nord-Italia e produce sistemi di automazione, di trasmissione e di commutazione.

Per i sistemi di trasmissione sui cavi dell'alta tensione e per i sistemi di telecontrollo degli impianti, i clienti importanti sono costituiti dall'ENEL e dalle aziende municipalizzate. Nel settore del telecontrollo operano circa 10 aziende di cui tre di grandi dimensioni. In questo settore l'impresa partecipa a gare d'appalto. Le apparecchiature di commutazione e le centraline telefoniche vengono invece vendute a un'ampia clientela privata. Questi prodotti sono approvati dal Ministero delle Poste e Telecomunicazioni e vengono installati sulle linee telefoniche. Tale segmento di mercato è occupato per il 50% da Telecom Italia; la restante parte è occupata da 7-8 imprese italiane e straniere.

Il fatturato dell'unità produttiva è stato nel 1993 di 23 miliardi. Sebbene negli ultimi tre anni vi sia stato un aumento del volume della produzione di circa il 15 per cento, il fatturato è sceso del 10% per effetto della riduzione dei prezzi, che nel solo ultimo anno è stata del 10-12 per cento. Tra il 1991 e il 1993, l'occupazione è salita passando da 87 a 97 addetti.

Il gruppo a cui appartiene l'unità produttiva si trova a contrastare la concorrenza di imprese di dimensioni maggiori. La quota di mercato appare come un fattore importante nel determinare l'entità di risorse che è possibile destinare alla R&S e alla progettazione di nuovi prodotti. La possibilità di allargare la quota di mercato è strettamente legata alla capacità di espandere le esportazioni, che attualmente consistono nel 20% della produzione, e quindi alla capacità di offrire prodotti in grado di competere sui mercati internazionali.

Le principali innovazioni sono dovute all'introduzione di nuovi processi di montaggio superficiale e all'assemblaggio di nuovi componenti. La tecnologia a componenti discreti è stata progressivamente scalzata dalla tecnologia a componenti SMT. L'utilizzo di componenti SMT e il montaggio superficiale automatico, introdotto nel 1988, hanno permesso di triplicare la velocità e di ridurre lo spazio occupato dai componenti. Inoltre, con questo nuovo tipo di montaggio è possibile assemblare con una sola macchina il 90% dei componenti.

All'interno dell'ampia gamma offerta dall'unità in esame, si è analizzato il processo produttivo di un sistema di telecontrollo. I sistemi di telecontrollo permettono di controllare e regolare a distanza grandi e piccoli impianti. Tali sistemi sono utilizzati, per esempio, per la supervisione del funzionamento di oleodotti o di impianti di produzione e trasporto di energia elettrica. Si è scelto come prodotto rappresentativo il sistema di telecontrollo R11 perché questo modello ha un numero fisso di componenti, mentre le altre apparecchiature di questo tipo, prodotte dall'unità considerata, hanno una configurazione e un numero di componenti che variano a seconda delle specifiche richieste del cliente in base alle esigenze di impiego.

L'apparecchio R11 è predisposto per il collegamento a un'unità centrale e a dei sensori posti sull'impianto da controllare (stazioni periferiche). Le stazioni periferiche inviano segnali con le informazioni necessarie all'unità centrale che rielabora le informazioni e trasmette gli ordini in base alle necessità operative. Gli apparati di telecontrollo possono essere impiegati sia su reti di comunicazione dedicate, quali cavi o reti radiodedicato, sia su reti di comunicazione condivise con altri servizi, quali la rete telefonica commutata o reti multiaccesso.

L'apparecchio R11 è formato da una scatola in lega di alluminio, da connettori collocati nel bordo posteriore, e da moduli con schede elettroniche singole, alloggiati all'interno della scatola e composti complessivamente da 15-18 schede. Il processo per la produzione del modello R11 è composto dal montaggio automatico delle componenti sulla basetta (montaggio superficiale automatico), dalla saldatura automatica, dal montaggio manuale della parte metallica (carpenteria meccanica), dal collaudo automatico *in circuit* delle singole schede, dal collaudo funzionale dell'apparecchio nel suo insieme simulando l'uso effettivo. Per questo tipo di lavorazione non viene effettuato il collaudo manuale delle schede. Il tempo di produzione dell'apparecchio R11 va dalle 10 ore circa, rappresentate dal tempo di attraversamento, ai 126 giorni della durata netta del processo (v. Tab. C1). Anche nel caso dell'unità produttiva C i tempi d'ozio dell'impianto sono molto elevati, ma ciò non sembra costituire un problema, vista la scarsa incidenza del costo delle macchine

sul costo di trasformazione. Come nei due casi precedenti, la componente di costo di gran lunga prevalente è costituita dai componenti meccanici ed elettronici (80,5% sui costi industriali). Il costo del lavoro e dei macchinari rappresentano rispettivamente l'11% e lo 0,6% dei costi industriali. I margini lordi sui costi diretti e industriali sono molto ampi (rispettivamente 133 e 117%). I margini lordi sono così elevati perché includono costi di progettazione che in questo settore sono particolarmente alti.

Infine si noti che, a differenza dei due casi precedenti, il bene esaminato viene prodotto in poche decine di unità all'anno e rappresenta una quota minima del fatturato dell'unità produttiva (l'1.5 per cento). Tuttavia la produttività e i costi calcolati nella tabella del processo, in riferimento al sistema R11, possono essere considerati rappresentativi della produzione dell'intera gamma di sistemi di telecontrollo offerti dall'unità produttiva, in quanto negli altri prodotti appartenenti alla gamma varia solo il numero di schede di cui sono dotati.

6. Conclusioni: principali risultati dei case studies e possibili linee di sviluppo dell'analisi

In questo ultimo paragrafo sono contenute alcune osservazioni conclusive circa i principali risultati dei *case studies* e le possibili linee di sviluppo dell'applicazione del modello fondi-flussi presentato.

Nei tre casi studiati si registra la tendenza verso una flessione del fatturato e degli occupati, dovuta, oltre che alla congiuntura economica negativa, anche alla crescente pressione competitiva registrata sul mercato delle apparecchiature per telecomunicazioni. Negli ultimi anni questo segmento di mercato è stato infatti caratterizzato da una elevata competizione tecnica e da una forte aggressività commerciale, che hanno comportato la

flessione dei prezzi e la continua introduzione di innovazioni relative ai componenti e ai processi.

I gruppi industriali operanti nel settore, di fronte alla necessità di ridurre i costi e di migliorare la qualità dei prodotti, hanno messo in atto strategie finalizzate al conseguimento di economie di scala e di varietà produttiva, soprattutto per quanto riguarda le attività di R&S. In questa fase i produttori di piccole o medie dimensioni, come quelli studiati nei tre casi, hanno trovato difficoltà a mantenere le proprie quote di mercato. La dimensione di scala di molti produttori italiani appare troppo piccola e inoltre le imprese registrano quote di fatturato destinate alle esportazioni troppo basse. Un ulteriore elemento di debolezza è costituito dalla dipendenza di molti produttori italiani medio-piccoli dalle scelte del gestore della rete nazionale che si trova in condizioni di monopsonio per alcune tipologie di prodotti. Negli ultimi anni, il principale gestore di rete nazionale ha rotto molti rapporti di fornitura in esclusiva con l'inevitabile conseguenza di un aumento della pressione competitiva sul mercato.

Dall'indagine risulta chiara l'importanza da parte dell'impresa di raggiungere una soglia dimensionale e una differenziazione produttiva che permettano di sostenere l'attività di progettazione necessaria all'introduzione delle innovazioni di processo e di prodotto, imposte dalla rapidissima evoluzione del mercato delle apparecchiature per telecomunicazioni. Il contenuto di idee oggettivate nei vari prodotti è un importante fattore che concorre a determinare la competitività dell'impresa. Questo contenuto di idee non è solo una questione di progetto e disegno, ma riguarda l'evoluzione della concezione stessa del prodotto, i rapporti di collaborazione con i fornitori dei componenti, con i gestori delle reti e con il consumatore finale attraverso la rete di vendita e assistenza. La situazione di mercato richiede la progettazione di prodotti sempre più perfezionati e la capacità di anticipare le esigenze di una clientela sempre più sofisticata e differenziata. L'evoluzione dei prodotti è così rapida e il ciclo di vita dei modelli così breve che i tempi dedicati alla verifica dell'affidabilità dei nuovi prodotti risultano spesso molto compressi.

Il raffronto degli schemi organizzativi dei tre casi esaminati evidenzia una sostanziale omogeneità tra le unità produttive nell'orario e nei turni effettuati dalla forza lavoro. L'esame delle Tabelle A3, B3 e C3 pone, inoltre, in luce tempi d'ozio dei macchinari piuttosto elevati. I tempi d'ozio sono sostanzialmente uguali per le varie fasi del processo. Non vi sono quindi significative sottoutilizzazioni dei macchinari dovute a "colli di bottiglia" nel flusso della produzione o sproporzioni nelle capacità produttive delle varie fasi del processo produttivo. Gli alti tempi d'ozio giornalieri delle macchine dipendono soprattutto dall'impiego di un solo turno di lavoro di circa otto ore al giorno. Tuttavia, va osservato che questi ampi tempi d'ozio dei macchinari incidono poco sui costi di produzione dato che il costo dei macchinari rappresenta una quota piuttosto piccola del costo complessivo (nei tre casi rispettivamente 6,8%, 0,7% e 0,6% del costo industriale).

Come risulta dalle matrici del processo che riportano la struttura dei costi industriali (cfr. Tabb. A2, B2, C2), anche la quota del costo del lavoro è piuttosto ridotta, mantenendosi nei tre casi attorno al 10-13% dei costi industriali. La voce di costo di gran lunga preponderante è quella dei componenti elettronici (dal 69 all'80% sui costi industriali).

Le produzioni del caso A e C sono caratterizzate da un margine lordo molto ampio, rispettivamente il 136 e il 132% sul costo variabile. L'ampio margine lordo è spiegabile con elevata l'incidenza dei costi fissi generali, dovuti alle spese di amministrazione, di progettazione, *marketing*, ricerca e sviluppo. L'alto peso dei costi fissi generali costituisce un forte elemento di rigidità. Infatti, una riduzione del volume complessivo della produzione comporterebbe un innalzamento non tanto dei costi di trasformazione, ma la lievitazione consistente dei costi fissi generali per unità di prodotto. Dunque, nei casi esaminati un'ampia adattabilità delle singole produzioni non comporta automaticamente una pari adattabilità del volume complessivo della produzione.

L'elevata incidenza dei costi generali dipende dalle caratteristiche specifiche delle produzioni considerate. Tuttavia questo fenomeno si iscrive in una tendenza generale verso l'aumento del contenuto di servizi nelle produzioni manifatturiere. Questo processo

di terziarizzazione dell'industria manifatturiera si esprime con il fatto che in molti settori le spese per le attività di pura trasformazione hanno assunto un ruolo via via minore all'interno della catena di valorizzazione del prodotto.

L'alta proporzione dei costi fissi generali, riscontrata nei *case studies*, mette in luce l'utilità di estendere l'applicazione del modello alle attività non-industriali. La diretta considerazione dei processi non-industriali non sembra presentare problemi analitici di rilievo perché l'approccio qui seguito considera la produzione come un insieme di attività o processi distinti. D'altra parte, il modello fondi-flussi appare particolarmente adatto all'analisi del rapporto efficienza-organizzazione nell'offerta di servizi, perché in molte attività di servizio la durata del processo e i tempi di risposta fanno parte delle caratteristiche qualitative del prodotto e concorrono quindi a formare il grado di efficacia della produzione in termini di capacità di soddisfare le esigenze espresse dai consumatori.

La durata del processo e, in particolare, i tempi di resettaggio e la dimensione dei magazzini risultano, inoltre, essenziali per valutare il grado di flessibilità operativa, intesa come mutamento all'interno di un dato *mix* di prodotti.

Nelle pagine precedenti è stata messa in luce l'importanza del ruolo delle caratteristiche di indivisibilità e complementarità degli input e dei processi nel determinare la dimensione di scala e l'organizzazione delle imprese e di conseguenza dei mercati. Il sistema di fabbrica è un mezzo per ridurre gli effetti dell'indivisibilità e della complementarità sui tempi d'ozio dei fondi. L'esclusione dall'analisi delle caratteristiche di indivisibilità e complementarità può comportare gravi errori di valutazione nello studio sia dei processi produttivi ottenuti mediante l'organizzazione di fabbrica, sia delle trasformazioni che essi subiscono per effetto dell'attività innovativa attuata dalle imprese.

Una delle possibili linee di sviluppo della metodologia proposta riguarda proprio l'analisi degli effetti economici dell'attività innovativa. Il mutamento delle tecniche comporta, in generale, oltre che una variazione delle quantità utilizzate e prodotte, un cambiamento delle altre dimensioni del processo: l'organizzazione e il profilo temporale.

Di conseguenza, solo uno schema che tenga conto dei vari aspetti quantitativi, organizzativi e temporali della produzione è in grado di analizzare compiutamente gli effetti economici del mutamento delle tecniche. Seguendo la metodologia esposta nelle pagine precedenti, è possibile effettuare un'analisi *ex-post* di singoli casi aziendali. La raccolta di una serie storica di dati relativi agli stessi processi produttivi in tempi successivi e il raffronto delle tabelle finali, così ottenute, permettono di valutare gli effetti del cambiamento tecnico, sui margini e i costi, sui fabbisogni di input, sulla domanda di lavoro, sui tempi di produzione, sui magazzini, sul grado di utilizzazione dei macchinari, sulla dimensione di scala, sull'adattabilità, sulla flessibilità operativa e più in generale sul modo di organizzare la produzione.

Un'altra possibile applicazione della metodologia proposta riguarda l'analisi *ex-ante* di singoli casi aziendali effettuata mediante simulazioni. Partendo da un processo produttivo operante (o anche da un semplice progetto di processo produttivo) è possibile stimare gli effetti di eventuali variazioni nella quantità prodotta, nelle quantità e qualità degli elementi della produzione utilizzati o nell'organizzazione del processo produttivo. Naturalmente l'analisi *ex-ante* richiede la formulazione di specifiche ipotesi circa il comportamento degli agenti, la struttura di mercato e la dotazione degli input. L'analisi *ex-ante* può fornire risposte a una serie di domande importanti. Dati la tecnologia e i prezzi relativi, qual è la dimensione ottima dell'unità produttiva? Come è possibile ridurre i tempi d'ozio dei macchinari? Come si possono conciliare le diverse capacità produttive dei fondi indivisibili? Qual è il grado di divisione del lavoro che comporta la maggiore efficienza? Qual è l'orario di lavoro che minimizza i costi?

Infine, una terza possibilità di applicare la metodologia basata sulla matrice degli elementi della produzione consiste nell'analizzare *ex-post* l'evoluzione dei settori industriali. Disponendo di un campione statisticamente rappresentativo di unità produttive e di processi, si può ottenere, utilizzando il programma *KRONOS Production Analyser*, una contabilità dei settori industriali intermedia tra la contabilità aziendale e la contabilità nazionale. L'analisi dei settori industriali consentirebbe di raccogliere dati riguardanti, non

solo le variazioni della produttività, dei costi, della profittabilità, ma anche l'organizzazione, i tempi di produzione, la gestione dei magazzini, il grado di flessibilità della produzione. Questi dati potrebbero essere, ad esempio, utilizzati per studiare, sulla base di stime microeconomicamente fondate, gli effetti del cambiamento tecnico, le scelte d'investimento, l'andamento della domanda di lavoro, i cambiamenti nell'organizzazione e utilizzo delle risorse umane.

Appendice

Tabella A1 - Tabella del prodotto: ricetrasmittente portatile (rtp), modello H9: 1993

=====			
a) caratteristiche			
gamma di frequenza		400 Mhz	
potenza		2 Watt	
protocollo di comunicazione (reti priv. e pubbl.)		1327 Mpt	
display		cristalli liquidi	
tastiera		18 tasti	
dimensioni		200x69x30mm.	
peso		400g.(circa)	
b) tempi			
tempo di attraversamento netto		1:26:42 ore	
tempi di magazzino tecnico:			
prodotto in progress (rtp)		2 giorni	
tempo di attraversamento lordo		3 giorni	
tempi di magazzino organizzativo e movimentazione:			
semilavorati meccanici		76 giorni	
comp. elettronici		76 giorni	
prodotto in progress (rtp)		6 giorni	
ricetrasmittente portatile (rtp)		76 giorni	
tempo di lavorazione		159 giorni	
durata netta		160 giorni	
tempo di risposta		90 giorni	
durata lorda		220 giorni	
c) produzione annua			
	prodotto	intera gamma processo	quota
interna	19312.00 unità	40000.00 unità	48.28%
esterna	0.00 unità	0.00 unità	
venduta	19312.00 unità	40000.00 unità	48.28%
d) adattabilità e livello di utilizzazione dell'impianto			
		MIN	MAX
intervallo di variazione del volume della			
produzione con incrementi del costo medio di trasf. infer. al 5%		-50.00%	60.00%
e) flessibilità			
lotto minimo prodotto		50.00 unità	
=====			

Tabella A2 - Matrice del processo: ricetrasmittente portatile (rtp), modello H9: 1993

	QUANTITA'	PREZZO UNITARIO COSTI UNITARI	PREZZO COSTI
a) flussi di output e di scarto, servizi in subfornitura			
ricetrasmittente p (output)	1.00 unità	1300000.00 L/unità	1300000.00 L
scarto prodotto finito	0.06 unità	-455000.00 L/unità	-29050.07 L
b) flussi di input			
semilavorati meccanici	-1.00 kit	55000.00 L/kit	-55000.00 L
comp. elettronici	-1.00 kit	350000.00 L/kit	-350000.00 L
materiali di consumo	-1.00 kit	50000.00 L/kit	-50000.00 L
c) servizi dei fondi			
lavoratori:			
quadro 8° liv.	-0:04:53 ore	50955.41 L/ore	-4142.50 L
tecnico 6° liv.	-0:04:53 ore	35668.79 L/ore	-2899.75 L
assistente 5° liv.	-0:48:47 ore	32611.46 L/ore	-26512.01 L
assistente 4° liv.	-1:37:33 ore	20382.17 L/ore	-33140.02 L
macchine:			
assemblaggio autom.	-0:12:52 ore	84458.78 L/ore	-18123.45 L
montaggio manuale	-0:50:06 ore	1550.21 L/ore	-1294.53 L
collaudo autom.	-0:23:44 ore	65476.85 L/ore	-25890.64 L
magazzini tecnici:			
prodotto in progress (rtp)	-0.01 unità	55232.88 L/unità	-572.01 L
magazzini organizzativi:			
ricetrasmittente p (output)	-0.21 unità	156000.00 L/unità	-32311.52 L
semilavorati meccanici	-0.21 kit	6600.00 L/kit	-1367.03 L
comp. elettronici	-0.21 kit	42000.00 L/kit	-8699.25 L
prodotto in progress (rtp)	-0.02 unità	84000.00 L/unità	-1304.89 L
area stabilimento (400mq)	-1:26:42 ore	15255.03 L/ore	-22044.57 L

Tabella A3 - Schema organizzativo dell'unità produttiva A: 1993

a) lavoratori

a1) numero di lavoratori per turno, sesso, età e scolarizzazione:

	numero	turni	orario effettivo			orario contrattuale		
			ore/giorno	giorni/settimana	giorni/anno	ore/giorno	giorni/settimana	
quadro 8° liv.	5	1	07:51:00	5	200	07:51:00	5	
tecnico 7° liv.	30	1	07:51:00	5	200	07:51:00	5	
tecnico 6° liv.	30	1	07:51:00	5	200	07:51:00	5	
assistente 5° liv.	20	1	07:51:00	5	200	07:51:00	5	
assistente 4° liv.	40	1	07:51:00	5	200	07:51:00	5	
operaio 3° liv.	10	1	07:51:00	5	200	07:51:00	5	

	sesso		età			scolarizzazione				
	maschi	femmine	14-24	25-49	50-64	ELE	MED	SUP	UNI	
quadro 8° liv.	5	0	0	3	2	0	0	4	1	
tecnico 7° liv.	30	0	0	25	5	0	20	10	0	
tecnico 6° liv.	25	5	3	25	2	0	25	5	0	
assistente 5° liv.	10	10	2	15	3	3	10	7	0	
assistente 4° liv.	10	30	5	28	7	10	30	0	0	
operaio 3° liv.	5	5	5	5	0	6	4	0	0	

a2) percentuale di tempo medio per ciascuna mansione

	carico e scarico	trasformazione	organizzazione	manutenzione	innovazione
quadro 8° liv.	0%	0%	80%	0%	20%
tecnico 7° liv.	0%	20%	50%	20%	10%
tecnico 6° liv.	30%	0%	30%	40%	0%
assistente 5° liv.	20%	70%	10%	0%	0%
assistente 4° liv.	20%	80%	0%	0%	0%
operaio 3° liv.	0%	70%	0%	30%	0%

b) macchinari

b1) numero per tipo, tempi e grado di utilizzazione (ore/giorno e giorni/anno), tempi di risettaggio e carico-scarico, manutenzione e ozio

	numero	velocità	utilizzazione lorda		carico-scarico			
			ore/giorno	giorni/anno	ore/giorno	giorni/anno		
assemblaggio autom.	3	-	08:00:00	240	00:30:00	0		
montagg. manuale	1	-	08:00:00	240	00:00:00	0		
collaudo autom.	6	-	08:00:00	240	00:00:00	0		
			risettaggio		manutenzione		tempi d'ozio	
			ore/giorno	giorni/anno	ore/giorno	giorni/anno	ore/giorno	giorni/anno
assemblaggio autom.			00:30:00	0	00:00:00	2.5	16:00:00	125
montagg. manuale			00:00:00	0	00:00:00	0.5	16:00:00	125
collaudo autom.			00:30:00	0	00:00:00	5	16:00:00	125

Tabella B1 - Tabella del prodotto: terminazione per reti (tr), modello T10: 1993

=====			
a) caratteristiche			
velocità di funzionamento sincrono		2400-9600 bps (bit per secondo)	
velocità di funzionamento asincrono		1200-9600 bps	
adattamento alla velocità		automatico	
livello del segnale di trasmissione		+6 dBm, -1 dBm (decibel per milliwatt)	
b) tempi			
tempo di attraversamento netto		16:14:48 ore	
tempi di magazzino tecnico:			
tempo di attraversamento lordo		16:14:48 ore	
tempi di magazzino organizzativo e movimentazione:			
materiale di assemblaggio		46 giorni	
comp. elettronici		46 giorni	
circuito stampato		46 giorni	
scheda elettronica assemblata		8 giorni	
termin. per reti		12 giorni	
tempo di lavorazione		66 giorni	
durata netta		68 giorni	
tempo di risposta		30 giorni	
durata lorda		188 giorni	
c) produzione annua			
	prodotto	intera gamma processo	quota
interna	10000.00 unità	10000.00 unità	100.00%
esterna	0.00 unità	0.00 unità	
venduta	10500.00 unità	10500.00 unità	100.00%
d) adattabilità e livello di utilizzazione dell'impianto			
		MIN	MAX
intervallo di variazione del volume della			
produzione con incrementi del costo medio di trasf. infer. al 5%		ND	ND
e) flessibilità			
lotto minimo prodotto		150.00 unità	
=====			

Tabella B2 - Matrice del processo: terminazione per reti (tr), modello T10: 1993

	QUANTITA'	PREZZO UNITARIO COSTI UNITARI	PREZZO COSTI
a) flussi di output e di scarto, servizi in subfornitura			
termin. per reti (output)	1.00 unità	200000.00 L/unità	200000.00 L
scarto prodotto finito	0.05 unità	-200000.00 L/unità	-9000.00 L
montaggio (az. terzista)	-1.00 unità	20000.00 L/unità	-20000.00 L
b) flussi di input			
energia elettrica	-0.24 Kw	168.00 L/Kw	-40.56 L
materiale di assemblaggio	-1.00 kit	5000.00 L/kit	-5000.00 L
comp. elettronici	-1.00 kit	125000.00 L/kit	-125000.00 L
circuito stampato	-1.00 unità	10000.00 L/unità	-10000.00 L
c) servizi dei fondi			
lavoratori:			
impiegato 7° liv.	-0:10:28 ore	51613.50 L/ore	-9000.00 L
tecnico 6° liv.	-0:10:28 ore	34409.00 L/ore	-6000.00 L
operaio 4° liv.	-0:27:54 ore	25806.45 L/ore	-12000.00 L
macchine:			
test in circuit	-5:01:43 ore	71.25 L/ore	-358.28 L
attrezz. assembl. manuale	-0:09:18 ore	322.58 L/ore	-50.00 L
collaudo trasmissione	-11:03:47 ore	94.86 L/ore	-1049.47 L
magazzini tecnici:			
magazzini organizzativi:			
termin. per reti (output)	-0.03 unità	25000.00 L/unità	-812.50 L
materiale di assemblaggio	-0.13 kit	625.00 L/kit	-78.13 L
comp. elettronici	-0.13 kit	15625.00 L/kit	-1953.13 L
circuito stampato	-0.13 unità	1250.00 L/unità	-156.25 L
scheda elettronica assembla	-0.02 unità	18125.00 L/unità	-402.38 L
area stabilimento (33mq)	-16:14:48 ore	147.72 L/ore	-2400.00 L

Tabella B3 - Schema organizzativo dell'unità produttiva B: 1993

a) lavoratori

a1) numero di lavoratori per turno, sesso, età e scolarizzazione:

	numero	turni	orario effettivo			orario contrattuale			
			ore/giorno	giorni/settimana	giorni/anno	ore/giorno	giorni/settimana		
impiegato 7° liv.	2	1	07:45:00	5	225	07:45:00	5		
tecnico 6° liv.	2	1	07:45:00	5	225	07:45:00	5		
operaio 4° liv.	16	1	04:50:00	4.44	200	07:45:00	5		
magazziniere	8	1	04:50:00	4.44	200	07:45:00	5		
	sesso		età			scolarizzazione			
	maschi	femmine	14-24	25-49	50-64	ELE	MED	SUP	UNI
impiegato 7° liv.	2	0	0	2	0	0	0	2	0
tecnico 6° liv.	2	0	0	2	0	0	0	2	0
operaio 4° liv.	11	5	0	16	0	9	7	0	0
magazziniere	8	0	0	8	0	2	3	3	0

a2) percentuale di tempo medio per ciascuna mansione

	carico e scarico	trasformazione	organizzazione	manutenzione	innovazione
impiegato 7° liv.	0%	0%	90%	5%	5%
tecnico 6° liv.	0%	30%	60%	5%	5%
operaio 4° liv.	10%	85%	0%	5%	0%
magazziniere	95%	0%	5%	0%	0%

b) macchinari

b1) numero per tipo, tempi e grado di utilizzazione (ore/giorno e giorni/anno), tempi di risettaggio e carico-scarico, manutenzione e ozio

	numero	velocità	utilizzazione lorda		carico-scarico	
			ore/giorno	giorni/anno	ore/giorno	giorni/anno
test in-circuit	1	0	07:45:00	225	00:00:00	0
attrezz. assembl. manual	5	0	07:45:00	200	00:00:00	0
collaudo trasmissione	3	0	07:45:00	225	00:00:00	0
collaudo apparecch. di s	3	0	07:45:00	200	00:00:00	0
strumentazione "sciolta"	200	0	07:45:00	200	00:00:00	0
			risettaggio		manutenzione	
			ore/giorno	giorni/anno	ore/giorno	giorni/anno
test in-circuit			00:00:00	0.08333	00:00:00	0.33333
attrezz. assembl. manual			00:00:00	0	00:00:00	0
collaudo trasmissione			00:00:00	0.08333	00:00:00	0.33333
collaudo apparecch. di s			00:00:00	0	00:00:00	0
strumentazione "sciolta"			00:00:00	0	00:00:00	0
			tempi d'ozio			
			ore/giorno	giorni/anno	ore/giorno	giorni/anno
test in-circuit			16:15:00	140		
attrezz. assembl. manual			16:15:00	165		
collaudo trasmissione			16:15:00	140		
collaudo apparecch. di s			16:15:00	165		
strumentazione "sciolta"			16:15:00	165		

Tabella C1 - Tabella del prodotto: sistema di telecontrollo, modello R11: 1993

=====			
a) caratteristiche			
intelligenza locale		microprocessore 16 bit	
caratteristiche rete		stellare, multipunto, punto-punto	
informazioni trattate		analogiche o digitali, continue o discontinue	
possibilità di acquisizione		telesegnali, telemisurazioni, teleletture	
possibilità di invio		telecomandi, teleregolazioni	
trasferimento delle informazioni		dal posto centr. e dal posto perif.	
supporto di trasmissione		cavi, onde convogliate, ponti radio, modem telefonico	
b) tempi			
tempo di attraversamento netto		10:48:08 ore	
tempi di magazzino tecnico:			
tempo di attraversamento lordo		10:48:08 ore	
tempi di magazzino organizzativo e movimentazione:			
comp. meccanici		61 giorni	
comp. elettronici		61 giorni	
materiali di consumo		61 giorni	
prodotto in progress		3 giorni	
sistema di telecontrollo (C11)		61 giorni	
tempo di lavorazione		125 giorni	
durata netta		126 giorni	
tempo di risposta		120 giorni	
durata lorda		190 giorni	
c) produzione annua			
	prodotto	intera gamma processo	quota
interna	60.00 unità	60.00 unità	100.00%
esterna	0.00 unità	0.00 unità	
venduta	60.00 unità	60.00 unità	100.00%
d) adattabilità e livello di utilizzazione dell'impianto			
		MIN	MAX
intervallo di variazione del volume della			
produzione con incrementi del costo medio di trasf. infer. al 5%		ND	ND
e) flessibilità			
lotto minimo prodotto		30.00 unità	
=====			

Tabella C2 - Matrice del processo: sistema di telecontrollo, modello R11: 1993

	QUANTITA'	PREZZO UNITARIO COSTI UNITARI	PREZZO COSTI
a) flussi di output e di scarto, servizi in subfornitura			
sistema di telecon (output)	1.00 unità	5900000.00 L/unità	5900000.00 L
scarto prodotto finito	0.03 unità	-2187500.00 L/unità	-54687.50 L
b) flussi di input			
comp. meccanici	-1.00 kit	271000.00 L/kit	-271000.00 L
comp. elettronici	-1.00 kit	1885000.00 L/kit	-1885000.00 L
materiali di consumo	-1.00 kit	31500.00 L/kit	-31500.00 L
c) servizi dei fondi			
lavoratori:			
tecnico 7° liv.	-0:16:00 ore	31250.00 L/ore	-8333.33 L
tecnico 6° liv.	-1:32:00 ore	31521.74 L/ore	-48333.33 L
assistente 5° liv.	-2:44:00 ore	25609.76 L/ore	-70000.00 L
operaio 3° liv.	-6:40:00 ore	25000.00 L/ore	-166666.67 L
macchine:			
montaggio automatico	-2:06:12 ore	2247.39 L/ore	-4727.27 L
saldataura auton.	-0:12:04 ore	100.45 L/ore	-20.20 L
attrezzagg. (carpenteria)	-5:20:27 ore	1758.87 L/ore	-9393.94 L
collaudo auton. schede	-1:29:51 ore	1303.12 L/ore	-1951.52 L
collaudo funzionale	-1:39:33 ore	779.27 L/ore	-1292.93 L
magazzini tecnici:			
magazzini organizzativi:			
sistema di telecon (output)	-0.17 unità	708000.00 L/unità	-118000.00 L
comp. meccanici	-0.17 kit	32520.00 L/kit	-5420.00 L
comp. elettronici	-0.17 kit	226200.00 L/kit	-37700.00 L
materiali di consumo	-0.17 kit	3780.00 L/kit	-630.00 L
prodotto in progress	-0.08 unità	21264.66 L/unità	-1772.05 L
area stabilimento (120mq)	-10:48:08 ore	201.25 L/ore	-2173.91 L

Tabella C3 - Schema organizzativo dell'unità produttiva C: 1993

a) lavoratori									
a1) numero di lavoratori per turno, sesso, età e scolarizzazione:									
	numero	turni	orario effettivo			orario contrattuale			
			ore/giorno	giorni/settimana	giorni/anno	ore/giorno	giorni/settimana	giorni/anno	
quadro 9° liv.	3	1	07:50:00	5	220	07:50:00	5	220	
quadro 8° liv.	7	1	07:50:00	5	220	07:50:00	5	220	
tecnico 7° liv.	15	1	07:50:00	5	220	07:50:00	5	220	
tecnico 6° liv.	15	1	07:50:00	5	220	07:50:00	5	220	
assistente 5° liv.	25	1	07:50:00	5	220	07:50:00	5	220	
assistente 4° liv.	2	1	07:50:00	5	220	07:50:00	5	220	
manutentore 4° liv.	2	1	07:50:00	5	220	07:50:00	5	220	
impiegato 3° liv.	5	1	07:50:00	5	220	07:50:00	5	220	
operaio 3° liv.	19	1	07:50:00	5	220	07:50:00	5	220	
	sesso		età			scolarizzazione			
	maschi	femmine	14-24	25-49	50-64	ELE	MED	SUP	UNI
quadro 9° liv.	3	0	0	2	1	0	0	0	3
quadro 8° liv.	7	0	0	7	0	0	0	4	3
tecnico 7° liv.	14	1	0	15	0	0	0	7	8
tecnico 6° liv.	13	2	0	14	1	0	1	14	0
assistente 5° liv.	18	7	7	18	0	0	0	25	0
assistente 4° liv.	1	1	1	1	0	0	0	2	0
manutentore 4° liv.	2	0	0	2	0	0	2	0	0
impiegato 3° liv.	4	1	0	5	0	0	3	2	0
operaio 3° liv.	14	5	5	14	1	1	12	6	0
a2) percentuale di tempo medio per ciascuna mansione									
	carico e scarico		trasformazione	organizzazione	manutenzione	innovazione			
quadro 9° liv.	0%	0%	0%	65%	0%	35%	0%	0%	
quadro 8° liv.	0%	0%	0%	55%	0%	45%	0%	0%	
tecnico 7° liv.	7%	7%	7%	66%	0%	20%	0%	0%	
tecnico 6° liv.	0%	40%	40%	20%	0%	40%	0%	0%	
assistente 5° liv.	8%	35%	35%	32%	0%	25%	0%	0%	
assistente 4° liv.	0%	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	
manutentore 4° liv.	0%	90%	90%	0%	10%	0%	0%	0%	
impiegato 3° liv.	50%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	
operaio 3° liv.	16%	68%	68%	16%	0%	0%	0%	0%	
b) macchinari									
b1) numero per tipo, tempi e grado di utilizzazione (ore/giorno e giorni/anno), tempi di resettaggio e carico-scarico, manutenzione e ozio									
	numero	velocità	utilizzazione lorda		carico-scarico				
			ore/giorno	giorni/anno	ore/giorno	giorni/anno			
montaggio autom.	2	2200 com./h	07:50:00	220	00:30:00	0			
saldatura autom.	1	250 sch./h	07:50:00	220	00:00:00	0			
attrezzagg. (carpenteria)	4	4000 com./giorno	07:50:00	220	00:00:00	0			
collaudo autom. schede	1	250 sch./h	07:50:00	220	01:00:00	0			
collaudo manuale schede	3	50 sch./h	07:50:00	220	00:00:00	0			
collaudo funzionale appa	4	3 app./giorno	07:30:00	220	00:00:00	0			
	numero	velocità	utilizzazione lorda		carico-scarico				
			ore/giorno	giorni/anno	ore/giorno	giorni/anno			
			resettaggio		manutenzione		tempi d'ozio		
			ore/giorno	giorni/anno	ore/giorno	giorni/anno	ore/giorno	giorni/anno	
montaggio autom.			00:00:00	25.1	00:00:00	5.9	16:10:00	145	
saldatura autom.			01:30:00	0	01:00:00	0	16:10:00	145	
attrezzagg. (carpenteria)			00:15:00	0	00:00:00	0	16:10:00	145	
collaudo autom. schede			00:15:00	0	00:00:00	2.6	16:10:00	145	
collaudo manuale schede			00:00:00	0	00:00:00	0.6	16:10:00	145	
collaudo funzionale appa			00:00:00	16.3	00:00:00	1.2	16:30:00	145	

Bibliografia

(Le citazioni si riferiscono alla versione originale, tranne nei casi in cui la nuova edizione abbia la data posta tra parentesi quadre).

- ALCHIAN, A.A., DEMSETZ, H. (1972), "Production, information costs, and economic organization", *American Economic Review*, n. 5, trad. it. in R.C.D. Nacamulli e A. Rugiadini (a cura di), *Organizzazione e mercato*, Il Mulino, Bologna, 1985, rist. in L. Filippini e A. Salanti (a cura di), *Razionalità, impresa e informazione*, Giappicchelli, Torino, [1993].
- ARENA R., RAVIX J.T., ROMANI P.M. (1992), "Firm cooperation and subcontracting", *Metroeconomica*, vol. 43, n. 1-2.
- AMENDOLA, M., GAFFARD, J.L. (1988), *The Innovative Choice*, Blackwell, Oxford.
- ARROW, K.J., HAHN, F.H. (1971), *General Competitive Analysis*, Holden-Day, San Francisco.
- BELLANDI, M. (1995), *Economie di scala e organizzazione industriale*, F. Angeli, Milano.
- BIANCHI M. (1994), "Markets and firms: transaction costs versus strategic innovation", *mimeo*.
- BÖHM BAWERK, E. (1889), *The Positive Theory of Capital*, Stechert, 1930, New York, trad. ingl. di Smart.
- D'ANTONI M. (1995), "Teoria dell'impresa, incompletezza contrattuale e diritti di proprietà: recenti sviluppi", *L'Industria*, n. 3.
- DEMSETZ, H. (1988), "The theory of the firm revisited" n H. Demsetz, *Organization of Economic Activity. Volume One: Ownership, Control, and the Firm*, Blackwell, Oxford.
- DIETRICH, M. (1994), *Transaction Cost Economics and Beyond*, Routledge, London.
- ESPOSITO, E. (1990), "La misura del cambiamento tecnologico: un indicatore composito", *L'Industria*, n. 1.
- FABER, M. (a cura di) (1986), *Studies in Austrian Capital Theory, Investment and Time*, Springer-Verlag, Berlino.
- FABER, M., PROOPS, J.L. (1991), "The innovation of techniques and time-horizon: a neo-Austrian approach", *Structural Change and Economic Dynamics*, n. 1.
- FRANK, C.R. JR, (1969), *Production Theory and Indivisible Commodities*, Princeton University Press, Princeton.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1965), "Process in farming versus process in Manufacturing: A problem of balanced development", in U. Papi e C. Nunn (a cura di), *Economic Problems in Agriculture in Industrial societies*, Macmillan, 1969, Londra, rist. in Georgescu-Roegen [1976].
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1966), *Analytical Economics*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., trad. parziale di M. Dardi, *Analisi economica e processo economico*, Sansoni, Firenze 1973.

- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1969), "The economics of production", *American Economic Review*, 1970, rist. in Georgescu-Roegen [1976].
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1976), *Energy and Economic Myths*, Pergamon Press, New York, trad. it. parziale di P.L. Cecioni con "Introduzione" di S. Zamagni, *Energia e miti economici*, Boringhieri, Torino, [1982].
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1986), "Man and production", in M. Baranzini, R. Scazzieri (a cura di), *Foundations of Economics*, Blackwell, Oxford.
- GIOVANNETTI, E. (1991), "Efficienza ed innovazione: il modello 'Fondi e Flussi' applicato ad una filiera agro-industriale", *La Questione Agraria*, n. 43.
- GOLDBERG, V.P. (1985), "Production functions, transaction costs and the new institutionalism", in G.R. Feiwel (a cura di), *Issues in Contemporary Microeconomics and Welfare*, Macmillan, Londra.
- GROSSMAN, S.J., HART, O.D. (1986), "The costs and benefits of ownership: a theory of vertical and lateral integration", *Journal of Political Economy*, vol. 91, rist. in O.E. Williamson (a cura di) (1990).
- HICKS, J.R. (1973), *Capital and Time. A Neo-Austrian Theory*, Clarendon Press, Oxford.
- HICKS, J.R. (1976), "Some questions of time in economics", in A.M. Tang, F.M. Westfield (a cura di), *Evolution, Welfare and Time in Economics*, Lexington, Cambridge, Mass.
- HODGSON, G.M. (1988), *Economics and Institutions*, Polity Press, Oxford, trad. it. di A. Sterlacchini e A.G. Calafati, *Economia e istituzioni*, Otium, Ancona 1991.
- LANDESMANN, M.A. (1986), "Conceptions of technology and the production process", in M. Baranzini, R. Scazzieri (a cura di), *Foundations of Economics*, Blackwell, Oxford.
- LANGLOIS R.N. (1995), "Transaction costs, production costs and the passage of time", *mimeo*, conferenza annuale dell'EARIE, settembre 1995, Juan-les-Pins, Francia.
- LORENZONI, G. (1990), *L'architettura di sviluppo delle imprese minori: costellazioni e piccoli gruppi*, Il Mulino, Bologna.
- LOWE, A. (1976), *The Path of Growth*, con la collaborazione di S. Pulrang e un'Appendice di E.J. Nell, Cambridge University Press, Cambridge.
- MAHER, M.E. (1995), "Transaction cost economics and contractual relations", Department of Economics, Birkbeck College, London *mimeo*.
- MARITI, P. (1980), *Sui rapporti tra imprese in un'economia industriale moderna*, F. Angeli, Milano.
- MARITI, P. (1990), "Constructive co-operation between smaller firms for efficiency, quality and product changes", in D. O'Doherty, (a cura di), *The Cooperation Phenomenon between Smaller Firms*, Graham & Troman, Kluwer Academic Publ., Londra.
- MARSCHAK, T., NELSON, R.R. (1962), "Flexibility, uncertainty and economic theory", *Metroeconomica*, vol.13.
- MENGER, C. (1871), *Principles of Economics*, New York University Press, New York, trad. ingl. di J. Dingwall e B.F. Hoselitz, 1950, seconda ed. con un'Introduzione di F.A. Hayek (1981).
- MILGROM P., QIAN Y., ROBERTS J. (1991), "Complementarities, momentum and the evolution of modern manufacturing", *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 81, n.2.

- MILGROM, P., ROBERTS, J. (1992), *Economics, Organization, and Management*, Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, trad. it. di P. Bertolotti, E. Carbonara, M. D'Antoni, L. Lambertini, F. Masini, *Economia, organizzazione e management*, il Mulino, Bologna, 1994.
- MILLS, D.E. (1986), "Flexibility and firm diversity with demand fluctuations", *International Journal of Industrial Organization*, n. 2.
- MORIGGIA, V., MORRONI, M. (1993a), *KRONOS Production Analyser. Programma per l'analisi dei processi produttivi, versione 2.2*, due floppy disks e istruzioni, software operante in ambiente MS-DOS, Edizioni ETS, Pisa, 1993.
- MORIGGIA, V., MORRONI, M. (1993b), *Sistema automatico KRONOS per l'analisi dei processi produttivi. Caratteristiche generali e guida all'utilizzo nella ricerca applicata*, Quaderni del Dipartimento di Matematica, Statistica, Informatica e Applicazioni, Università degli Studi di Bergamo, Bergamo, n. 23.
- MORRONI, M. (1988), *Note sull'applicazione della matrice degli elementi della produzione all'analisi del processo produttivo e degli effetti del cambiamento tecnico in alcune imprese dell'industria tessile*, Istituto Universitario di Bergamo, Bergamo, Quaderni del Dipartimento di Scienze Economiche, n. 10.
- MORRONI, M. (1991), "Production flexibility", in G.M. Hodgson, E. Screpanti (a cura di), *Rethinking Economics*, Edward Elgar, Aldershot, trad. it. "La flessibilità produttiva", *Politiche del Lavoro*, n. 17, 1992.
- MORRONI, M. (1992), *Production Process and Technical Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- PIACENTINI, P. (1996), "A time-explicit theory of production: analytical and operational suggestions following a "fund-flow" approach", *Structural Change and Economic Dynamics*, 6, pp.446-83.
- RIVA, G. (1993), *Analisi di un caso aziendale mediante l'utilizzo del modello fondi-flussi*, Tesi di Laurea, Facoltà di Economia e Commercio, Università degli Studi di Bergamo, Bergamo, mimeo.
- SAHAL, D. (1984), "The innovation dynamics and technology cycles in the computer industry", *Omega*, n.2.
- SAVIOTTI, P.P., METCALFE, J.S. (1984), "A theoretical approach to construction of technological output indicators", *Research Policy*, n. 13.
- SAVIOTTI, P.P. (1991), *Technological Evolution, Product Characteristics, Competition and Variety*, mimeo, Manchester.
- SCAZZIERI, R. (1993), *A Theory of Production. Tasks, Processes and Technical Practices*, Clarendon Press, Oxford.
- SILVA, F. (1991), "La dimensione dell'impresa: tecnologia, contratti, organizzazione", in S. Zamagni (a cura di), *Imprese e mercati*, UTET, Torino.
- SMITH, A. (1776), *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, Clarendon Press vols 2, Oxford, 1976, trad. it. di F. Bartoli, C. Camporesi, S. Caruso, *Indagine sulla natura e le cause della ricchezza delle nazioni*, Milano, ISEDI, [1973].
- STIGLER, G.J. (1939), "Production and distribution in the short run", *The Journal of Political Economy*, vol.47.
- TANI, P. (1976), "La decomponibilità del processo produttivo", in G. Becattini (a cura di), *Mercato e forze locali: il distretto industriale*, Mulino, Bologna, [1987], ristampa con lievi modifiche di "La

rappresentazione analitica del processo di produzione: alcune premesse teoriche al problema del decentramento", *Note Economiche*, n. 4-5, 1976.

TANI, P. (1986), *Analisi microeconomica della produzione*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.

TANI, P. (1989), "La rappresentazione della tecnologia produttiva nell'analisi microeconomica: problemi e recenti tendenze", in S. Zamagni (a cura di), *Le teorie economiche della produzione*, Il Mulino, Bologna.

TEECE D.J., RUMELT R., DOSI G., WINTER S. (1994), "Understanding corporate coherence: Theory and evidence", *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol.23, n.1.

TURVANI, M. (1987), "Introduzione", in O.E. Williamson, *Le istituzioni economiche del capitalismo*, F. Angeli, Milano, trad. di Williamson (1985).

WALRAS, L. (1874), *Eléments d'économie politique pure, ou théorie de la richesse sociale*, ed. definitiva 1926, trad. ingl. di W. Jaffe, *Elements of Pure Economics. Or the Theory of Social Wealth*, G. Allen & Unwin 1954, seconda rist. [1965], Londra, trad. it. A. Baglioni, *Elementi di economia politica pura*, Editrice Torinese, Torino, 1974.

WALSH, V. (1991), "Inter-firm technological alliances: A transient phenomenon or new structures in capitalist economies?", in A. Amin e M. Dietrich, (a cura di), *Towards a New Europe?*, Edward Elgar, Aldershot, Hants.

WILLIAMSON, O.E. (1985), *The Economic Institutions of Capitalism*, Free Press, New York, trad. it. di N. Negro, *Le istituzioni economiche del capitalismo*, F. Angeli, Milano, 1987.

WILLIAMSON, O.E (a cura di) (1990), *Industrial Organization*, Edward Elgar, Aldershot.

ZAMAGNI, S. (1982), "Introduzione", in N. Georgescu-Roegen, *Energia e miti economici*, Boringhieri, Torino, trad. it. di Georgescu-Roegen (1976).