24

EDIZIONI RITMAN

LOGISTICA Management

IL SERVIZIO ▪ L'APPROVVIGIONAMENTO ▪ LA PRODUZIONE ▪ LA DISTRIBUZIONE

LA PROGETTAZIONE INTEGRATA PRODOTTO-PROCESSO

LA FABBRICA COMPETITIVA NEGLI ANNI '90

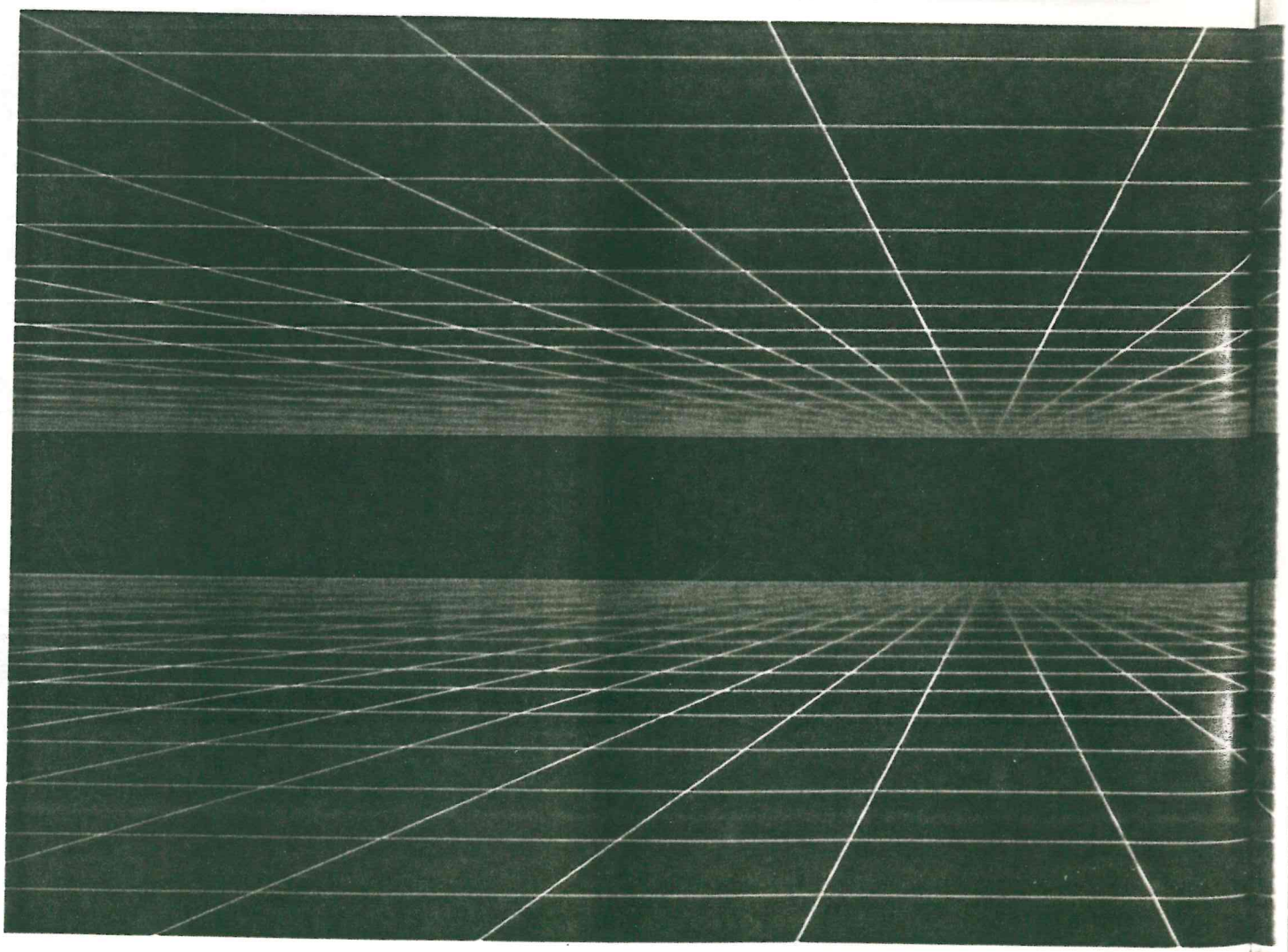
ALLA RICERCA DELL'ECCELLENZA

IL PICKING DI PEZZI SFUSI

IL SERVIZIO E LA QUALITA'

N° 7/8 - LUGLIO-AGOSTO 1990

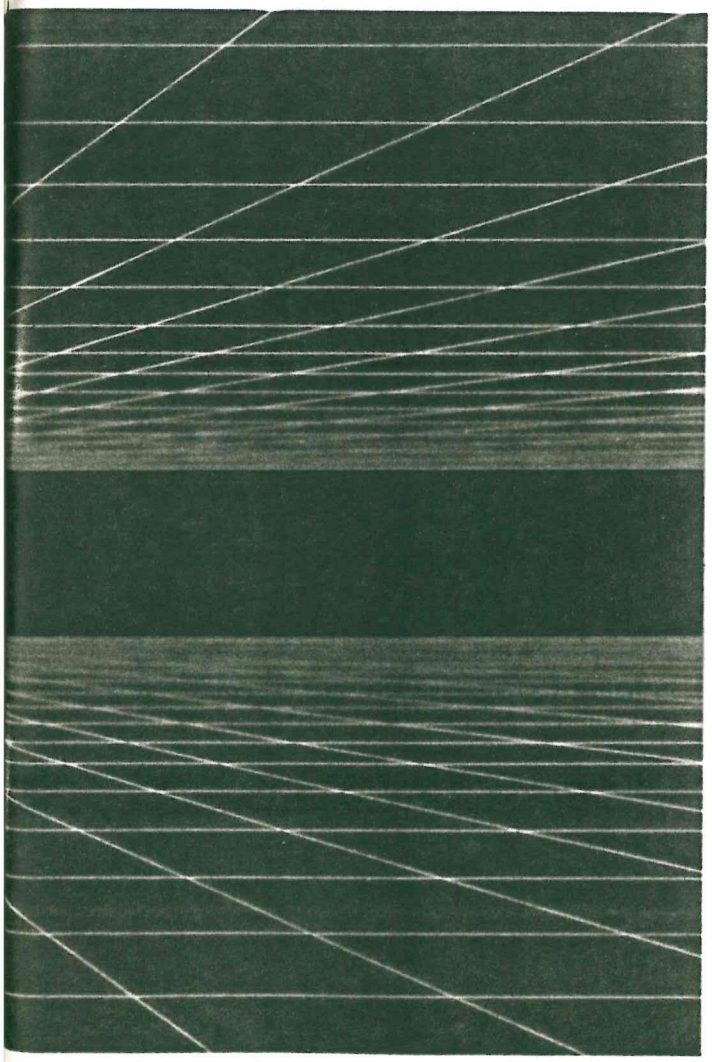
TRE LIVELLI DI INTERVENTO NELLA PROGETTAZIONE INTEGRATA PRODOTTO-PROCESSO



Uno schema interpretativo articolato su tre livelli come chiave di lettura delle azioni sulle variabili prodotto - processo e come indicazione metodologica di intervento operativo

Il lavoro è stato svolto congiuntamente dagli autori. Comunque nella stesura finale i paragrafi sono da attribuirsi nel seguente modo: A. De Toni e L. Zipponi par. 1, 2 e 6, A. De Toni par. 5, G. Pagliarani par. 4, L. Zipponi par. 3.

di A. De Toni (*), G. Pagliarani (**), L. Zipponi (**)
(*) Università di Udine; (**) Università di Padova



1 - Introduzione

In un precedente articolo gli autori hanno affrontato il tema della progettazione del prodotto e del processo sottolineando le ragioni della necessità di un approccio integrato (De Toni, Pagliarani, Zipponi, 1990).

La ripetitività di prodotto e di processo sono state individuate come obiettivi di una progettazione integrata al fine di ottenere flessibilità in condizioni operative di stabilità, ovvero la capacità di rispondere in modo rapido e poco costoso alle sollecitazioni del mercato.

La ripetitività di prodotto e di processo sono state anche individuate come variabili che concorrono a determinare i campi applicativi delle diverse tipologie di automazione (macchine CNC, FMS, transfer flessibili, transfer rigide, etc.).

Infine gli autori hanno discusso opportunità e problemi connessi con nuove ipotesi di soluzioni organizzative finalizzate ad una progettazione integrata prodotto-processo.

In questo articolo gli autori si propongono di:

- fornire uno schema interpretativo articolato su più livelli che da un lato costituisca una chiave di lettura degli interventi finalizzati alla revisione dei criteri di progettazione prodotto-processo, e dall'altro dia una prima indicazione metodologica di come articolare logicamente interventi aziendali coordinati nell'ambito della progettazione e della produzione;
- descrivere per ciascun livello le leve di intervento e gli obiettivi propri di ciascun livello tentando di individuare relazioni leve-obiettivi sia biunivoche che multiple;
- discutere problemi e modalità di realizzazione degli interventi integrati prodotto-processo.

2 - Livelli di analisi della revisione prodotto-processo

Gli interventi integrati prodotto-processo, con lo scopo di razionalizzare i prodotti e di semplificare il processo produttivo, rappresentano la prima fase nell'ambito di un progetto di automazione.

Le tre fasi in cui si articola l'implementazione di un progetto di automazione integrato sono (Arthur Andersen, 1988):

- semplificazione;
- automazione;
- integrazione.

La fase di semplificazione può essere considerata come una vera e propria fase di preautomazione. Se da un lato non si razionalizza il processo produttivo eliminando ad esempio colli di bottiglia, movimentazioni superflue, etc. , e dall'altro non si progettano i prodotti in funzione della loro producibilità (Whitney et al., 1987), si va ad automatizzare un processo troppo complesso che richiede grossi investimenti, necessita di lunghi tempi di implementazione e comporta alti rischi di fallimento; con uno slogan automatizzare il caos significa automatizzare gli sprechi. La figura 1 individua tre classi di intervento della fase di semplificazione che è quella più direttamente legata ai temi della progettazione integrata.

Le tre classi, che rappresentano tre piani di intervento sono:

- revisione del prodotto;
- revisione del processo;
- revisione dei ruoli professionali.

L'attenzione verrà nel prosieguo rivolta alle prime due classi.

Gli argomenti inerenti alla revisione dei ruoli professionali, così importanti e critici nei processi di automazione, non saranno oggetto di approfondimento in questo lavoro; nell' articolo precedente è stato fatto cenno solo a possibili soluzioni organizzative finalizzate ad una progettazione integrata.

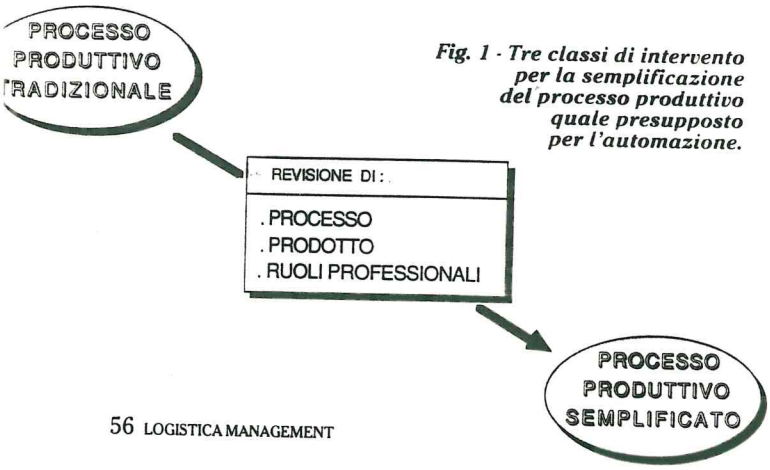


Fig. 1 - Tre classi di intervento per la semplificazione del processo produttivo quale presupposto per l'automazione.

Per sviluppare i temi della revisione congiunta prodotto-processo si è ritenuto opportuno analizzare gli interventi a tre diversi livelli di dettaglio, distinti per prodotto e per processo, come indicato in figura 2. La suddivisione su tre piani di analisi consente una disaggregazione di problematiche, obiettivi e soluzioni, permette una più facile lettura ed individua classi di intervento distinte.

Lo schema articolato su tre livelli, come risulta descritto nei successivi paragrafi, può essere considerato come chiave di lettura degli interventi di revisione dei criteri di progettazione prodotto-processo o come indicazione metodologica per la definizione di piani di intervento operativi nell'ambito della progettazione e della produzione.

Per ciascuno dei tre livelli vengono individuate variabili di intervento riguardanti sia il prodotto che il processo.

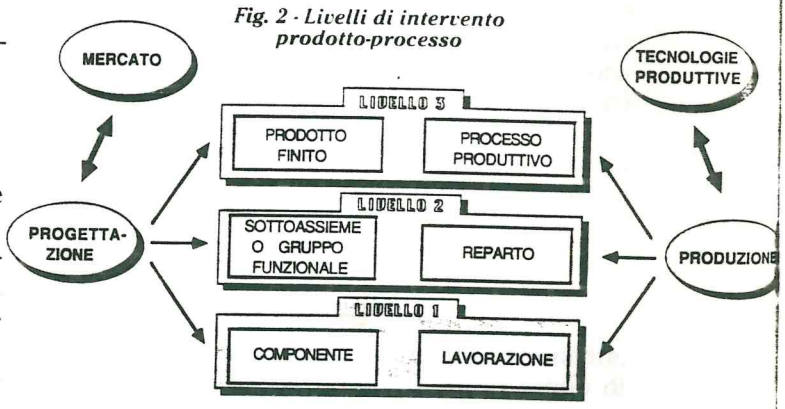
I tre livelli definiti per il prodotto sono (Andreasen et al., 1983):

- prodotto finito;
- sottoassieme o gruppo funzionale;
- componente.

I tre livelli definiti per il processo sono:

- processo produttivo;
- reparto;
- lavorazione.

Fig. 2 - Livelli di intervento prodotto-processo



In figura 2 si sono volute rappresentare graficamente le interrelazioni esistenti tra funzione progettazione e funzione marketing, preposta alla interpretazione delle esigenze del mercato, e tra funzione produzione e funzione industrializzazione, preposta allo studio e alla risoluzione delle problematiche produttive dei prodotti.

Nel seguito, per semplicità espositiva, verranno analizzate separatamente le variabili di intervento per i due gruppi "prodotto" e "processo" , anche se l'approccio al problema deve essere considerato olistico in quanto esistono fortissime interdipendenze reciproche tra i due gruppi di variabili.

LIVELLO 1

REVISIONE COMPONENTE	
LEVE	OBIETTIVI PRIMARI
. STANDARDIZZAZIONE	. RIDUZIONE NUMERO COMPONENTI IN ASSOLUTO
. FUNZIONALITA'	. RIDUZIONE NUMERO COMPONENTI PER PRODOTTO
. LAVORABILITA'	. FACILITA' DI LAVORAZIONE
. TRASPORTABILITA'	. SEMPLIFICAZIONE DELL'HANDLING
. MONTABILITA'	. FACILITA' DI MONTAGGIO

REVISIONE LAVORAZIONE	
LEVE	OBIETTIVI PRIMARI
. STANDARDIZZAZIONE OPERAZIONE	. RIDUZIONE NUMERO OPERAZIONI, UTENSILI ED ATTREZZATURE
. ANALISI TEMPO DI ATTREZZAGGIO	. RIDUZIONE TEMPO DI ATTREZZAGGIO
. ANALISI TEMPO DI CARICO-SCARICO	. RIDUZIONE TEMPI MORTI
. DISPOSITIVI POKA-YOKE	. ELIMINAZIONE ERRORI UMANI

Fig. 3 - Leve di intervento ed obiettivi del livello 1, componente-lavorazione.

3 - Leve ed obiettivi di intervento a livello 1 componente - lavorazione

Il primo livello di intervento individuato è rappresentato dalla coppia componente-lavorazione. Per componente si intende il singolo pezzo oggetto di lavorazione, privo generalmente di caratteristiche funzionali, e che si colloca ai livelli più bassi della distinta base del prodotto finito. Per lavorazione si intende la singola operazione effettuata presso una macchina.

Gli interventi possibili a questo livello, a differenza degli interventi ai successivi livelli 2 e 3, non impattano in modo sensibile sulle caratteristiche del prodotto e del processo e sono di facile realizzazione.

In figura 3 vengono riportate, per componente e lavorazione, le leve di intervento ed i rispettivi obiettivi primari, intendendo con il termine primario un obiettivo prevalentemente funzione della corrispondente leva. Leve ed obiettivi primari saranno di seguito descritti sinteticamente.

Livello 1 - componente

3.1. - Standardizzazione componente

La standardizzazione dei componenti ha come obiettivo principale la riduzione del numero dei componenti in assoluto.

Standardizzare significa realizzare la comunanza dei componenti, cioè ricercare il loro utilizzo su prodotti diversi. La standardizzazione a questo primo livello non viene percepita come modifica di prodotto e non vi sono impatti di natura commerciale.

La standardizzazione comporta alti volumi unitari per componente, un minor costo di gestione, un minor immobilizzo in scorte, ed una diminuzione della difettosità; infatti un minor numero di codici permette una maggiore conoscenza delle caratteristiche qualitative e produttive, con un conseguente aumento della loro affidabilità.

Con riferimento alla attività di acquisto, la standardizzazione dei componenti comporta un maggiore potere contrattuale verso i fornitori e minori costi di accettazione materiale. La standardizzazione dei componenti deve considerare anche la loro disponibilità esterna con lo scopo di migliorare la reperibilità dei componenti o delle materie prime.

Ambito applicativo tradizionale di questi concetti è la componentistica minore (viteria, elementi di fissaggio, etc.).

3.2. - Funzionalità componente

L'analisi della funzionalità di ciascun componente, all'interno di uno stesso prodotto, ha lo scopo di ridurre il numero di componenti. Questo fine viene perseguito attraverso l'analisi della funzionalità che ciascun componente possiede. Il risultato di una accurata revisione funzionale dei componenti, porta alla realizzazione di prodotti caratterizzati da un numero di componenti sensibilmente inferiore ai precedenti ed in grado di svolgerne le stesse funzioni.

Ad esempio nella progettazione del nuovo motore FIRE della Fiat si è passati dai 368 componenti della vecchia versione agli attuali 273. Così pure la seconda versione di un personal computer Helvett Packard è stata progettata con 150 componenti, contro i 450 della prima versione (Shoenberger, 1987b).

3.3 - Lavorabilità componente

Le problematiche di lavorabilità dei componenti sono legate al tipo di materie prime utilizzate e alla tecnologia di lavorazione adottata.

Le tecniche per migliorare la lavorabilità sono proprie degli approcci "design for manufacturing". Per un approfondimento sul tema rimandiamo alla letteratura esistente (Stoll, 1986).

In questa sede desideriamo soltanto evidenziare come nella fase di progettazione vi debba essere uno studio accurato che valuti, tenendo anche conto della capacità tecnologica delle macchine disponibili, variabili quali le tolleranze di lavorazione, la rugosità delle superfici, i materiali più idonei, il ciclo ottimale di lavorazione, la compatibilità delle dimensioni del componente con le dimensioni del cubo lavorabile della macchina utensile, etc.

3.4 - Lavorabilità componente

La trasportabilità dei componenti è un'altra variabile importante da considerare in fase di progettazione.

E' auspicabile l'ottenimento di componenti facilmente manipolabili relativamente a variabili quali forma, peso e dimensione. In particolare i componenti devono avere ingombri compatibili con gli spazi disponibili sulle linee di lavorazione, con le dimensioni degli eventuali contenitori usati per il trasporto e con gli spazi disponibili in magazzino.

La definizione del livello di trasportabilità determina l'esistenza o meno di lotti minimi di movimentazione, che possono costituire un vincolo per la flessibilità produttiva. Nel nuovo stabilimento di produzione di frigoriferi della Zanussi-Electrolux, a Susegana, lo studio delle problematiche dell'handling ha consentito di ridurre le dimensioni del lotto minimo di movimentazione a soli 16 pezzi (Zanussi-Electrolux, 1988).

3.5 - Montabilità componente

La montabilità dei componenti determina la difficoltà di assemblaggio.

L'obiettivo di una progettazione che tenga conto delle esigenze di montabilità è quello di ottenere componenti montabili velocemente e con operazioni facilmente eseguibili.

Variabili che influenzano la montabilità sono (Carlsonn, Trygg, 1987):

- geometria del componente: spigoli arrotondati, forme simmetriche o fortemente asimmetriche semplificano il montaggio;
- dimensione del componente: componenti troppo grandi o troppo piccoli ostacolano un facile montaggio;
- tipo di fissaggio utilizzato; comportano nell'ordine un montaggio sempre più difficile: fermaglio, fermaglio a forma di omega, fermaglio a scatto, rivetto, fascetta, fascetta con vite, vite, bullone, bullone con dado;
- modalità di attacco: numero e tipi di incastro;
- grado di fissaggio: indica se l'operatore deve o meno afferrare il componente con entrambe le mani durante il montaggio;
- direzione di assemblaggio: indica la direzione di montaggio del componente rispetto all'assieme; tipi di direzione sono, in ordine di difficoltà crescente: diritta, dall'alto al basso, lungo un lato, dal basso verso l'alto, con rotazione;

Le tecniche di "Design for Assembly" (DFA) finalizzate a migliorare la montabilità dei componenti, fanno riferimento ad un numero di variabili ancora maggiore rispetto a quelle sopra esposte (Boothroyd, Dewhurst, 1983).

L' applicazione di packages di DFA si articola su due fasi principali (Boothroyd, Dewhurst, 1988; Groppetti 1989):

- l'applicazione di criteri a ciascuna parte per verificare se teoricamente essa debba essere preassemblata o meno prima del montaggio finale;
- una stima dei costi di movimentazione e di assemblaggio di ciascuna parte applicando il processo di assemblaggio appropriato (manuale o automatico).

Livello 1 - lavorazione

3.6 - Standardizzazione lavorazione

La standardizzazione delle lavorazioni ha l'obiettivo di ridurre il numero di operazioni necessarie per la realizzazione dei diversi componenti. Ciò comporta contestualmente una riduzione del numero di utensili e di attrezzature necessarie.

La riduzione dei tipi di lavorazione per macchina comporta una minore incidenza dei tempi di attrezzaggio rispetto a quelli di lavorazione sulla singola macchina, massimizzando così il rapporto tempo di lavorazione su tempo di inattività.

Per facilitare il compito dei progettisti di standardizzare componenti e lavorazioni si ricorre all'uso vincolante di componenti standard e alla consultazione sistematica di manuali di lavorazione, che costituiscono un riferimento nelle scelte progettuali (Cain, 1975).

3.7 - Analisi tempo di attrezzaggio

La riduzione dei tempi di attrezzaggio è fondamentale per rimuovere vincoli che influenzano pesantemente la flessibilità del processo produttivo.

L'applicazione della metodologia SMED (Single Minute Exchange of Die), messa a punto da Shingo (1985) ha consentito alla Toyota di ridurre i tempi di set-up delle presse da diverse ore a pochi minuti.

Un basso tempo di set-up è una delle condizioni assolutamente necessarie per pervenire ad una elevata continuità dei flussi produttivi e costituisce uno dei fattori principali per l'ottenimento di obiettivi appartenenti ai livelli superiori 2 e 3.

3.8 - Riduzione tempo di carico e scarico

La riduzione dei tempi di carico e scarico, che negli impianti automatici consistono in tempi di palettizzazione e di spalettizzazione, ha come obiettivo la massimizzazione del rapporto tra tempo di lavorazione e tempo di inattività.

Gli interventi di riduzione di questi tempi sono legati alla geometria dei pezzi, alle attrezzature di supporto utilizzate e ai dispositivi automatici di carico e scarico.

La riduzione dei tempi di carico e scarico negli FMS consente una riduzione del personale addetto a queste operazioni ed influenza il dimensionamento del carosello portapallet.

Più in generale interventi volti alla riduzione dei tempi di carico e scarico su macchine utensili generiche, ottenute tramite caricatori automatici, non deve tradursi in aumenti dei tempi di set-up causati dall'attrezzaggio dei caricatori, e cioè in una diminuzione della flessibilità della macchina.

3.9 - Dispositivi poka-yoke

I dispositivi poka-yoke, letteralmente "a prova di stupido", sono finalizzati ad evitare errori umani, con miglioramento della qualità e della sicurezza sul posto di lavoro.

Molti esempi applicativi di dispositivi poka-yoke sono riscontrabili nelle linee mixed model, dove l'alternarsi di modelli diversi può essere fonte di frequenti errori di montaggio.

In figura 4 viene riportata la matrice di correlazione tra leve di intervento individuate a livello 1 ed obiettivi derivanti dall'azione simultanea su più leve.

Non vengono riportati in figura 4 e nelle matrici corrispondenti di livello superiore (figura 6 e 10), gli obiettivi primari, perchè essi sono funzione prevalentemente della corrispondente leva.

Si noti come le leve di standardizzazione del componente e l'analisi delle sue funzionalità, che comportano la riduzione del numero dei codici da produrre e da gestire, abbiano un impatto positivo su molti degli obiettivi citati.

LIVELLO 1 — LEVE DI INTERVENTO / OBIETTIVI FUNZIONI DI PIU' LEVE	COMPONENTE					LAVORAZIONE			
	STANDARDIZZAZIONE COMPONENTE	FUNZIONALITA' COMPONENTE	LAVORABILITA' COMPONENTE	TRASPORTABILITA' COMPONENTE	MONTABILITA' COMPONENTE	STANDARDIZZAZIONE OPERAZIONE	ANALISI TEMPO DI ATTREZZAGGIO	ANALISI TEMPO DI CARICO-SCARICO	DISPOSITIVI POKA-YOKE
RIDUZIONE CODICI LAVORATI PER MACCHINA	●	●							
RIDUZIONE TIPO DI LAVORAZIONE PER MACCHINA	●	●				●			
ALTI VOLUMI UNITARI PER COMPONENTE	●	●							
BASSA DIFETTOSITA'	●	●	●		●	●			●
MASSIMIZZAZIONE DEL RAPPORTO TEMPO DI LAVORAZIONE SU TEMPO DI INATTIVITA'				●		●	●	●	
RIDUZIONE CAPITALE CIRCOLANTE	●	●					●	●	
MINORI COSTI DI GESTIONE	●	●							

Fig. 4 - Matrice di correlazione tra leve di intervento ed obiettivi funzione di più leve del livello 1, componente-lavorazione.

4 - Leve di intervento ed obiettivi a livello 2 sottoassieme - reparto

Gli interventi a livello 2, rappresentato dalla coppia sottoassieme-reparto, impattano in modo più sensibile, rispetto al primo livello, sulle caratteristiche del prodotto e del sistema produttivo.

Con il termine sottoassieme si intende un gruppo funzionale, ossia un insieme di componenti che, assiemati, sono in grado di svolgere determinate funzioni.

Ad esempio un sottoassieme, o gruppo funzionale, può essere rappresentato dal cestello di una lavatrice, dal motore o dal condizionatore di un'automobile.

Dal punto di vista produttivo i sottoassiemi possono essere premontati indipendentemente dal prodotto finito, come nel caso di un motore automobilistico, oppure costituire un gruppo di componenti che vengono montati in fasi successive direttamente sul prodotto finito, come nel caso del condizionatore di un'automobile.

Con reparto intendiamo una sezione del processo produttivo, caratterizzata da omogeneità tecnologica, preposta all'esecuzione di una o più fasi del processo produttivo (fabbricazione, trattamento termico, montaggio, verniciatura, etc.).

Descriviamo di seguito leve di intervento e rispettivi obiettivi primari del livello 2 (cfr. figura 5).

LIVELLO 2

REVISIONE SOTTOASSIEME	
LEVE	OBIETTIVI PRIMARI
. STRUTTURAZIONE PRODOTTO PER GRUPPI FUNZIONALI	. RIDUZIONE COMPLESSITA' DI FABBRICAZIONE E DI ASSEMBLAGGIO
. ANALISI FUNZIONALITA' SOTTOASSIEMI	. MODULARIZZAZIONE SOTTOASSIEMI E RIDUZIONE DEL LORO NUMERO
. TESTABILITA' SOTTOASSIEMI	. FACILITA' DI VERIFICA FUNZIONALE

REVISIONE REPARTO	
LEVE	OBIETTIVI PRIMARI
. STANDARDIZZAZIONE CICLI DI LAVORAZIONE, FORMAZIONE FAMIGLIE ED ORGANIZZAZIONE PER CELLE	. SEQUENZE DI LAVORAZIONE SIMILI, LAY-OUT COERENTE CON IL CICLO E SEMPLIFICAZIONE DEI FLUSSI
. DIMENSIONAMENTO POLMONI INTERMEDI	. SINCRONIZZAZIONE TRA CELLE
. POINT OF USE CON MACCHINARI DEDICATI E MAGAZZINI FOCALIZZATI	. RIDUZIONE COSTI DI GESTIONE E DI TRASPORTO

Fig. 5 - Leve di intervento ed obiettivi del livello 2, sottoassieme - reparto.

Livello 2 - sottoassieme

4.1 - Strutturazione prodotto per gruppi funzionali

La strutturazione del prodotto per gruppi funzionali risponde ad esigenze di semplificazione delle fasi di fabbricazione e di assemblaggio; infatti la realizzazione di sottoassiemi presso appositi reparti riduce la complessità della fabbricazione e dell'assemblaggio (Rajput, Bennett, 1989).

Esemplificativo di quanto detto è la scelta operata in Giappone di articolare un prodotto complesso e realizzato su commessa, quale una nave, in più sottoassiemi, con lo scopo di facilitarne la fabbricazione ed il montaggio (Chirillo, 1982). La nave non è più ottenuta a partire dalla realizzazione dell'intera ossatura successivamente rivestita dalle lamiere dello scafo; lo scafo viene costruito assemblando sottoassiemi autonomi formati da una parte di ossatura ricoperta dalle corrispondenti lamiere.

In questo modo è possibile costruire i diversi sottoassiemi in reparti omogenei per tipo di lavorazione, per competenze tecniche e per attrezzature richieste.

L'approccio costruttivo testè descritto consente anche una riduzione dei tempi di fabbricazione, grazie alla realizzazione di più sottoassiemi in parallelo, oltre che ad una maggiore semplicità nella rilevazione ed imputazione dei costi.

4.2 - Analisi funzionalità sottoassiemi

In un prodotto concepito modularmente la sua realizzazione può avvenire tramite il montaggio di moduli intercambiabili. L'analisi della funzionalità dei sottoassiemi ha l'obiettivo di ridurre il numero complessivo dei moduli, aumentandone la comunanza.

Ad esempio in Zanussi Grandi Impianti, che produce apparecchiature per comunità, nella linea di prodotti lavastoviglie, a parità di configurazioni finali di prodotto, si è ridotto il numero dei sottoassiemi nelle misure seguenti: gruppi di lavaggio 75%, vasche 42%, telai 20%, boiler ed impianti elettrici 40%, pannelli 44% (Zanussi Grandi Impianti, 1988).

L'analisi funzionale dei sottoassiemi non deve però portare ad una standardizzazione troppo spinta dei gruppi fino al punto da determinare una scarsa differenziazione dei prodotti finiti. Questo rischio nella standardizzazione della componentistica minore è invece remoto non essendo visibile a livello di prodotto.

4.3 - Testabilità sottoassiemi

In un prodotto complesso è importante prevedere la possibilità di eseguire test sulla funzionalità dei gruppi per i seguenti vantaggi conseguibili:

- possibilità di individuare i sottoassiemi guasti prima di aver sostenuto i costi di montaggio;
- maggior facilità di localizzazione dei guasti.
- aggior facilità di ottenere prodotti complessi con elevata qualità

Ad esempio molte case automobilistiche eseguono un test di funzionalità sui cruscotti delle vetture prima del montaggio.

Livello 2 - reparto

4.4 - Standardizzazione cicli di lavorazione, formazione famiglie ed organizzazione per celle

L'approccio di organizzazione della produzione che va sotto il nome di Group Technology (Burbidge, 1975) prevede una serie numerosa ed articolata di interventi; tra questi ricordiamo i più significativi: standardizzazione dei cicli di lavorazione, formazione di famiglie di componenti, creazione di celle di lavorazione.

La standardizzazione dei cicli di lavorazione consente di ottenere delle sequenze di lavorazioni simili, che si traduce in una maggiore canalizzazione dei flussi di semilavorati all'interno del processo produttivo.

La ricerca di ripetitività nella sequenza è preliminare alla formazione di famiglie di componenti simili per ciclo tecnologico ed alla corrispondente formazione di celle di lavorazione specifiche.

L'obiettivo è quello di ottenere lay-out coerenti con i cicli produttivi e la semplificazione dei flussi fisici di semilavorati.

4.5 - Dimensionamento polmoni intermedi

La sincronizzazione del flusso produttivo tra le diverse celle richiede un certo livello di scorte intermedie localizzate in opportuni punti del processo.

Un dimensionamento opportunamente basso dei polmoni intermedi permette alle giacenze dei semilavorati stessi di costituire uno strumento per la trasmissione di segnali di controllo: nel caso del kanban, i cartellini applicati ai contenitori consentono la schedulazione con logica "pull" dei centri a monte.

Poichè questi polmoni devono permettere la sincronizzazione tra diverse fasi del processo produttivo è importante che, rispetto ai punti di stoccaggio tradizionale, essi abbiano: elevata selettività, basse capacità, facile accessibilità.

4.6 - Point of use con macchinari dedicati e magazzini focalizzati

La creazione di "point of use" significa prevedere dei macchinari dedicati, posti lateralmente a linee mixed-model, nel punto in cui è necessario effettuare particolari lavorazioni (Shoenberger, 1987a)

Per avere la disponibilità di determinati componenti in linea, vengono creati a lato linea dei magazzini focalizzati sui diversi componenti utilizzati in linea.

"Point of use" e magazzini focalizzati riducono i costi di gestione (emissione ordini di lavoro, registrazione avanzamento, etc.) ed i costi di trasporto del materiale.

La figura 6 rappresenta la matrice di correlazione tra le leve di intervento del livello 2 ed obiettivi funzioni di più leve.

Anche in questo caso, come nel precedente livello 1, notiamo come due leve (strutturazione del prodotto per gruppi funzionali e group technology) influenzino la maggior parte degli obiettivi risultanti dall'azione combinata su più variabili.

Fig. 6 - Matrice di correlazione tra leve di intervento ed obiettivi Funzione di più leve del livello 2, sottoassieme-reparto.

LIVELLO 2 / LEVE DI INTERVENTO / OBIETTIVI FUNZIONI DI PIU' LEVE	SOTTO-ASSIEME			REPARTO		
	STRUTTURAZIONE PRODOTTO	FUNZIONALITA' SOTTOASSIEMI	TESTABILITA'	GROUP TECHNOLOGY	POLMONI INTERMEDI	POINT OF USE
RIDUZIONE TEMPI DI ATTRAVERSAMENTO	●			●		
MAGGIORE VISIBILITA' DEL PROCESSO				●	●	●
RIDUZIONE SCORTE	●			●		●
ELEVATA QUALITA'	●	●	●	●		
FACILITA' DI GESTIONE	●			●	●	●
ELEVATA VELOCITA' DI APPRENDIMENTO	●			●		

5 - Leve di intervento ed obiettivi a livello 3 prodotto-processo

Il terzo ed ultimo livello di intervento proposto è rappresentato dalla coppia prodotto-processo.

Gli interventi a questo livello hanno sicuramente un forte impatto sull'impresa. Le implicazioni di natura strategica sottese alle scelte di prodotto e di processo sono evidenti.

Vengono di seguito descritti leve ed obiettivi primari, rispettivamente, di prodotto e di processo (cfr. figura 7). Per quanto riguarda il prodotto non sono stati trattati aspetti propri del marketing (design, packaging, distribuzione, etc.).

Livello 3 - prodotto

5.1 - Definizione famiglie di prodotti

L'aggregazione di prodotti in famiglie è la condizione preliminare per focalizzare i processi produttivi su gruppi omogenei di prodotti.

Molti esempi in questa direzione vengono da grandi gruppi industriali che nella ristrutturazione delle loro fabbriche scelgono di focalizzare interi stabilimenti su particolari gamme di prodotti o sottoassiemi, realizzando così alte economie di scala, nel rispetto delle esigenze di flessibilità.

Ad esempio la Zanussi-Electrolux ha concentrato presso lo stabilimento di Susegana la produzione di frigoriferi ed a Porcia quella delle lavatrici; inoltre altri stabilimenti del gruppo sono preposti alla produzione della componentistica necessaria.

5.2 - Struttura a clessidra

Il passaggio da una struttura dei prodotti del tipo a trapezio ad una struttura del tipo a clessidra (cfr. figura 8) offre alle imprese manifatturiere la possibilità di ampliare la gamma dei prodotti finiti contenendo i costi di gestione logistica.

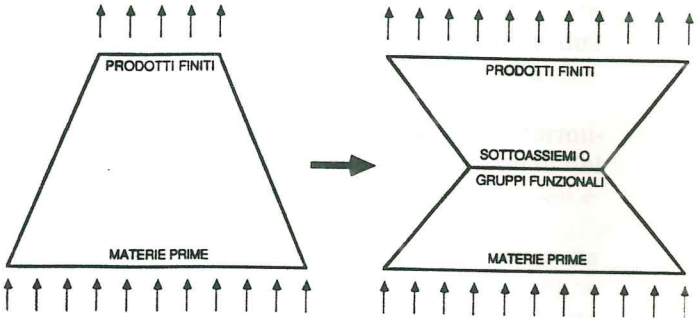


Fig. 8 - Struttura dei prodotti a trapezio e a clessidra.

L'obiettivo dell'intervento a livello 2 di analisi di funzionalità sottoassiemi, e cioè la standardizzazione degli stessi, consente di ridurne il numero grazie alla

Fig. 7 - Leve di intervento ed obiettivi del livello 3, prodotto-processo.

LIVELLO 3

REVISIONE PRODOTTO	
LEVE	OBIETTIVI PRIMARI
. DEFINIZIONE FAMIGLIE DI PRODOTTI	. FOCALIZZAZIONE DEI PROCESSI SULLE FAMIGLIE DI PRODOTTI
. STRUTTURA A CLESSIDRA	. AMPIEZZA DI GAMMA
. DIVERSIFICAZIONE A VALLE	. FLESSIBILITA' AL MIX
. PROGETTAZIONE CON LOGICHE LIFE CYCLE COST	. PROGETTAZIONE A COSTI GLOBALI ED AFFIDABILITA'
. TECNOLOGIA DI PRODOTTO	. COERENZA CON LA TECNOLOGIA DI PROCESSO

REVISIONE PROCESSO	
LEVE	OBIETTIVI PRIMARI
. AMPIEZZA DEL PROCESSO PRODUTTIVO	. FOCALIZZAZIONE SULLE FASI A MAGGIOR VALORE AGGIUNTO
. PRODUZIONE A FLUSSO	. CONTINUITA' DI PROCESSO
. LINEE DEDICATE O MIXED MODEL	. FLESSIBILITA' AL MIX E SATURAZIONE
. FRAZIONAMENTO DELLA CAPACITA' PRODUTTIVA	. FLESSIBILITA' AL MIX
. IMPIANTI MODULARI	. FLESSIBILITA' ALL'ESPANSIONE E MINORI COSTI DI GESTIONE
. SOVRACAPACITA' PRODUTTIVA	. FLESSIBILITA' AI VOLUMI
. RAZIONALIZZAZIONE DELLE FASI DI VALLE	. RIDUZIONE DEI LEAD TIMES NELLE FASI A VALLE
. DIMENSIONAMENTO MAGAZZINI	. SINCRONIZZAZIONE TRA I REPARTI E RECUPERO DI SPAZI
. TIPO DI AUTOMAZIONE	. COERENZA CON LA RIPETITIVITA' DI PROCESSO E DI PRODOTTO
. AUMENTO DELLA "PROCESS CAPABILITY"	. QUALITA' DI PROCESSO

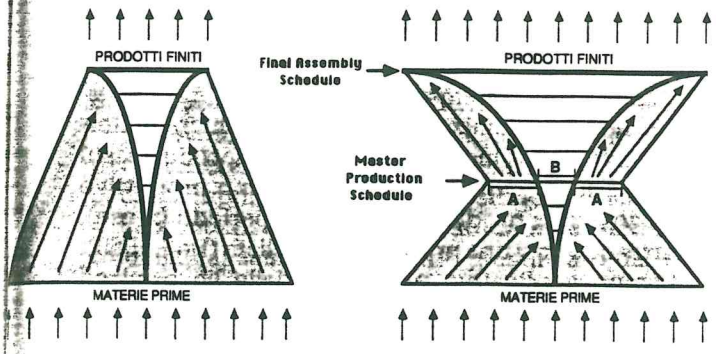


Fig. 9 - Diversificazione a valle (mushroom concept) nelle strutture di prodotto a trapezio e a clessidra.

ricerca di una comunanza più spinta; graficamente l'azione descritta è rappresentabile da un restringimento del collo della clessidra.

L'azione relativa all'ampliamento di gamma, riportata all'attuale livello 3, è invece rappresentabile graficamente da un allargamento della parte superiore della clessidra a parità di numero di sottoassiemi comuni.

5.3 - Diversificazione a valle

La diversificazione a valle, anche nota come "mushroom concept" (Merli, 1989), si ottiene prevedendo nelle fasi finali del ciclo le operazioni di personalizzazione del prodotto. Il vantaggio che ne deriva è una maggiore flessibilità al mix in quanto risulta possibile orientare al più tardi la produzione su certi prodotti anziché su altri lungo il processo produttivo e in misura maggiore durante le ultime fasi del ciclo.

Un esempio di diversificazione a valle sufficientemente spinta è rappresentato dal processo produttivo della Seleco caratterizzato da quattro fasi principali: fabbricazione circuito stampato, inserimento automatico componenti, inserimento manuale componenti, assemblaggio finale. Il numero delle versioni di prodotto alla fine di ciascuna fase sono approssimativamente le seguenti: 5 circuiti stampati, 20 schede preinserite, 25 telai completi, 170 televisori finiti (Zipponi, 1987). La diversificazione a valle è tanto più vantaggiosa quanto più è elevato il valore dei materiali che vengono utilizzati nelle fasi finali per evidenti motivi di minori immobilizzazioni in scorte.

Nelle applicazioni MRP l'approvvigionamento dei materiali realizzato in istanti diversi per le varie fasi del processo produttivo si ottiene con la tecnica del "lead time offset" (Vollmann, Berry, Whybark, 1988).

In figura 9 si è riportata graficamente la rappresentazione della diversificazione a valle nelle due strutture di prodotto a trapezio e a clessidra.

Nelle imprese "assemble to order" caratterizzate in generale da strutture di prodotto a clessidra, sono oggetto di "Master Production Schedule", formulato sulla base di previsioni di vendita, gruppi o moduli graficamente posizionati a livello del collo della clessidra.

Sono oggetto di "Final Assembly Schedule", formulato su ordine del cliente, le configurazioni finali del prodotto posizionate graficamente a livello dell'estremo superiore della clessidra.

Si noti come nel collo della clessidra vi siano sia sottoassiemi che rappresentano strutture anonime di prodotto (segmento B di figura 9), sia gruppi o kits che verranno utilizzati successivamente nelle fasi di personalizzazione del prodotto (segmenti A di figura 9).

5.4 - Progettazione con logiche "life cycle cost"

La progettazione dei prodotti con logiche "life cycle cost" nasce per rispondere all'esigenza di ottenere prodotti caratterizzati da bassi costi di esercizio e manutenzione.

Infatti i costi di utilizzo e di supporto logistico di un prodotto complesso sono paragonabili ed in molti casi più elevati del costo di acquisto. E' pertanto indispensabile che in fase di sviluppo le scelte progettuali siano finalizzate ad ottenere costi complessivamente minori durante l'intero ciclo di vita del prodotto.

Studio della affidabilità, della manutenibilità, della diagnosticabilità, etc., sono alcuni degli ambiti entro cui si applicano le tecniche di "design to life cycle cost" (Furlanetto, Cattaneo, 1986).

5.5 - Tecnologia di prodotto

Le scelte delle tecnologie di prodotto non possono essere disgiunte dalle scelte di tecnologia di processo. Le relazioni tra innovazioni di prodotto e di processo sono descritte dalle curve di Abernathy-Utterbach (1978), che legano il tasso di innovazione del processo alla maturità del prodotto.

L'innovazione di prodotto è di importanza decisiva nelle prime fasi di vita di un prodotto dove le performances risultano più importanti rispetto ai prezzi di vendita, mentre l'innovazione di processo è fondamentale nelle fasi di maturità del prodotto, per ridurre i costi, aumentare la produttività e realizzare una produzione flessibile.

Livello 3 - processo

5.6 - Ampiezza del processo produttivo

Le scelte di ampiezza del processo produttivo determinano il grado di integrazione verticale dell'impresa e si collocano in un ambito squisitamente strategico (Hill, 1989b).

Creazioni di barriere all'ingresso e differenziazione dei mercati di sbocco sono solo due esempi di modifica dello scenario competitivo derivante da scelte di integrazione verticale rispettivamente a monte e a valle.

La focalizzazione del processo produttivo sulle fasi a maggiore valore aggiunto consente specializzazione spinta sulle tecnologie, elevata efficienza e grande redditività.

Le scelte di ampiezza del processo vanno anche legate a valutazioni del livello qualitativo del prodotto: infatti collegare in modo efficace fasi critiche del processo produttivo consente un miglioramento qualitativo reso possibile dai feed-back delle fasi di monte e di valle.

Rimane comunque fondamentale, anche per le fasi che non vengono integrate, che vi siano rapporti di partnership con fornitori e clienti, mirati a garantire comunque una buona integrazione delle rispettive catene del valore a monte e a valle (Porter, 1987).

5.7 - Produzione a flusso

Pervenire ad un lay-out per prodotto presuppone una stretta focalizzazione del processo produttivo sulle famiglie di prodotto.

La strutturazione del processo verso la produzione a flusso è di più facile realizzazione in presenza di alti volumi unitari di prodotto (Hayes, Wheelwright, 1979). La disponibilità di stazioni flessibili amplia comunque il campo applicativo delle linee anche a produzioni di mix di prodotti ciascuno dei quali realizzato con volumi unitari non elevati.

La produzione a flusso permette di ottenere una produzione continua. La continuità di processo, ovvero la possibilità di realizzare i prodotti senza interruzione temporale tra una fase e la successiva, consente di avvicinare il tempo di attraversamento al tempo ciclo, con grande riduzione della complessità di gestione (Hill, 1989a).

5.8 - Linee dedicate o mixed model

Una volta che si sono attribuite alle varie famiglie di prodotto specifici processi produttivi, l'obiettivo è riuscire a produrre nel mix richiesto dal mercato tutti gli articoli contemporaneamente; questo viene realizzato o tramite linee dedicate per le produzioni ad alto volume, o con linee mixed-model per la realizzazione di famiglie di componenti con bassi volumi unitari (Shonberger, 1987a).

Per queste ultime è importante ottenere "l'uniformità temporale del mix", cioè il raggiungimento di uno stato di continuità produttiva nel quale sia possibile processare il mix dei prodotti in maniera uniforme nel tempo. Questo consente di riprodurre sul breve periodo (giorni o settimane) un mix produttivo analogo al mix produttivo di medio periodo (mese), realizzando così una produzione livellata (Hall, 1985).

Campo applicativo principale delle linee mixed model sono le linee di assemblaggio dove la flessibilità degli operatori e dei robots di montaggio consentono una sequenza mista di modelli.

Il montaggio di modelli diversi nelle varie stazioni richiede uno studio accurato del bilanciamento linea, alternando modelli a basso ed alto tempo di lavorazione.

La sequenza dei modelli in linea dovrebbe altresì rendere costante la velocità di consumo dei componenti sulla linea, rendendo più facile la sincronizzazione tra la linea principale e le linee ausiliarie di alimentazione (Monden, 1986).

5.9 - Frazionamento della capacità produttiva

Il frazionamento della capacità produttiva su più reparti, linee o macchine, comporta in generale una maggiore flessibilità.

In particolare la scelta di più macchinari di minore capacità produttiva rispetto ad un unico impianto di pari potenzialità consente i seguenti vantaggi: manutenzione più semplice, maggiore conoscenza del macchinario da parte dell'operatore, maggiore disponibilità a parità di affidabilità, minore esigenza di eseguire attrezzaggi, maggiore facilità di disporre di sovracapacità, possibile utilizzo di macchinari come "point of use", maggiore facilità di conversione dei macchinari su altre produzioni.

Per contro l'utilizzo di un unico impianto di maggior capacità consente una maggior produttività dovuta a tempi di lavorazione più bassi ed a minori costi diretti.

5.10 - Impianti modulari

L'adozione di impianti modulari è la risposta migliore all'esigenza di una flessibilità all'espansione della capacità produttiva.

L'aumento della capacità mediante moduli impiantistici facilita inoltre l'installazione, la messa a punto e la manutenzione.

La modularità degli impianti si sposa bene con il frazionamento della capacità produttiva, mantenendo l'opportunità di una successiva riallocazione del modulo impiantistico in una nuova configurazione produttiva con bassi costi di riconversione.

5.11 - Sovracapacità produttiva

La sovracapacità produttiva è uno degli strumenti per ottenere flessibilità. Un'alternativa alla sovracapacità è rappresentato dall'investimento in scorte.

La scelta di un ragionevole sovradimensionamento della capacità produttiva è giustificato dal fatto che si ottiene flessibilità senza i rischi di disassortimento ed obsolescenza connessi con la flessibilità ottenuta tramite scorte.

Extracapacità versus scorte è l'alternativa che si pone con forza alle imprese che operano in mercati stagionali.

La sovracapacità in generale elimina colli di bottiglia, facilita la sincronizzazione e consente flessibilità ai volumi produttivi. Un esempio eclatante di sovracapacità è fornito dalla Toyota, che dispone di un numero di macchinari da 2 a 3 volte superiore rispetto ad altre aziende simili, con un utilizzo medio degli impianti del 40 % (Shingo, 1985).

5.12 - Razionalizzazione delle fasi di valle

La razionalizzazione delle fasi di valle risulta prioritaria rispetto a quelle di monte nella misura in cui esiste una diversificazione a valle dei prodotti. La riduzione dei lead time nelle ultime fasi del ciclo è tanto più importante quanto più si opera con logica "assemble to order". I lead time delle fasi di valle e i tempi di distribuzione logistica determinano infatti i tempi di consegna al cliente.

La personalizzazione dei prodotti, resa possibile da una struttura del prodotto a clessidra e da una diversificazione a valle, si traduce in un reale aumento del livello del servizio al cliente solo se associata a brevi tempi di assemblaggio, e conseguentemente di consegna.

5.13 - Dimensionamento magazzini

L'ottenimento di una produzione a flusso e l'instaurarsi di una continuità di processo richiede un dimensionamento opportunamente basso delle scorte intermedie.

La riduzione delle scorte consente altresì l'evidenza di vincoli produttivi (set-up, difettosità, colli di bottiglia, etc.) che possono quindi essere rimossi.

Un minor livello di scorte consente inoltre una maggiore reattività del sistema alle perturbazioni esterne; essendo le scorte paragonabili ad un ammortizzatore, esse aumentano l'inerzia del processo produttivo, e ritardano i tempi di ritorno del sistema alle condizioni fisiologiche di funzionamento, con minore stabilità dello stesso (Forrester, 1961).

Un altro vantaggio derivante dalla riduzione delle scorte è il recupero di spazi fisici con un possibile avvicinamento fisico dei reparti, e conseguente riduzione dei costi di trasporto ed aumento di visibilità del processo.

Un corretto dimensionamento delle giacenze intermedie consente la sincronizzazione tra i reparti; ad esempio nelle aziende "assemble to order" il magazzino dei gruppi o sottoassiemi rappresenta il punto di snodo tra reparti di monte che lavorano su previsione e reparti di valle che lavorano su ordine (Da Villa, 1985).

In generale la riduzione o al limite l'eliminazione delle giacenze intermedie facilita la gestione in quanto diminuisce l'esigenza di gestire componenti intermedi; questo comporta un minor numero di livelli in distinta base fino ad ottenere al limite una distinta base piatta.

5.14 - Tipo di automazione

La scelta del tipo di automazione deve essere coerente con la ripetitività di processo, cioè il grado raggiunto di similitudine dei cicli di lavorazione, e con la ripetitività di prodotto, cioé il grado di standardizzazione ottenuta tra i diversi prodotti. Nel precedente articolo si sono individuate 4 classi di automazione e rispettive tipologie impiantistiche in funzione della ripetitività di prodotto e di processo: automazione flessibile delle lavorazioni (centri di lavoro CNC), automazione rigida (transfer rigide e macchine automatiche dedicate), automazione ad ampio mix (FMS con centri di lavoro) e a basso mix (FMS con macchine specializzate e transfer flessibili), (De Toni, Pagliarani, Zipponi, 1990).

Le scelte di automazione costituiscono un fattore molto importante per la competitività; i vantaggi potenziali che ne derivano sono di due tipi : sul lato riduzione dei costi (maggiore efficienza) e sul lato aumento dei ricavi (maggiore qualità dovuta alla minore variabilità), (White, 1987).

L'introduzione di automazione, se consente vantaggi in termini di efficienza e qualità rispetto all'attività dell'uomo, non deve comportare d'altra parte una perdita di flessibilità.

5.15 - Aumento della "process capability"

La "process capability" di un processo è il suo grado di capacità di soddisfare le specifiche di output

LIVELLO 3 — LEVE DI INTERVENTO / OBIETTIVI FUNZIONI DI PIU' LEVE	PRODOTTO					PROCESSO									
	DEFINIZIONE FAMIGLIE DI PRODOTTI	STRUTTURA A CLESSIDRA	DIVERSIFICAZIONE A VALLE	LOGICHE LIFE CYCLE COST	TECNOLOGIA DI PRODOTTO	AMPIEZZA PROCESSO PRODUTTIVO	PRODUZIONE A FLUSSO	FRAZIONAMENTO CAPACITA'	IMPIANTI MODULARI	LINEE DEDICATE O MIXED MODEL	SOVRACAPACITA' PRODUTTIVA	RAZIONALIZZAZIONE FASI DI VALLE	DIMENSIONAMENTO MAGAZZINI	TIPO DI AUTOMAZIONE	PROCESS CAPABILITY
INVESTIMENTI SU ORIZZONTI SIGNIFICATIVI	⊗	⊗			⊗	⊗			⊗					⊗	
FLESSIBILITA' INTRODUZIONE NUOVI PRODOTTI		⊗			⊗	⊗		⊗	⊗						
PROCESSO PRODUTTIVO RIPETITIVO	⊗						⊗	⊗		⊗					
VISIBILITA' DEL PROCESSO			⊗				⊗	⊗		⊗			⊗		
FACILITA' DI GESTIONE		⊗	⊗				⊗	⊗		⊗	⊗		⊗		
ELIMINAZIONE COLLI DI BOTTIGLIA								⊗			⊗				
RIDUZIONE LEAD TIME							⊗	⊗		⊗	⊗	⊗			
PERSONALIZZAZIONE PRODOTTI		⊗	⊗									⊗			
MIGLIORAMENTO QUALITA'				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗				⊗	⊗

Fig. 10 - Matrice di correlazione tra leve di intervento ed obiettivi funzione di più leve del livello 3, prodotto-processo.

richieste. Un aumento della "process capability" comporta un aumento della qualità di processo, ossia una diminuzione della varianza dello stesso, funzione del numero di variabili in gioco e della loro variabilità, in modo che tutte le parti prodotte rientrino nei limiti di tolleranza stabiliti.

Le fonti di varianza su cui si interviene per aumentare la "process capability" sono tutte le variabili che concorrono al processo produttivo, come ad esempio l'uomo, la macchina, l'utensile, l'attrezzaggio, il materiale, l'ambiente di lavoro (Hall, 1988).

Anche molte delle leve descritte in questa nota (standardizzazione, analisi dei cicli, lavorabilità, poka-yoke, etc.) hanno come obiettivo la riduzione della varianza del processo.

In figura 10 è rappresentata la matrice di correlazione tra le leve di intervento del livello 3 prodotto-processo ed obiettivi il cui raggiungimento dipende dall'azione congiunta su più variabili.

Tra gli altri obiettivi citati ci sembra importante soffermarci sull'obiettivo di disporre di un orizzonte temporale significativo per gli investimenti in impianti ed automazione.

L'entità delle risorse necessarie per tali investimenti impone che l'attenzione non venga rivolta alle sole leve di processo (ampiezza del processo produttivo, impianti modulari, tipo di automazione), ma anche a quelle di prodotto (definizione famiglie di prodotto, struttura a clessidra, tecnologia di prodotto), (cfr. figura 10).

Questo significa che decisioni su impianti ed automazione, storicamente appannaggio degli uomini di produzione e più in generale della direzione d'impresa, non possono non coinvolgere i responsabili della progettazione e del marketing, nel rispetto dei criteri di una progettazione integrata prodotto-processo.

La rigidità che comunque si inserisce con l'automazione anche flessibile deve essere compensata da una articolazione dei prodotti in moduli o sottoassiemi che possono essere assemblati in combinazioni via via diverse nel tempo, e comunque ridefinibili nel rispetto dei vincoli imposti dagli impianti e dalla loro automazione.

Più in generale solo un approccio di progettazione globale, come abbiamo tentato di descrivere in questo e nel precedente articolo, consente di ottenere un sistema produttivo capace di operare su un certo numero di assetti produttivi rispondenti a diverse richieste del mercato (stabilità), e di mutare rapidamente da uno stato all'altro (flessibilità). In generale l'entità degli investimenti in gioco non permette di non predefinire in anticipo quali debbano essere, su un orizzonte significativo di tempo, gli assetti produttivi che si renderanno necessari.

6 - Modalità di intervento

Gli interventi proposti ai diversi livelli possono essere realizzati in impresa indipendentemente l'uno dall'altro. Questo modo di procedere non è però efficace in quanto si perdono le sinergie ricavabili da un'azione coordinata.

Nell'attuare gli interventi di progettazione integrata prodotto-processo è importante distinguere la fase di pianificazione da quella di implementazione.

La fase di pianificazione è fondamentale per identificare, a partire dagli obiettivi, definiti in termini di prestazioni da raggiungere, le leve di intervento su cui operare. Il riferimento è ovviamente alle figure precedentemente illustrate che legano leve ed obiettivi primari e alle matrici che individuano obiettivi funzioni di più leve.

Nello sviluppo del piano di azione sulle diverse leve è opportuno distinguere gli obiettivi di livello 3 (prodotto-processo), ottenibili in generale sul medio-lungo periodo, dagli altri di livello 2 (sottoassieme-reparto), ed 1 (componente-lavorazione), raggiungibili in generale in tempi rispettivamente medio e brevi.

La distinzione consente di derivare in cascata con un approccio top-down gli obiettivi di livello inferiore

a partire da quelli di livello superiore.

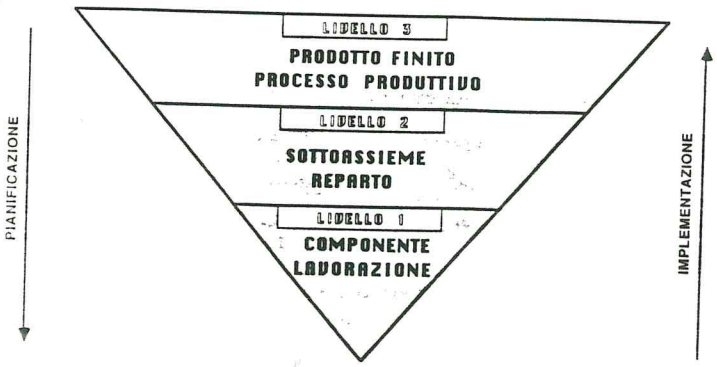
Nelle fasi di implementazione può risultare viceversa preferibile una sequenza 1 - 2 - 3, ovvero bottom-up dal livello inferiore a quello superiore. Questo infatti consente una gradualità nell'impatto sull'impresa che aumenta al crescere del livello di intervento; è evidente che ad esempio un intervento a livello di componenti ha minori implicazioni rispetto alla ridefinizione dei sottoassiemi ed ancorpiù rispetto alla ridefinizione dei prodotti.

Una modalità di intervento 1 - 2 - 3 risulta preferibile soprattutto quando si interviene in realtà produttive già operanti dove vi possono essere vincoli notevoli derivanti dal contesto produttivo esistente.

L'approccio misto proposto top-down per la fase di pianificazione e bottom-up per la fase di implementazione, rappresentato in figura 11, è analogo a quello utilizzato in generale nei progetti di automazione integrata (White, 1988; Pastor, 1985; Kochan, Cowan, 1986).

■

Fig. 11 - Approccio top-down e botton-up nella progettazione integrata prodotto-processo.



Riferimenti bibliografici

- Abernathy W.J., J.M. Utterbach, *Patterns of Industrial Innovation*, in "Technology Review", June-July 1978.
- Andreasen M.M., T. Lund, S. Kahler, *Product Design for Automatic Assembly*, Proceedings of the Sixth Annual Conference on Design Engineering, IFS, Kempston, 1983.
- Arthur Andersen, a cura di, *Fabbrica Domani*, Edizioni Sole 24 Ore, 1988.
- Boothroyd G., P. Dewhurst, *Design for Assembly - A Designers Handbook*, Department of Mechanical Engineering, University of Massachussets, Amherst, 1983.
- Boothroyd G., P. Dewhurst, *Product Design for Manufacture and Assembly*, in "Manufacturing Engineering", April 1988.
- Burbidge J.L., *The introduction of Group Technology*, Heinemann, 1975
- Cain W.D., *Manuale di Progettazione del Prodotto Industriale*, Angeli, 1975
- Carlsonn M., L. Trygg, *Assembly Philosophies: some implications on engineering organization, design work, manufacturing system and the product itself*, in "International Journal of Production Researches", November 1987.
- Chirillo L.D., *Product Work Breakdown Structure*. Maritime Administration, National Shipbuilding, Research Program, U.S. Department of Transportation, 1982.
- Da Villa F., *Programmazione e Controllo della Produzione*, Etas, 1985.
- De Toni A., G. Pagliarani, L. Zipponi, *Progettazione integrata prodotto-processo*, Logistica Management N° 6, 1990.
- Forrester J., *Industrial Dynamics*, The M.I.T. Press, 1961.
- Furlanetto L., M. Cattaneo, *Manutenzione a Costo Zero*, Ipsoa, 1986.
- Groppetti R., *Una metodologia integrata assistita dall'elaboratore per l'analisi della montabilità del prodotto*, Atti del Trentatreesimo Convegno Nazionale Annuale di Automazione, Roma, Novembre 1989.
- Hall R.W., *Obiettivo Scorte Zero. La strategia produttiva per gli anni '80*, Isedi, 1985.
- Hall R.W., *Produzione e Strategia*, Isedi, 1988.
- Hayes R.H., S.C. Wheelwright, *Link Manufacturing Process and Product Life Cycles*, in "Harvard Business Review", January-February 1979.
- Hill T., *Il Management della Produzione*, Angeli, 1989a.
- Hill T., *Produzione e Strategia. La gestione strategica della funzione produttiva*, Angeli, 1989b.
- Kochan A., D. Cowan, *Implementing CIM*, IFS Ltd, 1986
- Merli G., Total *Manufacturing Management. L'organizzazione industriale degli anni '90*, Isedi, 1989.
- Monden Y., *Produzione Just-in-Time. Come si progetta e si realizza*, Isedi, 1986.
- Pastor E., *Plain talk about CIM*, Atti del Convegno Nazionale Anipla ,1985
- Porter M.E., *Il Vantaggio Competitivo*, Edizioni Comunità, 1987.
- Rajput S., D. Bennett, *Modular System Design and Control for Flexible Assembly*, in "International Journal of Operation & Production Management", Volume 9, Number 7, 1989.
- Shingo S., *Il Sistema di Produzione Giapponese "Toyota" dal punto di vista dell'Industrial Engineering*, Angeli, 1985.
- Shonberger R.J., *Tecniche Produttive Giapponesi. Nove Lezioni di Semplicità*, Angeli, 1987a.
- Shonberger R.J., *Word-Class Manufacturing. Le nuove regole per una produzione di classe mondiale*, Angeli, 1987b.
- Vollmann T.E., W.L. Berry, D.C. Whybark, *Manufacturing Planning and Control System*, Irwin, 1988.
- Stoll H.W., *Design for Manufacture: an overview*, in "ASME Applied Mechanics Reviews", Volume 39, N° 9, September 1986
- White J.R., *La gestione strategica della tecnologia*, a cura di R. Galli, Focus N° 5, ISEDI, 1987.
- White J.A., *Material Handling in Integrated Manufacturing System*, Design and Analyses of Integrated Manufacturing System, National Academy Press, 1988
- Whitney D.E., J.L. Nevins, T.L. De Fazio, R.E. Gustavson, R.W. Metzinger, J.M. Rourke, D.S. Seltzer, *The Strategic Approach to Product Design*, in Design of Integrated Manufacturing System, W.D. Compton Ed., National Academy of Engineering, National Academy Press, Washington, 1987.
- Zanussi-Electrolux, *Fabbrica Automatica di Susegana*, Rapporto Interno, Ottobre 1988.
- Zanussi Grandi Impianti, *Analisi dei principali prodotti della S.B.U. lavaggio nell'ottica della riprogettazione*, Rapporto Interno, Aprile 1988.
- Zipponi L., *Applicazione della filosofia di produzione Just-in-Time in Seleco*, Tesi di Laurea, Istituto di Organizzazione Aziendale, Università di Padova, 1987.