

Generalità sui sistemi logistici

In generale si può affermare che la logistica abbraccia l'insieme di tecniche, metodologie, strumenti ed infrastrutture impiegate nella gestione del flusso fisico e del correlato flusso informativo, dall'acquisizione delle materie prime sui mercati di acquisto fino alla distribuzione dei prodotti finiti collocati presso il consumatore [1].

Per molti anni, il ruolo della logistica è rimasto confinato al presidio di specifiche attività — generalmente legate all'organizzazione dei magazzini e dei trasporti — di supporto ai processi di approvvigionamento, produzione e distribuzione. Le prime timide forme di evoluzione verso la gestione di un insieme strutturato di attività si registrano nel corso degli anni Settanta, allorché le aziende incominciano a ricercare miglioramenti nell'ambito della distribuzione fisica (dal magazzino di stabilimento al cliente) attraverso opportuni interventi di razionalizzazione volti all'ottimizzazione dei diversi segmenti del ciclo distributivo.

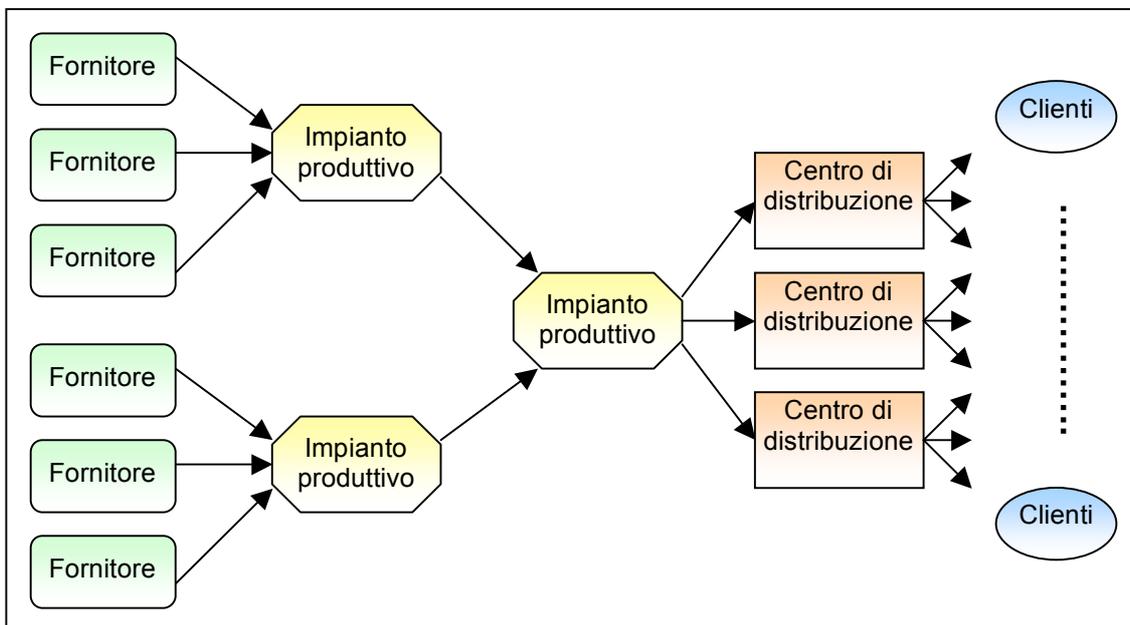
A partire dagli anni Ottanta, in seguito all'introduzione nelle aziende in modo sufficientemente pervasivo di nuove logiche gestionali (material requirements planning, just in time, ecc.), l'attenzione si sposta repentinamente sulla gestione dei materiali: viene coniata l'espressione «logistica dei materiali» (o altri sinonimi quali «**logistica industriale**» o «materials management») per indicare il governo di tutte le attività volte ad assicurare la corretta acquisizione, movimentazione e gestione dei materiali al fine di garantire il costante e tempestivo rifornimento alla produzione e agli altri enti utilizzatori.

La fase successiva del percorso evolutivo segna in realtà un radicale cambiamento perché comporta la trasformazione della logistica da insieme di attività operative a sistema interfunzionale che si pone come mezzo per il raggiungimento di più elevati livelli di performance.

Emerge il concetto di **logistica integrata**, sintetizzato in modo preciso nella definizione proposta dal Council of Logistics Management nel 1986 secondo cui essa rappresenta il processo per mezzo del quale pianificare, attuare e controllare il flusso delle materie prime, dei semilavorati e dei prodotti finiti, e dei relativi flussi di informazioni, dal luogo di origine al luogo di consumo, in modo da renderlo il più possibile efficiente e conforme alle esigenze dei clienti. Anche altri Autori riflettono questa nuova concezione definendo la logistica come il processo con il quale gestire in maniera strategica il trasferimento e lo stoccaggio,

attraverso e in varie infrastrutture aziendali, di materie prime, componenti e prodotti finiti affinché possano giungere dai produttori ai consumatori.

L'ultimo stadio del processo evolutivo conduce alla nascita del concetto di **Supply Chain Management (SCM)**. Si può definire per prima cosa si intende per *Supply Chain*: “una rete di entità di business, autonome o semiautonome, collettivamente responsabili delle attività di acquisto, produzione e distribuzione associate con una o più famiglie di prodotti collegati” [2]; “La Supply Chain è una rete di opportunità che procura le materie prime, le trasforma in semilavorati e in prodotti finiti e li consegna ai clienti attraverso un sistema di distribuzione”; “La Supply Chain è una rete di facilities e di opzioni di distribuzione che ha lo scopo di eseguire le funzioni di acquisto dei materiali, la trasformazione di questi materiali in prodotti finiti e la distribuzione al cliente di questi ultimi”; “Il SCM è un approccio integrato, orientato al processo¹, per l'acquisto, la produzione e la consegna di prodotti e servizi al cliente. La sfera d'azione del SCM include subfornitori, fornitori, operazioni interne, clienti commerciali, clienti della distribuzione ed utilizzatori finali. Il SCM copre la gestione del flusso dei materiali, delle informazioni e del capitale”.



Dall'ultima definizione risulta chiaro che si può parlare di Supply Chain anche per le organizzazioni di servizi, sebbene la complessità della catena può variare fortemente da un'industria all'altra e da una società all'altra.

¹ Con il termine "processo", in questo contesto, non si fa riferimento unicamente alla fase produttiva, ma a qualunque altro insieme complesso di attività tese a soddisfare le esigenze del cliente.

Nella figura precedente è riportato l'esempio di una catena molto semplice per un singolo prodotto, dove le materie prime sono acquistate dai rivenditori, trasformate in prodotti finiti in un singolo step, trasportate ai centri di distribuzione ed infine acquistate dai clienti.

Quest'ultimo stadio dell'evoluzione del concetto di logistica è caratterizzato dalla presa di coscienza da parte delle aziende che il miglioramento nella gestione dei flussi all'interno della catena logistica non può prescindere dal fattivo coinvolgimento degli attori esterni, soprattutto di quelli che possono contribuire a elevare il valore percepito dal cliente. In questa ottica, il concetto di Supply Chain management non deve essere inteso come sinonimo di logistica integrata, ma come un nuovo approccio di management in cui la singola azienda diventa parte di una rete di entità organizzative che integrano i propri processi di business per fornire prodotti, servizi e informazioni che creano valore per il consumatore.

Si allarga ulteriormente lo spettro delle fasi interessate perché in questa prospettiva legata ai processi di business diviene particolarmente importante anche il processo di sviluppo del prodotto, all'interno del quale il contributo di organizzazioni esterne, in specie i fornitori di primo livello, assume una rilevanza davvero strategica al fine di generare valore per il cliente finale.

È possibile constatare che il concetto di integrazione stesso si è evoluto nel tempo passando attraverso alcune fasi tipiche rappresentate nella figura seguente [5].

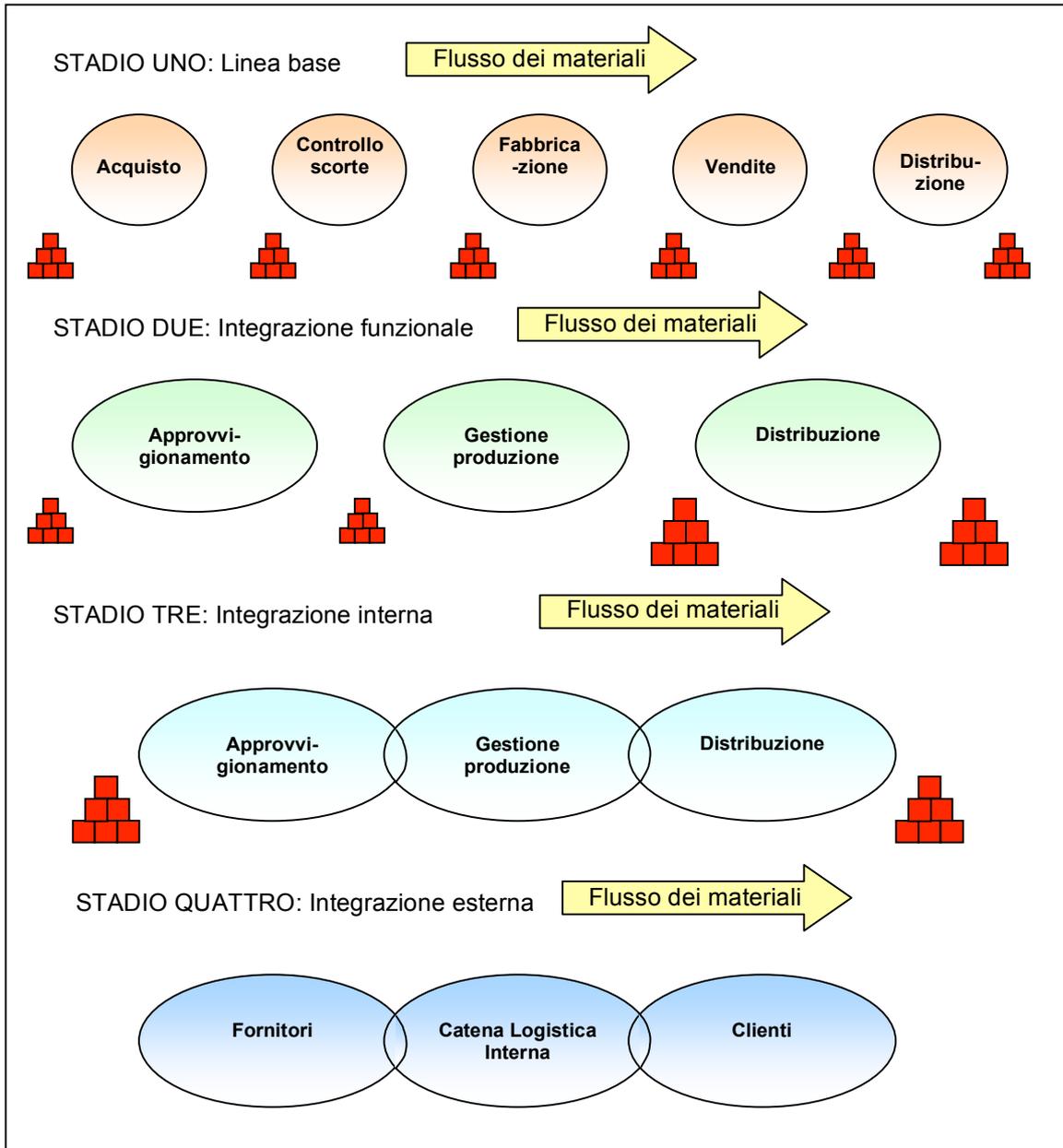
Lo *stadio uno* è tipico delle aziende in cui la responsabilità circa le attività logistiche è frammentata tra più enti fra loro indipendenti. Una tale gestione comporta:

- esigenze di scorta tra le diverse attività per sopperire alla mancanza di integrazione;
- sistemi di controllo e modalità di gestione delle attività tra loro indipendenti;
- barriere organizzative tra i singoli enti aziendali.

Lo *stadio due* coinvolge l'integrazione tra alcune attività, con particolare enfasi sui principali elementi connessi al flusso dei materiali e dei prodotti.

Lo *stadio tre* richiede l'integrazione di tutte le attività della catena logistica e la pone sotto una unica unità di controllo; l'integrazione interna è realizzata mediante sistemi di pianificazione e controllo delle attività che sono totalmente integrati.

Lo *stadio quattro* è il passo verso l'integrazione con gli elementi esterni all'azienda, i clienti e i fornitori. L'integrazione con i fornitori comporta un cambiamento negli atteggiamenti e negli approcci: da antagonismo a cooperazione reciproca.



La cooperazione si esplica attraverso il coinvolgimento dei fornitori nella progettazione e sviluppo di un nuovo prodotto, la spedizione di componenti di alta qualità direttamente alle linee di assemblaggio dell'azienda cliente, lo scambio di informazioni tecniche e tecnologiche, lo sviluppo di contratti di fornitura con di lungo periodo. L'integrazione con il mercato richiede, in maniera analoga, un diverso atteggiamento verso il cliente e la messa in atto di tutte quelle azioni necessarie per garantire all'azienda le informazioni circa le reali esigenze e bisogni del cliente in termini di caratteristiche attese del prodotto e dei servizi.

Il sistema logistico

Come si è visto precedentemente, il processo logistico viene interpretato come un sistema che ha la funzione di garantire il collegamento tra clienti e fornitori, sia all'esterno, sia all'interno dell'azienda stessa. Tale sistema è costituito da un insieme di attività inerenti a due flussi principali: il flusso fisico del valore aggiunto ed il flusso informativo sui fabbisogni.

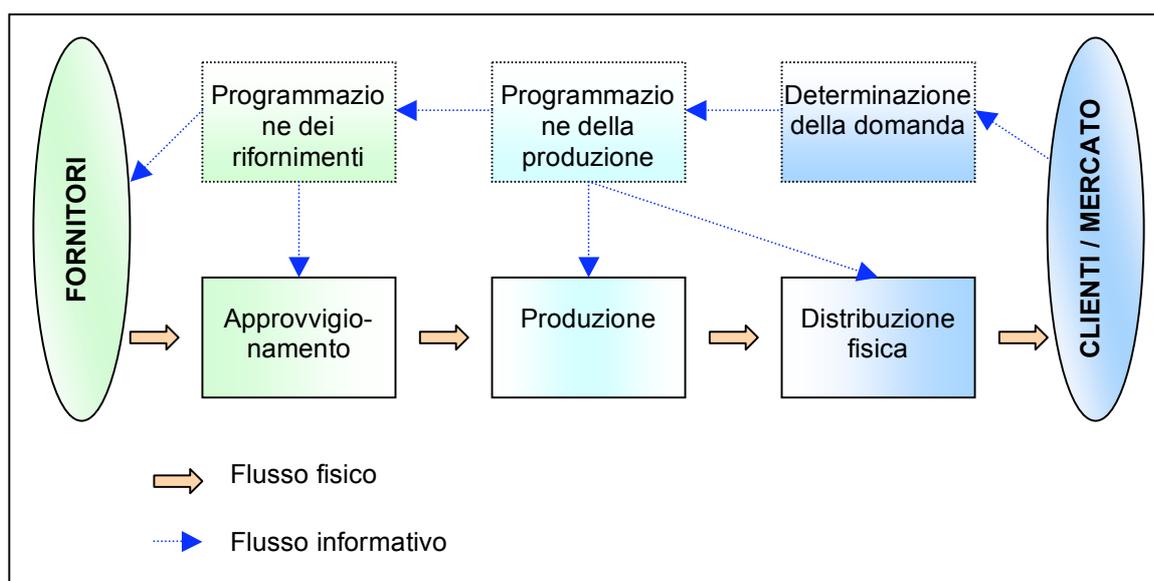
Uno degli attributi chiave dalla definizione appena data è proprio quello di *gestione integrata*: cioè la logistica è, o dovrebbe essere, una funzione trasversale che *attraversa* i tradizionali settori dell'azienda raggruppando le mansioni concernenti il flusso dei materiali precedentemente distribuite in questi diversi settori.

L'errore frequentemente compiuto nei primi anni dell'implementazione della funzione logistica è stato, come visto, quello di attribuirle puramente il ruolo di coordinamento della distribuzione fisica che è invece solo una delle mansioni di questa funzione. Poi col passare del tempo, e l'accumularsi di esperienza, si è compreso che la gestione dei materiali deve essere condotta con una visione assolutamente unitaria del problema: solo in questo modo può portare notevoli miglioramenti di efficienza ed efficacia della gestione aziendale.

Il sistema logistico, nella sua globalità, può essere scomposto in tre sottosistemi tra loro continuamente interattivi:

1. **sistema logistico acquisitivo**: si occupa della movimentazione dei materiali in entrata. L'approvvigionamento riguarda gli acquisti e la movimentazione dei materiali, componenti e prodotti finiti dal fornitore ai magazzini dello stabilimento di produzione o di assemblaggio. Obiettivo fondamentale dell'approvvigionamento è di garantire la disponibilità di un assortimento dei tipi diversi di materiali necessari all'attività produttiva nel momento e nella quantità giusta, con la qualità e col prezzo giusto;
2. **sistema logistico produttivo (Logistica Industriale)**. Costituisce un supporto alla produzione in quanto presiede al controllo delle scorte dei materiali in lavorazione, o scorte di processo, nelle varie fasi del processo produttivo; gestisce il flusso dei materiali coinvolti nel processo di lavorazione e di montaggio, comprendendo sia l'area del magazzino sia quella propriamente produttiva;
3. **sistema logistico distributivo**: attraverso la gestione della distribuzione fisica governa il

flusso dei prodotti finiti dall'impresa verso il cliente esterno, punto di arrivo del canale di distribuzione. È costituito da un insieme di attività, ricezione ed evasione degli ordini, gestione, immagazzinaggio e movimentazione delle scorte, trasporto delle merci in uscita all'interno di un canale di distribuzione, finalizzate ad assicurare il servizio al cliente. Attraverso lo svolgimento di queste attività nella maniera ritenuta più opportuna, è possibile conseguire l'obiettivo fondamentale di cui la distribuzione fisica deve farsi garante, ovvero la generazione di redditi conseguibile assicurando al cliente il servizio strategicamente ottimale, al costo più basso possibile. Il flusso fisico dei prodotti non può sussistere senza il parallelo **flusso di informazioni sui fabbisogni** che consiste nella raccolta e nel coordinamento delle informazioni che fluiscono ai diversi livelli aziendali. Le informazioni, intese come ordini e previsioni, provengono direttamente dai clienti e dalle indagini di mercato e consentono di individuare e quantizzare i materiali ed i prodotti finiti necessari in ciascun punto del sistema logistico.



Il flusso delle informazioni è costituito da quattro fasi:

1. previsione di vendita;
2. gestione degli ordini consuntivati;
3. preparazione del programma generale di produzione;
4. pianificazione dei fabbisogni.

La previsione degli acquisti da parte di clienti o mercati specifici è una stima di tipo statistico, avente un orizzonte temporale che va da tre mesi ad un anno; costituisce il primo tentativo dell'azienda di quantificare e programmare il processo logistico.

Le vendite previste nella prima fase si concretizzano successivamente nella fase di gestione degli ordini realmente pervenuti all'azienda da parte dei clienti. Tramite questa attività è possibile adattare alle effettive richieste del mercato, espresse tramite dati consuntivi, i piani di produzione e di approvvigionamento dei materiali, formulati in precedenza in base alle previsioni, che si rivelano quasi sempre essere in eccesso o in difetto.

Dall'analisi dei dati relativi di vendita, alla gestione degli ordini, alla situazione delle scorte viene compilato il *Prospetto dei fabbisogni per la distribuzione* per un determinato orizzonte di pianificazione. Integrando tale prospetto con i dati relativi alla possibilità ed alle capacità produttive disponibili è possibile stilare il programma di produzione o Master Production Schedule (MPS), che specifica come l'azienda intende utilizzare la propria capacità produttiva in un intervallo di tempo determinato.

Ultimo aspetto del flusso delle informazioni è la pianificazione dei fabbisogni di materiali, che può avvenire attraverso le metodiche del Materials Requirements Planning (MRP) piuttosto che basarsi su metodi di gestione a scorta o tecniche orientate alla filosofia Just in Time.

La logistica inversa e la rifabbricazione

Non si poteva concludere senza trattare, almeno brevemente, la più recente estensione che tale funzione sta subendo negli ultimi anni.

Il maggiore valore aggiunto dei materiali unito ad una più consapevole coscienza ambientale dei consumatori, ha spinto le aziende nella direzione di quello che potremmo genericamente definire un "recupero" dei materiali e delle energie produttive. Ciò ha comportato una serie di complicazioni per quanto riguarda l'organizzazione e la gestione aziendale, ma, d'altro canto, anche una serie di nuove opportunità per le imprese.

Per questo motivo, si è avuto un'ulteriore evoluzione del concetto di logistica che ha portato alla nascita della cosiddetta ***logistica inversa***.

La logistica inversa, come dice stesso il nome, si occupa del percorso a ritroso che dovrà fare un prodotto al termine del suo periodo di utilizzo, per poter raggiungere nuovamente un luogo di produzione affinché possa essere, a seguito di trattamenti, recuperato per un suo successivo riutilizzo o recupero come materiale.

Vi sono tre aspetti fondamentali che differenziano un sistema logistico inverso da uno

tradizionale:

1. La maggior parte dei sistemi non sono attrezzati per trattare il movimento inverso dei prodotti;
2. I prodotti recuperati non offrono la possibilità di essere materialmente maneggiati allo stesso modo di quelli nuovi;
3. I tempi di movimentazione sono decisamente maggiori rispetto al flusso diretto.

Attualmente, come già detto, anche a causa dello sviluppo di normative legislative, vi è un crescente interesse per lo studio e realizzazione di strumenti che permettano di gestire il flusso inverso, anche se comunque ancora molto è necessario fare per lo sviluppo di metodologie appropriate che permettano la gestione di tutte le aree funzionali dell'intera catena produttiva.

A questo punto è bene chiarire meglio il concetto di "recupero".

Il sistema di recupero dei materiali

La possibilità di recuperare i prodotti alla fine del loro ciclo di vita, offre tutta una serie di importanti vantaggi tra i quali i più significativi sono la riduzione della quantità di rifiuti destinati alle discariche e la riduzione dell'utilizzo di nuova materia prima ed energia per le nuove produzioni. L'obiettivo che si intende raggiungere è quello di recuperare così la maggior quantità possibile del valore economico ed ecologico che andrebbe altrimenti perso con la distruzione del bene.

Tali considerazioni portano immediatamente a comprendere come un sistema di produzione che si basi sul recupero di materiali offra notevoli vantaggi di carattere economico.

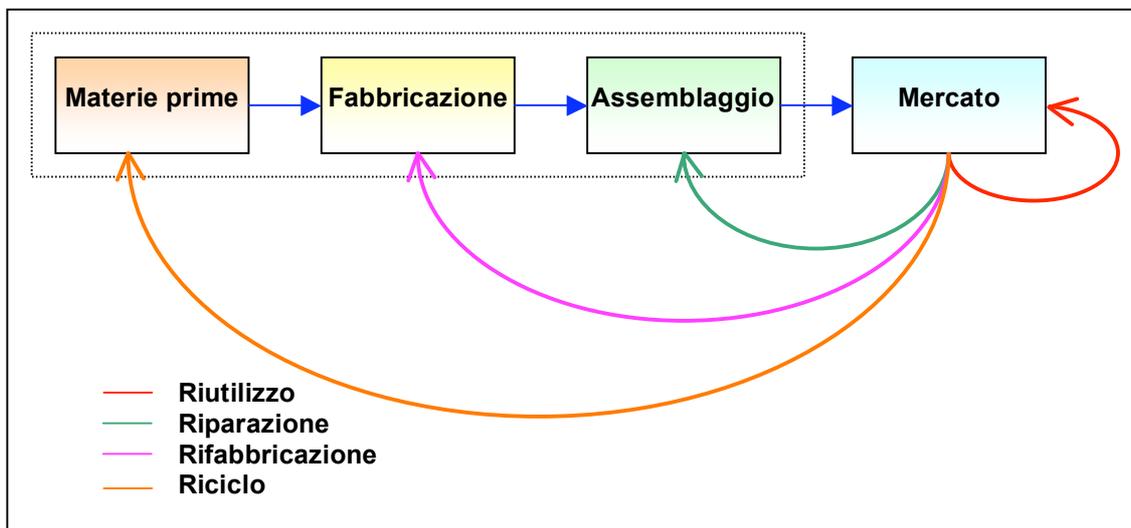
Accanto a queste considerazioni non va però dimenticato che i sistemi di cui abbiamo sin qui parlato celano una grande complessità, per cui affinché possano essere perfettamente efficienti è necessario che siano disponibili gli strumenti con i quali tali processi possano essere gestiti. Recenti studi hanno dimostrato la carenza di tecniche e strumenti affidabili e consolidati per la corretta gestione di tutte le fasi dell'intero processo di recupero, partendo dall'acquisizione dei prodotti e finendo alla gestione dei processi lavorativi.

Le caratteristiche che complicano la gestione di un sistema di recupero, qualunque sia il processo al quale sottoporre i prodotti, possono essere individuate nelle seguenti sei:

1. incertezza nella determinazione della quantità di prodotti recuperati e del tempo in cui saranno disponibili;
2. necessità di bilanciare la domanda con il recupero;
3. impossibilità di determinare il tasso di recupero di materiale o componenti dalla quantità di prodotti indotti nel sistema;
4. necessità di una rete logistica che opera in senso inverso rispetto a quella tradizionale;
5. nel caso di riparazione e rifabbricazione, problemi connessi all'accoppiamento di parti provenienti da prodotti differenti;
6. tempi e cicli di lavorazione variabili in maniera probabilistica.

Un'azienda che decida di implementare un sistema di recupero materiali può, a seconda delle caratteristiche dei prodotti che tratta e del tipo di investimento che intende effettuare, scegliere tra le seguenti opportunità:

- **Riparazione;**
- **Rifabbricazione;**
- **Riciclaggio.**



Come si evince dal grafico precedente, esiste teoricamente anche una quarta possibilità, il **Riutilizzo**, che rimanendo però essenzialmente all'esterno dell'azienda, non rappresenta una vera e propria opportunità per l'azienda stessa.

La scelta corretta tra riparazione, rifabbricazione o riciclaggio deve essere dettata da valutazioni di carattere economico e dalla condizione ed età dei prodotti che vengono

recuperati.

Secondo l'APICS «*la rifabbricazione può definirsi come quel processo industriale attraverso il quale, nuovi prodotti sono ottenuti riassemblando componenti provenienti da vecchi prodotti dismessi, precedentemente disassemblati, ripuliti e rigenerati, ed utilizzando dove necessario nuovi componenti. Le unità così ottenute hanno caratteristiche completamente equivalenti, e qualche volta superiori, rispetto al prodotto di origine per quanto riguarda performance, qualità e tempo di vita atteso*».

È bene chiarire innanzitutto quali sono le differenze tra riciclaggio e rifabbricazione, premettendo però che il riciclaggio è in alcuni casi parte integrante del processo di rifabbricazione.

Il processo di **riciclaggio** consiste nel recuperare attraverso una serie di operazioni, la materia prima con la quale tali prodotti sono realizzati, rendendola così disponibile per essere in seguito riutilizzata nella fabbricazione degli stessi o di altri tipi di prodotto realizzati con lo stesso materiale.

I benefici ambientali del riciclaggio, come la riduzione della quantità di rifiuti destinati allo smaltimento e risparmio di materie prime naturali, sono facili da comprendere ma di difficile valutazione.

Se il riciclaggio di un motore elettrico offre la possibilità di recuperare il rame e l'acciaio salvate dalla discarica e di riutilizzarlo per la fabbricazione dello stesso o di un altro bene che richiede lo stesso tipo di materiali, la **rifabbricazione** dello stesso motore elettrico offre un'alternativa ancora migliore; a differenza del riciclaggio la rifabbricazione permette infatti oltre al riciclo dei materiali anche il recupero del valore originariamente aggiunto alla materia prima, laddove per valore aggiunto intendiamo il costo del lavoro dell'energia e di tutte le operazioni di fabbricazione che si è aggiunto al costo di base delle materie prime. Per quasi tutti i beni, il valore aggiunto rappresenta la voce di costo più rilevante. Per un prodotto come un'automobile, il valore delle materie prime che può essere recuperato con il riciclaggio è solamente l'1,5% del valore di mercato dell'automobile.

Alcuni studi hanno messo in luce che circa l'85% dell'energia spesa nella fabbricazione del prodotto originale è preservata con il processo di rifabbricazione. Da queste considerazioni deriva il crescente interesse per questa alternativa che si pone come una delle più interessanti opportunità di riutilizzo di prodotti dismessi.

I vantaggi ottenibili con la rifabbricazione sono notevoli sia per i produttori che per i

consumatori. Pur tuttavia non tutti questi benefici sono oggi sfruttati a causa di una serie di ostacoli reali ed immaginari. Il primo tra i vantaggi è senza dubbio quello del risparmio di energia e risorse. La fabbricazione di nuovi prodotti richiede infatti l'utilizzo di una quantità di risorse naturali dalle quattro alle cinque volte superiore a quella che è necessaria con un processo di rifabbricazione. Altri vantaggi sono la possibilità di poter ridurre i lead-time, l'aumento delle opportunità di impiego per lavoratori poco specializzati, favorendo l'economia di regioni che hanno abbondanza di questo tipo di manodopera, la possibilità di poter riconvertire parti di impianto sottoutilizzate con bassi investimenti e pochi rischi. Ultimo beneficio, certamente non per importanza, è quello del risparmio da parte dei consumatori derivante dall'opportunità di poter utilizzare prodotti rifabbricati le cui prestazioni ricordiamo, sono uguali se non superiori a quelle di prodotti nuovi.

Tra le barriere sopra accennate, la più grande è certamente la difficoltà di ottenere adeguati volumi di prodotti da processare in modo da poter soddisfare la domanda. Un'altro problema è rappresentato da quello che molti chiamano *paradosso della qualità*. Esso consiste nel fatto che molti produttori e fornitori di componenti per aziende che assemblano nuovi prodotti e praticano anche la rifabbricazione, producendo prodotti di alta qualità potrebbero perdere parte dei loro affari in quanto tali prodotti potrebbero essere riutilizzati più volte.

La programmazione della produzione

La complessità e la moltitudine delle realtà competitive che caratterizzano oggi le aziende industriali hanno progressivamente condotto alla ricerca di soluzioni organizzative, gestionali e tecniche della produzione quanto mai eterogenee; nell'ambito della medesima realtà merceologica convivono, con pari opportunità di successo, strutture produttive difformi sotto il profilo dimensionale, nelle tecnologie impiegate, per gli obiettivi perseguiti; talune inclini a privilegiare traguardi di efficienza, altre, volte al conseguimento di elevati livelli di prestazione in termini di servizio offerto, altre ancora alla ricerca della qualità assoluta, etc.. Inoltre gli obiettivi mutano nel tempo con maggiore rapidità e più arduo diviene il loro conseguimento.

Il vertice aziendale è dunque indotto, per un verso, a governare fenomeni pluralistici e via via più complessi, per un altro a ricercare soluzioni tempestive ed affidabili a fronte dell'accresciuta rapidità di cambiamento [16].

In questa situazione estremamente complessa ed articolata, si avverte più che mai la necessità di una gestione quanto mai razionale ed organizzata dell'intero sistema aziendale, realizzata fundamentalmente attraverso un'attenta e strutturata attività di programmazione.

Il tema centrale dell'attività di programmazione risiede, appunto, nell'esigenza di armonizzare le richieste del mercato, espresse da una previsione della domanda e consolidate in un portafoglio ordini, con le potenzialità del sistema produttivo; ciò osservando i vincoli espressi dall'ampiezza del mix richiesto, dal ritmo della domanda e dai termini di consegna, per quanto riguarda il mercato; dalle esigenze di saturazione dei macchinari, del contenimento dell'investimento in scorte e degli specifici rapporti di fornitura, per quanto riguarda l'offerta, con un occhio sempre puntato verso le problematiche di tipo ambientale.

Osservando i più recenti contributi della letteratura, si possono scorgere quattro filoni principali attorno ai quali si è sviluppata l'attenzione degli studi e del mondo industriale, e su cui si sta manifestando la pressione competitiva: *costi, qualità, tempi ed ambiente* [1,2,3].

Per quanto concerne il primo filone, la necessità di erodere ogni possibile area d'inefficienza e la ricerca di crescenti livelli di produttività hanno condotto all'avvio di azioni volte al contenimento dei costi attraverso la riduzione di sfridi e scarti di materiali (produttività dei materiali), il contenimento dei costi di manodopera (produttività della manodopera), la riduzione dei tempi e costi di attrezzaggio o *setup*, l'alta saturazione degli impianti, la ricerca di macchinari *ad hoc*.

Il contenimento dei costi non è certo un fatto nuovo nella produzione; da anni inoltre l'attenzione degli studiosi si è spostata nella ricerca dell'eccellenza perseguendo altri due obiettivi: *qualità e tempi*.

Abbiamo visto che la rilevanza del valore della qualità è ormai riconosciuta ovunque, e l'adozione dei metodi orientati alla gestione della qualità totale, d'ispirazione giapponese, ha caratterizzato la maggioranza dei processi di riorganizzazione condotti negli ultimi dieci anni. L'evoluzione del concetto di qualità si è accompagnata all'affermarsi di differenti approcci che hanno progressivamente attratto l'attenzione del mondo industriale come, ad esempio, l'approccio della *qualità totale* (o anche *Company Wide Quality Control*) che sta

ad indicare che i concetti e le tecniche del controllo qualità sono estesi ed applicati a tutti i settori dell'azienda [5].

Se la sensibilità ai costi ha da sempre trovato riscontro nella cultura del management di produzione, e la qualità ha attratto, negli ultimi anni, un crescente numero di sostenitori, particolare attenzione viene oggi rivolta al fattore *tempo*, sintesi delle potenzialità competitive di un efficace *sistema logistico-produttivo* [3].

I bisogni dei consumatori si modificano, infatti, con crescente intensità, inducendo elementi di varietà e variabilità nelle produzioni che mal si conciliano con sistemi industriali forse efficienti, ma caratterizzati da scarse flessibilità e capacità di reazione. Da sempre il governo dei sistemi produttivi si è trovato a dovere coniugare l'inerzia di certe strutture con il dinamismo del mercato; il problema può essere risolto o migliorando le capacità predittive e conseguentemente anticipare i bisogni dei consumatori, o attraverso la versatilità e la tempestività della risposta.

Oggi l'elevato grado d'imperscrutabilità del futuro e la progressiva riduzione dei tempi di reazione concessi dalle necessità della competizione e dal mercato sembrano far prevalere le aziende in grado di attuare strategie produttive orientate alla progettazione e alla realizzazione di sistemi logistico-produttivi attenti alla gestione del fattore *tempo* [6].

In questo senso si osserva la progressiva contrazione di tre dimensioni temporali:

- il tempo di sviluppo dei nuovi prodotti,
- i *lead time* interni, ovvero i tempi di attraversamento dei prodotti lungo i processi produttivi,
- i *lead time* esterni, che si riferiscono ai tempi di percorrenza dei canali degli approvvigionamenti e della distribuzione.

La vera novità degli ultimi anni, però, risulta essere la forte attenzione delle realtà aziendali verso le problematiche di carattere ambientale.

Nel corso del tempo nei vari Paesi industrializzati si è assistito ad una progressiva evoluzione del rapporto tra impresa ed ambiente. In un primo momento, corrispondente grosso modo alla fase del boom economico, il problema della salvaguardia ambientale è stato semplicemente ignorato, in quanto le risorse ambientali, rinnovabili e non, sono state considerate disponibili in quantità illimitate. In questa fase, in cui le scelte politiche e sociali sono state indirizzate unicamente alla massimizzazione della crescita industriale e del benessere sociale, il sistema economico è stato considerato come un sistema chiuso rispetto

all'ambiente.

Un primo sostanziale passo in avanti avviene negli ultimi anni ottanta con il passaggio da una fase *curativa* (interventi di disinquinamento in coda ai processi produttivi) ad una fase *preventiva*, nella quale la politica ambientale è stata impegnata nella adozione di strumenti di prevenzione dell'inquinamento e di riduzione preventiva della massa di rifiuti, attraverso il riutilizzo delle materie prime ed il risparmio di energia industriale. Le nuove politiche ambientali di seconda generazione sono, quindi, volte a prevenire piuttosto che a curare il degrado ambientale.

Al giorno d'oggi la gestione della "variabile ecologica" e le problematiche riguardanti la protezione ambientale² sono ormai divenute l'ultimo terreno su cui le aziende impostano le proprie strategie competitive.

La locuzione variabile ecologica riunisce tutti i rischi e tutte le opportunità legate alla questione ecologica, e in particolare alle forme con cui viene avvertita dalla collettività e tradotta in disciplina legislativa. L'impresa può manovrare questa variabile a suo vantaggio e trasformarla in arma competitiva e fonte di successo commerciale, ad esempio con l'attribuzione ai propri prodotti di una forte immagine ecologica.

L'attenzione del pubblico ha costituito negli anni ottanta il principale stimolo allo sviluppo di politiche ambientali da parte delle imprese, in merito sia al profilo ecologico del prodotto, sia alle caratteristiche dei processi. La collettività punisce l'impresa reputata rea di colpe ambientali in diversi modi, il più ovvio e pericoloso dei quali è il semplice abbandono dei prodotti commercializzati dall'impresa stessa.

In questa prospettiva, gestire la variabile ecologica non consiste unicamente nella ricerca delle soluzioni tecniche che meglio consentono di coniugare le esigenze di rispetto dell'ambiente con gli obiettivi della qualità totale del prodotto e della efficienza produttiva, ma anche nell'efficace comunicazione al pubblico. Si fa riferimento non tanto all'utilizzo dell'ecologia come strumento di marketing, quanto al mantenimento di un rapporto di disponibilità e di dialogo con le comunità che risiedono nelle vicinanze degli insediamenti produttivi, con gli enti pubblici, con gli organi di informazione, con tutte le istituzioni coinvolte.

In nessun caso è invece consigliabile la strategia di mero adeguamento alla legge. Infatti la

² La protezione ambientale è l'insieme delle attività realizzate dall'impresa al fine di proteggere l'ambiente naturale dai danni e dai rischi connessi, in modo diretto o indiretto, ai processi produttivi.

legislazione si orienta verso la fase terminale del processo produttivo, per controllare la quantità e il tipo di inquinanti, mentre risulta economicamente più conveniente agire a monte, a livello di progettazione dei processi e di scelta delle tecnologie. La ricerca tecnologica orientata all'ambiente segue le linee della ricerca di materiali ecocompatibili, dell'aumento della durata del prodotto, della riduzione del fabbisogno di energia e di materie prime, della riduzione dei residui di lavorazione, del riutilizzo e del riciclaggio del prodotto, della diminuzione del potenziale inquinante dei processi.

Queste ed altre soluzioni, oltre a garantire spesso immediati incrementi di produttività, vanno al di là della norma ed al tempo stesso ne minimizzano l'applicazione, permettendo all'impresa di rendersi il più possibile autonoma nella scelta delle modalità con cui adeguarsi al vincolo ambientale.

A fronte dell'evoluzione dello scenario esterno, si è sviluppata parallelamente una forte evoluzione nelle modalità produttive, che ha coinvolto la progettazione del sistema produttivo e la sua gestione. L'evoluzione in corso nei sistemi produttivi manifatturieri presenta almeno tre caratteri fondamentali [6].

Innanzitutto va considerata l'evoluzione di natura prevalentemente *tecnologica* ed *informatica* della fabbrica. Questa evoluzione è caratterizzata dall'introduzione di: macchine operatrici e mezzi di lavorazione basati su nuove tecnologie (laser, elettroerosione, water-jet, incollaggi, ecc.); macchinari sempre più veloci e precisi anche se basati su tecnologie tradizionali; sistemi di manipolazione e movimentazione dei materiali (*automated materials handling* – AMH); dispositivi per la raccolta automatica di dati e reti locali (LAN) per la trasmissione e l'archiviazione di tali dati; sistemi di supporto all'attività di progettazione (CAD); ecc.

Vi è poi l'evoluzione relativa all'*assetto complessivo* del sistema produttivo, che comprende due aspetti. Il primo riguarda la crescente integrazione delle varie soluzioni tecnologiche ed informatiche presenti, con lo scopo di realizzare dei sistemi produttivi basati sull'automazione flessibile (*Flexible Manufacturing Systems* — FMS e celle di lavorazione). Il secondo aspetto riguarda l'*esternalizzazione* o l'*internalizzazione* di una parte più o meno ampia delle lavorazioni (questa scelta è anche indicata con il termine *make or buy*).

Infine, va considerata l'evoluzione delle *tecniche gestionali* dei sistemi produttivi. Decisivo, in questo senso, l'introduzione dei computer nelle fabbriche che ha permesso, a partire dagli anni settanta, la realizzazione di procedure di pianificazione dei fabbisogni di tipo MRP

(*Materials Requirements Planning*), prima, e dei sistemi di pianificazione e controllo della produzione (*Manufacturing Planning and Control Systems* — MPC), poi. Gli anni ottanta hanno visto, invece, l'introduzione del *just-in-time*, «un insieme integrato di attività designate per raggiungere elevati volumi di produzione utilizzando al minimo scorte di materie prime, semilavorati e prodotti finiti» [1], e del *Total Quality Management* (TQM) che propone la qualità come la *driving force* del sistema produttivo. Di successiva implementazione è la *Theory of Constraints* di E. M. Goldratt basata sulla logica della *Synchronous Manufacturing* che si propone di coordinare tutte le risorse in modo che agiscano in armonia e in modo *sincronizzato* [6]. Più recente è invece la metodologia *Six Sigma*, che, come abbiamo visto, sposta l'attenzione sul processo e non più sul prodotto.

In ogni caso, quel che risulta evidente è la grande attenzione rivolta da parte degli studiosi e del mondo industriale ai temi della programmazione e controllo della produzione. Questa attenzione si sposa assai bene da un lato con la disponibilità di singole unità produttive complesse, integrate ed automatizzate ad alta intensità di capitale (*capital intensive*), che richiedono sofisticate procedure di programmazione per massimizzare l'utilizzazione del capitale investito, dall'altro con la complessità delle scelte di allocazione e gestione che insorgono in un sistema produttivo articolato, basato su unità produttive interne e su una rete di fornitori, clienti e terzisti, e chiamato a far fronte ad esigenze sempre più pressanti sul fronte del servizio logistico e della riduzione dei tempi di attraversamento [5].

Parallelamente con l'evoluzione tecnologica e progettuale si è allora sviluppato, negli ultimi decenni, un imponente complesso di tecniche, metodologie e procedure di programmazione della produzione.

Vediamo, ora, che cosa s'intende per *programmazione*; il termine “programma” deriva dalla lingua greca e significa, letteralmente, “scrivere prima”. In considerazione di ciò si comprende bene il contenuto della *programmazione* che, pertanto, deve essere intesa come un «processo di predeterminazione degli obiettivi, delle politiche e delle attività da compiere entro un determinato periodo di tempo» [7]. In quest'accezione il termine si applica sia all'attività dell'impresa o dell'individuo, sia ad un intero sistema economico nazionale o regionale come sinonimo di *pianificazione*.

In particolare, nella realtà aziendale, la programmazione non rappresenta nulla di nuovo, ma è sempre stata attuata. Soltanto, però, nel corso degli ultimi decenni, questa si è affermata come una metodologia razionale impiegata nella gestione dell'impresa. In questo senso, si è

passati da un processo prevalentemente non formale e intuitivo, attuato dal capo dell'azienda, ad un processo che si realizza nella definizione di una serie di documenti programmatici, o piani d'azione, relativi alle varie attività gestionali dell'azienda (marketing, produzione, finanza, ricerca, ecc.).

In questi piani d'azione si specificano, in modi e termini diversi da caso a caso, gli obiettivi da perseguire, i mezzi da impiegare e le operazioni da compiere entro certi periodi di tempo. Tali piani, una volta definiti, vengono successivamente resi noti ed accettati da parte di tutti i responsabili delle attività aziendali e rappresentano uno strumento efficace per la guida, il coordinamento ed il controllo della gestione, nel suo complesso e nei suoi principali segmenti operativi.

La programmazione aziendale deve, allora, fissare in via anticipata gli obiettivi dell'azione aziendale, definire le linee direttive per il loro conseguimento, e sviluppare in dettaglio le sequenze degli atti e dei tempi di esecuzione delle operazioni di gestione [8].

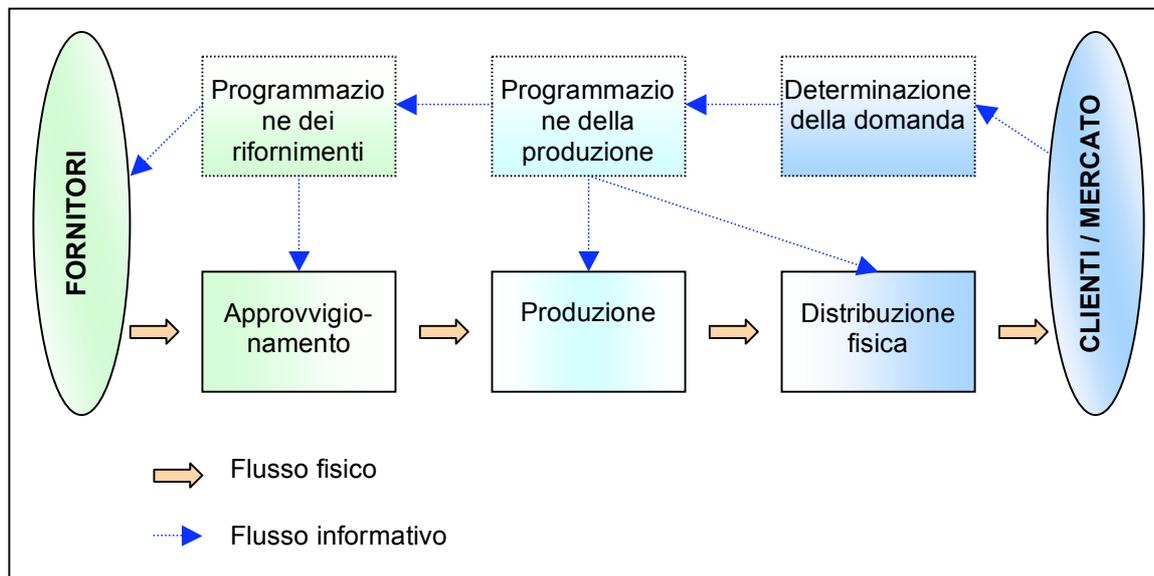
Perché programmare la produzione

La programmazione della produzione può essere definita come quel «processo con cui si stabilisce l'ammontare delle risorse (manodopera, macchinari, attrezzature, materiali, ecc.) di cui l'azienda avrà bisogno per le sue attività produttive future e l'allocazione di tali risorse per ottenere il prodotto desiderato nelle quantità stimate, nel tempo giusto, al posto giusto ed al minore costo totale possibile» [10].

La caratteristica più evidente di un'azienda manifatturiera, che la distingue per esempio dalle aziende commerciali, bancarie o assicurative, è la produzione, vale a dire la trasformazione di materie prime, energia e lavoro in prodotti finiti. Il cuore di queste aziende è costituito dal Sistema Produttivo. Questo può essere definito come un «insieme composto di molti elementi – tra loro interdipendenti e di natura molto diversa (i macchinari, gli impianti, la manodopera, i materiali, i mezzi di trattamento delle informazioni, i mezzi di trasferimento delle merci, ecc.) – che hanno in comune il fine di ottenere la trasformazione dei materiali che entrano in prodotti finiti vendibili» [11].

Per il funzionamento di un Sistema Produttivo è essenziale, tra l'altro, procurarsi i materiali che devono essere trasformati e collocare sul mercato i prodotti costruiti. È possibile, in

questo senso, individuare il flusso tipico dei materiali delle aziende manifatturiere come rappresentato in figura [13].



Il flusso fisico ha inizio con l'acquisto delle materie prime dai fornitori (approvvigionamento). Successivamente tali materie prime vengono trasformate in prodotti finiti (produzione) dopo essere state prelevate da un apposito magazzino. Completato il processo di produzione, i prodotti finiti vengono sistemati nel magazzino prodotti finiti per poi essere successivamente distribuiti sul mercato o ai clienti (distribuzione fisica).

Parallelamente al flusso fisico dei materiali è possibile individuare anche un flusso informativo. Questo ha inizio dal mercato dei prodotti finiti o dai clienti dal quale si reperiscono tutte le informazioni necessarie per la determinazione della domanda. Tale domanda, che può essere costituita da ordini clienti acquisiti (nel caso di produzioni su commessa), da previsioni di vendita (nel caso di produzioni per il magazzino) o da entrambi, rappresenta l'input principale per la successiva fase di programmazione della produzione. Questa a sua volta fornisce gli input primari per le fasi di produzione, distribuzione fisica e programmazione dei rifornimenti, come illustrato in figura.

Uno dei problemi fondamentali che è necessario affrontare nella gestione delle aziende manifatturiere è proprio «l'integrazione delle attività fisiche, gestionali ed organizzative che governano il flusso fisico dei beni e le necessarie informazioni, dall'acquisizione delle materie prime e dei materiali ausiliari fino alla consegna dei prodotti finiti ai clienti» [5], si

usa in questo senso il termine di *logistica industriale* (o *integrata*).

La programmazione della produzione assume una posizione centrale nell'ambito della logistica integrata e, di conseguenza, nella gestione dei flussi fisici ed informativi caratteristici delle aziende manifatturiere; in questo senso, lo schema riportato è un'ottima rappresentazione di quanto affermato.

In relazione alla definizione precedentemente proposta si può, allora, affermare che la programmazione della produzione si presenta come un processo costituito da un insieme di attività mediante le quali si ottiene la trasformazione di un *input* principale costituito dalla domanda (espressa da previsioni e/o ordini clienti) in una serie di *output* quali ordini di produzione, ordini di approvvigionamento esterno e decisioni riguardo le risorse produttive necessarie in futuro.

Per quanto riguarda le risorse, bisogna considerare che queste hanno dei tempi di *approvvigionamento* diversi come riportato nella figura successiva [9]. Questo sta ad indicare che, perché siano disponibili nelle quantità stimate, al posto giusto e nel tempo giusto, è necessario, con un certo anticipo, stabilirne l'ammontare necessario e quindi procedere per l'acquisizione.

		Tempi di Approvvigionamento delle Risorse			
		Anni	Mesi	Settimane	Giorni
Risorse	Impianti	○			
	Manodopera specializzata	○			
	Manodopera generica		○		
	Manodopera straordinaria		○	○	
	Materiali generici			○	○
	Componenti standard			○	○
	Componenti specifici		○	○	

Struttura di un generico sistema di programmazione e controllo

Precedentemente è stata data una definizione di programmazione della produzione con lo scopo di introdurre il tema che, però, risulta essere troppo generica. In ogni caso, questa definizione focalizza l'attenzione sul fatto che lo scopo della programmazione della produzione consiste essenzialmente nell'assicurare che venga, sempre, prodotto solo ciò che serve nei tempi e quantità giuste e al minimo costo possibile. In questo senso, la programmazione della produzione costituisce uno dei principali strumenti a disposizione di un'azienda per massimizzare la propria efficienza produttiva. L'impiego razionale di tale strumento consente, infatti, di realizzare ciascun prodotto o servizio nella quantità, con gli standard qualitativi e nel tempo stabilito, utilizzando le risorse disponibili nella maniera più conveniente.

In genere quando si devono affrontare problemi molto complessi, si tende ad utilizzare un approccio *gerarchico* [3]. Questo consiste nel dividere il problema complessivo in più sottoproblemi di più semplice soluzione, in modo che all'interno di ciascuno di essi, il numero di variabili e vincoli sia limitato. Il problema complessivo viene, pertanto, risolto per fasi, risolvendo un sottoproblema alla volta. Secondo questo approccio, allora, il problema complessivo della programmazione della produzione può essere scomposto in una serie di fasi ciascuna con un limitato numero di vincoli e di variabili e con un ben preciso compito e organizzate in modo che l'output di una fase rappresenta l'input della successiva. I diversi Autori sono concordi nell'impiego di questo approccio, però, il numero di fasi e le attività presenti in ogni fase cambiano a seconda dell'impostazione seguita

Nei vari testi il problema della programmazione della produzione viene affrontato in modo molto differente. Da questo punto di vista è più utile, allora, riferirsi ai testi di *Operations Management*³. Per *Operations Management* s'intende «**la gestione delle attività che interessano la progettazione, la pianificazione ed il controllo delle risorse impiegate**

³ Il termine *Operations Management* può essere tradotto in italiano con *gestione della produzione* a patto, però, che il termine *produzione* assuma un significato più ampio rispetto a quello tradizionale e comprenda anche le fasi dell'approvvigionamento e della distribuzione fisica del prodotto oltre che a quella di trasformazione vera e propria.

nella produzione di beni e servizi»⁴ e comprende, pertanto, anche la programmazione della produzione. In questi testi, infatti, è possibile riconoscere un unico approccio al problema in quanto i vari Autori sono più concordi nel definire il campo d'interesse della programmazione della produzione, e nell'individuare le principali fasi.

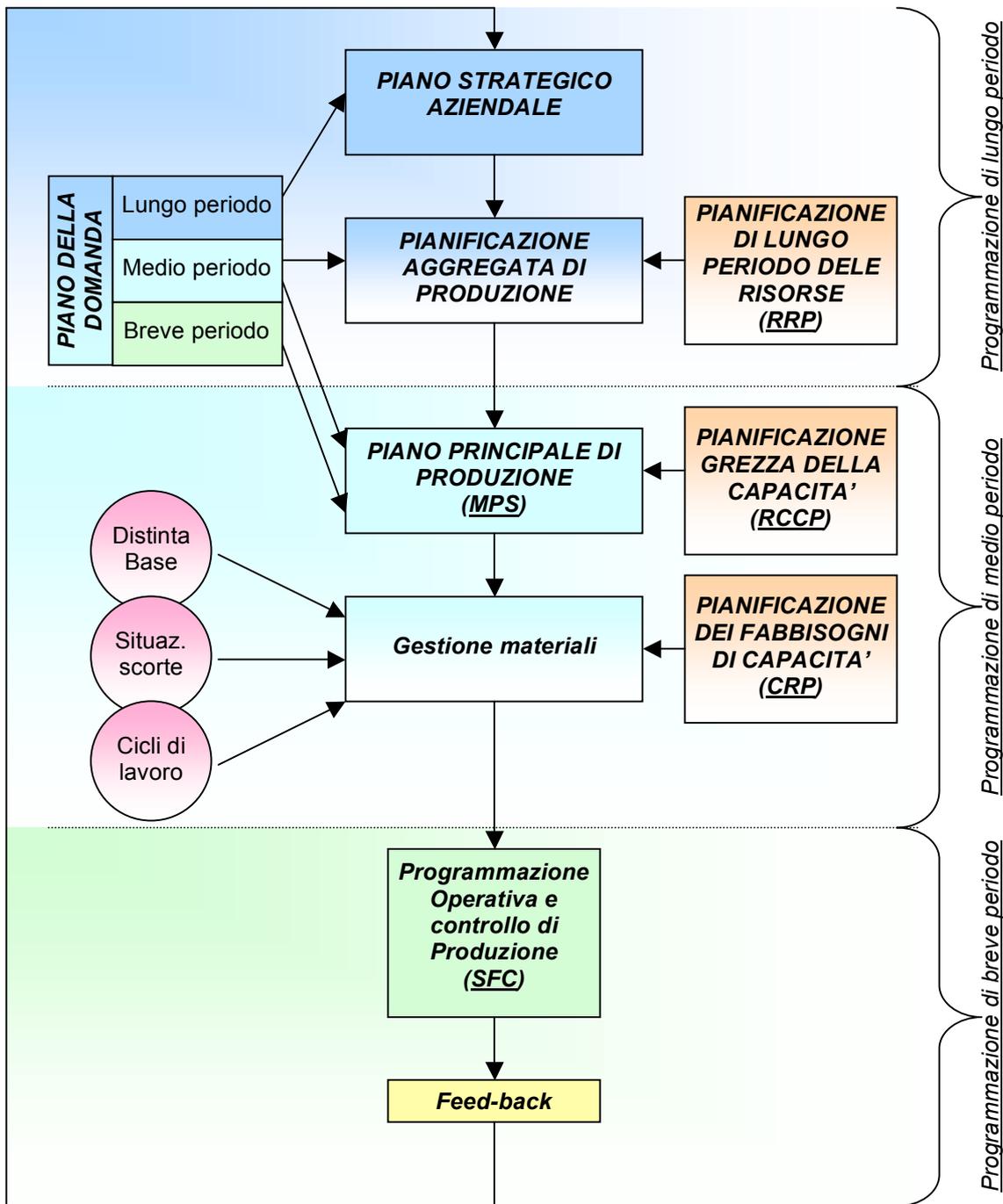
Secondo Chase, Aquilano, Jacobs [1] la programmazione della produzione viene strutturata in quattro fasi principali:

1. pianificazione strategica della produzione,
2. programmazione aggregata della produzione,
3. programmazione principale della produzione,
4. programmazione operativa e controllo della produzione.

Questo approccio è del tutto analogo a quello proposto in altri testi e sarà quello seguito nel prosieguo.

Come abbiamo visto, la gestione del complesso di piani ed attività necessarie per una corretta gestione delle attività aziendali, richiede, in molte aziende, la presenza di un *sistema di programmazione e controllo della produzione* che assicuri la consegna dei prodotti richiesti dal mercato nei tempi, nei modi e nelle quantità previste.

⁴ La *Operations Management* comprende, allora, la gestione dell'intero ciclo di vita del prodotto (e non soltanto la gestione giornaliera day-to-day della produzione) e la gestione di tutte le risorse dell'azienda: materiali, persone, impianti ma anche risorse intangibili come conoscenze e esperienza; cfr. [1].



Nella figura precedente è riportato la struttura di un generico sistema di programmazione e controllo della produzione e le principali attività e strumenti utilizzati [17]. Tale modello è soltanto uno dei possibili riferimenti, tra i molti alternativi proposti in letteratura, e non si riferisce, in particolare, a nessun tipo di sistema produttivo.

La figura è divisa in tre parti e mostra in particolare la struttura gerarchica delle fasi del processo di programmazione della produzione. Se sovrapponiamo, in particolare, un

generico organigramma di un'azienda su questo schema di flusso del processo di programmazione, notiamo che i livelli superiori dell'organizzazione si occupano della programmazione a lungo termine mentre i livelli inferiori di quella a breve termine. In un modo più formale, Hax e Meal usano il termine *Hierarchical Production Planning* (HPP) per associare la struttura della programmazione della produzione all'organizzazione aziendale [14]. Gli alti livelli dell'organizzazione usano dati sintetici per decisioni di “alto livello”, mentre nei reparti di produzione si usano dati dettagliati e di “basso livello”. Nel caso estremo, la logica HPP stabilisce che il top management non dovrebbe essere coinvolto nel determinare un lotto di produzione su un centro di lavoro. Allo stesso modo il supervisore di linea non dovrebbe essere coinvolto nel pianificare nuove linee di prodotto.

La parte superiore della figura rappresenta la “testa” del sistema e corrisponde alla fase di programmazione di lungo periodo, costituisce l'insieme delle attività impiegate per la definizione degli obiettivi e della strategia che l'azienda deve seguire. La parte centrale, che rappresenta il “corpo” del sistema e corrisponde alla fase di programmazione di medio periodo, costituisce l'insieme delle attività impiegate per la definizione dei programmi di dettaglio di produzione. La parte inferiore, rappresenta, invece, la “base” del sistema e corrisponde alla fase di programmazione di breve periodo e controllo di produzione. In questa parte, vengono raggruppate quelle attività che presentano un contenuto prevalentemente operativo e che hanno il compito di rendere esecutivi i piani precedentemente definiti.

Le attività mostrate nella figura sono, in ogni modo, necessariamente eseguite in ogni azienda manifatturiera, sia grande sia piccola. Il rilievo dato a ciascuna delle attività dipende fortemente dalle caratteristiche della società. Senza dubbio le caratteristiche del processo, del prodotto e del mercato di ogni azienda influenzano il modo con il quale ognuno dei sistemi mostrati in figura è disegnato ed implementato. Per alcune aziende, infatti, è necessario includere i sistemi di distribuzione dei prodotti finiti, altre hanno un maggiore bisogno di un'estesa rete di fornitori. Dal punto di vista del processo di produzione si può essere più vicino ad un *jobshop* che ad un *flowshop*, o viceversa. Un'azienda tipo *make to order* ha la necessità di integrare le attività ingegneristiche e di progettazione con il sistema di PCP. Una azienda *make to stock* è, invece, più interessata ad una attenta gestione delle scorte, mentre una azienda *assemble to order* è più interessata a far rispettare le previste date di consegna ai clienti.

In sostanza, nonostante che l'approccio base mostrato nella figura è applicato a qualsiasi azienda, è necessario adattare il sistema agli specifici bisogni dell'azienda, che possono cambiare anche di molto.

Vista la complessità e la molteplicità delle informazioni e delle procedure necessarie per sostenere le diverse attività di programmazione della produzione, risulta al giorno d'oggi difficile non immaginare che vengano impiegati, come supporto per chi si occupa di queste attività, opportuni *sistemi informativi*. Questi sistemi sono noti come Manufacturing Planning and Control Systems (MPCS) o Manufacturing Resources Planning (MRP II) e rispecchiano fedelmente la struttura del processo di programmazione proposto in figura, come sarà approfondito in seguito. Lo schema di flusso delle attività di programmazione è descritto in seguito; nei capitoli successivi si affronteranno nel dettaglio le singole fasi.

Il processo ha inizio con il piano della domanda che viene elaborato, di norma, dalla funzione commerciale e trae spunto dalle previsioni delle vendite e dal portafoglio ordini esistente. In questa fase occorre considerare l'effetto indotto da politiche promozionali e pubblicitarie, nonché degli andamenti ciclici e stagionali delle vendite (gestione della domanda). A tali determinazioni si contrappone il piano aggregato di produzione (in inglese, Aggregate Production Plan), che ha lo scopo di pianificare l'impiego delle risorse (capacità produttiva), valutandone, nel contempo, i limiti in termini di elasticità.

Dalla contrapposizione della «capacità produttiva necessaria» desunta dal piano della domanda, con la «capacità produttiva disponibile», calcolata in base a parametri tecnici, si genera una prima verifica di fattibilità o di carico; in talune applicazioni, tale fase è supportata dall'impiego di sistemi RRP – Resource Requirement Planning. In caso di soluzione negativa, occorre procedere alla ripianificazione, ricercando modalità di ampliamento della capacità produttiva o attenuando le ambizioni commerciali, attraverso la rivisitazione delle previsioni di vendita. In caso affermativo, si sviluppa la fase successiva, ovvero la formulazione del piano principale di produzione o Master Production Schedule .

In tale fase si definiscono le alternanze di produzione (sequenziamento) e l'entità dei lotti di produzione (lottizzazione), avendo cura di operare secondo modalità di saturazione delle capacità produttive e di livellamento dei carichi di lavoro; ad evidenza, tali operazioni comportano una preventiva analisi di disponibilità delle capacità e dei componenti critici, con l'impiego di moduli RCCP – Rough Cut Capacity Planning.

Autorizzato il piano principale, si procede alla programmazione di dettaglio dei carichi,

previa esplosione, in funzione delle informazioni contenute nelle distinte base dei prodotti, dei fabbisogni di materiali e di componenti. Parallelamente occorre valutare la disponibilità delle capacità produttive richieste dai cicli di lavorazione (Capacity Requirement Planning). Come verrà più approfonditamente descritto nel seguito, in questa fase si definisce il piano operativo di produzione, caratterizzato dal piano finale di montaggio, Final Assembly Schedule – FAS, per le attività terminali o di “coda”, e dallo scheduling in senso stretto per tutte le altre operazioni, dette anche di “testa” del processo. Gli ordini così pianificati vengono rilasciati ai reparti a monte (se ordini di fabbricazione o preassemblaggio), ai terzi fornitori (se di approvvigionamento), tenendo in debito conto dei rispettivi lead time e delle esistenze disponibili a magazzino.

Verificata la disponibilità di tutti i componenti e della capacità produttiva, si dà avvio alla fase di esecuzione, con il progressivo rilascio degli ordini di produzione e assemblaggio. In questa fase assume rilevanza l’assegnazione di priorità tra le diverse commesse o lotti, effettuata secondo precisi obiettivi di breve termine (scadenze, saturazioni, indisponibilità), detta anche dispatching. L’ultimo anello del ciclo descritto, è rappresentato dal controllo di produzione, inteso a monitorare il corretto avanzamento del lavoro, il manifestarsi di colli di bottiglia, l’accumulo di code, l’insorgere di scarti, o di altre anomalie che possono pregiudicare il conseguimento degli obiettivi di efficienza e servizio programmati. L’attività di controllo sviluppa input informativi sullo stato delle macchine e dei processi utili alle misure di prestazione del sistema produttivo/logistico e alla reimpostazione dei cicli successivi del processo di programmazione.