



LA PROGRAMMAZIONE DELLA PRODUZIONE

Introduzione

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 inclinano 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.

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 fondamentalmente 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 e tramite gli obiettivi di budget, 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 e della sicurezza.

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.



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

- il tempo (Lead Time) di sviluppo ed introduzione 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.

Il flusso delle informazioni nella attività di pianificazione 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 effettuata spesso con metodi 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 produttivo e 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 (MAI ESATTI).

Dall'analisi dei dati di vendita, alla gestione degli ordini, alla situazione delle scorte viene compilato il Prospetto dei fabbisogni per la distribuzione relativo ad 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, nota come Materials Requirements Planning (MRP). Attraverso l'uso della Distinta Base (DB oppure BOM – Bill Of Materials), l'MRP espone i programmi di produzione nei componenti da produrre o da acquistare. **La DB è, infatti, una rappresentazione della struttura del prodotto, esistente in varie forme, denominazioni e tipologie, ognuna particolarizzata e funzionale allo scopo od alla funzione d'uso (DB di produzione, con rilievo particolare alla struttura di prodotto in termini di componenti, rapporti gerarchici di montaggio, ecc; DB di approvvigionamento, contenente informazioni relative alle problematiche di approvvigionamento, quali lotti minimi da ordinare, fornitore/i, tempi di consegna, vettore, ecc; DB di manutenzione che contiene le informazioni integrative relative ai montaggi/smontaggi, agli indici di affidabilità, alla collocazione delle parti sostitutive, ecc; e così via).**

Vediamo, ora, che cosa s'intende per programmazione; il termine "programma" deriva dalla lingua greca e significa, letteralmente, "scrivere in anticipo". 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». 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, in quanto 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 dalla dirigenza aziendale, 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.

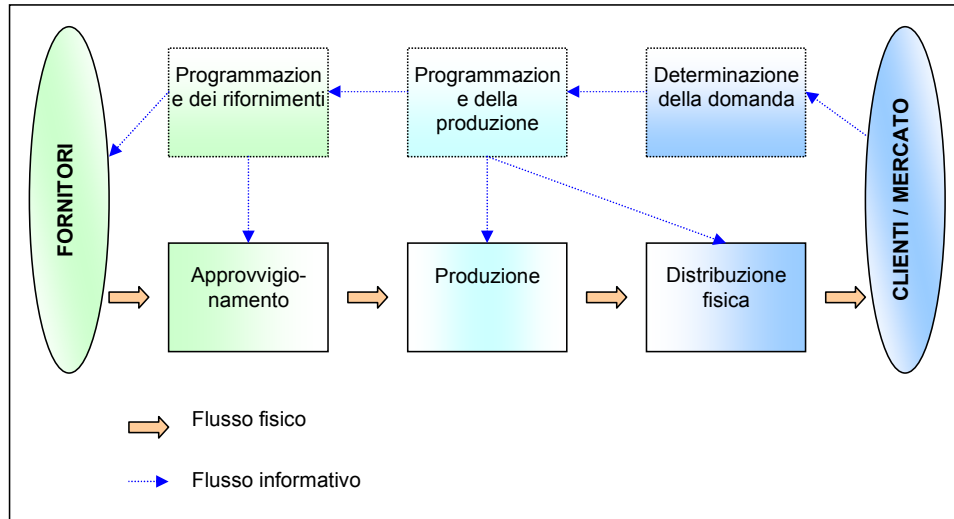
Perché programmare la produzione

La programmazione della produzione può essere definita come quel «processo con cui si stabilisce ed impegna (se le risorse esistono o sono ottenibili) l'ammontare delle risorse (attività, manodopera, macchinari, attrezzature, materiali, servizi generali d'impianto, 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».

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, servizi generali d'impianto, i materiali, i mezzi di trattamento delle informazioni, i mezzi di trasferimento delle merci, l'organizzazione, ecc.) – che hanno in comune il fine di ottenere la trasformazione dei materiali che entrano in prodotti finiti vendibili».

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.



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.

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 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. 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, a quest'ultima, di fabbricare ciascun prodotto nella quantità, nella qualità, 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. 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.

È utile riferirsi alla attività di Operations Management. Per Operations Management s'intende «la gestione delle attività che interessano la progettazione, la pianificazione ed il controllo delle risorse impiegate nella produzione di beni e servizi» e comprende, pertanto, anche la programmazione della produzione.

Secondo alcuni autori la programmazione della produzione viene strutturata in quattro fasi principali:

1. pianificazione strategica della produzione, orizzonte temporale di riferimento: 2 o + anni (lungo termine), livello accuratezza dati disponibili basso, di competenza dirigenziale;
2. programmazione aggregata della produzione, orizzonte temporale di riferimento: 6 mesi - 1.5 anni (medio termine grosso modo corrispondente all'anno o esercizio), livello di accuratezza dei dati da elaborare medio, eseguito a livello di quadri e responsabili di funzione aziendale, livello di accuratezza dei dati da elaborare medio;
3. programmazione principale della produzione, orizzonte temporale di riferimento: sei mesi - 1 anno (medio termine, pari ad 1 esercizio), livello di accuratezza dei dati da elaborare medio - alto, periodo di riferimento pari alla settimana/mese, (con disaggregazione delle informazioni e periodo di riferimento di dettaglio maggiore rispetto alla pianificazione aggregata), sotto la responsabilità dei dirigenti, dei responsabili delle funzioni informative (tramite sistemi di tipo MRP);
4. programmazione operativa e controllo della produzione, orizzonte temporale di riferimento: giorno, settimana o mese (breve/brevissimo termine), livello di dettaglio dei dati da utilizzare elevato e senza grossi margini di variabilità, eseguito a livello shop o reparto, o tramite l'elaborazione con sistemi informativi di elaborazione.

Questo approccio sarà quello seguito nel prosieguo.



Riepilogando, quello che distingue le differenti tipologie di pianificazione, e che ne caratterizza completamente le metodologie di attuazione, è rappresentabile nelle seguenti caratteristiche:

- scopo,
- orizzonte di riferimento;
- livello di analiticità e dettaglio;
- tipologia di risorsa umana sotto la cui responsabilità ricade l'attività (quindi livello di operatività/importanza strategica);

Si può dire che:

1. la **pianificazione strategica** serve per valutare le variazioni di capacità da assegnare al sistema produttivo; tali integrazioni possono essere sia in senso verticale (prolungamento del processo già realizzato nel sistema in oggetto, nella direzione di filiera delle attività già realizzate, o dai nostri fornitori (integrazione verticale discendente), o nel senso dei nostri clienti (integrazione verticale ascendente), in relazione alla maggiore redditività ottenibile con la soluzione; oltre alla integrazione verticale si possono valutare necessità di aumento/riduzione di capacità delle risorse del tipo di quelle già esistenti, in relazione a previsioni di flessione/espansione del mercato (integrazione orizzontale).

La pianificazione strategica può anche prevedere attività di integrazione diagonale ovvero realizzazione di prodotti di destinazione di mercato differenti ma con gli stessi processi già condotti (da produzione di componentistica meccanica per il settore automotive, alla produzione anche di componentistica meccanica ma per il settore aeronautico o navale). Dato che le attività in oggetto richiedono grande anticipo di tempo con impegno di capitali, investimenti di lungo termine, gli orizzonti di riferimento sono quelli del lungo periodo (1 - 2 anni), le responsabilità finanziarie, strategiche, economiche e concorrenziali sono notevoli e tale attività è affidata alla proprietà od ai livelli dirigenziali.

Il livello di accuratezza dei dati disponibili è per gli stessi motivi (tempi lunghi e orizzonti di lungo termine) basso, infatti, dato che si devono ipotizzare scenari ed eventi piuttosto distanti nel tempo, le potenzialità di accuratezza sono basse ed i metodi di analisi e decisione hanno carattere di soggettività e opinabilità legati alla esperienza e al "fiuto" per la direzione che prenderà il mercato.

2. Il secondo livello di pianificazione è quello del **piano aggregato di produzione** che ha lo scopo di organizzare e allocare le risorse esistenti, e verificarne la adeguatezza al piano della domanda prevista e nota (dagli ordini a portafoglio pervenuti + obiettivi di marketing); siamo in un orizzonte temporale breve tale da non consentire di ritenere di poter modificare il livello delle risorse disponibili, se non nell'ambito dell'elasticità residua delle stesse (elasticità della capacità offerta dalla manodopera dovuta agli straordinari, oppure elasticità nella saturazione delle macchine, ecc.).



L'orizzonte temporale corrisponde a quello grosso modo di un esercizio (circa 12 mesi), inferiore agli orizzonti relativi alla pianificazione degli investimenti, e quindi tale da non poter consentire adeguamenti della capacità delle risorse; il livello di dettaglio delle informazioni è maggiore di quelle disponibili per il livello strategico, quindi le metodologie adoperate sono più affidabili; le implicazioni strategiche e di sopravvivenza sono inferiori al livello precedente e tale attività è affidata ai livelli dirigenziali ed operativi disponibili nelle aree di struttura generale dell'azienda (servizio programmazione e pianificazione, finanza e budget, ecc.).

3. Segue come livello di pianificazione quello relativo al **Piano Principale di Produzione PPP** altrimenti detto in inglese **MPS (Master Production Schedule)**, che ha come orizzonte di riferimento lo stesso o poco meno di quello del piano aggregato, ma con un livello di dettaglio relativamente al profilo della domanda molto più spinto, giacché ci si spinge al livello di tipologia specifica del prodotto finito da realizzare, ed anche la collocazione della domanda nel tempo è molto più definita; alla fine viene a costituire il carico di lavoro richiesto ai reparti, periodo per periodo, od il piano degli approvvigionamenti di materie prime e componenti da lanciare con la cadenza opportuna (settimana/giorno).
4. infine, si ha il livello della **programmazione operativa**, infatti i carichi di attività prescritti a valle del PPP (eventualmente descritti e rappresentati nei records in output dei sistemi MRP) vengono richiesti alle varie risorse (reparti/macchine/stazioni di lavoro) che, per rispondere tempestivamente e correttamente alla richiesta di attività, hanno necessità di effettuare correttamente le operazioni ed attività richieste in termini di:
 - di corretta allocazione delle attività alle differenti risorse disponibili (loading);
 - di corretto sequenziamento delle attività di processamento, e quindi di definizione dei programmi giornalieri di impiego delle risorse sui jobs pianificati nel periodo (scheduling/sequencing),
 - di corretta definizione delle priorità di attività da fare, e quindi problematiche relative alla individuazione dei jobs da inviare per primi sulle risorse (dispatching);

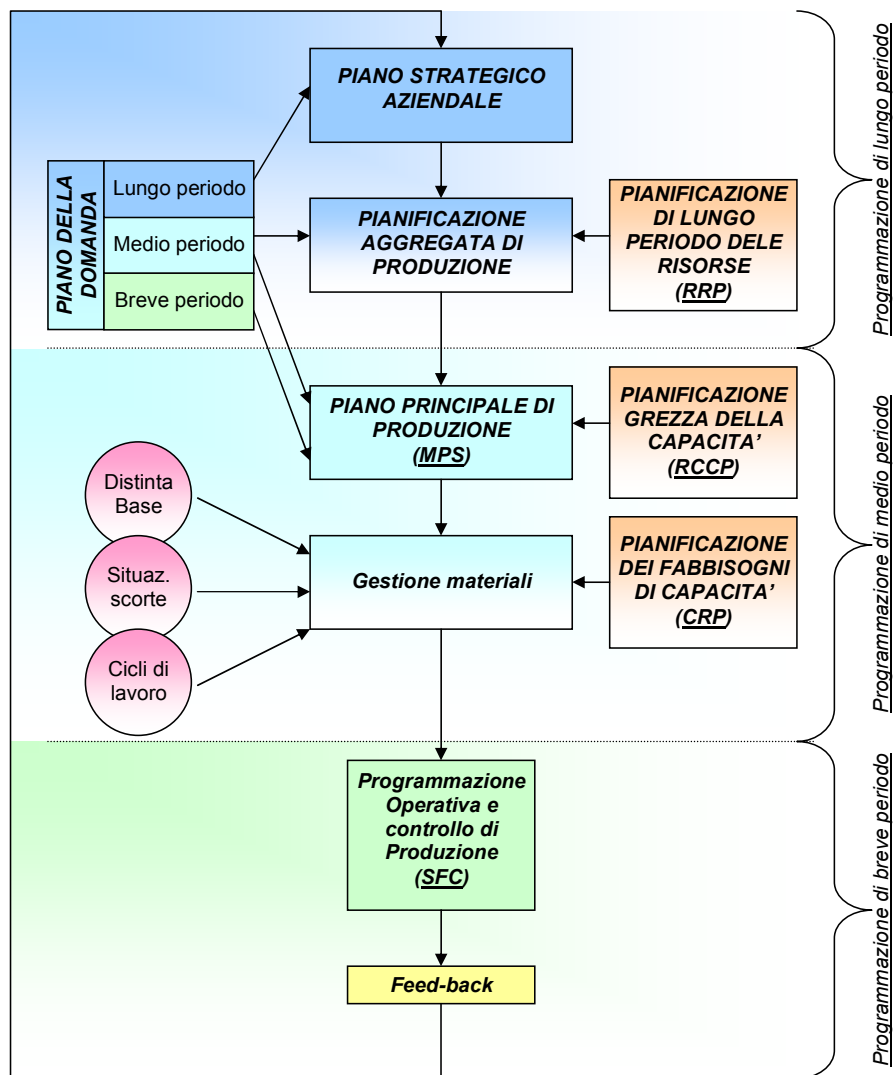
il tutto per ottimizzare i parametri prestazionali definiti internamente al sistema in relazione agli obiettivi di performance esterni.

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.



Nella figura seguente è riportato la struttura di un generico sistema di programmazione e controllo della produzione e le principali attività e strumenti utilizzati. 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, (si adopera il termine Hierarchical Production Planning (HPP) per associare la struttura della programmazione della produzione all'organizzazione aziendale]. 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 informatici. 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.

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 (PPP) o Master Production Schedule (MPS).

In tale fase si definiscono le alternanze di produzione (sequenziamento/sequencing - scheduling) e l'entità dei lotti di produzione (lottizzazione/lot sizing), 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). 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.



II. PIANIFICAZIONE DELLA CAPACITÀ A BREVE TERMINE E PROGRAMMAZIONE DELLA PRODUZIONE

La capacità di un'impresa produttrice di beni o fornitrice di servizi, si può definire come la massima quantità possibile di output derivante dal processo produttivo nell'unità di tempo (n. di motori producibili al giorno, n. di passeggeri trasportabili al giorno, etc.).

La capacità deve essere misurata da una quantità di output il più omogeneo possibile (pur nell'eterogeneità delle attività aziendali), indicativo del bene prodotto o del servizio reso dall'azienda. In mancanza di un termine omogeneo di output si può far riferimento al fattore produttivo più indicativo del tipo di attività svolta: per es. ore-uomo disponibili se la produzione prevede una forte componente di manodopera, o ore macchina disponibili se la produzione è fortemente automatizzata e così via. In alcuni casi, per definire la capacità, si può assumere come parametro l'entità dell'input trattabile, se questo è omogeneo (ad es. tonnellate di acciaio lavorabili).

Prima di elencare dettagliatamente i diversi tipi di strategie che si possono adottare per pianificare nel breve periodo (meno di un anno) la capacità dell'impresa, e poiché tale attività procede parallelamente alla programmazione della produzione, si ritiene opportuno introdurre le analisi che presiedono alla programmazione della produzione, la cui messa a punto al livello più alto, quello della programmazione aggregata, richiede il ricorso a tali strategie.

Preliminare ad ogni attività di programmazione della produzione è la valutazione della domanda dei prodotti e/o servizi oggetto dell'attività dell'azienda. Tale domanda è il risultato della somma degli ordini già espressi dai clienti e della quantità prevista sulla base delle vendite realizzate in precedenza. La domanda determina quale capacità, in termini di ore macchina e di ore manodopera, è richiesta, e quando.

La programmazione della produzione, può essere articolata su tre livelli: il primo livello (fig. 1) è quello della programmazione aggregata. Questa attività e quindi i Piani di Produzione Aggregati (PPA), che ne sono il risultato, precisano i fabbisogni di output per i più importanti gruppi o famiglie di prodotti di una azienda. I fabbisogni sono generalmente espressi in ore di macchinario o ore di manodopera per quantità prodotte. Il secondo livello della programmazione è quello del Master Production Schedule (M.P.S).

Esso è derivato dai piani aggregati di produzione e specifica quantità e date di produzione per i singoli prodotti e componenti finiti. Il terzo livello è quello del Materials Requirements Planning¹.

Il (M.R.P.) Materials Requirements Planning, espone il M.P.S, in fabbisogni netti tempificati di tutte le parti e componenti che sono necessari per sopportare la produzione di un determinato prodotto finito.

Ai tre livelli, P.P.A., M.P.S. e M.R.P. viene effettuata una programmazione di priorità e di capacità (fig. 2): di priorità per tenere conto della sequenza in cui i lavori devono essere

¹ Nella evoluzione delle attività di pianificazione e programmazione, attualmente il termine MRP è acronimo di Manufacturing Requirements Planning, ovvero Pianificazione dei Fabbisogni di Attività di Produzione, e comprende sia le attività di pianificazione dei materiali presente nella originaria accezione, sia anche la pianificazione delle attività necessarie per la produzione pianificata (Manufacturing), derivanti dai fabbisogni.



eseguiti; di capacità per stabilire quale capacità in termini di manodopera e di attrezzature è richiesta e quando.

Al primo livello, quello della programmazione aggregata, in cui si ha un orizzonte temporale da 6 mesi a 2 anni possono essere prese decisioni di aumentare o ridurre la capacità. Tale livello di programmazione della capacità deve essere correlato al M.P.S..

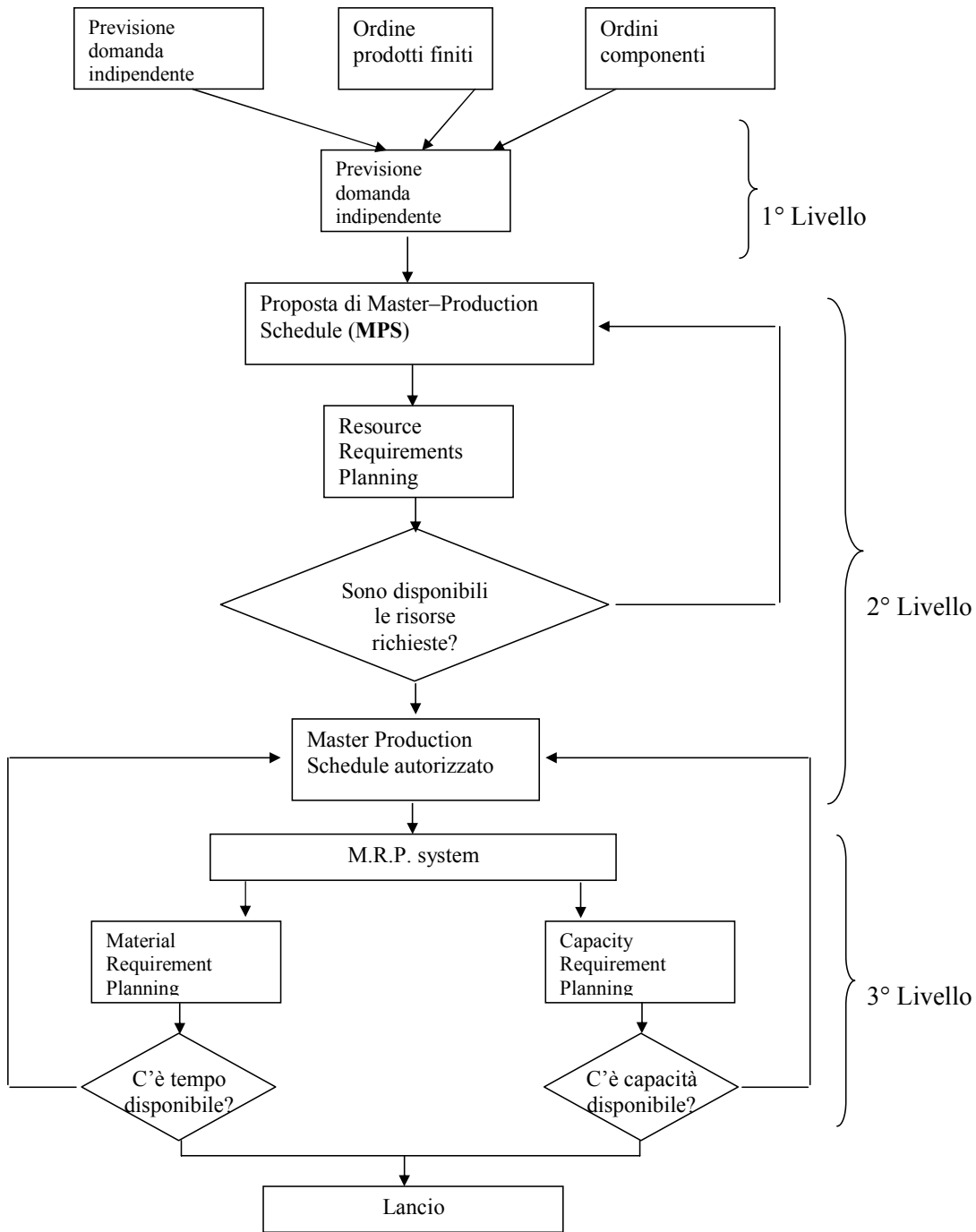


Fig. 1 – I tre livelli della programmazione della produzione

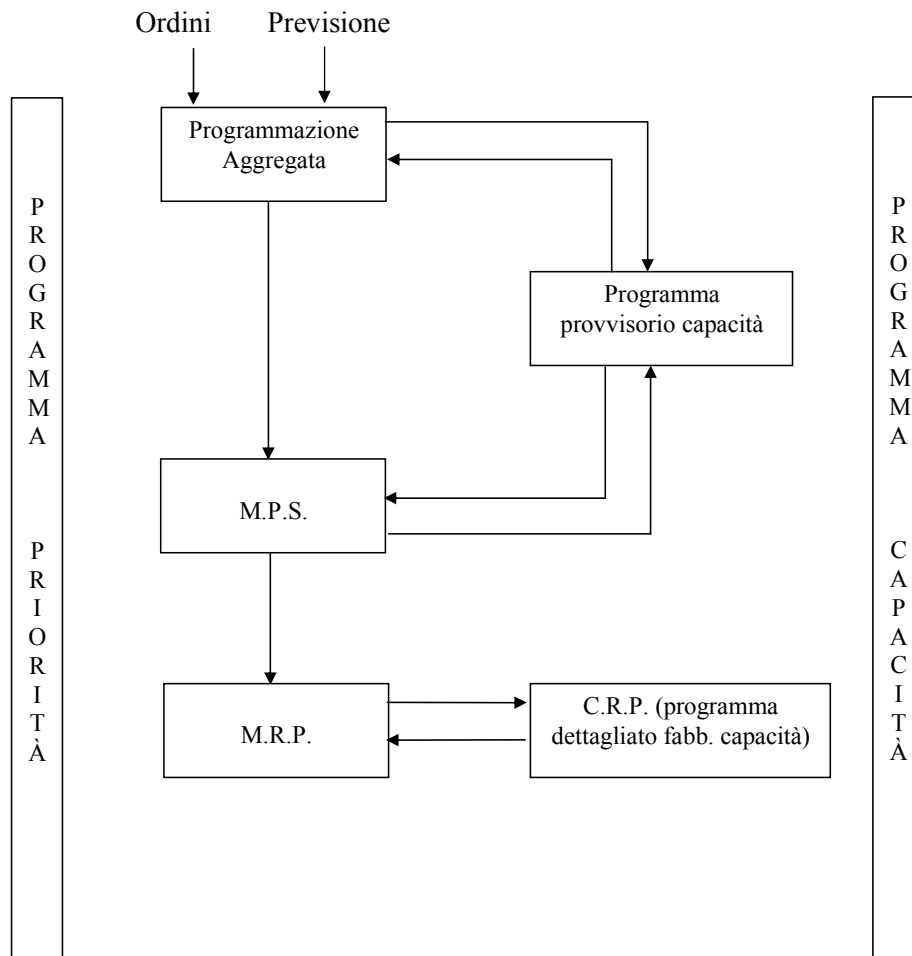


Fig. 2 - Relazione tra capacità e programmazione della produzione

Una stima approssimata della capacità necessaria è effettuata creando un profilo di carico di prodotti e una distinta della manodopera per ogni prodotto finito precisato dal M.P.S. . I fabbisogni di capacità possono essere stimati estendendo il profilo di carico dei prodotti per creare profili di carico per i centri di lavoro critici.



Se si individuano centri con strozzature o sovraccarichi si possono richiedere variazioni nel M.P.S. proposto, oppure si adottano alcuni provvedimenti che consentono di cambiare la capacità a livello di piani di produzione:

1. Cambiamento di decisioni di make/buy
2. Subappalto su lunghi periodi
3. Riallocazione di forze lavoro
4. Acquisto di nuovi macchinari.

La programmazione della capacità a breve termine interagisce con il M.R.P. e con le attività di controllo d'officina.

In relazione al M.R.P. vi è il C.R.P. (Capacity Requirements Planning) per definire fabbisogni di capacità nell'orizzonte di programma per specifici centri di lavoro.

LA PROGRAMMAZIONE AGGREGATA

La programmazione aggregata nel caso di produzione omogenea stabilisce il livello di produzione, esprimendolo in termini di quantità di prodotti finiti, su un orizzonte temporale a medio termine, in genere da sei mesi a due anni.

L'aggettivo "aggregato" sottolinea il raggruppamento dei prodotti o servizi in categorie omogenee (n. autovetture, n. motori, n. tonnellate d'acciaio, n. clienti serviti) ignorando i dettagli come stile, colore, tipo, ecc. che differenziano l'output.

Tabella 1 - Piano aggregato

mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O
numero di motori	40	25	50	30	30	50	30	40	40	--

Dal piano aggregato (tabella n. 1) discende il Master Production Schedule (MPS) (tabella 2) che è relativo allo stesso orizzonte temporale ma precisa i diversi tipi di prodotti finali.

Tabella 2 - M.P.S.

mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S
numero di motori									
BENZINA 1300 cc	15	--	30	10	10	20	15	--	20
BENZINA 1300 cc	20	25	15	10	10	20	15	20	20
DIESEL 2000 cc	--	--	5	10	5	10	--	10	--
TURBODIESEL 2500 cc	5	--	--	--	5	--	--	10	--

Per sviluppare un piano aggregato bisogna identificare una unità di misura significativa di output che permetta di riunire prodotti diversi in gruppi



Nel caso di eccessiva eterogeneità dell'output si può far riferimento all'input, se l'input del processo produttivo è omogeneo, (ad es. tonnellate di acciaio da trattare), oppure ad un parametro che meglio rappresenti la specifica attività produttiva (ad es. ore macchina richieste, ore mano d'opera necessarie).

Ad esempio un produttore di birra può pianificare in termini generici di "litri" di birra, un produttore di vernice in termini di tonnellate di vernice. Un'organizzazione che si occupa dei servizi di trasporto urbano può utilizzare come unità di misura, i "chilometri-passeggero".

Inoltre è molto importante la scelta di un appropriato orizzonte temporale: non bisogna infatti minimizzare i costi di ogni singolo periodo ma quelli globali per evitare un piano subottimale a lunga scadenza.

Non conviene nemmeno selezionare un orizzonte troppo esteso poiché aumenterebbe il numero delle possibilità alternative e di conseguenza i costi e i tempi per la loro valutazione.

Essendo basato su previsioni della domanda il piano deve comunque essere aggiornato per tener conto di eventi inattesi.

Se non si è lavorato al ritmo stabilito o se la domanda effettiva è stata diversa da quella prevista si possono notare in magazzino scorte eccessive o insufficienti a soddisfare le richieste.

Prima di procedere alla stesura del piano necessario identificare tutte le risorse disponibili e determinare quali di essi possano venire modificate al fine di ottimizzare la produzione. Le risorse sono infatti limitate e devono essere sfruttate per ottenere i maggiori benefici.

Il piano aggregato deve contenere tutte le informazioni che permettono di soddisfare la richiesta di output nei limiti delle risorse disponibili e ai minimi costi per l'organizzazione.

Il piano deve indicare i tassi di produzione, le quantità di scorte, i fabbisogni di approvvigionamento e i dati relativi alla manodopera, classificandoli mese per mese e sottolineando se si tratta di impiego temporaneo o duraturo, di straordinari, di subappalti, ecc..

Esso è affiancato, come sottolineato nel paragrafo precedente, da un piano di capacità che ne garantisce l'attuabilità in base a considerazioni sulla capacità produttiva dell'impresa. Tale piano traduce la quantità di output in termini di input, per stabilire in modo approssimato quanta capacità produttiva dell'impresa sarà utilizzata.

Ad esempio un gruppo di prodotti necessita di un dato numero di ore di lavoro di montaggio e di lavorazione e richiede determinati macchinari in una precisa successione.

Sebbene la capacità di base sia fissa essa può subire delle modificazioni a breve termine se si agisce su parametri interni all'organizzazione produttiva quali il tasso di produzione, le scorte o su parametri esterni quali il ricorso al subappalto o al tentativo di modificare la domanda.

È proprio compito della programmazione aggregata costruire una strategia che renda compatibili gli obiettivi da raggiungere con la capacità produttiva disponibile.

Se l'azienda ritiene che la domanda sia influenzabile si possono adottare strategie attive, in caso contrario, cioè se la azienda è costretta a subire le fluttuazioni della domanda si può far ricorso a strategie passive.

Le strategie attive mirano a modificare la domanda per adeguarla al ritmo di produzione normale. Le pratiche adottabili sono le seguenti:



- 1) Differenziazione dei prezzi per livellare la domanda, riducendola nei periodi di punta ed aumentandola nei periodi di minore richiesta. Si può pensare agli sconti per vacanze fuori stagione, ai prezzi ridotti delle telefonate serali, alle svendite di fine stagione, agli sconti delle tariffe aeree nei fine settimana ecc..
- 2) Sviluppo della pubblicità per stimolare la domanda, in quei periodi in cui è meno sostenuta.
- 3) Molto spesso la domanda viene influenzata imponendo al cliente un certo periodo di attesa. Generalmente ciò evita periodi alternativamente di punta e di stasi nella produzione anche se spesso comporta la perdita di commesse.
- 4) Sviluppo di prodotti complementari, tipico di imprese soggette a cicli stagionali. Un tipico esempio è una impresa produttrice di tagliaerba che inizia a produrre spazzaneve, o una produttrice di sci che inizia a produrre racchette da tennis.

Le strategie passive consentono di modificare la capacità produttiva per adeguarla alla domanda ricorrendo ai seguenti provvedimenti:

- variazione della forza lavoro
- ricorso al lavoro straordinario
- ricorso al magazzino
- ricorso al subappalto
- altre soluzioni:
 - accordi con altre società.
 - accettazione ordini in anticipo
 - possibilità di posticipare la consegna.

La prima strategia consiste nel modificare il numero di addetti a seconda delle fluttuazioni della domanda.

In un'industria è possibile stimare la produttività media di un addetto e quindi determinare il numero di persone necessarie per raggiungere il livello di produzione desiderato per ciascun mese.

Si potrebbe dunque (teoricamente, ed in relazione alle forme contrattuali) decidere di assumere e licenziare il personale a seconda della richiesta mensile; in realtà, è molto più praticata la flessibilità e/o riallocazione del personale fra attività reparti o stabilimenti o siti.

Certamente questa strategia presenta notevoli inconvenienti dal punto di vista economico e sociale: bisogna considerare gli elevati costi di ricerca, di selezione, di assunzione di licenziamento e di addestramento del personale. Inoltre la "curva di apprendimento"² mostra che il lavoratore medio raggiunge la sua piena efficienza dopo un certo tempo e quindi la forza lavoro non sarebbe sfruttata adeguatamente.

^{3 4} In alcune realtà aziendali molto significative la programmazione aggregata viene coordinata dalla funzione logistica che integra le esigenze della produzione con quelle del commerciale e del finanziario.



Si potrebbe allora ricorrere al lavoro straordinario specialmente se la variazione nella domanda è considerata temporanea.

In genere però il lavoro straordinario costa molto di più del salario normale potendo anche raddoppiando addirittura (fine settimana, festività, turni notturni, sequenze affaticanti, ecc.). Ci sono inoltre dei limiti legali e fisici che non permettono il ricorso eccessivo a tale pratica; sicuramente se l'orario di lavoro diviene troppo pesante i lavoratori divengono inefficienti e la produttività diminuisce.

Anche il magazzino può servire per assorbire le fluttuazioni della domanda mantenendo il livello di produzione costante (vd. tabella 3).

L'idea fondamentale è di produrre per il magazzino durante il periodo di stasi della domanda e di svuotare il magazzino nei periodi di punta³.

I vantaggi di questa strategia sono ovvi: il numero di addetti è fisso, l'orario di lavoro è costante.

Però un magazzino pieno provoca alti costi di magazzinaggio richiede spazio, comporta immobilizzo di capitali, tasse, assicurazioni, danni, e il rischio di obsolescenza dei prodotti.

Durante i periodi di punta della domanda si può ricorrere al subappalto, si può cioè richiedere ad altri gruppi la produzione di un determinato pezzo.

Ad esempio un'azienda di giocattoli può affidare a terzi la produzione di parti in plastica in determinati periodi dell'anno.

Potendo essere i costi per unità di prodotto più alti di quando la produzione viene svolta all'interno dell'azienda bisogna valutare accuratamente i benefici effettivi di tale strategia (decisioni make or buy).

Inoltre viene a mancare il diretto controllo sulla qualità del prodotto, fattore che qualifica l'azienda. Infine esiste la possibilità di munirsi di una capacità produttiva addizionale cui fare ricorso nei periodi di punta della domanda. Il ricorso a tale strategia si rivela indispensabile per le aziende di servizi che non potendo immagazzinare il loro servizio devono dimensionare la loro capacità sulle richieste di punta, se non vogliono creare in tali intervalli fenomeni di congestione.

Anche se ognuna di queste strategie pure potrebbe da sola consentire di far fronte alla domanda, in molti casi può essere adottata una strategia mista che risulta da una ottimale combinazione di alcune delle strategie pure illustrate.

Dopo aver considerato tutte queste opportunità risulta evidente come la programmazione aggregata sia molto impegnativa e sia legata ad altre decisioni che coinvolgono ad esempio, il marketing, le relazioni industriali e la funzione finanziaria; essa richiede un coordinamento e una collaborazione di tutte le funzioni aziendali⁴



Tabella 3

Ricorso al magazzino

Si hanno a disposizione 241 giorni lavorativi in cui produrre 171 000 carrelli. Seguendo la strategia che fa ricorso al magazzino, si producono 710 carrelli al giorno impiegando 71 lavoratori (ciascuno produce una media di 10 carrelli al giorno).

Mese	Giorni produttivi	Output	Previsione domanda	Rimanenze (o Mancanze) a magazzino	Giacenza cumulate a fine mese
GEN	22	15620	4000	11620	11620
FEB	19	13490	10000	3490	15110
MAR	21	14910	13000	1910	17020
APR	22	15620	22000	-6380	10640
MAG	21	14910	24000	-9090	1550
GIU	21	14910	20000	-5090	-3540
LUG	22	15620	15000	620	-2920
AGO	11	7810	16000	-8190	-11110
SET	21	14910	18000	-3090	-14200
OTT	22	15620	14000	1620	-12580
NOV	18	12780	9000	3780	-8800
DIC	21	14910	6000	8910	110

Si nota un accumulo di scorte durante i primi tre mesi: da aprile si iniziano invece a svuotare i magazzini. Da giugno a settembre si accumulano richieste insoddisfatte fino ad un massimo costituito da 14200 carrelli. A ottobre e novembre essendo la domanda inferiore alla capacità produttiva si inizia ad assorbire la domanda arretrata. A dicembre le scorte divengono praticamente nulle.

Esistono modelli che indicano piani ottimali dal punto di vista economico. È però opportuno tenere conto anche degli effetti umani e sociali di ciascuna decisione.

I modelli formali che ora verranno illustrati devono quindi essere considerati unicamente come un supporto per sviluppare dei piani aggregati; i vantaggi materiali da essi proposti dovranno essere valutati anche alla luce dei valori più astratti e soggettivi imposti dalla società umana.

Molto utile per la programmazione aggregata è l'approccio che parte da una capacità media di produzione che si sa sicuramente disponibile e la si assegna poi parzialmente ai diversi



prodotti secondo mix ed attribuzioni da ottimizzare. Tale approccio è caratterizzato da metodi di tipo empirico denominati "metodi grafici" e metodi di tipo matematico, che fanno ricorso alla programmazione lineare ed all'ottimizzazione di funzioni obiettivo.

1.1 - Metodo grafico

Il metodo grafico rappresenta un approccio **empirico**: si esaminano mese per mese le diverse alternative di impiego della capacità disponibile, ricorrendo a più provvedimenti (straordinari, nuove assunzioni, subappalto) che consentono di soddisfare un certo programma di domande, calcolando i costi delle diverse combinazioni, ed individuando la più economica.

Tale metodo, essendo empirico, non garantisce alcuna ottimizzazione particolare, ma è estremamente facile da applicare. È abbastanza usato in uno dei casi più semplici di programmazione delle capacità, quando cioè si abbia per es. a disposizione una previsione della domanda variabile per un certo numero di mesi dei quali si conosca anche la disponibilità dell'impresa in termini di ore utili, e si debba decidere se variare la produttività (e forza lavoro) per far sì che essa segua, mese per mese, esattamente la domanda, o se sia più conveniente utilizzare un magazzino (mantenendo la stessa produzione media giornaliera) o se invece sia meglio adottare una strategia combinata, che fa ricorso al lavoro straordinario ed al subappalto.

È così possibile quantificare i costi (costi di magazzino, di licenziamento/assunzione, straordinari, subforniture, mancate consegne ecc.) fino ad individuare una strategia il cui costo appare sufficientemente basso.

Il metodo grafico può essere sintetizzato nei seguenti passi:

- 1) Costruzione di un grafico riportante sulle ascisse la cumulata dei giorni di produzione per l'intero orizzonte temporale e sulle ordinate la cumulata delle unità prodotte. Disegno della cumulata della domanda prevista per l'intero orizzonte temporale.
- 2) Selezione di una strategia di pianificazione e determinazione della produzione per ogni periodo dell'orizzonte temporale. Calcolo e disegno sul grafico della cumulata di produzione relativa a questo "piano di prova".
- 3) Confronto tra domanda attesa e produzione proposta: disegno di entrambe sullo stesso grafico. Questo confronto identifica i periodi di scorte in eccesso o in difetto ed è essenziale per la valutazione del "piano di prove (fig. 3).
- 4) Calcolo del costo del piano di prova.
- 5) Modifica del piano, cercando di raggiungere gli obiettivi del piano aggregato ripetendo i passi 2,3,4, sino ad ottenere un piano economicamente soddisfacente.



Esempio di applicazione

L'esempio di seguito riportato illustra l'applicazione del metodo su tre diversi piani aggregati per ognuno dei quali si è applicata una diversa strategia di pianificazione.

I dati che caratterizzano il problema sono i seguenti:

Costi di scorta pari a L. 1000 per unità e per ogni mese, durante il quale l'articolo rimane depositato in magazzino.

Costi legati ai cambiamenti del tasso di produzione. Tali costi si possono tradurre ad esempio nell'assunzione di nuovo personale, nel caso di aumento del tasso di produzione od ancora nella allocazione alternativa (o licenziamento) di dipendenti temporanei al verificarsi di una diminuzione del tasso medesimo.

La tabella 4 mostra i costi relativi alle variazioni del tasso di produzione:

TABELLA VI - COSTI PER VARIAZIONE DEL TASSO DI PRODUZIONE	
Cambiamenti del tasso di produzione giornaliera rispetto ai mesi precedenti (in unità)	Costi stimati (ML)
1 - 200	4
201 - 400	10
401 - 600	18
601 - 800	28

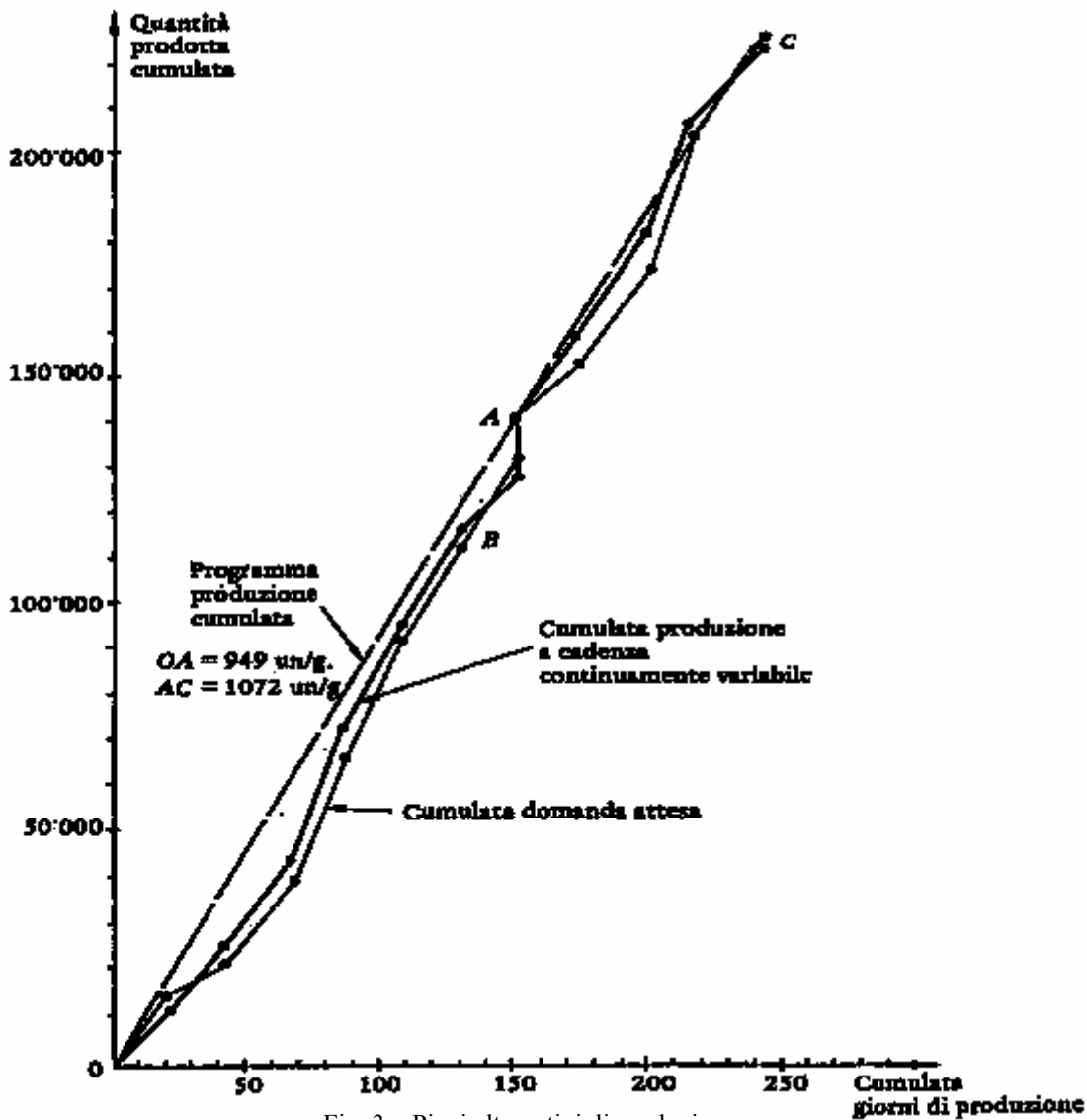


Fig. 3 – Piani alternativi di produzione

Si suppongono molto elevati i costi relativi al ritardo di consegna o alla perdita di una commessa a causa di una produzione insufficiente tanto da indurre la direzione dell'azienda a prevedere un piano che assicura il soddisfacimento della domanda nel periodo temporale previsto. La società dispone di una struttura produttiva che con 100 dipendenti si possano

produrre un massimo di 1000 articoli in un singolo turno. Il costo dell'unità con lavoro ordinario è di 20000 L./unità.

Tale capacità può essere temporaneamente aumentata ricorrendo al lavoro straordinario ad un costo di L. 25000/unità.

Piano n°1. Il piano consiste nel mantenere il tasso medio giornaliero di produzione costante.

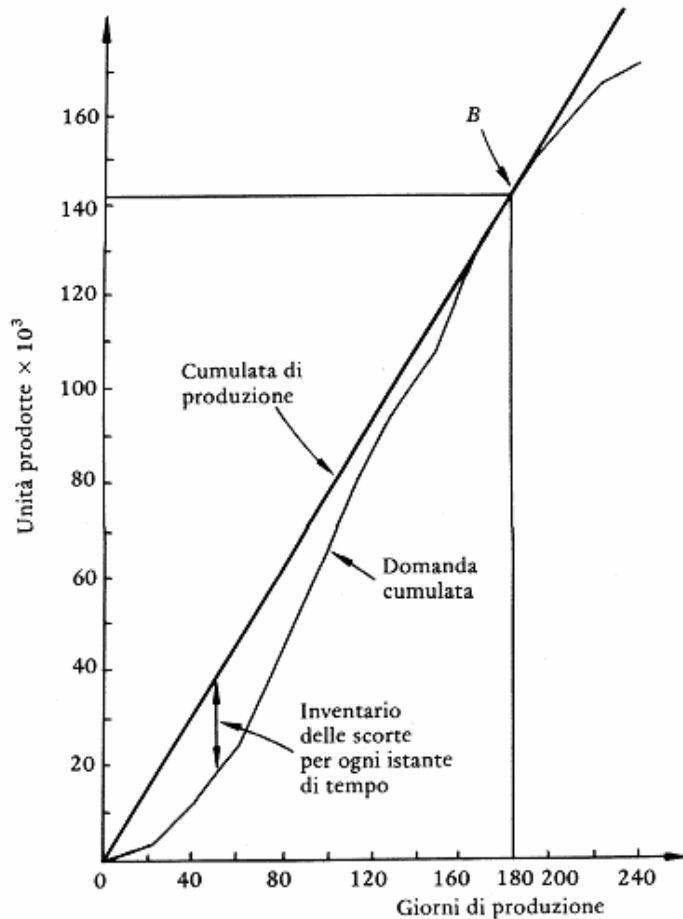


Fig. 4 - Output aggregato e domanda prevista

La cumulata di produzione è una retta, che parte dall'origine, (avendo supposto nulle le scorte iniziali), la cui pendenza deve essere tale da garantire giornalmente un tasso di produzione che soddisfa la domanda. Tuttavia se la pendenza della curva è notevole anche le scorte ed i costi relativi saranno elevati (fig. 4).



Il punto B segna il pareggio tra la produzione e la domanda. Dopo tale data la produzione eccede sempre la domanda prevista. Considerando tale punto di pareggio, la produzione cumulata ed i giorni di produzione, si può calcolare il tasso di produzione medio giornaliero

$$T_{\text{pgm}} = \frac{142\,200}{180} \approx 790 \text{ unità/giorno.}$$

Nota questo tasso, si può sviluppare un piano mensile: (tabella VI). Poiché giornalmente sono prodotte 790 unità ed ogni addetto produce circa 10 unità per ogni giorno, saranno necessari 79 dipendenti.

Si può quindi calcolare il costo di tale piano.

Rimanendo invariato il tasso di produzione giornaliero, si eliminano i costi relativi agli eventuali cambiamenti dello stesso. Saranno notevoli i costi per la permanenza degli articoli in magazzino.

Piano n°2. La produzione mensile garantisce il soddisfacimento della domanda prevista nel singolo mese.

Anche questa procedura garantisce l'assenza di perdite di commesse e ritardi di consegna conseguenti ad una insufficiente produzione.

In questo caso la cumulata di produzione coincide con quella relativa alla domanda.

Il tasso di produzione giornaliero può essere calcolato per ogni mese, dividendo la domanda del singolo mese per il relativo n° di giorni disponibili (tabella VI).

$$\text{Es. gennaio: } \frac{4000}{22} = 182 \text{ unità/giorno.}$$

$$\text{Febbraio } \frac{10000}{19} = 526 \text{ unità/giorno.}$$

La variazione della capacità produttiva giornaliera, passando da gennaio a febbraio, è di +344 unità.

In tale piano i costi di scorta risultano essere molto bassi, mentre si segnala la presenza di costi relativi alla variazione del tasso di produzione (tabella 5). Da sottolineare inoltre la presenza di costi che matureranno nei mesi di Maggio e Agosto (tabella VI) ove il superamento della capacità produttiva massima (pari a 1000 unità/giorno), richiede il ricorso al lavoro straordinario.



TABELLA V - Costi relativi alle variazioni del tasso di produzione

MESI	Variazione della capacità di produzione giornaliera	Costo stimato (ML)
da GEN a FEB	344	10
da FEB a MAR	93	4
da MAR a APR	381	10
da APR a MAG	143	4
da MAG a GIU	-191	4
da GIU a LUG	-270	10
da LUG a AGO	773	28
da AGO a SET	-598	18
da SET a OTT	-221	10
da OTT a NOV	-136	4
da NOV a DIC	-214	10
SOMMA COSTI TOTALE		112

Piano n° 3. Variazione del tasso di produzione con periodicità arbitraria (non mensile) vd. tabella VII).

In questo caso si riesce ad ottenere costi di scorta più contenuti che nel Piano 1 e di variazione del tasso di produzione nettamente inferiori a quelli visti con la strategia precedente.

Costo dei tre piani e scelta del piano migliore

Piano n° 1 (tabella VII)

Unità eseguite con lavoro ordinario x 20000 L./unità:

- Costo: 190.390 x 20 000 L./unità = 3,8078 E9 L.

- Costo scorte: 120 405 x 1 000 L./unità-mese = 0,120405 E9 L.

TOTALE = 3,928205 E9 L.

- Meno scorte finali: 19 390 x 20 000 L./unità = 0,3878 E9 L.

Costo Piano (1°) = 3.5404405 E9 L.

Piano n° 2 (tabella VIII)

Unità eseguite con lavoro ordinario x 20.000 L./unità :

- Costo: 162.998 x 20.000 L./unità = 3,25976 E9 L.

Unità eseguite con lavoro straordinario x 25.000.L./unità

- Costo: 8008 x 25.000 L./unità = 2,002 E9 L.

- Cambio tasso produzione: = 0,112 E9 L.

TOT. Costo Piano (2°) = 5,37376 E9 L.

Commento: Mese di maggio: tasso produzione 1143; giorni 21, da cui produzione in straordinario = 143 * 21 = 3003

Commento: Mese di agosto: tasso produzione 1455; giorni 11, da cui prod in straordinario = 445 * 11 = 5005

Commento: 170996-5005+3003=162988



Piano n° 3 (tabella X):

- Lavoro ordinario: 184.053 x 20000	= L. 3,68106 E9
- Scorte: 67276 x 1000 L./unità	= L. 0,067276 E9
- Cambio tasso produzione:	= L. 0,028 E9

TOTALE	L. 3,776336 E9
- Meno costo produzione scorte finali	L. 0,26106 E9
Costo Piano (3°)	L. 3,515276 E9

Commento: periodo marzo/aprile: variazione 452, costo variazione 18.

Commento: periodo luglio/agosto: variazione -311, costo variazione 10.

Commento: 13053 (unità) * 20000 L./unità

In base alle risultanze del calcolo economico il piano n° 3 consente di economizzare 1,86 ML. rispetto al piano n° 2 e 0,025 ML. rispetto al Piano n° 1. Comporta due soli cambi di tasso di produzione durante l'anno e consente di ridurre il livello di inventario rispetto al piano n° 1.

II.1.2 - Metodo della programmazione lineare

Tale metodo è utilizzabile solo quando i costi delle singole risorse, gli assorbimento dei fattori produttivi e i profitti sono rigorosamente funzioni lineari delle quantità prodotte e vendute. Sono disponibili due metodi di ottimizzazione della funzione obiettivo, che può essere un profitto da massimizzare o un costo da minimizzare, entrambi funzioni lineari delle incognite del problema: il metodo del trasporto e quello del semplice.

Il primo consente di valutare più facilmente gli effetti della giacenza in magazzino, dei costi di straordinari, subforniture, ritardi di consegna; il secondo invece è più versatile, è utilizzato quando il numero di fattori da analizzare cresce (p.es. se si vogliono tenere in conto anche i costi di assunzione e licenziamento), ma è più lento nell'implementazione.

L'applicazione del metodo nelle sue linee generali è praticamente illimitata dal momento che attraverso una semplice imposizione di vincoli è possibile caratterizzare situazioni anche diversissime: abolizione dei magazzini, richiesta assoluta di consegna in tempo (p.es. azzerando le caselle corrispondenti alle quantità stoccate o consegnate in ritardo) ottenendo sempre una soluzione matematicamente ottimale nei limiti dei vincoli imposti.



Applicazione del metodo dei trasporti per la definizione di un piano aggregato di produzione

Il metodo dei trasporti può essere applicato nella compilazione del piano aggregato, con lo scopo di assegnare una capacità produttiva sufficiente al soddisfacimento della domanda prevista.

Tale metodo nella stesura originaria giungeva al risultato finale guardando ai magazzini dislocati sul territorio. Nell'applicazione al piano aggregato la previsione si snoda attraverso i diversi periodi ciascuno con la propria domanda prevista.

Allo stesso modo gli stabilimenti e la loro capacità produttiva sono sostituiti dall'inventario delle scorte e dalla capacità produttiva dell'azienda (considerata separatamente per ciascun periodo e ulteriormente suddivisa nel numero di unità che possono essere prodotte attraverso il lavoro ordinario, straordinario, subappalto). I costi sono quelli relativi al tipo di soluzione produttiva scelta (ordinario, straordinario, subappalto). Essi sono poi ulteriormente maggiorati di una quantità pari al costo di mantenimento o al costo derivante dall'evasione ritardata di ordini, legati rispettivamente alla decisione di produrre nel periodo n-esimo per i periodi successivi o per il soddisfacimento di ordini inevasi nei periodi precedenti (n - 1), (n - 2). Il piano aggregato risultante sarà ottenuto seguendo il piano di assegnazione ottimale (minimo costo totale).

Gli esempi seguenti forniranno ulteriori chiarimenti. In tali esempi si è supposta costante la forza lavoro escludendo quindi interventi di assunzione o di licenziamento. tale ipotesi il piano proposto dal metodo dei trasporti deve rendere minima la seguente funzione di costo:

$$C_t = C_{LO} * N_{LO} + C_{LS} * N_{LS} + C_{SUB} * N_{SUB} + C_R * N_R + C_A * N_A$$

dove:

C_{LO}	=	costo unitario del lavoro ordinario (LO) (L./unità)
C_{LS}	=	costo unitario del lavoro straordinario (LS) (L./unità)
C_{SUB}	=	costo unitario del lavoro in subappalto (LSUB) (L./unità)
C_R	=	costo unitario delle unità prodotte in ritardo (L./unità)
C_A	=	costo unitario delle unità prodotte in anticipo (L./unità)

N_{LO}	=	numero unità prodotte con lavoro ordinario
N_{LS}	=	numero unità prodotte con lavoro straordinario
N_{SUB}	=	numero unità prodotte con lavoro in subappalto
N_R	=	numero unità prodotte in ritardo
N_A	=	numero unità prodotte in anticipo



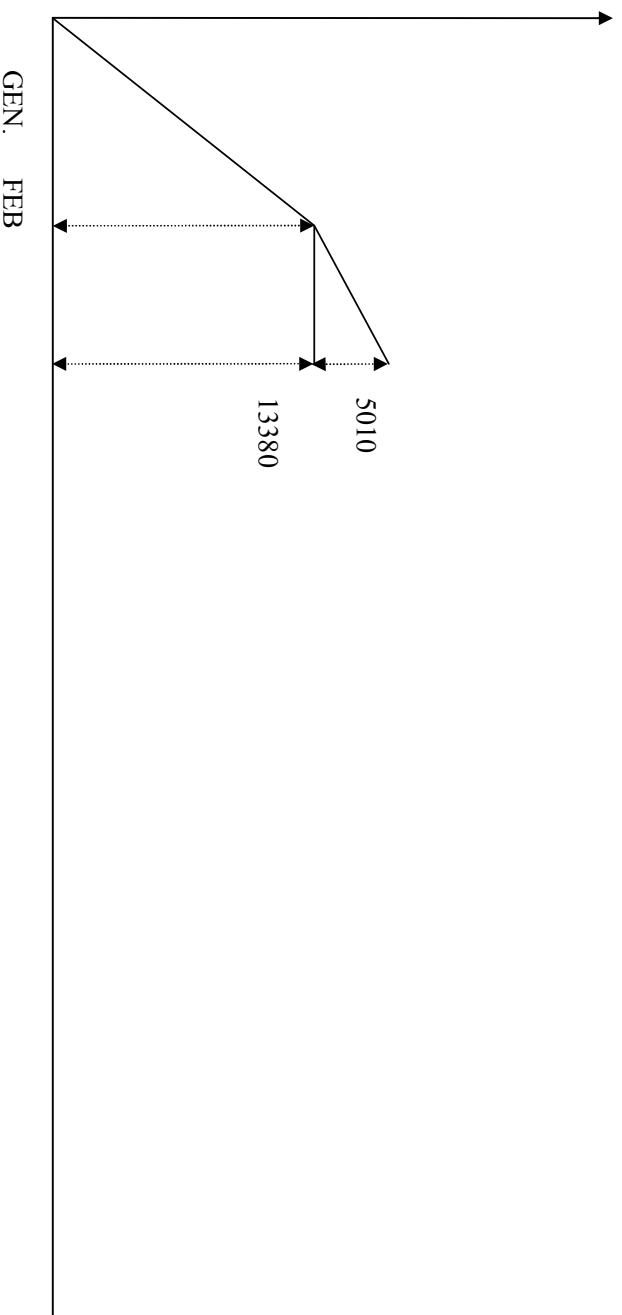
TABELLA VI - Piano n°1 - Con ricorso al magazzino e tasso di produzione giornaliero costante

MESI	gg.	produzion e unità/gg	produzione	domanda	inventario iniziale (iniz.)	add. (sott.) nette inventario	inventario finale (IF)	inventario medio [IM=(IF+iniz.)/2]
GEN.	22	790	17380	4000	0	13380	13380	6690
FEB.	19	790	15010	10000	13380	5010	18390	15885
MAR.	21	790	16590	13000	18390	3590	21980	20185
APR.	22	790	17380	22000	21980	-4620	17360	19670
MAG.	21	790	16590	24000	17360	-7410	9950	13655
GIU.	21	790	16590	20000	9950	-3410	6540	8245
LUG.	22	790	17380	15000	6540	2380	8920	7730
AGO.	11	790	8690	16000	8920	-7310	1610	5265
SET.	21	790	16590	18000	1610	-1410	200	905
OTT.	22	790	17380	14000	200	3380	3580	1890
NOV.	18	790	14220	9000	3580	5220	8800	6190
DIC.	21	790	16590	6000	8800	10590	19390	14095
	241		190390	171000			130100	120405
	TOT. gg		TOT. Produz	TOT. Demand				TOT. Inventario medio



NOTA: La valutazione dell'inventario medio per periodo (colonna 10) è calcolato con l'ipotesi che va a magazzino solo quanto avanza rispetto all'assorbimento; infatti il costo di mantenimento si calcola solo sulla differenza fra produzione e domanda + il residuo di inventario del periodo precedente, ad esempio, per il mese di febbraio: $15\ 885 = 13\ 380 + 5010/2 = 13\ 380 + 2\ 505 = (13\ 380 + 13\ 380)/2 + 5010/2 = (18\ 390 + 13\ 380)/2$.

Implicito nel calcolo è che la giacenza media del delta di accumulo di periodo è lineare (per lo stesso periodo vedi andamento sottostante).





TASSO PRODUZIONE GIORNALIERO		10										
TABELLA VII - Piano n°2 - Ricorso alla variazione del tasso di produzione giornaliera												
MESI	gg.	cambio capacità produzione	produzione unità/gg	produzione	domanda	inventario iniziale	add. (sott.) nette inventario	inventario finale	inventario (IF)	inventario medio [IM=(IF+iniz.)/2]		
GEN.	22		182	4004	4000	0	4	4	0	2,0		
FEB.	19	344	526	9994	10000	4	-6	-2	-2	1,0		
MAR.	21	93	619	12999	13000	-2	-1	-3	-3	-2,5		
APR.	22	381	1000	22000	22000	-3	0	0	-3	-3,0		
MAG.	21	143	1143	24003	24000	-3	3	0	0	-1,5		
GIU.	21	-191	952	19992	20000	0	-8	-8	-8	-4,0		
LUG.	22	-270	682	15004	15000	-8	4	-4	-4	-6,0		
AGO.	11	773	1455	16005	16000	-4	5	1	1	-1,5		
SET.	21	-598	857	17997	18000	1	-3	-2	-2	-0,5		
OTT.	22	-221	636	13992	14000	-2	-8	-8	-10	-6,0		
NOV.	18	-136	500	9000	9000	-10	0	0	-10	-10,0		
DIC.	21	-214	286	6006	6000	-10	6	-4	-4	-7,0		
				170996	171000				-4,1	-39,0		

NOTA: Per la ipotesi di non poter mai andare in sottoscorta, andrebbe corretto il tasso di produzione ad un valore sufficientemente superiore a quello calcolato, ove mai la produzione del periodo sia inferiore alla domanda meno la giacenza iniziale (ad esempio, per il mese di marzo, 619 unità al giorno dovrebbe diventare 620 U/gg che fornirebbe per 21 gg/mese una produzione di $13020 > 13000 - 4 =$ domanda del periodo - giacenza periodo precedente, sicché non si avrebbe il sotto scorta di -1 che si evince invece in tabella. La stessa situazione si ha in altri mesi).



TABELLA VIII - Piano n°3 - variazione del tasso di produzione con periodicità arbitraria

MESI	gg.	cambio capacità produzione	produzione unità/gg	produzione	domanda	inventario iniziale (liniz.)	add. (sott.) nette inventario	inventario finale (IF)	inventario me [IM=(IF+liniz.)
GEN.	22	0	548	12056	4000	0	8056	8056	4
FEB.	19	0	548	10412	10000	8056	412	8468	8
MAR.	21	0	548	11508	13000	8468	-1492	6976	7
APR.	22	452	1000	22000	22000	6976	0	6976	6
MAG.	21	0	1000	21000	24000	6976	-3000	3976	5
GIU.	21	0	1000	21000	20000	3976	1000	4976	4
LUG.	22	0	1000	22000	15000	4976	7000	11976	8
AGO.	11	-311	689	7579	16000	11976	-8421	3555	776
SET.	21	0	689	14469	18000	3555	-3531	24	176
OTT.	22	0	689	15158	14000	24	1158	1182	2
NOV.	18	0	689	12402	9000	1182	3402	4584	2
DIC.	21	0	689	14469	6000	4584	8469	13053	88
	241			184053	171000				672
TOT. gg				PROD. TOT DOMANDA TOT	13053				

NOTA: per la valutazione dell'inventario medio di periodo, vedere osservazioni nota tabella piano 1.



Esercitazione

APPLICAZIONE DEL METODO DEI TRASPORTI PER LA DEFINIZIONE DI UN PIANO AGGREGATO DI PRODUZIONE

METODO APPLICABILE NELLA COMPILAZIONE DEL PIANO AGGREGATO CON LO SCOPO DI ASSEGNARE UNA CAPACITÀ PRODUTTIVA SUFFICIENTE.

- SONO DEFINITI IN OGNI PERIODO LE CAPACITÀ PRODUTTIVE (IPOTESI DI NON MODIFICABILITÀ DELLA CAPACITÀ) DEFINITE IN DETTAGLIO PER
 - LAVORO ORDINARIO
 - LAVORO STRAORDINARIO
 - SUBAPPALTO
 - SONO DEFINITE LE QUANTITÀ A SCORTA PER OGNI PERIODO
 - SONO INDICATI IN ALTO A DX NELLE CASELLE I COSTI RELATIVI AL TIPO DI SOLUZIONE PRODUTTIVA PREVISTA; ESSI SONO MAGGIORATI DEI COSTI RELATIVI AL MANTENIMENTO DI QUANTITÀ A SCORTA, OPP. AL COSTO DI RITARDATA EVASIONE DELL'ORDINE IN FUNZIONE DI TUTTI I PERIODI PER CUI CIO' SI VERIFICA
- IL PIANO AGGREGATO RISULTANTE SARÀ OTTENUTO SEGUENDO IL PIANO DI ASSEGNAZIONE OTTIMALE (MINIMO COSTO TOTALE)



SI DEVE RENDERE MINIMA LA SEGUENTE FUNZIONE DI COSTO:

$$C_t = C_{LO} * N_{LO} + C_{LS} * N_{LS} + C_{SUB} * N_{SUB} + C_R * N_R + C_A * N_A$$

DOVE:

C_{LO}	=	COSTO UNITARIO DEL LAVORO ORDINARIO (LO) (L./UNITÀ)
C_{LS}	=	COSTO UNITARIO DEL LAVORO STAORDINARIO (LS) (L./UNITÀ)
C_{SUB}	=	COSTO UNITARIO DEL LAVORO IN SUBAPPALTO (LSUB) (L./UNITÀ)
C_R	=	COSTO UNITARIO DELLE UNITÀ PRODOTTE IN RITARDO (L./UNITÀ)
C_A	=	COSTO UNITARIO DELLE UNITÀ PRODOTTE IN ANTICIPO (L./UNITÀ)
N_{LO}	=	NUMERO UNITÀ PRODOTTE CON LAVORO ORDINARIO
N_{LS}	=	NUMERO UNITÀ PRODOTTE CON LAVORO STAORDINARIO
N_{SUB}	=	NUMERO UNITÀ PRODOTTE CON LAVORO IN SUBAPPALTO
N_R	=	NUMERO UNITÀ PRODOTTE IN RITARDO
N_A	=	NUMERO UNITÀ PRODOTTE IN ANTICIPO



ESEMPIO 1

UNA IMPRESA HA NEI 4 PERIODI PRESI IN ESAME DAL PIANO LA SEGUENTE RIPARTIZIONE DELLA CAPACITÀ PRODUTTIVA:

PERIODO	LAVORO ORDINARIO	LAVORO STRAORDINARIO	SUBAPPALTO
1	60	18	1000
2	50	15	1000
3	60	18	1000
4	65	20	1000
COSTO DEL LAVORO/UNITA'	100	125	130
COSTO DELLA CAPACITÀ PRODUTTIVA INUTILIZZATA/UNITA'	50	0	0

DOMANDA PREVISTA IN UNITA' DI PRODOTTO	
PERIODO	UNITA' RICHIESTE
1	100
2	50
3	70
4	80

INFORMAZIONI ADDIZIONALI:	
INVENTARIO INIZIALE	20 UNITA'
INVENTARIO FINALE RICHIESTO	25 UNITA'
COSTO MANTENIMENTO PER PERIODO (KLIRE)	2 UNITA'



L'IMPRESA NON VUOLE AVERE ORDINI INEVASI: SI OPERA INTRODUCENDO UNA CAPACITÀ INFINITA (1000 UNITÀ) PER IL SUBAPPALTO

POICHÉ UNO DEI VINCOLI DEL METODO DEI TRASPORTI È LA COINCIDENZA FRA DOMANDA E CAPACITÀ, RISULTA NECESSARIO INSERIRE UNA COLONNA IN CUI VIENE INDICATA LA CAPACITÀ INUTILIZZATA, UNITÀ PRODUCIBILI E NON PRODOTTE AL RELATIVO COSTO

SI HA LUOGO A COSTI SOLO SE SI TRATTA DI CAPACITÀ INUTILIZZATA RELATIVA A SCORTE INUTILIZZATE (8000 L/UNITÀ), OPP. A LAVORO ORDINARIO NON UTILIZZATO (5000 L/UNITÀ)

LE SCORTE INIZIALI NON DANNO LUOGO A COSTI SE UTILIZZATE NEL PRIMO PERIODO
ALTRIMENTI HANNO UN COSTO INDICATO IN TABELLA SEGUENTE

LE CASELLE ANNERITE HANNO IL SIGNIFICATO DI POSSIBILITÀ NEGATE: NIENDE ORDINI INEVASI, OPP. SOLUZIONI ANTIECONOMICHE (PRODUZIONE IN SUBAPPALTO ANTICIPATA RISPETTO ALLA DOMANDA)

COSTO TOTALE DELLA SOLUZIONE PROSPETTATA IN TAB. :

$$C_T = [(60 + 50 + 60 + 65) * 100 + (18 + 10 + 20) * 125 + 2 * 130 + 12 * 129 + 8 * 127] \cdot 10^3$$

Commento: UNITA' PRODOTTE ORARIO ORDINARIO

Commento: COSTO PRODUZIONE ORARIO NORMALE

Commento: UNITA' PRODOTTE IN STRORDINARIO

Commento: COSTO PRODUZIONE ORARIO STRORDINARIO

Commento: COSTO SUBAPPALTO

Commento: COSTO UNITA' PRODOTTE IN STRORDINARIO, ED IN ANTICIPO DI DUE PERIODI

Commento: COSTO UNITA' PRODOTTE IN STRORDINARIO, ED IN ANTICIPO DI UN PERIODO



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
SEDE DI MODENA



$$(23500 + 6000 + 28249 * 10^3 = 32324 * 10^3$$



TABELLA I

FONTE DELLA DOMANDA

FONTI CAPACITÀ	PERIODO				CAPITALE INUTILIZZ.	CAPACITÀ TOTALE DISPONIBILE
	1	2	3	4		
INVENTARIO INIZIALE	0	2	4	6	0	20
LAVORO ORDINARIO	100	102	104	106	0	60
LAVORO STRAORDINARIO	125	127	129	131	0	18
SUBAPPALTO	130				998	1000
LAVORO ORDINARIO		50	100	104	0	50
LAVORO STRAORDINARIO		125	127	129	3	15
SUBAPPALTO					1000	1000
LAVORO ORDINARIO		60	100	102	0	60
LAVORO STRAORDINARIO		10	125	127	8	18
SUBAPPALTO			130		1000	1000
LAVORO ORDINARIO				65	0	65
LAVORO STRAORDINARIO				125	0	20
SUBAPPALTO				130	1000	1000
DOMANDA	100	50	70	105	4001	4326



ESEMPIO II

DOMANDA PER I 5 PERIODI SUCCESSIVI DI UNA AZIENDA PRODUTTRICE DI CALCOLATORI:

PERIODO	UNITÀ
1	800
2	500
3	700
4	900
5	400

OGNI PERIODO E' COSTITUITO DA 20 GG LAVORATIVI (CIRCA UN MESE, E NON VARIANO MAI
DI MESE IN MESE)

40 OPERAI PER 8 h/TURNO + EVENTUALI 4 h/TURNO DI STRAORDINARIO
NESSUN SUBAPPALTO MA POSSIBILITÀ DI ORDINI DIFFERITI



ORE DI LAVORO REGOLARE NEL PERIODO

$$40 * 20 \text{ gg } 8 \text{ h/g} = 6400 \text{ h/PERIODO}$$

ORE STRAORDINARIO PERIODO

$$40 * 20 \text{ gg} * 4 \text{ h/g} = 3200 \text{ h/ Periodo}$$

ORE LAVORO PER UNITÀ: 10

INVENTARIO INIZIALE 100 UNITÀ



CONTI ESPRESSI IN LIRE PER 10 000:

LAVORO ORDINARIO.....	6 L/h
LAVORO STRAORDINARIO.....	9 L/h
MATERIE PRIME E COSTI GENERALI.....	100 L/unità
COSTI PER RITARDATA CONSEGNA.....	5 L/unità
COSTI DI MANTENIMENTO PER PERIODO.....	2 L/unità

DA QUESTI DATI SI RICAVA LA MATRICE DI TABELLA SEGUENTE, CON LA SOLITA CONVENZIONE CHE NELLE CASELLE IN ALTO A DX SIANO RIPORTATI I COSTI RELATIVI ALLA ALLOCAZIONE DI UNITA' IN CORRISPONDENZA DELLA SCELTA FATTA.

Note:

- NELLE CASELLE TRATTEGGIATE SONO RIPORTATI I COSTI RELATIVI A CONSEGNE RITARDATE



- **NOTARE CHE NON SI FA USO DEL LAVORO STRAORDINARIO PERCHÉ DEL 50% PIÙ ALTO IL COSTO RISPETTO ALL'ORDINARIO CHENELL'ESEMPIO E' SUFFICIENTE COL MAGAZZINO A FAR FRONTE ALLA DOMANDA**



TABELLA II

FONTI CAPACITA'	FONTI DELLA DOMANDA					CAPACITA' TOTALE	
	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5		
INVENTARIO INIZIALE	0	2	4	6	8	10	100
LAVORO ORDINARIO	160	162	164	166	168	60	640
LAVORO STRAORDINARIO	190	192	194	196	198	0	320
LAVORO ORDINARIO	165	160	162	164	166	60	640
LAVORO STRAORDINARIO	195	190	192	194	196	0	320
LAVORO ORDINARIO	170	165	160	162	164	60	640
LAVORO STRAORDINARIO	200	195	190	192	194	0	320
LAVORO ORDINARIO	175	170	165	160	162	60	640
LAVORO STRAORDINARIO	205	200	195	190	192	0	320
LAVORO ORDINARIO	180	175	170	165	160	60	640
LAVORO STRAORDINARIO	210	205	200	195	190	0	320
DOMANDA	800	500	700	900	400	1600	4900
DOMANDA	800	500	700	900	400		



IL COSTO DELLA SOLUZIONE PUÒ ESSERE CALCOLATO COSÌ PER COLONNA:

$$C = 640 * 160 + 60 * 125 + 500 * 160 + 60 * 162 + 640 * 160 + 20 * 164 + 640 * 160 + 240 * 165 + 400 * 160$$