

INDICE

3	I SISTEMI MRP	2
3.1	PIANIFICAZIONE A SCORTA	3
3.2	PIANIFICAZIONE SU FABBISOGNO	5
3.2.1	<i>Tempi di pianificazione</i>	5
3.3	IL MODELLO MRP DI PRODOTTO E PROCESSO	7
3.3.1	<i>Il modello di prodotto</i>	7
3.3.2	<i>Il modello di processo</i>	10
3.4	ALTRE DEFINIZIONI	12
3.4.1	<i>Domanda indipendente</i>	13
3.4.2	<i>Disponibilità vs giacenza</i>	13
3.4.3	<i>Aggregazione di fabbisogni</i>	14
3.4.4	<i>Lotti di riferimento per dimensionamento ordine</i>	16
3.5	ALGORITMO DI GENERAZIONE DEL PIANO	16
3.5.1	<i>Piano principale</i>	16
3.5.2	<i>Piano generale</i>	18
3.6	ANALISI E APPROVAZIONE PARZIALE DEL PIANO	20
3.7	RILASCIO SELETTIVO IN FUNZIONE DEL CODP	22
4	IL CONTROLLO DELLE SCORTE	24
4.1	GLI STRUMENTI DI BASE	24
4.1.1	<i>Giornale di magazzino</i>	24
4.1.2	<i>Inventario delle giacenze</i>	26
4.2	GLI STRUMENTI PIÙ AVANZATI	28
4.2.1	<i>Giacenze differenziate</i>	28
4.2.2	<i>Prelievi indotti</i>	29
4.2.3	<i>Lancio di produzione</i>	30
4.2.4	<i>Avanzamento di un piano MRP I</i>	33

3 I sistemi MRP

La sigla MRP identifica una tecnica per la pianificazione e il controllo della produzione: la sigla sta per *Material Requirements Planning* nella prima versione (MRP I) e per *Manufacturing Resource Planning* nella seconda (MRP II). Infatti il sistema è nato come metodo per la gestione dei materiali ed è stato poi esteso alla gestione delle risorse produttive. L'idea di fondo dei sistemi MRP, nati negli USA nei tardi anni 70 è quella di programmare l'approvvigionamento dei materiali *su fabbisogno*, ovvero sulla base degli ordini clienti certi o stimati. In precedenza le tecniche più diffuse, fin dal dopoguerra, erano di programmazione *a scorta*. Esse consentivano la costituzione di scorte ingenti di materie prime, semilavorati e prodotti finiti per fronteggiare variazioni imprevedute della domanda e per garantire la massima efficienza e saturazione delle risorse.

Negli anni 70 le aziende si trovarono a vivere in un mercato più competitivo, in cui assumevano via via maggiore importanza i tempi di consegna, la varietà e la qualità dei prodotti. D'altra parte a fattori di costo difficilmente contrastabili quali quelli di energia e di manodopera si aggiungevano gli oneri finanziari connessi all'esistenza di scorte elevate. Si rese allora sempre più necessario adottare una nuova organizzazione della produzione che evitasse di produrre in anticipo o in eccesso rispetto ai reali fabbisogni del momento, anche a scapito della saturazione delle risorse. Acquistare e produrre le quantità strettamente necessarie facendole giungere a destinazione solo nel momento in cui vengono utilizzate significa minimizzare l'entità delle scorte in lavorazione.

I sistemi MRP nascono e si diffondono solo nel momento in cui diventano disponibili degli strumenti informatici di supporto all'archiviazione di grandi moli di dati (sui prodotti, sulle distinte base e sulle situazioni di magazzino e di ordini) e al calcolo. Se è vero che i sistemi MRP consentono di adattare la produzione all'andamento sostanzialmente imprevedibile della domanda, è anche vero che consentono la generazione di scorte in anticipo o in eccesso, ottenute raggruppando tutti i fabbisogni di un periodo all'inizio del periodo stesso o dimensionando i lotti di ordine in funzione di quantità predefinite (lotti minimi e multipli).

Questo è alla base della definizione di MRP come sistema *push*, in quanto ciascuna attività è spinta a rispettare gli appuntamenti previste con le attività a valle: nulla impedisce però che l'attività a monte produca più pezzi di quanto impiegati in quella a valle, che verranno consumati solo in successivi piani. I sistemi MRP sono abbastanza diffusi, in forme più o meno semplificate. Al termine del capitolo saranno indicati i principali fattori che ne condizionano l'uso e i limiti di applicazione.

Prima di esaminare le varie tecniche, introduciamo il concetto di *piano di approvvigionamento dei materiali*. Data una certa domanda esterna, che richiede dei prodotti finiti di certi tipi, in certe quantità e per certe date, si vuole determinare quali tipi di semilavorati e materiali devono essere fabbricati o acquistati, in certe quantità e per certe date, in modo da riuscire a produrre i prodotti finiti richiesti. Con il termine di *approvvigionamento* si intende il ciclo di ottenimento di una parte, che può essere sia prodotta che acquisita dall'esterno. In altre parole un piano di approvvigionamento è un insieme di ordini di produzione e acquisto, ognuno riferito a un certo tipo di prodotto, per una certa quantità e con certe date di emissione e di scadenza.

3.1 Pianificazione a scorta

Le due tecniche più note sono approvvigionamento *a tempo costante* e, in misura ancora maggiore, *a punto di riordino* o a quantità costante. Quest'ultima è ancora impiegata in molte aziende per curare l'approvvigionamento di parti di grande consumo, costo limitato e facili da reperire sul mercato (tipicamente, per le industrie meccaniche, minuterie metalliche, viti e bulloni). La determinazione della politica di approvvigionamento di ciascuna parte è basata sull'analisi storica e sulle proiezioni di consumo di ogni parte, considerata indipendentemente dalle altre. Un elemento costante è infatti l'impossibilità di modificare in automatico la politica di una parte in funzione della variazione della politica di un'altra.

D'altra parte le politiche così definite sono molto stabili: la definizione dei parametri coinvolti nella pianificazione di ogni singola parte (quantità minima, periodo di riordino, quantità massima) avviene su un periodo piuttosto lungo (6/12 mesi). La condizione di stabilità della domanda in cui generalmente sono applicate non richiede revisioni continue dei piani, ma semplicemente l'emissione degli ordini per le varie parti in funzione dei parametri decisi sul lungo termine.

Tempo costante. Sulla base di considerazioni statistiche si individua un intervallo T per l'approvvigionamento periodico; al termine di ogni periodo T si ordina una quantità variabile di prodotto, in modo da riportarsi al valore massimo Q di inizio periodo. La quantità da ordinare cambia in generale ad ogni ordine, essendo pari a Q meno la quantità consumata nel periodo. In certi casi è possibile definire una quantità minima Q_{min} , in modo da evitare comunque di scendere al di sotto di un certo livello di sicurezza: ciò ovviamente può comportare l'emissione di un ordine prima della scadenza del periodo di ampiezza T , in condizioni di grande consumo.

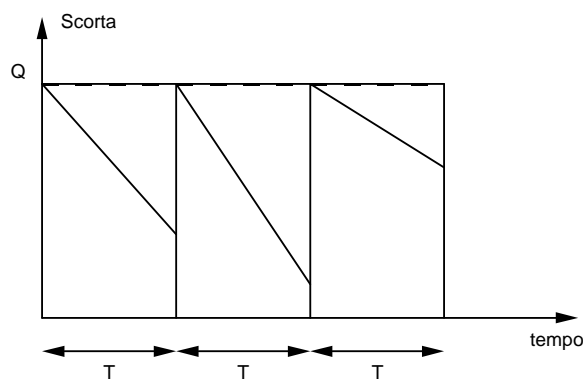


Figura 2.1 Pianificazione a periodo fisso

Punto di riordino. Viene calcolato il livello minimo (punto di riordino Q_m) raggiungibile dalla scorta, quando tale livello è raggiunto viene ordinata una quantità $Q - Q_m$ di materiale. In questo caso il tempo di ri-approvvigionamento è variabile, mentre è fissa la quantità ordinata. Se il tempo di ri-approvvigionamento non è trascurabile la scorta di sicurezza Q_m comprende una parte di materiale che si prevede di consumare durante il periodo di approvvigionamento. Un concetto spesso utilizzato nella pianificazione a quantità fissa, è il seguente:

Lotto economico. Per lotto economico di approvvigionamento si intende la quantità di prodotto che è conveniente ordinare in un'unica soluzione, ovvero la quantità secondo la quale è conveniente dal punto di vista economico frazionare il fabbisogno di un intero

periodo T. Il lotto economico di una parte P può essere calcolato con una semplice formula, il cui limite di applicazioni sta nel grado di attendibilità delle seguenti assunzioni:

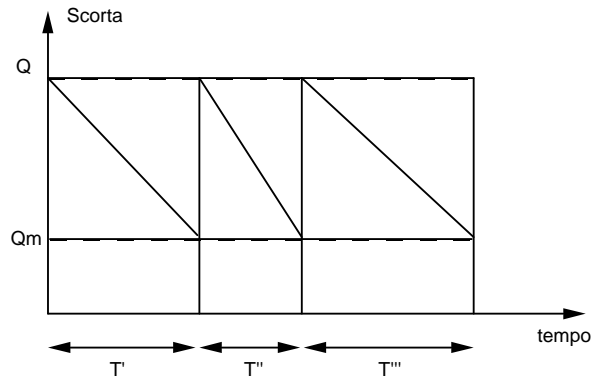


Figura 2.2 Pianificazione a punto di riordino

T = Periodo preso in esame (mese, anno), espresso in giorni

Q = Quantità consumata di P nel periodo T

C_m = Costo di mantenimento giornaliero di ciascun pezzo P

C_p = Costo di approntamento di ciascun pezzo P: costo di set-up per parti di produzione, costo di emissione ordine per parti di acquisto

x = lotto di approvvigionamento di P

Il costo totale di approntamento sarà $C_a = C_p \cdot Q/x$.

Il costo totale di mantenimento, assumendo un fattore di svalutazione di 1/2 sul periodo T, sarà $C_g = (1/2) \cdot C_m \cdot x \cdot T$.

Pertanto il costo totale di P nel periodo T sarà $C_t = C_a + C_g = (1/2) \cdot C_m \cdot x \cdot T + C_p \cdot Q/x$

L'andamento dei due elementi di costo C_a e C_g è inverso: C_a è decrescente al crescere di x, C_g è crescente al crescere di x. Il lotto economico è il valore x₀ che minimizza C_t, quindi dalla soluzione dell'equazione $(1/2) \cdot C_m \cdot x \cdot T = C_p \cdot Q/x$.

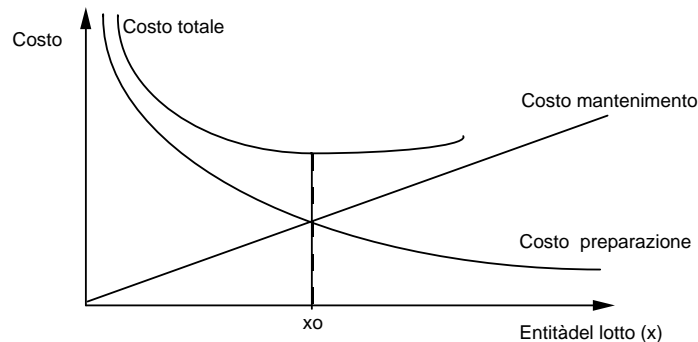


Figura 2.3 Lotto economico

Una buona stima del lotto economico di approvvigionamento si traduce in frequenti riapprovvigionamenti (i materiali non devono "star fermi"), senza per questo scontare costi di approntamento troppo alti. Un indicatore molto usato per verificare la frequenza di ricostituzione delle scorte è l'indice di rotazione, $I_r = Q/(1/2) \cdot x_0$. Per parti caratterizzate

da una domanda abbastanza costante, o *ripetitiva*, una sistematica verifica su base statistica, quindi basata su un'analisi a posteriori dell'andamento delle giacenze, di lotto economici e indici di rotazione permette comunque di ottenere una efficace politica di gestione delle scorte. Per parti soggette a domanda molto variabile, o *intermittente*, la determinazioni della quantità e della frequenza degli ordini in funzione dei reali consumi, quindi dei fabbisogni, e' indispensabile.

3.2 Pianificazione su fabbisogno

Introduciamo il concetto con un semplice esempio; una ditta riceve un ordine per 50 paia di cesoie da giardiniere da spedire entro una certa data; ogni cesoia è composta dalle due lame di metallo e da due impugnature di legno. Occorrono quindi 100 lame e 100 impugnature: supponiamo che occorra una settimana per produrre le lame e due settimane per ottenere le impugnature a partire dal legno grezzo; inoltre il fornitore impiega due settimane per consegnare il legno necessario per le 100 impugnature. L'applicazione del metodo MRP a questo semplice caso genera il programma di produzione rappresentato nella figura seguente.

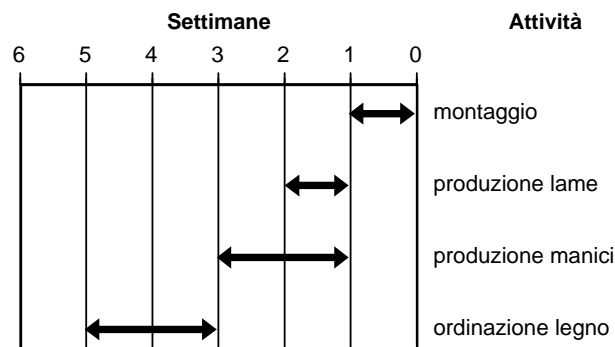


Figura 2.4: Programmazione a ritroso delle attività.

Volendo programmare a ritroso la produzione delle cesoie ci poniamo alla data prevista per l'ordine (lo zero del grafico in Figura 2.4): a quella data dovrà essere completata l'attività di montaggio che, come sappiamo richiede una settimana; ci spostiamo quindi di una settimana a ritroso: a quella data dovranno essere disponibili le 100 lame ed i cento manici per il montaggio, l'attività di produzione lame dovrà quindi iniziare una settimana prima, mentre quella di produzione manici dovrà partire a due settimane dal montaggio (tre settimane prima della consegna). Prima di iniziare la produzione dei manici occorre che il legno grezzo sia disponibile in azienda; poiché il fornitore richiede un preavviso di due settimane occorre inviare l'ordine per la fornitura di legno a due settimane dall'inizio della lavorazione, e cioè cinque settimane prima della data di consegna prevista.

3.2.1 Tempi di pianificazione

La pianificazione MRP e' basata sul *frequente calcolo di un nuovo piano di approvvigionamento*, per tenere conto della variazione nel tempo della domanda esterna. Ciascun piano e' caratterizzato da un certo *orizzonte temporale*, caratterizzato da una serie di riferimenti temporali:

- t_0 , data inizio piano
- t_r , finestra/orizzonte di rilascio
- t_v , finestra/orizzonte di revisione

- t_f , data fine piano

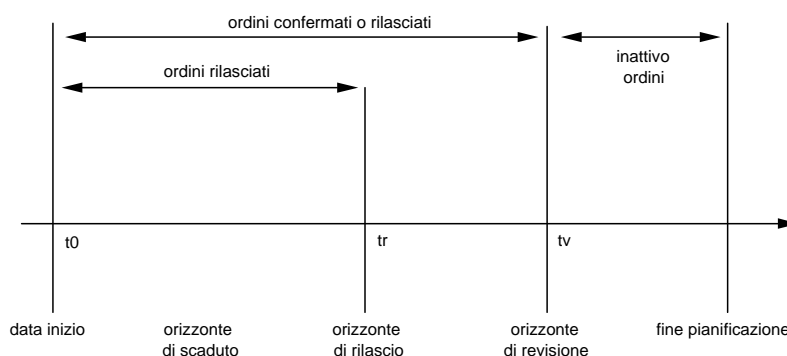


Figura 2.5: Orizzonte di pianificazione.

La data di inizio piano coincide in genere con la data di esecuzione della pianificazione. Gli ordini generati dal piano e con scadenza nell'intervallo $[t_0, t_r]$ possono essere approvati (rilasciati) e resi esecutivi. Gli ordini generati dal piano e con scadenza nell'intervallo $[t_r, t_v]$ possono essere congelati (confermati) in modo che vengano conservati nei successivi piani, senza però che diventino esecutivi. Gli ordini generati dal piano e con scadenza nell'intervallo $[t_v, t_f]$ restano validi solo per il piano che li ha generati (pianificati).

In altre parole, ogni piano ha un orizzonte temporale globale, in generale di 2/6 mesi, entro cui cadono tutte le domande esterne che originano il piano, e di conseguenza tutti gli ordini generati. Al termine del calcolo del piano, che interessa l'intero orizzonte, il piano viene suddiviso in due sezioni: la sezione *certa* $[t_0, t_r]$, la più vicina alla data di inizio piano, entro cui cadono ordini che vanno approvati ed emessi al più presto perché vengano eseguiti, e una sezione *incerta* $[t_r, t_f]$, entro cui cadono ordini che sarebbe prematuro approvare perché ancora soggetti a consistenti variazioni o semplicemente troppo lontani nel tempo come scadenza. La sezione incerta può presentare localmente degli ordini certi, magari relativi a parti critiche o costose o di difficile approvvigionamento, che vengono trattati in modo simile a quelli della sezione certa. In genere l'ampiezza della sezione certa è di 3/6 settimane.

I piani MRP vengono tipicamente ricreati ogni settimana. È difficile avere una *frequenza di pianificazione* maggiore perché la gran parte dei pacchetti software MRP opera su elaboratori di tipo gestionale, quindi richiede diverse ore per generare un piano. Inoltre, l'analisi del piano e la decisione sulle parti da rilasciare richiede altre ore al responsabile della pianificazione. Se poi si utilizza anche un sistema MRP II, ogni generazione di piano richiede la creazione di un piano di approvvigionamento, la sua verifica in termini di carichi di lavoro, la segnalazione di incongruenze, la sua ricreazione e la conseguente nuova verifica. Negli ultimi anni stanno uscendo pacchetti con prestazioni migliori, basati su piattaforme client-server, che garantiscono prestazioni migliori e che quindi permettono in prospettiva delle ri-pianificazioni più frequenti. È evidente che l'ampiezza di $[t_0, t_r]$ deve essere maggiore della frequenza di ri-pianificazione, altrimenti esisterebbe un periodo per cui non vengono prese decisioni sugli ordini in scadenza.

Dalla figura 2.4 risulta evidente la necessità di modellare i prodotti su cui sono definiti i fabbisogni, cioè quelli richiesti dai clienti, in termini di materiali e semilavorati da

procurare e di lavorazioni da eseguire. Il prossimo paragrafo è dedicato alla illustrazione del modello di prodotto e processo alla base del sistema di pianificazione MRP.

3.3 Il modello MRP di prodotto e processo

3.3.1 Il modello di prodotto

Il modello MRP del prodotto ha due obiettivi fondamentali:

- identificazione dei prodotti di qualunque natura
- descrizione della struttura di composizione di prodotti complessi

Codice

A ciascun prodotto è associato un *codice* che lo identifica univocamente; il codice può essere "parlante", e cioè consistere in un nome sintetico che riassume le caratteristiche del prodotto, oppure può essere generato in modo casuale. Uno stesso prodotto può essere identificato presso un cliente o un fornitore con un codice diverso da quello *interno* adottato dall'azienda; esiste quindi un problema di traduzione tra codici interni ed esterni.

Di ogni prodotto interessano poi alcuni *dati di carattere generale*:

- Dati descrittivi (non strutturati) e annotazioni.
- Dati di stretta rilevanza commerciale (listini e condizioni di vendita).
- Dati amministrativi/fiscali.

Distinte

Il termine corrente per indicare la rappresentazione della struttura di composizione di un prodotto in forma gerarchica è *distinta base*. In generale, esistono due tipi di distinta, che si distinguono in funzione del loro uso: la *distinta di progettazione*, che rispecchia il contenuto informativo non geometrico contenuto nell'archivio disegni, e la *distinta di produzione*, che rappresenta la struttura di composizione utile per la pianificazione di acquisti e fabbricazione.

Distinta di progettazione

La distinta di progettazione (o tecnica) definisce la struttura del prodotto individuandone i componenti. Tali componenti possono essere reperibili sul mercato (commerciali) o eseguiti su specifiche interne (a disegno), eventualmente da parte di aziende esterne.

Possiamo pensare alla distinta tecnica come ad un albero in cui la radice corrisponde al prodotto, le foglie a componenti (o *particolari*) non dettagliati ulteriormente e i nodi a *complessivi* (o *assiemi*) la composizione di ciascuno dei quali è descritta nel relativo sotto-albero. A ciascun ramo corrisponde una *quota di partecipazione* (o *quantità di legame*), che individua la quantità di componente che rientra nel composto; in particolare essa viene utilizzata per parti con unità di misura di peso, volume o lunghezza.

E' possibile richiamare uno stesso oggetto come componente in diversi punti dell'albero. I nodi individuano oggetti reali, risultati di un effettivo processo produttivo, oppure *fittizi* (*phantom*). L'introduzione dei *phantom* dipende di solito da esigenze di progettazione, ad esempio il prodotto "autobus" potrebbe essere suddiviso in "parte anteriore", "parte posteriore", "telaio" e "resto". È chiaro che di questi componenti solo il telaio corrisponde ad un oggetto reale mentre gli altri sono di tipo *phantom*. Ogni nodo individua un *livello*

della distinta; il livello minimo è quello associato alla radice, al livello massimo si trovano una o più foglie (Figura 2.6).

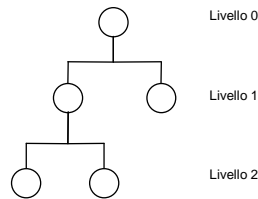


Figura 2.6: Livelli di distinta tecnica.

I nodi e l'ordine (o *sequenza*) dei rami sono definiti in base a criteri descrittivi della geometria e funzionali; ciascun nodo della distinta tecnica corrisponde ad un assieme di cui è fornito un disegno, si può quindi dire che la distinta tecnica riproduce il parco disegni relativo ad un certo prodotto. In generale l'albero evolve con le variazioni della struttura di composizione; ad uno stesso prodotto possono infatti essere apportate modifiche tecniche o la struttura può variare a seconda della versioni. Queste variazioni comportano l'apparizione di nuovi nodi, la scomparsa di vecchi e la modifica dell'ordine. La responsabilità della gestione della distinta tecnica spetta alla funzione progettazione che naturalmente opera in base alle specifiche funzionali associate al prodotto richiesto.

Distinta di produzione

Per soddisfare le esigenze di pianificazione, soprattutto in caso di prodotti complessi, è spesso necessario utilizzare una struttura di composizione arricchita rispetto alla distinta di progettazione: la *distinta di produzione*. La distinta di produzione si presenta maggiormente ramificata, perché i grezzi (o materie prime) non sono presi in considerazione nella distinta tecnica, e inoltre non sempre i semilavorati corrispondono ad assiami definiti nella distinta tecnica. Ad esempio dal punto di vista produttivo potrebbe essere richiesta una fase di pre-assemblaggio per cui ad uno stesso assieme può essere prodotto a partire da una ramificazione cui fanno capo due semilavorati diversi. In generale la definizione dei nodi nella distinta di produzione dipende dalle politiche di gestione dei magazzini e delle risorse e da questo dipendono le differenze con la struttura di progettazione.

La Figura 2.7 illustra questi concetti con un semplice esempio; la distinta di progettazione del prodotto P (a) ha meno livelli di quella di produzione relativa allo stesso prodotto (b); ciò è dovuto al fatto che in a) non compaiono le materie prime corrispondenti alle foglie di b), inoltre la distinta di produzione ci dice che le parti X ed Y vengono pre-assemblate nella parte K prima di essere utilizzate per produrre P, ed anche questa informazione non compare nella distinta di progettazione.

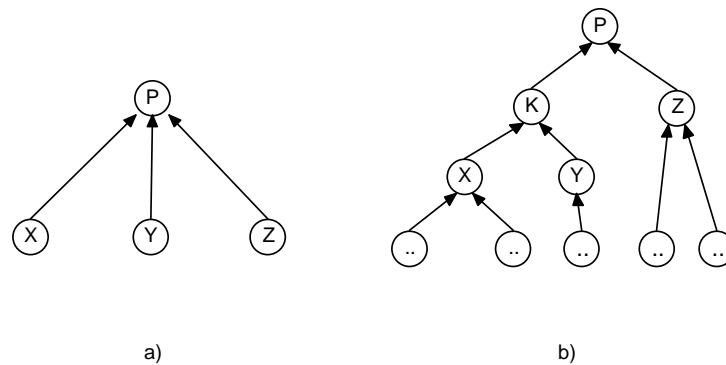


Figura 2.7: Distinta di progettazione (a) e distinta di produzione corrispondente (b)

Visto che l'obiettivo dei modelli qui discussi è quello di supportare la pianificazione, d'ora in poi quando parleremo di distinta base o più semplicemente di distinta intenderemo la distinta di produzione.

I sistemi MRP presuppongono il trattamento informatico delle distinte, attraverso l'archiviazione di ogni singola relazione di composizione in questi termini:

- codice composto
- codice componente
- quantità di legame (quantità di componente che figura in una unità di composto)
- date di validità
- stato di attivazione del ramo

Il dato "stato di attivazione" ci dice se il ramo rappresentato è attivato o disattivato, visto che non è prevista una rappresentazione esplicita di componenti alternativi che possono essere utilizzati indifferentemente per costruire un composto (per esempio, componenti di materiale diverso che però realizzano funzionalità identiche).

Distinta ricambi

La distinta ricambi rappresenta i componenti e le prestazioni che il cliente può richiedere durante la vita in opera del prodotto. La struttura ad albero corrispondente presenta molti meno nodi e rami rispetto a quella di produzione; ciò dipende dal fatto che gli interventi post-vendita non coincidono quasi mai con cicli del processo di fabbricazione e sono previsti in numero assai minore. Ad esempio la sostituzione di una lampadina nel fanale di un'automobile non ha nulla a che vedere con il ciclo di lavorazione durante il quale il componente "fanale" è stato originariamente assemblato. Ovviamente nel caso in cui non si gestiscano distinte per famiglia ma per singolo prodotto, questa distinta è un'ulteriore struttura che si aggiunge alle precedenti e richiede di essere inserita e mantenuta aggiornata.

Classificazione delle parti

D'ora in poi assumeremo che ciascun prodotto finito, semilavorato o materiale possa essere qualificato come *parte di acquisto o di produzione*. Non sempre questa distinzione è rigida e stabile nel tempo: possono esistere parti che a seconda delle circostanze è più conveniente produrre o acquistare. Nel seguito però assumeremo che ogni volta che viene creato un piano di approvvigionamento esista una chiara partizione tra parti di acquisto e

parti di produzione. Inoltre, per ciascuna parte di produzione dovrà essere stata definita una distinta base (se una parte di acquisto avesse una distinta base, questa verrebbe semplicemente ignorata).

Un'altra partizione da definire è quella tra *parti principali e non*. Per parte principale si intende una parte ordinabile da cliente, quindi un prodotto finito o un ricambio. Tutte le altre parti sono non principali. Il motivo di questa distinzione sta nel diverso trattamento cui sono soggette le due classi nel calcolo del piano di approvvigionamento, che in genere si intende suddiviso in *piano delle parti principali e piano generale*. Le parti principali possono ricevere fabbisogni dall'esterno, quindi indipendenti, mentre quelle non principali ricevono solo fabbisogni dipendenti, in conseguenza dei fabbisogni indipendenti delle parti principali di cui sono componenti. Esistono parti principali, tipicamente i ricambi che sono anche componenti di prodotti finiti, che possono ricevere anche fabbisogni dipendenti oltre che indipendenti.

Livello minimo di una parte

Visto che la distinta base è una struttura gerarchica ad albero i cui rami sono relazioni di composizione, è possibile definire il concetto di *livello di nodo*, come distanza dalla radice (numero di rami del percorso che lo collega alla radice). La radice ha livello 0 (talvolta 1), i componenti diretti della radice hanno livello 1 (un solo ramo li collega alla radice), i loro componenti diretti hanno livello 2 e così via. Capita spesso che la stessa parte giochi il ruolo di componente in diverse relazioni di composizione, quindi sia associata a nodi di livello diverso nella stessa distinta base. Si definisce allora il livello di una parte P rispetto ad un prodotto F come:

$$\text{Liv}(P, F) = \max \{ \text{livelli dei nodi cui } P \text{ è associato nella distinta base di } F \}$$

D'altra parte è molto frequente che la stessa parte sia componente di distinte base di prodotti diversi. Si definisce allora il livello di una parte P (o livello minimo di P) come:

$$\text{Liv}(P) = \max \{ \text{Liv}(P, F) \text{ per ogni } F \text{ di cui } P \text{ è componente} \}$$

Vedremo in seguito come il livello minimo venga utilizzato nel calcolo del piano generale. Assumiamo che tutti i prodotti finiti abbiano livello minimo 1; i ricambi possono essere di livello 1 o maggiore di 1, nel caso in cui siano anche semilavorati di prodotti più complessi.

3.3.2 Il modello di processo

Il calcolo del piano di approvvigionamento richiede ovviamente la definizione di tutte le distinte base delle parti principali coinvolte nel piano. Ciò assicura però la possibilità di determinare tipo e quantità dei componenti da approvvigionare, non quando approvvigionarli. In realtà nei sistemi MRP non c'è una vera definizione delle fasi di lavorazione e delle risorse produttive. Le fasi sono invece rappresentate in termini di "ritardo":

- per le parti acquistate dall'esterno il ritardo intercorre dall'invio dell'ordine al fornitore all'arrivo del materiale
- per le parti prodotte il ritardo intercorre dalla disponibilità dei componenti di una certa parte alla disponibilità della parte in cui tali componenti sono impiegati.

Lead time è il termine utilizzato per esprimere tale ritardo.

Lead time

Lead time è un parametro, associato a ogni parte, che esprime il tempo, in giorni, di approvvigionamento di quella parte. Il lead time in generale non fa riferimento ad una dimensione di lotto. Alcuni sistemi permettono però di definire una componente fissa di lead time e una variabile, associata ad un lotto di riferimento.

Per le parti di acquisto il lead time è il tempo medio che intercorre tra l'emissione di un ordine d'acquisto per quella parte e la sua evasione. Medio perché lo stesso valore di lead time deve valere al variare delle condizioni contingenti di mercato e anche dei diversi fornitori che possono fornire la stessa parte. Naturalmente questo valore è tanto più credibile quanto più il parco fornitori è ristretto e stabile. Se si adotta la distinzione tra lead time fisso e variabile, il primo termine esprime il tempo fisso di emissione dell'ordine (comprendente la negoziazione col fornitore), il secondo il tempo di arrivo del materiale quando questo dipenda dall'ampiezza del lotto.

Per le parti di produzione il lead time è il tempo medio che intercorre tra l'emissione di un ordine di produzione, riferito alla fabbricazione di un composto dai suoi diretti componenti, e l'esecuzione dello stesso ordine. Il lead time di produzione viene calcolato tenendo conto di:

per ogni lotto:

- tempo di emissione dell'ordine e distribuzione documentazione ai reparti
- tempo di prelievo dei materiali

per ogni fase:

- tempo di attesa al centro di lavoro
- tempo di set-up
- tempo di lavorazione

Solo il tempo di lavorazione è funzione della dimensione del lotto, quindi può essere espresso come lead time variabile. Nelle organizzazioni a reparti, tuttora molto diffuse, in cui un lotto di pezzi lascia un centro di lavoro solo dopo essere stato completamente lavorato da quel centro, il tempo di attesa al centro di lavoro è pari al 70-90% dell'intero lead time di un lotto di medie dimensioni. D'altra parte il tempo di attesa è fortemente influenzato dalla situazione contingente della fabbrica, perché dipende dalla priorità con cui vari lotti in attesa vengono messi in produzione. La stima quindi del lead time di produzione lascia margini di errore così ampi da giustificare l'adozione di sistemi MRP II, e di altre tecniche più sofisticate di pianificazione delle attività, per verificare l'attendibilità della collocazione temporale dei vari ordini di produzione di un piano.

Il calcolo del piano utilizza un lead time teorico, ma il controllo di avanzamento del piano permette di calcolare per ogni ordine di produzione quale sia stato il lead time reale, cioè il tempo effettivamente intercorso dal momento del rilascio dell'ordine a quello del suo completamento. Lo stesso vale per gli ordini di acquisto, di cui si può controllare sia il giorno di emissione che quello (o quelli) di consegna del materiale. In generale nei pacchetti software MRP non sono previsti confronti sistematici tra valore teorico e valori reali, per ogni ordine, dei lead time.

È indispensabile per la buona gestione di un sistema MRP realizzare, magari in modo semiautomatico, questi confronti, in modo da correggere almeno le più vistose incoerenze dei lead time teorici. Ogni lead time teorico più ampio del necessario si traduce in anticipo di fabbricazione o acquisto di materiale, ogni lead time teorico più breve del necessario

provoca ritardi sull'esecuzione dei composti a valle, generando contestazioni e problemi tra i vari reparti. Non a caso esistono pacchetti che prevedono un'esplicita *gestione dei mancanti*, ovvero procedure che permettono di scoprire con almeno qualche giorno di anticipo quali ordini siano in ritardo rispetto alla consegna per poterli sollecitare in tempo.

La maggior parte dei pacchetti MRP trattano lead time associati alle parti, ma esistono pacchetti che permettono di associare un lead time ad ogni singolo ramo di distinta base. In questo caso il lead time di una parte è il massimo dei lead time dei rami che lo collegano ai suoi diretti componenti. Il *lead time di ramo* è più oneroso da tenere aggiornato ma garantisce una maggior precisione nella collocazione temporale dei nodi, in particolare per prodotti molto complessi in cui certi livelli rappresentano assemblaggi di una grande varietà di componenti, alcuni dei quali necessari fin dal primo momento ma altri utili sono alla fine dell'assemblaggio stesso.

Oltre al lead time di una parte, si può definire anche il *lead time cumulativo di una parte P*. In questo caso dobbiamo valutare tutti i percorsi minimi che collegano P a ciascuna delle foglie della sua distinta. Per ciascuno di essi si definisce un l'EAD time cumulato di percorso come:

LTCum (P, G) = somma dei lead time dei rami che connettono la foglia G alla radice P

dove per lead time di un ramo si intende quello del suo composto. Possiamo allora calcolare

LTCum (P) = max {LTCUm (P, G) per ogni foglia G di P}

Visto che a ogni nodo della distinta di P è associata una parte di acquisto o di produzione, possiamo calcolare il modo differenziato LTCumP (P, G) come somma dei soli lead time di produzione e LTCum A (P, G) come solo lead time di acquisto (in genere unico), e di conseguenza LTCumP (P) e LTCumA (P). La stima del tempo di approntamento dei prodotti di un'azienda, che avevamo chiamato I_p in un paragrafo precedente, e delle sue componenti I_{pf} e I_{pa} può essere ottenuta come valore medio tra i valori LTCum, LTCumP e LTCumA al variare di tutti i prodotti di interesse.

La conoscenza dei lead time cumulativi di prodotto, che non sempre è calcolato in automatico dai software MRP, è utile nel momento in cui si voglia intervenire per ridurre il tempo di approntamento di un certo prodotto. È infatti possibile individuare quale sia il percorso che definisce il lead time, chiamato spesso *percorso critico* perché è quello che determina l'ampiezza del tempo di approntamento. Se si vogliono ottenere risultati, bisogna innanzitutto operare sui componenti che stanno sul percorso critico, e non, come spesso viene fatto, su quelli che hanno un lead time più alto di altri.

3.4 Altre definizioni

Le *informazioni di input* per generare un piano MRP sono le seguenti:

- quale domanda esterna
- quale struttura di composizione dei prodotti richiesti dall'esterno
- quale durata media in giorni (lead time) di ciascun ciclo di acquisto o di produzione di una parte dai suoi componenti diretti
- quale stato delle giacenze, degli ordini cliente, di produzione e acquisto e degli impegni di produzione

- quali politiche di approvvigionamento delle varie parti

Per capire bene il significato di queste informazioni e' opportuno introdurre alcuni concetti, tipici di questa tecnica di pianificazione.

3.4.1 Domanda indipendente

Abbiamo parlato finora di domanda esterna, per indicare le richieste che arrivano dai clienti. Per domanda esterna nei sistemi MRP si intende la somma degli ordini clienti e delle previsioni di vendita che cadono nell'orizzonte di pianificazione. Il motivo per cui vengono considerate le previsioni e' legato al posizionamento del CODP sui prodotti finiti (MTS = Make-To-Stock), sui semilavorati (ATO = Assembly-To-Order), sui componenti (MTO = Make-To-Order).

L'incidenza delle previsioni rispetto agli ordini, detta anche il grado di incertezza della domanda, e' molto legata al tipo di prodotto, al tipo di mercato e alla situazione contingente.

D'ora in poi parleremo di *domanda indipendente*, o di fabbisogni indipendenti, per indicare le richieste di parti principali che vengono da cliente, indipendentemente dal fatto che siano originate da ordini clienti o previsioni. La determinazione della domanda indipendente a partire da ordini clienti e previsioni e' in generale un'attività manuale o assistita da software realizzato ad hoc per la singola azienda. Alcuni pacchetti software MRP II includono un modulo di pianificazione a lungo termine, o strategica, generalmente molto costoso, di difficile uso e quindi di scarsissima diffusione.

La domanda indipendente e' allora un insieme di elementi del tipo:

Dind(P, Q, t) = *fabbisogno indipendente di P al tempo t*, dove P e' un tipo di prodotto (parte principale), Q e' la quantità richiesta, t e' la data di scadenza.

3.4.2 Disponibilità vs giacenza

A differenza dei sistemi di pianificazione a scorta centrati sul concetto di giacenza di magazzino, i sistemi MRP sono centrati su quello di *disponibilità*. Al tempo t_0 , per il prodotto P, abbiamo:

G (P, t_0) = *giacenza di P al tempo t_0* = numero di pezzi di P fisicamente esistenti in fabbrica al tempo t_0 ;

se indichiamo con t un istante di tempo maggiore a t_0 , abbiamo la seguente definizione di *Disponibilità di P al tempo tx*:

$$\mathbf{D (P, tx)} = G(P, t_0) + \sum_{t < tx} \text{Ordini (P, t)} - \sum_{t < tx} \text{Impegni (P, t)} - \text{Scorta Sicurezza}$$

dove:

Ordini (P, t) = {ordini di approvvigionamento (produzione o acquisto) di P
scadenti al tempo t}

rappresentano i previsti carichi (entrate) di P a magazzino mentre

Impegni (P, t) = {consumi di P al tempo t per soddisfare ordini di composti
(per semilavorati) o ordini clienti (per prodotti finiti)}

rappresentano i previsti scarichi (uscite) di P da magazzino, e la scorta di sicurezza viene vista come una soglia minima di giacenza da non intaccare in nessuna circostanza.

Ogni *ordine di produzione* di una parte e' associato ai *fabbisogni indotti* sui suoi componenti diretti. In particolare, se:

- P e' la parte
- $CP = \{Pi, i:1..n\}$ e' l'insieme dei diretti componenti di P
- O (P, Q, E, S) e' un ordine sulla parte P con quantità Q, data di emissione E e data di scadenza S
- $FO = \{FOi(Pi, Qi, Si), i:1..n\}$, e' l'insieme dei fabbisogni dei componenti di P rispetto all'ordine O

valgono le seguenti relazioni, per ogni $i:1..n$:

$$E = S - \text{LeadTime}(P)$$

$$Qi = Q * Q_{leg} \text{ dove } Q_{leg} \text{ e' la quantità di legame del ramo } (P, Pi)$$

$$Si = E \text{ se non si gestiscono lead time di ramo, altrimenti } Si = S - \text{LeadTimeRamo} (P, Pi)$$

Gli ordini di produzione possono trovarsi in tre distinti stati:

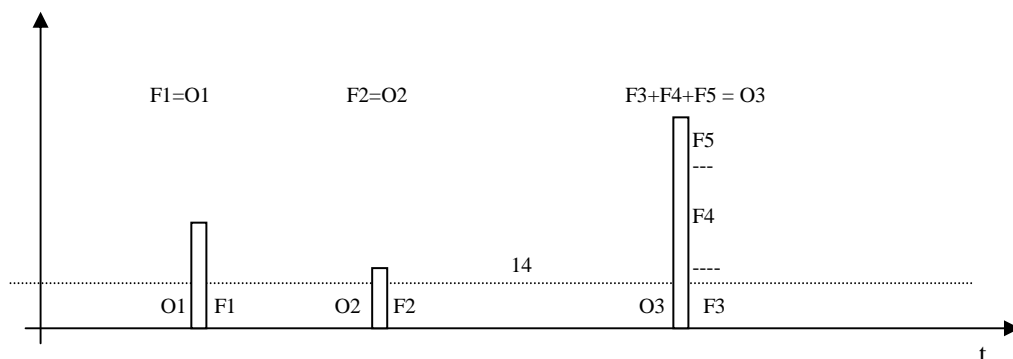
- ordini pianificati, ovvero generati da un piano e ricreati al piano successivo
- ordini confermati, ovvero ordini pianificati che vengono confermati dal pianificatore e restano validi anche nel piano successivo
- ordini rilasciati, ovvero ordini pianificati o confermati che vengono approvati per l'esecuzione.

A ciascuno stato sono associati i fabbisogni sui componenti diretti, secondo una diversa terminologia. Infatti, per *ordini pianificati e confermati* si parla di *fabbisogni associati*, o *indotti*, mentre per *ordini rilasciati* si parla di *impegni (di materiale)* associati o indotti.

In conclusione, i sistemi MRP permettono di tenere sotto controllo la disponibilità, quindi la proiezione nel futuro della dinamica delle giacenze, rendendo quindi possibile ridurre globalmente l'entità delle scorte. Infatti, la generazione di ordini nelle quantità e nelle date strettamente necessarie per soddisfare i fabbisogni fa si' che la disponibilità di una parte, in un qualsiasi istante, tenda a zero, quindi *la giacenza tenda alla scorta di sicurezza*. Come vedremo, esistono politiche di approvvigionamento che consentono l'accumulo di scorte in anticipo o in eccesso, rimanendo pero' sotto il totale controllo del pianificatore che può risalire, in modo più o meno agevole, al motivo per cui quelle scorte si sono generate.

3.4.3 Aggregazione di fabbisogni

La politica di riordino più aderente all'obiettivo di non generare mai in nessuna circostanza scorte inutili fa si' che l'andamento della giacenza sia come nella figura 2.8: la giacenza e' in generale pari alla scorta di sicurezza, e presenta picchi in corrispondenza dei giorni in cui sono collocati i fabbisogni per la parte. In quei giorni si manifesta un fabbisogno pari



alla somma di tutti i fabbisogni (indipendenti o dipendenti a seconda della natura della parte) scadenti in quel giorno, totalmente bilanciato da un ordine con pari quantità e stessa data di scadenza.

Figura 2.8: Andamento della giacenza con ordine = fabbisogno netto

Questa politica presenta però degli inconvenienti per parti soggette a fabbisogni frequenti. Infatti viene generato un ordine per ogni giorno in cui si manifesta un fabbisogno. Ciò è di difficile gestione soprattutto per le parti di acquisto o i semilavorati più semplici, per cui può essere più agevole emettere un ordine ogni settimana o ogni decina di giorni. I sistemi MRP consentono di definire un intervallo di tempo, detto *giorni di copertura*, all'interno del quale tutti i fabbisogni lordi vengono cumulati in un unico fabbisogno con scadenza all'inizio dell'intervallo.

In Figura 2.9 vediamo i fabbisogni f_1 ed f_2 relativi a due date t_1 e t_2 che ricadono in uno stesso intervallo di aggregazione; se ad esempio f_1 vale 50 ed f_2 100 unità il risultato è un unico fabbisogno f_3 pari a 150, programmato all'istante t_x corrispondente all'estremo inferiore dell'intervallo di aggregazione.

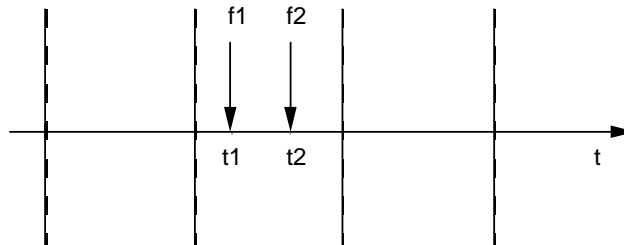


Figura 2.9: Fabbisogni appartenenti ad uno stesso intervallo di aggregazione.

Ovviamente nessun ordine pianificato sarà emesso in corrispondenza dei giorni t_1 e t_2 , ma eventualmente solo al tempo t_x . Il parametro giorni di copertura è associato ad ogni parte, e naturalmente può non essere definito per le parti che non lo richiedono. I pacchetti software MRP possono seguire due diverse strategie nel calcolare gli intervalli di aggregazione per una parte:

- dividere l'orizzonte di pianificazione in sotto-intervalli di ampiezza pari ai giorni di copertura, ottenendo così gli estremi inferiori di ciascun intervallo (è la soluzione più frequente);
- considerare come estremo inferiore del primo intervallo di aggregazione la data in cui si manifesta il primo fabbisogno per la parte in esame.

L'effetto dell'aggregazione di fabbisogni è generalmente quello di anticipare la creazione di scorte che verranno via via consumate durante l'intervallo di copertura. Nel caso in cui l'intervallo di copertura sia particolarmente ampio (dell'ordine di settimane) si rischia di generare anche scorte in eccesso, nel senso che vengono considerati all'inizio dell'intervallo di copertura fabbisogni molto lontani nel tempo, che magari perderebbero di significato in una successiva pianificazione.

3.4.4 Lotti di riferimento per dimensionamento ordine

In moltissimi casi l'aggregazione dei fabbisogni viene combinata con il confronto tra fabbisogno netto e lotti di riferimento definiti a priori. D'altra parte l'abitudine a ragionare in termini di lotti economici di dimensioni piuttosto rilevanti e' ancora talmente diffusa che gli utenti del sistema vedrebbero con sospetto ordini di materiale di consumo con quantità non approssimate almeno alle centinaia. I lotti di riferimento sono di tre tipi:

- lotto minimo: se il fabbisogno netto e' inferiore, la quantità d'ordine e' pari al lotto minimo;
- lotto multiplo: se il fabbisogno netto e' compreso tra $(n-1)*\text{lotto multiplo}$ e $(n)*\text{lotto multiplo}$, la quantità d'ordine e' pari a $(n)*\text{lotto multiplo}$;
- lotto massimo: se il fabbisogno netto e' superiore, vengono emessi più ordini, con quantità pari al più al lotto massimo

Pertanto se ad esempio un prodotto viene ordinato solo in quantità multiple di 600 e la domanda in un certo istante è pari a 721 verrà generato un ordine per 1200 unità; se invece lo stesso prodotto può essere ordinato per una quantità minima di 1000 la stessa domanda genera un ordine per 1000 unità.

L'uso dei lotti di riferimento va accuratamente ponderato, e la loro definizione va sistematicamente verificata, con l'obiettivo di cercare di ridurli progressivamente. E' evidente infatti che l'uso di lotti minimi e multipli comporta automaticamente la creazione di scorte in eccesso, senza avere alcuna indicazione su quando potranno essere consumate.

3.5 Algoritmo di generazione del piano

La pianificazione MRP parte dalla cosiddetta *domanda indipendente*, in cui sono definiti i prodotti da approntare in quantità e scadenza, formulata in base ad ordini cliente e previsioni di vendita; la distinta base, che associa ad ogni prodotto la sua gerarchia di composizione, consente di determinare il *fabbisogno*, in quantità e scadenza, di ciascun componente, sia esso semilavorato o materia prima. La *disponibilità* effettiva dei componenti in un certo istante è calcolata in base alle scorte esistenti ed agli impegni ed ordini con scadenza antecedente a quell'istante. Nel caso in cui la disponibilità di una parte sia inferiore al fabbisogno per essa verrà generato un *ordine* di produzione o di acquisto, previo confronto con gli ordini già rilasciati. L'algoritmo di pianificazione opera in due fasi: nella prima viene generato il piano delle parti principali, o *piano principale*, e nella successiva si ottiene il *piano generale*, che comprende tutti i nuovi ordini pianificati di produzione e acquisto di parti principali e non.

3.5.1 Piano principale

1) Definizione domanda indipendente.

Abbiamo già visto come la domanda indipendente sia definita come insieme di elementi definiti dall'utente del tipo $Dind(PP, Qind, t)$, dove PP e' un tipo di prodotto (parte principale), Qind e' la quantità richiesta, t e' la data di scadenza.

Ogni parte principale PP su cui e' definita una domanda indipendente viene esaminata, applicando i passi 2 e 3.

2) Ciclo di calcolo fabbisogni netti, generazione ordini e segnalazione eccezioni.

Per ogni giorno tx dell'orizzonte di pianificazione (per valori crescenti di tx) in cui cade una domanda indipendente di PP o e' in scadenza un ordine di PP rilasciato da un precedente piano si procede a :

- calcolare la disponibilità di PP al tempo tx, $D(PP, QD, tx)$;
- calcolare il fabbisogno netto di PP al tempo tx, $FNet(PP, QNet, tx)$;
- se il fabbisogno netto non e' nullo, calcolare l'ordine pianificato di PP al tempo tx, $OP(PP, QP, tx)$;
- se esiste un ordine rilasciato di PP con scadenza "vicina" a tx, $OR(PP, QR, ty)$, invece di emettere il nuovo ordine pianificato di PP al tempo tx si emette un suggerimento di cambiamento (eccezione) per l'ordine rilasciato $OR(PP, QR, ty)$.

Esaminiamo ora il ciclo più in dettaglio. Per prima cosa viene calcolata la domanda totale di PP al giorno tx:

$$Dind(PP, Qind, tx) \text{ dove } Qind = \sum_{t=tx} Dind(PP, Qind, t)$$

Se sono definiti giorni di copertura, tutti gli elementi $Dind(PP, t)$ vengono cumulati sugli estremi inferiori degli intervalli di copertura risultanti. La disponibilità di PP al tempo tx e' poi determinata a questo modo:

$D(PP, QD, tx)$ dove

$$QD = G(PP, t0) - \text{Scorta Sicurezza} +$$

$$\sum_{t <= tx} \text{Ordini Rilasciati}(PP, t) + \sum_{t < tx} \text{Ordini Pianificati}(PP, t) - \sum_{t < tx} DInd(PP, t)$$

e di conseguenza si ha il fabbisogno netto al tempo tx:

$$FNet(PP, QNet, tx) \text{ dove } QNet = 0 \text{ se } D(PP, tx) \geq Dind(PP, tx)$$

$$QNet = Dind(PP, tx) - D(PP, tx) \text{ se } D(PP, tx) < Dind(PP, tx)$$

Se il fabbisogno netto al tempo tx e' maggiore di zero si procede al calcolo dell'ordine pianificato, tenendo conto dei lotti di riferimento se definiti, $OP(PP, QP, tx)$.

Interviene ora il confronto con un eventuale ordine rilasciato con scadenza ty vicina a tx. L'idea di fondo e' che gli ordini rilasciati non vengono mai corretti o cancellati da un successivo piano, in quanto il rilascio bene considerato un passaggio di responsabilità dagli addetti alla pianificazione ai settori fabbricazione e acquisti. I pianificatori possono ricreare a piacere ordini pianificati, eventualmente confermandoli in modo da mantenerli da un piano al successivo, ma non sono autorizzati a creare perturbazioni su ordini che dovrebbero già essere in esecuzione.

Capita però che, dato che gli ordini rilasciati in precedenti piani tengono conto di una precedente configurazione della domanda, si verificano variazioni rilevanti dello scostamento tra fabbisogno e disponibilità nei diversi periodi. Pertanto, i migliori pacchetti MRP permettono di definire un parametro, spesso denominato *intorno di eccezione*, che definisce l'ampiezza in giorni di un intervallo di tempo centrato sulla data di scadenza di ogni ordine pianificato. Tutti gli ordini pianificati la cui scadenza cade nell'intorno di eccezione di un ordine rilasciato *non vengono emessi*, ma al loro posto vengono emessi dei suggerimenti (*eccezioni*) di variazione all'ordine rilasciato.

La classificazione delle eccezioni varia da sistema a sistema. In generale le eccezioni sono di cinque tipi principali:

- Cancellare
- Ritardare
- Diminuire la quantità
- Accelerare
- Aumentare la quantità

La prima eccezione è la più grave, e si manifesta quando nell'intervallo di eccezione di un ordine pianificato non è presente alcun fabbisogno netto, quindi l'ordine non ha più ragione di esistere. Questo capita tipicamente quando la domanda indipendente che in un piano precedente aveva generato l'ordine non è più presente nel piano in corso, o perché riferita ad un ordine cliente cancellato o perché quella che nel piano precedente era una previsione di vendita sul prodotto PP è diventata un ordine cliente di una parte PP', simile a PP ma diversa.

La gestione degli altri tipi di eccezione richiede la definizione di un ulteriore parametro, che rappresenta la *soglia massima* che la giacenza può raggiungere, quindi il massimo scostamento ammissibile rispetto alla scorta di sicurezza. Ad esempio supponiamo che venga pianificato un ordine all'istante t : se esiste già un ordine rilasciato all'istante t' , successivo a t , tale da generare una disponibilità $D(t')$ eccessiva (troppo lontana dalla scorta di sicurezza), verrà generata un'eccezione per anticipare quest'ordine al tempo t . Se invece t' precede t , e $D(t)$ risulta eccessiva, verrà generata un'eccezione per ritardare quest'ordine al tempo t . Considerazioni analoghe riguardano la segnalazione di diminuzione e aumento della quantità di ordini rilasciati.

3) Calcolo date emissione ordini e fabbisogni dipendenti sui componenti

Gli ordini pianificati risultanti dalla fase precedente vengono completati con la data di emissione, ottenuta sottraendo il lead time della parte alla data di scadenza. Vengono poi esaminati i componenti diretti delle parti principali di produzione ordinate e di livello minimo 1, e per ciascuno di essi vengono calcolati i fabbisogni dipendenti. Come già anticipato, i fabbisogni hanno una quantità pari alla quantità dell'ordine moltiplicata per la quantità di legame e una data uguale alla data di emissione dell'ordine se non sono gestiti lead time di ramo, altrimenti uguale alla data di scadenza dell'ordine decrementata del lead time di ramo.

Si passa ora ad esaminare una nuova parte principale, fino ad esaurimento della domanda indipendente. Al termine della scansione, la generazione del piano principale è completata e si passa alla generazione del piano generale.

3.5.2 Piano generale

Per ogni valore di livello minimo, partendo da 2 e per valori crescenti, si elaborano tutte le parti per cui è stato calcolato almeno un fabbisogno lordo, a partire da ordini pianificati di composti di livello minimo inferiore. La definizione di livello minimo di una parte assicura che quando questa viene presa in esame tutti gli ordini pianificati di suoi composti che possano generare fabbisogni per quella parte sono già stati calcolati. Ciò garantisce che il calcolo degli ordini per una parte avvenga in un'unica soluzione.

Per il livello n -simo vengono allora eseguiti i seguenti passi:

1) Selezione delle parti di livello n che hanno ricevuto almeno un fabbisogno dipendente da un ordine pianificato delle parti di livello minimo inferiore.

Per ognuna di queste parti PD si procede come nel seguito:

2) Ciclo di calcolo fabbisogni netti, generazione ordini e segnalazione eccezioni.

Per ogni giorno tx dell'orizzonte di pianificazione (per valori crescenti di tx) in cui cade una fabbisogno dipendente di PD o e' in scadenza un ordine di PD rilasciato da un precedente piano si procede a :

- calcolare la disponibilità di PD al tempo tx, $D(PD, QD, tx)$;
- calcolare il fabbisogno netto di PD al tempo tx, $FNet(PD, QNet, tx)$;
- se il fabbisogno netto non e' nullo, calcolare l'ordine pianificato di PD al tempo tx, $OP(PD, QP, tx)$;
- se esiste un ordine rilasciato di PD con scadenza "vicina" a tx, $OR(PD, QR, ty)$, invece di emettere il nuovo ordine pianificato di PP al tempo tx si emette un suggerimento di cambiamento (eccezione) per l'ordine rilasciato $OR(PD, QR, ty)$.

Esaminiamo ora il ciclo piu' in dettaglio. La disponibilità di PD al tempo tx e' poi determinata a questo modo:

D(PD, QD, tx) dove

$$QD = G(PD, t_0) - \text{Scorta Sicurezza} + \sum_{t <= tx} \text{Ordini Rilasciati}(PD, t) + \sum_{t < tx} \text{Ordini Pianificati}(PD, t) - \sum_{t <= tx} \text{Impegni}(PD, t) - \sum_{t < tx} \text{Fabbisogni lordi}(PD, t)$$

e di conseguenza si ha il fabbisogno netto al tempo tx:

$$FNet(PD, QNet, tx) \quad \text{dove } QNet = 0 \quad \text{se } D(PD, tx) \geq Dind(PD, tx)$$

$$QNet = Dind(PD, tx) - D(PD, tx) \quad \text{se } D(PD, tx) < Dind(PD, tx)$$

Se il fabbisogno netto al tempo tx e' maggiore di zero si procede al calcolo dell'ordine pianificato, tenendo conto dei lotti di riferimento se definiti, $OP(PD, QP, tx)$. Il confronto con ordini rilasciati con scadenza vicina e' del tutto analogo a quello fatto per le parti principali. Se una parte principale di livello maggiore di 1 ha ricevuto dei fabbisogni dipendenti, in questa fase vengono ricalcolati tutti i suoi ordini pianificati, per tenere conto sia dei fabbisogni indipendenti che di quelli dipendenti.

3) Calcolo date emissione ordini e fabbisogni dipendenti sui componenti

Gli ordini pianificati risultanti dalla fase precedente vengono completati con la data di emissione, ottenuta sottraendo il lead time della parte alla data di scadenza. Vengono poi esaminati i componenti diretti delle parti principali di produzione ordinate e delle parti principali ordinate del livello in esame, e per ciascuno di essi vengono calcolati i fabbisogni dipendenti. Come già anticipato, i fabbisogni hanno una quantità pari alla quantità dell'ordine moltiplicata per la quantità di legame e una data uguale alla data di emissione dell'ordine se non sono gestiti lead time di ramo, altrimenti uguale alla data di scadenza dell'ordine decrementata del lead time di ramo.

Si passa ora ad esaminare una nuova parte con fabbisogni lordi, finché non si è esaurito il livello in esame.

Si procede poi a trattare un nuovo livello, fino ad esaurimento dei livelli raggiunti da fabbisogni dipendenti. Al termine della scansione, la generazione del piano generale è completata.

3.6 *Analisi e approvazione parziale del piano*

La fase successiva alla generazione del piano è quella della revisione, in cui si possono esaminare le situazioni di tutte le parti che hanno ordini pianificati compresi nell'orizzonte di revisione o di rilascio. La tabella seguente riporta la tipica forma di visualizzazione dell'andamento nel tempo della giacenza della parte XY, per cui supponiamo di aver definito un lotto minimo d'ordine di 50 pezzi, un lotto multiplo di 50 pezzi e di avere una giacenza di 10 pezzi a t0 (1/10/96).

La colonna Ordini riporta a sinistra gli ordini rilasciati e a destra quelli pianificati, mentre la tabella Impegni riporta a sinistra gli impegni relativi a ordini rilasciati e a destra gli ordini pianificati. Quindi le colonne a sinistra rappresentano i risultati dei precedenti piani approvati, mentre le colonne di destra rappresentano le proposte del nuovo piano. In questo caso è evidente l'impatto che i lotti minimi e multipli hanno sull'andamento della giacenza.

<i>data</i>	<i>ordini rilasciati / ordini pianificati</i>		<i>Impegni / Fabbisogni</i>		<i>Giacenza</i>
1/10/96					10
5/10/96			67		
5/10/96	100				43
6/10/96				18	25
7/10/96				30	-5
7/10/96		50			45
12/10/96				37	8
13/10/96				12	-4
13/10/96		50			46

L'analisi della situazione di una parte, semilavorato o materia prima, porta spesso a dover ricercare l'origine dei fabbisogni che hanno determinato una certa situazione di ordini pianificati ed eccezioni. Tale ricerca è agevole se la *tracciabilità del piano* è elevata, nel senso che per ogni singolo elemento di domanda dipendente dovrebbe essere facilmente rintracciabile l'intero albero formato dai fabbisogni indotti e dai corrispondenti ordini pianificati. L'ostacolo più grande alla tracciabilità è l'uso di aggregazione di fabbisogni e lotti di riferimento: infatti l'ordine di una parte non corrisponde più a un solo, ma a un intero insieme di fabbisogni, ognuno dei quali individua almeno una origine. Altri problemi nascono quando gli ordini pianificati sono sostituiti da modifiche di ordini rilasciati, che magari non rispettano esattamente la dinamica dei fabbisogni. Infine, un limite intrinseco è

costituito dal fatto che gran parte dei sistemi MRP trattano come un unico fabbisogno tutti i fabbisogni scadenti lo stesso giorno.

La pianificazione è un processo iterativo: assieme al piano generale si ottiene anche una *lista di eccezioni* le cui cause devono essere rimosse per quanto possibile. Ricordiamo che la generazione del piano non apporta nessuna modifica a ordini rilasciati e ai relativi impegni, in quanto si suppone che questi siano già stati presi in carico da altri settori aziendali, la fabbricazione per gli ordini di produzione e gli acquisti per gli ordini di acquisto all'esterno. Le eccezioni devono essere esaminate in ordine di gravità, tenendo conto sia delle anomalie che influiscono sul WIP (segnalate dalle eccezioni Cancellare e Ritardare) sia di quelle che possono provocare rallentamenti (eccezione Accelerare).

Inoltre gli ordini pianificati possono servire per l'analisi dei flussi di cassa o, come vedremo, del carico di lavoro tramite MRP II e magari del piano di fabbricazione con uno schedulatore; finché non si sono eliminate le eccezioni o non si ottengono dalla suddetta analisi risultati soddisfacenti si possono effettuare nuovi tentativi, modificando il programma parti principali, i parametri di pianificazione ed eventualmente le distinte basi. Ricordiamo infatti che il sistema di pianificazione MRP non gestisce in generale componenti alternativi che lasciano immutate le caratteristiche del prodotto percepibili dal cliente.

Una volta ottenuto un piano generale soddisfacente si procederà ad un rilascio selettivo degli ordini pianificati; non è infatti realistico approvare tutti i suggerimenti di un piano di produzione che può coprire un arco di tempo di molti mesi. In generale si rilasciano gli ordini pianificati più vicini nel tempo, riservandosi di approvare gli altri nel momento in cui si potrà contare su un maggiore grado di certezza per quanto concerne i tempi, le quantità e la definizione funzionale delle parti interessate. Questo è il motivo per cui la finestra di rilascio ha un'ampiezza da 1/3 a 1/10 dell'orizzonte globale.

Gli ordini rilasciati possono essere variati al momento del rilascio in termini di quantità e data di scadenza. È chiaro che questi interventi squilibrano il piano appena generato, quindi se sono rilevanti richiedono di ripetere al più presto una nuova pianificazione. Gli ordini rilasciati per le parti d'acquisto costituiscono le *richieste d'approvvigionamento* che l'ufficio acquisti è tenuto a soddisfare, assegnandole ai vari fornitori sulla base di proprie valutazioni. Negli ultimi anni è in corso una tendenza alla riduzione del numero dei fornitori per ciascuna parte e alla definizione di rapporti contrattuali di lunga durata. In questa situazione, l'assegnazione delle richieste d'acquisto è piuttosto semplice, mentre in altri casi alcune richieste possono essere assegnate sulla base di ricerche di mercato e trattative specifiche.

Gli ordini rilasciati per le parti di produzione sono disponibili per essere avviati alla fabbricazione. Il rilascio dell'ordine genera gli impegni sui componenti diretti dell'ordine, utilizzando la versione corrente della distinta base. In questo modo ogni ordine è dotato di una propria struttura di composizione, eventualmente modificabile senza per questo cambiare la struttura generale della distinta. Questa opzione è molto utilizzata nei casi in cui alcune caratteristiche di un certo prodotto vengano specificate in corso d'opera: si rilascia un ordine con la composizione standard e poi a mano a mano che le opzioni vengono precisate si variano i componenti di conseguenza.

Un'altra giustificazione per modificare qualche componente è legata alla necessità di esaurire materiali obsoleti, esclusi dal ciclo naturale degli approvvigionamenti. Infatti, molte modifiche tecniche apportate dall'ufficio tecnico alla struttura di composizione

sostituiscono componenti senza per questo modificare le caratteristiche del prodotto percepibili dal cliente. Questo significa che da un certo punto in poi tutti gli ordini di quel prodotto avranno la nuova composizione, quindi il vecchio componente non sarà più ne' impegnato ne', di conseguenza, prelevato. Capita pero' che resti una giacenza residua del vecchio componente, che quindi può essere utilizzato nel processo di fabbricazione solo imponendone l'uso per soddisfare qualche ordine di un suo composto, cosa possibile solo modificando manualmente gli impegni di quell'ordine. La modifica degli impegni resta un'operazione manuale delicata e per questo soggetta a errore, ma può essere utile.

Una volta generato ed approvato, il piano generale di produzione rimane un'entità statica, e cioè non riflette lo stato di avanzamento degli ordini veri e propri che sono gestiti separatamente.

Per aggiornare il piano generale esistono algoritmi di *net change*, abbastanza limitati nei pacchetti tradizionali e più perfezionati nei pacchetti MRP II più recenti; in quest'ultimo caso le movimentazioni dei materiali, l'emissione e la conferma degli ordini provocano il "contrassegno" delle parti interessate; ciò consente all'algoritmo di pianificazione net change di apportare le corrispondenti modifiche al piano generale senza doverlo rigenerare completamente.

3.7 Rilascio selettivo in funzione del CODP

Nel paragrafo 1.1 abbiamo già introdotto il concetto di CODP (Customer Order Decoupling Point), e le principali categorie in cui vengono classificate le aziende a seconda di dove il CODP si colloca nel ciclo di vita del prodotto: Make-To-Stock (MTS), Assembly-To-Order (ATO) e Make-To-Order (MTO).

Il CODP introduce di fatto la necessità di differenziare natura e modalità di generazione dei piani di produzione che riguardano rispettivamente le parti fabbricate a valle del CODP, quindi influenzate direttamente dagli ordini clienti, e le parti fabbricate o acquistate a monte del CODP, cioè sulla base di previsioni di vendita più che di ordini.

E' quindi molto comune nelle aziende di produzione, e in particolare in quelle di piccola e media serie, applicare pianificazioni differenziate per curare l'approvvigionamento di parti più o meno influenzate da ordini clienti. Per realizzarle, ogni azienda sceglie la propria strategia, più o meno formalizzata, e in certi casi si arriva ad attuare fino a tre/quattro pianificazioni con caratteristiche diverse.

A titolo esemplificativo, viene qui riportato uno schema tipico di doppia pianificazione, evidenziando le differenze a seconda delle categorie di aziende:

Pianificazione 1:

Orizzonte temporale	6 mesi;
Frequenza di rinfresco	1 mese;
Finestra di rilascio	1 mese.

- Make-To-Stock (MTS): Tutte le parti sono gestite dalla pianificazione 1, dai materiali ai componenti ai sottogruppi ai prodotti finiti.
- Assembly-To-Order (ATO): Ad eccezione dei prodotti finiti e dei pre-assemblati più complessi e influenzati da opzioni scelte dal cliente, tutte le altre parti sono approvvigionate sulla base di questa pianificazione.

- Make-To-Order (MTO): Nessuna delle parti, tranne magari qualche materiale con un lead time di acquisti particolarmente lungo, e' procurata attraverso questa pianificazione.

Pianificazione 2:

Orizzonte temporale	1 mese;
Frequenza di rinfresco	5 gg;
Finestra di rilascio	5 gg.

- Make-To-Stock (MTS): Nessuna parte e' interessata da questa pianificazione.
- Assembly-To-Order (ATO): Prodotti finiti e pre-assemblati più complessi sono approntati sulla base di questa pianificazione.
- Make-To-Order (MTO): Tutte le parti, tranne magari qualche materiale con un lead time di acquisti particolarmente lungo, sono procurate attraverso questa pianificazione.

4 Il controllo delle scorte

L'adozione di sistemi di controllo delle scorte e' diffusa in misura più ampia e da più tempo rispetto a quella di sistemi di pianificazione. Analogamente, l'informatizzazione delle procedure di controllo delle scorte precede, nella maggior parte delle aziende, l'informatizzazione delle procedure di pianificazione. Vedremo in questa sezione che l'introduzione di sistemi di pianificazione orientati al medio e al breve termine aggiunge pero' maggiore efficacia ai sistemi di controllo e consente di limitarne i costi di esercizio pur traendone maggiori risultati.

Il controllo delle scorte e' necessario in primo luogo ai fini contabili, per una corretta stesura del bilancio d'esercizio e quindi calcolo della redditività di impresa. Questo e' un rilevante fattore che spinge ad adottare procedure ben definite e corrette, che si prestano ad essere informatizzate in forme sostanzialmente indipendenti dal tipo di prodotto e di processo dell'azienda. La grande maggioranza delle aziende di produzione e' quindi dotata di procedure informatiche di gestione di magazzino sufficienti almeno a supportare la produzione di documenti dovuti per motivi civilistici o fiscali.

Nel seguito vengono presentate le caratteristiche salienti di sistemi di controllo delle scorte progressivamente più complessi, fino all'integrazione con un sistema di pianificazione di tipo MRP.

4.1 Gli strumenti di base

Nella sua accezione piu' semplice, un sistema di controllo delle scorte, o piu' comunemente di gestione di magazzino produce i seguenti risultati:

- *giornale di magazzino*
- *inventario delle giacenze*

In pratica il sistema mantiene la storia di tutti i *versamenti (carichi)* e i *prelievi (scarichi)* intervenuti effettivamente all'interno della fabbrica, dai fornitori alla fabbrica, dalla fabbrica ai clienti, tra la fabbrica e i conto-terzisti, a partire da una certa data di riferimento, quella di inizio esercizio (spesso coincidente con l'inizio di un anno). Tali versamenti e prelievi costituiscono i movimenti (o transazioni) di magazzino.

4.1.1 Giornale di magazzino

Il giornale di magazzino non e' altro che la lista ordinata per parte e per data dei movimenti avvenuti dalla data di inizio esercizio alla data richiesta (al massimo alla data odierna). Un tipico formato di una pagina del giornale di magazzino e' riportato nel seguito.

Sia la colonna versamenti che quella prelievi riportano sulla destra la quantità del movimento avvenuto in una certa data, sulla sinistra il documento di entrata o uscita della merce. Tale documento ha di solito una valenza ufficiale per i movimenti che avvengono tra l'azienda e l'esterno, quindi quelli che coinvolgono clienti, fornitori, conto-terzisti.

Partendo dalla conoscenza della giacenza a inizio esercizio (che normalmente coincide con l'inizio dell'anno), e' possibile calcolare la giacenza a qualunque data intermedia tra quella odierna e quella di inizio esercizio. In particolare sono di solito utili le giacenze calcolate a fine mese, per calcolare l'andamento delle giacenze e analizzare la dinamica dei carichi e

degli scarichi tra un periodo e l'altro e tra un periodo e quello corrispondente nell'anno precedente.

Parte AX801 Testata Motore - Giacenza iniziale: 20 - Giacenza al 30/9/96: 10

<i>data</i>	<i>versamenti</i>		<i>prelievi</i>		<i>giacenza</i>
1/10/96					10
5/10/96	doc. P678	100			110
5/10/96			doc M567	67	43
6/10/96			doc M568	18	25
7/10/96	doc.P980	50			75
12/10/96			doc M543	37	38
13/10/96			doc M546	12	24

Solitamente si distinguono i carichi e gli scarichi in varie categorie, ognuna identificata da un'opportuna *causale*, come nell'esempio che segue:

versamenti

- entrata da fornitore
- entrata da c/terzista
- versamento da produzione
- reso da cliente (*)
- reso da c/terzista su prelievo (*)
- reso da produzione su prelievo (*)

prelievi

- prelievo a c/terzista
- prelievo a produzione
- vendita a cliente
- scarto
- reso da fornitore (*)
- reso da c/terzista su versamento (*)
- reso da produzione su versamento (*)

Da questa lista si può vedere come assieme ai movimenti veri e propri di versamento e di prelievo siano di solito previste causali che descrivono movimenti di storno, come quelli contrassegnati da (*). Spesso ad ogni causale sono associati vari parametri che guidano l'utente alla registrazione corretta del movimento: per esempio si può richiedere di inserire gli estremi di un certo tipo di documento, o prevedere un particolare controllo sui dati inseriti (per esempio un movimento di storno dovrebbe essere riferito al movimento originale).

Oltre a mantenere di solito memoria della giacenza attuale (detta anche *esistenza*) di ciascuna parte, così come si è formata per effetto dei versamenti e dei prelievi che si sono verificati, di solito si tiene memoria anche del totale dei versamenti (*progressivo di carico*) e del totale dei prelievi (*progressivo di scarico*) di una certa parte. Di solito è lasciata all'utente la scelta di considerare gli storni ai versamenti come decrementi al progressivo di carico o come incrementi al progressivo di scarico (analogamente si può ragionare sui prelievi).

Non tutti i movimenti vengono imputati direttamente dall'utente. In presenza di procedure automatizzate di gestione della fatturazione attiva e passiva i movimenti di scarico su vendita e di carico da acquisto e da conto-terzisti possono essere generati automaticamente da appositi programmi. Si parla in questo caso di *movimenti indotti*.

4.1.2 Inventario delle giacenze

L'inventario delle giacenze ad una certa data è invece una lista che riporta per ogni parte la rispettiva giacenza a quella data. Oltre ad essere un utile strumento di verifica dello stato reale delle giacenze rispetto a quello calcolato dall'elaboratore, l'inventario è la base per il calcolo del *valore delle giacenze*. Esistono a questo proposito diversi criteri di valorizzazione, alcuni validi ai fini fiscali, altri come strumento di verifica e analisi.

Ai fini fiscali, in genere si adottano criteri che vanno sotto il nome di *Costo Medio Ponderato*, *LIFO* e *FIFO*. Con questi criteri viene calcolato il patrimonio di materiali, semilavorati e prodotti finiti che l'azienda ha in un certo momento, tenendo conto dei costi sostenuti nel costituirlo. La valutazione è realistica per tutti i prodotti che mantengono un valore di mercato corrispondente al loro costo medio di acquisto e di fabbricazione, nel senso che il loro livello di aggiornamento tecnologico è tale per cui sono ancora proponibili a clienti o impiegabili in prodotti più complessi nella produzione corrente.

Per parti obsolete, che quindi non hanno più un proprio valore di mercato, o che sono state escluse dalla produzione, si devono in genere adottare altri criteri di valorizzazione, che corrispondono al prezzo di realizzo che l'azienda potrebbe praticare per smaltirle. È inoltre probabile che l'azienda tragga vantaggio nel dismettere al più presto tali scorte, che rappresentano un immobilizzo di denaro per i costi già sostenuti del loro approvvigionamento, ma che sono destinate a perdere sempre più di valore con l'andar del tempo.

- *Costo Medio Ponderato*. Questo criterio prevede che le *parti di acquisto* vengano valorizzate facendo una media tra i costi e le quantità di acquisto in un certo periodo. Se una parte P in un certo periodo è stata interessata da un insieme $\{E_i\}$ $i:1 \dots n$ di entrate (da acquisti), e ogni entrata E_i ha avuto una quantità Q_i e un costo unitario C_i , il costo medio ponderato $CMP(P)$ nel periodo in esame è:

$$CMP(P) = \frac{\sum Q_i * C_i}{\sum Q_i} \quad \text{per } i:1..n$$

Le parti di produzione vengono generalmente valorizzate con il meccanismo di roll-up dei costi (si veda la sezione sul modello MRP di processo), utilizzando il costo medio ponderato come costo delle parti di acquisto e delle lavorazioni esterne, e utilizzando costi orari medi di manodopera e ammortamento macchine per le fasi del ciclo.

- *LIFO*. Questo criterio è spesso convenientemente applicato in caso di prezzi crescenti, allo scopo di contenere il valore delle scorte verso il minimo. È basato sul principio *Last In*

First Out, per cui il materiale entrato piu' recentemente e' consumato per primo. Si applica allo stesso modo a parti di acquisto e di produzione. In genere il calcolo e' cosi' eseguito:

(i) per tutte le parti per cui esistono entrate nel periodo si calcola il costo medio ponderato; sia E(P) la quantita' caricata per una parte P nel periodo in esame, CMP(P) il corrispondente costo medio ponderato e U(P) la quantita' scaricata(consumate) di P nello stesso periodo;

(ii) la quantita' scaricata U(P) si valorizza in questo modo, supponendo che GIN(P) sia la giacenza iniziale di P e CIN(P) il costo unitario della giacenza iniziale di P:

$$U(P) = U(P) * CMP(P) \quad \text{se } U(P) < E(P)$$

$$U(P) = [U(P) - E(P)] * CIN(P) + E(P) * CMP(P) \quad \text{se } U(P) > E(P)$$

Piu' sinteticamente si puo' adottare la seguente formula per calcolare la giacenza attuale GATT per le parti con giacenza positiva all'inizio del periodo (ricordando che GATT si ottiene sommando GIN e E e sottraendo U):

$$GATT(P) = GIN(P) * CIN(P) + [GATT(P) - GIN(P)] * CMP(P) \quad \text{se } GIN(P) < GATT(P)$$

$$GATT(P) = GATT(P) * CIN(P) \quad \text{se } GIN(P) > GATT(P)$$

- *FIFO*. Questo criterio e' spesso convenientemente applicato in caso di prezzi decrescenti, sempre allo scopo di contenere il valore delle scorte verso il minimo. E' basato sul principio *First In First Out*, per cui il materiale e' consumato in ordine di entrata. Si applica allo stesso modo a parti di acquisto e di produzione. In genere il calcolo e' cosi' eseguito:

(i) per tutte le parti per cui esistono entrate nel periodo si calcola il costo medio ponderato; sia E(P) la quantita' caricata per una parte P nel periodo in esame, CMP(P) il corrispondente costo medio ponderato e U(P) la quantita' scaricata(consumate) di P nello stesso periodo;

(ii) la quantita' scaricata U(P) si valorizza in questo modo, supponendo che GIN(P) sia la giacenza iniziale di P e CIN(P) il costo unitario della giacenza iniziale di P:

$$U(P) = U(P) * CIN(P) \quad \text{se } U(P) < GIN(P)$$

$$U(P) = [U(P) - GIN(P)] * CMP(P) + GIN(P) * CIN(P) \quad \text{se } U(P) > GIN(P)$$

Piu' sinteticamente si puo' adottare la seguente formula per calcolare la giacenza attuale GATT per le parti con giacenza positiva all'inizio del periodo,:

$$GATT(P) = [GIN(P) - U(P)] * CIN(P) + E(P) * CMP(P) \quad \text{se } U(P) < GIN(P)$$

$$GATT(P) = [E(P) - U(P) + GIN(P)] * CMP(P) \quad \text{se } U(P) > GIN(P)$$

Ulteriori funzionalità della gestione magazzino riguardano, tra l'altro, il calcolo degli indici di rotazione delle scorte (si veda la sezione sulla pianificazione a scorta del capitolo MRP). Un'altra tipica indagine riguarda la selezione e la rappresentazione delle parti non movimentate in un certo periodo: sono quelle di cui e' probabilmente opportuno programmare al piu' presto una dismissione, magari forzata.

4.2 Gli strumenti più avanzati

Una volta risolti gli adempimenti fiscali con gli strumenti di base, molte aziende si sono spinte a migliorare la precisione del proprio sistema di controllo delle scorte, adottando soluzioni via via più sofisticate.

4.2.1 Giacenze differenziate

Nella sua accezione più semplice, la giacenza di un prodotto P e' intesa come un'unica entità che esprime la quantità globale di P ad una certa data. Per vari motivi può essere opportuno distinguere questa giacenza globale in giacenze più specifiche. Vediamo nel seguito una serie di esigenze che richiedono il dettaglio di giacenze parziali:

	<i>esigenza</i>	<i>tipo di giacenza parziale</i>
1	magazzini distinti geograficamente	giacenza per singolo magazzino
2	magazzini distinti come responsabilità	giacenza per singolo magazzino
3	rintracciabilità in una precisa locazione	giacenza per singola locazione
4	rintracciabilità nel post-vendita	giacenza per numero di matricola
5	rintracciabilità di un lotto di produzione/acquisto	giacenza per lotto
6	materiali in controllo/collaudato	giacenza per stati di controllo/collaudato
7	materiali presso conto-terzista	giacenza per conto-terzista

E' evidente la necessita' di introdurre una diversificazione tra le giacenze nei casi 1 e 2: non e' pensabile che in presenza di distanze geografiche o anche solo di diverse responsabilità su partizioni di un magazzino (un esempio classico e' la differenza tra magazzino di prodotti e magazzino di ricambi) la giacenza di un prodotto non risulti scomposta nelle sue componenti fondamentali.

Il caso 3 e' un caso particolare di 1, e si riferisce al fatto che per organizzare in modo ottimale i prelievi in alcune aziende si seguono delle precise politiche di distribuzione geografica della giacenza di un singolo prodotto pur nell'ambito dello stesso magazzino. In genere un magazzino e' organizzato in corsie di scaffali, ognuno dei quali e' suddiviso in celle, o locazioni. Se lo stesso tipo di vite e' opportuno che sia presente in due corsie diverse, perché impiegato da due diverse famiglie di prodotto, o nella stessa cella del magazzino e' comodo stivare viti e bulloni dello stesso passo per poterli prelevare insieme, e' necessario che la distribuzione nelle varie celle dello stesso tipo di prodotto sia nota.

I casi 4 e 5 si riferiscono al bisogno di rintracciare delle particolari istanze, o insiemi di istanze di un certo prodotto. In pratica si assume che queste istanze presentino in realtà delle caratteristiche che le rendono distinte rispetto ad altre: tali caratteristiche possono essere fisiche o semplicemente di localizzazione geografica. Nel caso 4 ci si riferisce di solito a caratteristiche fisiche come la sfumatura di colore o la data di scadenza del materiale, che per certi prodotti dipendono dal lotto di produzione o acquisto, nel senso che solo prodotti fabbricati nello stesso momento condividono le stesse caratteristiche.

Nel caso 5 possono essere di interesse le caratteristiche fisiche, che possono variare leggermente tra due diverse istanze (ricordiamo qui i parametri marginali, che permettono di differenziare la composizione o il processo ma non le caratteristiche percepibili dal cliente), ma soprattutto il cliente che utilizza il prodotto e la storia che tale prodotto ha avuto presso quel cliente.

I casi 6 e 7 si riferiscono alla necessita' di distinguere in particolari circostanze tra i risultati delle diverse fasi attraverso cui una certa parte viene trasformata in un'altra, e magari assemblata ad altre. In generale il controllo delle giacenze non richiede di distinguere tra i risultati di diverse fasi di un certo processo, ma nei casi 6 e 7 ci sono delle ragioni per farlo. Nel caso 6 non ci si riferisce a fasi di trasformazione ma di controllo/collauda: e' essenziale distinguere la giacenza di una certa parte che deve ancora essere controllata dalla giacenza gia' giudicata conforme all'uso. Una situazione molto simile si ha quando e' prevista una fase di stagionatura o di quarantena per un prodotto: pur non essendo coinvolta nessuna trasformazione attiva, il prodotto cambia di natura prima e dopo queste fasi, quindi la sua giacenza va differenziata conseguentemente.

Nel caso 7 ci si riferisce a singole fasi di trasformazioni o assemblaggio svolte da un c/terzista: se il conto terzista esegue infatti tutte le fasi di un intero ordine di produzione, si rientra nel caso 2, ovvero si assimila il c/terzista ad una magazzino esterno. In questo caso le parti consegnate al c/terzista differiscono da quelle ritornare dal c/terzista, quindi e' opportuno che di esse si mantengano delle giacenze differenziate per esprimere non solo la diversa collocazione geografica, ma la diversa natura.

La gestione di giacenze differenziate consente all'utente di disporre di interrogazioni per tipo di giacenza e per tipo di prodotto, e di condizionare opportunamente le causali dei movimenti che versano o prelevano da una certa giacenza in modo da richiedere e controllare tutte le informazioni del caso. Una conseguenza certa della gestione delle giacenze differenziate e' la crescita del numero dei movimenti, perche' ai movimenti di entrata ed uscita dall'esterno e di prelievo e versamento da produzione si aggiungono i movimenti di *trasferimento da una certa giacenza ad un'altra*. A parte il caso 4, e di solito anche il 7, in cui ci si riferisce a movimenti dall'esterno all'interno o viceversa (tranne nel caso di trasferimento diretto da un c/terzista all'altro), gli altri casi si riferiscono a trasferimenti, riconducibili ad un prelievo dalla giacenza di partenza e ad un versamento nella giacenza di arrivo. Per questa ragione i trasferimenti sono in genere gestiti tramite movimenti indotti: l'utente inserisce un'unica transazione, comunicando le due giacenze interessate, e il sistema la espone in due distinti movimenti, un prelievo e un versamento.

4.2.2 Prelievi indotti

Anche i prelievi a produzione possono essere trattati da movimenti indotti, se sono disponibili le distinte basi di tutte le parti prodotte. Questo particolare tipo di induzione si chiama *back-flushing*, e può funzionare in modo immediato o retroattivo. Supponiamo che esista un prodotto K con componenti diretti C1, C2 e C3, e assumiamo che tutti i prelievi avvengano contestualmente:

- *Back-flushing immediato*. Nel momento in cui C1, C2 e C3 vengono prelevati, l'utente imputa un movimento riferito a K, per la quantità che verrà prodotta di K, e con una causale speciale di *prelievo automatico componenti*. Questo movimento imputato non ha nessun effetto sulla situazione di K, la cui giacenza resta invariata, ma induce dei movimenti di prelievo su C1, C2 e C3, decrementandone la giacenza tenendo conto della

quantità di legame. Nel momento in cui K sarà stato prodotto, l'utente imputerà un altro movimento di *versamento da produzione* di K con la quantità prodotta.

- *Back-flushing differito*. Nel momento in cui C1, C2 e C3 vengono prelevati non viene emesso alcun movimento. Nel momento in cui K è stato prodotto, l'utente imputa un movimento di *versamento da produzione* di K, con la corrispondente quantità prodotta. Questo movimento imputato incrementa la giacenza di K per la quantità opportuna e induce dei movimenti di prelievo su C1, C2 e C3, decrementandone la giacenza tenendo conto della quantità di legame.

Entrambe queste tecniche consentono un indubbio risparmio sul numero dei movimenti da imputare. Possono nascere dei problemi però nel caso in cui la distinta base in essere al momento dell'imputazione del movimento che provoca l'induzione non è coerente con la configurazione di componenti utilizzata per realizzare quello specifico lotto di K (ricordiamo ancora i parametri marginali). È allora necessario individuare con precisioni queste situazioni di potenziale discrepanza e correggere l'effetto errato dell'induzione imputando direttamente degli opportuni movimenti di storno.

4.2.3 Lancio di produzione

Molti pacchetti di controllo delle scorte, in particolare quelli inclusi nei principali pacchetti MRP I e II, prevedono la possibilità di gestire ordini di acquisto e di produzione, con i relativi impegni sui componenti, anche senza utilizzare il modulo di pianificazione MRP per generarli e rilasciarli. È l'utente in questo caso che direttamente, o richiamando altre procedure, inserisce ed eventualmente modifica gli ordini. È importante osservare che questa funzionalità è utilizzata in moltissime circostanze. Infatti gli ordini *lanciati* direttamente senza passare dallo stato di ordini pianificati non sono distinguibili da quelli ottenuti come rilascio di ordini pianificati: la convivenza tra ordini inseriti direttamente e quelli ottenuti su suggerimento del piano MRP non presenta alcuna limitazione.

Per le aziende che stanno gradualmente adottando un sistema di pianificazione, oppure che usano un sistema di pianificazione esterno a quello fornito dal pacchetto MRP, o che semplicemente vogliono pianificare manualmente alcune parti (per esempio quelle di costo fortemente dipendente dal mercato o quelle in via di obsolescenza) l'uso parziale di ordini lanciati permette di gestire comunque le scorte sulla base della conoscenza non delle sole giacenze, ma delle *disponibilità future*. Infatti, oltre ai versamenti e prelievi già avvenuti, di una parte è possibile conoscere i versamenti attesi (ordini) e i prelievi attesi (impegni). Certo trattandosi di ordini rilasciati l'orizzonte temporale su cui è possibile indagare la disponibilità futura è molto più ristretto rispetto all'orizzonte temporale di un piano (ricordiamo la differenza nei sistemi MRP tra orizzonte di rilascio e orizzonte di revisione, dove cadono solo ordini pianificati).

La disponibilità di una parte P al tempo t viene calcolata in questo modo, se t è un istante di tempo maggiore della data odierna t0:

$$D(P, t) = G(P, t_0) + \sum_{t < t_0} \text{Ordini}(P, t) - \sum_{t < t_0} \text{Impegni}(P, t) - \text{Scorta Sicurezza} \quad \text{o anche}$$

$$D(P, t) = G(P, t_0) + \text{Ord}(P, t) - \text{Imp}(P, t) - \text{Scorta Sicurezza}$$

dove Ord e Imp rappresentano rispettivamente il totale ordinato e il totale impegnato da t0 a t per la parte P.

I tipici movimenti di una gestione di magazzino che tratti l'evasione di ordini e impegni sono elencati nel seguito. In particolare si notino i movimenti di *acconto e saldo* che corrispondono a versamenti o prelievi che evadono parzialmente o esauriscono i corrispondenti ordini o impegni. Un movimento a saldo permette di versare una quantità diversa (in più o, più raramente, in meno) rispetto a quella prevista dall'ordine ma di considerarlo comunque evaso. Lo stesso accade per i prelievi, che possono essere evasi per una quantità diversa da quella prelevata effettivamente. Più precisamente:

- *Versamento in acconto su ordine.* Se $O(P, Q_0)$ e' l'ordine con quantità residua Q_0 , e il movimento versa una quantità Q_m al tempo t_m , si ha il seguente effetto sulla disponibilità:

$$G(P) = \text{old } G(P) + Q_m$$

$$\text{Ord}(P, t_m) = \text{old } \text{Ord}(P, t_m) - Q_m$$

- *Versamento a saldo su ordine.* Se $O(P, Q_0)$ e' l'ordine con quantità residua Q_0 , e il movimento versa una quantità Q_m al tempo t_m , si ha il seguente effetto sulla disponibilità:

$$G(P) = \text{old } G(P) + Q_m$$

$$\text{Ord}(P, t_m) = \text{old } \text{Ord}(P, t_m) - Q_m - (Q_0 - Q_m) = \text{old } \text{Ord}(P, t_m) - Q_0.$$

- *Prelievo in acconto su impegno.* Se $I(P, Q_i)$ e' l'impegno con quantità residua Q_i , e il movimento versa una quantità Q_m al tempo t_m , si ha il seguente effetto sulla disponibilità:

$$G(P) = \text{old } G(P) - Q_m$$

$$\text{Imp}(P, t_m) = \text{old } \text{Imp}(P, t_m) - Q_m$$

- *Prelievo a saldo su impegno.* Se $I(P, Q_i)$ e' l'impegno con quantità residua Q_i , e il movimento versa una quantità Q_m al tempo t_m , si ha il seguente effetto sulla disponibilità:

$$G(P) = \text{old } G(P) - Q_m$$

$$\text{Imp}(P, t_m) = \text{old } \text{Imp}(P, t_m) - Q_m - (Q_i - Q_m) = \text{old } \text{Imp}(P, t_m) - Q_i.$$

Ecco un elenco più dettagliato dei tipi di movimenti a disposizione degli operatori che gestiscono il magazzino:

versamenti

- entrata ordine di acquisto a magazzino: acconto / saldo
- versamento ordine di produzione: acconto / saldo

prelievi

- prelievo impegno di produzione: acconto / saldo
- prelievo completo per parte (si eseguono i prelievi di un dato componente rispetto a tutti i suoi impegni)
- prelievo completo per ordine (si eseguono i prelievi dei componenti di un dato ordine)

scarti

- scarto su impegni di produzione (si scartano dei componenti prelevati prima che entrino a far parte del composto)
- scarto su ordine di produzione (si scartano dei composti)
- scarto su ordine di acquisto

Non sono riportati i movimenti non relativi a ordini e impegni: oltre a quelli di vendita, non dovrebbero essere in generale utilizzati se non per rettificare altri movimenti precedentemente imputati in modo errato.

Le considerazioni fatte sopra sulla possibilità di indurre prelievi in automatico per back-flushing sulla distinta base restano valide se riferite agli impegni di produzione, che diventano lo strumento per riconoscere inequivocabilmente i componenti utilizzati da un ordine. Naturalmente la precisione in questo caso è maggiore, visto che in qualunque momento l'utente può personalizzare la composizione di un ordine modificandone i relativi impegni.

Riguardo alle giacenze differenziate, alcuni tipi di giacenza possono aver effetti sulla disponibilità. Il caso 4 riguarda prodotti già venduti e quindi non interessa. In generale il caso 3 non richiede di mantenere disponibilità diverse per locazione, in quanto la mappa delle locazioni è rilevante per i prelievi ma non per la pianificazione. Nei casi 1 e 2 ogni ordine versa in una precisa giacenza, da cui magari poi i prodotti vengono trasferiti ad altre giacenze, ma deve essere lasciata all'utente la possibilità di impegnare i componenti indipendentemente o meno dalla giacenza che li ospita. Per esempio, un ordine destinato al magazzino di Roma può impegnare componenti anche sul magazzino di Napoli, ma magari non su quello di Milano per evidenti ragioni di costo dei trasporti.

Nel caso 5 un ordine produce un certo lotto (spesso il numero ordine è proprio l'identificatore del lotto) ed è normale che di ogni componente da impegnare con giacenza distinta per lotti debba essere impegnato un unico lotto, magari parzialmente. In altre parole, le parti di un certo lotto possono essere impegnate da vari ordini, ma un ordine impegna uno e un solo lotto per ogni componente così gestito.

Infine, per i casi 6 e 7 è necessario distinguere con chiarezza quali movimenti hanno effetto sulla disponibilità e quali no. Facciamo prima di tutto il caso del controllo/collaudato. È evidente che non è possibile considerare allo stesso modo disponibile una parte che è semplicemente entrata a magazzino e una parte che ha superato un controllo di conformità. Questo significa che si deve poter stabilire che il primo movimento, quello di entrata, incrementa la specifica giacenza di una locazione di controllo/collaudato ma non ha alcun effetto né su $G(P)$, né su $Ord(P)$ né quindi su $D(P)$. Invece il secondo movimento, quello di trasferimento dalla locazione di controllo/collaudato al magazzino, oltre a decrementare la giacenza di controllo/collaudato incrementa $G(P)$ e decrementa conseguentemente $Ord(P)$, agendo in modo diverso se si tratta di un versamento in acconto o a saldo (si veda sopra). Di conseguenza, nessun ordine di un composto che utilizza P può impegnare dei quantitativi di P fino a quando non sono stati collaudati.

Per quanto riguarda la giacenza presso il conto-terzista, la dinamica delle giacenze parziali e delle disponibilità è ancora diversa. I movimenti che avvengono su un ordine di un composto K ottenuto da un componente $C1$ attraverso due fasi di lavorazione esterna intervallate da una di lavorazione interna, si possono così sintetizzare:

- prelievo $C1$ su impegno da magazzino (decrementa $G(C1)$ e $Imp(C1)$)

- uscita C1 a conto-terzista A (nessun effetto su $G(C1)$, incrementa giacenza di C1 presso A)
- rientro C1 da conto-terzista A (nessun effetto su $G(C1)$, decrementa giacenza di C1 presso A)
- uscita C1 a conto-terzista B (nessun effetto su $G(C1)$, incrementa giacenza di C1 presso B)
- rientro C1 da conto-terzista B (nessun effetto su $G(C1)$, decrementa giacenza di C1 presso B)
- versamento K su ordine a magazzino (incrementa $G(C1)$ e decrementa $Ord(C1)$)

Di conseguenza, una parte in giacenza presso un conto-terzista fa' si' che solo lui possa utilizzarla, mentre una parte rientrata da un conto-terzista e in attesa di essere prelevata per un altro conto-terzista non e' comunque disponibile per essere impegnata da nessun altro ordine.

In presenza di ordini rilasciati di acquisti e produzione, la registrazione dei movimenti di versamento su ordine e prelievo su impegno genera automaticamente un *controllo dello stato di avanzamento* degli ordini e degli impegni stessi. Ad ogni ordine/impegno sono in genere attribuiti tre stati:

- *rilasciato*, quando non sono ancora stati registrati versamenti o prelievi
- *in corso*, quando e' stato registrato almeno un versamento o prelievo
- *evaso*, quando sono stati registrati tutti i versamenti o prelievi

4.2.4 Avanzamento di un piano MRP I

Una volta approvato il piano generale dei materiali, che un sistema MRP I ha generato, i corrispondenti ordini di acquisto e produzione, con i relativi impegni, sono rilasciati alla fabbricazione e agli acquisti. Ciò significa che possono essere emessi al fornitore o distribuiti in fabbrica, in modo tale da iniziare al più presto il corrispondente processo di approvvigionamento. Infatti il rilascio di un ordine di produzione autorizza l'inizio della fabbricazione della parte relativa; il rilascio di un ordine di acquisto autorizza il fornitore ad inviare prodotti o ad effettuare prestazioni.

Dal punto di vista del controllo delle scorte, le differenze con la situazione in cui una parte degli ordini vengono lanciati dall'utente e' molto limitata. E' ancora più sistematico l'uso di ordini, quindi i movimenti non su ordine dovrebbero essere rari.