

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI MECCANICHE,
NUCLEARI, AERONAUTICHE E DI METALLURGIA*

TESI DI LAUREA

in
Logistica industriale

**LA GESTIONE DEI MATERIALI NELLA
REALIZZAZIONE DI UNA GRANDE OPERA: IL PONTE
DELLA COSTITUZIONE A VENEZIA**

CANDIDATO
Querci della Rovere Edoardo

RELATORE:
Chiar.mo Prof. Ferrari Emilio

Anno Accademico 2008/09

Sessione III

Dedico questo lavoro ai miei genitori il cui supporto mi ha permesso di costruire la vita che ho e di cui vado fiero.

Ringrazio il resto della famiglia a cominciare da mia figlia, i miei fratelli, i nonni, gli zii ed i cugini.

Infine voglio ricordare tutti gli amici e le persone che hanno condiviso con me parte della loro vita.

Grazie a tutti.

Indice

INTRODUZIONE

CAPITOLO I: LA FUNZIONE LOGISTICA

- I.1 L'evoluzione della logistica
- I.2 L'evoluzione della gestione degli approvvigionamenti nelle aziende industriali
 - I.2.1. Integrazione verticale
 - I.2.2. Deverticalizzazione
 - I.2.3. Just-in-time
 - I.2.4. Comakership
 - I.2.5. Tendenze attuali

CAPITOLO II: LE AZIENDE INDUSTRIALI

- II.1 Programmazione, pianificazione e controllo
- II.2 La gestione del fabbisogno di materiali
 - II.2.1. La gestione su previsione o a scorta
 - II.2.1.1. Metodo a quantità costante
 - II.2.1.2. La scorta di sicurezza
 - II.2.1.3. Metodo ad intervallo di riordino costante
 - II.2.2. La gestione determinista o a fabbisogno
 - II.2.2.1. Material Requirement Planning
 - II.2.2.2. Just-in-Time
- II.3 La produzione su commessa

II.4 Tecniche di tempificazione e controllo: Pert e Gantt

CAPITOLO III: LA LORENZON TECHMEC SYSTEM ED IL PONTE DELLA COSTITUZIONE

III.1 La Lorenzon Techmec System

III.1.1 Layout

III.1.2 La gestione dei materiali non legati ad una specifica commessa

III.2 Il Ponte della Costituzione

III.2.1 Il progetto e le fasi principali della costruzione

III.2.2 Gestione dei materiali per la commessa 380

CAPITOLO IV: ANALISI EX-POST

IV.1 Gestione dei materiali slegati dalle singole commesse

IV.2 Gestione dei lavori e dei materiali relativi alla realizzazione del Ponte della Costituzione

IV.2.1 Critiche

IV.2.2 Soluzioni alternative

IV.2.3 Analisi dei vantaggi

CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

Introduzione

Questa tesi vuole analizzare come una azienda metalmeccanica di medie dimensioni specializzata in produzioni su commessa, la Lorenzon Techmec System abbia gestito il problema della gestione dei materiali, dall'approvvigionamento al deposito fino all'utilizzo, nella costruzione di una grande opera quale è il Ponte della Costituzione, detto anche ponte di Calatrava o quarto ponte sul Canal Grande a Venezia. Verrà quindi fatto un confronto con le moderne metodologie di gestione andando quindi a valutare le differenze, i vantaggi e gli svantaggi conseguiti, gli errori commessi. Si proporrà quindi un metodo di gestione alternativo e si cercherà di valutare come questo si sarebbe comportato. Infine verranno tratte delle conclusioni.

La tesi si sviluppa in quattro capitoli principali più uno dedicato alle conclusioni:

- I. Il primo che vuole introdurre il concetto di funzione logistica in un'azienda moderna riassumendo i concetti fondamentali di una materia nata come supporto alla produzione e diventata sempre più importante come strumento per la gestione, per le scelte di produzione e per la concorrenza.
- II. Il secondo capitolo vuole esporre le moderne metodologie di gestione dei materiali e come queste si integrino nella gestione

di un' azienda. Verranno quindi brevemente introdotte le fasi di programmazione e di pianificazione per poi analizzare la gestione del fabbisogno dei materiali.

III. Il terzo capitolo analizzerà nello specifico la “commessa 380” ossia il ponte di Calatrava con l'analisi delle scelte operate dal management dell'azienda Lorenzon SpA e delle modalità seguite per giungere a tali scelte.

IV. Seguirà un capitolo sull'analisi ex post delle scelte operate, sui risultati ottenuti, eventuali errori commessi, i rimedi posti in essere, individuazione delle procedure che avrebbero consentito di non commettere errori.

Infine vi sarà un capitolo dedicato ad una revisione dell'opera e delle conclusioni che è stato possibile trarne.

Capitolo I

La funzione logistica

I.1 L'evoluzione della logistica

La logistica nella storia.

Le origini della logistica moderna possono essere fatte risalire all'antichità ed hanno connotazioni prettamente militari; si riferivano infatti a quelle attività di supporto per l'esercito necessarie a rendere disponibile quanto necessario per vivere, spostarsi e combattere. Quando nell'antica Roma lo stato si fece carico di procurare le armi ai soldati (legionari o falangiti), invece che lasciare a questi il compito di procurarsele da soli, si ebbe da un lato la standardizzazione dell'armamento dall'altro costrinse lo stato ad approvvigionarsi presso fornitori esterni.

Gallia, 52 a.C., fine settembre. Caio Giulio Cesare sta per giocarsi in una sola battaglia il potere e la vita. L'intera Gallia, da poco sottomessa, è in rivolta, chiamata alle armi dal giovane re degli Arverni, Vercingetorige, che si è chiuso nella sua roccaforte di Alesia con 80mila guerrieri. Cesare, che lo incalza, è giunto sotto le mura con 50mila legionari. Ma alle sue spalle si sta avvicinando a marce forzate un esercito di 200mila Galli.[...]

Vercingetorige, convinto di aver preso Cesare in trappola, non temeva né un assalto, impossibile con forze inferiori, né un assedio, poiché sapeva che 200mila Galli si stavano avvicinando. Ma Cesare capovolse la trappola, facendo costruire a tempo di record 36 km di fortificazioni ad anello, con terrapieni, palizzate, fossati e torri di vedetta: 15 km rivolti verso le mura di Alesia e 21 km, a qualche centinaio di metri di distanza, a seconda del terreno, verso l'esercito che stava per giungere. Inoltre (si veda la scheda qui sotto) introdusse alcuni marchingegni di sua invenzione per rendere le difese ancora più efficaci. Nel perimetro difensivo vennero accumulate derrate e foraggio per resistere a oltranza. Una volontà ferrea e una logistica perfetta ottennero un risultato che ha dell'incredibile.[18]

Il segreto delle vittorie di Roma non è la ferocia in battaglia, né una tecnologia superiore, ma la capacità organizzativa. La legione è il prodotto, unico nella storia, di una razionalità paziente e inflessibilmente orientata al risultato.

Nel XVIII secolo la logistica militare si basò sul sistema dei depositi, per cui le marce delle truppe combattenti erano limitate dalla possibilità di rifornimento tramite i convogli che portavano dai depositi all'esercito combattente. Questo periodo, definito guerre en dentelles (guerra con i merletti) in contrapposizione alle campagne napoleoniche, ebbe la caratterizzazione tattica della maggior parte delle battaglie proprio dalla necessità di copertura delle linee di rifornimento, per cui gli eserciti preferivano ritirarsi prima di essere tagliati fuori dai propri depositi.

Le campagne napoleoniche, con le loro masse di uomini, non potevano più basarsi sui depositi, quindi si tornò, con un eufemismo, a vivere del territorio, cioè al saccheggio delle risorse del territorio su cui si svolgeva la campagna. Questo metodo logistico, ben sfruttabile

in Europa centrale, portò alla disastrosa crisi logistica della campagna del 1812 - 1813, che segnò la fine della Grande Armée, quando i francesi tentarono di applicare gli stessi metodi in Russia.

Dopo le guerre napoleoniche la logistica venne sviluppata in tutti gli eserciti, dato che i costi degli armamenti cominciarono a salire esponenzialmente a valori tali che un privato non poteva permettersi un'arma da guerra individuale, per non parlare di artiglierie o armi ancora più sofisticate. Verso la metà del XIX secolo si fece luce anche la necessità di cura dei feriti sul campo di battaglia, quindi si sviluppò anche la parte di ospedalizzazione del personale invalido. [19][20]

La logistica nell'era moderna.

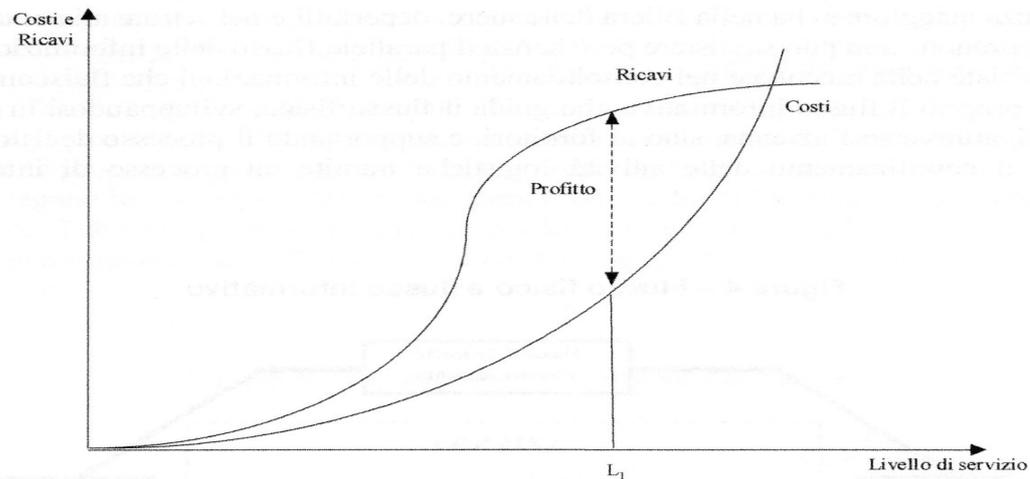
Nonostante la grande importanza di questa funzione durante le grandi guerre è solamente dopo la seconda guerra mondiale che la logistica travalica i confini militari ed entra nel mondo dell'industria.

Nei decenni a venire l'evoluzione della funzione logistica è stata costante così come l'ampliamento degli aspetti che vengono fatti rientrare nella definizione stessa. Se nel dopoguerra l'accezione di logistica era legata all'organizzazione dei magazzini e dei trasporti finalizzata alla distribuzione del prodotto finito (quella attualmente riconosciuta come *Logistica Distributiva*), in una definizione più moderna abbiamo che la *Logistica Integrata* viene definita come: “la disciplina che tratta in maniera organica e sistematica la gestione integrata dell'intero ciclo operativo dell'azienda, industriale o del terziario, attraverso le sue principali funzioni di gestione dei materiali (approvvigionamento delle materie prime e dei componenti), di gestione della produzione (programmazione, fabbricazione, assemblaggio, controllo) e di gestione fisica dei prodotti finiti (movimentazione, stoccaggio, trasporto, imballo, ricezione e spedizione, assistenza post-vendita ai clienti), con l'obiettivo

fondamentale di garantire un elevato livello di servizio ai clienti facendo prodotti di alta qualità, con tempi rapidi di risposta ed a costi contenuti.” [1]

Si capisce quindi che con il passare del tempo si è sviluppata la tendenza ad affidare tutte le attività aziendali legate al flusso di materiali e delle informazioni ad un unico supervisore, il logista appunto, che tende a sottrarre alle tradizionali funzioni d'impresa le attività che più delle altre governano il ciclo operativo dell'azienda (la programmazione degli approvvigionamenti alla Funzione Acquisti, la programmazione della produzione alla Funzione Produzione, la gestione degli ordini alla Funzione Commerciale, il controllo delle scorte, l'assistenza post-vendita e così via).

La logistica è pertanto una funzione *super partes*, trasversale rispetto alle altre funzioni d'impresa che persegue un obiettivo generale di ottimizzazione e razionalizzazione per tutta l'azienda. A tale scopo, utilizzando strumenti di analisi, tra i quali ad esempio *grafi di Pert* e *diagrammi di Gantt* (Vedi II.4.), si cerca di ottimizzare il *trade-off* tra efficienza ed efficacia, minimizzando cioè i costi totali delle attività logistiche pur mantenendo il livello di servizio predeterminato. I parametri di valutazione sono quindi il tempo, principalmente la velocità delle consegne, ed i costi, processazione ordini, magazzinaggio, mantenimento scorte, trasporto, personale ecc.



Disegno 1: Relazione tra costi logistici, ricavi e livello di servizio offerto

Nonostante la logistica industriale sia una disciplina relativamente giovane ha quindi avuto una notevole evoluzione nel tempo; nata per occuparsi di trasporti e magazzini ha sempre più conquistato spazi nelle aziende ottenendo considerevoli risultati attraverso l'integrazione e l'ottimizzazione di tutti i flussi dei materiali all'interno dell'azienda stessa, cioè della *internal supply chain*. Tale approccio però, seppur non ancora adottato dalla maggior parte delle aziende, viene già considerato tradizionale e concettualmente superato.

La necessità di organizzazione sempre più precisa e puntuale unita ad una ricerca di focus sul *core business* dell'azienda terziarizzando tutto quanto non vi appartenga ha reso necessario un rapporto sempre più stretto con i partner commerciali, siano essi fornitori o clienti. Tutto ciò, sfruttando quanto messo a disposizione dalla *Net Economy*, nata grazie ad internet, ha fatto sì che il successo della logistica ora si basi sulla collaborazione tra l'azienda ed i diversi soggetti coinvolti nella catena produttiva esterna (*external supply chain*): la *extended supply chain collaboration*.

In sostanza, una volta che gli operatori presenti nel canale che collega la produzione al consumatore (produttori, distributori, venditori...)

hanno nel tempo razionalizzato e reso più efficienti le loro attività, quello che mancava da migliorare erano le “interfacce” tra le diverse imprese, spesso fonti di inefficienze e sprechi che non creano nessun tipo di valore. La logistica quindi è uscita dai confini dell'impresa proponendosi di gestire non più solamente il flusso di una singola azienda ma quello di tutte le aziende collegate passando cioè dal concetto di *catena del valore* lineare (fornitori – azienda – clienti) al concetto di *network del valore*.

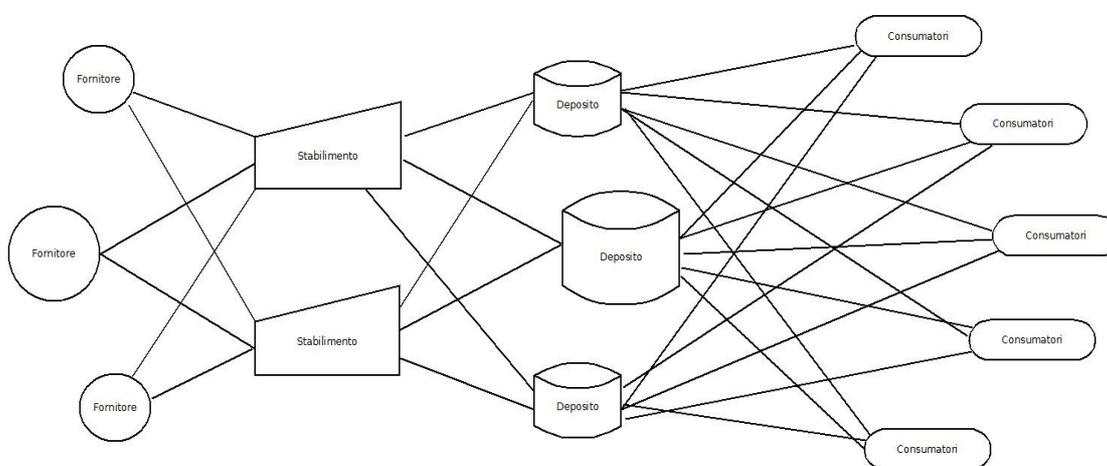


Figura 2- Network del valore

La caratteristica principale del *supply chain management* è quella di considerare il *network* come un' unica entità e non un insieme di entità che, seppur collaboranti, sono separate; per questo lo sviluppo del processo travalica gli storici confini per diventare interfunzionale, superando le barriere organizzative, interaziendali, per la gestione dell'intera filiera, ed internazionali.

I.2 L'evoluzione della gestione degli approvvigionamenti nelle aziende industriali

Dopo aver visto come il concetto stesso di logistica si sia evoluto nel tempo vediamo ora come questo si sia riflesso nelle aziende e quali strumenti siano stati utilizzati.

Le tappe fondamentali possono essere riassunte in:

1. integrazione verticale (anni venti-cinquanta)
2. deverticalizzazione / uso del mercato (anni sessanta-settanta)
3. rafforzamento del rapporto con i fornitori in chiave prevalentemente logistica: JIT – Just-in-time (anni settanta-ottanta)
4. comakership (anni novanta)
5. tendenze attuali

I.2.1 Integrazione verticale

L'ipotesi su cui si basava la strategia era quella secondo la quale conveniva produrre tutto internamente piuttosto che sostenere i costi di utilizzo del mercato (costi delle transazioni, perdita di controllo).

L'integrazione verticale è un metodo per aumentare o diminuire il livello di controllo che un'azienda ha sui materiali in entrata ed in uscita e, di conseguenza, per far diminuire il potere contrattuale dei fornitori e dei clienti. Viene definita *a monte*, quando il controllo

viene effettuato nel confronto dei fornitori, o *a valle*, se il controllo viene effettuato nel confronto della rete di distribuzione.

L'aumento del livello di integrazione di solito avviene o tramite l'acquisizione, da parte di un'azienda, di un suo fornitore e/o distributore oppure tramite lo sviluppo interno di nuove capacità

Un esempio di integrazione verticale viene dal settore delle compagnie aeree le quali, svolgendo il ruolo tradizionale degli agenti di viaggio, hanno sviluppato l'integrazione a valle ed inoltre, svolgendo i ruoli di manutenzione e servizio catering a bordo, hanno sviluppato anche l'integrazione a monte.

I principali benefici oltre all'aumento del potere contrattuale possono essere legati ad una riduzione dei costi grazie ad economie tecniche (internalizzazione di alcuni processi), riduzione della minaccia di fornitori o clienti potenti, maggior controllo sulla catena del valore.

I problemi principali di questa strategia sono che nell'integrare nuove attività si integrano anche i problemi connessi ad esse e che il concentrarsi sulla nuova attività può far perdere focus al core business dall'azienda stessa. [21]

I.2.2 Deverticalizzazione

L'aumentare continuo della complessità dei prodotti e quindi della complessità e numero dei componenti ha richiesto sempre più la padronanza di tecnologie molto specializzate e diversificate rendendo sempre più oneroso il processo di sviluppo interno.

Le imprese cominciarono quindi ad affidarsi sempre più alla fornitura

esterna quando i lotti da produrre erano di dimensioni contenute e non permettevano economie di scala o quando le commesse avrebbero richiesto lo sviluppo di nuove capacità specifiche all'azienda.

Tra gli strumenti utilizzati dalla deverticalizzazione due di particolare interesse sono l'*outsourcing* e lo *spin-off*.

L'*outsourcing* può essere definito come un processo attraverso il quale un'azienda assegna stabilmente a fornitori esterni, per un periodo di tempo contrattualmente definito, la gestione di una o più attività precedentemente svolte all'interno. [22]

Lo *spin-off* è il processo di gemmazione di un'azienda nuova nata dalla separazione di una parte dell'azienda originaria, o madre. Normalmente nasce dalla fuoriuscita di lavoratori (operai e managers) che danno vita ad una nuova impresa.

In questo periodo poi, per mantenersi competitive, le aziende avviarono politiche di diversificazione dei fornitori, onde stimolare una concorrenza tra questi e di ricerca del prezzo più basso.

La politica generale di questo periodo consisteva nell'acquistare a prezzi che fossero il più bassi possibile, nel disporre di una folta schiera di fornitori alternativi e nel mantenere elevate scorte di sicurezza in magazzino

I.2.3 Just-in-time¹

Alla base del *Just-in-time* per quanto riguarda la gestione dei materiali (poiché è una filosofia di gestione totale dell'azienda) vi è l'idea che

¹ Vedi II.2.2.2.

qualsiasi scorta di materiale, semilavorato o prodotto finito sia uno spreco e come tale vada eliminato. Si cerca quindi di produrre esattamente quello che serve, quando serve e quanto ne serve. È una gestione del magazzino di tipo *pull* contrapposto alle gestioni precedenti di tipo *push*, i prodotti vengono cioè resi disponibili come risposta ad una richiesta. Perché i tempi di produzione non siano troppo lunghi si deve quindi cercare di contenere la lunghezza della filiera.

I mezzi operativi di questa filosofia sono *il Kaizen, la tecnica SMED, l'approccio poka-yoke, il metodo "5S" ed, nell'ambito della gestione dei materiali, il sistema kanban.*

Per quanto riguarda i rapporti tra fornitori e clienti per poter efficacemente applicare il *JIT* si sono dovuti instaurare rapporti molto più stretti e basati sulla qualità del servizio prima che sul prezzo. Si è proceduto quindi ad una diminuzione del numero di fornitori con i quali si sono cercati ridotti tempi di consegna, puntualità, consegne frequenti di lotti di piccole dimensioni.

I.2.4 Comakership

L'aumento dei costi di ricerca e sviluppo dovuti alle sempre crescenti velocità del mercato (vita dei prodotti) ed all'aumento della complessità dei prodotti stessi, nonché il continuo aumento del costo degli investimenti sulle macchine per produrre hanno spinto clienti e produttori a rafforzare i loro rapporti anche per quanto riguarda le problematiche progettuali condividendo i rischi e le opportunità di business. [3]

Alla base del rapporto di comakership dovrà esserci la condivisione

degli obiettivi economici e di sviluppo dell'azienda e del fornitore. Gli obiettivi possono essere così sintetizzati:

- per il fornitore creare profitti nel medio-lungo termine e non nel breve;
- per l'azienda minimizzare il costo “totale” di approvvigionamento.

Per costo totale si intende la somma del costo di acquisto e di tutte le attività legate a quel particolare acquisto (oggetto-fornitore) tipo controlli in entrata, riparazioni, contestazioni, scorte di emergenza, gestione dei ritardi, ecc.

Strumenti tipici di questa strategia sono la riduzione del numero di fornitori, la tendenza a sostituire le scorte di magazzino con informazioni più dettagliate (in tempo reale tramite internet), l'attenta distinzione tra materiali per i quali convenga ricorrere a politiche di *local sourcing* (forniture strategiche per le quali si instaura la *comakership*) e materiali per i quali sia conveniente il *global sourcing* (materiali standard per i quali si cerca il fornitore migliore a livello globale).

Quando le potenzialità del fornitore non sono solamente di tipo produttivo (lavorazioni a disegno) ma comprendono anche capacità e know-how progettuale si può ipotizzare un rapporto di *comakership* che vada oltre l'integrazione dei sistemi logistici per arrivare a coinvolgere anche la progettazione o parte di essa.

Capitolo II

Le aziende industriali

Per poter parlare della gestione dei materiali bisogna parlare della struttura nella quale si va ad inserire tale gestione. Nel primo paragrafo di questo capitolo vediamo molto sinteticamente come viene gestita la produzione in un'azienda industriale generica. Nel secondo paragrafo vedremo le metodologie utilizzate per la pianificazione del fabbisogno dei materiali sia in caso di gestione a scorta sia nel caso di gestione a fabbisogno. Nel terzo paragrafo verranno analizzate le peculiarità delle aziende che producono su commessa. Nel quarto ed ultimo paragrafo vengono esposte due tecniche molto utilizzate per la tempificazione ed il controllo: il Pert ed il Gantt.

II.1 Programmazione, pianificazione e controllo

Come detto per poter parlare della gestione dei materiali non si può prescindere dal parlare della struttura nella quale si va ad inserire tale gestione. In questo paragrafo vediamo molto sinteticamente come viene gestita la produzione di un'azienda industriale.

Lo scopo principale della programmazione risiede nell'esigenza di coordinare ed armonizzare le richieste e l'offerta del mercato con le esigenze e disponibilità dell'azienda in termini di potenzialità del sistema produttivo e di raggiungimento degli obiettivi economici.

Le metodologie che stanno alla base della programmazione sono strettamente legate al tipo di processo produttivo, alle esigenze del mercato, al rapporto con i fornitori ed a tutta una serie di fattori che rendono necessaria la formulazione di ipotesi differenti in base al caso reale che ci si trova a trattare. È comunque possibile individuare alcune fasi fondamentali del processo di programmazione che sono comuni a tutti i sistemi produttivi: la pianificazione ed il controllo.

L'obiettivo di queste fasi è la definizione di programmi per la realizzazione delle quantità desiderate di prodotto desiderato nei tempi desiderati ed il conseguente controllo del raggiungimento dei risultati conseguiti. In linea del tutto generale il processo di pianificazione e controllo della produzione può essere composto da una serie di fasi: [5][6][7]

STATO	FASE	ATTIVITA'
PIANIFICAZIONE	Piano della domanda	Previsioni domanda, costruzione portafoglio ordini
	Piano aggregato di produzione (PP)	Pianificazione impegni aggregati delle risorse
	Resources Requirements Planning (RRP)	Verifica di massima disponibilità risorse
	Piano principale di produzione pianificato (MPS pianificato)	Prove di sequenzamento, livellamento, lottizzazione
	Rought Cut Capacity Planning (RCCP)	Verifica grezza di capacità/carico
	Piano principale di produzione autorizzato (MPS autorizzato)	Effettive operazioni di sequenziamento, livellamento, lottizzazione
	Materials Requirements Planning (MRP) e Capacity Requirements Planning (CRP)	Esplosione fabbisogno materiali, fabbisogno di capacità produttiva
	Piano operativo di produzione	Scheduling, assegnazione priorità e dispatching
ESECUZIONE	Rilascio ordini di acquisto	Approvvigionamento verso l'esterno
	Rilascio ordini di produzione e di assemblaggio	Carico macchine – reparti
CONTROLLO	Controllo di produzione ed avanzamento	Analisi fattibilità, colli di bottiglia, code e ritardi, reportistica

Il *piano della domanda* viene creato partendo dalle previsioni di vendita o dal portafoglio ordini a seconda che la produzione sia per il magazzino o su commessa. In caso di produzione su previsione è necessario prestare particolare attenzione a componenti cicliche o stagionali o all'influenza delle attività promozionali ed affidarsi a modelli matematici tipo “media mobile” o “media esponenziale con o senza correzione di trend” od altri². [4][8]

Sul *piano della domanda* si costruisce il *piano aggregato di produzione* o *Production Plan (PP)*; esso definisce per ciascuna linea, o famiglia di prodotti, che cosa si prevede di vendere, cosa dovranno produrre i singoli stabilimenti, quale dovrà essere il livello di scorte di prodotto finito. Deriva da una serie di scelte che tendono ad armonizzare il fabbisogno di risorse produttive derivante dalla domanda e la reale disponibilità di capacità produttiva; viene fatto ogni tre mesi ed ha un arco di programmazione di un anno. A questo livello si tratta di un piano di massima con un certo grado di semplificazione sul mix produttivo ma sul quale è possibile attuare una prima verifica di fattibilità o di carico: *Resources Requirement Planning (RRP)*.

Superata la verifica di fattibilità o carico si passa alla realizzazione del *piano principale di produzione* o *Master Production Schedule (MPS)* nel quale si accresce il dettaglio dell'analisi già effettuata per piano aggregato di produzione arrivando a definire il singolo prodotto del mix. Si definiscono i lotti di produzione secondo diverse modalità di saturazione della capacità; tali operazioni necessitano una valutazione delle potenzialità produttive e di disponibilità di componenti critici che viene effettuata con dei moduli specifici detti *Rought Cut Capacity Planning (RCCP)*. Normalmente viene predisposto mensilmente ed ha valore trimestrale.

² Le varie metodologie di previsione della domanda non fanno parte dell'argomento di questa tesi. Per approfondimenti vedi [4] Cap. 2 od ulteriori testi specifici.

Autorizzato il piano principale di produzione si procede alla programmazione di dettaglio dei carichi e degli ordini sulla base dell'esplosione dei fabbisogni dei materiali e dei componenti (*Material Requirement Planning*) derivanti dalle distinte base dei prodotti e dai dati storici delle giacenze. Parallelamente si valuta con precisione la disponibilità delle capacità produttive richieste dai carichi di lavorazione (*Capacity Requirement Planning*). In questa fase si definisce il *piano operativo di produzione* che ha cadenza e valore settimanale.

Gli ordini così pianificati vengono lanciati ai reparti a monte o a terzi a seconda che siano di fabbricazione o preassemblaggio o di approvvigionamento tenendo ben presente i “lead time” e le disponibilità a magazzino.

Verificata la disponibilità di tutti componenti e della capacità produttiva si dà inizio alla fase operativa con il lancio degli ordini di produzione e di assemblaggio. In questa fase assume particolare importanza l'assegnazione di priorità tra le diverse commesse: il “dispatching”.

La fase finale del ciclo è rappresentata dal *controllo di produzione e avanzamento* che ha lo scopo di verificare il corretto avanzamento dei lavori, la presenza di colli di bottiglia, l'insorgere di problemi tipo scarti o code che possano compromettere il raggiungimento degli obiettivi prefissati. [1]

II.2 La gestione del fabbisogno dei materiali

La gestione dei materiali è uno degli elementi tattici fondamentali della logistica aziendale e si prefigge storicamente tre obiettivi:

- garantire la disponibilità di materiale;
- contenere l'investimento di capitale;
- contenere i costi logistici.

Nella struttura tradizionale dell'impresa la posizione della funzione acquisti è abbastanza isolata con compiti limitati alle attività di approvvigionamento nel senso più stretto del termine: contratti e trasporti con il solo scopo di ottenere i prezzi più vantaggiosi.

Nel contesto della Qualità Totale [9] i fornitori sono parte integrante, ed in qualche caso preminente, nell'ottimizzazione di importanti processi aziendali; la funzione acquisti come anello di congiunzione è tenuta a porsi nuovi obiettivi come:

- garantire la qualità delle materie prime, dei semilavorati e dei processi non svolti internamente;
- garantire la qualità delle consegne.

La qualità produttiva dipende per buona parte dalla qualità delle materie prime e questa dipendenza si rende ancora più evidente con la tendenza al decentramento produttivo, inteso come parte dei processi, tipica del periodo attuale; si rende quindi necessario il coinvolgimento del fornitore sulle problematiche qualitative sin dalla progettazione ed una collaborazione sistematica durante l'intero ciclo di vita del

prodotto.

Oltre al prezzo competitivo ed alla qualità del materiale assume sempre più importanza la qualità delle consegne. Con questa vogliamo intendere la disponibilità a consegne rapide ed affidabili di lotti di piccole dimensioni in modo da poter mantenere magazzini di piccole dimensioni con evidenti vantaggi per quanto riguarda il capitale investito in magazzini ed immobilizzazioni.

Il problema fondamentale della pianificazione dei fabbisogni dei materiali è quindi, alla luce di quanto esposto sopra, quello di fornire le risposte alle seguenti domande:

1. a chi emettere l'ordine;
2. quando emettere un ordine;
3. di che entità emettere l'ordine.

La risposta alla prima domanda deriva da analisi di mercato e rapporti con i fornitori tuttavia questo tipo di analisi esula dallo scopo di questa tesi e si rimanda alla letteratura specifica.

I sistemi di gestione dei materiali utilizzati per rispondere alle domande “quando” e “quanto” sono molteplici ma fondamentalemente si suddividono in due categorie principali:

- sistemi di gestione su previsione:
 - metodo a quantità costante;
 - metodo ad intervallo costante;
- sistemi di gestione deterministica:

- Material Requirement Planning;
- Just in Time.

II.2.1 La gestione su previsione o a scorta

La gestione su previsione è caratterizzata dal fatto che l'utilizzo delle risorse, nelle loro caratteristiche di tipologia e quantità, è certo solamente nel momento stesso in cui si manifesta l'esigenza del materiale; d'altro canto la domanda dell'utilizzatore non è una costante ma può venire considerata come una variabile aleatoria caratterizzata dalla domanda media e dallo scarto quadratico medio (che indica la tendenza ad allontanarsi dal valore medio). Si evidenzia quindi la necessità trovare il miglior trade-off tra alti e bassi livelli di scorte per garantire da un lato la presenza di materiale per le operazioni e dall'altro minimizzare gli sprechi.

Per garantire la presenza costante di materiale non è sufficiente mantenere a magazzino una scorta pari alla domanda media ma sarà necessaria una quantità aggiuntiva: la scorta di sicurezza; il cui costo d'immobilizzo³ è il prezzo che l'azienda paga all'incertezza della domanda.

Vi sono due metodi principali per la gestione degli stock⁴:

- metodo a quantità costante, predominante nelle applicazioni pratiche, in cui si ordina una quantità costante q (lotto di riordino) quando la disponibilità⁵ scende al di sotto di una certa quantità predefinita L (livello o punto di riordino). Si tratta quindi di calcolare L e q .
- metodo ad intervallo costante, molto meno utilizzato, in cui si

3 Per immobilizzo si intendono le risorse finanziarie che l'azienda ha dovuto "immobilizzare" per l'acquisto del materiale. È il valore delle materie esistenti in magazzino. Il costo d'immobilizzo è il costo per mancato investimento (o gli interessi in caso sia stato chiesto un prestito) delle risorse dedicate all'acquisto delle materie prime in giacenza

4 Per gestione degli stock si intende decidere quando e quanto ordinare.

5 La disponibilità è la somma dell'esistenza e della della rimanenza in ordine. La rimanenza in ordine è il materiale già ordinato ma non ancora arrivato.

ordina ad intervalli fissi di durata I una quantità variabile di materiale che riporta la disponibilità ad un valore prefissato D_m . Si tratta quindi di scegliere I e calcolare D_m .

Da tenere in considerazione che, come evidenziato dalle definizioni dei due metodi sopra esposti, il parametro fondamentale per la gestione statistica degli stock è la disponibilità e non l'esistenza a magazzino del materiale.

II.2.1.1 Metodo a quantità costante.

Il lotto economico.

L'entità ottimale Q della quantità da ordinare q viene definita lotto economico, essa è quella quantità di materiale da ordinare per minimizzare la somma dei costi.

Costi di emissione dell'ordine. Sono quei costi che si sostengono ogni volta che si emette un ordine; comprendono tutte quelle voci che sono direttamente proporzionali al numero degli ordini ma indipendenti dall'entità degli stessi. Tra questi abbiamo:

- costi di comunicazione (telefono, fax, raccomandate, PEC⁶, ecc);
- costo del personale addetto all'emissione degli ordini. Questo costo non ha un andamento lineare con l'aumentare degli ordini poiché si ha prima un graduale aumento dovuto alle ore di straordinari e poi repentini aumenti in corrispondenza della necessità di assunzione di nuovo personale. Per poter procedere al calcolo del lotto economico tuttavia la curva “numero ordini”

6 Posta Elettronica Certificata

- “costo del personale” viene interpolata da una retta (da fare attenzione che l'approssimazione sia accettabile);
- Costi di entrata del materiale nell'azienda che siano indipendenti dall'entità dell'ordine:
 - costi di trasporto se indipendenti dalla quantità trasportata (altrimenti il costo deve essere aggiunto al prezzo unitario d'acquisto);
 - emissione della bolla d'entrata, verifiche burocratiche, ecc.

La somma delle precedenti voci viene definita “costo unitario di emissione degli ordini (a)”; il costo annuale (Co) di emissione degli ordini allora sarà il seguente:

$$Co = a \frac{D}{q}$$

$D =$ domanda annuale

Costi di scorta. Nella gestione a quantità costante l'immobilizzo medio annuo I_m è dato da:

$$I_m = \frac{q}{2} + S_s$$

$q =$ dimensione dell'ordine

$S_s =$ scorta di sicurezza (vedere più avanti per il dimensionamento)

Questa quantità a magazzino determina due tipi di costi:

- costo unitario per l'immobilizzo di capitale (ib); pari al valore della merce in giacenza b per un coefficiente i che identifica il valore dei mancati guadagni o degli interessi dovuti al capitale

immobilizzato;

- costo unitario di gestione del magazzino (C_v); possono essere costi di refrigerazione, di riscaldamento, ecc.

Il costo dovuto alle scorte (C_s) vale quindi:

$$C_s = (C_v + ib) \left(\frac{q}{2} + S_s \right)$$

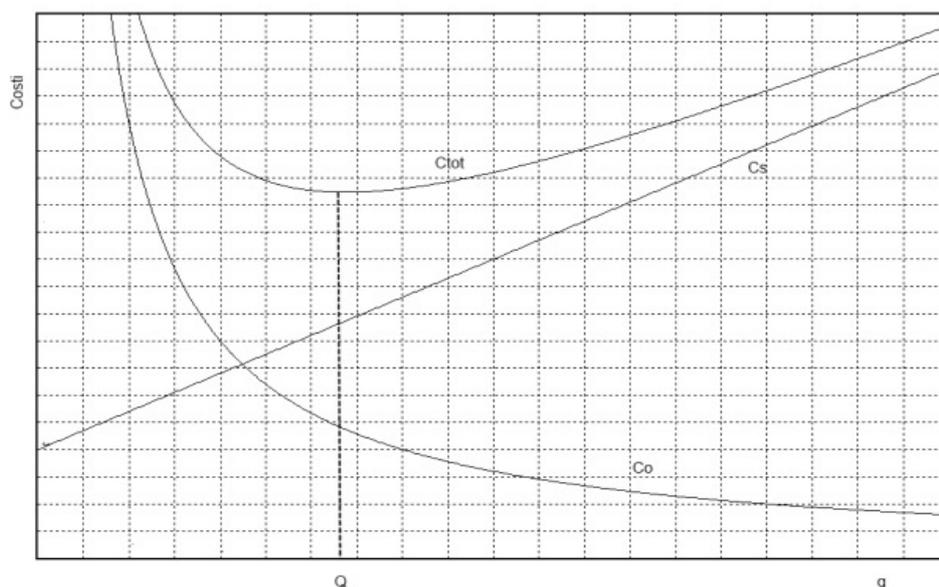
Costo totale. Definito $c = C_v + ib$ costo per tenere un pezzo a magazzino per un anno la funzione costo totale sarà:

$$C_{TOT} = C_o + C_s = a \frac{D}{q} + c \left(\frac{q}{2} + S_s \right)$$

$bD =$ costo annuale di acquisto del materiale

Da cui derivando ed eguagliando a zero abbiamo la dimensione del lotto economico:

$$Q = \sqrt{\frac{2aD}{c}}$$



Al lotto economico corrisponde il numero ottimale annuo di ordini:

$$N = \frac{D}{Q}$$

Questa formulazione base per il calcolo del lotto economico va poi integrata con tutti i fattori, presenti nei casi reali, che rendono ogni caso unico; alcuni possono essere:

- sconti di quantità offerti dal fornitore;
- offerte di due o più fornitori;
- alternativa tra acquisto e produzione interna;
- necessità di affittare magazzini.

Il livello di riordino.

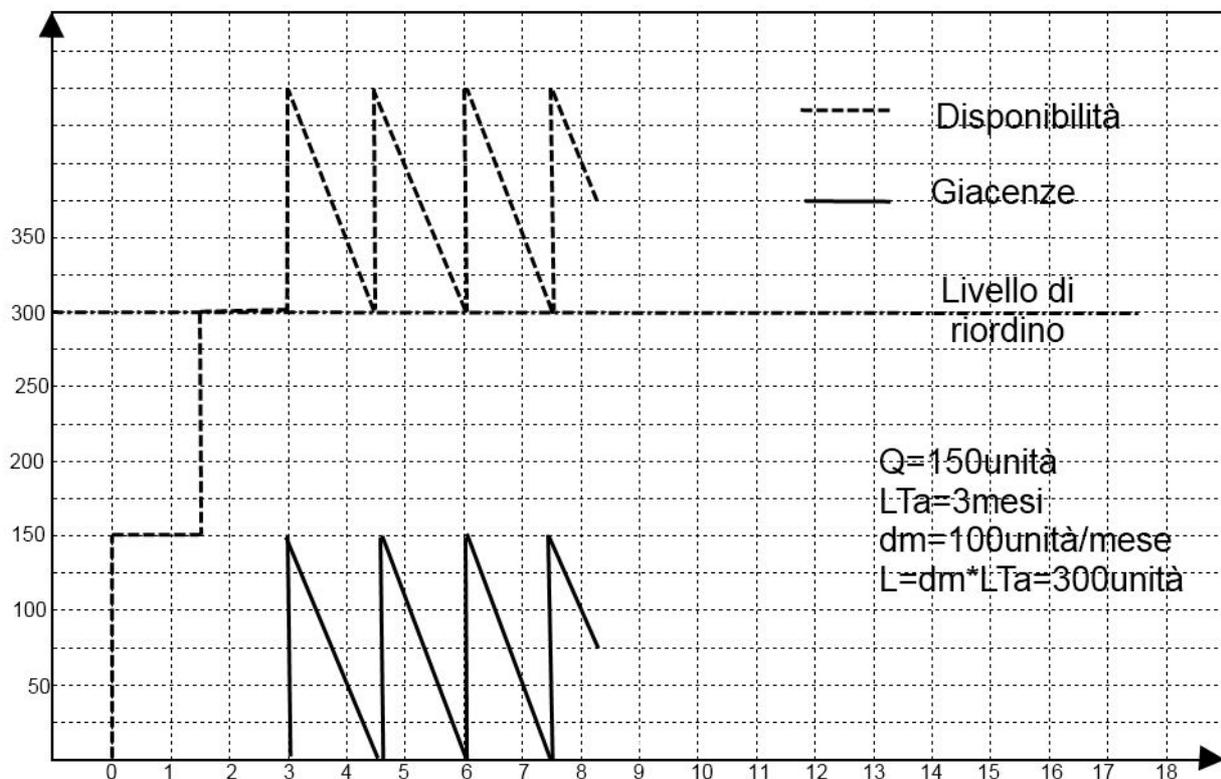
In una situazione di domanda d_m costante nel tempo il livello di riordino è dato dalla formula:

$$L = d_m * LT_a$$

L = livello di riordino

LT_a = Lead Time di Approvvigionamento

ed avremo a magazzino un andamento delle giacenze e della disponibilità (giacenza più ordini ordini in corso) del tipo:



Nella pratica però la domanda non è quasi mai costante ma oscilla irregolarmente al di sotto ed al di sopra di un valore medio d_m . Con il livello di riordino uguale a d_m*LT_a tutte le volte che la domanda dovesse essere superiore al suo valore medio in un determinato

periodo si andrebbe incontro a rotture di stock⁷ con conseguenti interruzioni della produzione e danni economici.

Per cercare di limitare questa eventualità si aumenta il livello di riordino di una quantità, definita scorta di sicurezza, a cui attingere in caso di necessità:

$$L = d_m * LT_a + S_s$$

S_s = scorta di sicurezza

II.2.1.2 La scorta di sicurezza.

La scorta di sicurezza è quindi una certa quantità di materiale che viene tenuta a magazzino per far fronte alla variabilità della domanda e prevenire rotture di stock; fonte questi ultimi di costi (danni economici) per l'azienda (mancata produzione, ritardi di consegna con eventuali penali, cambi di programma non previsti, ecc)[10]; tuttavia questo materiale in più rispetto a quello necessario in caso di domanda costante è esso stesso un ulteriore costo dovuto all'aumento dell'immobilizzo medio:

$$I_m = \frac{1}{2} q + S_s$$

q = scorta massima, dimensione dell'ordine

È quindi necessario trovare la dimensione ottimale della scorta di sicurezza in modo da minimizzare i costi:

- determinazione intuitiva di S_s ;

⁷ Impossibilità di soddisfare la domanda per mancanza di materiale a magazzino.

- determinazione statistica di Ss.

La determinazione intuitiva della scorta ha il pregio di essere accessibile agli addetti ai lavori anche senza una preparazione specifica sulle tecniche statistiche; ha inoltre maggiore validità quando la distribuzione della domanda si allontana da quella normale (Gaussiana) o il numero di elementi sia molto basso. D'altro canto non è praticamente applicabile ad ogni singolo materiale in magazzini comprendenti migliaia di voci e rende necessaria una incorporazione in famiglie di prodotti a cui viene associato un unico livello di scorta causando livelli eccessivi ed ingiustificati per alcuni materiali ed insufficienti per altri.

Nella determinazione intuitiva della scorta di sicurezza, operata dai responsabili di gestione, viene normalmente utilizzata come unità di misura il tempo: una scorta di sicurezza di tre settimane corrisponde, ad esempio alla domanda mediamente utilizzata in un tale periodo di tempo.

I fattori principali che influenzano la quantificazione sono:

- importanza dei materiali;
- variabilità della domanda;
- tempo di attesa, LT.

Quando la variabilità della domanda è esprimibile con sufficiente precisione da una legge di tipo normale, o Gaussiana, allora è efficacemente utilizzabile la determinazione statistica delle scorte di sicurezza.

Ricordiamo che una distribuzione Gaussiana è definita da:

- dm =domanda media nel tempo;
- σ_D = deviazione standard della domanda⁸;

e definiamo il livello di servizio LS in uno dei seguenti modi:

- percentuale del numero di cicli di riordino totali n che non danno luogo a rotture di stock RS:

$$LS = \frac{(n - RS)}{n} = 1 - \frac{RS}{n}$$

$$RS = n(1 - LS)$$

- fabbisogno effettivamente soddisfatto rispetto al fabbisogno totale in un anno (questa definizione è quella più usata per valutazioni di tipo economico):

$$LS = \frac{(Y - D_p)}{Y} = 1 - \frac{D_p}{Y}$$

Y = domanda totale annua (pezzi/anno)

D_p = domanda persa in un anno per orttura di stock

Per arrivare alla dimensione della scorta di sicurezza si determina prima il livello di servizio LS che minimizza il costo totale:

8 Deviazione standard o scarto quadratico medio $\sigma_D = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}}$

$$C_{tot} = SS * c + C_{rs} = S_s * c + D_{rs} * n * (1 - LS) * c_m$$

C_{rs} = Costo di mancato servizio per rotture di stock durante l'anno

S_s = scorta di sicurezza in unità

c = costo di una unità (costo di immobilizzo e di magazzino)

D_{rs} = domanda media inevasa durante un periodo di rottura

n = numero ordini in un anno

c_m = costo di mancanza unitario (mancata vendita, penali, ecc)

Dato il livello di servizio desiderato attraverso opportune formule o tabelle è possibile ricavare il fattore di sicurezza k:

LS(%)	k	Drs
50	0	$0.80 * \sigma_D$
72.57	0.6	$0.62 * \sigma_D$
88.49	1.2	$0.49 * \sigma_D$
96.41	1.8	$0.40 * \sigma_D$
99.18	2.4	$0.32 * \sigma_D$
99.86	3.0	$0.21 * \sigma_D$

Da cui la dimensione della scorta di sicurezza:

$$S_s = k * \sigma_D$$

Questa scorta di sicurezza è stata quindi calcolata per trovare il miglior compromesso tra i costi dovuti alla scorta stessa e quelli dovuti alle inevitabili rotture di stock e tiene conto della variabilità della domanda.

È da far presente che oltre alla variabilità della domanda anche i tempi di approvvigionamento LT_a possono subire variazioni ed allo stesso modo i tempi di produzione LT_p .

Nell'applicazione di questa metodologia sarà quindi compito del responsabile adattarla alla situazione reale.

II.2.1.3 Metodo ad intervallo di riordino costante.

Con questo metodo viene deciso un intervallo di tempo (settimana, quindicina, mese, ecc) allo scadere del quale viene controllata la situazione del magazzino e viene emesso un nuovo ordine.

L'entità dell'ordine deve essere tale da riportare la disponibilità ad una quantità predeterminata D_m :

$$D_m = d_m(LT_a + I) + S_s$$

d_m = domanda media mensile

I = dimensione dell'intervallo di riordino in mesi

il costo totale annuale sarà:

$$C_{tot} = a \frac{12}{I} + c \left(\frac{d_m * I}{2} + S_s \right) + bD$$

a = costo unitario di emissione dell'ordine

$c = (C_v + i b)$ costo per tenere un anno un pezzo in magazzino

bD = costo annuale d'acquisto

L'intervallo di riordino I può essere fissato secondo criteri di convenienza logistica (frequenza di trasporto, periodicità della verifica della scorta, ecc) oppure dalla conoscenza del lotto economico Q e della domanda media d_m :

$$I = \frac{Q}{d_m}$$

II.2.2 La gestione deterministica o a fabbisogno

Nella gestione deterministica, detta anche a fabbisogno, del sistema produttivo gli acquisti delle materie prime e gli ordini di lavorazione possono seguire due alternative filosofie:

1. PUSH: assegnazione in “avanti” degli ordini pianificati. Le quantità da ordinare sono determinate dall'esplosione dei programmi dei reparti utilizzatori; il pianificatore dal piano operativo prevede quando ci sarà bisogno di una data risorsa ed emette l'ordine di conseguenza: metodo MRP (Material Requirements Planning);
2. PULL: ogni stadio della lavorazione produce un lotto od un prodotto in base alle richieste dello stadio successivo considerando i fornitori ed il mercato come primo ed ultimo stadio della catena: metodo Just-in-Time.

II.2.2.1 Material Requirement Planning

L'idea alla base di questo metodo consiste nel pianificare l'arrivo dei materiali in modo tale che arrivino nel momento in cui si rendono necessari.

Questo sistema di gestione richiede una elevata accuratezza dei dati che si utilizzano ed ha una complessità di gestione molto maggiore rispetto ai tradizionali sistemi a scorta; d'altro canto permette di mantenere un livello di scorte molto più basso e viene perciò normalmente utilizzato per i materiali ad alto valore in modo da contenere i costi d'immobilizzo.

Questa metodologia, chiamata anche programmazione a cascata, implica che ciascuna fase di produzione o di acquisto venga programmata in base alle esigenze certe del reparto o del cliente a valle.

I vantaggi dell'utilizzo del sistema MRP non si limitano a quello che è il suo obiettivo principale di riduzione al minimo dei costi di giacenza, ma esso è anche un valido sistema di programmazione che permette da un lato di identificare quali ordini sono critici per il corretto svolgersi della produzione, dall'altro, al verificarsi di scostamenti tra preventivo e consuntivo, di adattare tempestivamente il piano operativo.

La produttività del lavoro viene aumentata grazie alla mancanza, o drastica diminuzione, di provvedimenti di rimedio in extremis, di rotture di stock, di fermo macchine o di allestimenti.

Si hanno inoltre un aumento del tasso di rotazione delle scorte, una

riduzione del numero di solleciti, diminuzione dei costi di riprogrammazione forzata degli ordini, riduzione dei tempi ed aumento dell'affidabilità delle consegne.

I limiti di questo sistema sono identificabili nella sua complessità di gestione, nella sua sensibilità all'affidabilità dei dati ed alla qualità e controllo del sistema produttivo e nel suo operare a capacità infinita.

Per quanto riguarda la complessità di gestione, sebbene la tecnica alla base di questo sistema sia abbastanza semplice (verrà esposta poco più avanti), quando il numero, la varietà e la complessità dei prodotti aumentano ne risulta una notevole complessità di gestione operativa. Sotto questo punto di vista di estremo aiuto sono i sistemi informatici.

Da un lato l'affidabilità di dati quali i Lead Time corretti di produzione e di approvvigionamento (soprattutto questi ultimi passibili di importanti variazioni), dall'altro la conoscenza del numero medio di scarti di materie prime e di produzione, con una varianza minima, ottenibile solo in un sistema con un buon livello di qualità e controllo, sono indispensabili per una effettiva capacità del sistema di programmare correttamente gli ordini di acquisto e di produzione per ottenere i prodotti finali necessari nei tempi corretti per soddisfare la commessa.

In ultima, questo sistema di produzione a cascata non tiene conto, almeno nelle sue versioni originarie, dei vincoli, siano essi di capacità produttive, di dimensione dei magazzini o degli ordini, e genera a volte programmi non realizzabili. Si rende quindi necessaria, a valle dell'elaborazione MRP, una fase di *scheduling* (pianificazione) che tenga conto dei limiti e livelli di conseguenza i profili di carico dei reparti e l'entità degli ordini. Per ovviare a questo problema e sfruttare al meglio le potenzialità gestionali del sistema MRP si è sviluppato il sistema MRP II, Material Resourcement Planning, che ne è la naturale

evoluzione e che estende i campi di programmazione a tutte le risorse di produzione, capacità produttive, investimenti, personale.

La programmazione della produzione attraverso MRP.

Il metodo MRP richiede che ogni fase produttiva sia programmata in funzione della fase successiva.

I dati principali per l'applicazione del MRP sono:

1. il Piano principale di produzione (MPS): che definisce cosa, quanto e quando produrre;
2. la Distinta Base⁹ (*Bill of Materials*) o lista dei materiali aggiornata per ogni prodotto;
3. la situazione delle giacenze di magazzino (*Inventory Status*); i materiali in giacenza, quelli in ordine, le scorte di sicurezza, le dimensioni dei lotti standard ed economico, sconti del fornitore, ecc
4. i tempi di approvvigionamento (LTa) e di produzione (LTp) dei singoli materiali e componenti;

L' algoritmo alla base del MRP è composto come segue:

Dal Master Production Schedule (MPS – Piano principale di produzione) sappiamo cosa, quanto e quando produrre:

⁹ La distinta base (in Inglese BOM - Bill of Material) descrive un prodotto in termini di sistemi, sottosistemi e componenti elementari. Essa è rappresentabile come la lista delle parti utilizzate per progettare e costruire un prodotto. Una distinta base è organizzata gerarchicamente, con una radice che indica il prodotto finito da cui partono dei rami per rappresentare tutte le sue componenti in sempre maggiore dettaglio.

Master Production Schedule					
		Settimana	Di	Inizio	
	4/1	11/1	18/1	25/1	1/2
Prod A	100	-	100	-	100
Prod B	-	300	300	-	-
Prod C	50	-	-	50	-

Fabbisogno Lordo. Per i prodotti finiti il fabbisogno lordo è dato dal numero di prodotti richiesti dal MPS, il FP (fabbisogno prodotti), più un fabbisogno addizionale FA necessario ad esempio a sopperire ad eventuali prodotti difettosi o pezzi di ricambio¹⁰. Per i componenti il fabbisogno prodotti FP è ottenuto moltiplicando il fabbisogno lordo del componente “padre” per il coefficiente di utilizzo ricavabile dalla distinta base ed aggiungendo anche qui, se necessario, un fabbisogno addizionale:

$$FL = FP + FA$$

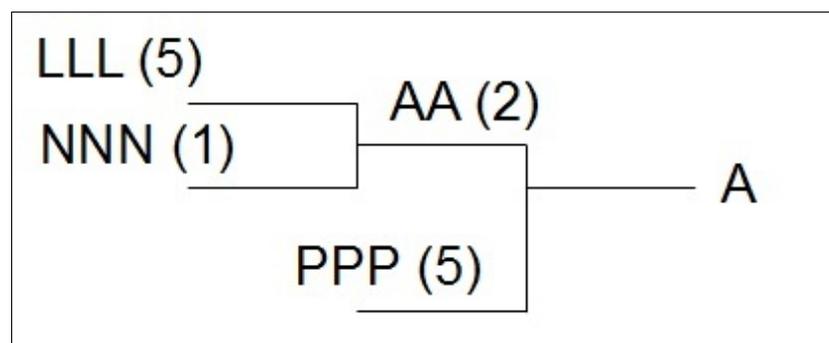


Immagine 1: Distinta base prodotto A

¹⁰ Esemplicando: se devo produrre 1000 pezzi di A e so che ho uno scarto medio di produzione del 3% dovrò programmare la produzione di $1000/0.97=1031$ pezzi per poter soddisfare la richiesta.

Lista dei materiali e parti	Quantità
Prodotto A	1 unità
---Parte AA	2 unità
-----Parte LLL	10 unità
-----Parte NNN	2 unità
---Parte PPP	5 unità

Nell'ipotesi di dover produrre 50 pezzi di A e sapendo inoltre che:

-il 10% dei prodotti finiti sono difettosi,

-il 5% delle parti NNN ordinate sono difettose,

avremmo:

Lista dei materiali e parti	FL
Prodotto A	56 unità
---Parte AA	112 unità
-----Parte LLL	560 unità
-----Parte NNN	118 unità
---Parte PPP	280 unità

Fabbisogno Netto (FN). Dalla situazione delle giacenze in magazzino è possibile pervenire al fabbisogno netto tenendo conto delle quantità di prodotto in giacenza, delle quantità già ordinate e non ancora arrivate, delle scorte di sicurezza e delle allocazioni già definite.

La disponibilità di magazzino complessiva (H) è pari a:

$$H = (G - SS - IM) + OC$$

G = Giacenza

SS = Scorta di Sicurezza

IM = Allocations IM: materiali già impegnati per altri prodotto
ma non ancora prelevati dal magazzino

OC = Ordini in Corso: materiale già ordinato ma non ancora ricevuto

allora:

$$FN = FL - H$$

componente	G	SS	IM	Dim. lotto	LT (giorni)	Ricez. Programmate	
						Quanto	Quando
A	0			10	2		
AA	0			10	2		
LLL	300		200	100	1	300	04/01
NNN	100	500		100	7		
PPP	100	150		100	15		

Situazione giacenze in magazzino.

Da cui:

componente	G	SS	IM	OC	H	FL	FN
A	0				0	56	56
AA	0				0	112	112
LLL	300		200	300	400	560	160
NNN	100	50			50	118	68
PPP	150	150			0	280	280

Dimensione lotti. La dimensione di lotti da produrre od ordinare deriva da considerazioni economiche, di comodità, relative alla spedizione, ecc. L'azienda può poi decidere di attuare particolare politiche di approvvigionamento ma la ricezione pianificata deve comunque soddisfare almeno i fabbisogni netti per poter procedere alla produzione. Nel nostro esempio potremmo avere:

componente	FN	Dim. lotto	Entità ordine
A	56	10	60
AA	112	10	120
LLL	160	100	200
NNN	68	100	100
PPP	280	100	300

Pianificazione ordini. Partendo dal momento in cui il prodotto deve essere consegnato ed andando a ritroso è possibile, tramite i Lead Time di produzione definire il momento in cui ogni operazione deve essere iniziata; dato il momento di inizio delle varie operazioni, e di conseguenza il momento in cui si rendono necessari i componenti, è possibile infine, tramite i Lead Time di approvvigionamento, conoscere la data in cui deve essere emesso ogni ordine.

La rappresentazione di Gantt (vedi II.4) è un ottimo metodo per visualizzare graficamente l'evolversi degli eventi nell'orizzonte temporale:

	TEMPO (giorni)																
Lavoro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Approv. LLL													■				
Approv. NNN							■	■	■	■	■	■	■				
Approv. PPP	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Prod. AA														■	■		
Prod. A																■	■

Da cui si vede che per avere il prodotto A finito al diciottesimo giorno devo ordinare il componente PPP al primo giorno, il componente NNN al settimo giorno ed il componente LLL al tredicesimo giorno. Farò partire poi al quattordicesimo giorno la produzione del componente intermedio AA ed al sedicesimo la produzione di A.

Da notare come, se avessimo ordinato il primo giorno tutti i componenti, avremmo avuto in magazzino inutilizzati per sei giorni il componente NNN e per ben 12 giorni il componente LLL con evidenti costi d'immobilizzo ed occupazione degli spazi.

II.2.2.2 Just-in-Time

Il Just-in-Time (spesso abbreviato in JIT) è una filosofia industriale che ha invertito il "vecchio metodo" di produrre prodotti finiti per il magazzino in attesa di essere venduti (sistema detto "push") nel sistema "pull" per il quale occorre produrre solo ciò che è stato venduto o che si prevede di vendere in tempi brevi. In termini più pragmatici, ma anche riduttivi, è una politica di gestione delle scorte a ripristino che utilizza metodologie tese a migliorare il processo produttivo, cercando di ottimizzare non tanto la produzione quanto le fasi a monte, di alleggerire al massimo le scorte di materie prime e di semilavorati necessari alla produzione.

Il Just-in-Time abbina elementi quali affidabilità, riduzione delle scorte e del Lead Time, ad un aumento della qualità e del servizio al cliente. Normalmente efficienza ed efficacia erano invece considerati obiettivi antagonisti.

Alla base della filosofia del JIT qualsiasi scorta di materiale, semilavorato o prodotto finito è uno spreco, uno spreco di risorse economiche, finanziarie e un vincolo all'innovazione continua. Più il processo è "corto" nella somma dei processi di progettazione e di produzione (sommando i tempi di produzione e transito) e più l'industria con i suoi prodotti e servizi (inclusi prevendita e postvendita) è vincente. [12]

Un'azienda che segua la filosofia JIT deve avere flessibilità produttiva e gestionale, ovvero saper realizzare diverse tipologie di prodotto su richiesta del cliente e saper modificare rapidamente il mix produttivo. Questi obiettivi sono realizzabili cercando tempi di set-up molto brevi, livelli dei magazzini interni più bassi possibile, rapporto stretto

con i fornitori.

Il JIT è una tecnica che può essere applicata nei processi di fabbricazione di tipo ripetitivo con volumi medio alti ed abbastanza stabili. [14]

Alcuni principi da seguire nell'applicazione di un sistema JIT sono:

- eliminare gli sprechi: risorse ridondanti, trasporti inutili, manutenzioni inutili;
- utilizzare macchinario flessibile;
- coinvolgere i dipendenti;
- sviluppare partnership con i fornitori;
- controllare la qualità;
- elevare al massimo l'affidabilità del sistema produttivo con adeguata manutenzione preventiva;
- minimizzare i tempi di allestimento;
- velocizzare e migliorare la progettazione dei prodotti.

I mezzi operativi del Just-in-Time.

Kaizen. Il Kaizen è una metodologia di miglioramento continuo, passo a passo, che coinvolge l'intera struttura aziendale. Il termine Kaizen, infatti, è la composizione di due termini giapponesi: KAI (cambiamento) e ZEN (meglio).

Si basa sul principio che il risultato in un'impresa non viene

raggiunto dal management, ma dal lavoro diretto sul prodotto. Il management assume dunque una nuova funzione, non tanto legato alla gestione gerarchica quanto al supporto dei diretti coinvolti nella produzione.

Una metodologia classica, creata e sviluppata in Giappone per coinvolgere i singoli nel miglioramento, è il cosiddetto *Sistema dei suggerimenti* che consiste in proposte formulate da tutti i dipendenti per apportare migliorie al ciclo produttivo o per evitare l'insorgere di problemi ancora non manifestati ma di probabile insorgenza: i cosiddetti warusa kagen¹¹.

Il sistema semplice quanto innovativo che rappresenta la forza di tale metodologia sta nella riduzione degli sprechi (Muda). Con la metodologia Kaizen bisogna impegnarsi nella riduzione di quei processi che non creano valore aggiunto sul prodotto, ovvero eliminando tutte quelle attività che il consumatore non è disposto a pagare.

La tecnica SMED. *Single Minute Exchange of Die* (La traduzione corretta è *Single Digit Exchange of Die* ma ormai è entrata nella letteratura la traduzione errata) Nata negli anni 60 ad opera del ing. Shigeo Shingo in Toyota si pone l'obiettivo di ridurre al minimo i tempi di riattrezzaggio.

I miglioramenti SMED dovrebbero passare per 4 stadi concettuali:

1. Assicurarsi che le azioni esterne di attrezzaggio siano effettuate mentre la macchina è ancora in funzione;

¹¹ Warusa kragen: traducibile come “regolazione fastidiosa”, indica situazioni o cose che pur non avendo grossi difetti potrebbero, se trascurate, diventare dei problemi. L'individuazione dei warusa kragen è affidata all'operatore che è a diretto contatto con i mezzi di produzione il quale può arrivare a bloccare l'intera linea di produzione per apportare le modifiche necessarie. Tutto ciò è in contrasto con la mentalità taylorista dello Scientific Management che non concepiva il rallentamento della produzione, e addirittura il blocco, per risolvere un dettaglio minore e che inoltre non chiedeva al lavoratore nessuna iniziativa. [15][16][17]

2. Separare azioni di attrezzaggio in esterne e interne, assicurarsi che tutte le parti siano funzionanti ed implementare modi efficienti per trasportare lo stampo ed altre parti;
3. Convertire azioni interne di attrezzaggio in esterne;
4. Migliorare tutte le azioni di attrezzaggio:
 - Standardizzare la funzione, non la forma;
 - Usare chiusure funzionali o eliminarle completamente;
 - Usare chiusure intermedie;
 - Adottare operazioni parallele;
 - Eliminare modifiche;
 - Meccanizzare.

Approccio poka-yoke. Poka-yoke - significa "a prova di errore". E' una costrizione sul comportamento, o un metodo per prevenire gli errori imponendo dei limiti su come un'operazione può essere effettuata per forzare il completamento corretto dell'operazione. Il concetto di questa parola è infatti quello di "evitare (yokeru) gli errori di distrazione (poka)".

Un esempio di applicazione di questo approccio può essere la creazione di un sistema ad incastro che non permetta di assemblare due parti se non nel modo corretto.

Il metodo “5 S”.

La metodologia “5 S” racchiude in cinque passaggi un metodo

sistematico e ripetibile per l'ottimizzazione degli standard di lavoro e quindi per il miglioramento delle performance operative (il nome deriva dal fatto che ogni passaggio è identificato da una parola giapponese cominciante con S).

1. Seiri: scegliere e separare. La pratica di analizzare tutti gli strumenti e i materiali presenti nell'area del lavoro e di mantenere solo quelli essenziali. Tutto il resto è immagazzinato o eliminato. Questo porta a meno rischi e meno ingombri che possono interferire con il lavoro.
2. Seiton: sistemare e organizzare. Focalizza sulla necessità di avere un posto di lavoro ordinato. "Ordinato" significa organizzare la linea per favorire il flusso del lavoro. Strumenti ed attrezzi devono essere tenuti dove saranno utilizzati ed il processo deve essere ordinato per eliminare i movimenti non necessari.
3. Seiso: Controllare l'ordine e la pulizia. Indica la necessità di mantenere il posto di lavoro pulito e ordinato. E' un'attività che deve essere fatta giorno per giorno. Alla fine di ogni turno l'area di lavoro viene pulita e tutto è rimesso al proprio posto. Mantenere la pulizia e l'ordine deve essere parte del lavoro normale, non una cosa occasionale da fare quando tutto diventa troppo disordinato.
4. Seiketsu: standardizzare e migliorare. Standardizzare le pratiche lavorative. Ognuno sa quali sono le proprie responsabilità. Le procedure della produzione devono essere sempre uguali così se cambia qualcosa sarà ovvio. E' qui che i controlli visivi come Kanban e Andon¹² sono utilizzabili.

¹² Andon. Indica un pannello di controllo a base di segnali luminosi. Esso contiene una fila di numeri che si illuminano per segnalare l'area di lavoro dove ci sono difficoltà. Se non ci sono problemi, la luce è verde. Quando il lavoratore vuole apportare qualche correzione alla linea e ha bisogno d'aiuto, s'accende una luce gialla. Se è necessario fermare la linea per risolvere un problema, si accende una

5. Shitsuke: sostenere la disciplina. Mantenere gli standards. Una volta che le prime 4 S sono state implementate diventano il nuovo modo per operare. Bisogna mantenere il focus sul nuovo modo di operare e non permettere un declino graduale verso i vecchi modi di lavorare.

Il sistema kanban. Il kanban è un sistema che si basa su dispositivi di segnalazione, chiamati per l'appunto kanban, usati per dare istruzioni per la produzione, lo spostamento o l'acquisto in un sistema a trazione (pull).

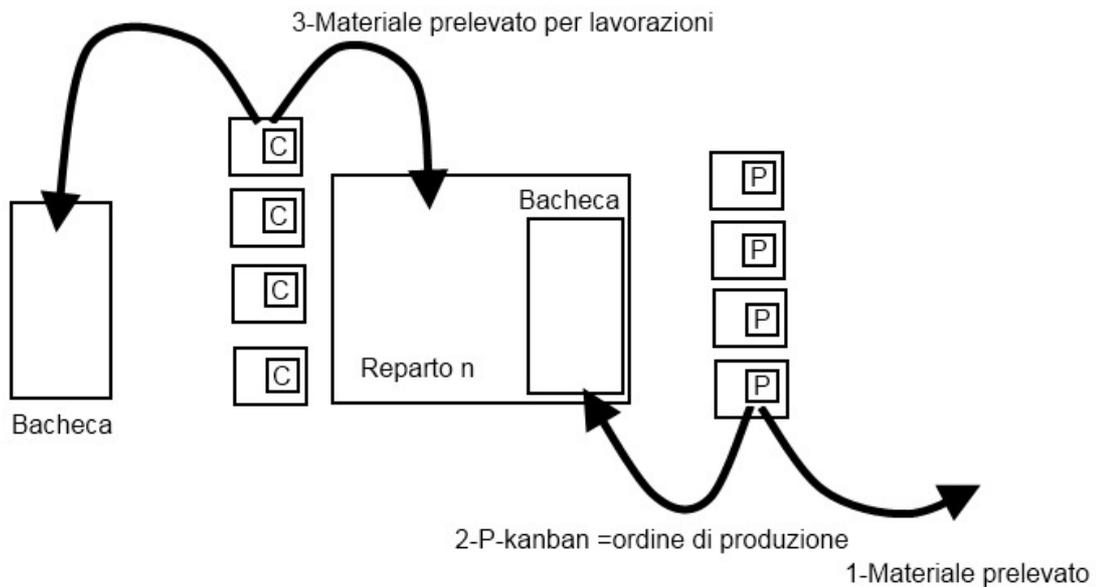
I cartellini kanban sono l'esempio meglio conosciuto e più comune di questi segnali. Questi cartellini contengono il numero dell'articolo, descrizione, fornitore esterno o interno, quantità, indirizzo di immagazzinamento e indirizzo dove viene utilizzato. Oltre ad essere un cartellino rettangolare, può anche essere in forma di targhette metalliche, palline colorate, segnali elettronici (e-kanban) o qualsiasi altro dispositivo che passi l'informazione necessaria e prevenga l'introduzione di istruzioni erranee. Qualsiasi sia la forma, kanban ha due funzioni in una produzione:

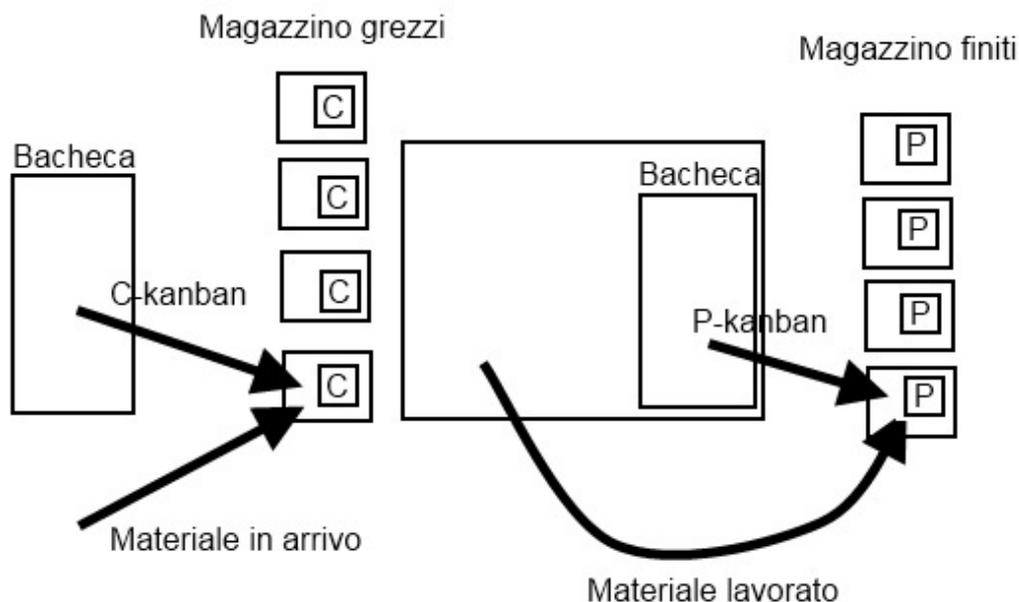
- dare istruzione al processo di fare prodotti: kanban produttivo o kanban segnale in caso di produzione a lotti (C-kanban);
- dare istruzione ai magazzinieri di muovere prodotti: kanban di prelievo o kanban fornitore se il prodotto va acquistato (P-kanban).

In ciascun reparto della produzione i kanban di prelievo sono posizionati sui contenitori del magazzino grezzi mentre i kanban di produzioni sui contenitori del magazzino prodotti finiti. A seguito di un prelievo di prodotti finiti per soddisfare le richieste di un reparto a

valle (siamo in logica pull) il kanban di produzione viene staccato dal contenitore del materiale che viene prelevato e posto in apposite bacheche; questo diventa allora un ordine di produzione. Il reparto allora preleverà del materiale dal magazzino grezzi, staccando il kanban di prelievo dal rispettivo contenitore; il C-kanban, collocato in un opportuna bacheca diventa un ordine di prelievo di materiale per gli addetti alla movimentazione ed il materiale, una volta lavorato, andrà nel magazzino finiti con attaccato il P-kanban che ha dato inizio all'ordine di produzione. Ad intervalli regolari gli addetti alla movimentazione controllano le loro bacheche e procedono ad eseguire gli ordini.

4-C-kanban=ordine di prelievo





Nel caso di produzione per lotti si utilizza un kanban (kanban segnale) diviso in due parti; un parte che si posiziona di volta in volta su primo prodotto che andrà prelevato, la seconda parte che è fissa è collocata sul “livello di riordino”. Quando la parte mobile raggiunge la parte fissa parte l'ordine di produzione.

Ci sono sei regole per usare il kanban in maniera efficace:

1. Il processo cliente ordina i beni nelle quantità stabilite e specificate sul cartellino kanban.
2. Il processo fornitore produce i beni nella quantità precisa e sequenza specificate dal cartellino kanban.
3. Nessun oggetto viene fatto o mosso in assenza del kanban.
4. Tutti i particolari e materiali hanno sempre un kanban attaccato.
5. I particolari difettosi o quantità sbagliate non vengono mai inviate al processo a valle.

6. Il numero di cartellini kanban viene attentamente ridotto per abbassare gli inventari e rivelare nuovi problemi nel ciclo. [13]

II.3 La produzione su commessa

La produzione su commessa si ha quando la produzione viene specificatamente attivata su ordine del cliente, la cui ripetizione (da parte di questo o di altri clienti) non è prevedibile con sufficiente attendibilità nella quantità e nel tempo [4].

Distinguiamo nella produzione su commessa diversi livelli che si allontanano sempre più dalla gestione su previsione e che implicano di conseguenza differenze sempre più marcate nelle tecniche utilizzate per la gestione:

1. Il prodotto è fabbricato su previsione fino ad un certo livello ma si attende l'ordine del cliente per definirne la versione finale.
2. Il prodotto è già stato progettato e venduto ma l'attivazione dell'intero ciclo produttivo avviene su ordine del cliente.
3. Il prodotto non è stato progettato e quindi l'accettazione dell'ordine richiede la progettazione e la realizzazione del numero di esemplari richiesti dal cliente.
4. Il prodotto è un esemplare unico e non ripetibile.

Il primo caso è tipico di prodotti complessi fabbricati in piccole serie. Un esempio possono essere alcuni modelli di automobili che vengono prodotti su previsione sino a prima dell'allestimento interno e della dotazione di optionals e poi si attende l'ordine del cliente in cui specifica le sue preferenze per il completamento. Un altro esempio possono essere alcune macchine utensili in cui l'allestimento finale dipende dal tipo di lavorazioni per le quali verranno utilizzate ma che

hanno una struttura base in comune.

I reparti che lavorano su commessa hanno una gestione legata all'imprevedibilità degli ordini dei clienti che ne condizionano l'attività. Le caratteristiche principali sono:

- La programmazione non può essere tempificata ma avviene al momento in cui viene ricevuto l'ordine; gli impianti devono essere quindi flessibili per adattarsi alle diverse esigenze ed il personale deve essere preparato a compiere attività complesse e differenziate.
- Non ci devono essere giacenze di magazzino perché è troppo alto il rischio di inutilizzazione.
- I materiali vengono ordinati ai fornitori esterni o ai reparti a monte in base all'esplosione dell'ordine del cliente; fanno eccezione quei materiali che, non essendo specifici ad una commessa, possono essere gestiti su previsione o a scorta.
- La data di consegna può essere prevista solo dopo il ricevimento dell'ordine.

Nel secondo caso si estendono a tutta l'azienda i discorsi fatti per i reparti che lavorano su commessa del primo caso.

Il terzo caso in cui l'ordine richiede una progettazione è caratteristico di prodotti complessi, di elevato valore, con un numero molto esiguo di prodotti richiesti o che debbono soddisfare esigenze particolari e difficilmente ripetibili. Alcuni esempi si possono trovare nell'industria aeronautica (in particolar modo quella militare poiché quella civile rientra maggiormente nel secondo caso), quella ferroviaria, i

produttori o assemblatori di grandi impianti. La ripetizione della commessa è possibile ma quasi sempre solo dal cliente che ha emesso il primo ordine.

Le aziende che operano esclusivamente su commessa hanno una organizzazione sensibilmente diversa da quelle che lavorano a fabbisogno o su previsione sia per quanto riguarda i reparti produttivi, secondo le modalità viste sopra per il primo e secondo caso, sia per la maggior parte degli altri reparti:

- Le fasi di progettazione ed ingegnerizzazione sono conseguenti alla commessa ed in stretta connessione funzionale e temporale con l'attività produttiva.
- La contabilità industriale sarà organizzata in modo specifico per la preventivazione ed il controllo delle commesse.
- La logistica non dispone di un flusso pianificato e monodirezionale ma dovrà adattare le movimentazioni a ciascuna lavorazione.
- Il sistema azienda deve avere la capacità di prendere decisioni in modo rapido e di adattarsi a situazioni nuove ed impreviste.

Il quarto caso è un caso limite del terzo in cui si parla di gestione dei progetti invece che di ordini poiché ogni singolo caso è assolutamente unico e non ripetibile. L'azienda stessa prende una forma specifica adatta al singolo progetto.

II.4 Tecniche di tempificazione e controllo: Pert e Gantt

Le tecniche utilizzate per la tempificazione, la rappresentazione ed il controllo dei progetti, normalmente con l'ausilio di sistemi informatici di supporto, pur variando nelle loro specificità, possono essere riassunte nelle due sigle:

- **Pert** che è uno strumento di tempificazione;
- **Gantt** che è uno strumento per rappresentare nel tempo l'utilizzo delle risorse (uomini ed impianti).

Il metodo Pert. Il Pert (Program Evaluation and Review Technique) è un grafico reticolare composto da cerchi e da frecce; nella versione oggi più comunemente utilizzata, definita versione Olivetti dal nome dell'azienda che l'ha introdotta, i cerchi rappresentano le attività (operazioni) e le frecce la connessione logico temporale fra di esse.

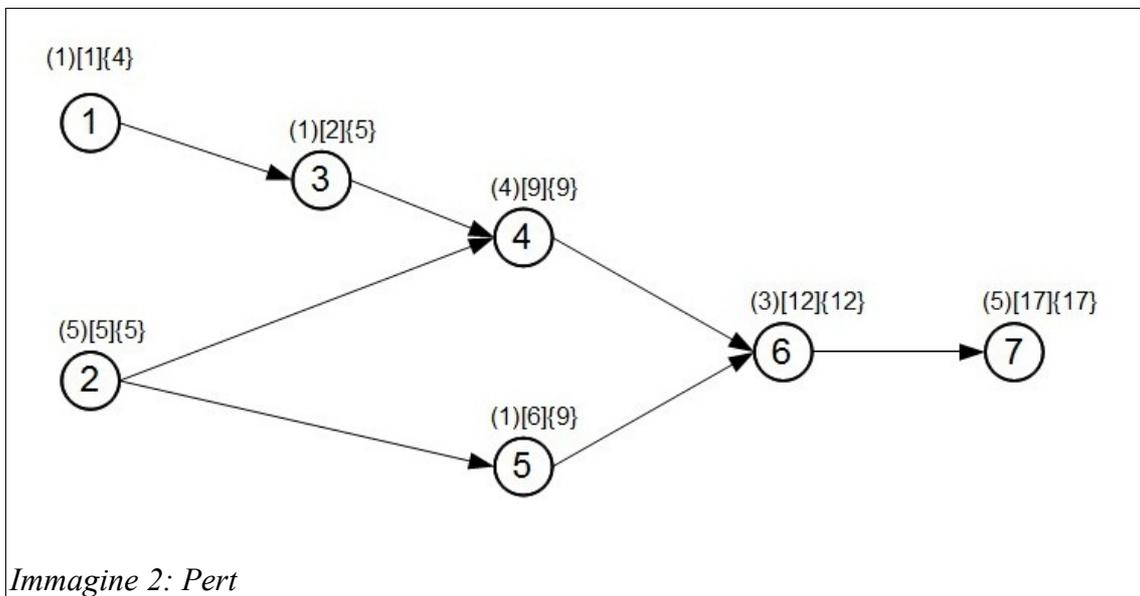
Per la stesura del Pert è necessario che preventivamente siano state svolte alcune operazioni:

1. Suddivisione del progetto in operazioni elementari.
2. Previsione di durata di ogni singola operazione.
3. Determinazione per ogni operazione delle operazioni immediatamente precedenti che ne condizionano l'effettuazione.

Queste operazioni portano alla compilazione di una tabella recante le informazioni sopra determinate del tipo:

N. Operaz .	DESCRIZIONE OPERAZIONE	Durata (GG)	Operazioni che preced.
1	Operazione1	1	-
2	Operazione2	5	-
3	Operazione3	1	1
4	Operazione4	4	3,2
5	Operazione5	1	2
6	Operazione6	3	4,5
7	Operazione7	5	6

Da questa la creazione del Pert è immediata:



- il numero dentro i cerchi indica il numero dell'operazione
- il numero tra parentesi tonde la durata dell'operazione
- il numero tra parentesi quadre è il tempo “al più presto” rispetto al momento iniziale in cui l'operazione può venire ultimata
- il numero tra parentesi graffe è il tempo “al più tardi” rispetto al

momento iniziale in cui l'operazione deve venire ultimata per non causare ritardi per il completamento del progetto

- la serie di operazioni per cui i numeri “al più presto” ed “al più tardi” coincidono, in questo caso 2-4-6-7, rappresenta il percorso critico per cui ogni operazione deve essere compiuta nei tempi stabiliti per non causare ritardi

Dal diagramma di Pert possono essere anche ricavate delle tabelle tipo:

N. Operaz .	DESCRIZIONE OPERAZIONE	Durat a (GG)	Inizio + prest.	Inizio + tard.	Fine + prest.	Fine + tard.	Crit..
1	Operazione1	1	0	3	1	4	-
2	Operazione2	5	0	0	5	5	si
3	Operazione3	1	1	4	2	5	-
4	Operazione4	4	5	5	9	9	si
5	Operazione5	1	5	8	6	9	-
6	Operazione6	3	9	9	12	12	si
7	Operazione7	5	12	12	17	17	si

Durante la realizzazione del progetto il Pert dovrà essere aggiornato in base all'effettivo avanzamento ed alle eventuali variazioni nelle previsioni di durata per le operazioni ancora da eseguire od in fase di realizzazione.

La rappresentazione di Gantt. È una tecnica utilizzata per rappresentare la tempificazione decisa intuitivamente o determinata con il metodo Pert.

Operazione						T	E	M	P	O		G	G				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1			■														
2	■	■	■	■	■												
3				■													
4						■	■	■	■	■							
5								■									
6											■	■	■				
7														■	■	■	■

ENTE						T	E	M	P	O		G	G				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Acquisti	■	■	■	■	■			■									
Rep. Acc.						■	■	■	■	■	■	■	■				
Tecnico A			■	■										■	■	■	■

Ciascuna riga del diagramma può indicare:

- il tempo in cui è prevista l'esecuzione di una certa operazione;
- il periodo in cui è previsto l'impiego delle risorse umane o degli impianti.

Per le operazioni non critiche si deve preventivamente decidere

quando vanno effettuate.

Utilizzando diversi colori nel Gantt è possibile evidenziare eventuali scostamenti dal programma originario.

Capitolo III

La Lorenzon Techmec System ed il Ponte della Costituzione

In questo capitolo verrà esposta, per una successiva analisi, la struttura della Lorenzon Techmec System, i metodi di gestione che essa utilizza ed in particolare si parlerà della commessa del Ponte della Costituzione.

La prima parte del capitolo, dedicata all'azienda nel suo complesso, dopo un'introduzione dell'azienda stessa parlerà del suo layout e della gestione dei materiali non legati ad una particolare commessa.

La seconda parte del capitolo si concentrerà sulla costruzione del Ponte della Costituzione. Anche qui verrà fatta una breve introduzione per parlare poi di quelle che sono state le fasi principali della costruzione del ponte, del programma lavori come era stato previsto durante la fase di programmazione e della gestione dei materiali.

Premesse.

Prima di cominciare a parlare della Lorenzon Techmec Sistem¹³ (da ora Lorenzon per comodità) e del Ponte della Costituzione nell'ottica intesa per questa tesi è necessario fare alcune premesse.

Al momento dell'inizio di questa tesi la Lorenzon ha molto cortesemente accettato di dare al sottoscritto accesso alle risorse dell'azienda intese come personale e locali. Successivamente l'azienda è andata incontro ad alcune difficoltà di ordine finanziario ed ha dovuto sospendere al sottoscritto il supporto precedentemente accordatogli.

Inoltre, a causa delle innumerevoli vicende legali che hanno seguito la costruzione del Ponte della Costituzione e poiché sono passati otto anni dall'inizio (e quindi dalla pianificazione) dei lavori con notevoli cambiamenti di organizzazione e di personale all'interno della Lorenzon, le informazioni che lo riguardano sono di difficile accesso e recupero.

Ad ogni modo le informazioni che sono state recuperate sono sufficienti per un lavoro di analisi ai fini di questa tesi.

Ove possibile, nel parlare dell'azienda, si cercherà di riferirsi alla situazione in cui si trovava all'inizio dei lavori (fine 2002).

13 via Pacinotti, 5
30020 Noventa di Piave (VE)
tel 0421 5712
fax 0421 571333
info@lorenzonts.it
www.lorenzonts.it

III.1 La Lorenzon Techmec System



Immagine 3: Sede della Lorenzon spa

La Lorenzon è un'azienda metalmeccanica che opera in ambito nazionale ed internazionale nel campo delle costruzioni in acciaio, alluminio e vetro. Costituita come società individuale nel 1949, l'azienda si è sviluppata nel corso degli anni fino a diventare Società per Azioni e ad occupare un'area di 34.500 m².

Conta un centinaio di dipendenti fissi più un'ottantina di dipendenti a progetto ed è situata nella zona industriale di Noventa di Piave, Venezia, vicino al casello autostradale di San Donà – Noventa.

Tra le realizzazioni più importanti vi sono:



Immagine 4: Palahockey per i giochi olimpici, Torino, Italia, 2006



Immagine 6: CMA CGM TOWER, Marsiglia, Francia, 2007



Immagine 5: Hotel La Vela, Barcellona, Spagna, 2007.

III.1.1 Layout

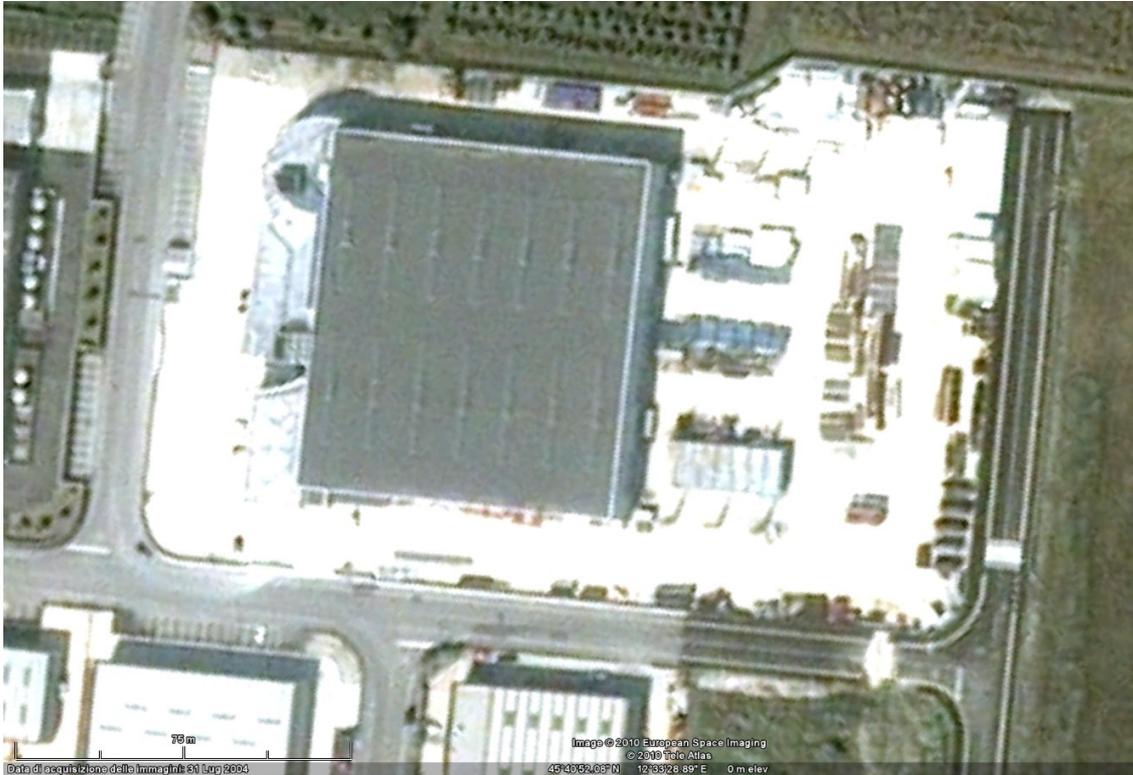


Immagine 7: Vista dal satellite della sede della Lorenzon

L'azienda (nel 2002) è composta da un edificio di 80m (lato A, vedi immagine 6) per 70m (lato C) alto otto metri situato all'interno di un terreno di 115m per 180m.

L'edificio è completamente apribile nel lato B per l'entrata e l'uscita di materiali di grosse dimensioni; l'ingresso per il personale degli uffici e per i clienti si trova nel lato A e nel lato C vi è un ulteriore passaggio per il personale.

0 10m 50m

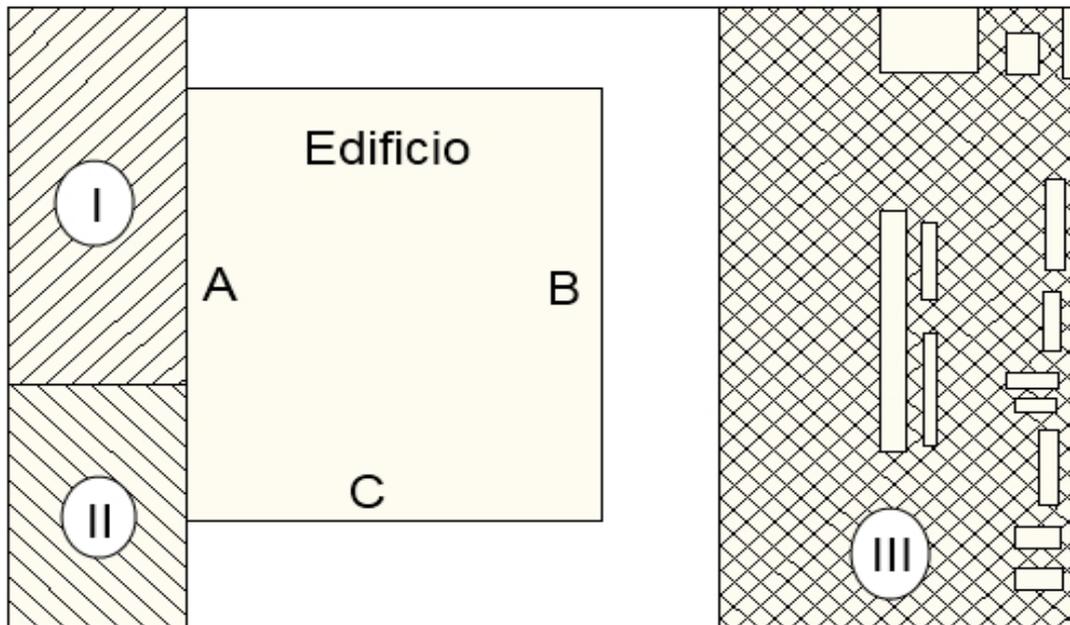


Immagine 8: Layout esterno

Lo spazio esterno è suddiviso in parcheggio auto personale e clienti (I), parcheggio camion (II), magazzini all'aperto (III).

L'interno dell'edificio (vedi immagine 7) è suddiviso in tre zone: la zona uffici (1), il reparto alluminio (2) ed il reparto acciaio (3). La zona uffici sfrutta l'altezza dell'edificio in tre piani mentre le zone di produzione sono su un unico piano per avere maggiore comodità di movimentazione dei materiali.

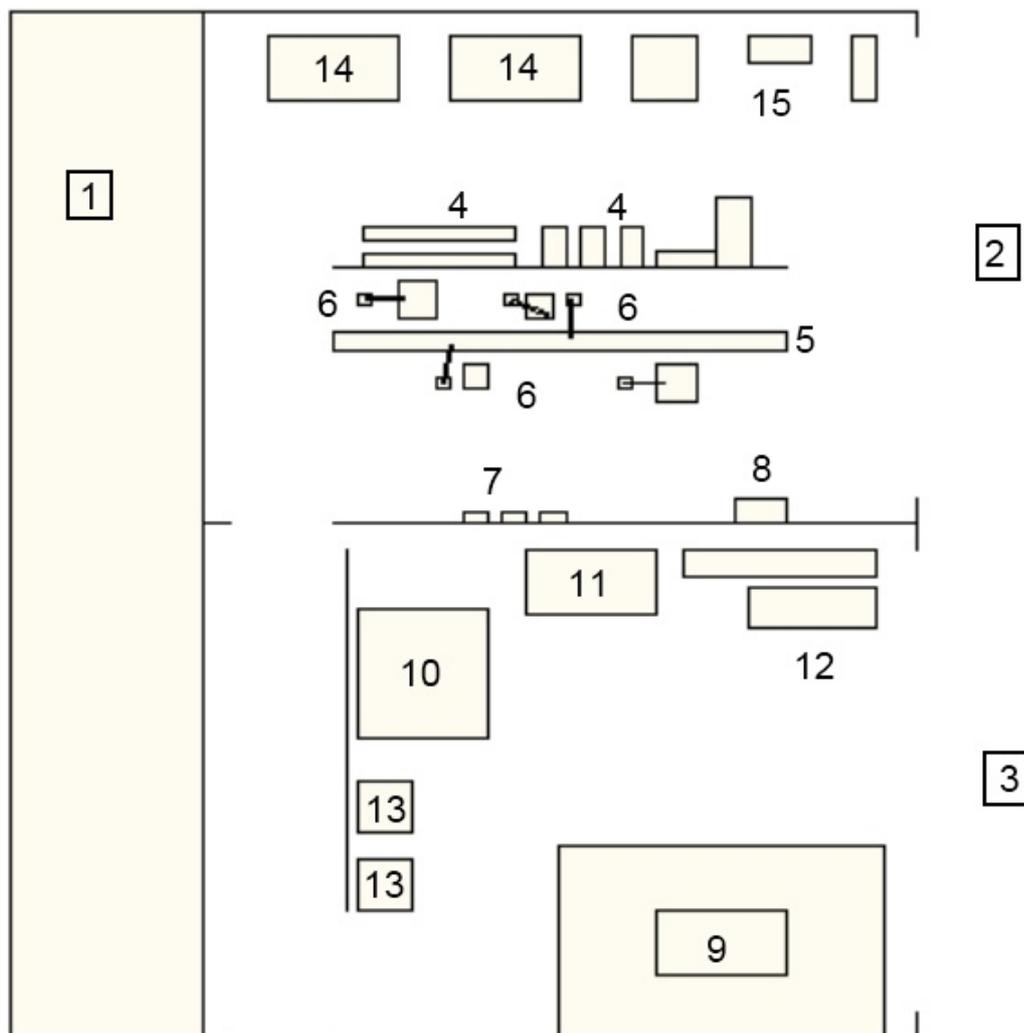


Immagine 9: Layout interno

Lgenda:	
1: Zona uffici	9: Piattaforma supporto concetti
2: Reparto alluminio	10: Zona piegatura lamiere
3: Reparto acciaio	11: Zona taglio lamiere
4: Depositi di materiali	12: Depositi di materiali
5: Linea di assemblaggio	13: Zona foratura
6: Postazioni di lavoro	14: CNC
7: Armadi attrezzi	15: Altre macchine operatrici
8: Magazzino verticale traslante	

Il reparto Alluminio è specializzato nella produzione di facciate di edifici in vetro ed alluminio. I blocchi fondamentali, ma non gli unici, che vengono poi mandati in cantiere e montati sul posto sono composti da un telaio, la cui forma e dimensioni sono studiati su misura, e dalle vetrate.

Il reparto consta di una serie di macchine operatrici a controllo numerico e non (14 e 15 di immagine 7) in cui vengono preparati i pezzi in alluminio (taglio, piegatura e foratura) da mandare sulla linea principale di assemblaggio (5 di immagine 7). I vetri arrivano in azienda da fornitori esterni già pronti per essere assemblati e, dopo un eventuale periodo in deposito, raggiungono direttamente la linea di assemblaggio. Ai lati della linea di assemblaggio vi sono gli operai, le strumentazioni e depositi per il materiale da utilizzare (6 di immagine 7).

Sempre nel reparto Alluminio vi è un magazzino verticale traslante che contiene i materiali più comunemente utilizzati nei reparti di produzione dell'azienda (attrezzi, ricambi, filo per saldature, viti, dadi, ecc) ed infine vi sono degli armadi (7 di immagine 7) nei quali vengono tenuti materiali vari: dal kit di pronto intervento a guanti, elmetti ed altro.

Il reparto Acciaio, poiché è solito lavorare su commessa per la produzione di grandi pezzi unici, ha un layout che varia a seconda delle necessità. Durante la produzione del Ponte della Costituzione la zona era organizzata con una parte dedicata al ponte (9 di immagine 7) dove vi era una piattaforma centrale per sorreggere i conci¹⁴ durante la lavorazione ed uno spazio circostante riservato in cui di volta in volta vi potevano essere dei macchinari mobili (saldatori, trapani ecc) o materiali in attesa di essere utilizzati.

¹⁴ Per la produzione il ponte venne suddiviso in sei differenti parti, dette conci, costruite separatamente e successivamente unite per creare l'arcata centrale. Vedi III.2

Il resto del reparto conteneva le macchine operatrici per il taglio (11 di immagine 7), la piegatura (10 di immagine 7), la foratura (13 di immagine 7) ecc che, quando non lavoravano sui pezzi necessari al ponte, portavano avanti differenti commesse.

III.1.2 La gestione dei materiali non legati ad una specifica commessa¹⁵

Anche in un'azienda come la Lorenzon che produce pezzi unici su commessa vi sono molti materiali la cui necessità è slegata dalla singola commessa; questo perché le strumentazioni ed i processi che vengono utilizzati sono fondamentalmente sempre gli stessi.

Questi materiali possono essere attrezzature e strumentazioni che si usurano o consumano (punte per trapani, frese, ecc) o materiali che vengono utilizzati per produrre diverse commesse (filo per saldare, colle, siliconi, guarnizioni per i vetri, ecc) o componenti standard (viti, dadi, bulloni, chiodi, eventuali profilati, componenti angolari, ecc).

Per la conservazione e l'organizzazione di questi materiali l'azienda ha acquistato un magazzino verticale rotante (Img.8) di 2,5m di larghezza, 1,5m di profondità e 6m di altezza nel quale trovano spazio tutti questi materiali.

Per quanto riguarda le politiche di riordino queste non sono state studiate a tavolino ma derivano più che altro dall'esperienza maturata dal personale dell'azienda il quale, ponendosi domande tipo “quanto di questo materiale utilizzo mediamente?” e “quanto tempo ci vuole perché arrivi il materiale una volta ordinato?”, fa una stima molto approssimativa di quelli che vengono definiti “livello di riordino” e “dimensione del lotto”. Questa stima non si basa su valutazioni economiche ma sulla filosofia del “non rimanere senza”¹⁶.

15 Per materiali slegati dalle singole commesse intendiamo comunque materiali utilizzati nei reparti di produzione e non negli uffici (si escludono quindi cancelleria, carta, toner per stampanti, ecc).

16 Non si è voluto descrivere la filosofia come “evitare rotture di stock” per sottolineare la natura non scientifica della decisione contrapposta alle moderne metodologie. Con questo, ad ogni modo, non si vuole denigrare l'importanza che l'esperienza e le capacità hanno nel prendere le decisioni migliori.



Immagine 10: Magazzino verticale rotante

Il software del magazzino verticale rotante permette di immettere molte informazioni sui materiali in esso contenuti e tra queste anche i livelli di riordino. Se correttamente utilizzato, registrando di volta in volta i prelievi che vengono effettuati, questo software provvede a segnalare quando è necessario provvedere all'ordine di nuovo materiale.

L'operatore del magazzino a questo punto provvede ad inoltrare una richiesta di “fabbisogno materiali” all'ufficio acquisti.¹⁷

Nell'immagine 9 è riportata una di queste richieste che, seppur relativa a materiali per una commessa, è del tutto simile a quelle dei materiali

¹⁷ Negli anni successivi alla costruzione del ponte la Lorenzon spa ha acquistato un software di gestione dell'azienda che permette tra le altre cose un collegamento diretto al magazzino verticale rotante per cui le segnalazioni arrivano direttamente al reparto acquisti. Poiché però l'acquisto è stato successivo al periodo di interesse per questa tesi, esso non verrà tenuto in considerazione.

per il magazzino.

A periodi regolari si procede poi ad un inventario dei materiali presenti nel magazzino per correggere eventuali discrepanze con i valori registrati nel software (a causa di mancate o errate registrazioni nel momento del prelievo o del deposito di materiale), in queste occasioni si procede anche a reintegrare eventuali materiali che, pur non avendo raggiunto il livello di riordino, vi si trovino molto vicini.

 LORENZON <small>Techmec System S.p.A.</small>		FABBISOGNO MATERIALI						DATA	10/01/2005	RICH. N.	62	
Comm. n.	380 PONTE DI CALATRAVA	1,1						DISTINTA DI LAV. N.				
serve per	MATERIALE PER GIUNTI DI CANTIERE PERCHE' NON RITIRATO SFRIDO DA FERRATO						Compilatore	Geom. Giuseppe Perissinotto				
Codice Risorsa	Descrizione articoli	Lunghezza mm	Altezza mm	N° Pezzi	Peso Unitario	Superficie Unitaria	UM	Qtà Fabbr.	% sul tot.	Prezzo unitario	Prezzo Totale	Data consegna
2.4.1	SI RICHIEDE ORDINE DI LAMIERA sp. 25 mm. IN ACCIAIO FE510-DD corrispondente a (S355K2G3) con certificato 3.1.B in accordo al D.M. 09/01/96 in accordo a UNI EN 10204	6.000	2.000	1	196,25		KG	2.355				18/01/2005 NOSTRA SEDE
2.4.1	SI RICHIEDE ORDINE DI LAMIERA sp. 35 mm. IN ACCIAIO FE510-DD corrispondente a (S355K2G3) con certificato 3.1.B in accordo al D.M. 09/01/96 in accordo a UNI EN 10204	6.000	2.000	1	274,75		KG	3.297				
							TOTALE	KG		5.652		

Lorenzon Techmec System spa

Immagine 11: Richiesta fabbisogno materiali.

III.2 Il Ponte della Costituzione



“Ponte della Costituzione” è il nome ufficiale del ponte precedentemente noto come “Ponte di Calatrava” (dal nome dell'architetto che lo ha disegnato) o “Quarto ponte sul Canal Grande”.

Situato a Venezia, Italia, unisce le sponde di Piazzale Roma e della stazione ferroviaria Venezia Santa Lucia è il quarto che attraversa il Canal Grande, il canale principale di Venezia, e l'unico ponte costruito negli ultimi decenni a Venezia.

La cornice storica.

Fino al 1850 l'unico ponte che attraversava il Canal Grande era il Ponte di Rialto costruito tra il 1588 ed il 1591; nel giro di dieci anni gli austriaci costruirono due ulteriori ponti di ferro, uno di fronte alla stazione ferroviaria ed uno di fronte alle gallerie dell'accademia. Questi ponti tuttavia erano esteticamente brutti¹⁸, condizionavano la navigazione poiché troppo bassi e stavano venendo corrosi dal salso e

¹⁸ A detta dei Veneziani.

vennero per ciò sostituiti rispettivamente dal Ponte degli Scalzi (1932-1934) e dal ponte “provvisorio” in legno dell'Accademia (costruito in 37 giorni nel 1933 e tuttora in uso).



Immagine 12: Ponte di Rialto

Nel tempo, l'eccezionale sviluppo del turismo internazionale ha condotto spesso l'attenzione sul centro lagunare da parte dei più noti e famosi progettisti: si sono così interessati alla progettazione nella città lagunare (senza che alcunché sia mai andato in porto) Le Corbusier, Louis Kahn, Frank Lloyd Wright e più recentemente Alvaro Siza.

Nel 1997 il famoso architetto scultore ed ingegnere Santiago Calatrava regalò alla città di Venezia il progetto per un quarto ponte sul Canal Grande.

Calatrava è autore di altri ponti famosi, come ad esempio il Puente de la Mujer di Buenos Aires, il Puente del Alamillo sul Guadalquivir e l'Oberbaumbrücke di Berlino.

La commessa.

Nel 2002 si svolse la gara d'appalto indetta dal comune di Venezia per la costruzione del ponte; vinta dalla Cignoni SrL alla Lorenzon venne subappaltata la costruzione dell'arcata centrale del ponte.

Contestazioni, problematiche, dubbi...

Sia durante la costruzione del ponte che a posteriori vi sono state, e sono tuttora in corso, tutta una serie di contestazioni, problematiche, processi, ecc incentrate su questo ponte.

La valutazione su queste argomentazioni esulano dallo scopo della tesi e quindi non verranno approfondite ma è necessario che il lettore conosca e tenga presente alcune di queste situazioni per poter comprendere come i lavori, i costi e le tempistiche si siano allontanati tanto dalla programmazione originaria.¹⁹

Tra le principali situazioni ricordiamo:

- notevoli contestazioni dovute a dubbi sull'utilità del ponte;
- il progetto originario approvato dal Comune e dalla Commissione di Salvaguardia non teneva conto delle leggi per l'accesso dei disabili;
- due dei sei conci dovettero essere gettati, riprogettati e ricostruiti a causa di gravi problematiche progettuali;

¹⁹ Per chi fosse interessato ad approfondire le problematiche una semplice ricerca in internet è sufficiente per accedere ad una esaustiva quantità di informazioni. Per cominciare mi sento di consigliare [23][24][25][26].

- vi furono rinvenimenti di reperti archeologici;
- la Corte dei Conti aprì un'inchiesta per valutare le cause dell'aumento dei costi e dei tempi;
- la Guardia di Finanza acquisì una serie di documenti;
- la Cignoni (vincitrice dell'appalto del ponte) e la Lorenzon entrano in contrasto per motivazioni economiche.

A cui si sono aggiunte, a lavori ultimati:

- i gradini in vetro ingannavano l'occhio e causavano cadute e sono stati sostituiti;
- il sistema per i disabili (una cabina non ancora installata) impiega 30 minuti per la traversata, più altri 30 se bisogna attenderla perché dall'altro lato;
- i corrimano in ottone diventavano bollenti con il sole e sono stati sostituiti;
- il ponte non è considerato stabile per cui è sotto continua sorveglianza per valutarne gli spostamenti;
- la Cignoni è stata dichiarata fallita nel corso del 2009 dal tribunale di Venezia.

Tutto ciò ha portato il costo del progetto da 7mln di euro a 12mln di euro più 1mln di euro all'anno per i costi di monitoraggio del ponte e ha dilatato le tempistiche di realizzazione da due a sei anni.²⁰

²⁰ Le cifre e le tempistiche sono molto incerte e variano a seconda della fonte quindi sono da prendere con le dovute attenzioni.

III.2.1 Il progetto e le fasi principali della costruzione



Descrizione sommaria dell'opera²¹.

Il ponte ha una campata, considerando solo la parte in acciaio, di 81 metri.

La lunghezza totale misurata dai gradini risulta invece di 94 metri e la larghezza totale varia tra i 9.38 metri in mezzeria dell'impalcato e i 5.58 metri all'inizio.

²¹ Ripresa dal sito del comune di Venezia [23].

Le quote di superficie variano da +3.20 metri all'inizio dei gradini fino a + 9.28 metri, sul punto più alto. Il ponte ha una forma arcuata con un raggio di 180 metri. La sua struttura è composta da un arco centrale, due archi inferiori e due archi laterali.

La parte strutturale arcuata è composta completamente d'acciaio e trattata adeguatamente affinché possa resistere al meglio all'acqua della laguna.

Delle travi (costole), posizionate radialmente in base al raggio principale, uniscono gli archi tra loro. Le travi sono composte da tubi e pareti in acciaio che formano una cassa e sezione chiusa.

Le due spalle in calcestruzzo, a forma di mezza luna sono rivestite in pietra naturale d'Istria.

La spinta che il ponte crea, è contenuta da due fondazioni a diaframmi in cemento armato posizionati esternamente alle fondamenta del Canal Grande.

La pavimentazione è costituita in parte da vetro di sicurezza (temperato) e in parte da elementi in trachite; questi due materiali si alternano e le loro superfici sono trattate in modo da impedire scivolamenti.

Anche per la parte superiore del ponte è stata scelta una pavimentazione con lastre accostate in giunto unito; la pavimentazione delle aree antistanti riprende, in materiale e morfologia, la pavimentazione attuale composta da trachite in lastre o macigni, variabile a correre e/o fugato.

Il ponte è illuminato dal basso verso l'alto a creare un effetto scenografico tale da accentuare la struttura individuale del manufatto; la trasparenza del pavimento, con l'aggiunta dell'illuminazione dal

basso, è finalizzata a creare un sentiero luminoso.

Questo sentiero luminoso risulta accentuato dall'illuminazione posta all'interno del corrimano che dissipa il proprio raggio di luce direttamente nel parapetto in vetro.

Il parapetto del ponte è realizzato interamente in vetro temperato.

Un corrimano in ottone forma il bordo superiore del parapetto all'interno del quale si posizionano delle lampade a leds.

Le due parti finali del parapetto, in zona spalle, sono composte da blocchi monolitici in pietra naturale d'Istria.

Per lo smaltimento delle acque meteoriche, sono state realizzate delle canaline laterali in pietra naturale d'Istria, che incanalano le acque in superficie e le immettono negli scarichi posti ai piedi dell'opera in prossimità dei monoliti.

I numeri del Ponte.

Luce netta della campata in acciaio			ml.	80,8
Larghezza del piano calpestabile del ponte			ml.	da 4.6 a 8.4
Altezza massima dell'intradosso sul m.m.			ml.	7,05
Freccia in mezzeria			ml.	3,4
Altezza del manufatto in acciaio in mezzeria	(sull'orizzonte)		ml.	2,1
Altezza del manufatto in acciaio agli appoggi	(sull'orizzonte)		ml.	0,6
Diaframmi di fondazione delle spalle	mc.	3520	ton.	8380
Calcestruzzo per le spalle	mc.	1080	ton.	2700
Ferro d'armature dei diaframmi e delle spalle			ton.	730
Peso della struttura in acciaio del ponte			ton.	420
Blocchi monolitici parapetto in pietra d'Istria	mc/cad.	01.30.00	ton/cad	3,5
Rivestimento spalle in pietra d'Istria			mq.	150
Armille in pietra d'Istria			n°	90+90
Pannelli del parapetto in vetro	h/media	1,3	n°	45+45
Elementi di pedata e pianerottoli in vetro			n°	150+150
Lampade per illuminazione archi inferiori			n°	100+100
Illuminazione parapetto		leds	n°	1.600+1.600

La programmazione.

Una volta concordata la commessa con la Cignoni SpA, vincitrice della gara d'appalto per la costruzione del ponte, la Lorenzon ha ricevuto da questa il progetto definitivo del ponte.

Con questo la Lorenzon ha provveduto ad una definizione del programma lavori comprendente le fasi di:

- progettazione esecutiva²²;
- acquisto di materiale;
- produzione vera e propria;
- posa in opera²³.

Si riporta qui (immagine 11) una rappresentazione, tramite diagramma di Gantt, del programma dei lavori compilato il 21/02/2003; questi programmi venivano aggiornati ogni quindici giorni.

La rappresentazione riportata presenta un basso livello di dettaglio ma permette di vedere la programmazione dei lavori nel suo complesso.

Vi sono molte altre rappresentazioni del programma dei lavori, sia perché questo veniva aggiornato di continuo per adattarsi al meglio al reale progresso della commessa, sia perché vi sono rappresentazioni molto più dettagliate che arrivano ad esporre quante ore di lavoro sono previste per ogni singola operazione, quanti operai saranno necessari a compierla e quali, il giorno di inizio ed il giorno di fine lavori, le dipendenze tra i vari lavori, ecc.

²² Il progetto esecutivo è redatto sulle direttive del progetto definitivo e rappresenta l'ingegnerizzazione di tutti gli interventi previsti nelle precedenti fasi di progettazione. Da esso rimane esclusa solo la progettazione del cantiere e delle relative opere provvisorie.[27]

²³ La posa in opera alla fine non è stata eseguita dalla Lorenzon ma all'inizio rientrava nei loro compiti.

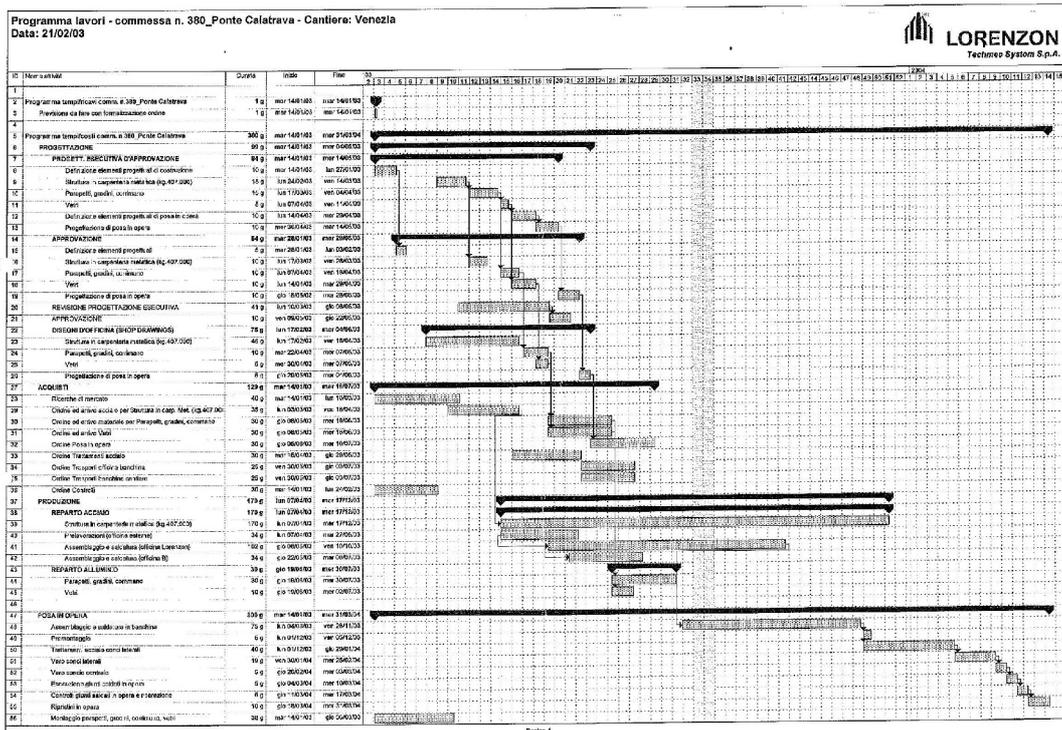


Immagine 13: Programma dei lavori del 21/02/2003. (Vedi allegato alla tesi)

Guardando la rappresentazione di Gantt si può vedere come si sia cercato di compiere quante più attività possibile contemporaneamente per riuscire ad accorciare i tempi della commessa. Si può notare come mentre si stava ancora procedendo alla progettazione esecutiva era già cominciata la preparazione dei disegni d'officina; allo stesso tempo il reparto acquisti stava compiendo ricerche di mercato per definire i fornitori migliori (come convenienza, qualità, tempistiche di consegna, ecc).

Allo stesso modo è osservabile come si sia dato in tutti i reparti ed in tutte le fasi la priorità alla struttura in carpenteria metallica rispetto ad altri componenti tipo parapetti, gradini, vetri ecc; senz'altro l'operazione più grossa ed importante, la costruzione dell'arcata in acciaio è la parte che ha determinato il ritmo dell'avanzare dei lavori in officina.

La costruzione.

Per la costruzione dell'arcata centrale venne deciso di suddividere il lavoro nella realizzazione di sei conci (pezzi) separati da saldare successivamente assieme. Numerati da 1 a 6, essendo 1 e 2 i conci esterni, agli estremi dell'arcata, e 5 e 6 i conci centrali, avrebbero avuto dimensioni attorno agli 8 metri di larghezza per 15 metri di lunghezza e 2,5 metri di altezza.

La costruzione del singolo concio è composta da due fasi principali: la preparazione dei semilavorati e l'assemblaggio. La prima di queste fasi viene compiuta dalla “zona macchine” del reparto acciaio e comprende la produzione delle mensole, gambe, archi laterali inferiori, cassone centrale ed archi laterali superiori (triangolo).²⁴ La seconda fase viene compiuta nella zona dedicata al ponte²⁵ e comprende l'assemblaggio dei componenti precedentemente costruiti.

Le due fasi sono state eseguite contemporaneamente dalle due zone del reparto acciaio, ovviamente riferite a conci differenti e tenendo presente che per ogni concio la prima fase deve precedere la seconda.

Le fasi principali che caratterizzano l'assemblaggio dei conci in acciaio sono state:

- creazione piattaforma base: è stata creata una piattaforma di circa 10x20 metri ed un'altezza di circa 0,5 metri per poter lavorare su un supporto perfettamente piano in grado di sopportare sforzi concentrati (punti di appoggio del ponte), inoltre essendo in acciaio vi si sono potuti saldare i supporti per i conci;
- saldatura supporti: sono stati saldati dei supporti sulla

²⁴ Più avanti si vedrà a cosa si riferiscono questi nomi.

²⁵ Vedi layout ad inizio capitolo.

piattaforma per mantenere il concio nella posizione che avrebbe avuto una volta assemblato il ponte e permettere i lavori;

- posizionamento tubo centrale: è stato appoggiato il tubo centrale sui supporti, il tubo è stato commissionato all'esterno sia per la fornitura che per il lavoro di piegatura è stato invece tagliato (dagli 80m dell'arcata ai 15 circa dei conci) in sede;
- saldatura “irrigiditori” sul tubo centrale: pezzi di forma triangolare (immagine 12);



Immagine 14: Piattaforma, supporti, tubo centrale ed "irrigiditori".

- saldatura lamiera;
- saldatura gambe e tubi laterali, anch'essi commissionati all'esterno;



Immagine 15: Lamiere, gambe e tubi laterali.

- saldatura mensole.



Immagine 16: Aggiunte le mensole, concio terminato.

conci così creati sono stati di volta in volta spostati in un capannone creato per l'occasione nelle vicinanze della sede della Lorenzon. Per il trasporto sono stati sollevati utilizzando due autogru da 200 tonnellate l'una ed appoggiati su un carrello ribassato trainato da una motrice.



Immagine 17: Sollevamento all'interno della Lorenzon



Immagine 18: Fase di carico all'interno

In questo capannone i conci hanno ricevuto un trattamento di sabbiatura ed una prima verniciatura.

Successivamente i conci sono stati trasportati dalla Fagioli²⁶ SpA in un piazzale a Porto Marghera, Venezia.

²⁶ La Fagioli SpA (<http://www.fagioli.com>) è il vettore che è stato scelto per il trasporto del ponte via terra ed a Venezia,



Immagine 19: Sollevamento di un conco



Immagine 20: Il conco caricato su un camion per trasporti eccezionali

Qui è avvenuto, ad opera della Lorenzon, l'assemblaggio dei conchi per eseguire prove di precarico ed analisi della freccia. Successivamente l'arcata è stata verniciata e nuovamente tagliata, questa volta in tre conchi, per il trasporto a Venezia e la posa in opera.



Immagine 21: Piazzale Fagioli SpA



Immagine 22: Passaggio sotto il Canal Grande del conco centrale



Immagine 24: Posa in opera concio laterale



Immagine 23: Posa in opera concio centrale

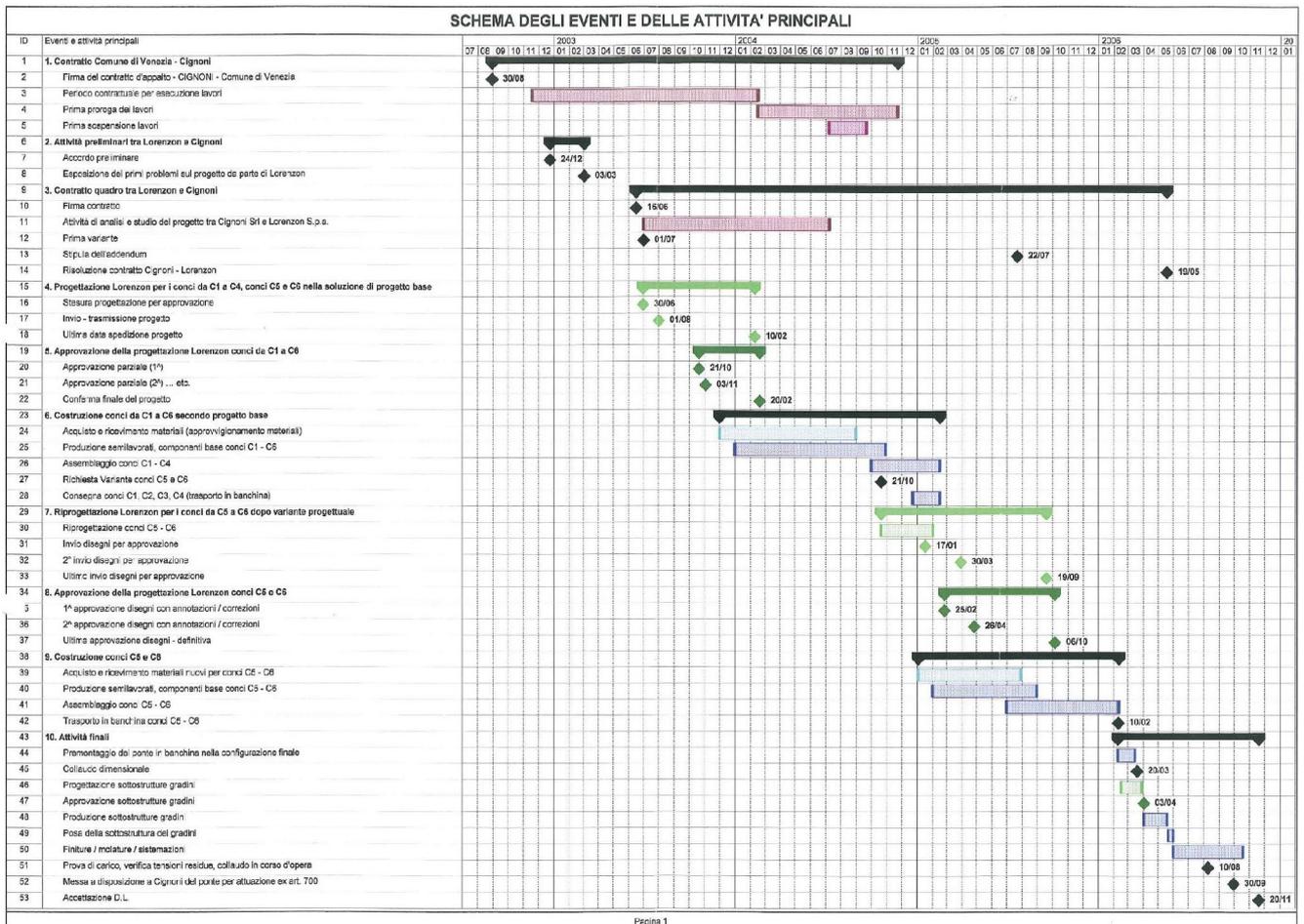


Immagine 25: Schema degli eventi e delle attività principali redatto a posteriori. (vedi allegato alla tesi)

III.2.2 Gestione dei materiali per la commessa 380

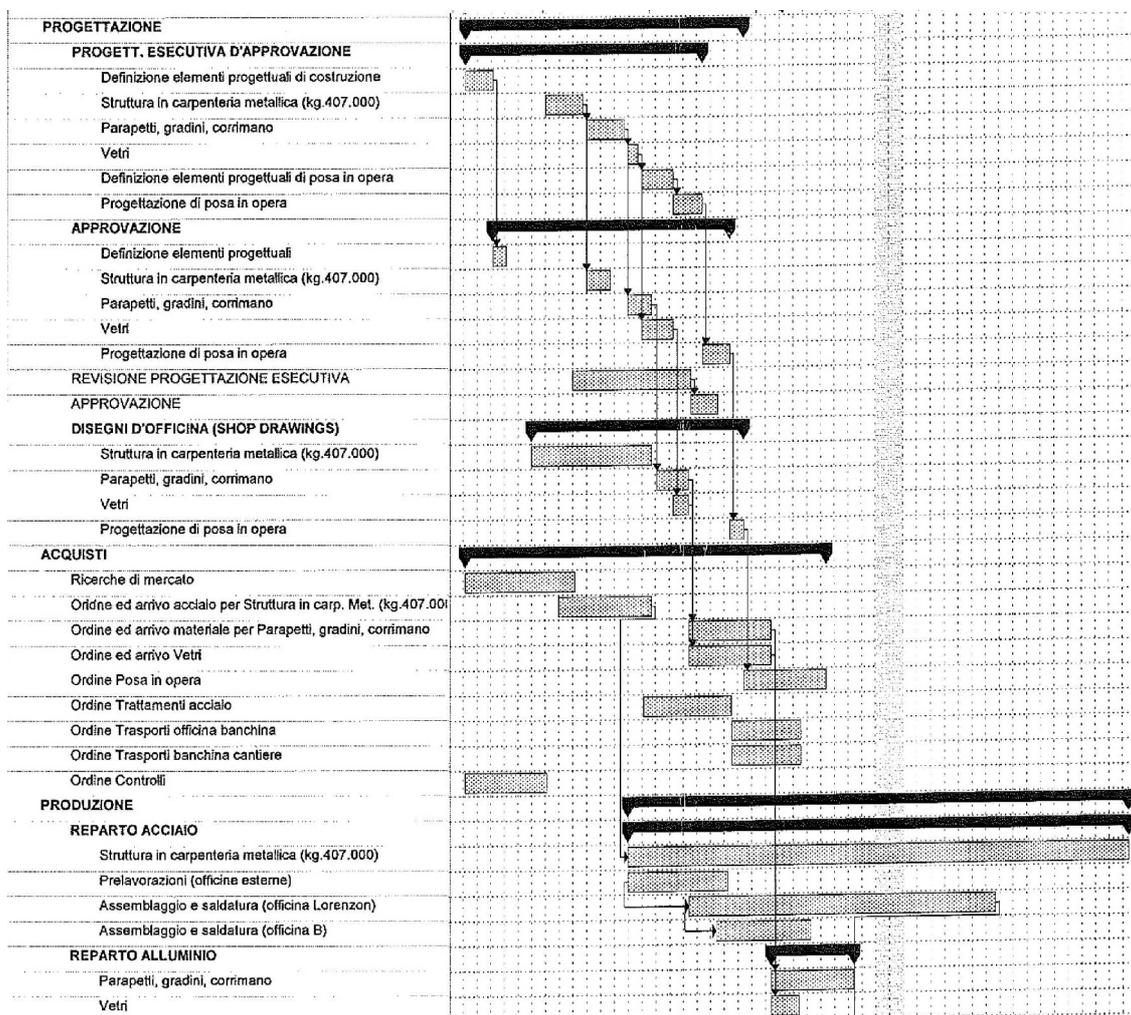


Immagine 26: dettaglio programma lavori.

Come si può vedere dal dettaglio della programmazione dei lavori di immagine 24 la fase di acquisto dei materiali ha seguito direttamente quelle di progettazione, approvazione e creazione dei disegni d'officina delle varie componenti del progetto.

Gli ordini sono stati “unici” per ogni fornitore comprendenti tutto il materiale necessario per l'opera. In immagine 25 viene come esempio riportato l'ordine d'acquisto di tutto il materiale in acciaio per la

costruzione dei conci (ad eccezione dei tubi chiesti ad un altro fornitore) per un totale di circa 360 tonnellate di materiale di peso e 130 mila euro di valore.



Lorenzon
Techmec System s.p.a.

Sede Amministrativa - Produttiva:
Via Pacinotti n. 5
30027 Noventa di Piave (VE)
Tel. +39 0421-5712 Fax +39 0421-571329
acquisti@lorenzons.it

Spett.le
PALINI & BERTOLI SPA
VIA E. FERMI, 28
33058 SAN GIORGIO DI NOGARO - UD

C. Ott. G. Sp. e Guarnacchia

Commissa : 380/1.1
Ordine n° 3365 del 03/07/2003

Oggetto : Ordine di acquisto
Con la presente ordiniamo i seguenti prodotti alle condizioni di seguito riportate.

Descrizione Prodotto	Cod. Prod.	U.M. *	Qt.à	Prezzo (Euro)	Importo (Euro)
1) Fornitura di lamiera in acciaio in qualità S355K2G3 UNI EN 10025 in accordo a D.M. 09/01/96, certificato 3.1.B in accordo a UNI EN 10204. nr. 5 fogli 12x2500x12000 mm nr. 2 fogli 16x2500x12000 mm nr. 22 fogli 20x2500x12000 mm nr. 23 fogli 25x2500x12000 mm nr. 11 fogli 30x2500x12000 mm nr. 2 fogli 35x2500x12000 mm nr. 1 fogli 40x2000x8000 mm nr. 1 fogli 60x2000x8000 mm nr. 1 fogli 65x2000x8000 mm nr. 1 fogli 70x1500x4000 mm	2.4.1				
<i>2000 m² su 1 lotto x 2 = 4000 m²</i>		kg	362546	0,355	128'703,83
Totale Ordine Euro					128'703,83

* Unità di misura del fornitore

Data di consegna
25/07/2003

Destinazione della merce
Terzista (azienda da definire)

Condizioni di pagamento
BONIFICO 60/90/120 GG DF FM+10 MESE SUCC.(A+D 15)

Condizioni di fornitura
reso a mezzo Vs.

Per qualsiasi chiarimento rivolgersi al sottoscritto.

Distinti saluti.

Lorenzon Techmec System spa
Silvio Fortunato
Tel. 0421/5712



Lorenzon
Techmec System S.p.A.
Via Mario Rorato n° 1
Tel. 0421 571329 r.a. - Fax 0421 571322
30027 NOVENTA DI PIAVE (Venezia)
Codice Fisc. e Partita IVA 02866210273

Pag. 1

Immagine 27: ordine di acquisto lamiera.

Il materiale così ordinato ha trovato posto nello spazio all'esterno del capannone dell'azienda, precedentemente definito magazzino all'aperto, dove ha sostato in attesa di venire recuperato per la

lavorazione.

Quando la zona macchine del reparto acciaio era pronta per la produzione di un nuovo semilavorato (gamba, mensola, ecc), il materiale necessario, e solo quello, veniva trasportato nei piccoli depositi all'interno del capannone. In questo modo il materiale per il componente in produzione era vicino mentre la maggior parte del materiale restava nel magazzino esterno e non occupava spazio nei reparti produttivi.

Capitolo IV

Analisi ex-post, critiche e possibili soluzioni alternative nella gestione dei materiali

In questo capitolo si andranno a paragonare le metodologie utilizzate e quindi le scelte operate dalla Lorenzon nella gestione dei materiali, esposte nel capitolo III, con le moderne metodologie scientifiche, esposte nel capitolo II.

Si cercherà di analizzare i possibili vantaggi o svantaggi dei due differenti approcci ed attraverso l'analisi di quelle che sarebbero state le decisioni migliori si cercheranno i processi che avrebbero permesso di compierle.

Si vedrà inoltre come la gestione dei materiali in realtà influenzi l'intera gestione dei progetti.

IV.1 Gestione dei materiali slegati dalle singole commesse

Fin da un' analisi preliminare si può capire come la politica di gestione dei materiali della Lorenzon sia fortemente influenzata dalla ampia disponibilità di spazi sia interni che esterni all'edificio principale.

Questi spazi adibiti a magazzini hanno fatto sì che il management dell'azienda non considerasse a fondo la questione dei livelli massimi di scorte al contrario dei livelli minimi i quali, seppur non calcolati scientificamente, trovano facile interpretazione nella filosofia del “non rimanere senza”.

Questi due diversi livelli di attenzione per i limiti da imporre alle scorte hanno portato ad avere notevoli eccessi di scorte a magazzino i quali, lo ricordiamo, sono degli immobilizzi di capitale e come tali si traducono in costi.

In II.2.1 si sono esposti dei metodi moderni per la gestione a scorta dei materiali. L'applicazione di questi metodi permetterebbe un risparmio dei costi di immobilizzo oltre a diminuire lo spazio occupato il quale, pur non essendo un problema al momento attuale lo potrebbe diventare in futuro.

Purtroppo mancano i dati²⁷ su quantità, tipo, costi, utilizzo medio, varianza dell'utilizzo, attuali livelli di riordino, dimensioni attuali degli stock, costi di gestione degli acquisti, ecc dei materiali presenti a magazzino ed è quindi impossibile fare una stima dei benefici economici che deriverebbero dall'utilizzo delle metodologie proposte.

²⁷ La mancanza di questi dati è da attribuire da un lato alla cessazione del supporto dell'azienda al sottoscritto ma soprattutto poiché i dati statistici ed altri dati tipo i costi di emissione degli ordini non sono mai stati presi in considerazione dall'azienda stessa.

Queste metodologie ad ogni modo sono facilmente sfruttabili tramite l'utilizzo di un calcolatore elettronico e pacchetti software preconfezionati che si potrebbero interfacciare direttamente al programma di gestione del magazzino verticale rotante.

IV.2 Gestione dei lavori e dei materiali relativi alla realizzazione del Ponte della Costituzione

IV.2.1 Critiche

Si riprendono alcuni dei concetti fondamentali per le aziende che producono su commessa espressi nel capitolo II.3:

1. la programmazione non può essere tempificata ma avviene al momento in cui viene ricevuto l'ordine;
2. le fasi di progettazione ed ingegnerizzazione sono conseguenti alla commessa ed in stretta connessione funzionale e temporale con l'attività produttiva;
3. i materiali vengono ordinati ai fornitori esterni o ai reparti a monte in base all'esplosione dell'ordine del cliente;
4. la data di consegna può essere prevista solo dopo il ricevimento dell'ordine;
5. la logistica non dispone di un flusso pianificato e monodirezionale ma dovrà adattare le movimentazioni a ciascuna lavorazione;
6. il sistema azienda deve avere la capacità di prendere decisioni in modo rapido e di adattarsi a situazioni nuove ed impreviste.

È parere di chi scrive che i punti in cui vi siano i più grossi margini di miglioramento per la Lorenzon siano il primo, il secondo ed il sesto.

Nella tabella 1 si sono evidenziati in grigio chiaro tutti i momenti disponibili per compiere una determinata operazione, sempre tenendo a mente le varie dipendenze tra le operazioni (una lavorazione non potrà mai avvenire prima dell'arrivo del materiale da lavorare, ecc), ed in grigio scuro i periodi programmati per lo svolgimento.

Nella tabella si vede come non vi siano “zone grigio chiare” per quanto riguarda le operazioni sull'acciaio. Questo significa che i momenti “al più presto” ed “al più tardi” per l'inizio e la fine di ogni operazione che riguardi l'acciaio coincidono rendendo queste operazioni quelle critiche per le tempistiche del progetto²⁸.

Vi sono invece notevoli “zone grigio chiaro” nelle programmazioni relative agli altri materiali e poiché si trovano sempre a destra delle “zone grigio scuro” appare evidente che il momento di inizio di ogni operazione viene fatta coincidere con la data “al più presto”.

Nella gestione dei materiali questo si traduce in massicci ordini nel momento stesso in cui vi è l'accettazione dei progetti e quindi le specifiche del materiale necessario (tipo, quantità, ecc); questi ordini comprendono tutto il materiale necessario al progetto a prescindere dalla durata del progetto stesso e da quando è previsto l'utilizzo per il particolare materiale.

Viene riportato a scopo dimostrativo uno degli ordini di acquisto di materiale. Questo ordine, relativo alle lamiere in acciaio, comprende tutte le lamiere previste per la costruzione del ponte; è un massiccio ordine da 130 mila euro per 360 tonnellate di acciaio:

²⁸ Si riveda in caso il concetto di percorso critico nel metodo di Pert cap. II.4.

Commessa : 380/1.1
Ordine n° 3365 del 03/07/2003

Spett.le
PALINI & BERTOLI SPA
VIA E. FERMI, 28
33058 SAN GIORGIO DI NOGARO - UD

C. Ott. G. Sp. re Guarantizia

Oggetto : Ordine di acquisto

Con la presente ordiniamo i seguenti prodotti alle condizioni di seguito riportate.

Descrizione Prodotto	Cod. Prod.	U.M. *	Qt.à	Prezzo (Euro)	Importo (Euro)
1) Fornitura di lamiera in acciaio in qualità S355K2G3 UNI EN 10025 in accordo a D.M. 09/01/96, certificato 3.1.B in accordo a UNI EN 10204. nr. 5 fogli 12x2500x12000 mm nr. 2 fogli 16x2500x12000 mm nr. 22 fogli 20x2500x12000 mm nr. 23 fogli 25x2500x12000 mm nr. 11 fogli 30x2500x12000 mm nr. 2 fogli 35x2500x12000 mm nr. 1 fogli 40x2000x8000 mm nr. 1 fogli 60x2000x8000 mm nr. 1 fogli 65x2000x6000 mm nr. 1 fogli 70x1500x4000 mm	2.4.1				
		kg	362546	0,355	128'703,83
Totale Ordine Euro					128'703,83

* Unità di misura del fornitore

Data di consegna
25/07/2003

Destinazione della merce
Terzista (azienda da definire)

Condizioni di pagamento
BONIFICO 60/90/120 GG DF FM+10 MESE SUCC.(A+D 15)

Condizioni di fornitura
reso a mezzo Vs.

Per qualsiasi chiarimento rivolgersi al sottoscritto.

Distinti saluti.

Lorenzon Techmec System spa
Silvio Fortunato
Tel. 0421/5712



Lorenzon Techmec System S.p.A.
Via Mario Rorato n° 1
Tel. 0421 221432 r.a. - Fax 0421 021292
30027 SAN DONA DI PIAVE (Venezia)
Codice Fisc. e Partita IVA 02866210279

Immagine 28: ordine di acquisto lamiera.

Nella gestione dei lavori il “tutto subito” si traduce in una esecuzione delle lavorazioni appena i macchinari ed il materiale si rendono

disponibili, anche in questo caso prescindendo da un' analisi di quando questi semilavorati o prodotti saranno realmente necessari. Si ricorda a tal proposito che la lavorazione va ad aumentare il valore del materiale e quindi l'immobilizzo.

Per fare una stima precisa dei costi servirebbe il prezzo d'acquisto di tutti i materiali che purtroppo non è disponibile, verrà allora fatta una stima utilizzando, per i materiali dei quali non si conosce il prezzo d'acquisto, valori che sembrano ragionevoli allo scopo di esporre l'esistenza di questi costi e mostrare come possano essere valutati.

Ipotizziamo quindi un valore d'acquisto per i materiali di:

- 200,000 euro per i parapetti, gradini e corrimano;
- 100,000 euro per i vetri.

Poiché le lavorazioni su di essi (preparazione del materiale, creazione strutture di supporto in alluminio, ecc) vengono fatte all'arrivo del materiale ipotizziamo i seguenti valori per i semilavorati:

- 250,000 euro per parapetti, gradini e corrimano;
- 150,000 euro per i vetri.

Vedendo poi che i primi sono rimasti a magazzino²⁹ 33 settimane ed i secondi 36 settimane possiamo stimare, ad un tasso d'interesse del 5% annuo, i seguenti costi d'immobilizzo:

²⁹ Questi valori sono ripresi supponendo uno svolgimento regolare del programma dei lavori, in realtà i tempi si sono allungati tantissimo aumentando enormemente i successivi costi per immobilizzo.

Flessibilità.

Per quanto riguarda il sesto ed ultimo punto: “il sistema azienda deve avere la capacità di prendere decisioni in modo rapido e di adattarsi a situazioni nuove ed impreviste.”, vi sono alcune considerazioni da fare sul management e sulle scelte da esso compiute che sembrano a volte in contrasto le une con le altre.

La decisione di fare tutto subito potrebbe sembrare di prima analisi una scelta che favorisca la flessibilità: compiere una operazione il prima possibile lascia di fatto il massimo tempo a disposizione per poter eseguire eventuali modifiche a posteriori.

Il concetto, o meglio lo scopo, della flessibilità non è tuttavia da ricercare nella capacità stessa di reagire agli imprevisti ma nell'essere in grado di farlo con il minimo sforzo, in termini economici, dell'azienda. Risolvere un imprevisto spendendo ingenti quantità di risorse non rientra nel concetto di flessibilità anche se l'imprevisto venisse risolto senza ripercussioni sulla produzione.

Il compiere appena possibile determinate operazioni può andare contro quest'idea di flessibilità rendendo più complicato reagire; una volta compiute infatti molte operazioni non possono più essere modificate o comunque solo con grossa difficoltà (si pensi ad un acquisto sbagliato o ad un taglio o ad un foro).

La decisione di fare tutto il prima possibile potrebbe essere dettata da una insicurezza del management sulla sua capacità di affrontare situazioni inaspettate che porta a ricercare la massima disponibilità di tempo per affrontare possibili imprevisti; questo modo di operare tuttavia porta ad una situazione in cui si ha una struttura ed una programmazione rigidi ed incapaci di reagire in modo soddisfacente.

del ponte alla settimana 25 del 2003 si scopre che una modifica al materiale scelto per la costruzione dello stesso, fatta dopo che si era già svolta parte della progettazione, ha reso sottodimensionati dei giunti e delle saldature su tutto il progetto. I primi due conci, già costruiti sono da smaltire e ricostruire.

Le possibili soluzioni sono due: una reingegnerizzazione dell'intero progetto o la sostituzione del materiale di costruzione con un acciaio più resistente e leggero. La prima possibile soluzione implica una notevole mole di lavoro da parte del reparto progettazione ed una sospensione dei lavori fintanto che il nuovo progetto non è pronto. La seconda soluzione implicherebbe invece un carico trascurabile di lavoro (rispetto alla soluzione precedente) per il reparto progettazione, impegnato solo per la ricerca di un materiale che soddisfi le richieste del progetto, ed una sospensione dei lavori per il tempo necessario all'acquisto di questo materiale.

La seconda soluzione sembrerebbe quella che comporti i minori costi, risiedendo questi nella sola differenza di prezzo tra i due materiali (differenza di prezzo ad ogni modo da tenere presente per valutare la reale convenienza della soluzione), ed i minori tempi, il lead time di acquisto si suppone inferiore ai tempi per lo studio delle modifiche al progetto, tuttavia l'azienda ha già acquistato ed ha in deposito tutto il materiale del vecchio tipo per la costruzione degli altri quattro conci; materiale che ha un valore e che non verrebbe più utilizzato.

La scelta è quindi obbligata e risiede nella reingegnerizzazione dell'intero progetto.

Passiamo al secondo problema: nelle fasi iniziali della posa in opera, quando si va a confrontare la distanza tra i supporti del ponte costruiti sulle sponde del Canal Grande a Venezia e la lunghezza dell'arcata metallica, risulta che questi sono più distanti di circa mezzo metro.

Senza andare a cercare le origini del problema l'unica soluzione praticabile in questo caso è quella di allungare l'arcata del ponte. Dove una programmazione più improntata alla flessibilità avrebbe potuto fare la differenza sono i costi per l'adattamento dei componenti che dipendono dalle dimensioni dell'arcata, gradini in primis. Se il dimensionamento, l'acquisto e la preparazione dei gradini fossero stati programmati per una fase avanzata della costruzione del ponte queste operazioni si sarebbero potute svolgere su prodotto (l'arcata) ormai ben definito invece che sul progetto dello stesso e quindi non risentire di aggiustamenti a seguito di imprevisti come in questo caso. Tuttavia questo non è avvenuto ed i gradini al momento del sorgere dell'imprevisto sono già stati acquistati e preparati.

Le soluzioni risiedono allora in una suddivisione della lunghezza in eccesso tra tutti i gradini oppure tra una parte di essi. Nel primo caso tutti i gradini andrebbero ricomprati (impossibile allungare dei gradini in vetro) mentre nel secondo caso si modificherebbe il disegno originale e la simmetria del ponte rovinando l'opera.

Entrambe le soluzioni non appaiono soddisfacenti.

Il terzo imprevisto infine riguarda un allungamento dei tempi: a causa di alcune complicazioni nella costruzione dei supporti per il ponte sulle rive la posa in opera viene posticipata; l'informazione viene comunicata attorno alla settimana 30 del 2003.

Questo problema non coinvolge direttamente la Lorenzon che può proseguire senza problemi il suo programma lavori ma indirettamente causa un aumento di costi. Come si può vedere in tabella 5 infatti alla settimana 30 del 2003 da programma l'acquisto e le lavorazioni per quanto riguarda parapetti, gradini, corrimano e vetri sono già stati ultimati; questi semilavorati che si trovano ora in magazzino non possono essere venduti poiché l'oggetto della vendita è il ponte in sé e

quindi vanno ad aumentare i livelli di scorte ed i costi ad esse associati.

Una programmazione diversa dei lavori che avesse permesso una maggiore flessibilità, avvicinando per esempio il momento dell'acquisto e della lavorazione su parapetti, gradini, corrimano e vetri al momento in cui sarebbero stati utili (spostandoli alla fine del 2003), avrebbe consentito di procrastinare ulteriormente queste operazioni per adattarsi alle nuove tempistiche dettate dai problemi in cantiere; posticipando quindi l'esborso economico ed evitando costi per immobilizzo di capitale.

IV.2.2 Soluzioni alternative

Da una analisi degli errori passati della Lorenzon, visti fino ad ora nel caso della commessa relativa al Ponte della Costituzione, sarebbe possibile creare una serie di soluzioni specifiche le quali, conservate in una banca dati permetterebbero in futuro di affrontare problemi ed imprevisti simili.

Si ritiene tuttavia molto più interessante andare a cercare un metodo generale che permetta all'azienda non solo di affrontare in modo soddisfacente questi problemi ed imprevisti nel caso si dovessero ripresentare, ma di affrontare anche nuovi e diversi imprevisti in modo efficace ed efficiente³¹ e di risolvere eventuali problemi prima ancora che si presentino.

Per raggiungere questo obiettivo è necessario andare a proporre un nuovo modello di organizzazione della produzione basato sulle moderne metodologie scientifiche e personalizzato per l'azienda.

La base di partenza di questa nuova struttura dovrebbe essere il MRP (Material Requirement Planning), esposto già in II.2.2.1, che ben si adatta a questo tipo di industria-produzione.

Riportando una delle frasi utilizzate precedentemente per descrivere il MRP:

“I vantaggi dell'utilizzo del sistema MRP non si limitano a quello che è il suo obiettivo principale di riduzione al minimo dei costi di giacenza, ma esso è anche un valido sistema di programmazione che permette da un lato di identificare quali ordini sono critici per il corretto svolgersi della produzione, dall'altro, al verificarsi di scostamenti tra preventivo e consuntivo, di adattare tempestivamente

³¹ Per efficacia ci si riferisce alla capacità di raggiungere pienamente gli obiettivi proposti, per efficienza la capacità di farlo con il minimo dispendio di risorse.

il piano operativo. (Cap II.2.2.1)”

Ricordando brevemente alcuni punti positivi del MRP:

- riduzione delle scorte;
- aumento del tasso di rotazione delle scorte;
- aumento della produttività;
- aumento della flessibilità del sistema;

si vede che l'utilizzo di questo sistema di gestione potrebbe essere un'ottima soluzione per i problemi organizzativi e gestionali della Lorenzon.

Riportando ora alcuni punti critici:

- maggiore complessità di gestione;
- sensibilità alla qualità dei dati (Lead Time di produzione ed acquisto, qualità della produzione, ecc);

ci rendiamo conto che per l'implementazione di questo sistema è necessario un cambio nella struttura dell'azienda.

Per il primo di questi due punti vi è poco da dire: l'aumento delle dimensioni di un'azienda (capacità produttiva, volume d'affari, quantità e dimensione degli ordini, numero di dipendenti, ecc) non può prescindere da un contemporaneo aumento delle sue capacità gestionali.

Per quanto riguarda il secondo punto invece ci si rende conto dell'importanza delle connessioni temporali e funzionali tra

ingegnerizzazione, produzione, programmazione ed acquisti. Una struttura organizzata orizzontalmente con forti interconnessioni tra i reparti permette una programmazione più precisa ed una maggiore velocità di intervento in caso di necessità.

Applichiamo ora questo metodo alla programmazione dei lavori del ponte.

Una programmazione dettagliata per la realizzazione di un'opera della portata del Ponte della Costituzione è al di fuori dell'ambito di questa tesi; si procederà ad ogni modo ad una programmazione aggregata allo scopo di dimostrare i principi del sistema, i metodi di applicazione e di valutarne l'impatto sull'impianto produttivo.

La prima cosa da fare per poter utilizzare il MRP per la programmazione della produzione di un'opera è analizzare come questa debba essere realizzata e recuperare tutte le informazioni; si procederà quindi alla:

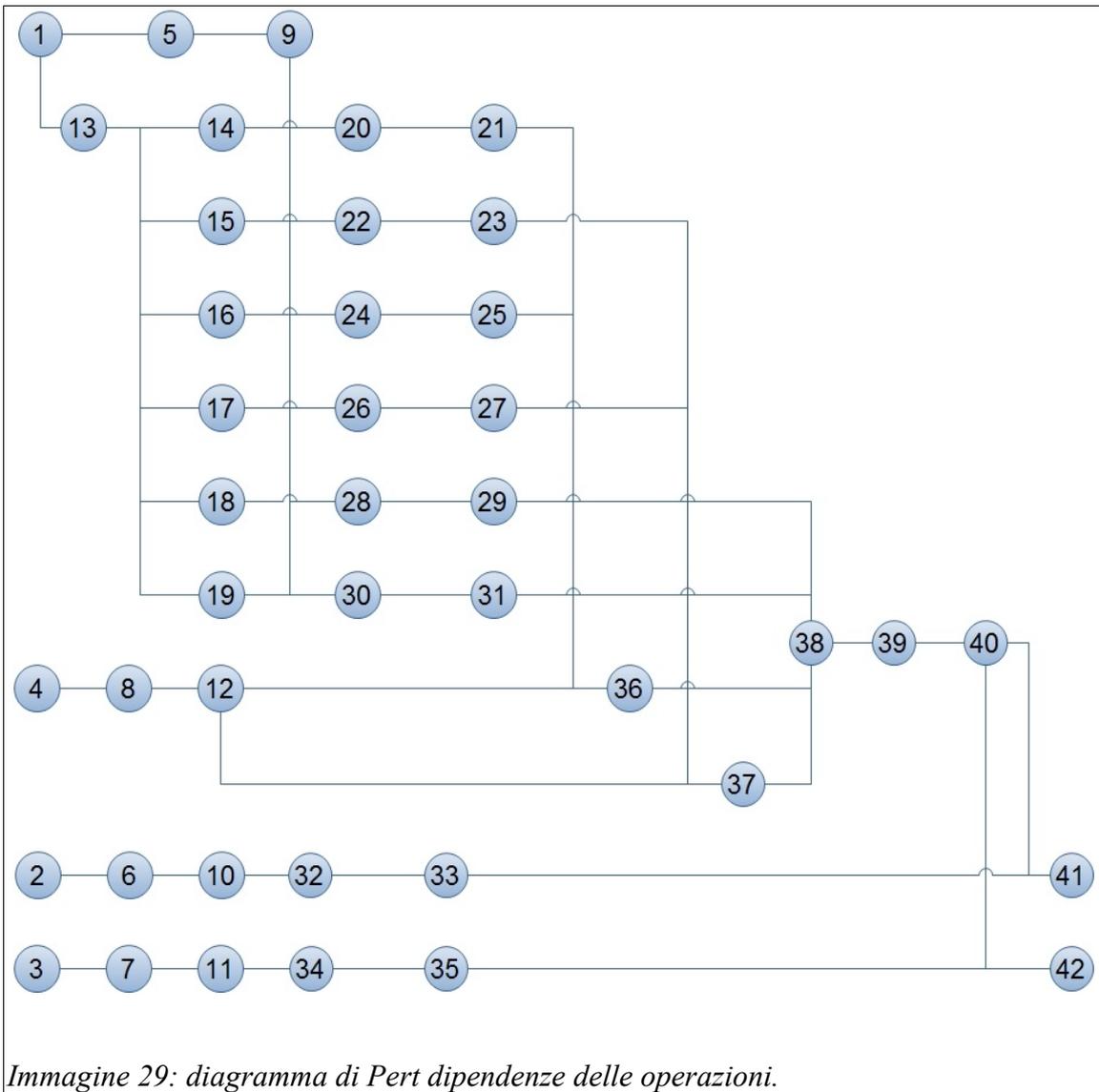
1. suddivisione del progetto in operazioni elementari;
2. previsione di durata delle varie operazioni;
3. determinazione delle dipendenze tra le varie operazioni.

Applichiamo ora queste fasi al progetto del ponte, poiché stiamo facendo un lavoro aggregato sull'intero progetto le operazioni non sono elementari ma complesse, composte cioè da più operazioni elementari, e riportiamo i risultati in una tabella:

Num.Op	Descrizione Operazione	durata	Op. Prec.
	Operazioni di progettazione		
1	Progettazione CM	3	
2	Progettazione PGC	3	
3	Progettazione vetri	1	
4	Progettazione posa in opera	4	
5	Approvazione prog. CM	2	1
6	Approvazione prog. PGC	2	2
7	Approvazione prog. Vetri	2	3
8	Approvazione prog. posa in opera	3	4
9	Disegni di officina CM	6	5
10	Disegni di officina PGC	3	6
11	Disegni di officina Vetri	1	7
12	Disegni di officina posa in opera	1	8
	Operazioni di lavorazione		
13	Ordine acciaio con consegne dilazionate	6	1
14	Arrivo acciaio concio 1	1	13
15	Arrivo acciaio concio 2	1	13
16	Arrivo acciaio concio 3	1	13
17	Arrivo acciaio concio 4	1	13
18	Arrivo acciaio concio 5	1	13
19	Arrivo acciaio concio 6	1	13
20	Prelavorazioni concio 1	2	13-14
21	Lavorazione concio 1	6	20
22	Prelavorazioni concio 2	2	13-15
23	Lavorazione concio 2	6	22
24	Prelavorazioni concio 3	2	13-16
25	Lavorazione concio 3	6	24
26	Prelavorazioni concio 4	2	13-17
27	Lavorazione concio 4	6	26
28	Prelavorazioni concio 5	2	13-18
29	Lavorazione concio 5	6	28
30	Prelavorazioni concio 6	2	13-19
31	Lavorazione concio 6	6	30
32	Ordine ed arrivo PGC	7	2
33	Lavorazione PGC	6	32
34	Ordine ed arrivo Vetri	7	3
35	Lavorazione Vetri	3	34
	Operazioni di posa in opera		
36	Saldatura conci 1 e 3 in banchina	3	12-21-25
37	Saldatura conci 2 e 4 in banchina	3	12-23-27
38	Saldatura totale in banchina	3	29-31-36-37
39	Operazioni in banchina	5	38
40	Varo struttura in acciaio	3	39
41	Montaggio PGC	4	33-40
42	Montaggio Vetri	4	35-40

Tabella 6: elenco operazioni.

Con questa tabella è possibile creare un diagramma di Pert che espliciti le correlazioni tra le operazioni:



Applicando ora l'algoritmo del MRP ed esplicitando con la rappresentazione di Gantt risulta:

#	Descrizione Operazione	2003																																																
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41									
Operazioni di progettazione																																																		
1	Progettazione CM																																																	
2	Progettazione PGC																																																	
3	Progettazione vetri																																																	
4	Progettazione posa in opera																																																	
5	Approvazione prog. CM																																																	
6	Approvazione prog. PGC																																																	
7	Approvazione prog. Vetri																																																	
8	Approvazione prog. posa in opera																																																	
9	Disegni di officina CM																																																	
10	Disegni di officina PGC																																																	
11	Disegni di officina Vetri																																																	
12	Disegni di officina posa in opera																																																	
Operazioni di lavorazione																																																		
13	Ordine acciaio con consegne dilazionate																																																	
14	Arrivo acciaio concio 1																																																	
15	Arrivo acciaio concio 2																																																	
16	Arrivo acciaio concio 3																																																	
17	Arrivo acciaio concio 4																																																	
18	Arrivo acciaio concio 5																																																	
19	Arrivo acciaio concio 6																																																	
20	Prelavorazioni concio 1																																																	
21	Lavorazione concio 1																																																	
22	Prelavorazioni concio 2																																																	
23	Lavorazione concio 2																																																	
24	Prelavorazioni concio 3																																																	
25	Lavorazione concio 3																																																	
26	Prelavorazioni concio 4																																																	
27	Lavorazione concio 4																																																	
28	Prelavorazioni concio 5																																																	
29	Lavorazione concio 5																																																	
30	Prelavorazioni concio 6																																																	
31	Lavorazione concio 6																																																	
32	Ordine ed arrivo PGC																																																	
33	Lavorazione PGC																																																	
34	Ordine ed arrivo Vetri																																																	
35	Lavorazione Vetri																																																	
Operazioni di posa in opera																																																		
36	Saldatura conci 1 e 3 in banchina																																																	
37	Saldatura conci 2 e 4 in banchina																																																	
38	Saldatura totale in banchina																																																	
39	Operazioni in banchina																																																	
40	Varo struttura in acciaio																																																	
41	Montaggio PGC																																																	
42	Montaggio Vetri																																																	

Tabella 7: MRP

Appare ora evidente il grande difetto del MRP: il lavorare a capacità infinita. Si può infatti notare come molte operazioni, tra le quali spiccano le 21-23-25-27-29-31 di costruzione dei conci, siano

programmate per uno svolgimento contemporaneo; ovviamente in contrasto con le reali capacità produttive dell'azienda.

A questo punto si deve procedere a compiere delle operazioni di bilanciamento tra le richieste e la disponibilità di risorse.

Tramite operazioni di schedulazione si va quindi a distribuire il carico di lavoro tra i vari reparti, macchine e personale.

In questo momento per la scelta dell'ordine delle operazioni è importante considerare anche fattori che, sebbene non influenzino direttamente le dipendenze tra le operazioni, hanno un impatto sulla produzione che dipende dall'ordine delle operazioni stesse. Per chiarire questo concetto basta fare un esempio: la produzione di ogni concio può essere considerata indipendente da quella degli altri conci, quando andiamo a decidere un ordine di produzione tuttavia vediamo che produrre i conci nell'ordine 1-2-3-4-5-6 porta notevoli benefici rispetto all'ordine 1-3-5-2-5-6 poiché i conci sono a due a due identici e permettono il riutilizzo di strumenti, piattaforma di sostegno ed esperienza.

Operiamo quindi una prima operazione di bilanciamento andando a distribuire il carico³² nei vari reparti³³ e dando un ordine per l'esecuzione di quelle operazioni che non possono essere svolte contemporaneamente.

32 Si suppone non vi sia carico derivante da altri lavori o che comunque abbia una priorità più bassa.

33 Lavoriamo in maniera aggregata ma lo stesso metodo si applica alle singole macchine od unità di forza lavoro.

Risorsa	Operazione							
Reparto progettazione	1	2	3	4				
Approvazione	5	6	7	8				
Reparto CAD	9	10	11	12				
Magazzino	14	15	16	17	18	19		
Reparto Acc. Macc.	20	22	24	26	28	30		
Reparto Acc.Conc.	21	23	25	27	29	31		
Reparto All.	33	35						
Squadra esterna	36	37	38	39	40	41	42	

Tabella 8: bilanciamento carico, successione delle operazioni.

Aggiungiamo quindi queste nuove relazioni di dipendenza nella tabella delle operazioni:

Num.Op	Descrizione Operazione	durata	Op. Prec.	Da sched.
	Operazioni di progettazione			
1	Progettazione CM	3		
2	Progettazione PGC	3		1
3	Progettazione vetri	1		2
4	Progettazione posa in opera	4		3
5	Approvazione prog. CM	2	1	
6	Approvazione prog. PGC	2	2	5
7	Approvazione prog. Vetri	2	3	6
8	Approvazione prog. posa in opera	3	4	7
9	Disegni di officina CM	6	5	
10	Disegni di officina PGC	3	6	9
11	Disegni di officina Vetri	1	7	10
12	Disegni di officina posa in opera	1	8	11
	Operazioni di lavorazione			
13	Ordine acciaio con consegne dilazionate	6	1	
14	Arrivo acciaio concio 1	1	13	
15	Arrivo acciaio concio 2	1	13	14
16	Arrivo acciaio concio 3	1	13	15
17	Arrivo acciaio concio 4	1	13	16
18	Arrivo acciaio concio 5	1	13	17
19	Arrivo acciaio concio 6	1	13	18
20	Prelavorazioni concio 1	2	13-14	
21	Lavorazione concio 1	6	20	
22	Prelavorazioni concio 2	2	13-15	20
23	Lavorazione concio 2	6	22	21
24	Prelavorazioni concio 3	2	13-16	22
25	Lavorazione concio 3	6	24	23
26	Prelavorazioni concio 4	2	13-17	24
27	Lavorazione concio 4	6	26	25
28	Prelavorazioni concio 5	2	13-18	26
29	Lavorazione concio 5	6	28	27
30	Prelavorazioni concio 6	2	13-19	28
31	Lavorazione concio 6	6	30	29
32	Ordine ed arrivo PGC	7	2	
33	Lavorazione PGC	6	32	
34	Ordine ed arrivo Vetri	7	3	
35	Lavorazione Vetri	3	34	33
	Operazioni di posa in opera			
36	Saldatura conci 1 e 3 in banchina	3	12-21-25	
37	Saldatura conci 2 e 4 in banchina	3	12-23-27	36
38	Saldatura totale in banchina	3	29-31-36-37	37
39	Operazioni in banchina	5	38	38
40	Varo struttura in acciaio	3	39	39
41	Montaggio PGC	4	33-40	40
42	Montaggio Vetri	4	35-40	41

Tabella 9: elenco operazioni con nuove dipendenze

Applicando completamente il metodo Pert abbiamo:

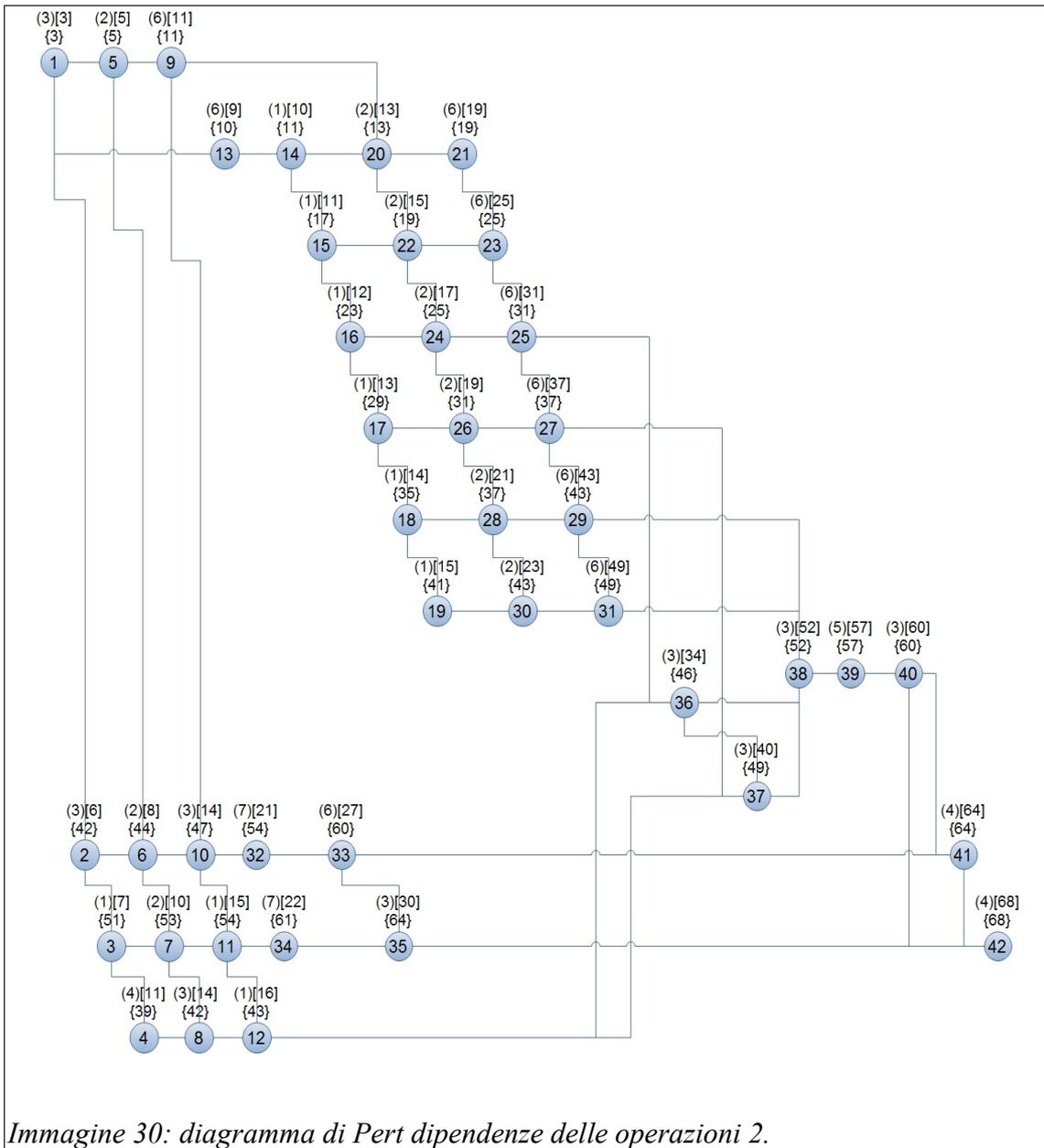


Immagine 30: diagramma di Pert dipendenze delle operazioni 2.

Il percorso critico quindi è: 1-5-9-20-21-23-25-27-29-31-38-39-40-41-42.

Mettendo in una tabella i tempi per le varie operazioni risulta:

Num. Op	Descrizione Operazione	durata	Inizio +prest.	Inizio +tard.	Fine +prest.	Fine +tard.	Crit.
Operazioni di progettazione							
1	Progettazione CM	3	0	0	3	3	si
2	Progettazione PGC	3	3	39	6	42	
3	Progettazione vetri	1	6	50	7	51	
4	Progettazione posa in opera	4	7	35	11	39	
5	Approvazione prog. CM	2	3	3	5	5	si
6	Approvazione prog. PGC	2	6	42	8	44	
7	Approvazione prog. Vetri	2	8	51	10	53	
8	Approvazione prog. posa in opera	3	11	39	14	42	
9	Disegni di officina CM	6	5	5	11	11	si
10	Disegni di officina PGC	3	11	44	14	47	
11	Disegni di officina Vetri	1	14	53	15	54	
12	Disegni di officina posa in opera	1	15	42	16	43	
Operazioni di lavorazione							
13	Ordine acciaio con consegne dilazionate	6	3	4	9	10	
14	Arrivo acciaio concio 1	1	9	10	10	11	
15	Arrivo acciaio concio 2	1	10	16	11	17	
16	Arrivo acciaio concio 3	1	11	22	12	23	
17	Arrivo acciaio concio 4	1	12	28	13	29	
18	Arrivo acciaio concio 5	1	13	34	14	35	
19	Arrivo acciaio concio 6	1	14	40	15	41	
20	Prelavorazioni concio 1	2	11	11	13	13	si
21	Lavorazione concio 1	6	13	13	19	19	si
22	Prelavorazioni concio 2	2	13	17	15	19	
23	Lavorazione concio 2	6	19	19	25	25	si
24	Prelavorazioni concio 3	2	15	23	17	25	
25	Lavorazione concio 3	6	25	25	31	31	si
26	Prelavorazioni concio 4	2	17	29	19	31	
27	Lavorazione concio 4	6	31	31	37	37	si
28	Prelavorazioni concio 5	2	19	35	21	37	
29	Lavorazione concio 5	6	37	37	43	43	si
30	Prelavorazioni concio 6	2	21	41	23	43	
31	Lavorazione concio 6	6	43	43	49	49	si
32	Ordine ed arrivo PGC	7	14	47	21	54	
33	Lavorazione PGC	6	21	54	27	60	
34	Ordine ed arrivo Vetri	7	15	54	22	61	
35	Lavorazione Vetri	3	27	61	30	64	
Operazioni di posa in opera							
36	Saldatura conci 1 e 3 in banchina	3	31	43	34	46	
37	Saldatura conci 2 e 4 in banchina	3	37	46	40	49	
38	Saldatura totale in banchina	3	49	49	52	52	si
39	Operazioni in banchina	5	52	52	57	57	si
40	Varo struttura in acciaio	3	57	57	60	60	si
41	Montaggio PGC	4	60	60	64	64	si
42	Montaggio Vetri	4	64	64	68	68	si

Tabella 10: dettagli tempi permessi per le operazioni ed operazioni critiche.

Procediamo infine ad una scelta temporale per tutte le operazioni che,

non facendo parte del percorso critico, godono di libertà di programmazione. L'utilizzo dell'algoritmo del MRP che prevede di pianificare ogni operazione “al più tardi” può venire integrato da considerazioni di varia natura tra cui ad esempio:

- anticipi per avere periodi “cuscinetto” di sicurezza;
- anticipi per incertezze dei Lead Time;
- ecc.

Si ritiene inoltre che le fasi di progettazione, approvazione e disegni d'officina vadano eseguite “al più presto” per l'eventualità in cui la progettazione di un componente successivo possa esporre problematiche relative anche agli altri componenti.

Le fasi di approvvigionamento e lavorazione invece sono programmate “al più tardi” per minimizzare costi di immobilizzo e mantenere fino all'ultimo la possibilità di fare modifiche (ricerca della flessibilità).

In questo momento bisogna anche controllare la presenza di carico derivante da altri lavori e quindi compiere una ulteriore e più dettagliata operazione di schedulazione e bilanciamento del carico.

I risultati sono:

IV.2.3 Analisi dei vantaggi

Le aree in cui si hanno i maggiori vantaggi utilizzando questo nuovo sistema sono:

- flessibilità del sistema;
- riduzione dei costi di immobilizzo;
- benefici sull'organizzazione.

Flessibilità.

Cominciamo l'analisi dei vantaggi analizzando le risposte di questo nuovo sistema agli stessi imprevisti ipotizzati precedentemente e paragonandole a quelle del sistema precedente:

1. problema di progetto nella struttura in acciaio scoperto nella settimana 25 del 2003:

Vecchio sistema	Nuovo sistema
Imprevisto:	
A seguito di ulteriori analisi strutturali sul progetto del ponte alla settimana 25 del 2003 si scopre che una modifica al materiale scelto per la costruzione dello stesso, fatta dopo che si era già svolta parte della progettazione, ha reso sottodimensionati dei giunti e delle saldature su tutto il progetto. I primi due conci, già costruiti sono da smaltire e ricostruire.	
Possibili soluzioni:	
Reingegnerizzazione dell'intero progetto o la sostituzione del materiale di costruzione con un acciaio più resistente e leggero	
Note:	
È già stato acquistato l'acciaio utile alla costruzione di tutti i conci e si trova in magazzino.	
Scelta della soluzione:	
Il valore dell'acciaio acquistato rende obbligata la scelta della reingegnerizzazione.	Entrambe le soluzioni sono perseguibili e la scelta dipenderà da una analisi di quella più conveniente.
Pregi e difetti del sistema:	
Bassa flessibilità che obbliga la risposta del sistema.	Alta flessibilità che permette la scelta.

2. un problema dimensionale dell'arcata scoperto al momento della posa in opera, settimana 40, 2003:

Vecchio sistema	Nuovo sistema
Imprevisto:	
<p>Nelle fasi iniziali della posa in opera, quando si va a confrontare la distanza tra i supporti del ponte costruiti sulle sponde del Canal Grande a Venezia e la lunghezza dell'arcata metallica, risulta che questi sono più distanti di circa mezzo metro. L'arcata deve essere allungata e si impongono modifiche a gradini, parapetti, corrimano e vetri.</p>	
Note:	
<p>Gradini, parapetti, corrimano e vetri sono già stati progettati, acquistati e lavorati, al momento si trovano come semilavorati in magazzino</p>	<p>Gradini, parapetti, corrimano e vetri sono già stati progettati.</p>
Possibili soluzioni:	
<p>La lunghezza in eccesso può venire distribuita tra tutti i gradini oppure tra una parte di essi. Nel primo caso tutti i gradini andrebbero ricomprati mentre nel secondo caso si modificherebbe il disegno originale e la simmetria del ponte rovinando l'opera.</p>	<p>È sufficiente una modifica al progetto di gradini, parapetti, corrimano e vetri.</p>
Pregi e difetti del sistema:	
<p>Entrambe le soluzioni impongono oneri notevoli ed in particolare la seconda anche dei danni estetici all'opera.</p>	<p>Alta flessibilità che permette una soluzione efficace ed efficiente.</p>

3. un problema di allungamento dei tempi per cause esterne:

Vecchio sistema	Nuovo sistema
Imprevisto:	
A causa di alcune complicazioni nella costruzione dei supporti per il ponte sulle rive la posa in opera viene posticipata; l'informazione viene comunicata attorno alla settimana 30 del 2003.	
Possibili soluzioni:	
Il problema non coinvolge direttamente l'azienda ma se fosse possibile posticipare tutte le operazioni a quando sono necessarie si ridurrebbero di molto i costi.	
Note:	
Gradini, parapetti, corrimano e vetri sono già stati progettati, acquistati e lavorati, al momento si trovano come semilavorati in magazzino.	Gradini, parapetti, corrimano e vetri sono già stati progettati.
Scelta della soluzione:	
Non vi è nulla da fare.	È possibile posticipare l'acquisto e le lavorazioni dei gradini, parapetti, corrimano e vetri.
Pregi e difetti del sistema:	
L'esborso economico è già avvenuto ed ogni ritardo porta ad un aumento dei costi.	L'esborso economico può essere posticipato.

Come si può ben vedere in questi tre casi riportati il sistema di gestione proposto riesce in ogni situazione a rispondere in modo molto più efficace ed efficiente del vecchio sistema di gestione perseguendo con successo l'obiettivo di flessibilità.

Questo si concretizza sia in un notevole risparmio di denaro e di risorse in genere sia in una maggiore capacità di andare a soddisfare il cliente. Due obiettivi in passato visti come antagonisti ma che con le moderne metodologie possono essere perseguiti assieme.

Riduzione dei costi di immobilizzo.

Come abbiamo detto i costi di immobilizzo sono direttamente proporzionali alla quantità (in valore) di materiale acquistato ed al tempo che questi materiali restano in possesso dell'azienda.

Se la quantità di materiale necessario alla realizzazione di una commessa non può essere modificata non si può dire lo stesso del tempo di giacenza: facendo infatti arrivare i materiali al momento in cui sono effettivamente necessari si può evitare di lasciarli inutilmente in magazzino.

Abbiamo visto che nel vecchio sistema avevamo circa 13 mila euro di costi di immobilizzo per i soli parapetti, gradini, corrimano e vetri:

Materiale	Costo d'acquisto	Valore con le lavorazioni	Tempo in magazzino	Tasso d'interesse	Costo d'immobilizzo
Parapetti, gradini e corrimano	€ 200.000	€ 250.000	231 g	5%	€ 7.911
vetri	€ 100.000	€ 150.000	252 g	5%	€ 5.178
Totale costi					€ 13.089

Tabella 13: costi d'immobilizzo precedente programma lavori.

Questo valore³⁴ è già una enorme sottostima del costo realmente sostenuto dall'azienda sia perché il programma lavori da cui sono stati prelevati i tempi di magazzino era uno dei primi e più ottimistici sia perché la serie di imprevisti accaduti durante la produzione del ponte

³⁴ Ricordiamo che il valore è puramente ipotetico poiché fatto su dei valori per le merci inventati e molto minori ai prezzi reali.

hanno dilatato questi tempi oltre ogni possibile previsione.

Ad ogni modo anche ipotizzando un regolare svolgimento dei lavori utilizzando il nuovo programma lavori avremmo:

Materiale	Costo d'acquisto	Valore con le lavorazioni	Tempo in magazzino	Tasso d'interesse	Costo d'immobilizzo
Parapetti, gradini e corrimano	€ 200.000	€ 250.000	56 g	5%	€ 1.918
vetri	€ 100.000	€ 150.000	28 g	5%	€ 575
Totale costi					€ 2.493

Tabella 14: costi d'immobilizzo nuovo programma lavori.

Con un risparmio di circa 10.600 euro cioè di più del 80% del costo originario.

Questo risparmio non tiene conto degli ulteriori risparmi per aver dilazionato l'arrivo dell'acciaio e soprattutto non tiene conto del fatto che i ritardi nella costruzione del ponte vanno ad allungare i tempi in magazzino nel caso del vecchio programma lavori mentre non influiscono sul nuovo programma lavori.

In via del tutto ipotetica, ma non poi così assurda, si pensi ad un ritardo di tre anni sui tempi di consegna; avremmo per il vecchio programma:

Materiale	Costo d'acquisto	Valore con le lavorazioni	Tempo in magazzino	Tasso d'interesse	Costo d'immobilizzo
Parapetti, gradini e corrimano	€ 200.000	€ 250.000	1326 g	5%	€ 45.411
vetri	€ 100.000	€ 150.000	1347 g	5%	€ 27.678
Totale costi					€ 73.089

Tabella 15: costi d'immobilizzo precedente programma lavori.

molto basso si potrebbe pensare di dismetterlo ed andare ad esternalizzare le fasi di progettazione.

Se al contrario appare evidente che un dato reparto è sempre carico di lavoro si può andare a valutare un possibile potenziamento del reparto, soprattutto se ci si accorge che esso è il collo di bottiglia per la produzione dell'azienda.

Questa fase di bilanciamento e schedulazione è quindi un ottimo metodo per valutare le prestazioni dei vari reparti dell'azienda e capire dove bisogna andare ad investire maggiori energie e dove, al contrario, vi siano sprechi.

Conclusioni

Questi tesi ha voluto analizzare come una azienda metalmeccanica di medie dimensioni specializzata in produzioni su commessa, la Lorenzon Techmec System abbia gestito il problema della gestione dei materiali, dall'approvvigionamento al deposito fino all'utilizzo, nella costruzione di una grande opera quale è il Ponte della Costituzione, detto anche ponte di Calatrava o quarto ponte sul Canal Grande a Venezia.

In un primo capitolo si è voluto introdurre l'argomento della logistica partendo dalle sue origini di attività di supporto agli eserciti con lo scopo di rendere disponibile quanto necessario per vivere, spostarsi e combattere fino ad arrivare alla moderna concezione di logistica nata dopo la seconda guerra mondiale e tuttora in continua evoluzione. Si è visto come l'evoluzione della funzione logistica sia stata costante così come l'ampliamento degli aspetti che vengono fatti rientrare nella definizione stessa.

Se nel dopoguerra l'accezione di logistica era legata a quella attualmente riconosciuta come *Logistica Distributiva*, in una visione più moderna abbiamo la *Logistica Integrata* che viene definita come: “la disciplina che tratta in maniera organica e sistematica la gestione integrata dell'intero ciclo operativo dell'azienda, industriale o del terziario [...] con l'obiettivo fondamentale di garantire un elevato livello di servizio ai clienti facendo prodotti di alta qualità, con tempi rapidi di risposta ed a costi contenuti.”[1] Abbiamo quindi visto come la logistica sia ora vista come una funzione *super partes*, trasversale

rispetto alle altre funzioni d'impresa che persegue un obiettivo generale di ottimizzazione e razionalizzazione per tutta l'azienda e perseguendo tale obiettivo influenzi e modifichi qualunque processo produttivo. Si sono infine introdotti i concetti di *supply chain management*, *Net Economy*, *catena del valore*, *network del valore*, *esternalizzazione* e *core business, comakership*.

Nel secondo capitolo, dopo un'introduzione che espone la struttura organizzativa delle aziende industriali, necessaria a collocare nel giusto contesto la gestione dei materiali, si è proceduto ad un'analisi sistematica delle moderne metodologie di gestione del fabbisogno. Identificato il problema fondamentale della pianificazione del fabbisogno nelle tre domande “a chi emettere l'ordine?”, “quando emettere l'ordine?” e “di che entità emettere l'ordine?”, si è proceduto nella suddivisione del problema in due macrocategorie distinte dal diverso tipo di risposta alla domanda: “sistemi di gestione su previsione” e “sistemi di gestione deterministica”; altrimenti identificati come “a scorta” ed “a fabbisogno”. Sotto la prima categoria rientrano il metodo a quantità costante ed il metodo ad intervallo di riordino costante parlando dei quali sono stati introdotti i concetti di lotto economico, lotto economico in presenza di sconti di quantità, minimizzazione del costo totale, livello di riordino, scorte di sicurezza. Nella seconda categoria rientrano sistemi di gestione più complessi ed articolati come il Material Requirement Planning ed il Just-inTime i quali identificano i nuclei centrali delle filosofie “push” e “pull”; il MRP con la sua filosofia “push” cerca di prevedere quando una data risorsa si renderà necessaria e quindi, tenendo conto dei Lead Time, assegna gli ordini di approvvigionamento di modo che la risorsa si renda disponibile nel momento in cui nasce la necessità, il JIT, cuore della filosofia “pull”, invece considera il mercato ed i fornitori come stadi della catena produttiva e tutto viene prodotto quando lo stadio che si trova a valle ne fa richiesta. Si è visto inoltre

come il MRP si sia evoluto diventando un valido strumento di gestione per tutte le fasi della produzione mentre il JIT si sia specializzato nella diminuzione delle scorte, bilanciamento del carico, eliminazione dei problemi ed errori utilizzando approcci tipo il kanban, il poka-yoke, ecc. Si è concluso il capitolo evidenziando prima le specificità delle aziende che producono su commessa e l'influenza che questo tipo di produzione ha sulla gestione dei materiali ed infine presentando due strumenti comunemente utilizzati nella gestione: le tecniche di tempificazione e controllo Pert e Gantt.

Nel terzo capitolo è stata analizzata la Lorenzon Techmec System; nello specifico come questa azienda abbia gestito l'acquisto, la conservazione e l'utilizzo dei materiali relativi alla costruzione del Ponte della Costituzione a Venezia. È stata fatta una panoramica dell'azienda, del suo Layout esterno ed interno, si è vista l'ampia disponibilità di spazi, la suddivisione nelle due zone, uffici e produzione, di cui la seconda suddivisa in reparto acciaio e reparto alluminio. Si è visto come sia la gestione dei materiali relativi alla specifica commessa, sia la gestione di quelli generici non si siano basati su metodologie scientifiche ma sull'esperienza accumulata dalle persone coinvolte e siano state grandemente influenzate dalla notevole disponibilità di spazi. Si è quindi parlato della commessa del ponte, della sua inquadratura in un'ambientazione, quella Veneziana, dalle caratteristiche uniche e dei problemi che si sono susseguiti durante le fasi della produzione.

Nel quarto capitolo infine si sono andate a paragonare le metodologie utilizzate e quindi le scelte operate dalla Lorenzon nella gestione dei materiali, esposte nel capitolo III, con le moderne metodologie scientifiche, esposte nel capitolo II. Sono stati analizzati i possibili vantaggi o svantaggi dei differenti approcci ed attraverso l'analisi di quelle che sarebbero state le decisioni migliori si è proceduto alla ricerca di una soluzione in grado di migliorare la gestione dei

materiali nell'azienda. È stata quindi creata una soluzione ad-hoc basata sulla tecnica del Material Requirement Planning e si è provato ad applicarla alla commessa del ponte per vedere come si sarebbe comportata anche ipotizzando degli imprevisti e confrontando le risposte del nuovo sistema con quelle del sistema precedente.

Da questa analisi è risultato evidente che le moderne metodologie di gestione dei materiali offrono sostanziali vantaggi rispetto ad una gestione come quella precedentemente utilizzata dalla Lorenzon e basata sulla sola esperienza ed intuizione delle persone. La diminuzione dei livelli delle scorte con i relativi costi: di immobilizzo, di svalutazione, di magazzino, ecc, l'aumento della flessibilità del sistema, intesa come capacità di reagire efficientemente ed efficacemente alle mutevoli situazioni che si possono presentare ed i notevoli benefici sull'organizzazione della produzione, ottimizzazione dei processi, sfruttamento di capacità, macchine e personale, ecc sono solo i principali e più evidenti vantaggi che potrebbero derivare dall'adozione del sistema proposto.

La logistica è pertanto in sistema di approccio approfondito, sistematico e professionale a tutti i temi riguardanti gli approvvigionamenti, la produzione e la distribuzione dei prodotti. Tenendo presente che la stessa cura che si riserva alla logistica commerciale ed industriale va riservata anche alle altre componenti dell'attività aziendale, dalla contrattualistica alla gestione del personale, alle operations, alla gestione dei clienti, ecc, solo con l'applicazione integrata e sistematica delle moderne metodologie logistiche un'azienda può considerarsi dotata di un'organizzazione professionale in grado di accettare le sfide che i moderni mercati globalizzati offrono.

Bibliografia

- [1]A.PARESCHI, E.FERRARI, A.PERSONA, A.REGATTIERI, “Logistica integrata e flessibile”, Progetto Leonardo, 2002
- [2]FEDELE IANNONE, “Origini ed evoluzione della logistica moderna: dalla logistica militare alla macrologistica”
- [3]MERLI G., “Comakership: la nuova strategia per gli approvvigionamenti”, Isedi, 1990
- [4]ANGELO ADRIANO, “Produzione e Logistica”, FrancoAngeli, 2005
- [5]BALDIN A., FURLANETTO L., ROVERSI A., TURCO F., “Manuale della manutenzione degli impianti industriali, Franco Angeli Editore”, Milano, 1978
- [6]FERRARI G., “La gestione della manutenzione”, Franco Angeli Editore, 1994
- [7]REGATTIERI A., “Approccio integrato nella gestione della manutenzione degli impianti industriali. Strategie, metodi ed applicazioni reali”, PhD Thesis, Parma, 2000
- [8]PARESCHI A., REGATTIERI A., “Remote maintenance, Teleservice and internet. Topics, Methods and applications”, Proceeding of 8th international conference on reliability and quality in design – Anaheim, USA, Agosto 2002
- [9]GALGANO A., “Qualità Totale. Il metodo scientifico nella gestione aziendale”, Guerrini e Associati, 2008

- [10]BALDIN A., “ La manutenzione e il rinnovo”, Franco Angeli Editore, 1983
- [11]DAVID J. VIALE, “Come effettuare una produzione Just-in-Time. I nuovi sistemi per ridurre i costi, aumentare la flessibilità e affrontare con successo il cambiamento.” Franco Angeli Editore, 2002
- [12]CHASE, AQUILANO, JACOBS, “Operations Management”, McGraw-Hill
- [13]LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, “Lean Lexicon”
- [14]CASSADY C., MAILLARD M., BOWBEN O., SMITH B., “Characterization of optimal age-replacement policies”, Proceedings of reliability and maintainability symposium, 1998
- [15]IMAI MASAOKI, “Kaize. Lo spirito giapponese del miglioramento.” Il sole 24 ore, Milano, 1986
- [16]OONO TAIICHI, “Lo spirito Toyota”, Einaudi, Torino, 1993
- [17]SMIRAGLIA STANISLAO, “Psicologia sociale della società industriale: gerarchia e dominio.”, Patron, Bologna, 1993
- [18]ANDREA CASALEGNO, “Cesare ad Alesia, così nasce la logistica”, Il sole 24 ore, Milano, 2008
- [19]BOTTI, F., “La logistica dell'esercito Italiano (1831-1981) (quattro volumi)
- [20]DUPUY, R. ERNEST; TREVOR N. DUPUY, “The encyclopedia of Military History, revised edition.” New York, Harper & Row, 1970
- [21]ROGER BLAIR, DAVID KASERMAN, “Law and Economics of Vertical Integration and Control”, Academic

Press, 1983

- [22]BOIN A., SAVOLDELLI S., MERLINO M., “Outsourcing: uno strumento operativo o una moda?”, Sistemi & Impresa, n.1, 1998
- [23]COMUNE DI VENEZIA, “Ponte della Costituzione”, Sito ufficiale del comune di Venezia,
“<http://www.comune.venezia.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/19500/>”
- [24]WIKIPEDIA, “Ponte della Costituzione”,
“http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte_della_Costituzione”
- [25]ORDINE DEGLI ARCHITETTI DI ROMA, rassegna stampa sul varo del ponte,
“<http://www.architettiroma.it/archweb/notizie/10565.aspx>”
- [26]VENETI NEL MONDO, “Un quarto ponte sul Canal Grande a Venezia”,
“http://www2.regione.veneto.it/videoinf/periodic/03/storia_architettura.htm”
- [27] DPR 554/99