

Università degli Studi di Padova

Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Tesi di Laurea Magistrale

Il Consignment Stock

Relatore: Ch.mo Prof. Persona Alessandro

Laureando: Lassati Andrea

Anno Accademico 2010/2011

INDICE

Sommario	3
Capitolo 1 – Introduzione	5
Capitolo 2 - La gestione dei materiali nella Supply Chain.....	9
2.1 EFFETTI NEGATIVI DI UNA GESTIONE NON INTEGRATA DELLE SCORTE	
2.1.1 EFFETTO FORRESTER (O EFFETTO BULLWHIP)	
2.1.1.1 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE	
2.1.1.2 FATTORI DI SMORZAMENTO	
2.2 TECNICHE DI GESTIONE DELLE SCORTE	
2.2.1 TECNICHE REATTIVE	
2.2.2 TECNICHE PROATTIVE	
Capitolo 3 - Il Consignment Stock	25
3.1 INTRODUZIONE	
3.2 MODELLO DI HILL	
3.3 IL CONSIGNMENT STOCK	
3.3.1 ASPETTI GENERALI	
3.3.2 MODELLO ANALITICO DELLA POLITICA CS	
3.3.3 MODELLO PER LA POLITICA CS NEL CASO DI SPEDIZIONI RITARDATE	
3.3.4 CASO STOCASTICO	
Capitolo 4 - Consignment Stock in presenza di obsolescenza	43
4.1 INTRODUZIONE	
4.2 MODELLO ANALITICO PER LA POLITICA CS CON OBSOLESCENZA	
4.2.1 OTTIMIZZAZIONE DI q	
Capitolo 5 - Il superamento delle ipotesi di base del Consignment Stock	57
5.1 IL MODELLO DEL CS CON UN VENDITORE E DUE COMPRATORI	
5.1.1 CONFRONTO FRA LE DUE POLITICHE	
5.2 IL MODELLO CON T INDETERMINATO	
5.2.1 I CASI	
5.2.2 CONFRONTO DEI COSTI TOTALI DEL SISTEMA NEI QUATTRO CASI	
5.3 CONCLUSIONI	

Capitolo 6 - Caso Industriale: Brembo S.p.A.....	77
Capitolo 7 - Lo scambio informativo.....	85
7.1 EDI	
7.1.1 FUNZIONI E COMPONENTI	
7.1.2 LA CODIFICA	
7.1.3 VANTAGGI E SVANTAGGI DEL SISTEMA EDI	
7.2 EPOS	
7.3 TECNOLOGIE DI ELABORAZIONE	
7.4 CONCLUSIONI	
Capitolo 8 - Esempi numerici e confronto tra modelli.....	97
8.1 CONSIGNMENT STOCK BASE	
8.2 CONSIGNMENT STOCK CON SPEDIZIONI RITARDATE	
8.3 CONSIGNMENT STOCK CON DOMANDA STOCASTICA	
8.4 CONSIGNMENT STOCK CON OBSOLESCENZA	
8.5 CONCLUSIONI	
Bibliografia	113

SOMMARIO

La tesi si propone di fornire una descrizione dettagliata di una nuova politica di gestione integrata delle scorte, il Consignment Stock, ed è organizzata in otto capitoli. Il primo capitolo consiste semplicemente in una breve introduzione, finalizzata a descrivere immediatamente il quadro della situazione e a presentare un insieme di pochi ma fondamentali concetti.

Nel secondo capitolo, invece, viene effettuata una panoramica delle problematiche che affliggono la supply chain e una semplice presentazione delle varie tecniche di gestione delle scorte.

Il terzo capitolo è dedicato alla descrizione degli aspetti chiave del Consignment Stock, mentre il quarto e il quinto capitolo, si occupano della questione dell'obsolescenza dei prodotti, che causa un aumento dei costi totali nella supply chain.

Il sesto capitolo descrive, invece, un caso industriale di applicazione del CS, mentre il settimo capitolo si focalizza sugli strumenti informatici necessari per implementare il CS e sulle difficoltà da essi derivanti. Infine, l'ottavo capitolo presenta molteplici esempi numerici, finalizzati ad una migliore comprensione di tutte le varie sfumature della politica di CS.

CAPITOLO 1

Introduzione

I rapidi cambiamenti del mercato, stimolati dallo sviluppo di una varietà di prodotti con cicli di vita breve, hanno incrementato la competizione nei mercati globali odierni. Per misurarsi in maniera adeguata, le aziende devono fornire prodotti e servizi migliori a costi ridotti per clienti con aspettative sempre maggiori. Questo aspetto ha obbligato le imprese ad incrementare l'efficienza delle loro operazioni in modo da ridurre gli oneri e diventare più reattive ai cambiamenti. Come risultato naturale, le aziende stesse sono state spinte non solo verso processi decisionali integrati all'interno dei confini operativi, ma anche verso collaborazioni con clienti e fornitori. Focalizzandosi maggiormente sulla gestione della supply chain, le imprese stanno diventando sempre più consapevoli del fatto che le scorte, all'interno della filiera distributiva, possono essere gestite in maniera più efficiente attraverso una maggiore collaborazione e un maggior coordinamento.

Il problema della gestione integrata delle scorte all'interno della catena logistica può essere affrontato, e possibilmente risolto, in diversi modi. La letteratura tecnica offre numerosi modelli ed approcci finalizzati al controllo ed alla gestione dei flussi di materiale tra compratore (il produttore) e venditore (il fornitore), in ottica di collaborazione tra le parti. In caso di *mancata collaborazione*, ossia compratore e venditore isolati, e di domanda supposta deterministicamente nota, la soluzione più vantaggiosa è quella proposta dal modello *EOQ* (*Economic Order Quantity*). Esso, infatti, stabilisce la dimensione ottimale del lotto Q di acquisto o di produzione che minimizza i costi totali, attraverso il miglior compromesso fra il "costo dell'ordine" o "costo di set-up", che

cala al crescere di Q , e i “costi di mantenimento a scorta”, che aumentano al crescere di Q . L’applicazione separata di tale modello al compratore ed al venditore porta al calcolo, rispettivamente, del lotto economico di acquisto e di produzione, di entità a volte anche notevolmente differenti. Ciò comporta che entrambe le parti attivino una sorta di negoziazione finalizzata al raggiungimento di un trade-off ben lontano dalle condizioni ottimali sperate. Chiaramente l’esito della negoziazione dipende dalla forza e dal potere contrattuale che una parte può vantare sull’altra.

Per abbandonare lo studio separato dei minimi costi che devono sostenere il fornitore e l’acquirente, ci si deve muovere verso la visione di un sistema intero ed integrato, ossia caratterizzato da uno scambio ricorrente di informazioni relative alla produzione, alla domanda di prodotto e alle spedizioni. Tutto questo può esistere se tra produttore e compratore vi è una *collaborazione continua*, rinforzata in molti casi da documenti scritti. Il concetto di collaborazione è diventato una pratica accettabile in molte organizzazioni globali di business. Il principio di questa “filosofia” prevede che il venditore e l’acquirente siano partner, all’interno della supply chain, nella realizzazione e spedizione di prodotti di alta qualità ai clienti del compratore.

Consideriamo una supply chain a due livelli: fabbricante e dettagliante. Il dettagliante (compratore) osserva la domanda deterministica e ordina gli articoli dal fornitore, che produrrà in lotti i prodotti richiesti. Il compratore e il venditore lavorano in modo collaborativo per sincronizzare la fornitura con l’attuale domanda dei consumatori. In questo scenario, risulterà più costoso determinare la quantità dell’ordine e programmare le spedizioni basate sulla funzione integrata di costo totale, rispetto all’utilizzo delle funzioni di costo individuali dell’acquirente e del fornitore. Ogni lotto prodotto è inviato al compratore in partite e il problema è trovare il numero di spedizioni e la

dimensione di ognuna minimizzando il costo congiunto del sistema venditore acquirente (*JTRC – Joint total relevant cost*).

Questo punto di vista ha condotto allo sviluppo di una classe di modelli di gestione delle scorte conosciuto come JELS (*Joint Economic Lot Size*). Questi modelli consistono nella determinazione della dimensione del lotto basandosi sull'ottimizzazione congiunta dei costi del fornitore e del compratore.

Recentemente, è stata studiata una nuova politica definita *Consignment Stock*, che le imprese adottano per far fronte a nuovi cambiamenti nella produzione e nella gestione della supply chain. Questa politica implica una migliore collaborazione tra l'acquirente e il venditore, spingendoli verso un completo scambio di informazioni ed una consistente condivisione di rischi di gestione.

L'applicazione più radicale del CS può condurre alla soppressione delle scorte del venditore, dato che utilizzerà il magazzino del compratore per stoccare il materiale. Il *Consignment Stock* prevede pure che il materiale, in giacenza presso il compratore, rimanga di proprietà del fornitore fino al momento del prelievo dello stesso.

Questo passaggio di stato costituisce il presupposto per la fatturazione da parte del venditore, a cui sono generalmente riconosciuti, a fronte di questo servizio, termini di pagamento più favorevoli.



Figura 1.1 : Visione interna di un magazzino

CAPITOLO 2

La gestione dei materiali nella Supply Chain

Tra i compiti più importanti della logistica industriale, all'interno del contesto aziendale, vi è la definizione dei livelli di materiali a magazzino necessari a soddisfare la domanda prevista con il migliore utilizzo possibile delle risorse a disposizione.

Le scorte di magazzino rivestono un'importanza fondamentale spesso per la stessa sopravvivenza dell'azienda, non tanto in regime deterministico (cioè quando sono noti in maniera certa i parametri del processo e di mercato), quanto nei casi in cui è incerta la quantità di materiale richiesta dall'utenza, durante il ritardo caratteristico di rifornimento. Infatti, è dalle scorte di magazzino che si attingerà in caso di emergenza, evitando così il rischio di perdere una fetta del mercato per inadempienza, di registrare un mancato guadagno e di pagare delle penali ai clienti.

Negli ultimi anni, le aziende prestano sempre più attenzione alle problematiche riguardanti le quantità di materiali costituenti le scorte, non solo perché esse danno luogo a problemi di gestione operativa, ma anche e soprattutto perché rappresentano una parte consistente del capitale circolante. Le crescenti difficoltà incontrate nella conduzione degli impianti industriali rendono ogni giorno più impellente il ricorso a metodi analitici in grado di assicurare una razionale pianificazione ed un efficace controllo della gestione dei materiali.

Se, per un verso, le metodologie di controllo degli inventari sviluppate in occidente sono state orientate ad elaborazioni via via più sofisticate e complesse, basate sull'impiego di moduli integrati in sistemi informativi di produzione, in Giappone, per contro, si è messa in discussione l'opportunità stessa dell'investimento in scorte, in un più ampio sforzo rivolto al contenimento degli sprechi.

In altre parole, risulta vitale per l'impresa affrontare la gestione dei materiali, che ha come obiettivo il coordinamento dei flussi di prodotti e di informazioni all'interno del network immediato (clienti e fornitori diretti), con una prospettiva che superi la definizione stessa appena citata e prenda in considerazione anche gli attori a monte e a valle del supply network.

2.1 EFFETTI NEGATIVI DI UNA GESTIONE NON INTEGRATA DELLE SCORTE

Le scorte possono essere definite come un insieme di materie, semilavorati e prodotti che in un determinato momento sono in attesa di partecipare ad un processo di trasformazione o di distribuzione.

Alcune scorte assicurano flessibilità negli acquisti, permettendo l'ottimizzazione delle politiche di approvvigionamento, indipendentemente dalle richieste della produzione; altre garantiscono un efficiente impiego delle risorse produttive (impianti e macchinari), pur caratterizzate da livelli di capacità produttiva diversi; altre ancora rendono compatibili la produzione, volta alla normalizzazione delle fasi e dei cicli di lavorazione, con la variabilità della domanda del consumatore. Tuttavia, per quanto all'interno di un'azienda le scorte siano ottimizzate e adeguate ad uno o più degli scopi sopracitati, se tutta la filiera distributiva non è perfettamente allineata e non ha una corretta visione della domanda del cliente finale, il livello e la tipologia

delle giacenze potrebbe non essere mai quello ottimo, generando fenomeni negativi per tutto il network di fornitura.

2.1.1 EFFETTO FORRESTER (o effetto bullwhip)

Uno dei problemi che affliggono maggiormente la Supply Chain è il cosiddetto “Effetto Forrester”, conosciuto anche come principio di accelerazione. Tale fenomeno si manifesta come un significativa amplificazione (nonché distorsione) della domanda nel passaggio degli ordini dagli attori a valle del supply network. Secondo questo principio, ad esempio, un cambiamento del 10% nella domanda dei rivenditori al dettaglio può provocare una variazione di oltre il 40% nella domanda dei produttori. Infatti, i valori degli ordini trasferiti alla catena di fornitura, l'unità di base dello scambio informativo, tendono ad essere distorti a causa di comportamenti e politiche adottate dai vari attori del network nel tentativo di ottimizzare la propria porzione di supply chain. In sintesi, l'effetto bullwhip si può descrivere nelle tre caratteristiche principali che lo identificano:

- 1) l'amplificazione della varianza degli ordini piazzati dai diversi agenti della supply chain e quindi l'amplificazione della domanda nei vari stadi;
- 2) la tendenza di tali oscillazioni a divenire sempre più ampie con il procedere verso gli anelli a monte della catena, dal consumatore verso il produttore;
- 3) la presenza di un certo sfasamento tra i picchi che si verificano nell'andamento della domanda e degli ordini dei diversi agenti. Risalendo la supply chain, infatti, i massimi si presentano sempre con maggiore ritardo temporale.

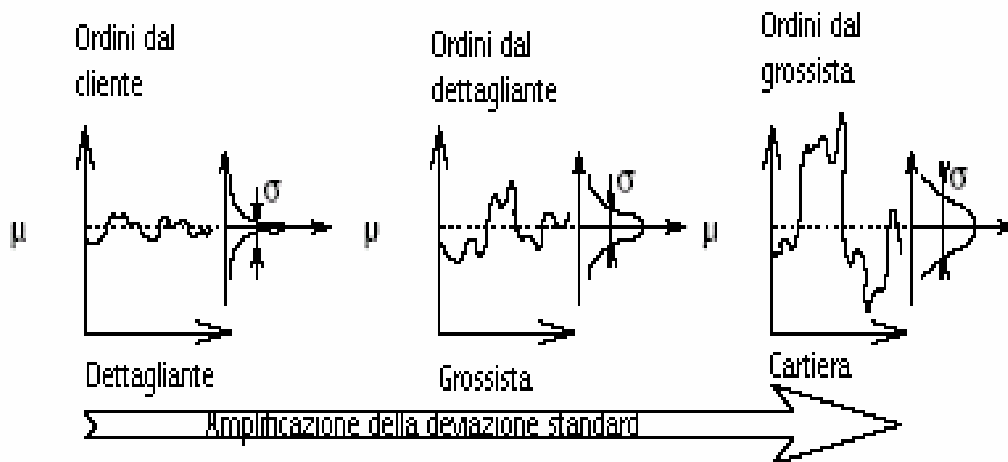


Figura 2.1: Effetto Bullwhip

Il motivo fondamentale, a causa del quale le fluttuazioni si verificano, è da imputare ad una mancanza di trasparenza nell'informazioni scambiate tra i vari membri, provocando distorsioni nella comunicazione e ritardi nella propagazione dei dati; alla variazione delle soglie massime di ordini ammesse dai membri della supply chain; alla mancata considerazione dei lead time relativi all'emissione degli ordini, alla produzione e al trasporto. È in particolare quest'ultimo fattore, cioè l'assenza di peso data alle tempistiche che intercorrono tra la creazione della domanda in un punto della supply chain e la sua soddisfazione da parte dei fornitori, a determinare il terzo elemento caratterizzante dell'Effetto Forrester, ovvero il ritardo di fase nell'andamento degli ordini passando da valle verso monte.

Le conseguenze negative di quanto descritto finora si riflettono in un generale peggioramento delle prestazioni di business e in un sostanziale aumento dei costi di gestione, quando invece sarebbe sufficiente che le informazioni sui consumi reali venissero condivise lungo l'intera SC in modo rapido e preciso. Inoltre, le distorsioni ed i ritardi nella trasmissione dei dati provocano nelle aziende la tipica reazione di acquisire personale e capacità produttiva supplementare. Questa risposta è conosciuta anche come "sindrome da lead time" o

“da scorte di sicurezza” ed è illustrata nel seguente schema (Fig. 2.2).

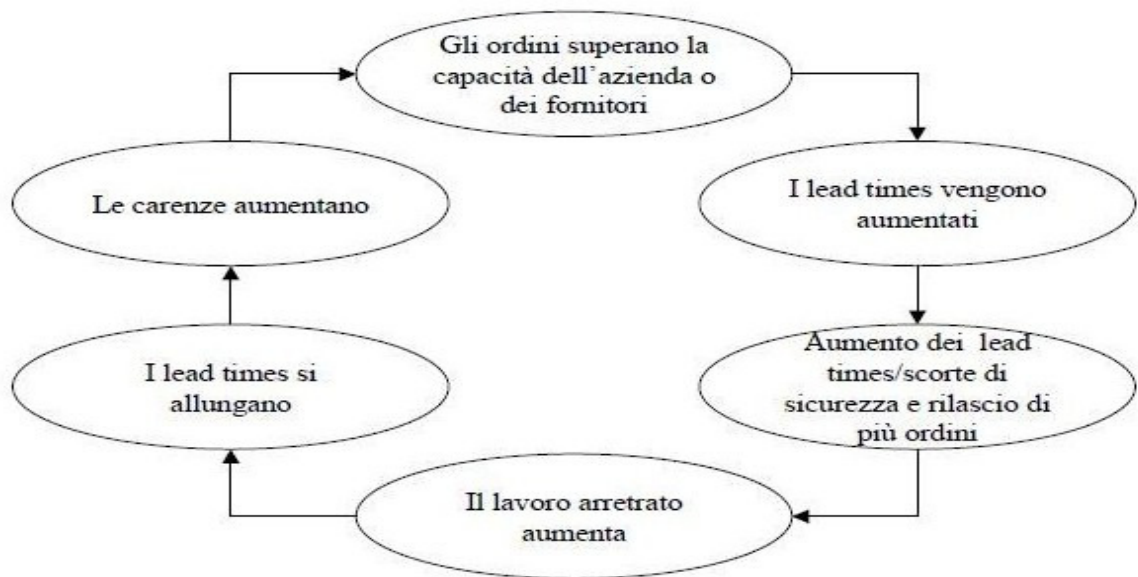


Figura 2.2 Sindrome da lead time

L'effetto continua ad intensificarsi portando ad un aumento inutile della capacità produttiva con un notevole incremento dei relativi costi. Il sovraccarico continua fino a quando non subentra il secondo fenomeno causato dalla distorsione dei dati sulla domanda. Questo effetto, invece, chiamato “sindrome da riduzione dei magazzini”, è illustrato nel seguente figura.

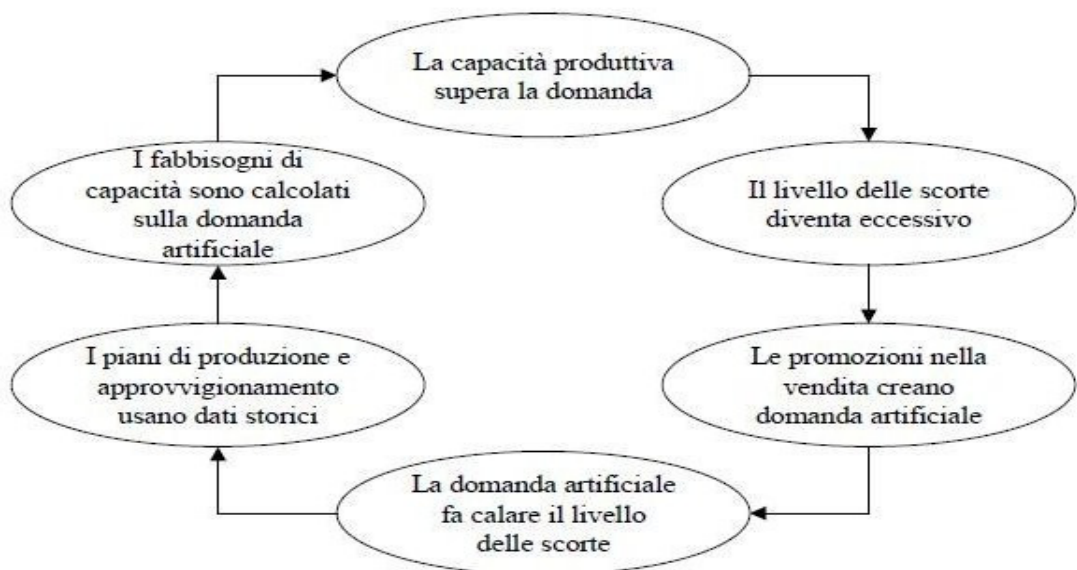


Figura 2.3: Sindrome da riduzione dei magazzini

In sintesi, ci si deve confrontare con:

- elevati livelli di magazzino per cercare di arginare gli effetti delle impreviste variazioni della domanda, con il conseguente aumento dei costi di gestione del magazzino e del capitale immobilizzato;
- un basso livello di servizio nei confronti del cliente dovuto all'improvviso verificarsi di eventuali stock out, che possono sfociare, nei più gravi dei casi, nella perdita del cliente stesso;
- perdite economiche dovute alla possibilità di mancata vendita dei beni;
- la qualità insoddisfacente di prodotto causata dall'aumento dei ritmi di produzione per soddisfare i picchi di domanda;
- l'aumento dei costi legati alle frequenti revisioni della programmazione della produzione e per la necessità di rilavorare i prodotti.

2.1.1.1 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Qualunque fattore che possa portare sia un'ottimizzazione locale dei differenti livelli della supply chain sia un aumento del ritardo, della distorsione e della variabilità è un potenziale ostacolo al coordinamento e quindi favorisce l'incremento del bullwhip effect. Le principali motivazioni possono essere raggruppate in 5 categorie:

- 1) l'incentivazione: i processi di incentivazione fanno riferimento ad azioni ed opportunità particolari che differenti attori sfruttano,

aumentando la variabilità e riducendo la redditività globale del sistema;

- 2) il disallineamento delle informazioni: la variabilità degli ordini aumenta nel momento in cui le informazioni relative alla domanda vengono alterate e modificate nel trasferimento da un attore del network all'altro;
- 3) gestione degli ordini: gli ostacoli operativi che possono generare variabilità sono riferiti in questo caso all'attività di emissione, ricezione ed evasione dell'ordine. Un esempio è dato dall'emissione da parte delle aziende di ordini a lotti maggiori dei valori effettivi di domanda (questa possibilità si verifica in contesti ad elevati costi fissi associati al completamento, alla ricezione o al trasporto della merce o in presenza di sconti quantità);
- 4) prezzo: l'influenza del prezzo è relativa a situazioni in cui particolari politiche di pricing comportano una variabilità degli ordini ricevuti (promozioni, offerte, sconti ecc.);
- 5) comportamento: ogni livello della supply chain tende a osservare le conseguenze delle proprie azioni localmente ed è incapace di valutarne gli effetti sugli altri livelli, per cui i vari attori reagiscono alle situazioni in modo circoscritto senza cercarne le cause in ottica di filiera.

2.1.1.2 FATTORI DI SMORZAMENTO

Dopo aver identificato gli ostacoli al coordinamento, è possibile individuare gli strumenti manageriali, le azioni le contromisure

strategiche necessarie a superarli per aumentare il livello di redditività della supply chain e moderare gli impatti negativi dell'effetto Forrester.

La Condivisione delle Informazioni

Le fluttuazioni della domanda sono causate dal fatto che ogni anello della catena decide quanto tenere a scorta e quanto acquistare sulla base della domanda del suo cliente immediato e non valutando quella del mercato finale. Risulta pertanto evidente che la diffusione dei dati corretti della domanda finale lungo tutta la filiera porterebbe notevoli benefici al sistema e, in quest'ottica, i sistemi informativi giocherebbero un ruolo fondamentale al fine di contrastare l'effetto bullwhip. Strumenti idonei allo scopo sono:

- ELECTRONIC POINT OF SALE (EPOS): con questa espressione si fa riferimento ad una famiglia di apparecchi elettronici utilizzati in molti punti vendita che, attraverso la lettura di appositi codici a barre, consentono di trasmettere i dati a grossisti, trasportatori e aziende di produzione;
- ELECTRONIC DATA INTERCHANGE SYSTEMS (EDI): sono sistemi elettronici, oggi molto spesso *internet-based*, che consentono la trasmissione e la condivisione di notevoli quantità di informazioni.

Queste tecnologie verranno analizzate ulteriormente nel capitolo 7.

L'allineamento dei canali

La chiave per coordinare le decisioni aziendali è assicurare che gli obiettivi di ogni singola funzione siano allineati con gli obiettivi finali dell'organizzazione. In quest'ottica, allineare i canali distributivi significa adottare un insieme di pratiche per coordinare a livello di supply network le decisioni sui piani di produzione, sulla movimentazione dei

materiali, sulla gestione delle scorte e sulle strategie commerciali. Tali pratiche vanno oltre la semplice condivisione di informazioni, poiché presuppongono una vera e propria collaborazione tra gli attori del network per la gestione dei materiali. Esistono varie tecniche che si basano sulle dinamiche appena descritte e tra esse vi è pure il CS. È bene però notare che tali tecniche richiedono l'utilizzo di tecnologie che permettono non solo di velocizzare lo scambio di informazioni, ma anche la loro elaborazione (vedi cap.7).

L'incremento delle performance operative

L'interventi possono essere effettuati in relazione a tre aspetti:

- 1) Riduzione dei tempi di rifornimento;
- 2) Riduzione dei lotti di approvvigionamento;
- 3) Applicazione di particolari strategie in caso di razionamento.

I lead time rappresentano un fattore cruciale per l'ottimizzazione delle prestazioni, in quanto da essi dipende direttamente il livello delle scorte di sicurezza, nonché l'orizzonte di previsione da tenere in considerazione per la pianificazione e, di conseguenza, influiscono sull'aumento delle oscillazioni della domanda in ciascun stadio della supply chain.

Invece, un motivo per il quale la dimensione degli ordinativi tende ad aumentare e la frequenza degli approvvigionamenti a diminuire è che il costo di gestione delle pratiche di riordino e del conseguente trasferimento del materiale è relativamente elevato. Tuttavia, utilizzando tecnologie, come il già citato EDI, si ha la possibilità di ridurre notevolmente i costi derivanti dalla gestione cartacea di tali

procedure, limitando l'entità dei singoli lotti di ordinazione e aumentando la frequenza di approvvigionamento.

Un'altra ragione è legata alla presa in carico del costo della spedizione da parte del fornitore. La differenza di prezzo praticata per un'unità di carico completa rispetto ad una non completamente satura è tale da indurre il cliente a ordinare in base al pieno carico e non in base alle effettive esigenze, con la conseguente riduzione della frequenza di approvvigionamento. Per questo motivo, ci si è orientati verso la diversificazione dei prodotti contenuti in una stessa unità di carico, in maniera tale che gli ordini possano essere fatti simultaneamente per più articoli forniti dallo stesso produttore e, di conseguenza, le unità di carico riempite completamente, in accordo con le esigenze dei distributori. Il risultato finale è che, per ogni articolo, la frequenza di riordino è molto più elevata, restando inalterate la frequenza e il numero delle spedizioni effettuate dai distributori e l'efficienza delle stesse.

Per quanto riguarda il terzo aspetto, un rimedio molto semplice per contrastare l'insorgere di ordini maggiorati, in caso di mancanza di forniture, risulta essere quello di allocare le risorse non in base alla quantità dei lotti richiesti dai clienti, ma analizzando i dati relativi alle vendite effettuate negli anni passati, che forniscono un quadro più veritiero delle effettive necessità di approvvigionamento. Un approccio più radicale alla questione sarebbe quello di rendere disponibili a differenti agenti le informazioni riguardanti la capacità produttiva e il livello dei magazzini dei fornitori, eliminando la causa del problema, ovvero la preoccupazione da parte dei clienti di rimanere senza scorte.

Le politiche di prezzo stabilizzanti

L'obiettivo primario è quello di porre delle limitazioni sull'ammontare del prodotto approvvigionato in eccesso. La maniera più semplice è quella di limitare l'entità degli sconti basati sulle promozioni a quantità fissa e

la loro frequenza. I rivenditori, infatti, tendono ad aumentare il loro lotto di ordinazione per ottenere il vantaggio dello sconto. Invece, proponendo sconti sul volume totale, in cui la riduzione è calcolata sulla base di un periodo più esteso, si tende a ridurre l'effetto di amplificazione.

La fiducia e la partnership.

In linea generale, alle azioni focalizzate sulla riduzione dell'effetto di amplificazione, si affiancano interventi di tipo relazionale. I manager trovano più semplice implementare le leve già discusse per diminuire l'effetto Forrester e raggiungere il coordinamento se c'è la possibilità di costruire fiducia e partnership strategiche.

La diffusione di informazioni accurate e fidate all'interno del network si traduce in un più facile adattamento alla domanda e in una riduzione dei costi, in particolare quelli di transazione.

2.2 TECNICHE DI GESTIONE DELLE SCORTE

Esistono svariati modelli per la gestione delle scorte e qui di seguito verranno presentati i principali:

2.2.1 TECNICHE REATTIVE

Tradizionalmente, la questione della gestione delle scorte non viene affrontata in un'ottica di ottimizzazione del supply network, bensì considerando un solo centro di accumulo delle scorte per il quale si devono stimare quando e quanto ordinare al fornitore. Le tecniche "look back" consentono di valutare tali parametri basandosi su dati storici.

Lotto economico

Il lotto economico nasce dalla teoria legata alla gestione a scorte dei materiali in cui la domanda deriva da stime revisionali (effettuate ad esempio ricavando i dati futuri dall'analisi dello storico) e non dalla esplosione di un piano di produzione come avviene invece per la gestione a fabbisogno (es. MRP).

Esistono due modelli di lotto economico a seconda che si consideri:

1. il dimensionamento degli ordini d'acquisto di materia prima verso il fornitore, qualora il livello di scorte a magazzino scenda sotto il livello del punto di riordino (per evitare blocchi di produzione). In questo caso si parla di lotto economico di acquisto (Economic Order Quantity, figura 2.4);
2. il dimensionamento dei lotti di produzione da processare sulle macchine qualora il prodotto sia realizzato internamente. Tale problema viene stavolta affrontato con il modello del lotto economico di produzione (Economic Manufacturing Quantity, figura 2.5).

Entrambi presentano una serie di ipotesi di base:

- la domanda è costante, senza forte stagionalità e la domanda passata (lo storico) viene utilizzata per prevedere la domanda futura;
- i costi di emissione dell'ordine (necessari nell'EOQ) e i costi di riattrezzaggio (necessari nell'EMQ), sono noti e fissi, nel senso che non cambiano con la quantità ordinata o prodotta;

- il costo unitario (di acquisto o di produzione) è fisso e non ci sono sconti quantità o economie di scala;
- l'intero lotto è consegnato in una sola volta (acquisizione istantanea);
- il tasso del costo di mantenimento a scorta è costante;
- il tasso del costo di produzione del prodotto è costante.

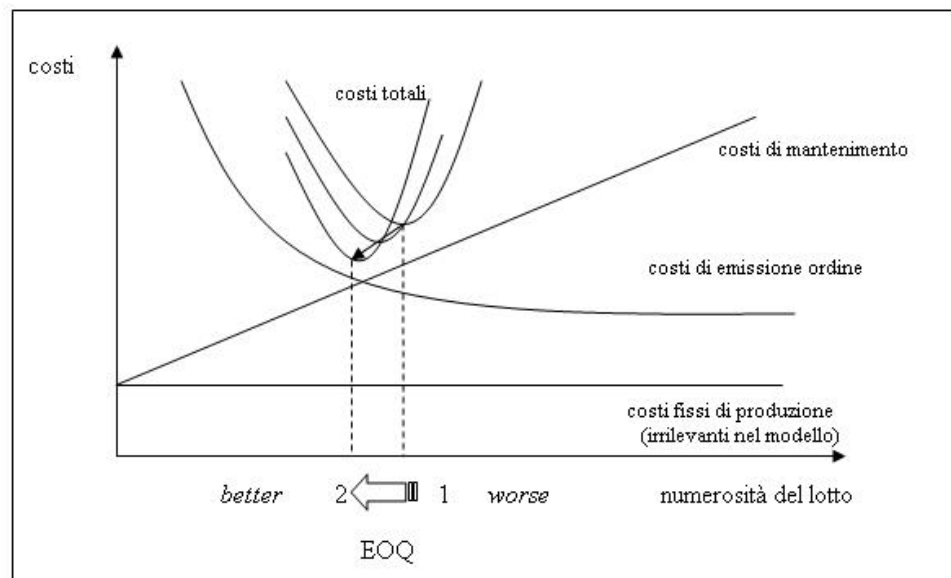


Figura 2.4: Economic Order Quantity

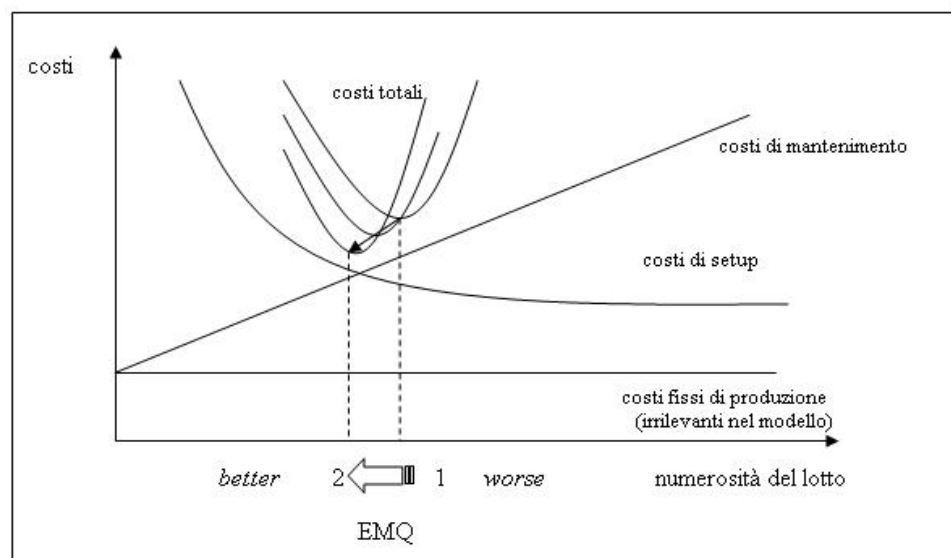


Figura 2.5: Economic Manufacturing Quantity

2.2.2 TECNICHE PROATTIVE

Tali tecniche, a differenza delle precedenti che si basano su dati storici, utilizzano le previsioni di vendita come parametro di partenza.

Distribution Requirements Planning

Si tratta di un metodo che, impiegando la stessa logica di funzionamento delle del MRP, permette di stabilire in modo preciso e coerente i piani delle spedizioni e delle consegne all'interno del network.

La domanda nello stadio più vicino al cliente è la domanda indipendente e le previsioni vengono effettuata sulla base dello stadio più vicino al cliente. Invece, la domanda degli altri stadi della catena distributiva, è una domanda dipendente calcolata sulla base della previsione di domanda indipendente, dei lead time di preparazione/trasporto merce e di eventuali lotti di spedizione.

I vantaggi e gli svantaggi sono riconducibili a quelli dei sistemi MRP.

Vantaggi

- si basa su dati di previsione e non su dati storici;
- si ha più visibilità sulle giacenze dell'intera catena;
- la scorte possono essere ridotte senza penalizzare il servizio al cliente inteso come disponibilità del prodotto.

Svantaggi

- costi di implementazione del sistema DRP;
- diffusa riluttanza degli attori del network a condividere informazioni ritenute riservate;

- capacità infinita (→ DRP II);
- anche il DRP tratta comunque ogni nodo della catena come un problema indipendente, invece una decisione in un nodo può impattare sugli altri nodi (→ sistemi APS-SCM).

Vendor Managed Inventory

È una forma di collaborazione tra cliente e fornitore, la quale prevede che quest'ultimo si assuma la responsabilità sul livello di scorte più appropriato da mantenere presso il magazzino del cliente, al fine di garantire un livello di servizio congiuntamente concordato. Il Consignment Stock è una particolare variante di tale tecnica.

Continuos Replenishment

Spesso usato come sinonimo di VMI, questo metodo prevede che il fornitore abbia a disposizione le informazioni sulle vendite e sul magazzino del suo cliente, rifornendolo in piccoli lotti ma con elevata frequenza. In questo caso, è possibile mantenere nello stadio a valle un ammontare di scorte desiderato e un elevato livello di servizio, regolamentato da un opportuno accordo. La somiglianza con il VMI è notevole, ma, in realtà, nel CR il cliente mette a disposizione del fornitore i dati POS sulle vendite e non le sue previsioni come nel caso del VMI.

Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment

Il CPFR è un sistema di gestione integrata che riguarda la collaborazione tra due o più membri del network, i quali pianificano congiuntamente le attività promozionali future ed elaborano previsioni comuni di vendita al mercato finale. In un secondo momento, sulla base dei precedenti, vengono stabiliti i piani di fornitura, produzione e

spedizione. Si tratta di un modello complesso, che richiede una laboriosa implementazione, la quale comprende svariate fasi.

CAPITOLO 3

Il Consignment Stock

3.1 INTRODUZIONE

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, esistono diversi modelli in letteratura per la gestione e il controllo delle scorte. Tuttavia, il sempre più crescente interesse nei confronti di argomenti legati alla Supply Chain ha visto i ricercatori focalizzarsi sul problema della cooperazione tra l'acquirente e il venditore, cioè le due parti che interagiscono direttamente nel meccanismo di fornitura. In rari casi, il modello più adatto ad essere utilizzato è quello del lotto economico, che però inevitabilmente non porta ad una soluzione ottima per nessuna delle due parti, dal momento che il risultato finale dipende dal potere di negoziazione delle parti stesse.

Invece, secondo il modello del lotto economico congiunto (Joint Lot Economic Size), l'approccio più concorrenziale consisterebbe nel minimizzare la somma dei costi sia del compratore (relativi all'emissione dell'ordine e alla giacenza) e fornitore (legati come per il compratore alle scorte, ma anche al set-up). Un fattore essenziale in questi modelli è che il venditore sia a conoscenza della domanda e dei costi di base del compratore (vale a dire quelli di stoccaggio del materiale e di emissione dell'ordine).

Nel 1999, uno studioso (R.M. Hill) ha focalizzato i suoi sforzi nello sviluppo di un modello che può minimizzare i costi totali annui del venditore e del compratore. L'assunto di base è che il venditore conosca solo la domanda e la frequenza degli ordini del compratore. Di

conseguenza, il modello può essere applicato in caso di collaborazione tra i due soggetti, indipendentemente dalla possibilità che essi possono appartenere alla stessa società o organizzazione.

3.2 MODELLO DI HILL

Generalmente la produzione del venditore è organizzata in lotti, generando così costi di set-up. Ogni lotto è consegnato al compratore secondo un certo numero di spedizioni, realizzate anche mentre la produzione sta ancora avanzando e ogni spedizione comporta dei costi fissi (es. emissione ordine). Sia compratore che venditore sostengono costi legati alle differenti quantità e tempistiche con le quali vengono stoccati i materiali. Il modello porta alla definizione della quantità q^* che minimizza i costi totali e presuppone la seguente notazione:

A_1 = costo del set-up (venditore) es. 400 [€/set-up];

A_2 = costo di emissione dell'ordine (compratore), es. 25 [€/ordine];

h_1 = costo di giacenza per prodotto e per anno (venditore) es. 4 [€/prodotto*anno];

h_2 = costo di giacenza per prodotto e per anno (compratore) es. 5 [€/prodotto*anno];

P = tasso di produzione del venditore es. 3200 [unità/anno];

D = tasso di domanda del compratore, es. 1000 [unità/anno];

n = numero di spedizioni per lotto prodotto;

q = quantità trasportata per spedizione (moltiplicandola per il numero di spedizioni ottengo la dimensione del lotto $Q = n \cdot q$) [unità];

C = valore medio dei costi totali del sistema per unità di tempo (è in funzione di n e di q) [€];

È stato inoltre ipotizzato che $P > D$ e $h_2 > h_1$. La prima ipotesi è evidente, mentre la seconda è legata all'opinione comune che un

elemento aumenta il suo valore percorrendo verso valle la catena di distribuzione. Di conseguenza, le merci sono solitamente stoccate nei magazzini del venditore fintantoché non arriva la richiesta del compratore per una nuova spedizione. La Figura 1 mostra l'andamento dei livelli di scorte nel caso di cinque spedizioni per lotto (due delle cinque spedizioni sono previste mentre il fornitore produce un solo lotto).

In questo esempio: $Q = 550$ (articoli), $n = 5$ e $q = 110$ (articoli).

Secondo il modello di Hill, i costi totali sono i seguenti:

$$C = (A_1 + n \cdot A_2) \cdot (D/n \cdot q) + h_1 \left(\frac{D \cdot q}{P} + \left(\frac{(P - D) \cdot n \cdot q}{2P} \right) \right) + (h_2 - h_1) \cdot \left(\frac{q}{2} \right)$$

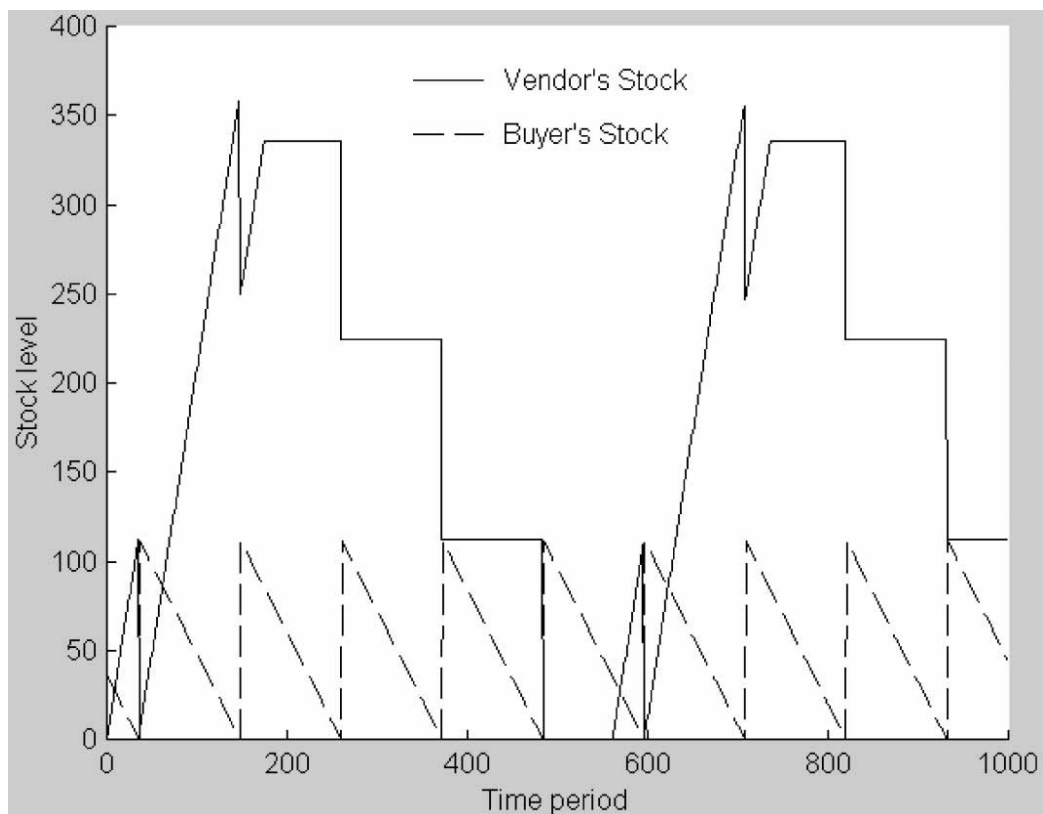


Figura 3.1: Modello di Hill → livello delle scorte nei magazzini del compratore e del venditore

La funzione C può essere derivata rispetto a q , in maniera tale da ottenere la funzione $C'(q)$, la quale, posta uguale a zero, mi consente di ricavare il valore q^* :

$$C = \sqrt{\left((A_1 + n \cdot A_2) \cdot \left(\frac{D}{n} \right) \right) \left(h_1 \cdot \left(\frac{D}{P} \right) + \left(\frac{(P - D) \cdot n}{2P} \right) \right) + (h_2 - h_1) / 2}$$

il quale mi consente di minimizzare i costi totali:

$$C = 2 \cdot \sqrt{\left((A_1 + n \cdot A_2) \cdot \left(\frac{D}{n} \right) \right) \left(h_1 \cdot \left(\frac{D}{P} \right) + \left(\frac{(P - D) \cdot n}{2P} \right) \right) + (h_2 - h_1) / 2}$$

3.3 IL CONSIGNMENT STOCK

Il fattore più importante messo in luce dal modello di Hill è che la collaborazione fra venditore e compratore porta ad avere molti più benefici rispetto ad una relazione in cui non ve ne sia.

Il consignment stock si basa proprio su questo aspetto e, se confrontata con il modello di Hill, permette sia al compratore sia al fornitore di ridurre i costi totali congiunti e i rischi di stock-out assicurando un livello di servizio alto in caso di fluttuazione della domanda. Inoltre, il punto forte della politica di CS è il superamento delle ipotesi semplificative richieste nel classico modello EOQ, nella realtà, purtroppo, spesso disattese:

- domanda (richiesta) nota deterministicamente;
- lead time di fornitura prevedibili.

3.3.1 ASPETTI GENERALI

Il consignment stock è un caso particolare di VMI (Vendor Managed Inventory) e prevede che il fornitore spedisca la merce al cliente, ma che il trasferimento di proprietà avvenga solo al momento del prelievo dei prodotti da parte del cliente per l'effettivo utilizzo. In altre parole, il CS si articola secondo le seguenti fasi:

1. la merce si trova in conto deposito presso il magazzino del cliente;
2. il cliente preleva il quantitativo di merce necessario secondo le sue esigenze (solo in questo momento e solo per il quantitativo prelevato, la merce passa effettivamente di proprietà dal fornitore al cliente);
3. il fornitore riceve dai clienti i dati relativi ai prelievi effettuati e dunque alla merce che è passata di proprietà;
4. il fornitore, in base ai dati ricevuti, si occupa di reintegrare le scorte nel magazzino del cliente e così si ritorna al punto 1.

La più radicale applicazione del CS può condurre alla soppressione delle scorte del venditore. Inoltre, non esiste un punto di riordino, bensì il fornitore garantirà che la quantità stoccata presso il magazzino del compratore si mantenga tra un livello massimo (S) e un livello minimo (s), sostenendo anche costi aggiuntivi nel caso di esaurimento scorte. La merce nel magazzino del compratore è di proprietà del venditore (in quanto quest'ultimo le ha semplicemente delocalizzate) e il compratore estrarrà dal magazzino la quantità di materiale necessaria per coprire la produzione pianificata. Il venditore sarà pagato fino ad una frequenza giornaliera, in modo da trasmettergli informazioni

fresche ed immediate sull'andamento dei consumi dell'acquirente. Il CS presuppone quindi una forte e migliore collaborazione tra il compratore e il fornitore, spingendoli verso un completo scambio di informazioni ed una consistente condivisione dei rischi di gestione.

Per quanto riguarda i costi sostenuti dalle due parti, il compratore sosterrà solo i costi di struttura, dei mezzi di movimentazione e dei magazzinieri, mentre il fornitore sosterrà i costi di stoccaggio variabili e sarà responsabile di costi di stock-out, se ad esso imputabili (es. non è stato garantito il livello minimo s di scorte a magazzino). Tutto ciò comporta:

per il compratore:

- forte riduzione del costo di emissione degli ordini, in quanto l'ordine è già trasmesso con il contratto in modo implicito e il fornitore si è già impegnato a garantire un livello di scorte appartenente a $[s, S]$;
- forte riduzione del lead time di emissione degli ordini;
- forte riduzione dei costi di stoccaggio, in quanto il compratore acquista il materiale solo nel momento in cui lo utilizza, quindi non deve sostenere costi di immobilizzo di capitale e costi di obsolescenza;
- garanzia di avere a disposizione un livello minimo di scorte pari ad s .

per il venditore:

- l'accesso al profilo di domanda finale, bypassando così il filtro determinato dagli ordini del compratore, come succede nell'approccio classico;

- riduzione dei costi di stoccaggio in quanto il fornitore deve sostenere solo la componente variabile di costo, mentre i costi fissi di struttura e dei mezzi di movimentazione ricadono sul compratore;
- migliore gestione della produzione, in quanto il fornitore beneficia della disponibilità di maggiori informazioni circa il livello delle scorte e le necessità del cliente; ciò è particolarmente importante se si gestiscono più prodotti con costi di set-up;
- ha l'opportunità di svuotare il suo magazzino, usandolo così per altre funzioni (stoccaggio di materie prime, installazione di ulteriore capacità produttiva, ecc). L'entità di questo vantaggio dipende dai relativi valori del livello S, del tasso di produzione P e della dimensione dell'ordine Q;
- può organizzare le sue campagne di produzione diversamente, essendo meno strettamente collegato alle richieste del compratore.

La riduzione dei costi per entrambe le parti è dovuta anche al fatto che non vi è più la duplicazione delle scorte lungo la supply chain.

Un altro importante vantaggio per l'intera supply chain è la relazione strategica tra acquirente e venditore (come implicito nel CS) che permette di ridurre o eliminare l'effetto bullwhip, cioè l'aumento della variabilità della domanda muovendosi lungo la supply chain.

Tuttavia, la più evidente differenza tra il modello di Hill e l'approccio CS sta nell'ubicazione delle scorte, che nel primo caso sono stoccate preferibilmente presso il magazzino del venditore, mentre nel secondo caso presso quello dell'acquirente, come suggerito dal CS stesso.

Risulta quindi evidente che un ambiente deterministico comporta la performance ottimale del modello di Hill o, in altre parole, una domanda stabile insieme a tempi di attesa prevedibili è a favore di una politica che invochi il mantenimento della merce dove i costi di giacenza risultino più bassi e il trasporto possa essere ritardato fino alla richiesta dei beni stessi.

Comunque, oltre ai benefici che si possono ottenere, è opportuno sottolineare che l'implementazione del CS non è priva di difficoltà, le quali possono anche portare al suo fallimento:

- presenza di obiettivi contrastanti tra i diversi attori della supply chain;
- riluttanza da parte delle aziende a condividere informazioni riservate;
- deve essere disponibile un sistema (spesso telematico) per condividere le informazioni;
- necessità di trovare incentivi per eliminare comportamenti opportunistici.

L'ultimo fattore, in particolare, può essere limitato attraverso lo sviluppo di sistemi di misura della performance, rendendo così più trasparente le responsabilità e gli effettivi contributi dei vari attori del network, oppure mediante la stesura di contratti, limitando così comportamenti conflittuali fra le parti e chiarendo le modalità di implementazione della collaborazione.

Ora analizzeremo l'influenza della variabilità della domanda e dei lead time sulle performance delle due parti. E' però necessario un breve commento sui livelli s e S sui quali compratore e venditore hanno

interessi contrastanti poiché è da essi che dipendono il livello di servizio e il costo corrispondente.

Il venditore:

- proverà a fissare il livello s al valore più basso possibile, in modo da ridurre il costo di scorta di sicurezza che deve lui stesso garantire;
- fisserà il livello S al valore più alto possibile, così da sfruttare la sua capacità produttiva fino al riempimento dei magazzini del compratore.

Il compratore:

- proverà a fissare il livello s al valore più alto possibile, in modo da ridurre la probabilità di esaurimento scorte (sebbene i costi siano a carico del venditore);
- fisserà il livello S il più possibile vicino al livello s , così da ridurre lo spazio occupato e i relativi costi fissi di magazzinaggio.

La figura 3.2 mostra l'interesse contrastante del compratore e del venditore sul livello di scorte minimo e massimo.

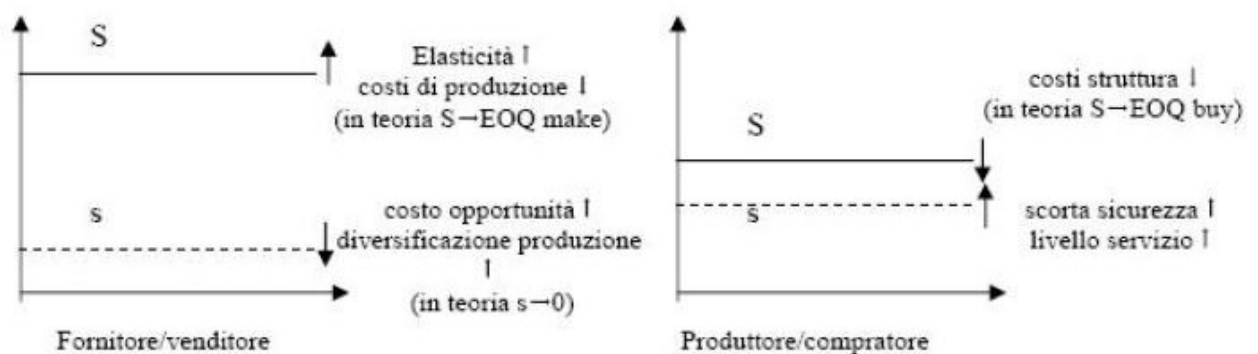


Figura 3.2: Rappresentazione grafica delle posizioni contrastanti di acquirente e venditore

Il bisogno di negoziare i livelli s ed S rappresenta un'opportunità per una collaborazione profittevole tra le parti.

Questa tecnica di gestione delle scorte prevede, comunque, una riorganizzazione dei magazzini, infatti:

- un'applicazione radicale del CS può portare alla totale eliminazione del magazzino presso il venditore (realizzando la soppressione delle scorte accennata all'inizio del paragrafo), dato che si avvale di quello del compratore;
- è richiesta vicinanza tra il magazzino del venditore e le proprie linee di produzione, con l'obiettivo di limitare i costi legati alla movimentazione dei materiali.

Invece, per quanto concerne i contesti applicativi, il CS, utilizzato soprattutto in presenza di un network di vendita internazionale, viene largamente impiegato anche in Italia e trova consensi sia nella piccola che nella grande impresa. Il settore industriale tipico in cui viene applicato è quello dell'automotive.

3.3.2 MODELLO ANALITICO DELLA POLITICA CS

Il modello CS può essere formalizzato analiticamente riportando le diverse voci di costo. Le grandezze in gioco sono le seguenti:

A_1 = costo di set-up per lotto (venditore/fornitore) [€/set-up];

A_2 = costo di emissione dell'ordine (compratore/produttore) [€/ordine];

h_1 = costi di mantenimento in giacenza del venditore per unità e per periodo di tempo [€/prodotto*anno];

h_2 = costi di mantenimento in giacenza del compratore per unità e per periodo di tempo[€/prodotto*anno];

P = tasso di produzione del venditore [unità realizzate/unità di tempo];

D = tasso di domanda del compratore [unità richieste/unità di tempo];

n = numero di spedizioni per lotto di produzione;

q = quantità trasportata per spedizione (moltiplicandola per il numero di spedizioni ottengo la dimensione del lotto $Q = n*q$) [unità];

C = valore medio dei costi totali del sistema per unità di tempo (è in funzione di n e di q) [€].

Come nel modello di Hill, il venditore sostiene costi di set-up e produce secondo lotti. Le spedizioni richiedono diverse operazioni di trasporto, alcune delle quali sono eseguite durante la produzione (Figura 3.3).

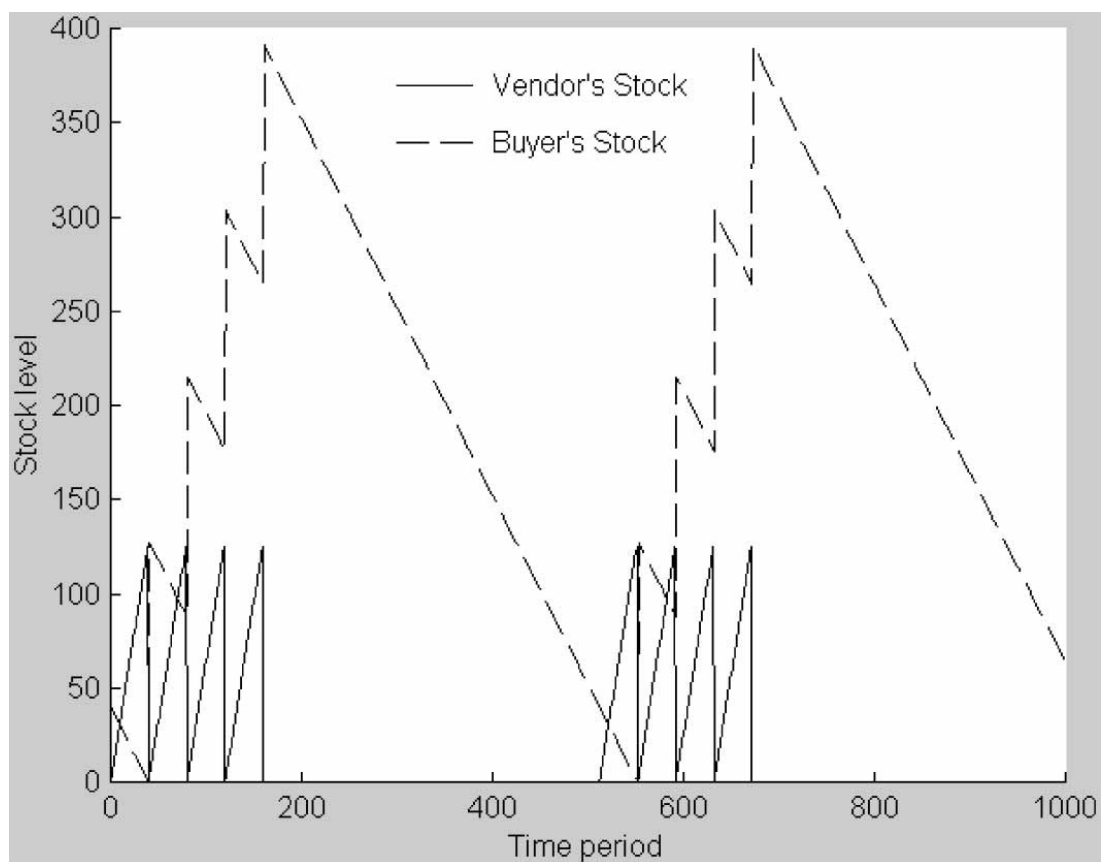


Figura 3.3: livello di scorte presso il compratore e il venditore nel modello CS

Il compratore e/o il venditore sono soggetti ad un costo fisso di emissione dell'ordine e trasporto, che assumiamo indipendenti dalla quantità q che deve essere trasferita. Entrambe le parti sostengono costi di mantenimento in giacenza, sebbene con tassi diversi.

Quando si applica la tecnica del CS nella forma più semplice, le unità sono spedite al compratore ogni volta che il livello di produzione presso il venditore raggiunge la quantità q , ottenendo così il profilo mostrato nella figura 3.3 ($Q = 512$ [unità], $n = 4$ e $q = 128$ [unità]).

Il vantaggio strategico del venditore sta nell'utilizzo dello spazio all'interno del magazzino del compratore. Così, il fornitore ha l'obiettivo di portare il suo livello di scorte al valore minimo possibile, secondo le limitazioni imposte dal livello S . Vari comportamenti sono stati osservati da parte del venditore, ma quello adottato è sicuramente il più significativo e, inoltre, enfatizza il possibile impatto che l'approccio CS ha sulle scorte del compratore. Un'ulteriore peculiarità sull'esempio riportato è che il valore di s è frequentemente fissato a zero.

I costi medi annui del venditore (vendor) sono costituiti da due principali contributi:

$$\text{Costi di set-up: } C_s^v = A_1 * (D / (n * q))$$

$$\text{Costi di stoccaggio: } C_m^v = h_1 * (q * D / (2 * P))$$

Nella formula dei costi di stoccaggio, il contributo $(qD)/(2P)$ è il prodotto tra la quantità media in magazzino, $q/2$, e il tempo D/P durante il quale il livello di scorte del venditore è diverso da zero. I costi del compratore (buyer) sono:

$$\text{Costi di emissione ordine: } C_e^b = A_2 * (D/q)$$

$$\text{Costi di stoccaggio: } C_m^b = \frac{1}{2} h_2 * (n * q - (n-1) * (q/p) * D)$$

Il costo totale di stoccaggio è determinato da h_2 moltiplicato per il livello medio di scorte essendo uguale alla media tra il livello massimo e il livello minimo (zero). I costi totali per il sistema sono dati dalla seguente formula:

$$C = (A_1 + nA_2) \cdot (D/n \cdot q) + h_2 \cdot \left(\frac{D \cdot q}{P} + n \cdot q \cdot \frac{(P - D)}{2 \cdot P} \right) - (h_2 - h_1) \cdot \left(\frac{q \cdot D}{2 \cdot P} \right)$$

e possono essere differenziati rispetto a q e fissando la derivata uguale a zero, ottenendo la quantità ottimale q^* che minimizza i costi totali stessi:

$$q^* = \sqrt{\frac{(A_1 + nA_2) \cdot (D/n)}{h_2 \cdot \left(\frac{D}{P} + n \cdot \frac{(P - D)}{2 \cdot P} \right) - (h_2 - h_1) \cdot \frac{D}{2 \cdot P}}}$$

Il costo minimo totale sarà pari a:

$$C(q^*) = 2 \cdot \sqrt{\frac{(A_1 + nA_2) \cdot (D/n) \cdot \left(h_2 \cdot \left(\frac{D}{P} + n \cdot \frac{(P - D)}{2 \cdot P} \right) - (h_2 - h_1) \cdot \frac{D}{2 \cdot P} \right)}}{}}$$

Il livello di scorte massimo per il venditore è uguale a q , mentre quello del compratore sarà valutato come segue:

$$MAG_{\max}^b = n \cdot q - (n - 1) \cdot \left(\frac{q \cdot D}{P} \right)$$

Secondo il comportamento adottato dal venditore (Figura 3.3), MAG_{\max}^b e il valore di S coincidono o $S > MAG_{\max}^b$.

3.3.3 MODELLO PER LA POLITICA CS NEL CASO DI SPEDIZIONI RITARDATE

L'analisi del modello base del CS evidenzia una possibile inefficienza, data dal valore rilevante che il livello massimo di scorta del compratore può avere, anche se per periodi limitati. Una possibile soluzione è offerta dalla dilazione dell'ultima consegna fino al momento in cui non determinano ulteriori incrementi nel livello massimo appena trovato. La situazione è descritta in figura 3.4, dove R è l'intervallo di tempo introdotto per ritardare l'ultima spedizione.

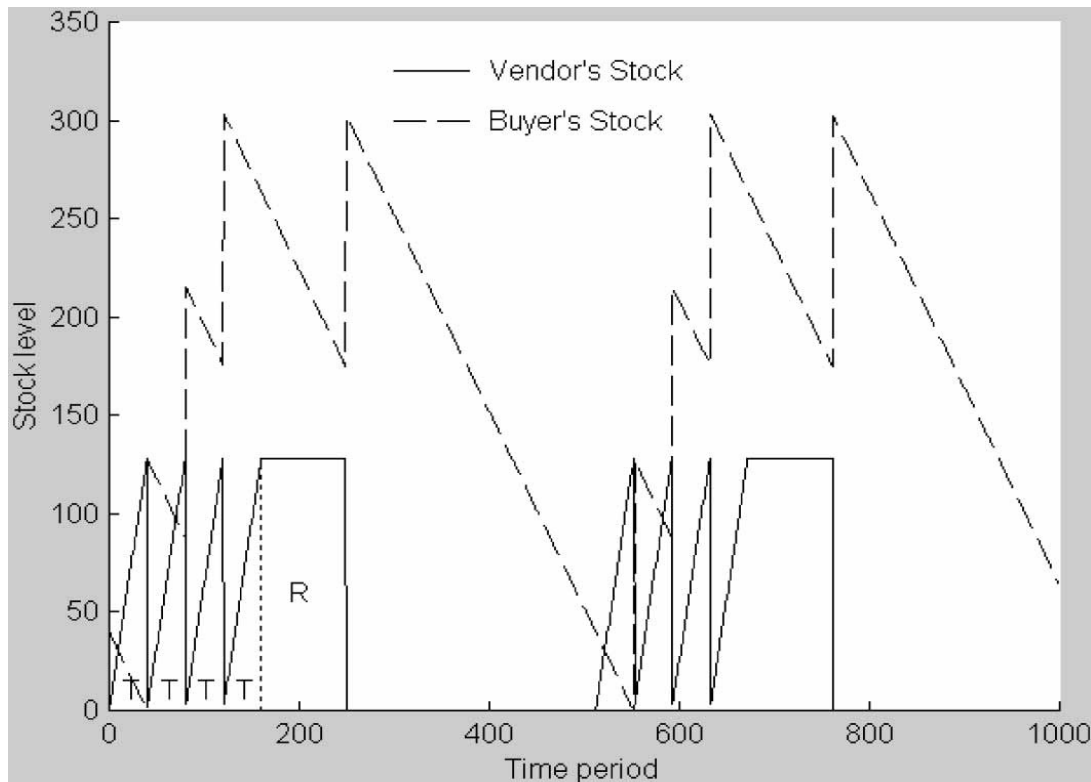


Figura 3.4: livelli di scorta del compratore e del venditore nel caso di dilazione dell'ultima spedizione

I costi medi del produttore sono dati dalla somma di due fattori:

$$\text{Costi di set-up: } C_s^V = A_1^* (D / (n^*q))$$

$$\text{Costi di stoccaggio: } C_m^V = h_1^* (q^*D / (2^*P) + q^* ((P - D) / (n^*P)))$$

dove $(qD)/(2P)$ è il contributo degli n triangoli e $q(P - D)/(nP)$ deriva dall'area corrispondente alla q ritardata. I costi del compratore derivano da:

$$\text{Costi di emissione ordine: } C_e^b = A_2^*(D/q)$$

$$\text{Costi di stoccaggio: } C_m^b = h_2^*(D^*q/P + n^*q^*(P-D)/(2P) - (qD)/(2P) - q^*(P-D)/(n^*P))$$

Ancora una volta, i costi totali del sistema possono essere valutati nel modo seguente:

$$C = (A_1 + nA_2)^*(D/(nq)) + h_2^*((Dq)/P + nq^*(P - D)/(2P)) - (h_2 - h_1)^*((qD)/(2P) + q^*(P-D)/(n^*P))$$

e fissando la derivata a zero, la quantità minima trovata q^* sarà:

$$q^* = \sqrt{ \left[\left((A_1 + nA_2)^*(D/n) \right) / \left(h_2^*(D/P + n^*(P - D)/(2P)) - (h_2 - h_1)^*(D/(2P) + (P-D)/(n^*P)) \right) \right] }$$

offrendo, così, costi totali minimi $C(q^*)$:

$$C(q^*) = 2^*\sqrt{ \left[\left((A_1 + nA_2)^*(D/n) \right) * \left(h_2^*(D/P + n^*(P - D)/(2P)) - (h_2 - h_1)^*(D/(2P) + (P-D)/(n^*P)) \right) \right] }$$

Il livello massimo di scorte del compratore è:

$$\text{Mag}_{\max}^b = (n - 1)^*q - (n - 2)^*q^*(D/P)$$

Il modello presentato può essere considerato come un particolare esempio di un caso più generale, ovvero il modello con k spedizioni dilazionate (CS-k). In questo caso, le relazioni analitiche diventano:

$$\text{Costi di set-up: } C_s^v = A_1 * (D / (n * q))$$

$$\text{Costi di stoccaggio: } C_m^v = h_1 * (q * D / (2 * P) + q * ((P - D) / (n * P)) * (((k + 1) * k) / 2))$$

dove il termine $((k + 1) * k) / 2$ è uguale a $\sum_{j=1}^k j$.

$$\text{Costi di emissione ordine: } C_e^b = A_2 * (D / q)$$

$$\text{Costi di stoccaggio: } C_m^b = h_2 * (D * q / P + n * q * (P - D) / (2P) - (qD) / (2P) - q * ((P - D) / (nP)) * (((k + 1) * k) / 2))$$

I costi totali del sistema saranno dati dalla somma di questi quattro contributi, ottenendo così:

$$C = (A_1 + nA_2) * (D / (nq)) + h_2 * ((Dq) / P + nq * (P - D) / (2P)) - (h_2 - h_1) * ((qD) / (2P) + q * (P - D) / (nP) * (((k + 1) * k) / 2))$$

Ancora una volta, differenziando rispetto q e fissando la funzione ottenuta uguale a zero, si ottiene la quantità ottimale q* che minimizza i costi totali:

$$q^* = \sqrt{[(A_1 + nA_2) * (D/n)] / [h_2 * (D/P + n * (P - D) / (2P)) - (h_2 - h_1) * (D / (2P) + ((P - D) / (nP)) * (((k + 1) * k) / 2))]}$$

e pertanto i costi minimi totali saranno:

$$C(q^*) = 2 \cdot \sqrt{ \left[\left((A_1 + nA_2) \cdot (D/n) \right) \cdot \left(h_2 \cdot (D/P + n \cdot (P - D)/(2P)) \right) - (h_2 - h_1) \cdot \left(D/(2P) + ((P-D)/(nP)) \cdot \left(\frac{(k+1)k}{2} \right) \right) \right] }$$

Infine, il livello massimo di scorte dell'acquirente sarà pari a:

$$\text{Mag}_{\max}^b = (n - k) \cdot q - (n - k - 1) \cdot q \cdot (D/P)$$

sotto l'ovvia condizione $n \geq k$. In particolare, è bene evidenziare che:

- se $k = 0$, si ottiene il modello base del CS;
- se $k = n - 1$, il modello CS- k coincide con l'approccio di Hill, cioè il venditore mantiene l'intera produzione nel proprio magazzino e una quantità uguale a q viene spedita solo quando le scorte del compratore arrivano a zero;
- il costo totale può essere propriamente minimizzato aggiustando n nel caso di singolo compratore e singolo venditore, con capacità di trasporto vincolata.

3.3.4 CASO STOCASTICO

Per migliorare il confronto tra i modelli di Hill e del CS, è stata esaminata una situazione frequente e realistica, cioè il caso della domanda stocastica. E' chiaro che l'approccio di Hill offre i più bassi costi in un ambiente deterministico. Comunque, un ambiente incerto può modificare la situazione e l'approccio CS può risultare molto più profittevole.

Si sa che le incertezze della domanda sono affrontate generalmente utilizzando le scorte di sicurezza e quindi, confrontando le due politiche, possiamo valutare i livelli di servizio. A questo scopo, definiamo:

- il livello di servizio S_L come la frazione attesa di domanda soddisfatta nel periodo considerato. La quantità $(1 - S_L)$ sarà la frazione di domanda persa o arretrata;
- B_{ss} come il numero di unità in ammanco, durante l'intervallo tra due ordini successivi (ciclo) con SS come stock di sicurezza.

L'ampiezza media di ogni ammanco è $E(B_{ss})$ e, di conseguenza, l'ammanco annuo atteso è $E(B_{ss}) * C_a$, dove C_a è il numero di cicli in un anno, e pertanto:

$$1 - S_L = (E(B_{ss}) * C_a) / E(D)$$

dove $E(D)$ è la domanda media annua. $E(B_{ss})$ atteso può essere valutato se la distribuzione della domanda durante il lead time (variabile X) è nota. Se è normalmente distribuita con media $E(X)$ e deviazione standard σ_x , la scorta di sicurezza sarà $SS = y * \sigma_x$ e si determineranno $\sigma_x * NL(y)$ carenze durante il lead time. I valori della funzione normale di perdita sono tabulati (Peterson e Silver 1979) e dunque è possibile valutare $E(B_{ss})$ come segue:

$$E(B_{ss}) = \sigma_x * NL(y) * (SS / \sigma_x)$$

I costi totali del sistema C_t saranno uguali a quelli dei casi deterministici, C_d , più i costi di stoccaggio della scorta di sicurezza, cioè:

$$C_t = C_d + h_2 * SS.$$

Dovrebbe essere enfatizzato il fatto che l'approccio CS implica il controllo diretto delle scorte del compratore da parte del venditore, ciò significa che il costo di emissione dell'ordine A_2 è più basso del caso tradizionale.

CAPITOLO 4

Consignment Stock **in presenza di** **obsolescenza**

Gli effetti dell'obsolescenza dei prodotti devono essere valutati attentamente dal momento che si ripercuotono sui loro proprietari, causando un incremento dei costi totali della supply chain.

In questo capitolo, viene proposto un modello analitico presente in letteratura capace di considerare gli effetti dell'obsolescenza nella supply chain gestita con la politica CS. Il modello CS deterministico con singolo venditore-singolo compratore è utilizzato come base per sviluppare il modello proposto. I risultati dimostrano che gli effetti dell'obsolescenza possono influenzare consistentemente le condizioni ottime globali.

4.1 INTRODUZIONE

Un'ipotesi essenziale dell'intero modello CS è la vita infinita del prodotto. Infatti, il compratore e il venditore determinano produzione, scorte e spedizioni che minimizzano il costo totale medio unitario per unità di tempo, trascurando i costi legati alla vita finita del prodotto, ovvero obsolescenza e durata di conservazione.

L'obsolescenza riguarda il termine di vita definito di un articolo, causato da alcune situazioni contestuali (l'impiego di nuove tecnologie, cambiamenti consistenti del mercato, forte competizione, ecc.), le quali

implicano che la funzione svolta da un componente non è più richiesta, o che esiste un articolo idoneo ad eseguire le stesse funzioni. Al contrario, la durata di conservazione rappresenta il tempo massimo per cui ogni articolo può essere utilizzato o venduto a causa di degenerazioni o perdita delle caratteristiche, indipendentemente dalle situazioni contestuali. Questo capitolo si focalizzerà sulle considerazioni dell'effetto dell'obsolescenza sulla politica CS. L'obsolescenza causa una parziale o totale perdita del valore delle scorte, forzando il compratore e il venditore a deviare dalla dimensione ottimale del lotto, dal livello ottimale di scorta e dalla quantità ottimale delle spedizioni. Molti studi hanno analizzato la dimensione ottimale del lotto per minimizzare i costi di giacenza in presenza di obsolescenza ignorarono, però, il costo totale delle supply chain integrate. In una supply chain gestita con la politica CS, gli effetti dell'obsolescenza sono particolarmente consistenti, dato che il venditore è accusato in parte per il rischio di obsolescenza, a differenza delle altre politiche di rifornimento, in cui solo il compratore sostiene i costi di obsolescenza. Viene, pertanto, presentato un modello capace di gestire gli effetti dell'obsolescenza dei prodotti sul sistema integrato singolo venditore singolo compratore, lavorando con una politica CS. Questo modello è un'estensione dell'approccio trattato nel capitolo precedente e viene applicato al caso di durata di vita limitata, permettendo in questo modo di determinare la quantità ottimale del lotto e delle spedizioni.

4.2 MODELLO ANALITICO PER LA POLITICA CS CON OBSOLESCENZA

Il modello proposto assume il sistema singolo venditore-singolo compratore, in cui il venditore produce in lotti e sostiene costi di set-up, e il compratore consuma ad un tasso fisso. Ogni lotto è inviato al compratore in un numero di spedizioni, alcune delle quali avvengono

quando la produzione è ancora in esecuzione. Il lead time di ogni spedizione è uguale a zero e il modello base assume che le spedizioni avvengano appena le scorte del venditore raggiungono la quantità di spedizione. Il compratore è soggetto ad un costo di emissione dell'ordine fisso e il venditore ad un costo di trasporto fisso, entrambi indipendenti dalla quantità inviata. Entrambe le parti sostengono costi di giacenza proporzionali al tempo, a tassi differenti. Il livello di scorta s è settato a zero.

Il tasso di domanda e quello di produzione del venditore sono considerati entrambi costanti e continui. Inoltre, il tasso di produzione del venditore è assunto più alto di quello di domanda ($P > D$). Una considerazione sul tasso costante di domanda è consistente, dato che le applicazioni industriali attuali della politica CS sono realizzate generalmente per quei prodotti per cui la domanda è abbastanza stazionaria. Difatti, solo in questo caso il venditore può gestire in maniera profittevole la sua produzione adottando un piano finalizzato all'utilizzo di lotti grandi per ridurre i costi di produzione.

I costi di giacenza per unità di tempo sono maggiori per il compratore rispetto al venditore, poiché il valore dell'articolo aumenta quando scende a valle lungo la supply chain come conseguenza dei costi di trasporto e del profitto del venditore.

La figura 4.1 mostra l'andamento del livello delle scorte nel caso di una politica CS come proposta nel capitolo 3. Viene definita una dimensione del lotto $Q = 550$ [unità], un numero di spedizioni per lotto $n = 4$ e una dimensione della spedizione $q = 128$ [unità].

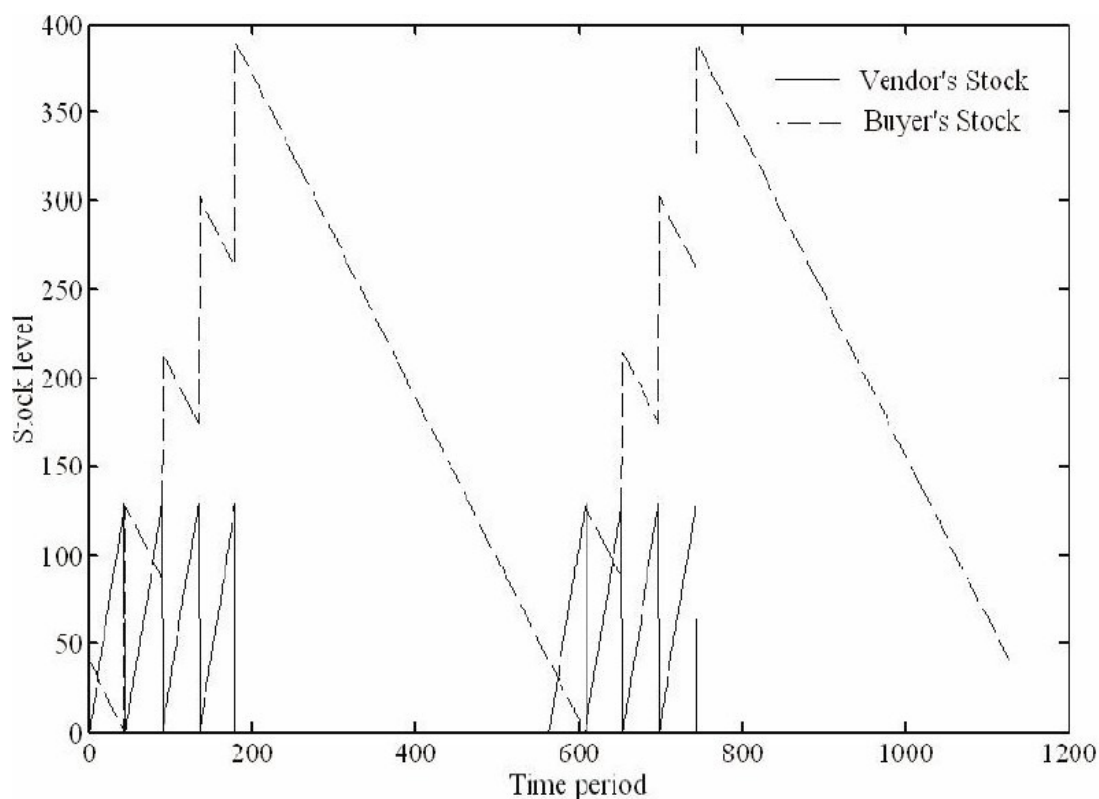


Figura 4.1: Livello di scorte presso il compratore e il venditore nel modello CS (senza obsolescenza)

Il fornitore invia un lotto mediante spedizioni multiple, riducendo il suo livello di scorte al valore migliore possibile. Secondo l'ipotesi di domanda deterministica, si assume che il venditore inizia la produzione quando il livello di scorte del compratore è uguale alla domanda totale durante il periodo di produzione della dimensione del lotto q .

A differenza del comportamento del modello presentato nel capitolo 3, l'obsolescenza del prodotto causa un numero finito di cicli, con una lunghezza uguale a Q/D . Comunque, l'ultimo ciclo può essere incompleto. Un accordo CS permette al venditore di gestire la flessibilità di produzione, con il solo vincolo di assicurare che il livello di scorta del compratore rimanga compreso tra s e S . In caso di obsolescenza, la domanda dell'articolo va a zero e si può vedere un salto nell'andamento della domanda. Questo salto può avvenire durante il periodo di produzione del venditore o in un intervallo di produzione. Nel primo caso, il venditore continuerà la produzione del lotto e la spedizione dei lotti rimanenti, secondo la libertà permessa

dall'accordo di CS, fino a che il livello del compratore è minore o uguale a S . La Figura 4.2 mostra un esempio di questa situazione, dove l'obsolescenza avviene dopo quattro periodi dall'inizio della produzione del venditore.

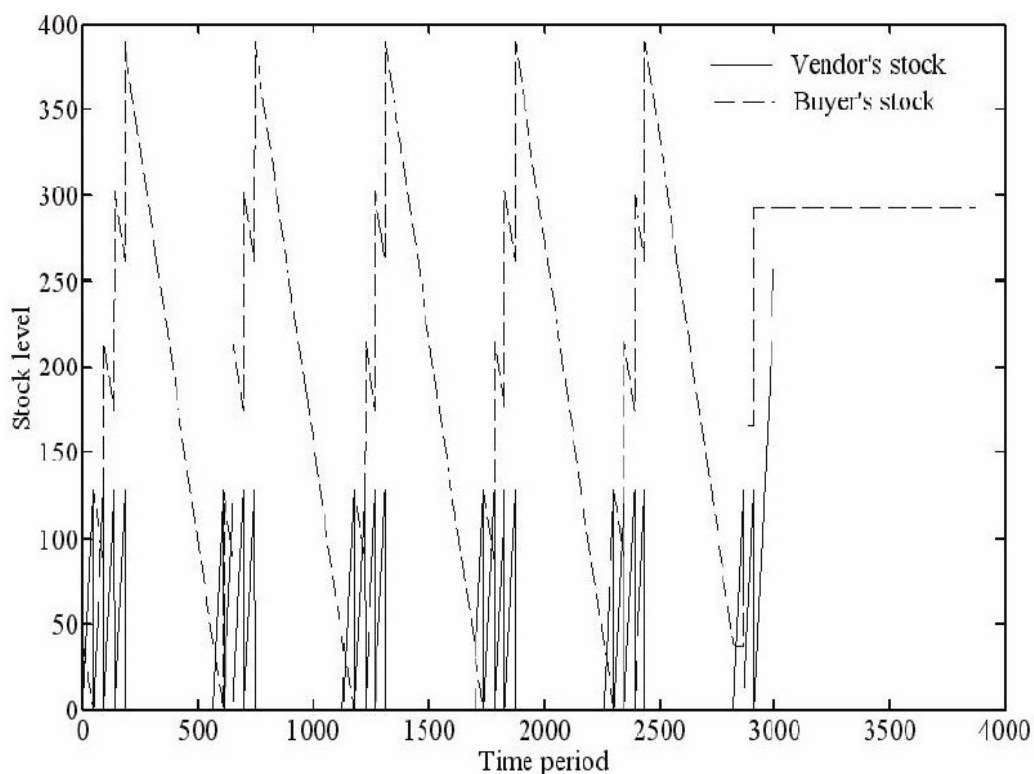


Figura 4.2: Livello di scorta in caso di obsolescenza durante il periodo di produzione del venditore

Il venditore invia i primi due lotti di spedizione, mentre gli ultimi due sono stoccati nel magazzino del venditore perché il livello delle scorte del compratore non può eccedere S . Entrambe le parti sostengono costi di obsolescenza. L'obsolescenza può avvenire durante il periodo di produzione del venditore senza che si manifestino dei costi. Infatti, se la quantità nelle spedizioni rimaste è minore o uguale dello stock residuo disponibile presso il compratore, il venditore può inviare tutta la sua produzione e, conseguentemente, non sostiene costi di obsolescenza.

Nel secondo caso, il venditore ha completato la produzione e la spedizione del lotto prima che si manifestasse l'obsolescenza, e non ha costi aggiuntivi. Al contrario, il compratore dovrebbe pagare i costi

di obsolescenza per gli articoli rimasti. La Figura 4.3 mostra l'andamento delle scorte in una situazione in cui l'obsolescenza si manifesta dopo che la produzione del lotto è terminata.

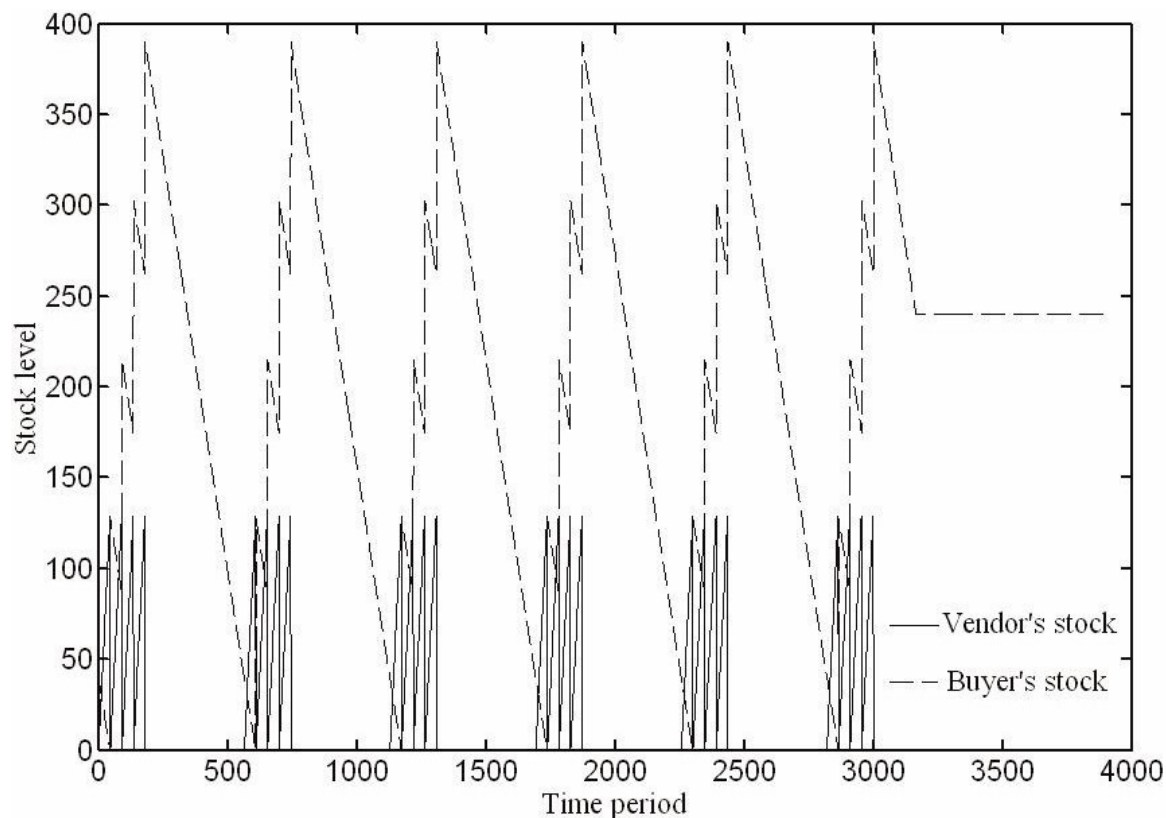


Figura 4.3: Livello di scorta quando si manifesta l'obsolescenza dopo che il venditore ha completato il lotto di produzione.

Per sviluppare il modello, si utilizzano le seguenti notazioni:

A_1 = costo di set-up per lotto per il venditore, 400 [€/set-up];

A_2 = costo di emissione dell'ordine per il compratore, 25 [€/ordine];

C = costi totali medi del sistema per unità di tempo, [€/anno];

c_p = costo di produzione unitario per il venditore, 18 [€/unità];

D = tasso di domanda continuo sostenuto dal compratore, 1.000 [unità/anno];

h_1 = costo di giacenza unitario e per unità di tempo per il venditore, 4 [€/anno];

h_2 = costo di giacenza unitario e per unità di tempo per il compratore, 5 [€/anno];

i = indice di costo del capitale, 20%;

n = numero di spedizioni per lotto di produzione;

n^* = numero di spedizioni non spedite dal venditore, durante l'ultimo lotto di produzione;

P = tasso di produzione continuo del venditore, 2.000 [unità/anno];

p = prezzo unitario pagato dal compratore al venditore, 22 [€/unità];

q = quantità trasportata per spedizione, [unità/spedizione], per cui la dimensione del lotto di produzione è definita come $Q = q \cdot n$;

S = livello massimo di scorta del compratore, [unità];

T = ciclo di vita del prodotto, [anno];

$|x|$ uguale all'intero più piccolo se $x \geq 0$, a 0 se $x < 0$.

Il costo unitario di giacenza h è composto da due componenti principali: una finanziaria h_{fin} e una di stoccaggio h_{stock} . Assumendo i come indice del costo del capitale, il prezzo del prodotto e i costi di produzione dello stesso possono essere calcolati come segue:

$$\text{Prezzo unitario: } p = (h_{1, fin})/i$$

$$\text{Costo unitario: } c_p = (h_{2, fin})/i$$

La relazione tra il livello massimo di scorta del compratore S e la quantità trasportata per spedizione è uguale a:

$$\text{Livello massimo di scorta del compratore: } S = nq - (n - 1) \cdot (qD)/P$$

Per semplificare la formulazione del modello, definiamo t^* come tempo tra l'inizio dell'ultimo lotto di produzione e il manifestarsi dell'obsolescenza:

$$t^* = T - ((TD)/(nq)) \cdot ((nq)/D)$$

dove nq/D è un tempo di ciclo del CS.

Il numero di spedizioni n^* inviate durante l'ultimo lotto di produzione dal venditore sono calcolate come segue:

$$n^* = n - [((nq + (qD/P) - S - Dt^*)/q) + 1]$$

Dove qD/P è il livello di produzione nelle scorte del compratore quando il venditore inizia il lotto di produzione. Quindi, i costi medi annui di set-up, di giacenza e di obsolescenza per il venditore possono essere calcolati come segue:

$$\text{Costo di set-up: } C_s^v = (A_1/T) * [(DT)/(nq) + 1]$$

$$\text{Costo di giacenza: } C_m^v = h_1 * [((q/2) * ((nq/P) * ((TD)/(nq)) + (qn^*/P))) / T]$$

$$\text{Costo di obsolescenza: } C_o^v = (qc_p/T) * (n - n^*)$$

Nella seconda formula, il contributo di $(q/2) * (nq/P) * ((TD)/(nq))$ è il prodotto della quantità media in stock, $q/2$, e il tempo del lotto di produzione, nq/P , e il numero di cicli dell'intero CS durante il periodo di vita del prodotto, $[(TD)/(nq)]$. Il livello di scorta medio nel magazzino del venditore durante l'ultimo ciclo è calcolato considerando il numero n^* di spedizioni inviate al compratore.

Nella terza espressione, i costi di obsolescenza per il venditore sono ottenuti come prodotto tra il numero di spedizioni non inviate al compratore, $(n - n^*)$, e il valore economico di una spedizione, qc_p .

I costi del compratore sono definiti come segue:

$$\text{Costo di emissione ordine: } C_e^b = (A_2/T) * (n (DT/(nq) + n^*))$$

Costo di giacenza:

$$C_m^b = (h_2/T) * [(S/2) * ((TD)/(nq)) * (nq/D) + ((qD)/(2P) * n' + 1/2 n' (n' - 1) * q * (1 - D/P)) * (q/P) + 1/2(2 * (n'q - (n' - 1) * q * (D/P)) - D * (t^* - n'(q/P))) * (t^* - n'(q/P))]$$

$$\text{Costo di obsolescenza: } C_o^b = (p/T) * (qD/P + qn^* - Dt^*)$$

dove n' è il numero di spedizioni inviate dal venditore durante l'ultimo ciclo e prima che si manifestasse l'obsolescenza, definito come segue:

$$n' = \min[(Pt^*)/q, n]$$

Il costo di emissione dell'ordine considera i costi degli ordini fatti durante i cicli interi del CS e il numero di ordini n^* completati nell'ultimo ciclo. Il costo di giacenza è determinato dalla somma del livello medio di scorte durante i cicli interi e il livello medio di scorte nell'ultimo ciclo considerando l'intervallo di tempo tra l'inizio del ciclo e il manifestarsi dell'obsolescenza. Quest'ultimo termine è la somma di due fattori. Il primo rappresenta il livello di scorte medio fino all' n' -esima spedizione, mentre il secondo è il livello medio di scorte che inizia dall'istante in cui l'ultima spedizione viene inviata e arriva all'istante t^* rappresentante il manifestarsi dell'obsolescenza.

I costi totali per il sistema sono determinati dalla somma dei costi del compratore e del venditore:

$$C(q) = C_s^v + C_m^v + C_o^v + C_e^b + C_m^b + C_o^b$$

Dato il numero n di spedizioni per ciclo, il livello massimo ottimale S delle scorte del compratore può essere elaborato utilizzando la relativa formula (descritta nella pagina precedente) una volta che è determinato il valore di q che minimizza i costi totali.

4.2.1 OTTIMIZZAZIONE DI q

A differenza del modello CS “base”, la funzione di costo del modello CS con obsolescenza è caratterizzata da diversi punti discontinui, ognuno dei quali rappresenta un minimo locale della funzione. Quindi, il q che minimizza i costi totali non può essere valutato derivando l'ultima formula presentata nel paragrafo precedente.

Tuttavia, si può notare che tutti i punti di minimo locali per la funzione di costo sono identificati da un'unica condizione di minimo. In particolare, i valori di q che minimizzano i costi totali sono quelli che implicano un valore di t^* tendente ad un tempo di ciclo CS (nq/D). Per quanto riguarda il numero di cicli CS ($TD/(nq)$) nell'intervallo di obsolescenza, l'unica condizione di minimo può essere formulata come segue (Equazione 1):

$$\lim_{t^* \rightarrow nq/D} \frac{T \cdot D}{n \cdot q} = 1 + \left\lfloor \frac{T \cdot D}{n \cdot q} \right\rfloor$$

vale a dire che i punti di minimo sono quelli per cui ($TD/(nq)$) tendono ad un numero intero, cioè (Eq. 2):

$$\left\lfloor \frac{T \cdot D}{n \cdot q} \right\rfloor \rightarrow k, \quad \text{con } k = 1, 2, \dots, +\infty$$

Lemma 1: quando vale l'Eq. 1, $n^* \rightarrow n$.

Prova:

$$n - n^* = \left\lfloor 1 + n \cdot \frac{D}{P} - \frac{D}{q} \cdot t^* \right\rfloor \rightarrow \left\lfloor 1 + n \cdot \frac{D}{P} - n \right\rfloor$$

$$n \rightarrow n^* \Rightarrow \left\lfloor 1 + n \cdot \frac{D}{P} - n \right\rfloor = 0$$

$$\Rightarrow 1 + n \cdot \frac{D}{P} - n < 1 \Rightarrow D < P \text{ verificato.}$$

Lemma 2: quando vale l'eq. 1, $n' \rightarrow n$.

Prova:

$$n' = \min \left\{ \left\lceil t^* \cdot \frac{P}{q} \right\rceil; n \right\} \rightarrow \min \left\{ \left\lceil n \cdot \frac{P}{q} \right\rceil; n \right\} = n \quad \text{essendo } P > D$$

Imponendo la condizione espressa dall'Eq. 1 alla funzione di costi totali (l'ultima formula del paragrafo precedente), è possibile ottenere una funzione di costo discreta che identifica tutti i minimi.

In particolare, l'Eq. 1 può essere riscritta come segue (Eq. 3):

$$\left\lceil \frac{T \cdot D}{n \cdot q} \right\rceil = \frac{T \cdot D}{n \cdot q} - 1$$

e sostituendola nella

$$C(q) = C_s^v + C_m^v + C_o^v + C_e^b + C_m^b + C_o^b$$

si ottiene (Eq. 4):

$$C_{\min}(q) = \frac{1}{T} \left(\frac{T \cdot D}{n \cdot q} \right) \cdot (A_1 + nA_2) + \frac{h_1}{T} \left(\frac{T \cdot D}{n \cdot q} \right) \frac{nq^2}{2P} + \frac{h_2}{T} \left(\frac{T \cdot D}{n \cdot q} \right) \\ \times \frac{1}{2} \left(\left(n \cdot q - (n - 1) \cdot q \cdot \frac{D}{P} \right) \cdot \frac{nq}{D} \right) + \frac{1}{T} \cdot p \cdot q \cdot \frac{D}{P}$$

soggetta al vincolo rappresentato dall'Eq. 2, vale a dire che un'espressione di quella tipologia è valida se e solo se $(TD/(nq))$ tende ad un numero intero. Questo è la ragione per cui l'Eq. 4 rappresenta una serie discreta di punti minimi.

L'Eq. 4 può anche essere riscritta sostituendo $q = (TD/(nk))$, dove l'unica

variabile è k poiché T , D e n sono definite a priori (Eq. 5):

$$C_{\min}(k) = \frac{1}{T} \left[k(A_1 + nA_2) + \frac{1}{k} \left(\frac{h_1}{2} \cdot \frac{T^2 \cdot D^2}{n \cdot P} + \frac{h_2}{2} \times \left(T^2 \cdot D - \frac{n-1}{n} \cdot \frac{T^2 \cdot D^2}{P} \right) \right) + \frac{T \cdot D^2}{n \cdot P} \right]$$

L'Eq. 5 rappresenta la serie dei costi minimi locali come funzione della serie intera $k = 1, 2, \dots, + \infty$. Per elaborare il valore intero di k , che implica il costo minimo assoluto, dovrebbe essere effettuata una ricerca sulla serie rappresentata dall'Eq. 5.

Tuttavia, la ricerca può essere velocizzata affrontando il problema da un punto di vista continuo. In particolare, dato che l'Eq. 5 rappresenta tutti i punti di costi minimo, se si considera una variabile k' continua, invece di una variabile intera k , un'equazione di questo tipo diventa una funzione continua interpolante tutti i punti di costi minimo. Quindi, trovando il minimo assoluto, chiamato k_R' , della funzione continua, possiamo restringere la ricerca del minimo assoluto intero valido a due valori, k_{inf} e k_{sup} , rappresentanti rispettivamente l'intero immediatamente inferiore e superiore di k_R' .

Elaborando i costi in corrispondenza di k_{inf} e k_{sup} , può essere facilmente identificato quello che comporta i costi minimi. k_R' rappresenta il valore di k' che elimina la derivata prima, conservando la condizione di positività della seconda derivata:

$$\left. \frac{\partial C_{\min}(k')}{\partial k'} \right|_{k'=k_R'} = \frac{1}{T} \times \left((A_1 + nA_2) - \frac{1}{(k_R')^2} \left(\frac{h_1}{2} \cdot \frac{T^2 D^2}{nP} + \frac{h_2}{2} \times \left(T^2 D - \frac{n-1}{n} \cdot \frac{T^2 D^2}{P} \right) + \frac{TD^2}{nP} \right) \right)$$

$$\left. \frac{\partial^2 C_{\min}(k')}{\partial (k')^2} \right|_{k'=k'_R} = \frac{2}{T} \times \left(\frac{1}{(k')^3} \cdot \left(\frac{h_1}{2} \cdot \frac{T^2 \cdot D^2}{n \cdot P} + \frac{h_2}{2} \times \left(T^2 \cdot D - \frac{n-1}{n} \cdot \frac{T^2 \cdot D^2}{P} \right) + p \cdot \frac{T^2 \cdot D^2}{n \cdot P} \right) \right)$$

Notare che la derivata seconda è sempre maggiore di zero dato che il termine $(T^2 D - ((n-1)/n) \cdot (T^2 D^2/P))$ è implicitamente positivo. Infatti:

$$T^2 \cdot D - \frac{n-1}{n} \cdot \frac{T^2 \cdot D^2}{P} > 0 \Rightarrow 1 > \frac{n-1}{n} \cdot \frac{D}{P}$$

risulta verificato.

Il valore di k'_R è ricavato come segue:

$$k'_R = \sqrt{\frac{T \cdot D}{2 \cdot n \cdot P} \cdot \frac{h_1 \cdot T \cdot D + h_2 \cdot n \cdot P \cdot T - (n-1) \cdot T \cdot D + 2 \cdot D \cdot p}{A_1 + nA_2}}$$

Una volta che k'_R è determinata, si possono ottenere i valori interi adatti di k :

$$k_{\inf} = \lfloor k'_R \rfloor$$

$$k_{\sup} = \lfloor k'_R \rfloor + 1$$

Sostituendo k_{\inf} o k_{\sup} nell'Eq. 2, è possibile determinare i due valori q_{\inf} e q_{\sup} , che implicano i costi totali minimi (rispettivamente Eq. 6 ed Eq. 7):

$$\frac{T \cdot D}{n \cdot k_{\inf}} \rightarrow q_{\inf}$$

$$\frac{T \cdot D}{n \cdot k_{\sup}} \rightarrow q_{\sup}$$

Le Eq. 6 e 7 restringono la ricerca della q ottimale tra due valori candidati. Per verificare quale tra q_{inf} e q_{sup} implica i costi globali minimi, è bene far attenzione a due aspetti principali, ovvero:

- i valori di q , applicabili nella pratica, devono essere interi;
- la condizione di minimo è un limite.

In particolare, il secondo aspetto implica che q_{inf} e q_{sup} , che implicano i costi minimi, non sono esattamente uguali rispettivamente ai rapporti $(T \cdot D)/(n \cdot k_{\text{inf}})$ e $(T \cdot D)/(n \cdot k_{\text{sup}})$, ma sono più alti in maniera infinitesima.

Concludendo, la q reale applicabile, che implica costi globali minimi, è o il primo intero più grande di q_{inf} o il primo intero maggiore di q_{sup} che implica il valore minimo dell'equazione $C(q) = C_s^v + C_m^v + C_o^v + C_e^b + C_m^b + C_o^b$.

CAPITOLO 5

Il superamento delle ipotesi di base del Consignment Stock

In questo capitolo, i modelli di CS presentati nei precedenti capitoli vengono rielaborati sulla base di due aspetti:

- il sistema prevede un fornitore e due compratori (e non uno soltanto);
- il ciclo di vita del prodotto (T) è indeterminato e il fornitore può fermare la produzione non appena si verifica l'obsolescenza.

Inoltre, verranno considerati due metodi su come affrontare la situazione in caso di prodotti obsoleti (es. il venditore non consegna la merce in caso di obsolescenza e ne sostiene i costi, oppure spedisce il resto dei prodotti al compratore).

5.1 IL MODELLO DEL CS CON UN VENDITORE E DUE COMPRATORI

Il modello precedente viene ora esteso al caso di due acquirenti: acquirente **a** e acquirente **b**.

Oltre alle ipotesi del caso precedente, sono state considerate altre assunzioni di base:

- la domanda dei due compratori è uguale e indipendente, vale a dire che $D_a + D_b = D$;
- i due acquirenti sono nella stessa zona e quindi è possibile trasportare oggetti per entrambi simultaneamente;
- i costi di emissione dell'ordine di costo, di stoccaggio e di acquisto dei prodotti sono gli stessi sia per a che per b.

Verranno impiegati gli apici v , a , b per rappresentare rispettivamente venditore, acquirente a e acquirente b, mentre i pedici s, m, e, o si riferiscono invece rispettivamente al set-up, al mantenimento della merce a magazzino, all'emissione dell'ordine e all'obsolescenza dei prodotti. Le variabili utilizzate nei capitoli precedenti hanno qui lo stesso significato e quindi non vengono ripresentate.

Inoltre, saranno considerate due differenti politiche di trasporto ($C_1 =$ valore medio dei costi totali impiegando la politica 1; $C_2 =$ valore medio dei costi utilizzando la politica 2);

➤ LA POLITICA 1

Il venditore trasporta prodotti a due acquirenti contemporaneamente e la quantità q spedita viene dimezzata fra a e b. La Fig. 3 mostra il livello delle scorte delle due parti con questa politica.

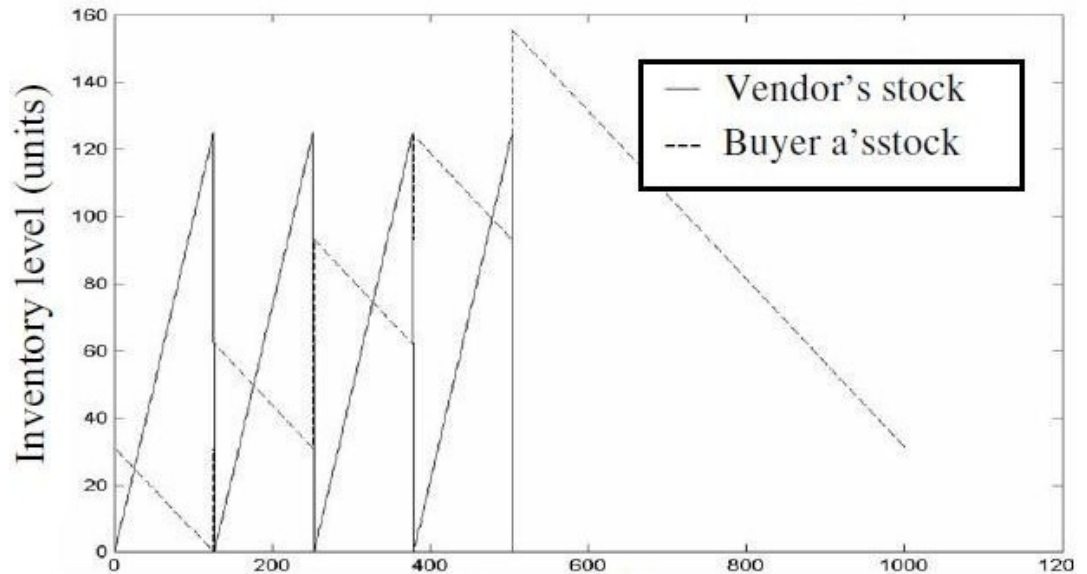


Figura 5.1: Livello delle scorte adottando la politica 1

Nel grafico viene rappresentato un solo compratore, dal momento che due acquirenti hanno lo stesso livello delle scorte. I costi del sistema, a condizione che T sia tempo integrante del ciclo di CS, sono i seguenti:

- per il venditore:

$$C_s^v = (A_1/T) * ((TD) * (nq))$$

$$C_m^v = (h_1/T) * (q/2) * ((TD) * (nq))$$

$$C_o^v = 0$$

- per il compratore a (per b i costi sono i medesimi):

$$C_e^a = (A_2/T) * (n(TD)/(nq))$$

$$C_m^a = (h_2/T) * ((TD)/(nq)) * (nq/D) * 1/2(nq/2 - (n - 1) * (q/P) * (D/2))$$

$$C_o^a = (p/T) * (qD/(2P))$$

Infine, i costi medi del sistema per unità di tempo (Equazione 1) si possono esprimere come segue:

$$C_1 = (1/T)*[(TD/(nq))*(A_1 + 2nA_2) + h_1TD*(q/(2P)) + (h_2/2)*TD*(nq/D - (n - 1)*(q/P)) + pq*(D/P)]$$

➤ LA POLITICA 2

A turno, il venditore trasporta articoli in quantità q ad un solo acquirente. Viene seguita la stessa logica anche per il numero di spedizioni n , di modo che ciascun acquirente riceva $n/2$ spedizioni. La Fig. 4 mostra i livelli raggiunti dalle giacenze seguendo questa specifica politica. Inoltre, possiamo vedere che i quantitativi delle scorte dei compratori crescono alternativamente e quindi il costo totale di emissione dell'ordine è lo stesso del modello ad un compratore. Tuttavia, alla fine di un ciclo di CS, l'acquirente b deve avere scorte di sicurezza più elevate per soddisfare la domanda prima del lotto successivo, con conseguente costi di obsolescenza più alti.

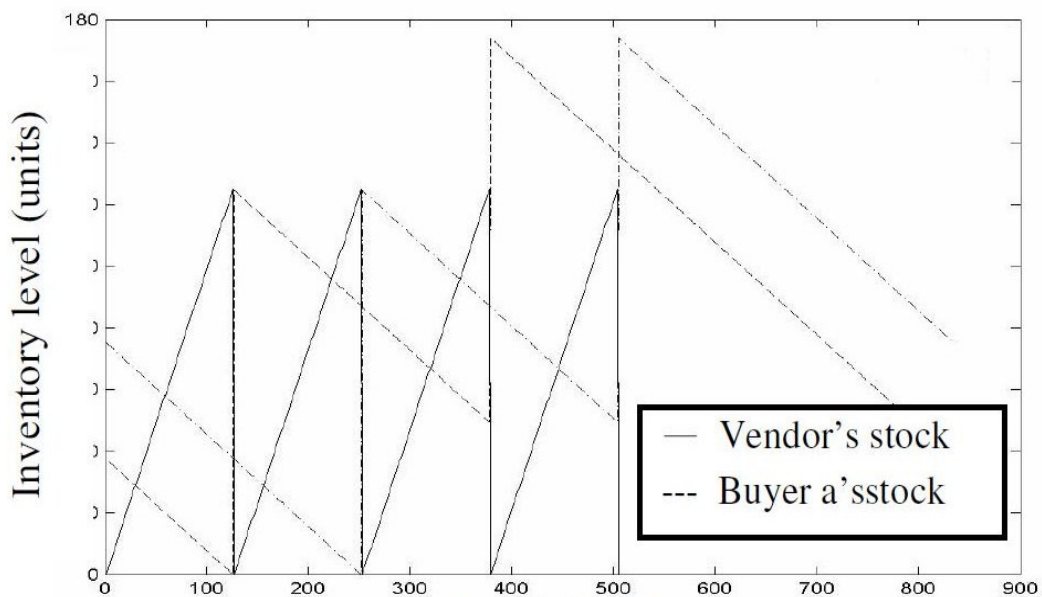


Figura 5.2: Livello delle scorte adottando la politica 2

I costi totali del sistema si possono esprimere come segue:

- per il venditore:

$$C_s^v = (A_1/T) * (TD) * (nq)$$

$$C_m^v = (h_1/T) * (q/2) * (TD/nq) * (nq/P)$$

$$C_m^v = 0$$

- per il compratore a:

$$C_e^a = (A_2/(2T)) * (n(TD)/(nq))$$

$$C_m^a = (h_2/T) * ((TD)/(nq)) * (nq/D) * 1/2 * (q * (n/2) - ((n/2) - 1) * 2 * (q/P) * (D/2))$$

$$C_o^a = (p/T) * (qD/(2P))$$

- per il compratore b: il costo medio di emissione dell'ordine e quello di giacenza sono gli stessi dell'acquirente a, mentre risultano differenti i costi di obsolescenza per unità di tempo:

$$C_o^b = (P/T) * (qP/D)$$

Invece, il costo medio del sistema per unità di tempo (Eq. 2) è:

$$C_2 = (1/T) * [(TD/(nq)) * (A_1 + nA_2) + h_1 TD * (q/(2P)) + (h_2/2) * TD * (nq/D - (n - 2) * q/P) + (3/2) * pq * D/P]$$

5.1.1 CONFRONTO FRA LE DUE POLITICHE

I costi medi totali sono diversi e la differenza è rappresentata da

$$\Delta C = C_2 - C_1$$

Rispetto alla politica 1, la politica 2 accresce i costi di giacenza del compratore di $2(h_2/2) \cdot (QD/P)$ e il costo obsolescenza di $(p/(2T)) \cdot (QD/P)$, mentre riduce il costo di emissione ordine di AD/q . In altre parole, risulta difficile valutare quale tra le due politiche sia la più vantaggiosa basandoci esclusivamente sul fattore ΔC . Un esempio numerico potrebbe aiutare in tal senso. Prima di tutto è necessario trovare i costi totali minimi con q ottima per ognuna delle due politiche, impiegando le formule (Eq. 1) e (Eq. 2):

$$C_1(q^*) = \frac{1}{T} \cdot \min \left(\left(\frac{a_1 TD}{n \left[\frac{TD}{n} \sqrt{\frac{a_1}{b_1}} \right]} + \frac{b_1 n \left[\frac{TD}{n} \sqrt{\frac{a_1}{b_1}} \right]}{TD} \right), \left(\frac{a_1 TD}{n \left[\frac{TD}{n} \sqrt{\frac{a_1}{b_1}} \right]} + \frac{b_1 n \left[\frac{TD}{n} \sqrt{\frac{a_1}{b_1}} \right]}{TD} \right) \right)$$

$$a_1 = \frac{h_1}{2} TD \frac{1}{P} + \frac{h_2}{2} TD \left(\frac{n}{D} - \frac{(n-1)}{P} \right) + p \frac{D}{P}, \quad b_1 = \frac{TD}{n} (A_1 + 2nA_2)$$

$$C_2(q^*) = \frac{1}{T} \cdot \min \left(\left(\frac{a_2 TD}{n \left[\frac{TD}{n} \sqrt{\frac{a_2}{b_2}} \right]} + \frac{b_2 n \left[\frac{TD}{n} \sqrt{\frac{a_2}{b_2}} \right]}{TD} \right), \left(\frac{a_2 TD}{n \left[\frac{TD}{n} \sqrt{\frac{a_2}{b_2}} \right]} + \frac{b_2 n \left[\frac{TD}{n} \sqrt{\frac{a_2}{b_2}} \right]}{TD} \right) \right)$$

$$a_2 = \frac{h_1}{2} TD \frac{1}{P} + \frac{h_2}{2} TD \left(\frac{n}{D} - \frac{(n-2)}{P} \right) + \frac{3}{2} p \frac{D}{P}, \quad b_2 = \frac{TD}{n} (A_1 + nA_2)$$

DATI DI PARTENZA	RISULTATI
$A_1 = € 400$	$C_1(q^*) = € 2787.5$
$A_2 = € 25$	
$h_1 = € 4$	
$h_2 = € 5$	
$p = € 22.5$	
$D = 1000$ (unità/anno)	$C_2(q^*) = € 2911$
$P = 2000$ (unità/anno)	
$T = 2$ (anni)	
$n = 4$ (spedizioni)	

Tabella 5.1: Riepilogo esempio numerico

Come si può notare dalla tabella 5.1, la politica di tipo uno produce un costo totale più basso, almeno con i dati di questo esempio.

Inoltre, sempre con la finalità di paragonare le politiche, sono stati assunti cinque parametri come variabili indipendenti per analizzarne gli effetti sui costi del sistema. I risultati sono mostrati nei grafici a seguire (da fig. 5.3 a fig. 5.7).

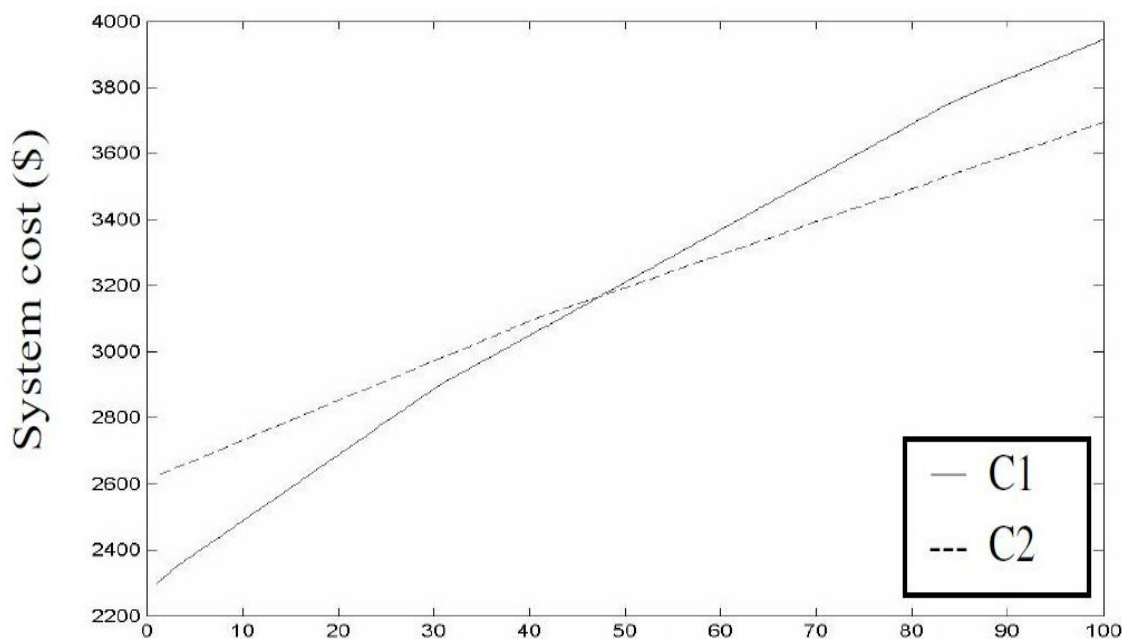


Figura 5.3: Costo di emissione dell'ordine del compratore (€/unità)

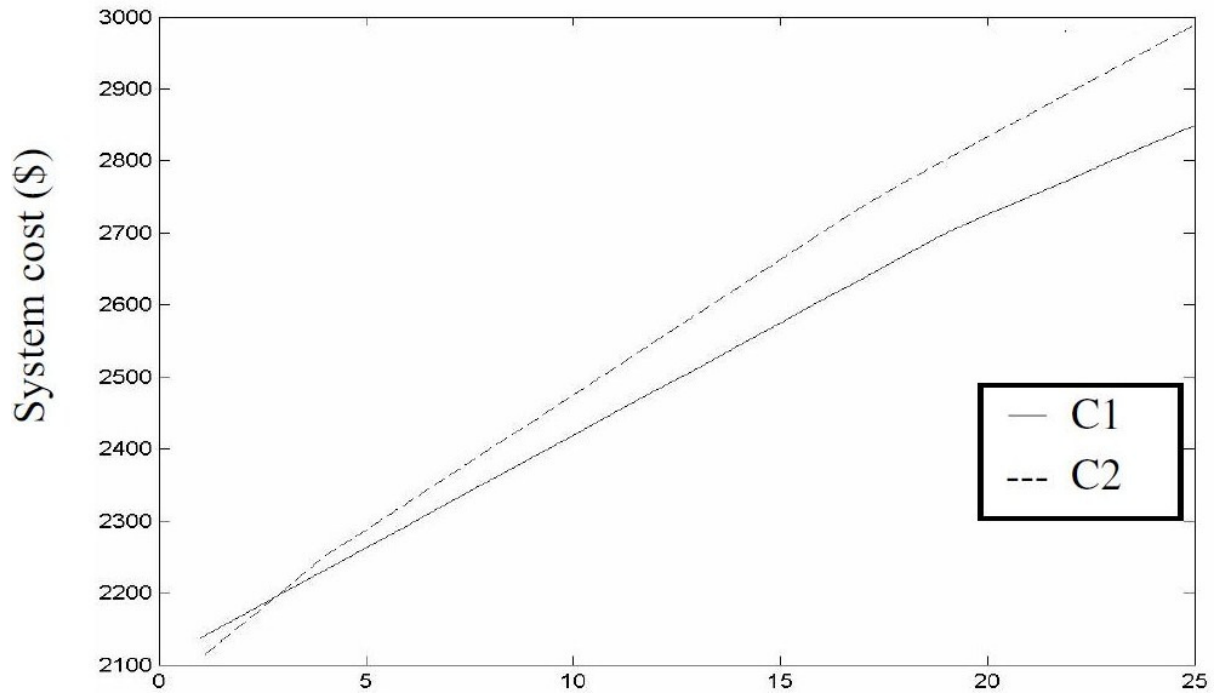


Figura 5.4: Prezzo unitario pagato dal compratore al venditore (€/unità)

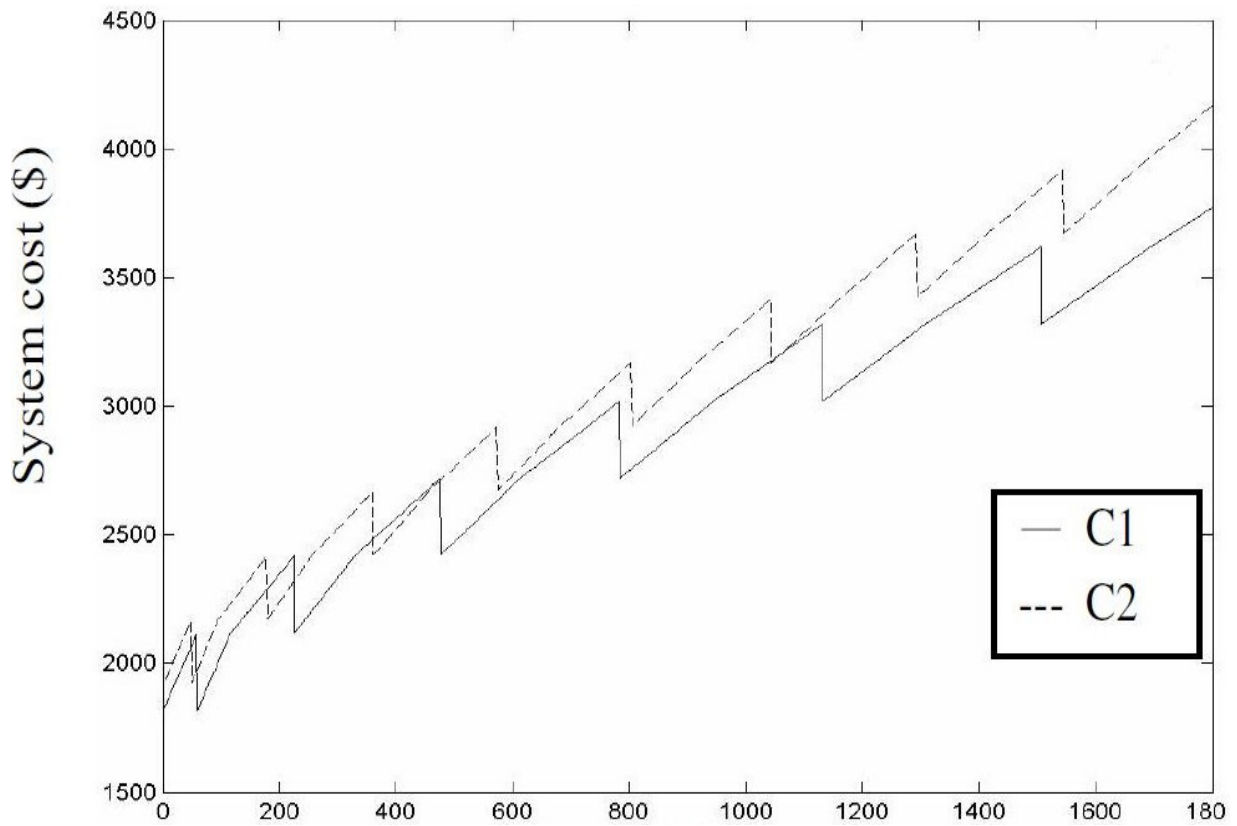


Figura 5.5: Tasso di domanda del compratore (unità/anno)

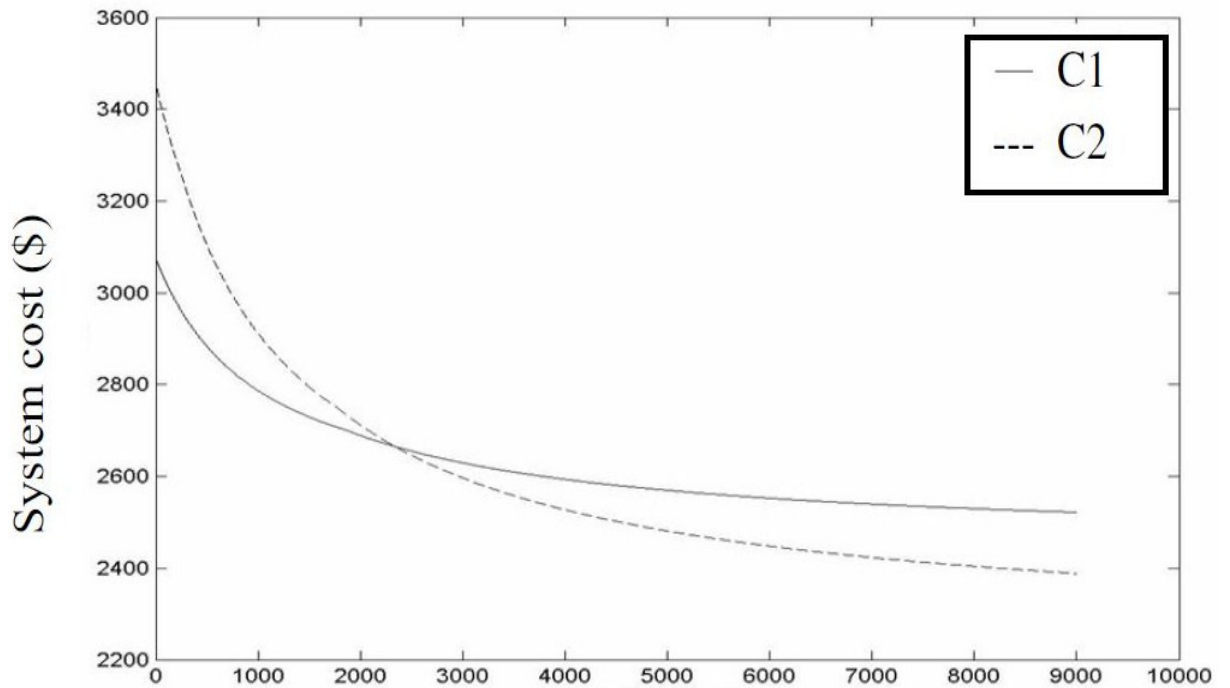


Figura 5.6: Tasso di produzione del venditore (unità/anno)

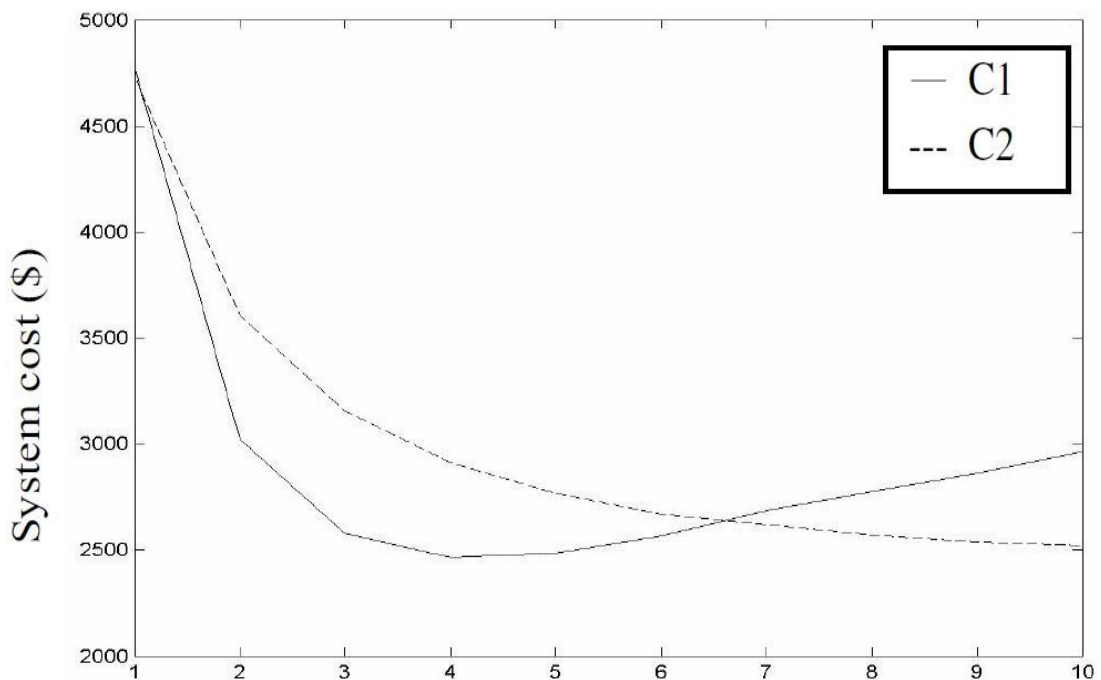


Figura 5.7: Numero di spedizioni per lotti prodotti

I grafici mostrano che nessuna delle due politiche porterebbe ad avere i valori ottimi per tutti i parametri. Pertanto, nell'applicazione pratica, le formule (Eq. 1) e (Eq. 2) potrebbero essere utilizzate per calcolare e confrontare i costi di sistema, se tutti parametri rilevanti sono noti, o

analizzare la tendenza della spesa, qualora uno o più dei cinque fattori sia indeterminato.

Ad ogni modo, una politica di tipo 1 è più conveniente e risulta più facilmente realizzabile nel caso di un modello a più compratori. Infatti, si può ottenere un livello inferiore delle giacenze, quando T è determinato, attraverso la scelta appropriata di q . Invece, nel caso di una politica di tipo 2, si ha il vantaggio di un più efficace controllo dei costi di emissione dell'ordine. Inoltre, il livello delle giacenze può variare senza problemi, riducendo il rischio quando T non può essere previsto.

5.2 IL MODELLO CON T INDETERMINATO

Nel modello di CS ad un compratore e un venditore, il ciclo di vita del prodotto T è determinato e, nel caso in cui si manifesti l'obsolescenza, il venditore non ferma la sua produzione fino a quando un lotto predeterminato non sia completato. Invece, se T risulta essere indeterminato, il costo del sistema dipende principalmente da due fattori:

- la flessibilità di produzione del venditore, cioè se la produzione può essere interrotta immediatamente quando l'obsolescenza si verifica;
- Il trattamento dei prodotti obsoleti, vale a dire se il fornitore consegnerà i prodotti rimanenti all' acquirente dopo l'obsolescenza;

La possibilità di scegliere due valori per ciascuno dei parametri sopra elencati da luogo a quattro casi.

5.2.1 I CASI

Qualora T sia indeterminato e l'obsolescenza possa verificarsi in qualsiasi punto in un ciclo di CS, l'ultimo ciclo risulterebbe incompleto.

Per quanto concerne la flessibilità produttiva, il costo di produzione per ogni elemento deve essere diviso in due parti: fissa e variabile. Il costo fisso di un lotto è legato alle pratiche organizzative di pianificazione e preparazione della produzione e pertanto diventa irrecuperabile se la produzione viene interrotta. Al contrario, i costi variabili insorgono solo nel momento in cui la merce viene prodotta e quindi, se il venditore ferma la produzione, il loro valore si riduce a quanto prodotto del lotto fino a quel punto.

Vengono considerate due modalità di trattamento dei prodotti obsoleti, ovvero il venditore non trasporta i prodotti dopo che l'obsolescenza si è manifestata e sostiene i costi derivanti, se non può fermare la produzione, oppure il venditore, nel caso in cui possa fermare la produzione, trasporta le giacenze rimanenti al compratore, il quale dovrà sostenere i costi di obsolescenza. Il valore residuo dei prodotti obsoleti si suppone che sia pari a zero, altrimenti il venditore sarebbe costretto a sostenere i costi di giacenza dei prodotti da trasportare all'acquirente.

Le notazioni aggiuntive necessarie sono le seguenti:

- C_{p_1} : costo fisso di produzione sostenuto dal venditore (€/articolo);
- C_{p_2} : costo variabile di produzione sostenuto dal venditore (€/articolo);
- $C_p = C_{p_1} + C_{p_2} < p$;
- $t^* = T - (TD/(nq))*(nq/D)$: è la lunghezza dell'ultimo ciclo di CS prima che si manifesti l'obsolescenza;

- $n^* = (Pt^*/q)$: è il numero di spedizioni effettuate nell'ultimo ciclo di CS prima che si manifesti l'obsolescenza;

Sulla base di quanto definito fino a questo punto, verranno analizzati (come già accennato) quattro casi, come mostrato nella tabella 5.2. Le figure dalla 5.8 alla 5.11 mostrano i livelli delle scorte del venditore e dell'acquirente nei quattro modelli.

CASO	PRODUZIONE	SPEDIZIONI
A	<i>ferma</i>	<i>ferme</i>
B	<i>ferma</i>	<i>continuano</i>
C	<i>continua</i>	<i>ferme</i>
D	<i>continua</i>	<i>continuano</i>

Tabella 5.2: 4 casi con T indeterminata

Caso A

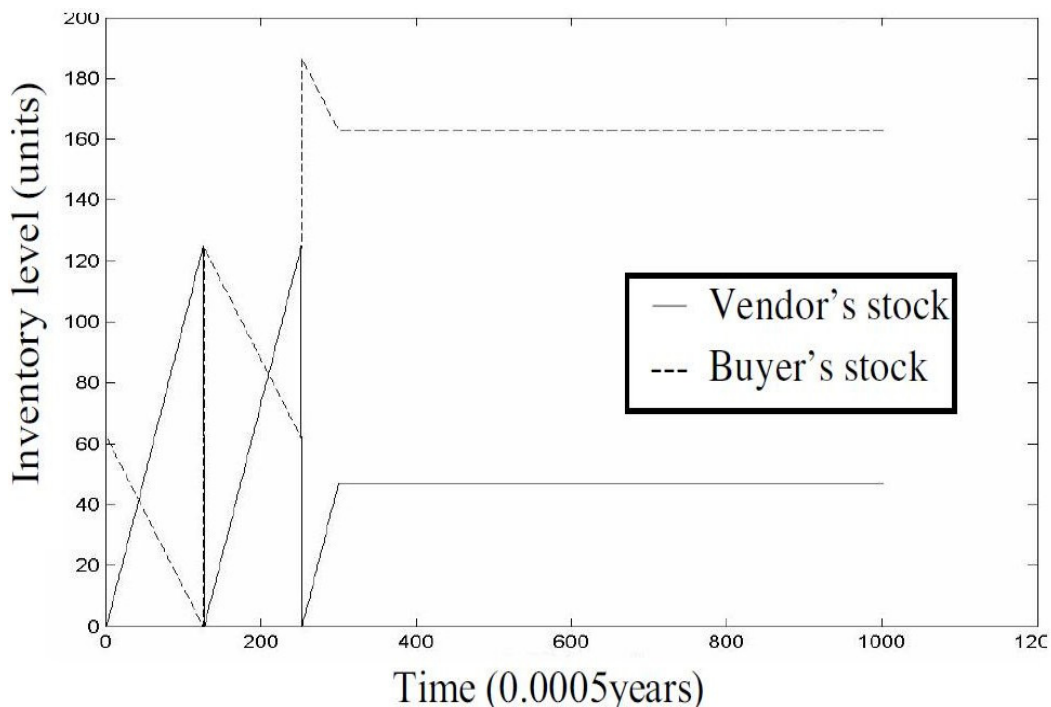


Figura 5.8: Livello delle scorte

$$C_s^v = \frac{A_1}{T} \left[\frac{TD}{nq} + 1 \right]$$

$$C_m^v = \frac{h_1}{T} \left[\frac{q}{2} \frac{nq}{P} \left(\left[\frac{TD}{nq} \right] + \frac{n^*}{n} \right) + \frac{1}{2} (\min(t^*, nq/P) * P - n^*q) \left(\min(t^*, nq/P) - n^* \frac{q}{P} \right) \right]$$

$$C_o^v = \frac{1}{T} [Cp_1 (n - n^*)q + Cp_2 (\min(t^*, nq/P) * P - n^*q)]$$

$$C_e^b = \frac{A_2}{T} \left(n \left[\frac{TD}{nq} \right] + n^* \right)$$

$$C_m^b = \frac{h_2}{T} \left\{ \begin{aligned} & \left[\frac{1}{2} \left[nq - (n-1) \frac{qD}{P} \right] \left[\frac{TD}{nq} \right] \frac{nq}{D} + \frac{1}{2} \left[(n^* - 1)q - (n^* - 2) \frac{qD}{P} \right] \frac{n^*q}{P} \right] \\ & + \frac{1}{2} \left[2 \left(n^*q - (n^* - 1) \frac{qD}{P} \right) - D \left(t^* - n^* \frac{q}{P} \right) \right] \left(t^* - n^* \frac{q}{P} \right) \end{aligned} \right\}$$

$$C_o^b = \frac{p}{T} \left(\frac{qD}{P} + n^*q - Dt^* \right)$$

Caso B

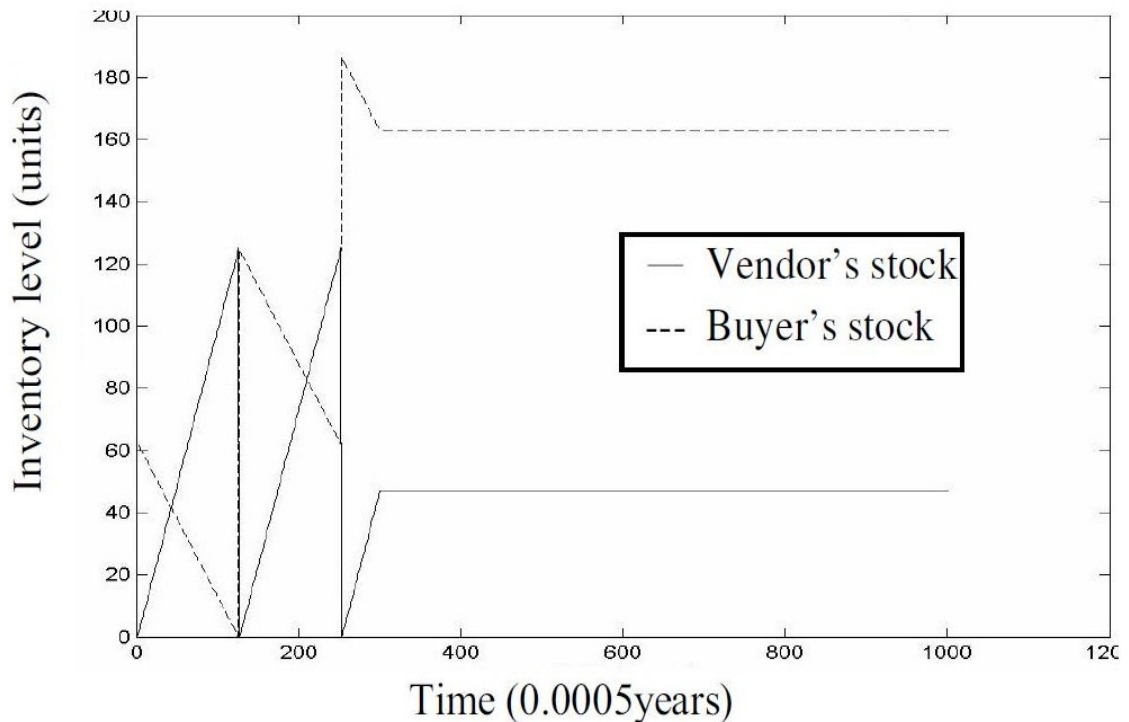


Figura 5.9: Livello delle scorte

$$C_s^v = \frac{A_1}{T} \left[\frac{TD}{nq} + 1 \right]$$

$$C_m^v = \frac{h_1}{T} \left[\frac{q}{2} \frac{nq}{P} \left(\left[\frac{TD}{nq} \right] + \frac{n^*}{n} \right) + \frac{1}{2} (\min(t^*, nq/P) * P - n^*q) \left(\min(t^*, nq/P) - n^* \frac{q}{P} \right) \right]$$

$$C_o^v = \frac{C_{P_1}}{T} (nq - \min(t^*, nq/P) * P)$$

$$C_e^b = \frac{A_2}{T} \left(n \left[\frac{TD}{nq} \right] + n^* + 1 \right)$$

$$C_m^b = \frac{h_2}{T} \left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{2} \left[nq - (n-1) \frac{qD}{P} \right] \left[\frac{TD}{nq} \right] \frac{nq}{D} + \frac{1}{2} \left[(n^* - 1)q - (n^* - 2) \frac{qD}{P} \right] \frac{n^*q}{P} \\ & + \frac{1}{2} \left[2 \left(n^*q - (n^* - 1) \frac{qD}{P} \right) - D \left(t^* - n^* \frac{q}{P} \right) \right] \left(t^* - n^* \frac{q}{P} \right) \end{aligned} \right\}$$

$$C_o^b = \frac{p}{T} \left(\frac{qD}{P} + \min \left(t^*, \frac{nq}{P} \right) * P - Dt^* \right)$$

Caso C

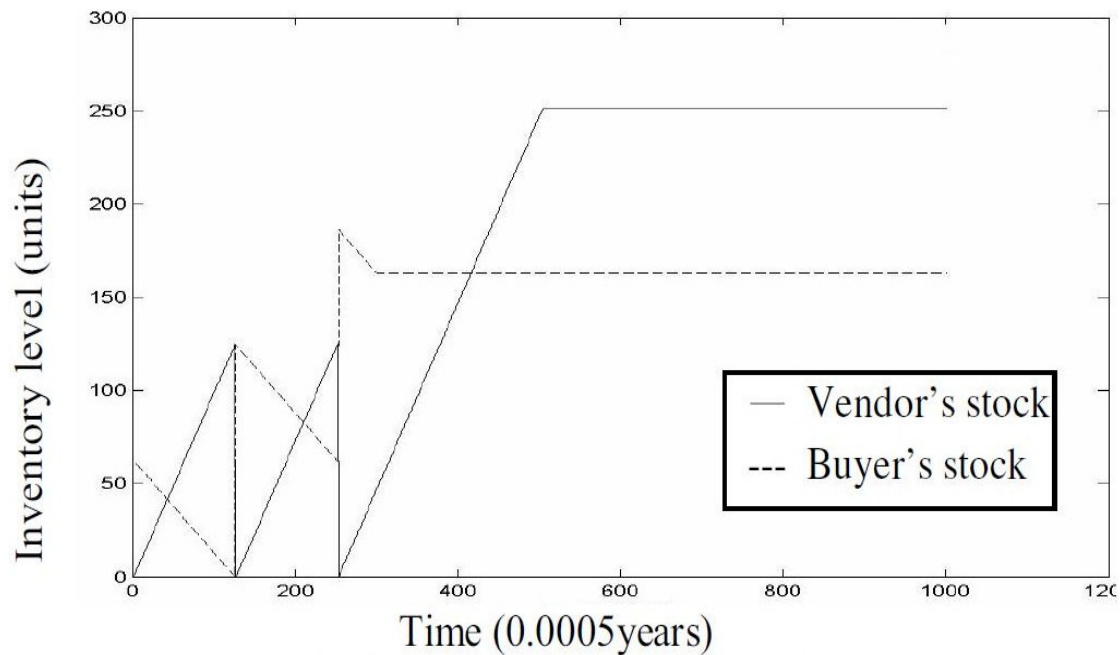


Figura 5.10: Livello delle scorte

$$C_s^v = \frac{A_1}{T} \left[\frac{TD}{nq} + 1 \right]$$

$$C_m^v = \frac{h_1}{T} \left[\frac{q}{2} \frac{nq}{P} \left(\left\lfloor \frac{TD}{nq} \right\rfloor + \frac{n^*}{n} \right) + \frac{1}{2} \left(\min(t^*, nq/P) * P - n^*q \right) \left(\min(t^*, nq/P) - n^* \frac{q}{P} \right) \right]$$

$$C_o^v = \frac{1}{T} (Cp_1 + Cp_2) (n - n^*)q$$

$$C_e^b = \frac{A_2}{T} \left(n \left\lfloor \frac{TD}{nq} \right\rfloor + n^* \right)$$

$$C_m^b = \frac{h_2}{T} \left\{ \frac{1}{2} \left[nq - (n-1) \frac{qD}{P} \right] \left\lfloor \frac{TD}{nq} \right\rfloor \frac{nq}{D} + \frac{1}{2} \left[(n^* - 1)q - (n^* - 2) \frac{qD}{P} \right] \frac{n^*q}{P} \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \left[2 \left(n^*q - (n^* - 1) \frac{qD}{P} \right) - D \left(t^* - n^* \frac{q}{P} \right) \right] \left(t^* - n^* \frac{q}{P} \right) \right\}$$

$$C_o^b = \frac{p}{T} \left(\frac{qD}{P} + n^*q - Dt^* \right)$$

Caso D

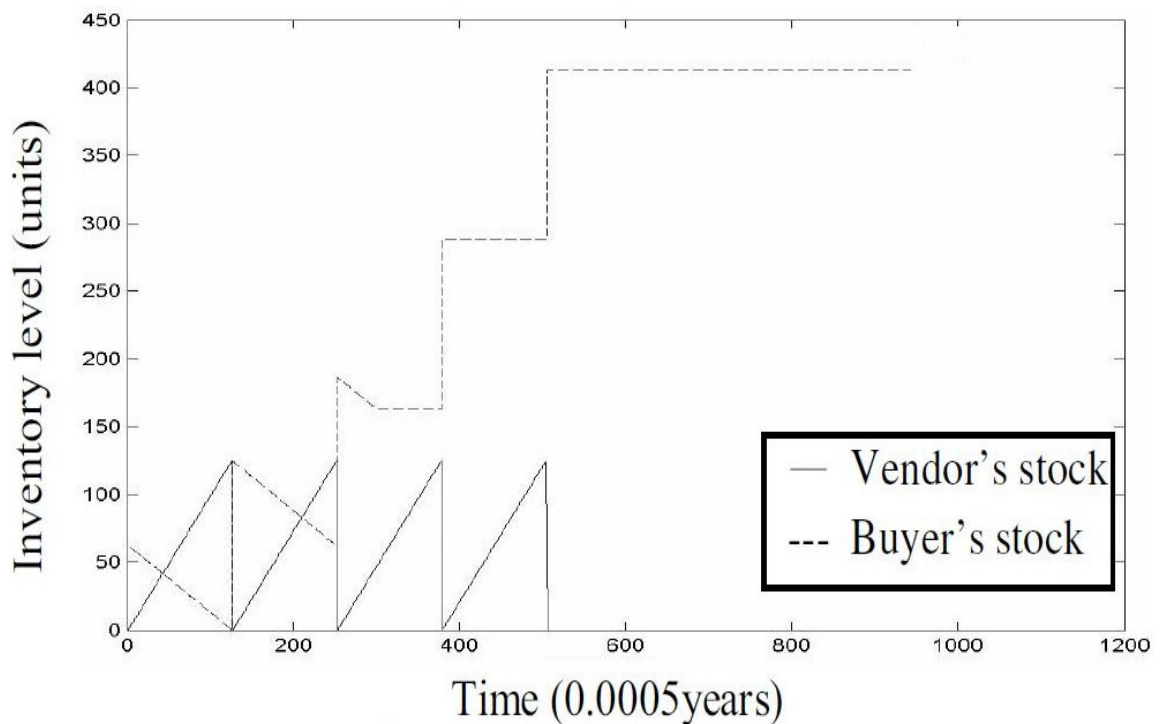


Figura 5.11: Livello delle scorte

$$C_s^v = \frac{A_1}{T} \left[\frac{TD}{nq} + 1 \right]$$

$$C_m^v = \frac{h_1}{T} \left[\frac{q}{2} \frac{nq}{P} \left(\left[\frac{TD}{nq} \right] + 1 \right) \right]$$

$$C_o^v = 0$$

$$C_e^b = \frac{A_2}{T} n \left[\frac{TD}{nq} + 1 \right]$$

$$C_m^b = \frac{h_2}{T} \left\{ \frac{1}{2} \left[nq - (n-1) \frac{qD}{P} \right] \left[\frac{TD}{nq} \right] \frac{nq}{D} + \frac{1}{2} \left[(n^* - 1)q - (n^* - 2) \frac{qD}{P} \right] \frac{n^* q}{P} \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \left[2 \left(n^* q - (n^* - 1) \frac{qD}{P} \right) - D \left(t^* - n^* \frac{q}{P} \right) \right] \left(t^* - n^* \frac{q}{P} \right) \right\}$$

$$C_o^b = \frac{P}{T} \left(\frac{qD}{P} + nq - Dt^* \right)$$

5.2.2 CONFRONTO DEI COSTI TOTALI DEL SISTEMA NEI QUATTRO CASI

È difficile calcolare la q ottimale minimizzando i costi totali, poiché T è indeterminato e pertanto si può solo assumere un valore costante per q e confrontare il costo del sistema nei quattro casi. I parametri Ca, Cb, Cc e Cd, rappresentano i costi totali per i quattro modelli.

Le differenze risultano come segue:

$$C_b - C_a = \frac{1}{T} \left[A_2 + (p - (Cp_1 + Cp_2)) (\min(t^*, nq/P) * P - n^* q) \right] > 0$$

$$C_d - C_c = \frac{1}{T} \left[h_1 \left(\frac{q}{2} \frac{nq}{P} (n - n^*) - \frac{1}{2} (\min(t^*, nq/P) * P - n^* q) \left(t^* - n^* \frac{q}{P} \right) \right) \right. \\ \left. + A_2 (n - n^*) + (p - (Cp_1 + Cp_2)) (n - n^*) q \right] > 0$$

$$C_c - C_a = \frac{Cp_2}{T} (nq - \min(t^*, nq/P) * P) > 0$$

$$C_d - C_a = \frac{1}{T} \left[h_1 \left(\frac{q}{2} \frac{nq}{P} (n - n^*) - \frac{1}{2} (\min(t^*, nq/P) * P - n^* q) \left(t^* - n^* \frac{q}{P} \right) \right) \right. \\ \left. + (p - Cp_1) (nq - \min(t^*, np/P) * P) + A_2 (n - n^* - 1) \right] > 0$$

Possiamo vedere che l'arresto sia della produzione sia del trasporto quando si manifesta l'obsolescenza può arginare la crescita dei costi totali. Infatti, fermare la produzione evita costi variabili di produzione e costi di giacenza (nel caso si continuino ad effettuare le spedizioni) dei prodotti obsoleti. Mentre, l'arresto delle spedizioni evita i costi di emissione dell'ordine e i costi di giacenza del venditore (nel caso si continui la produzione).

Ora verrà analizzata numericamente la relazione tra i costi del sistema e la durata del prodotto. I parametri C_{p1} , C_{p2} e q assumono rispettivamente i valori di 10 €, 8 € e 128 unità. I risultati sono mostrati in figura 5.12 e in figura 5.13. Dal momento che i grafici del caso A e B, C e D sono abbastanza simili rispettivamente, vengono rappresentati qui solo quelli del caso A e del caso C.

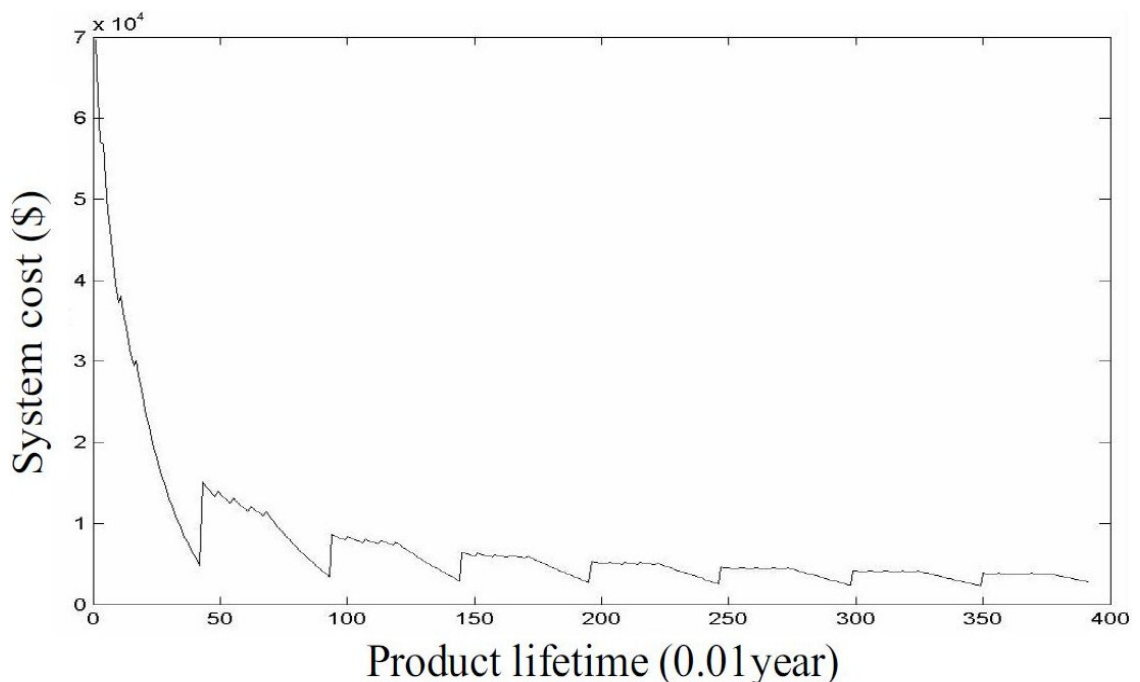


Figura 5.12: Costo medio totale del sistema in funzione del ciclo di vita del prodotto (CASO A)

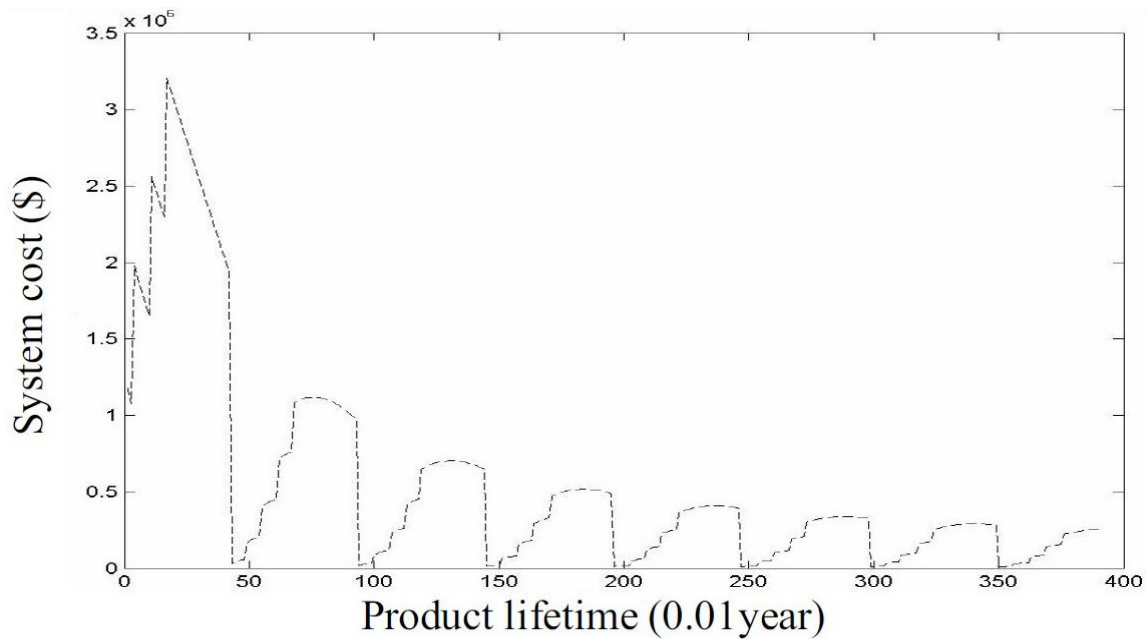


Figura 5.13: Costo medio totale del sistema in funzione del ciclo di vita del prodotto (CASO C)

Dalle figure 5.12 e 5.13 possiamo trarre alcune conclusioni. In primo luogo, i costi di sistema oscillano periodicamente con T e la dinamica è la stessa nella relazione tra i costi del sistema e q (per una determinata T). Ciò è dovuto al fatto che il costo totale ha i suoi punti di minimo locale quando T è integrante del ciclo di CS. In secondo luogo, i costi del sistema diminuiscono con l'aumentare di T . I costi di emissione dell'ordine, di set-up e di giacenza sono positivamente correlati con il numero dei cicli di CS e aumentano con T . Tuttavia, il costo obsolescenza si verifica solo nel l'ultimo ciclo CS e, dipendendo dal momento in cui si manifesta, non aumenterà con T . In questo modo, i costi medi del sistema per unità di tempo diminuiscono grazie alla ripartizione del costo di obsolescenza. Infine, l'ampiezza del costo del sistema è molto più grande nel caso in cui non si arresti la produzione. Infatti, quando l'obsolescenza si verifica durante la produzione, ma questa non viene fermata, i costi legati ai prodotti obsoleti crescono notevolmente. Invece, quando non vengono arrestate le spedizioni, la situazione è migliore, perché i costi obsolescenza rimangono gli stessi

e il punto da chiarire rimane solo quello legato a capire quale parte li dovrà sostenere.

5.3 CONCLUSIONI

I risultati del modello di CS ad un venditore e due compratori mostrano come i costi del sistema, con politiche di trasporto differenti, dipendano dalla domanda, dai parametri di costo e dalle politiche di produzione. In secondo luogo, analizzando la situazione con T indeterminata, si è potuto notare che, con una produzione flessibile e la conservazione dei prodotti obsoleti nel sito del fornitore, si può giungere a costi totali del sistema più bassi.

CAPITOLO 6

Caso Industriale: **Brembo S.p.A.**

Il CS può rivelarsi un'ottima tecnica di gestione dei materiali, ma questo non risolve i problemi di implementazione:

- È il CS la soluzione migliore per ogni articolo?
- Quali sono le forze che determinano i livelli di s ed S?
- Una volta che s ed S sono stati fissati, come fa il fornitore gestire i suoi gradi di libertà acquisiti attraverso il CS?

Per fornire una risposta a queste domande, viene analizzato un caso industriale, che fa riferimento ad una società italiana, la Brembo S.p.A., che produce componenti per il settore automobilistico (sistemi frenanti). L'azienda ha visto una rapida crescita al termine degli anni '90, in quanto ha visto quasi raddoppiare sia il reddito lordo sia il personale. In tempi più recenti, l'azienda è riuscita a realizzare delle industrie in Giappone e a consolidare la propria posizione come fornitore dei più importanti costruttori europei di automobili, veicoli industriali e moto. Inoltre, l'attività aziendale si è rivolta anche al mondo del corse, focalizzandosi opportunamente su precise applicazioni.

La produzione dell'impresa comprende sia prodotti originali sia legati l'aftermarket e le prestazioni ottenute sono state rese possibili grazie all'introduzione di tecniche come il TQM, la produzione Just in Time, il Kaizen, la flessibilità nell'assemblaggio e la motivazione del personale.

Per quanto riguarda gli approvvigionamenti, la società ha recentemente introdotto la tecnica del CS e sono emerse alcune interessanti questioni. La prima è legata alla scelta degli articoli e dei fornitori da inserire nel programma di CS. È molto importante che i suppliers coinvolti nel progetto si dimostrino sin da subito attivi e critici in merito alla natura degli approvvigionamenti (es. quantità fornite, tipologie di prodotti, tecniche di gestione ecc.). Pertanto, il primo step consiste nell'individuare:

- gli articoli più interessanti per la gestione del CS, ad esempio in termini di criticità per le attività di montaggio, di valore strategico per il sistema a cui la componente appartiene ecc. Il risultato di tale analisi deve essere l'identificazione dei fornitori più adatti da contattare;
- sulla base della lista risultante, è necessario procedere alla selezione dei fornitori idonei (ad esempio sulla base del fatturato rispetto alla società, sulle loro prestazioni in materia di garanzia della qualità e sulla stabilità nel tempo di consegna ecc.) per la prima implementazione della politica di CS.

In seguito, un confronto tecnico tra l'azienda e i fornitori è fondamentale per identificare i parametri salienti per gli articoli da fornire nell'ambito della gestione del CS (es. scorte di sicurezza, lead times, metodi di confezionamento, quantità trasportate). Di conseguenza, i livelli minimi e massimi delle giacenze (vale a dire s e S), da garantire nel tempo, sono fissati in comune. Tuttavia, la negoziazione tra le due parti è tutt'altro che semplice e la tabella 6.1 ne riassume i motivi.

	valore di s	valore di S
Supplier	DEVE ESSERE MANTENUTO IL PIÙ BASSO POSSIBILE Rappresenta un capitale "congelato" nel deposito della compagnia che determina costi opportunità	DEVE ESSERE MANTENUTO IL PIÙ ALTO POSSIBILE Rappresenta spazio offerto dall'acquirente al fornitore per stoccare i prodotti, consentendo, di conseguenza, l'incremento della flessibilità produttiva
Company	DEVE ESSERE MANTENUTO IL PIÙ ALTO POSSIBILE Rappresenta una sorta di stock di sicurezza che permette di garantire un maggiore livello di servizio, mentre il suo peso economico è a carico del fornitore	DEVE ESSERE MANTENUTO IL PIÙ BASSO POSSIBILE La motivazione legata alla sua riduzione è dovuta alla necessità di limitare lo spazio occupato nei magazzini dai prodotti, al fine di diminuire le problematiche legate alla loro gestione e manipolazione

Tabella 6.1: Livelli di (s ; S) desiderati dal fornitore e dall'acquirente

Sulla base di quanto descritto finora, risulta ora necessario analizzare il comportamento del fornitore nel campo della gestione delle scorte all'interno del range definito da s ed S . In tal senso, possono essere ipotizzate due situazioni limite.

Nella prima, il fornitore mantiene la sua scorta vicino al valore S o, in alternativa, può riempire il magazzino dell'azienda fino al livello S e di conseguenza attendere l'erosione dello stock, per esigenze di domanda, fino al valore s (Fig. 4).

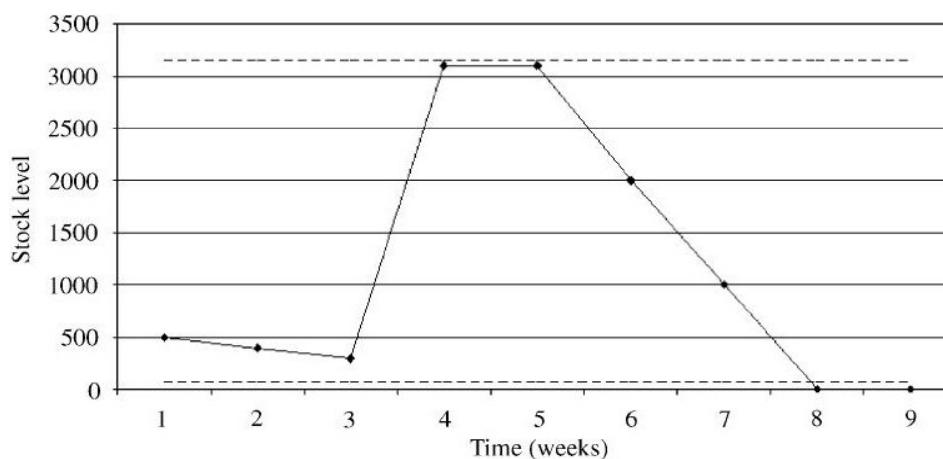


Figura 6.1: Livello delle scorte di un articolo in funzione del tempo (le linee tratteggiate rappresentano s e S)

In questa situazione, il profilo del livello delle giacenze è simile a quello del modello classico di gestione dei materiali, ovvero con punto di riordino fisso e lotto costante (questo fenomeno accade, ad esempio, quando $(S - s) \approx EMQ$). In base alle tabella 3, il fornitore può produrre rispettando i propri EMQ, dato che poi i suoi magazzini vengono liberati, poiché lo spazio viene

fornito dall'acquirente. È possibile capire che, in questi casi, la società ha non pienamente utilizzato il suo potere contrattuale, dal momento che S è relativamente elevato anche se l'elemento non sembra avere alcun valore strategico rilevante, nonostante il suo elevato tasso di consumo.

Nella seconda condizione limite, invece, il fornitore può decidere di mantenere il livello di giacenze del cliente in prossimità del valore s , correndo quindi il rischio di incorrere nella penale legata alla violazione del livello inferiore delle scorte, ma riducendo la sua esposizione economica (es. $EMQ \ll S$). Naturalmente, un comportamento intermedio è rappresentato da suppliers che forniscono quantitativi tali che il valore delle giacenze oscilla tra i limiti s ed S . Questa situazione, descritta graficamente nella Figura 6.2, si riferisce al caso interessante di un componente sottoposto a frequenti e irregolari consegne anche se il consumo è intensivo: la fornitura continua a oscillare all'interno del range definito da s e S , grazie a una flessibilità del volume di produzione e ad un comportamento "piatto" della sua curva caratteristica EMQ.

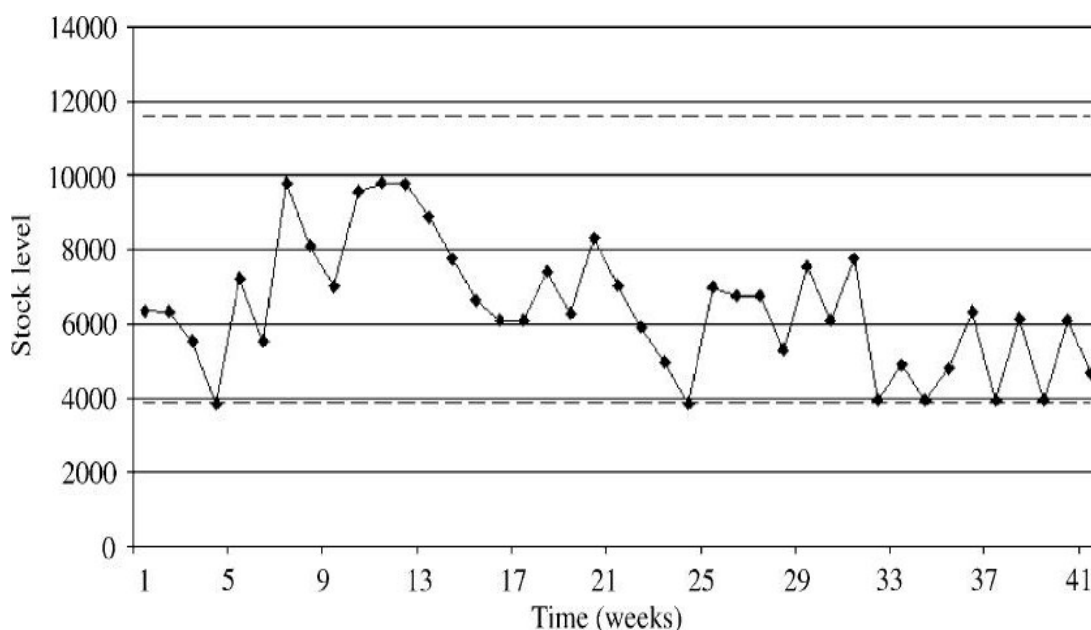


Figura 6.2: Livello delle scorte di un articolo in funzione del tempo (le linee tratteggiate rappresentano s e S)

Anche in questo circostanza, ci può essere il rischio di carenze nelle scorte. La curva mostra il livello delle giacenze di un articolo reale prodotto dall'azienda osservata. Si tratta di un prodotto strategico (questo giustifica l'alto valore di S) fornito da un supplier molto vicino all'azienda e con un

numero elevato di cliente importanti. Infatti, è bene notare che il profilo irregolare della curva di fornitura non è solo il risultato di una serie di fattori legati allo specifico articolo, ma è anche un indice della flessibilità del fornitore nel definire i piani di produzione per rispondere alle esigenze dei clienti. In assenza di determinate e imperative indicazioni del cliente e di precise scadenze, il fornitore ha logicamente un maggiore grado di libertà organizzativa e di gestione delle risorse produttive.

L'articolo trattato pone in evidenza anche un'altra importante variabile nella politica di CS: la dimensione dell'oggetto. Infatti, l'elevato valore di s ed S è anche un indicatore delle ridotte dimensioni della merce. Può sembrare banale, ma questo è un fattore importante che deve essere preso in esame per decidere i livelli delle giacenze.

A tutto questo si aggiunge pure la questione della quantità spedite dal momento che la sua rilevanza è strettamente collegata alla posizione geografica del fornitore rispetto alla localizzazione del cliente. In generale, suppliers lontani mirano a mandare merce fino al livello S (grandi quantitativi trasportati, anche via nave e / o treno), mentre i fornitori vicini (che trasportano piccole quantità di mezzi di trasporto camion locali) possono mantenere le giacenze in prossimità del valore di s e/o adottare un modello di consegne irregolare come mostrato nel grafico descritto in precedenza (Figura 6.2).

Le problematiche non si risolvono tuttavia a quanto mostrato finora, in quanto, nel caso analizzato, ne emergono molte altre:

- gli oggetti da inserire nel programma di CS sono quelli caratterizzati da un consumo costante (approvvigionamento ad “ordine aperto”);
- gli articoli di potenziale interesse per la politica di CS appartengono alla produzione standard, ma sono sottoposti ad un sistema di fornitura ad “ordine chiuso”. Entrando nel programma di CS devono transitare al sistema ad “ordine aperto”;

- devono essere esclusi dalla gestione del CS i prodotti non standard e prototipi (ad esempio, nel caso industriale in esame, gli articoli per i modelli da competizione sono estromessi);
- il s livello minimo può essere definito approssimativamente come la scorta di sicurezza che permette alla società di coprire il fabbisogno di un periodo, la cui durata è funzione del lead time di fornitura.

L'accordo tra l'azienda e il fornitore può includere ulteriori obblighi, quali:

- il rispetto del lead time concordato anche in caso di improvvisi picchi di domanda per l'azienda (se non stabilito diversamente fra le due parti);
- il livello delle scorte di sicurezza che il fornitore dovrebbe mantenere nei propri depositi, tenendo conto del tempo di approvvigionamento della voce in esame. Questo parametro può anche influenzare i valori di s ed S;
- il tipo e la capacità dei pallets per la consegna devono essere uguali o multipli interi dei valori di s ed S. Anche questo parametro è da fissare per interfacciare il CS con il kanban;
- la società può accettare di pagare per le merci nel suo magazzino anche se, dopo una certa quantità di tempo, non l'ha ancora consumata.

Inoltre, va evidenziato come l'accordo finale tra le parti coinvolga generalmente ulteriori questioni, che sono più strettamente collegate all'area legale e fiscale.

A titolo di esempio ne vengono presentate alcune:

- i quantitativi di merce che provocano il superamento del valore di S possono essere rimandati al fornitore senza incorrere in costi di trasporto;
- costi imprevisti possono essere inclusi nel contratto a titolo di penale per il fornitore, se un problema si verifica a causa del mancato rispetto del livello s. La sanzione può essere sufficiente a coprire l'intero danno economico causato all'azienda;
- ogni articolo è di proprietà del fornitore fino a quando la società non lo preleva dal magazzino per la produzione.



Figura 6.2: Impianto frenante Brembo

CAPITOLO 7

Lo scambio informativo

L'informazione ha un valore e quindi un migliore accesso ad essa può ridurre rischi e costi, fornire un supporto alla gestione dei processi e aumentare l'efficienza e le performance delle organizzazioni.

Alcune aziende hanno implementato il CS gestendo lo scambio informativo tramite fax e riunioni tra gli attori del network coinvolti, ma tale sistema può funzionare qualora il numero delle aziende impegnate nell'implementazione sia in numero ridotto. Al contrario, quando il numero delle aziende coinvolte è elevato, una condizione essenziale per il successo della collaborazione è l'impiego di tecnologie che possano supportare lo scambio elettronico di dati e la loro elaborazione. In quest'ottica verranno ora presentati alcune soluzioni informatiche.

7.1 EDI

La tecnologia Electronic Data Interchange (EDI) è nata con l'obiettivo di realizzare lo scambio diretto di documenti "computer to computer" tra aziende (ossia direttamente tra i rispettivi sistemi informativi computerizzati, riducendo al minimo possibile l'intervento, sia operativo che decisionale, di addetti umani) al fine di supportare le relazioni commerciali. In altre parole, l'EDI si configura come una "tecnologia di sistema", che produce servizi di coordinamento nelle connessioni fra catena interna ed esterna del valore, a supporto di processi di networking più allargati.

L'introduzione di un sistema EDI non è soltanto un problema tecnologico in sé, ma apre la strada alla riconfigurazione delle relazioni nella rete dei partner, che presuppone la definizione dei vantaggi reciproci per tutti i partecipanti. Vantaggi che vanno consolidati con appropriate innovazioni organizzative di supporto al progetto telematico di comunicazione interaziendale in oggetto, che richiede un diffuso investimento nell'apprendimento reciproco per un uso efficace. Infatti, i problemi più rilevanti di implementazione di un progetto EDI non risiedono tanto nell'hardware, ma nell'implementazione di adeguate interfacce di comunicazione tra le unità terminali delle applicazioni e naturalmente nella formazione del personale a una gestione interattiva delle relazioni di comunicazione standard. Da questo punto di vista, l'introduzione di sistemi EDI può comportare la creazione di barriere all'entrata (o anche all'uscita) del network di riferimento, non tanto in relazione ai costi diretti, ma alla cultura organizzativa e aziendale prevalenti.

Ogni particolare sistema EDI può avere funzioni diverse che comportano soluzioni tecniche e configurazioni organizzative in parte differenti, in linea generale i flussi informativi interessati dalla tecnologia sono quelli che riguardano i seguenti tipi di documenti:

- documenti commerciali amministrativi e soprattutto ordini elettronici, fatture elettroniche, conferme d'ordine, ecc. L'obiettivo primario è l'automazione delle procedure di gestione del ciclo dell'ordine tra un'impresa cliente e un suo fornitore, al fine di ridurre gli errori, i costi e i tempi di evasione. Si tratta del primo tipo di applicazione EDI realizzata, e tuttora la più diffusa;
- documenti gestionali (piani d'ordine, livello delle scorte, ecc.). Lo scambio di questi documenti in formato elettronico riguarda soprattutto le imprese che intendono coordinare più

efficientemente e più strettamente le proprie attività e i propri processi, in particolare come supporto all'implementazione di sistemi produttivi 'just in time' o di gestione dei materiali, quali VMI, CS, CR ecc. L'implementazione di questo tipo di EDI richiedono generalmente soluzioni tecnicamente e organizzativamente più complesse che nel caso precedente;

- documenti finanziari (ordini di pagamento, note di accredito/addebito, ecc.), necessari per completare l'informatizzazione del ciclo dell'ordine; le applicazioni relative sono meno diffuse e richiedono la connessione tra il sistema informativo di aziende (manifatturiere e/o commerciali) e di banche, il che implica varie difficoltà di interfacciamento e problemi specifici (ad es. protezione dagli accessi, sicurezza nella trasmissione dei dati sensibili, ecc.).

L'EDI ha avuto un certo successo in alcuni settori industriali (tra cui ad esempio il settore automotive, dove lo stesso CS ha trovato largo impiego, la grande distribuzione, la produzione di apparecchi elettronici, la produzione di elettrodomestici, ecc.) che ne sono oggi i maggiori utilizzatori.

7.1.1 FUNZIONI E COMPONENTI

Un tipico sistema EDI è costituito da tre componenti fondamentali:

- a) una rete di comunicazione (ossia di trasmissione dati) per connettere i calcolatori delle imprese comunicanti (comprendente connessioni fisiche, calcolatori per indirizzamento dei messaggi, protocolli e software di comunicazione, ecc.);

- b) i vari software per il trattamento dei messaggi EDI , le cui funzioni riguardano l'invio e la ricezione dei messaggi, e gli interfacciamenti tra la rete di comunicazione e i sistemi informativi interni delle aziende collegate;
- c) le regole di codifica e i formati dei messaggi EDI, ossia i protocolli che definiscono la struttura dei file (in record e campi) e le relative codifiche, per consentirne la lettura e l'elaborazione automatica.

Tali componenti si combinano in un tipico sistema EDI come schematizzato in fig. 7.1, dove si fa riferimento al caso di un messaggio (ad es. un ordine) spedito dall'impresa A all'impresa B:

- il messaggio ha origine da un'applicazione del sistema informativo dell'impresa A, dai cui database interni vengono estratti alcuni dati essenziali (ad es.: codici interni componente, quantità necessarie, date di consegna richieste, ecc.); viene quindi generato un file codificato secondo un formato interno ('flat file'). I software che svolgono queste funzioni devono interfacciarsi con le specifiche applicazioni utente, essere in grado di trattare codifiche e strutture dati interne e integrarsi con i diversi programmi usati nei vari uffici coinvolti (produzione, amministrazione, ecc.);
- il flat file così generato viene tradotto in un linguaggio che possa essere automaticamente interpretato dai calcolatori dell'azienda B (dato che questi ultimi potrebbero non essere in grado di gestire i codici interni dell'azienda A). Tale linguaggio comune è detto standard di messaggio EDI (o semplicemente standard EDI). La funzione di traduzione è operata da un modulo detto EDI converter e il relativo file generato si chiama file EDI . Il

modulo può eseguire anche altre operazioni (gestione dei file EDI, verifica della congruenza dei dati, gestione errori, ecc.);

- una volta convertito in formato EDI, il file contenente il messaggio viene inviato alla rete di comunicazione, che connette i computer delle due aziende. A questo scopo opera un altro modulo, detto communication module.

Il messaggio, affidato alla rete di comunicazione, viene infine trasferito al calcolatore ricevente, dove segue il cammino opposto a quello descritto. Nella maggioranza dei casi la connessione tra i due computer non è diretta, ma passa attraverso diversi calcolatori e server intermedi della rete di comunicazione, dove possono venire svolte altre funzioni e servizi.

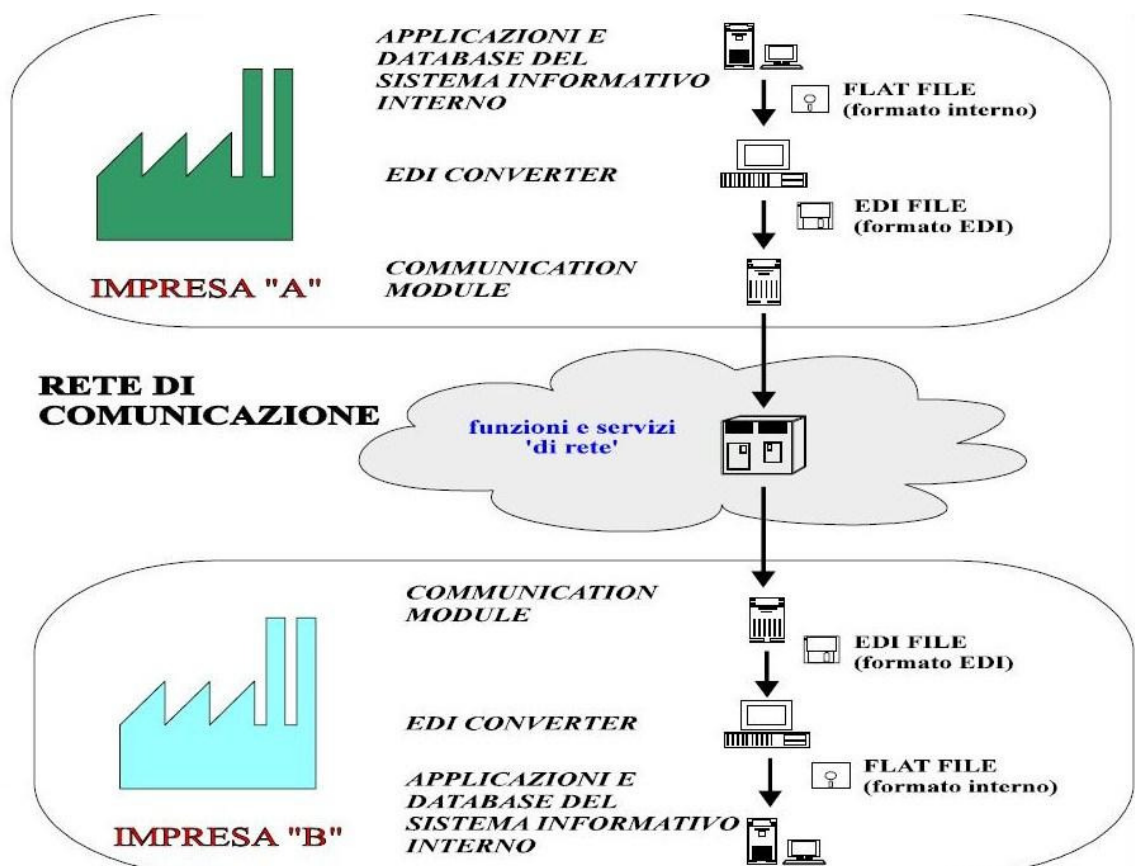


Figura 7.1 Schema di un generico sistema EDI

7.1.2 LA CODIFICA

Per ciascuna entità coinvolta, ad esempio articoli o punti di consegna, è opportuno un chiaro accordo preventivo tra le parti per definire quali codici usare, in modo che ciascun soggetto provveda a caricare le opportune anagrafiche di transcodifica. In sintesi, è necessario risolvere il problema legato alla definizione di standard comuni da utilizzare fra le varie aziende. Infatti, nell'ultima ventina di anni, sono stati avviati vasti progetti allo scopo di definire standard generali, adatti cioè a qualsiasi tipo di utenza (in particolare i progetti EDIFACT per l'Europa e ANSI X 12 per gli USA). Queste iniziative si sono però scontrate con la difficoltà (se non l'impossibilità) a predefinire in anticipo tutte le possibili modalità di scambio informativo tra un generico cliente e un generico fornitore. Considerata la non praticabilità di creare una volta per tutte la "lingua universale" per l'EDI (con tutti i messaggi, le codifiche, e i dizionari dei dati necessari per qualunque tipo di utente), i progetti di standard pubblici sono spesso stati limitati alla creazione di specifici sottoinsiemi (subset). Ossia, in altri termini, hanno portato alla creazione di standard non (completamente) compatibili e adatti per l'uso in specifici settori o gruppi di utenti, ma pur sempre facenti parte di una comune "famiglia" e quindi più simili l'uno all'altro e più facilmente gestibili anche da un utente che abbia bisogno di utilizzarne più di uno per comunicare con partner di settori diversi.

A queste problematiche si aggiunge anche quella correlata alla questione che, per attivare di una conversazione elettronica, oltre alla definizione di un linguaggio comune, è necessario definire un canale condiviso per la trasmissione dei messaggi.

Una delle più naturali soluzioni adottate è la posta elettronica su Internet, che offre essenzialmente due vantaggi:

- la diffusione (è una tecnologia largamente disponibile presso i potenziali partner);

- il basso costo (una casella di posta elettronica su Internet si può ottenere a costo pressoché nullo).

Per contro, un sistema di trasmissione basato su questa modalità non offre nessuna garanzia di effettivo recapito dell'informazione né sulla riservatezza e l'integrità dei dati. La necessità di avere delle garanzie e delle certificazioni delle transazioni, in particolare quelle che comportano la trasmissione di dati fiscalmente rilevanti come le fatture, ha fatto sì che la soluzione tecnica più largamente adottata sia stata quella dei servizi VAN (Value Added Network). Un provider di servizi VAN fornisce un sistema di posta elettronica evoluta che permette di avere garanzie sul recapito, la ricezione, l'integrità e la riservatezza dei messaggi a lui affidati. Provvede, inoltre, all'archiviazione degli stessi, con la possibilità di recuperarli anche a distanza di tempo.

L'adesione ad un servizio VAN consente infine di evitare problemi come lo spamming, tipico dell'e-mail internet, poiché il provider attiva le comunicazioni solo fra soggetti che ne fanno esplicita richiesta.

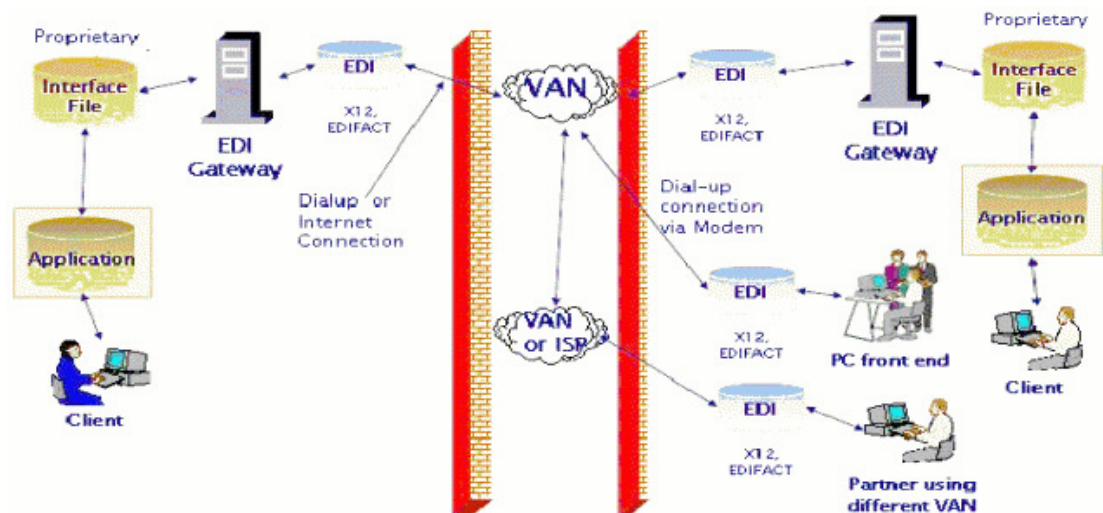


Figura 7.2: Value Added Network

I vantaggi delle reti VAN possono essere quindi così riassunte:

- Sicurezza/riservatezza.
- Certificazione.
- Archiviazione.
- Tracking.

Il vero tallone d'Achille delle soluzioni basate sui VAN è quello dei costi: i provider di servizi VAN tariffano le transazioni al traffico (byte o messaggio) in uscita e spesso anche al traffico in entrata, ed è sempre previsto un canone annuale fisso per l'utilizzo della casella.

Le conseguenze di questa strutturazione sono:

- elevati costi d'ingresso: setup e canone di utilizzo della casella non sono a buon mercato;
- costi di traffico elevati: la tariffazione del traffico ha costi di molto superiori alle tariffe delle telecomunicazioni;
- scarse economie di scala: la proporzionalità tra costi e utilizzo impedisce lo sviluppo di economie di scala per l'adozione di tecnologie EDI.

La soluzione a questi problemi esiste e prende il nome di Internet EDI: sfruttando la tecnologia Internet, le aziende possono implementare l'EDI a costi ridotti, dal momento che non sono costrette ad utilizzare i servizi offerti dalle reti private (VAN) e quindi ad installare specifici software a supporto della comunicazione.

7.1.3 VANTAGGI E SVANTAGGI DEL SISTEMA EDI

Un primo fattore positivo è rappresentato dalla riduzione dei tempi di consumo dell'informazione per l'automazione della gestione dei documenti a partire dal momento dell'emissione/ricezione del documento fino all'attivazione degli applicativi gestionali per l'elaborazione dell'informazione stessa. Questo determina un secondo vantaggio individuabile nell'opportunità di trasferire il costo del personale dedicato da operazioni routinarie legate al trattamento di documenti cartacei (che vengono sostituiti da quelli digitali), verso operazioni a maggior valore aggiunto per l'impresa. Infine, un terzo vantaggio, sempre conseguente all'automazione della gestione dei documenti, è rappresentato dall'eliminazione delle operazioni di data entry e i conseguenti costi relativi alla gestione di eventi quali: smarrimento di documenti, errato inserimento dati, diffusione degli errori mediante processo di duplicazione dei documenti per il trasferimento ai vari livelli dell'impresa.

Gli svantaggi sono invece legati alla necessità di revisionare i processi e i flussi di business, ai costi di implementazione talvolta molto alti e all'impiego di personale specializzato per le operazioni EDI o all'outsourcing delle stesse. Questi limiti, oltre a quelli già citati nel precedente paragrafo (risolvibili solo in tempi recenti con l'impiego di internet), sono stati i principali fattori che, negli anni, hanno frenato la diffusione di soluzioni EDI all'interno della filiera. A tali aspetti negativi si aggiunge anche il fatto che le versioni di EDI che si sono diffuse, sostanzialmente mirate al raggiungimento di elevati livelli di automazione nello scambio e nell'elaborazione dei messaggi, richiedono proprio per questo rigide condizioni di implementazione e pertanto l'uso di questi sistemi si è dimostrato possibile e conveniente solo all'interno di gruppi chiusi di utenti predefiniti e per flussi informativi elevati e altamente standardizzabili e ripetitivi come

contenuto. La difficoltà (o in alcuni casi la mancata realizzazione) di standard comuni e condivisi è stata tipicamente indicata come uno degli ostacoli fondamentali per lo sviluppo e la diffusione della tecnologia EDI.

Ad ogni modo, questa tecnologia si rivela fondamentale per un'adeguata implementazione del CS che, altrimenti, sarebbe conseguibile assai duramente e solo in network dalle dimensioni molto ridotte.

7.2 EPOS

La sigla EPOS (Electronic Point Of Sales) fa riferimento ad una serie di dispositivi elettronici impiegati nel commercio al dettaglio, i quali si basano sulla lettura di un codice a barre presente sul prodotto. Il cliente finale vede solo la restituzione del prezzo dell'articolo come risultato dell'utilizzo dell'apparecchio e la possibilità di effettuare una transazione bancaria, ma, in realtà, gli effetti sono di gran lunga maggiori e spesso fondamentali per grossisti, trasportatori e aziende di produzione. L'EPOS, infatti, consente un efficiente controllo delle giacenze, fornisce una notevole ricchezza di informazioni sul fatturato, la redditività di prodotti diversi, i rapporti di stock e di altri importanti indicatori finanziari e permette, essendo collegato in rete, la trasmissione dei dati sulle vendite (sell-out). In sintesi, questa famiglia di dispositivi può risultare uno strumento importante per implementare e migliorare l'efficienza della politica di CS.



Figura 7.: POS Barcode Scanner

7.3 TECNOLOGIE DI ELABORAZIONE

Le informazioni che vengono condivise dalle aziende devono essere poi elaborate affinché possano fornire un reale valore aggiunto. Esistono pertanto apposite tecnologie in grado di svolgere tale compito. Si tratta di pacchetti software a supporto delle decisioni che prendono il nome di *Decision-Support Systems* (DSS) e possono essere utilizzati in vari campi. Nel momento in cui tali sistemi vengono impiegati per l'elaborazione, produzione e distribuzione nei supply network, sono chiamati più comunemente *Advanced Planning and Scheduling* (APS). In particolare, nell'ambito della gestione dei materiali, le funzioni offerte da questi software sono:

- la previsione della domanda;
- la pianificazione delle spedizioni;
- la pianificazione dei materiali (vengono ricavati i fabbisogni di risorse produttive, cioè materiali e capacità, necessari a soddisfare la domanda dei membri del supply network a valle).

È bene notare che gli APS sono tecnologie che operano offline, poiché prelevano dati dai database aziendali, li elaborano e poi li reinseriscono negli archivi. Per questo motivo si devono interfacciare con i sistemi ERP (*Enterprise Resource Planning*) delle imprese, ovvero con sistemi in grado di supportare tutti i processi e le operazioni aziendali. Questo aspetto dà ovviamente luogo a questioni di vario carattere legate alla compatibilità tra i software.

7.4 CONCLUSIONI

In questo capitolo sono state presentate le tecnologie e le problematiche legate allo scambio informativo e alla necessità di rielaborare le informazioni raccolte. A causa della sua stessa natura di rapporto collaborativo, il CS presuppone molto spesso l'impiego dei sistemi telematici descritti e questo può portare ulteriormente a comprendere come i tempi e le difficoltà legate alla sua implementazione possano dar luogo a lunghe tempistiche e talvolta anche ad insuccessi.

CAPITOLO 8

Esempi numerici e confronto tra modelli

In questo capitolo sono proposti alcuni esempi numerici dei vari modelli di gestione delle scorte visti nei capitoli precedenti. Questi esempi permetteranno poi di effettuare confronti fra i modelli delle varie politiche di CS.

8.1 CONSIGNMENT STOCK “BASE”

Utilizzando i seguenti dati :

$$A_1 = 400;$$

$$A_2 = 25;$$

$$h_1 = 4;$$

$$h_2 = 5;$$

$$P = 3200;$$

$$D = 1000.$$

la formula del costo minimo totale, discussa nel Capitolo 3 (pag. 24) porta al risultato mostrato in figura 8.1, dove sono rappresentate le curve dei costi in funzione di $n = 2, 4$ e 6 e rispetto anche al livello massimo delle scorte S del compratore. Il minimo dei costi totali trovato è pari a 2.034,9 (€/anno).

Questo permette anche di calcolare il costo totale minimo con riferimento al numero di spedizioni. In altre parole, il problema del numero ottimale di spedizioni da eseguire è numericamente risolto, lasciando la sua soluzione analitica ad ulteriori ricerche.

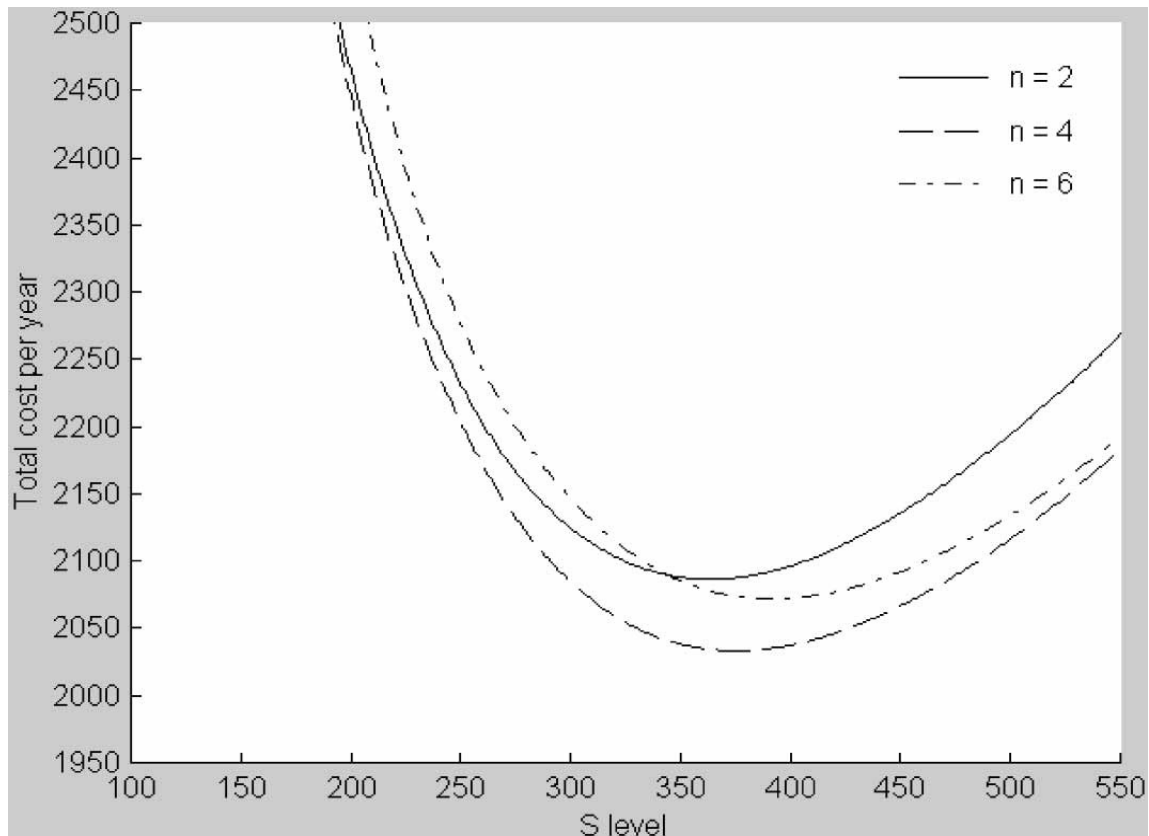


Figure 8.1: Costi totali per la politica CS con differenti valori di n e S

8.2 CONSIGNMENT STOCK CON SPEDIZIONI RITARDATE

Per i valori già assegnati, la tabella 8.1 mostra i costi totali annui al variare del numero di operazioni di trasporto n e al numero delle spedizioni dilazionate k .

Questo approccio numerico è utilizzato in assenza del modello analitico, permettendo l'identificazione del numero di spedizioni che minimizza il costo totale. Per la colonna con $k = 0$, è adottato il modello base del CS. Le altre colonne si riferiscono al modello CS- k .

n	k					
	0	1	2	3	4	5
1	CS, Hill 2305; 369					
2	CS 2088; 364	CS-1, Hill 2012; 224				
3	CS 2039; 369	CS-1 2003; 267	CS-2, Hill 1929; 164			
4	CS 2035; 376	CS-1 2014; 295	CS-2 1970; 214	CS-3, Hill 1904; 131		
5	CS 2049; 384	CS-1 2035; 316	CS-2 2007; 249	CS-3 1963; 181	CS-4, Hill 1903; 110	
6	CS 2073; 392	CS-1 2063; 333	CS-2 2042; 275	CS-3 2011; 216	CS-4 1969; 157	CS-5, Hill 1915; 096

Tabella 8.1: Costi totali e livello di scorta massimo del compratore per differenti valori del numero di spedizioni e forniture dilazionate

E' interessante vedere come il modello di Hill risulti posizionato sulla diagonale principale della matrice. Confrontando i risultati delle quattro politiche (Hill, CS, CS-1 e CS-2) possiamo creare un'ulteriore matrice (tabella 8.2).

	Hill	CS-2	CS-1	CS
Dimensione ottimale del lotto di produzione	550	492	474	492
Numero di spedizioni per lotto	3	3	3	4
Livello massimo di scorte del venditore	352	328	158	123
Livello massimo di scorte del compratore	110	164	267	376
Costi totali annui (€/anno)	1.903	1.929	2.003	2.035
Costi di set-up (€/anno)	725	813	844	813
Costi di trasporto (€/anno)	227	152	158	203
Costi di giacenza del venditore (€/anno)	678	554	244	77
Costi di giacenza del compratore (€/anno)	273	410	757	942

Tabella 8.2: confronto sulle prestazioni delle varie strategie

I casi descritti dai modelli CS-k con $k > 2$ non sono mai stati i migliori (tranne quando coincidevano con la politica di Hill) dato che, per i dati considerati, non offrivano ulteriori miglioramenti rispetto alla politica menzionata.

La figura 8.2 mostra l'andamento dei costi annui in funzione del livello S, cioè il livello massimo di scorte nel magazzino del compratore. E' bene tener presente che il comportamento non regolare delle curve di figura 8.2 è la conseguenza della natura non intera di n.

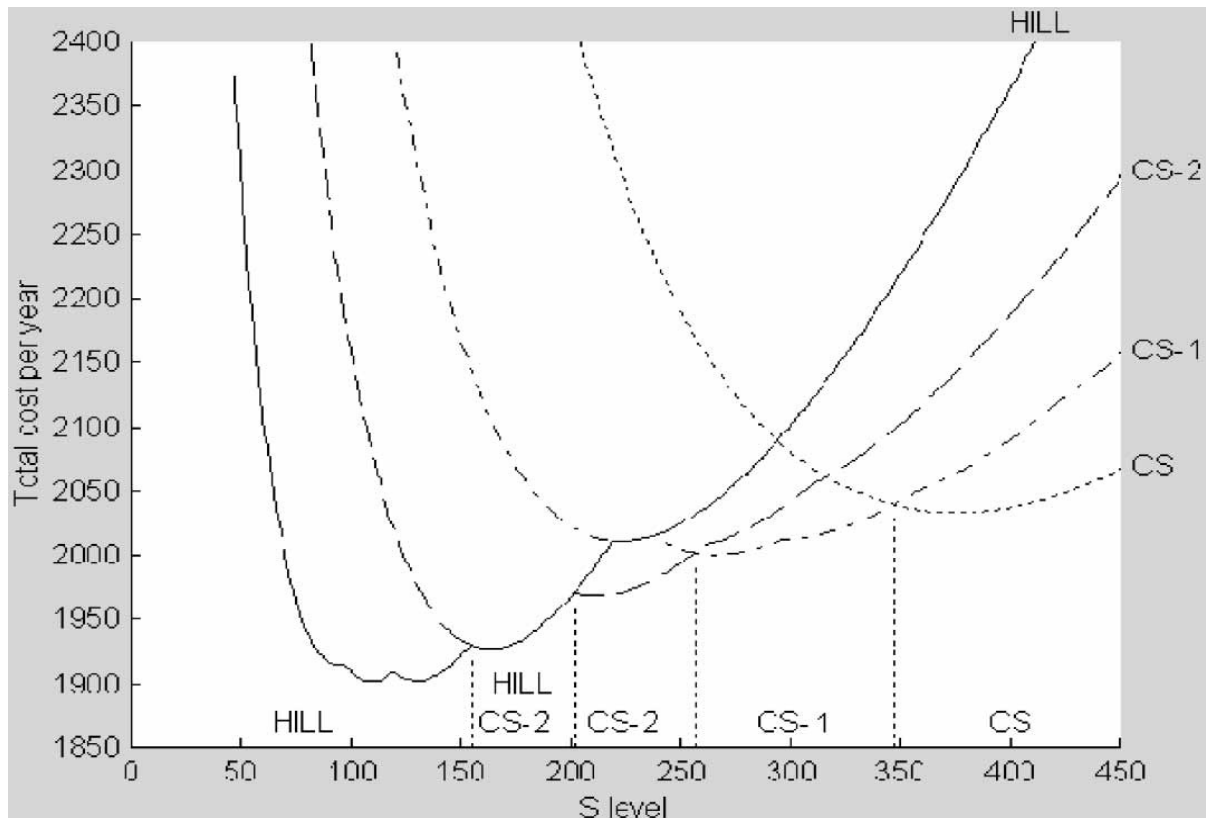


Figura 8.2: Costi totali del sistema per differenti politiche e livelli di S

Senza dubbio, il modello di Hill offre il migliore risultato, cioè il minimo costo totale. Comunque, consideriamo il caso di un compratore che dedica un ampio spazio allo stoccaggio dei materiali, insieme al livello minimo di materiale da mantenere, così da accettare un range (s,S) per il livello di scorte. In questo caso, la figura 8.2 identifica delle aree di convenienza per le differenti politiche CS-k. Così, la motivazione per cui il compratore dovrebbe proporre ed accettare un approccio di questo tipo per la gestione delle scorte è poter far fronte alle fluttuazioni della domanda e/o dei lead time.

8.3 CONSIGNMENT STOCK CON DOMANDA STOCASTICA

Assumiamo come livello di servizio $SL = 99,98\%$ e un lead time di spedizione pari a zero. SL è stato fissato ad un valore irrealisticamente alto per enfatizzare le performance del CS, utilizzando gli stessi dati

forniti all'inizio del capitolo. Comunque, il medesimo effetto potrebbe essere ottenuto con il caso più frequente di combinazione di un livello di servizio più basso e una variabilità della domanda maggiore. Le formule proposte nella sezione 3.3.4 offrono i risultati mostrati in figura 8.3.

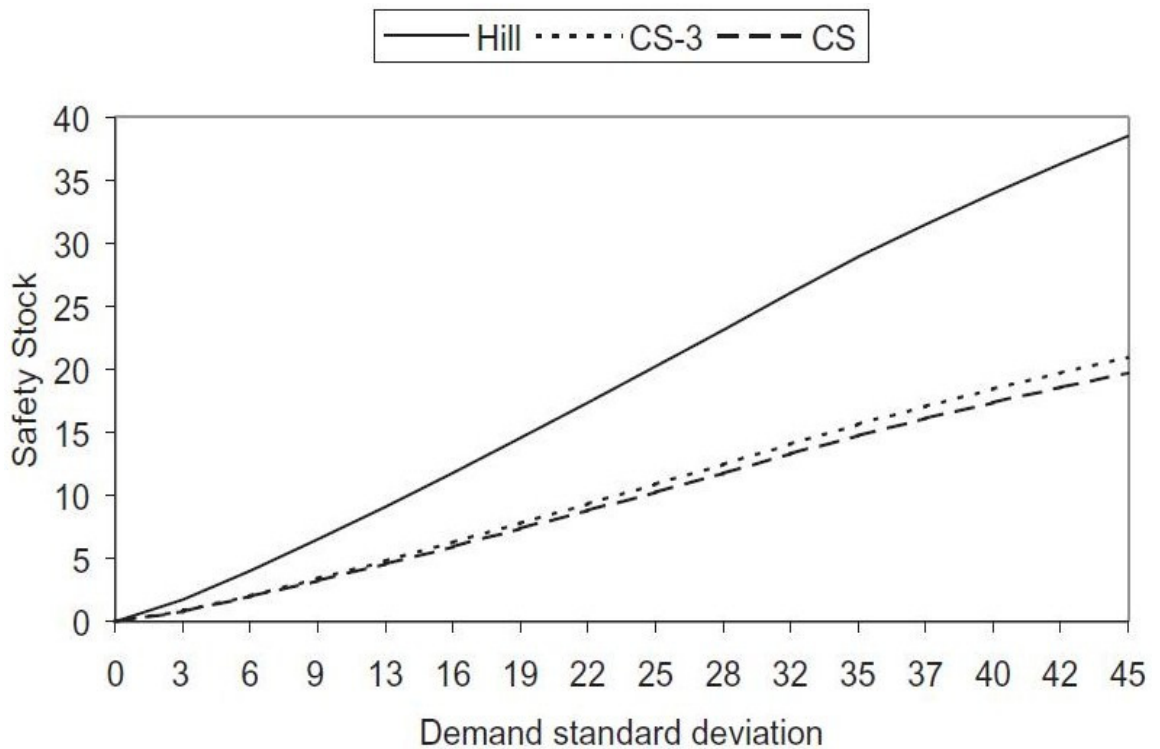


Figura 8.3: Scorte di sicurezza per i differenti modelli e deviazioni standard della domanda

Ad un aumento della deviazione standard assegnata, il modello di Hill richiede un incremento della scorta di sicurezza per garantire il livello di servizio SL. Così, i costi totali crescono (figura 8.4).

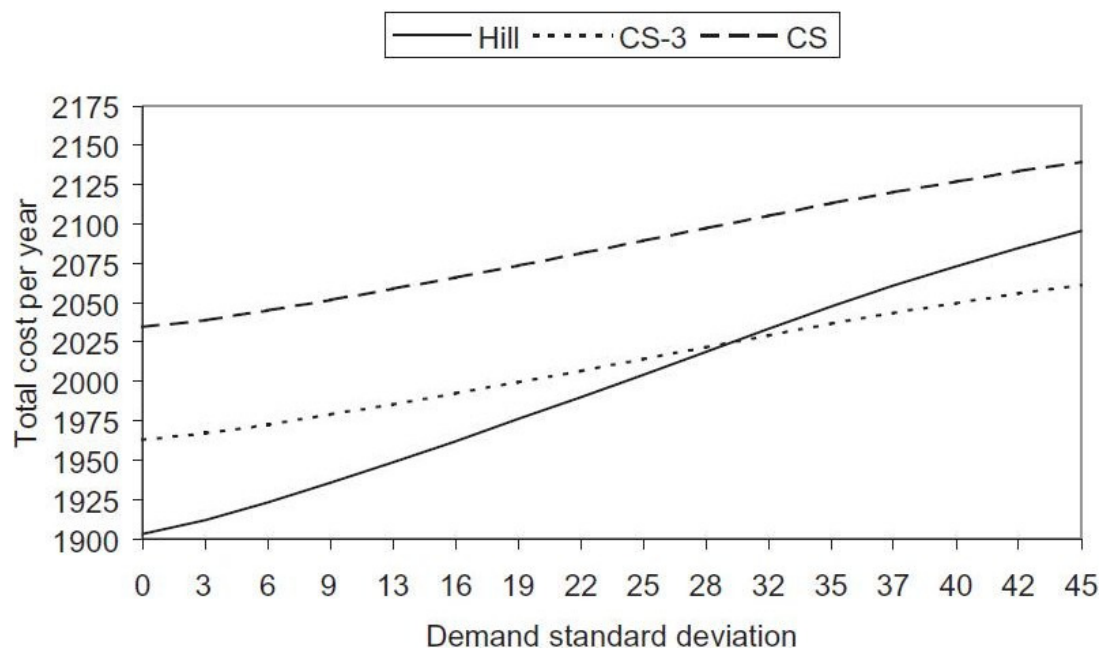


Figura 8.4: Costi di sistema, includendo le scorte di sicurezza, in funzione della deviazione standard della domanda

La figura 8.4 mostra come, per una deviazione standard della domanda maggiore di 30, il modello CS-3 offre costi più bassi del modello di Hill. I risultati ottenuti sono stati verificati tramite simulazioni. Le scorte di sicurezza possono, inoltre, essere calcolate per differenti livelli di servizio e diverse deviazioni standard della domanda σ_D : per un dato livello S_L esiste un σ_D (σ_{limit}), di conseguenza il modello di Hill è preferito rispetto al CS quando $\sigma_D > \sigma_{limit}$.

La figura 8.5 riassume l'intero insieme di risultati ottenuti, evidenziando un confine che distingue l'area di convenienza del modello di Hill da quella del CS.

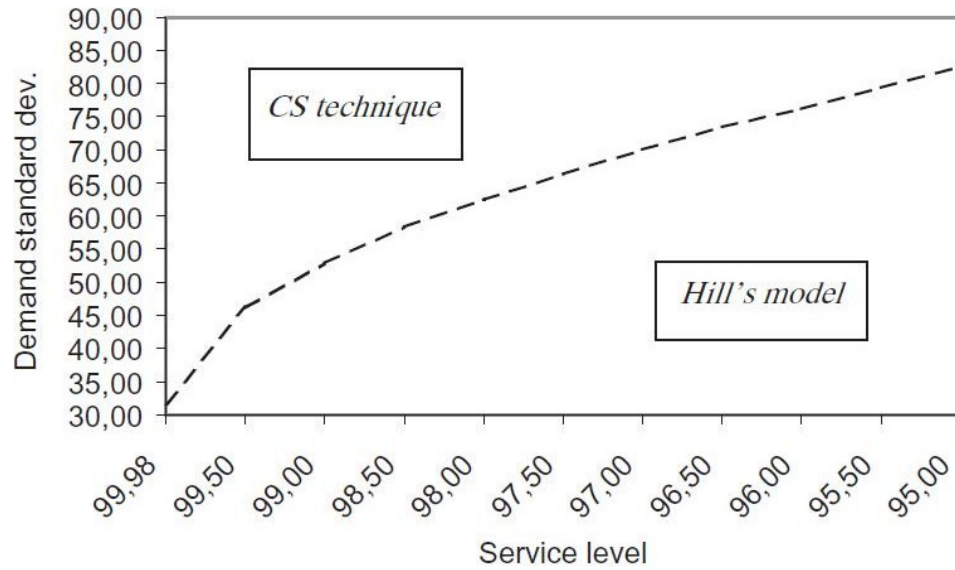


Figura 8.5: Aree di convenienza in funzione della deviazione standard della domanda e del livello di servizio

8.4 CONSIGNMENT STOCK CON OBSOLESCENZA

La figura 8.6 mostra gli andamenti dei costi totali per il modello con (OCS) e senza obsolescenza (CS "base"), assumendo come dati di input i seguenti valori: $T = 2$, $n = 5$, $A_1 = 400$, $A_2 = 25$, $P = 2.000$, $D = 1.000$, $h_1 = 4$, $h_2 = 5$, $p = 22,5$ e $c_p = 18$.

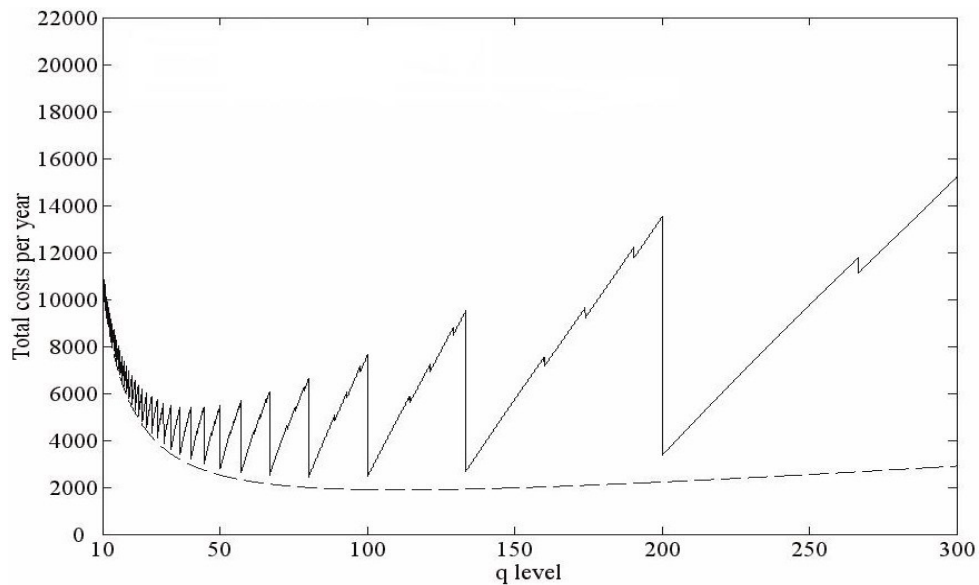


Figura 8.6: Costo totale per la politica CS senza obsolescenza (linea tratteggiata) e con obsolescenza (linea continua), assumendo $T = 2$ e $n = 5$

I costi totali sono ovviamente più bassi per il modello di CS senza obsolescenza, dato che considera un tempo di vita infinito, mentre il costo totale in presenza di obsolescenza è sempre più alto e presenta un andamento irregolare. Il costo totale minimo proposto dal modello di CS “base”, che assume un tempo di vita del prodotto infinito, è uguale a 1.890 [€/anno] con una q ottimale pari a 111 [unità/spedizione] e un S ottimale di 333 [unità]. Il costo totale minimo utilizzando il modello OCS, assumendo un tempo di vita finito, è uguale a 2.707 [€/anno] con una q ottimale pari a 101 [unità/spedizione] e una S ottimale di 303 [unità]. Comunque, applicando la q calcolata col modello “base” al caso di obsolescenza, il costo totale diventerebbe 5.106 [€/anno], 89% in più della soluzione proposta dal modello OCS.

L'esempio riportato sopra dimostra come i costi totali possono aumentare consistentemente sebbene la differenza tra i due valori calcolati di q non sono grandi. Una differenza così è influenzata principalmente da P , D e T . Le figure 8.7 e 8.8 mostrano la dipendenza del valore ottimale di q e i conseguenti costi totali dalla domanda D e dal rapporto P/D per differenti valori di T .

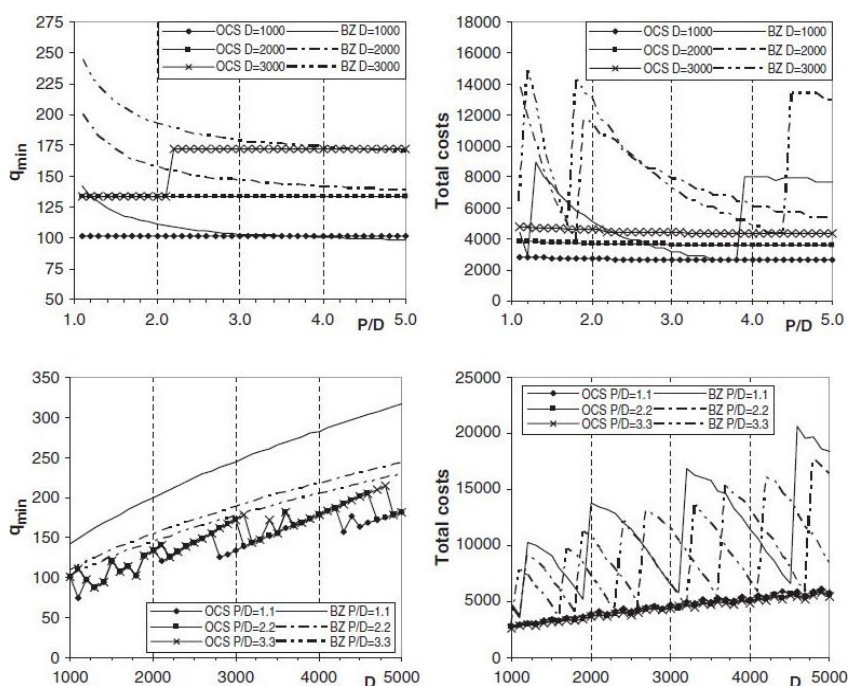


Figura 7.7: Andamento di q_{min} e dei costi totali in funzione di P/D e D con $T = 2$

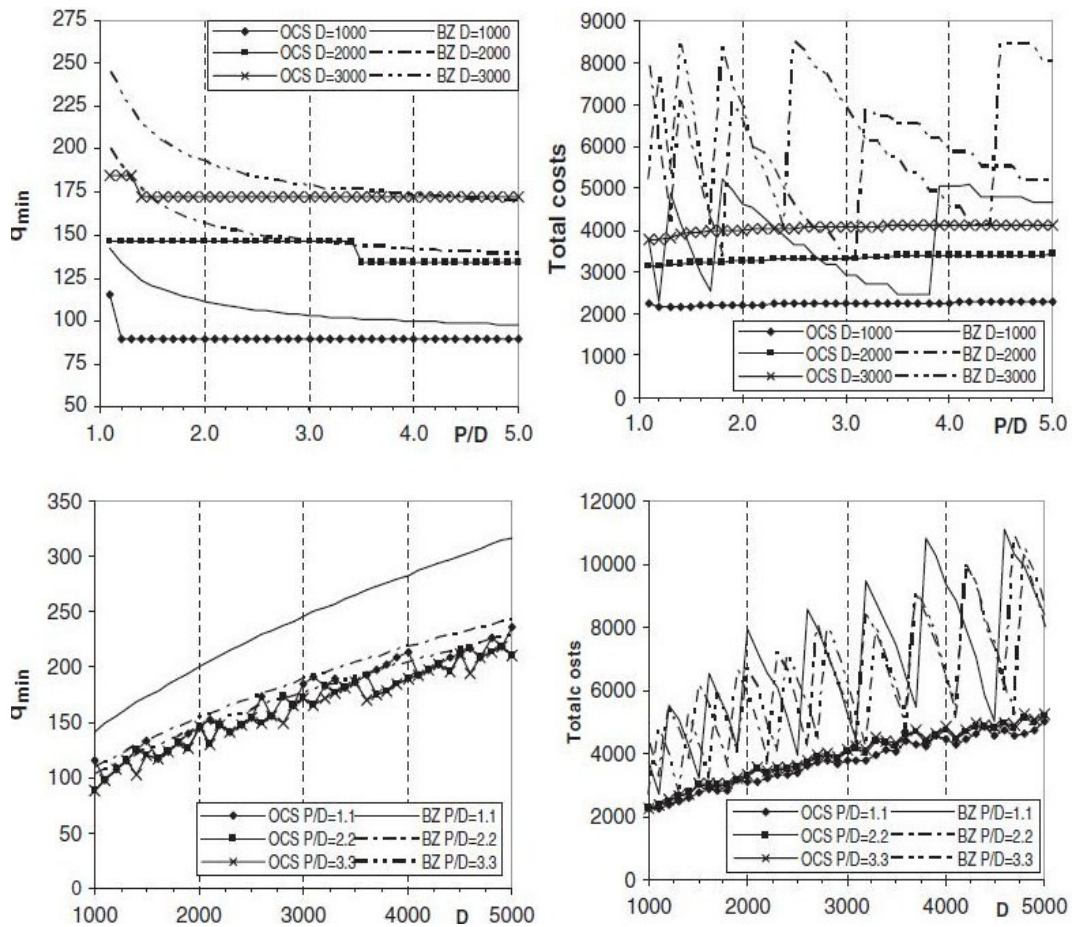


Figura 8.8: Andamento di q_{min} e dei costi totali in funzione di P/D e D con $T = 4$

Infatti, il modello OCS mostra come il valore ottimale di q ha una bassa dipendenza dal rapporto P/D , sebbene si tenga conto dei differenti valori di T . Inoltre, è sottolineata la correlazione positiva tra q e il tasso di domanda D .

Confrontando i risultati proposti dal modello OCS a quelli ottenuti col modello “base”, si può vedere che gli effetti dell’obsolescenza implicano valori ottimali di q sempre più bassi di quelli relativi al caso di non obsolescenza. In altre parole, si è portati ad adottare valori di q più alti di quelli ottimali, quando non si tiene conto della presenza dell’obsolescenza, incorrendo in aumenti consistenti nei costi totali. In particolare, la differenza tra i valori ottimali di q elaborati nei due casi, obsolescenza e non obsolescenza, è il valore più alto di P/D , tendente ad 1.

In sintesi, l'obsolescenza deve essere presa particolarmente in considerazione quando, in una supply chain gestita con politica CS, il tasso di produttività del venditore è vicino al tasso di domanda del compratore.

I costi totali annui in presenza di obsolescenza diminuiscono per valori grandi di T , come mostrato in Figura 8.9, dove è presentato il confronto tra il modello "base" e quello OCS per differenti valori di T .

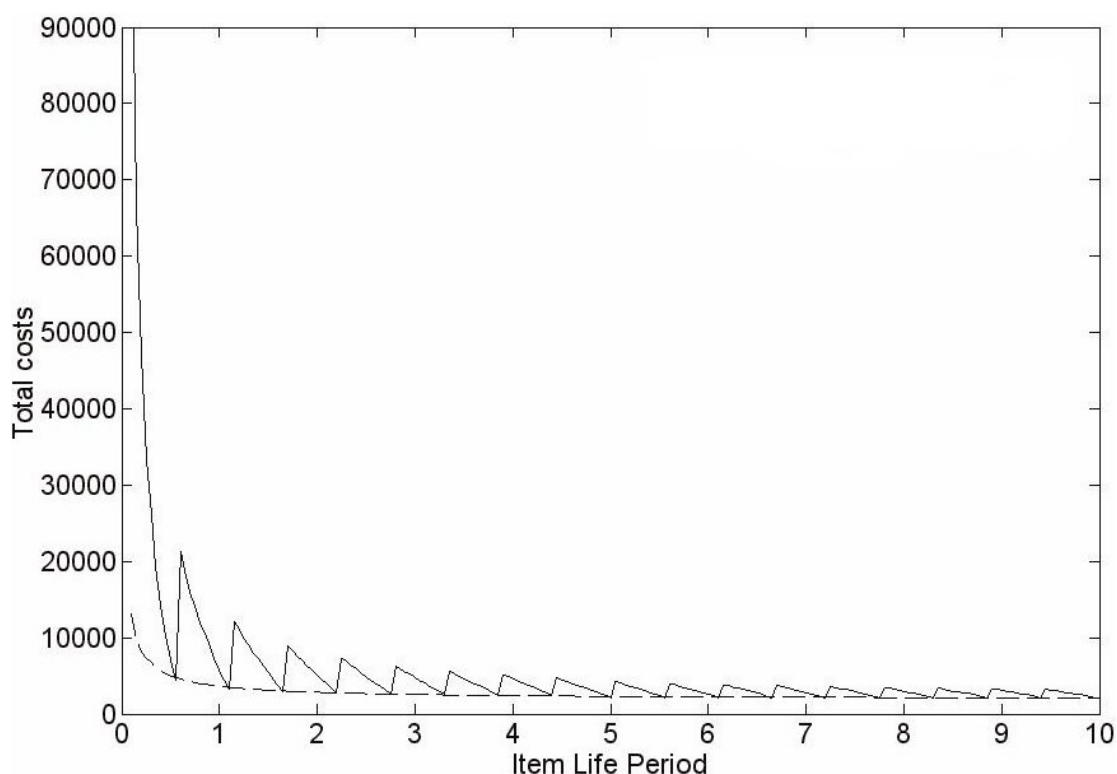


Figura 8.9: Costi totali per differenti valori di T e assumendo $n = 5$ (CS "base" → linea continua; OCS → linea tratteggiata)

Il nuovo approccio implica costi minori o uguali rispetto all'altro modello.

L'andamento irregolare del modello "base" è causata dai costi annuali di obsolescenza. L'andamento della funzione è decrescente con T dato che il valore dei prodotti obsoleti è distribuito su un periodo maggiore.

La figura 8.10 mostra il confronto tra il livello massimo ottimale delle scorte del compratore per il modello a tempo di vita dei prodotti infinito e il modello OCS.

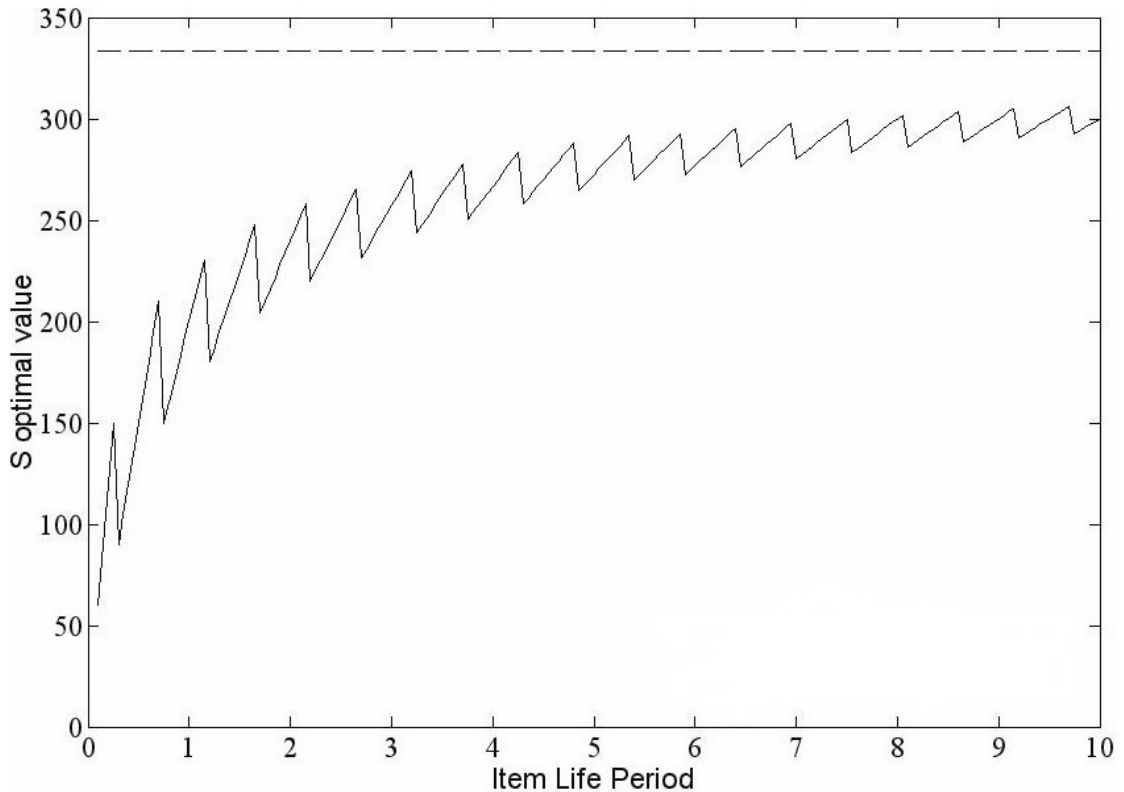


Figura 8.10: S ottimale in funzione di T per CS “base” e per il modello OCS assumendo $n = 5$ (OCS → linea continua; CS “base” → linea tratteggiata)

Si evidenzia che l'introduzione di un tempo di vita finito per i componenti implica una riduzione del livello S per il compratore, permettendo di recuperare spazio libero nel magazzino e dedicare uno spazio più piccolo allo stoccaggio del materiale. Questa riduzione è mediamente maggiore quando T è più basso. Per un $T < 2$ anni, S dovrebbe ridursi del 30%.

La riduzione del livello S del compratore confrontato col livello di scorte determinato dal modello “base” comporta costi totali più bassi, ma la riduzione del costo è funzione del prezzo dell'articolo. La figura 8.11 mostra i costi totali in funzione del prezzo del prodotto considerando le altre variabili costanti.

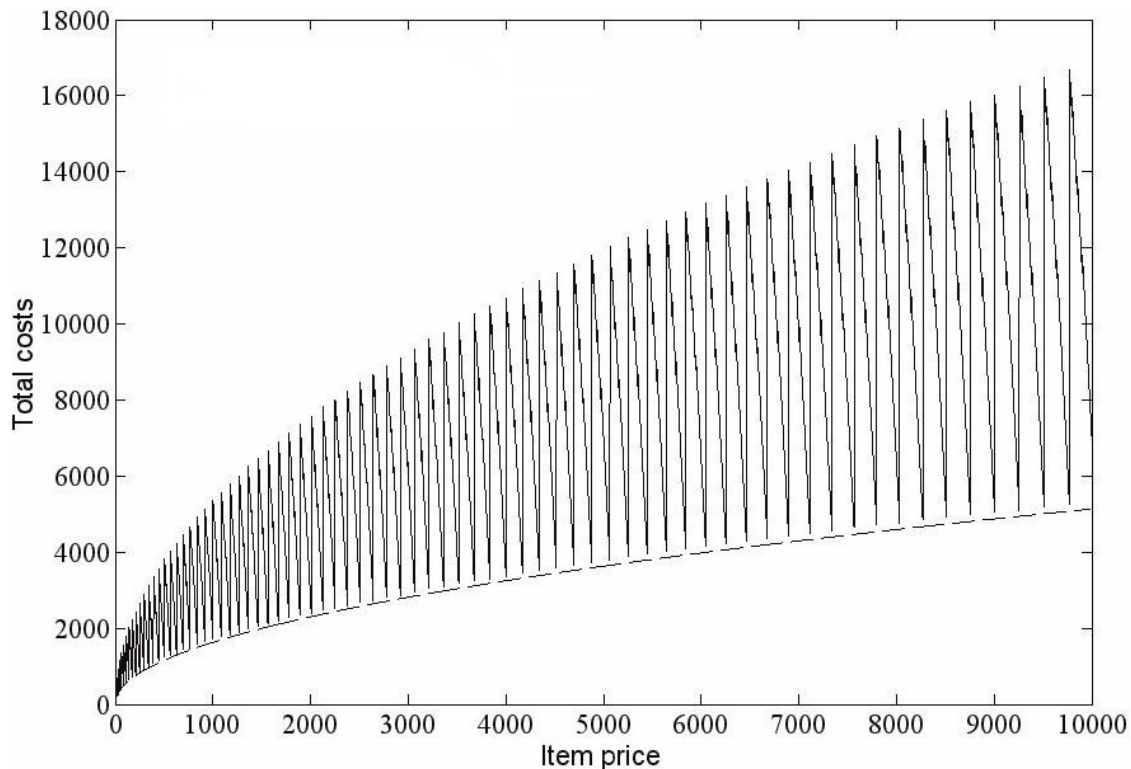


Figura 8.11: Confronto dei costi totali tra CS “base” e modello OCS per differenti valori del prezzo del prodotto, assumendo $T = 2$ e $n = 5$ (CS “base” → linea continua; OCS → linea tratteggiata)

L'applicazione del modello OCS implica una riduzione forte dei costi totali per componenti ad un prezzo più alto.

La variabilità di T causa alcune difficoltà nella stima della quantità ottimale q trasportata per spedizione e conseguentemente il massimo valore del livello di scorta S del compratore. Per analizzare l'impatto di questa incertezza, è stata compiuta una simulazione. Il parametro T è stato assunto normalmente distribuito con media μ_T e deviazione standard σ_T . La deviazione standard σ_T è funzione dell'incertezza del tempo di vita e un valore basso dell'indicatore è stato ipotizzato essere uguale a $T/100$, mentre un valore alto uguale a $T/2$. Per una singola coppia di valori di μ_T e σ_T , sono stati generati 1.000 differenti valori di T e sono stati calcolati i costi totali medi per differenti valori della quantità trasportata per spedizione q .

La figura 8.12 mostra alcuni risultati di questo studio, assumendo un numero di spedizioni per lotto di produzione pari $n = 5$.

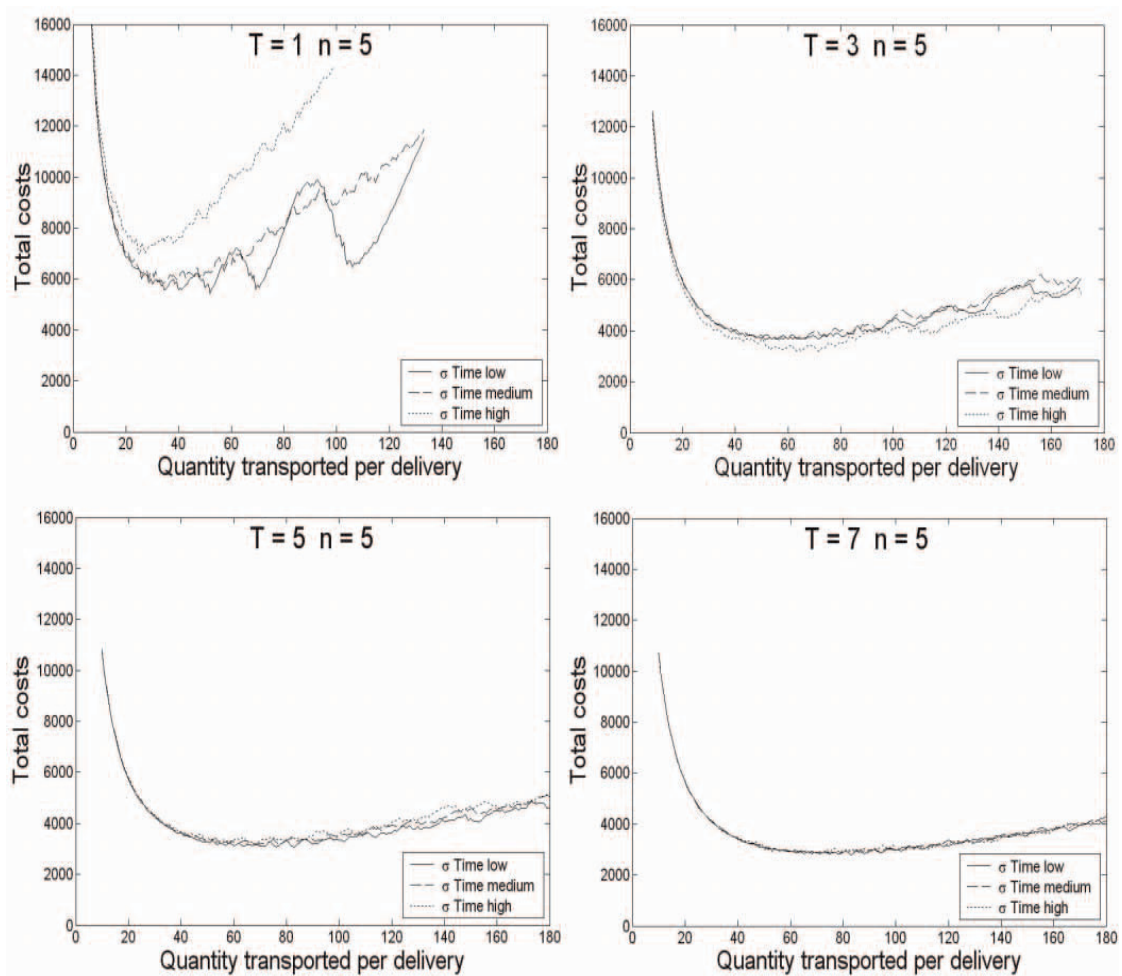


Figura 8.12: Costi totali in funzione della quantità trasportata per spedizione per differenti valori del tempo di vita stocastico T , assumendo $n = 5$

Questa figura mostra che per $T = 1$, l'andamento dei costi totali è fortemente irregolare e una piccola variazione di q vicino all'ottimo comporta una forte crescita dei costi totali. La variazione è più alta per valori di deviazione standard più alti, mentre per deviazioni standard bassi l'andamento dei costi totali è vicino all'andamento dei costi totali per valore di T deterministico.

Per tempo di vita stocastico T , la q ottimale è più bassa confrontata con quella calcolata per il caso deterministico. Mentre per valori di T maggiore, la quantità ottimale di spedizione q aumenta verso il valore ottimale calcolato per l'ambiente deterministico. Inoltre, la simulazione evidenzia come è molto critico, per un valore basso di tempo di vita del

prodotto, determinare la quantità ottimale q trasportata per spedizione, e conseguentemente il livello massimo di scorta del compratore, data che una stima sbagliata implica costi sostanzialmente più alti per entrambi il venditore e compratore. Per valori alti di T , la stima di q ed S è meno critica perché l'andamento dei costi totali è meno irregolare. La tabella 8.3 mostra il valore ottimale di q e i costi totali per un modello OCS con valore di T deterministico, ma anche per un modello OCS con valore stocastico del tempo di vita del prodotto e valori bassi, medi ed alti della deviazione standard.

	T = 1		T = 3		T = 5		T = 7	
	q	C_{tot}	q	C_{tot}	q	C_{tot}	q	C_{tot}
OCS T deterministico	67	2.710	86	2.283	100	2.190	100	2.150
OCS T stocastico, σ_{bassa}	51	5.323	72	3.859	72	3.073	83	2.788
OCS T stocastico, σ_{media}	34	5.712	66	3.859	64	3.171	76	2.856
OCS T stocastico, σ_{alta}	24	6.980	73	3.920	59	3.216	68	2.832

Tabella 8.3: Quantità ottimale trasportata per spedizione e i costi totali per il modello OCS con valori di T deterministici e stocastici, per $n = 5$

Il valore ottimale di q è più basso per il modello OCS con T stocastico rispetto al modello OCS con tempo di vita deterministico, ed è più basso per deviazioni standard del tempo di vita maggiori. Questa riduzione percentuale è più piccola per alti valori di T dato che i costi di obsolescenza, causati dall'incertezza di T , sono distribuiti su un periodo più lungo.

La figura 8.13 disegna l'impatto del numero di spedizioni sui costi totali per piccolo valore di T , mostrando che non c'è una diretta relazione tra il numero ottimale di spedizioni e i costi totali nell'ambiente con tempo di vita stocastico.

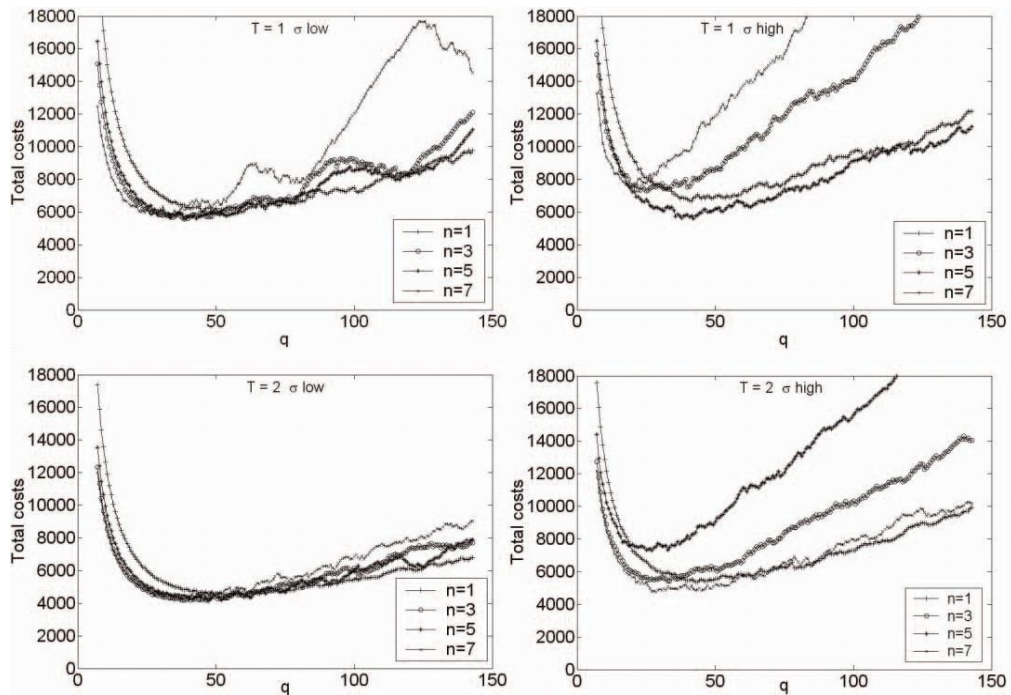


Figura 8.13: Costi totali in funzione della quantità trasportata per spedizione per differenti valori del numero di spedizioni

8.5 CONCLUSIONI

I risultati mostrano che la presenza di obsolescenza riduce il livello ottimale di scorte, in particolare nel caso di periodo di vita corto. Il rapporto tra il tasso di produzione del venditore e il tasso di domanda del compratore è un altro importante parametro da considerare.

In particolare, gli effetti dell'obsolescenza sulla corretta stima della dimensione ottimale della spedizione sono maggiori quando il tasso di produzione è vicino a quello di domanda. Inoltre, le simulazioni sono state realizzate per valutare l'impatto della stima stocastica del tempo di vita del prodotto. I dati ricavati mostrano come la dimensione ottimale della spedizione per il caso con tempo di vista stocastico è sempre minore di quella del caso deterministico. Più è alta l'incertezza sulla stima del tempo di vita del prodotto, più è bassa la dimensione della spedizione rispetto al caso deterministico. Infine, i risultati sottolineano che non c'è relazione tra il numero di spedizioni e i costi totali.

BIBLIOGRAFIA

- Braglia M., Zavanella L., 2003. "Modeling an industrial strategy for inventory management in supply chains: the 'consignment stock' case", *International Journal of Production Research*, 41 (16), 3793 -3808.
- Persona A., Grassi A., Catena M., 2005. "Consignment stock of inventories in the presence of obsolescence", *International Journal of Production Research*, 43 (23): 4969 - 4988.
- Liwen Liu, Yunfei Sun, Jianming Yao, 2007. "An Extended Analysis of Consignment Stock Policy in the Presence of Product Obsolescence", *International Conference on Automation and Logistics*.
- Valentini, G. and Zavanella, L., 2003. "The consignment stock of inventories: industrial case and performance analysis", *International Journal of Production Research*, 81–82, 213–224.
- Costantino Francesco, Tronci Massimo, Di Gravio Giulio, 2007. "Supply Chain Management e network logistici: dalla gestione della partnership al risk management", Hoepli, Milano.
- Ferrozzi Claudio, Shapiro Roy, 2000. "Dalla logistica al supply chain management: teorie ed esperienze", Iseid, Torino.
- Romano Pietro, 2009. "Gestione dei materiali nelle operations: principi, tecniche e applicazioni", Cedam, Padova.
- Amadio Alessandro, 2006. "Supply chain excellence: il supply chain management, il networking strategico, l'outsourcing integrato, il miglioramento continuo, il controllo delle performance", Franco Angeli, Milano.
- Pilotti Luciano, 1996. "La comunicazione in rete per le PMI. Electronic Data Interchange (EDI): modelli tecnico –

organizzativi, standard e sicurezza, aspetti giuridici, casi applicativi”, Il sole 24 ore libri, Milano.

- Romano Pietro, Danese Pamela, 2006. “Supply chain management: la gestione dei processi di fornitura e di distribuzione”, McGraw-Hill, Milano.
- Jessop David, Morrison Alex, 1995. “Magazzinaggio e approvvigionamento dei materiali: nel commercio, nell’industria e nei servizi”, De Agostini, Milano.
- Fogarty Donald W., Burnham Jonh M., 1983. “Inventory Management: basic models and systems”, Apics, Falls Church (Virginia).