UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E AZIENDALI "M. FANNO"

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
ECONOMIA E DIREZIONIE AZIENDALE

TESI DI LAUREA

"GESTIONE DELLE SCORTE ED ESPANSIONE OTTIMA DELLA CAPACITÀ DEL MAGAZZINO. CASO DI UNA DISTILLERIA"

RELATORE:

CH.MA PROF.SSA ALESSANDRA BURATTO

LAUREANDO: MATTEO BRUNELLO

MATRICOLA N. 1034955

ANNO ACCADEMICO 2013 – 2014

Desidero esprimere la mia più sincera gratitudine alla Prof.ssa Buratto, relatrice di questa tesi, per l'aiuto ed il supporto fornitomi sempre con grande cordialità durante la stesura del lavoro.
Vorrei ricordare, inoltre, il Prof. Furlan ed il Prof. Grigoletto, che con le loro osservazioni ed i loro suggerimenti hanno saputo perfezionare il mio studio.
Vorrei ringraziare anche il personale della Distilleria Brunello, specialmente Stefano, per la disponibilità ed il tempo riservato alle mie ricerche.
Una dedica speciale va infine ai miei familiari, in particolare ai miei genitori, e ai miei amici per il sostegno che mi hanno sempre manifestato, portandomi a raggiungere questo importante traguardo.

Indice

Introduzione **1**

Capitolo 1 – Gestione delle scorte **3**

1.1 Definizione ed obbiettivi della gestione delle scorte 3

1.2 Cosa sono le scorte 5

1.3 I costi delle scorte 10

1.3.1 Costo di ordinazione o produzione 11

1.3.2 Costi di stoccaggio 12

1.3.3 Costi di deprezzamento delle scorte 13

1.3.4 Costo del capitale 14

1.3.5 Costo di penuria 15

1.3.6 Costi di inefficienza operativa 17

1.3.7 Altre fonti di costo 18

1.4 I modelli per la gestione delle scorte 19

1.4.1 EOQ e EBQ 20

1.4.2 Analisi ABC 25

1.4.3 *Just-In-Time* e *Material Requirement Planning* (JIT e MRP) 28

Capitolo 2 – Il magazzino e il suo dimensionamento **33**

2.1 Il magazzino 33

2.2 La capacità 34

2.3 Il controllo operativo del magazzino 36

2.4 La dimensione del magazzino 38

2.5 Modelli matematici a supporto delle scelte di dimensionamento 41

2.6 L'espansione ottima della capacità di un'azienda 44

2.6.1 Formulazione matematica del problema 45

2.6.2 Derivazione dell'algoritmo – *Backward formulation* 47

2.6.3 Applicazione aziendale – *Forward formulation* 50

2.6.4 Analisi critica del modello 52

2.7 Un approccio alternativo all'espansione modulare della capacità 53

2.7.1 Le ipotesi base 54

2.7.2 Formulazione del modello 55

2.7.3 Analisi critica del modello 58

Capitolo 3 – Un caso applicativo dei modelli di gestione del magazzino **61**

3.1 Presentazione dell'azienda 61

3.1.1 Il processo produttivo 62
3.1.2 Panoramica sui magazzini aziendali 63
3.2 Il magazzino di invecchiamento 67
3.2.1 Costo di stoccaggio 71
3.2.2 Costo di capitale 72
3.2.3 Costo di evaporazione 74
3.2.4 Costo di penuria 75
3.2.5 Altri costi minori 77
3.2.6 Profitti 78
3.2.7 Costo di inutilizzo della capacità 79
3.2.8 Riepilogo costi e profitti 80
3.3 Applicazione dei modelli ai dati storici 80
3.3.1 Simulazione con il modello di Arrow, Karlin e Scarf (A.K.S.) 84
3.3.2 Simulazione con il modello di Angelus, Porteus e Wood (A.P.W.) 88
3.4 Stima della domanda futura 91
3.5 Applicazione dei modelli ai dati previsionali 95
3.5.1 Simulazione con il modello di Arrow, Karlin e Scarf 98
3.5.2 Simulazione con il modello di Angelus, Porteus e Wood 98
Conclusioni 102
Bibliografia 104

Introduzione

Nel presente elaborato vengono affrontate le problematiche relative alla gestione delle scorte e alla determinazione della dimensione ottima del magazzino. Lo studio, tuttavia, non si sofferma più di tanto sulle politiche di approvvigionamento tradizionali (EOQ, ABC, JIT, ecc.), ma si concentra piuttosto su due modelli, in realtà poco comuni, che valutano la convenienza di un'eventuale espansione della capacità di un magazzino. Tali modelli vengono applicati alla gestione del magazzino di invecchiamento di una distilleria in quanto, come si vedrà, esso presenta delle caratteristiche molto particolari che lo distinguono dai depositi più tradizionali.

Lo studio è suddiviso in tre parti. Nel primo capitolo si introducono e si definiscono i concetti fondamentali di scorte e gestione delle scorte. Una parte rilevante di questa sezione è dedicata al ruolo da esse ricoperto all'interno di ogni azienda e, soprattutto, ai costi generati; la chiarezza di quest'ultimo aspetto è indispensabile per riuscire poi ad individuare le spese legate alle scorte nei diversi tipi di impresa. In questo capitolo vengono presentate brevemente anche le politiche di approvvigionamento più comuni; l'obiettivo non è quello di analizzarle in modo critico ed esaustivo bensì, descrivendone le principali caratteristiche, si intendono rendere note le più importanti fattispecie nelle quali far rientrare l'azienda a seconda del suo operato.

Nel secondo capitolo si approfondiscono le questioni relative al magazzino, inteso non più come merci, ma come spazio fisico in cui queste vengono allocate. Dopo aver spiegato cos'è un deposito e come si determina la capacità, vengono analizzati i fattori più importanti per deciderne la dimensione e gli indici più rilevanti per valutarne la performance. A questo punto si procede ad una recensione dell'ampia letteratura in tema di dimensionamento dei magazzini e loro espansione, analizzando in particolare due distinti approcci: il modello di Arrow, Karlin e Scarf del 1958 ed il modello di Angelus, Porteus e Wood del 2000. Entrambi mettono in relazione domanda, capacità e funzione profitto, mirando a definire quando e quanto espandere eventualmente la capacità, con il fine di massimizzare il rendimento del magazzino. La differenza più grande fra queste due teorie sta nel fatto che la prima ipotizza che la nuova capacità installata sia subito disponibile ed operativa, mentre il secondo modello prevede l'esistenza di un intervallo di tempo fra il momento in cui la nuova capacità viene acquistata ed il momento in cui comincia a produrre i suoi frutti.

Nel terzo capitolo è presentata la parte più complessa dell'intero studio, ossia l'applicazione ad un caso reale dei modelli sopra citati. Le difficoltà maggiori sono state riscontrate in fase di definizione delle variabili, per fare in modo che tutte le componenti di costo e di profitto si

presentassero in un'unità di misura tale da rispondere alle esigenze degli schemi teorici. Fatto questo, si sono condotte delle simulazioni sia sui dati storici di domanda, per verificare se l'applicazione dei suddetti modelli possa effettivamente ottimizzare il rendimento del magazzino, sia sui dati previsionali, per avere delle indicazioni orientative per la gestione futura.

Un breve capitolo conclusivo ha lo scopo di commentare criticamente gli esiti delle simulazioni, analizzando le ragioni per cui si sono ottenuti questi risultati e le modalità con cui sia eventualmente possibile migliorarli.

Capitolo 1 – Gestione delle scorte

Per poter agire in modo efficace sull'amministrazione delle scorte, al fine di ottimizzarne la gestione, è necessario conoscere a fondo le variabili sulle quali si sta intervenendo. Questo primo capitolo serve appunto a fare chiarezza sui concetti basilari, trattando non solo tipi, costi e funzioni delle scorte, ma introducendo anche i più importanti approcci e modelli che studiano come renderne più efficiente la gestione.

1.1 Definizione ed obbiettivi della gestione delle scorte

La gestione delle scorte (chiamata anche *inventory management*) punta a definire la migliore modalità per ordinare e conservare le merci in magazzino ed è un'esigenza sentita dalle aziende di ogni tipo, siano esse commerciali, di produzione o di erogazione [Tinarelli, 1992]. Nonostante si abbiano notizie di scorte e di magazzini fin dai tempi dei Faraoni, è solamente dagli anni '20 dello scorso secolo che si sono sviluppate le politiche di gestione delle giacenze basate su regole empiriche [Whitin, 1954]. L'interesse su questo argomento, è poi notevolmente aumentato negli anni '50 e '60, di pari passo con il progresso della Ricerca Operativa (*Operations Research* – OR); il fatto che le aziende operino in un ambiente dinamico, ha incentivato sempre di più l'adozione di computer e di metodi quantitativi per risolvere i problemi aziendali, non solo quelli legati alla gestione dei magazzini [Thierauf e Klekamp, 1975]. Tuttavia, l'implementazione di un sistema di controllo economico-finanziario delle scorte, richiede necessariamente l'esistenza di [Brunetti e Olivotto, 1992]:

- un processo di controllo, ossia l'insieme di attività atte a definire la politica delle scorte, i piani d'azione ed il loro monitoraggio,
- una struttura tecnico-contabile e informativa adeguata a supportare i processi decisionali,
- una dimensione organizzativa che permetta di identificare univocamente i soggetti incaricati della gestione e le loro responsabilità.

L'evoluzione del mercato e degli studi compiuti in questo campo, hanno portato alla conclusione che oggi, nel bilancio delle società, le rimanenze sono spesso fra le attività aziendali di maggior valore. Inoltre, problematiche come la qualità, la quantità, il tempo ed il luogo delle scorte rappresentano dei quesiti fondamentali per l'amministrazione di qualsiasi tipo d'impresa [Corniani, 2009, Jaber, 2009]; non per niente una negligenza in questo campo è spesso causa di fallimento per molte società, soprattutto di piccole e medie dimensioni. Un'organizzazione americana, il Council of Supply Chain Management Professionals, pubblica ogni anno una relazione sulla situazione della logistica e del sistema distributivo statunitense; nel 2012 è risultato che, basandosi sui dati forniti dal Ministero dell'Economia, il

valore delle scorte aziendali negli USA era intorno ai 2.200 miliardi di dollari [CSCMS, 2012]. Si consideri, inoltre, che questa stima è con ogni probabilità al ribasso (in quanto esclude i magazzini governativi) e che ci sono Paesi, Cina fra tutti, in cui i costi della logistica sono sensibilmente maggiori. Partendo da questi dati, alcuni economisti hanno voluto rapportare le scorte degli Stati Uniti con il Prodotto Interno Lordo, ed hanno replicato lo stesso calcolo a livello globale. Il dato più interessante che ne risulta è un tasso di rotazione presunto di 60 giorni; ciò vuol dire che, in ogni momento, ci sono scorte a livello globale, quantificate in circa 10.000 miliardi di dollari, che rimangono ferme in magazzino per due mesi. Questo per evidenziare come una minima riduzione delle rimanenze, anche solo del 5%, possa liberare capitale per un valore intorno ai 500 miliardi di dollari da investire in altre attività per la crescita di Paesi, imprese e famiglie [Thomas, 2013]. Condivisibile o meno questa opinione, resta il fatto che le rimanenze assumono un peso rilevante nei bilanci aziendali e, per questo motivo, una loro gestione ottimale ricopre un aspetto tutt'altro che secondario.

In termini pratici, una gestione ottima delle scorte mira a garantire un migliore funzionamento dell'organizzazione aziendale e, se possibile, ad un aumento dei profitti. Per raggiungere questi obbiettivi di lungo termine, però, è necessario tradurli in risultati operativi e finanziari che trovino riscontro nel lavoro quotidiano [Wild, 1997]. I tre campi in cui promuovere miglioramenti sono:

- livello di servizio (*customer service*),
- costi di stoccaggio (*inventory costs*),
- costi operativi (*operating costs*).

Secondo Wild [1997] la politica migliore non consiste nel perfezionamento di uno di questi punti a discapito degli altri: se manca il profitto, l'azienda fallisce nel breve termine, se manca un livello di servizio adeguato, il cliente sparisce e l'azienda fallisce nel lungo termine. È, quindi, compito del responsabile dell'*inventory management* procedere ad una valutazione completa trovando il giusto equilibrio fra obbiettivi finanziari e di marketing. Un pensiero analogo è quello formulato da Axsäter [2006]: anch'egli vede il controllo delle scorte come il bilanciamento di interessi in conflitto fra loro. Da una parte c'è, naturalmente, la volontà di tenere un basso livello di scorte così da liberare capitale ed utilizzarlo per altri scopi; dall'altra parte ci sono, però, le pressioni del responsabile acquisti che vorrà ordinare lotti di grandi dimensioni per ottenere gli sconti quantità. Allo stesso modo, anche il responsabile della produzione spera di avere scorte elevate per non correre il rischio di dover interrompere la produzione per mancanza di materie prime; il responsabile marketing, per finire, trae benefici

da un magazzino ben fornito poiché questo gli permette di garantire sempre ai clienti il massimo livello di servizio.

Risulta, dunque, evidente come la gestione delle scorte non possa assolutamente considerarsi un'attività a sé stante, e sia pertanto opportuno analizzarla all'interno di un contesto più ampio. In prospettiva futura, sono molti gli autori che ritengono condizione necessaria per il successo l'adozione di una nuova figura manageriale, che potremmo chiamare responsabile logistico, con lo scopo di curare le relazioni fra tutti i membri della *supply chain* (traducibile in italiano come rete di fornitura o catena di movimentazione fisica dei beni); l'attenzione si sposta, quindi, verso la scelta e l'instaurazione di rapporti di fiducia con fornitori all'altezza, cercandoli anche in campo internazionale, lasciando momentaneamente da parte la ricerca di una funzione di produzione più efficiente [Bonney, 1994]. Si possono facilmente intuire le difficoltà in cui incorre il *supply chain manager* nello svolgimento dei suoi compiti: già è difficile trovare i giusti compromessi all'interno di una singola azienda, figurarsi quanto la situazione possa ulteriormente complicarsi quando gli interessi da gestire coinvolgono una pluralità di aziende [Slack, Chambers e Johnston, 2010]. Tra le diverse mansioni di cui si deve occupare questa figura possiamo trovare [Wild, 1997]:

- approvvigionamenti, e specialmente riordino dei materiali,
- previsione della domanda,
- bilanciamento fra necessità di avere scorte e performance economiche aziendali,
- localizzazione dei magazzini e gestione dei tempi di spedizione,
- monitoraggio e controllo dei livello di servizio,
- pianificazione e controllo della produzione (nelle aziende manifatturiere).

Si consideri, inoltre, che, se questa situazione non è già abbastanza intricata, le decisioni sono solitamente prese in un contesto in cui non è solo la domanda ad essere incerta, ma anche le forniture sono caratterizzate da componenti ad alta variabilità (scarsa disponibilità di merci da parte del fornitore, tempi di spedizione incostanti, ecc.) [Schwartz, Wang e Rivera, 2006].

1.2 Cosa sono le scorte

Nonostante l'ampia premessa fatta finora in tema di gestione delle scorte, restano da chiarire due aspetti fondamentali: cosa sono le scorte e a cosa servono. Da un punto di vista prettamente operativo, Tinarelli [1992] definisce scorta (o *stock*) qualsiasi prodotto che un'impresa conservi a magazzino per utilizzarlo in futuro. Alcuni autori fanno una precisazione aggiungendo che scorta può essere tutto ciò che ecceda il normale fabbisogno; si ignori, tuttavia, questa definizione, in quanto bisognerebbe addentrarsi in un campo minato per spiegare cosa si intenda per "normale fabbisogno" [Tinarelli, 1992].

Il modo di concepire le scorte è profondamente mutato a partire dalla seconda metà del '900. Si pensi che meno di quarant'anni fa le scorte erano viste come un sostituto delle previsioni, come un rimedio all'incertezza del mercato, come una tattica concorrenziale, in breve, come una panacea di tutti i mali dell'impresa [Lalonde e Mason, 1985]. Al giorno d'oggi, invece, è molto più facile che il magazzino sia abbinato all'idea di "male necessario", senza il quale non è possibile garantire il funzionamento della *supply chain* [Kasilingam, 1999] (vedremo in seguito come questa affermazione sia stata messa fortemente in discussione dall'avvento della *lean production* e del *Just-In-Time*).

In ogni caso, le scorte assumono un significato ed un valore diverso a secondo del settore o del contesto in cui vengono analizzate. In ottica finanziaria, le giacenze rappresentano il capitale investito dall'azienda nell'acquisto di merci che si intendono vendere in futuro [Goldratt e Cox, 1992]. Da un punto di vista macroeconomico, esse sono considerate degli importanti riferimenti riguardo il ciclo economico che si sta attraversando. Nello specifico, il tasso di entrata ed uscita di merci nelle società di produzione è spesso usato come indicatore della relazione fra domanda ed offerta di mercato [Chikan, 1981]. Nei Paesi o nei mercati dove le aziende tendono ad avere i magazzini pieni si parla di una situazione di *oversupply* (offerta eccessiva) e si assiste, di solito, ad un elevato potere contrattuale degli acquirenti; nel caso contrario, invece, quando il livello di scorte è basso, è facile vendere ma difficile comprare, il che può generare la paura di non riuscire ad acquistare determinati beni quando se ne ha bisogno. Restando in ambito macroeconomico, è interessante lo studio condotto da Blinder [1990], con il quale si mettono in relazione il livello di scorte detenute da una nazione con l'evoluzione del tasso di disoccupazione e dei salari reali; lo stesso autore descrive, fra l'altro, l'importanza del contributo fornito dalle rimanenze nei momenti di congiuntura economica. Cambiando, invece, prospettiva, il livello delle scorte è uno degli indicatori sui quali potrebbero concentrarsi gli investitori, che gradiscono in particolare valori di magazzino contenuti [Tinarelli, 1981, Muller, 2011]; più bassi indici di indebitamento, più elevate attività e più elevati indici di rotazione sono visti di buon occhio dagli interlocutori creditizi e finanziari, e favoriscono quindi il reperimento di capitali.

Tornando ad analizzare le scorte in ottica operativa, che desta un maggiore interesse ai fini di questo studio, è più corretto affermare che le definizioni universali sopra citate difficilmente spiegano le vere ragioni per cui si creano rimanenze. Per capire il ruolo delle scorte di magazzino è necessario precisare il contesto a cui si fa riferimento, in quanto la loro funzione cambia in base al tipo di azienda e in base al diverso stadio del ciclo di produzione. La letteratura è ricca di suddivisioni che rispondono a criteri e modalità diverse; una prima scomposizione, sulla quale si basano i bilanci di esercizio, è quella che osserva le scorte a

seconda del processo di trasformazione economica nel quale intervengono [Brunetti e Olivotto, 1992]:

- materiali e materie prime, che rappresentano i beni destinati all'attività di trasformazione dell'impresa;
- componenti e semilavorati, ossia le parti elementari di un prodotto finale che si incorporano in esso a seguito di ulteriori lavorazioni;
- materiale in corso di lavorazione, che stanno attraversando un circuito di trasformazione al momento stesso dell'osservazione;
- prodotti finiti, ovvero i beni completati e pronti ad essere venduti.

Oltre a questa ripartizione utile soprattutto, se vogliamo, a fini contabili, ce ne sono molte altre che si basano più sulla funzione ricoperta dalle scorte che non sul loro stato di trasformazione. Nonostante le teorie siano molteplici, si riassumono di seguito le principali suddivisioni, in funzione delle caratteristiche più importanti sulle quali diversi autori sembrano concordare [Tinarelli, 1992, Wild, 1997, Kasilingam, 1999, Slack, Chambers e Johnston, 2010]:

- una tra le più importanti categoria di rimanenze è quella delle scorte di sicurezza (*safety stock*). Nella maggior parte dei casi, i clienti non informano l'azienda con sufficiente anticipo per quanto riguarda i volumi dei loro acquisti. È l'impresa, quindi, che deve essere brava a stimare la domanda futura e ridurre al massimo i *lead time*[1], per fare in modo di avere sempre a disposizione tutti gli articoli chiesti dai clienti. Anche la più accurata previsione, tuttavia, può sbagliare; le scorte di sicurezza nascono appunto per neutralizzare queste imprecisioni. Un'altra importante funzione delle *safety stock* è quella di compensare i fallimenti da parte dei fornitori, come ad esempio mancate spedizioni, spedizioni di merci errate, guasti nell'impianto di produzione, ritardi, ecc.; la presenza di un livello di sicurezza nella gestione delle scorte si rivela, inoltre, particolarmente utile per la determinazione delle quantità e dei tempi di riordino.
- Anche le scorte stagionali hanno la funzione di assorbire le fluttuazioni negli acquisti e/o nelle vendite. In questo caso, però, le oscillazioni sono relativamente prevedibili in quanto si registrano con una certa costanza e ad intervalli solitamente regolari.
- Si hanno scorte di ciclo nel momento in cui uno o più stadi del processo produttivo non riescono a fornire contemporaneamente tutti gli articoli che devono essere prodotti. Si supponga, per esempio, che un macchinario possa produrre tre diverse tipologie di

[1] Per *lead time* si intende il tempo che intercorre fra il momento in cui l'ordine viene formalizzato (o la produzione viene autorizzata) ed il momento in cui la merce arriva in azienda (o completa una specifica fase di produzione) [Graves, Rinnooy Kan e Zipkin, 1993].

[2] Frase celebre, della quale si possono trovare diverse varianti (es. "nell'azienda ideale il magazzino è proprio quello che non c'è"), alla quale la letteratura non ha ancora saputo attribuire una paternità certa.

prodotto, una per volta; ogni lotto completato da tale macchinario dovrà soddisfare non solo la domanda corrente per quel prodotto, ma anche gli ordini che si riceveranno fino al momento in cui il determinato articolo verrà nuovamente prodotto dallo stesso macchinario. Di conseguenza, indipendentemente dal fatto che la domanda sia certa e prevedibile, è necessario avere delle scorte.

- Un altro tipo di rimanenze che possiamo trovare nelle aziende di produzione sono quelle che potremmo chiamare scorte di processo. Esse si creano nel momento in cui i materiali devono spostarsi fra diverse aree o dipartimenti specializzati in fasi diverse del ciclo produttivo; in ognuna di queste aree il lavoro è pianificato in modo relativamente indipendente dalle altre, così da massimizzare l'utilizzazione e l'efficienza a livello locale. Può, quindi, succedere che due stadi adiacenti operino con capacità, velocità o produttività differenti; in questi casi si ha che, da un lato, le scorte di processo si formano inevitabilmente a causa dei diversi tassi di produzione mentre, dall'altro lato, esse sono la ragione stessa per cui i vari processi possono permettersi di programmare il lavoro in maniera autonoma ed indipendente.
- L'accumularsi di scorte può derivare da un espediente studiato per raggiungere economie di scala. Il costo medio ed unitario per l'acquisto o la produzione di un articolo decresce all'aumentare della dimensione del lotto, poiché è possibile ripartire i costi fissi di ordinazione o di set-up per una quantità maggiore; molti fornitori offrono poi sconti sulla merce in caso si acquistino grossi quantitativi. Si consideri, inoltre, che la produzione in larga scala consente di migliorare la qualità dei prodotti e di diminuire quelli difettati, grazie ad un ininterrotto processo di apprendimento. Ordinando partite più grandi è pure possibile ripartire meglio i costi di trasporto ed aumentare il potere contrattuale dell'azienda nei confronti del fornitore. È necessario, però, ricordare che tutte le considerazioni fatte finora, naturalmente, sono valide solamente fino a quando i maggiori costi di stoccaggio non vanno ad annullare i vantaggi derivanti dalle economie di scala.
- Un altro tipo di scorta che può venirsi a creare dipende dal fatto che i materiali non possono essere trasportati istantaneamente dal punto di fornitura al punto di domanda. Prendiamo una situazione che si verifica molto comunemente: nel momento in cui il produttore o distributore riceve l'ordine, colloca il prodotto nel magazzino adibito alle spedizioni, lo imballa, lo carica nel camion, lo trasporta e lo scarica del magazzino del destinatario. Nell'istante in cui il fornitore riceve l'ordine dal cliente gli riserva il prodotto che, di conseguenza, non è più disponibile ad altri clienti; da quel momento fino a quando la merce raggiunge il magazzino dell'acquirente, si dice che essa costituisce *pipeline inventory* (scorta di convoglio o di distribuzione).

- Un'ultima particolare categoria è quella delle scorte detenute a fini speculativi. Nel momento in cui ci si aspettano aumenti di prezzo o diminuzioni nell'offerta, l'azienda può ritenere conveniente investire in ordini di quantità rilevanti, nonostante ciò comporti l'aumento dei costi di stoccaggio; lo stesso ragionamento può essere fatto anche nel caso in cui l'azienda sia a conoscenza di una possibilità di scioperi da parte dei dipendenti dei fornitori o dei trasportatori. In tutte le occasioni appena citate, l'aumento del livello di scorte ha l'obiettivo di tutelare l'azienda e garantire la sua normale attività; può però succedere che, in vista di aumenti di prezzo, l'azienda decida di acquistare maggiori quantitativi di merce con l'intenzione di vendere solo nel momento in cui si registra l'effettivo aumento di prezzo. In questo caso l'azione non è volta a proteggere l'azienda, ma ha fini deliberatamente speculativi, volti ad aumentare i profitti senza realmente creare valore aggiunto.

Questo elenco non ha la pretesa di essere esaustivo, ma certamente espone le categorie a cui appartengono buona parte delle scorte di ogni impresa. Giunti a questo punto, è interessante concludere questa parte descrittiva sulla funzione delle rimanenze presentando alcune considerazioni ed alcuni dati elaborati da Jaber [2009]. Nella Tabella 1.1 è proposto un confronto fra la visione tradizionale delle scorte e le nuove idee emerse negli ultimi anni. Nella Tabella 1.2 a pagina successiva, invece, si trova un sondaggio riguardante il ruolo delle scorte, sottoposto ad una lista di top manager di aziende di produzione e di distribuzione; le risposte sono date in una scala di valori da 1 a 7, dove 7 è "concordo pienamente" e 1 è "non concordo affatto".

Confronto fra l'idea tradizionale di scorte e le nuove teorie	
Modelli tradizionali	Nuovi modelli
Le scorte possono essere gestite indipendentemente dalle altre funzioni aziendali	Le scorte sono una parte integrante della catena del valore e sono in stretta relazione con le altre funzioni aziendali
Le scorte servono da polmone fra le diverse funzioni ed i diversi processi	Le scorte possono diventare uno strumento strategico per raggiungere al tempo stesso profitti e soddisfazione dei clienti
I costi sono la variabile chiave per misurare le performance	Le performance devono essere valutate sulla base di quanto le scorte aziendali contribuiscano a trovare soluzioni migliori per i bisogni dei clienti, rispetto a quanto fanno le aziende concorrenti

Tabella 1.1. Fonte: Jaber, 2009

Il ruolo delle scorte nelle operazioni aziendali		
Domande	Punteggi medi	
	Produzione	Logistica
A. La gestione delle scorte è una funzione aziendale autonoma; le principali decisioni a riguardo devono essere prese indipendentemente dalle altre aree funzionali.	2,86	2,90
B. Le scorte possono essere gestite efficacemente solo se considerata parte integrante di una *supply chain*, unitamente alle altre funzioni aziendali.	6,22	5,70
C. Le scorte servono da "polmone" tra i vari processi e le varie unità di business, aiutando a proteggere interessi contrastanti.	4,38	3,70
D. Le scorte sono uno strumento strategico per la gestione aziendale, orientate alla creazione di profitto e alla soddisfazione del cliente.	4,18	4,82
E. Il miglior modo per misurare le performance delle scorte è la considerazione di tutti i costi collegati al magazzino.	4,16	4,01
F. Le performance delle scorte possono essere misurate dagli effetti che esse hanno sulla competitività dell'azienda.	4,67	4,85
G. Le scorte giocano un ruolo fondamentale per definire le politiche di gestione delle diverse linee di prodotto.	3,63	4,12
H. Le scorte giocano un ruolo fondamentale per la pianificazione della produzione e dei suoi effetti sulle unità verticalmente integrate.	4,66	4,00

Tabella 1.2. Fonte: Jaber, 2009

1.3 I costi delle scorte

Nei paragrafi precedenti si è spiegato come un elevato livello di scorte fornisca maggiori garanzie circa la soddisfazione dei clienti; maggiori sono le rimanenze, minore è il rischio che l'azienda si trovi senza merci da processare o da vendere e, di conseguenza, maggiore è la probabilità di riuscire ad evadere tutti gli ordini, incassandone i relativi pagamenti. Il rovescio della medaglia è dato dal fatto che scorte maggiori comportano spese maggiori che le imprese devono inevitabilmente sostenere (seppure la loro incidenza possa variare di caso in caso). Quello che l'azienda si trova a valutare, sostanzialmente, è la scelta fra acquistare o produrre un bene nel momento futuro in cui si riceve l'ordine, piuttosto che acquistarlo o produrlo oggi e mantenerlo in magazzino fino a quando sarà richiesto. Questo dipenderà, fra le altre cose, dai costi di stoccaggio e dalla funzione di produzione dell'impresa: se con l'aumento della produzione si generano diseconomie di scala e si stima una domanda crescente in futuro, allora può essere conveniente produrre oggi una quantità maggiore e tenerla in deposito fino a domani; nel caso contrario, se un lotto di dimensioni maggiori genera economie di scala, oggi

può essere più conveniente aspettare per produrre di più domani. Si capisce che l'obiettivo primario è, quindi, trovare il giusto trade-off tra tutti questi fattori, e per fare questo è fondamentale avere chiaro in mente come tutti questi costi interagiscano fra loro [Rushton, Baker e Croucher, 2006]. Naturalmente, tutte queste considerazioni sono prive di significato fintanto che non si sa come le spese di un'azienda siano più o meno influenzate dal livello delle rimanenze. L'obiettivo di questo paragrafo è appunto quello di far luce su quei costi che maggiormente incidono sulla gestione delle scorte; un grande contributo in questa direzione è dato da Arrow, Karlin e Scarf [1958], Magee e Boodman [1992] e Slack, Chambers e Johnston [2010].

1.3.1 Costo di ordinazione o produzione

Per detenere in magazzino una qualsiasi quantità di scorte, è prima necessario che questa merce sia ordinata ai fornitori o prodotta internamente; in entrambi i casi si devono sostenere dei costi che sono indipendenti dal prezzo del bene in sé. Nel caso in cui i materiali siano acquistati esternamente, si devono affrontare le spese amministrative per processare l'ordine, per organizzare la spedizione, per accordarsi con il fornitore sui termini di pagamento e, in generale, i costi per gestire le informazioni che consentono di prendere queste decisioni; se, invece, i prodotti da immagazzinare sono realizzati dall'impresa stessa, si devono sostenere dei costi relativi alla preparazione dei macchinari o della forza lavoro, causati dal bisogno di produrre un articolo anziché un altro. Qualunque sia il caso in questione, la funzione di costo può mostrare una costruzione diversa a seconda della circostanza. Il caso più semplice è quello in cui i costi di ordinazione siano direttamente proporzionali alla quantità prodotta; questo, in realtà, non succede molto spesso. Molto più comune è la situazione in cui costi e quantità siano legati da una funzione concava, ossia ogni unità aggiuntiva ordinata o prodotta costi meno della precedente. Un caso particolare è quello in cui la funzione di costo sia costituita da una quota proporzionale, che aumenta con l'aumentare della quantità, e da una quota fissa, che rimane costante indipendentemente dalle dimensioni dell'ordine e che ha, dunque, un'incidenza sempre minore con l'ingrandirsi del lotto [Arrow, Karlin e Scarf, 1958]. Si può avere una funzione di costo concava anche nel caso in cui l'azienda possa raggiungere delle economie di scala con l'aumento della produzione, per esempio sfruttando il più possibile quei macchinari che sono stati acquistati ad un prezzo più alto. Allo stesso modo, se l'azienda compra anziché produrre, si possono realizzare economie di scala nel momento in cui i fornitori siano disposti ad offrire degli sconti quantità sul prezzo di listino per ordinativi di grosse dimensioni; più rari sono i casi in cui i venditori impongano dei costi extra nel caso in cui si ordinino quantità molto piccole [Slack, Chambers e Johnston, 2010].

In determinate situazioni, può succedere, però, che oneri e quantità siano legati da una funzione convessa. Questo accade soprattutto nelle società manifatturiere, quando la produzione di volumi maggiori richiede l'assunzione di personale aggiuntivo o l'acquisto di ulteriori equipaggiamenti, senza tuttavia aumentare cospicuamente la capacità globale dell'impianto; è naturale che, al verificarsi di queste condizioni, si vada fortemente ad intaccare l'efficienza del processo.

Questa circostanza non è, tuttavia, così consueta; nella realtà, il fattore che maggiormente incide sui costi di ordinazione e di produzione è solitamente il costo amministrativo. Con questo ci si riferisce ai costi impiegatizi relativi agli ordini di approvvigionamento, alle richieste di spedizione e agli ordini di fabbricazione [Magee e Boodman, 1992]. Per stimare correttamente l'entità di questi oneri, è possibile seguire gli ordini e le richieste durante tutte le fasi della loro elaborazione, registrando il tempo necessario; in alternativa, si può procedere a controlli a campione, o controlli istantanei, per valutare la percentuale di tempo che un impiegato dedica agli adempimenti burocratici. Al fine di ottenere un dato utile all'attività di programmazione, sarà poi sufficiente dividere il costo totale per il numero di articoli gestiti in quel periodo.

1.3.2 Costi di stoccaggio

I costi di stoccaggio (o di magazzinaggio) sono quelli legati al fatto che l'azienda stia fisicamente mantenendo dei prodotti all'interno dei suoi depositi. Le spese, generalmente, sono per lo più dovute ad affitti, riscaldamento ed illuminazione dei locali; possono, tuttavia, rivelarsi particolarmente elevate nel caso in cui il magazzino debba soddisfare dei particolari requisiti in termini di temperatura (si pensi alle celle frigo) o di sicurezza (se la merce conservata ha un elevato valore intrinseco). A questo proposito possono assumere un peso consistente anche i premi annui da pagare per assicurare i locali e le merci in essi contenute.

Per quanto riguarda l'incidenza di questi costi, difficilmente la loro entità può essere influenzata dalla politica di gestione delle scorte; in effetti, fintanto che le rimanenze non superano la capacità del deposito, non vi sono particolari ragioni per cui dovrebbero emergere delle spese straordinarie. La questione sorge, piuttosto, quando il magazzino non è più in grado di contenere tutti i prodotti che l'impresa desidera conservare. In questi casi, infatti, è necessario affittare degli ulteriori depositi, oppure utilizzare a tale scopo degli spazi che potrebbero altrimenti essere sfruttati per fini più redditizi [Magee e Boodman, 1992].

Solitamente, è plausibile ipotizzare che i costi di stoccaggio siano indipendenti dal volume delle giacenze, e si tende pertanto a ripartire le spese per il livello medio delle scorte (ossia il livello di scorte che sta nel mezzo fra il punto di minimo in cui si emette l'ordine di acquisto

ed il punto di massimo in cui si è appena ricevuto il rifornimento) [Arrow, Karlin e Scarf, 1958]. Alcuni autori ammettono, però, la possibilità che lo spazio occupato possa essere adattato alle esigenze aziendali e subire delle variazioni di breve termine [Magee e Boodman, 1992]; in questi casi non solo si riesce ad influenzare il livello medio delle scorte, ma anche l'ammontare dei costi di stoccaggio sarà soggetto a forti oscillazioni in valore assoluto.

1.3.3 Costi di deprezzamento delle scorte

Quando si ordinano grossi quantitativi, è probabile che una parte della merce rimanga in magazzino per un arco di tempo abbastanza lungo. Il rischio che si corre in questi casi è legato al fatto che gli articoli possano diventare obsoleti o possano rovinarsi col trascorrere del tempo. Nello specifico, Magee e Boodman [1992] sostengono che il deprezzamento possa manifestarsi in diverse forme:

- c'è deterioramento totale se il prodotto non può più ritenersi idoneo ad essere venduto;
- si corre il rischio che un articolo, sia esso prodotto finito o semilavorato, possa divenire tecnologicamente superato, con una conseguente commercializzazione solamente al netto di uno sconto rilevante o come parte di ricambio;
- il prodotto può passare di moda o diventare inattuale per altre ragioni;
- si possono verificare furti, rotture, evaporazioni, ecc.

Questa serie di rischi ha assunto, negli anni, un peso sempre maggiore; con l'accorciamento del ciclo di vita dei prodotti e la continua innovazione ed introduzione di nuove versioni, questo aspetto è diventato di assoluta importanza nella definizione delle politiche di magazzino e nell'analisi dei relativi costi [Rushton, Baker e Croucher, 2006]. Bisogna tuttavia riconoscere che, in determinate situazioni, il confine fra i costi di stoccaggio ed i costi per il deprezzamento è molto labile. Si pensi al caso di un'azienda che commercia macchinari complessi e che deve periodicamente procedere ad attività di manutenzione per garantirne il funzionamento. Oppure si pensi ad un'impresa produttrice di componenti elettronici che perdono di efficacia se rimangono inutilizzati per un lungo periodo. Questi esempi sembrerebbero dei classici casi di deprezzamento causato da una lunga permanenza in magazzino; ciò nonostante, il fatto che questi interventi sulle scorte siano prevedibili e programmabili, potrebbe giustificare una loro assimilazione ai costi di stoccaggio [Arrow, Karlin e Scarf, 1958]. Questa riflessione, tuttavia, si basa su considerazioni che hanno valenza puramente teorica. Quando un'azienda analizza i costi di gestione del magazzino, la cosa fondamentale è che tutte le spese vengano considerate e ripartite fra gli articoli in deposito; la distinzione fra costi di stoccaggio e costi di deprezzamento, a quel punto, non assume più nessuna importanza.

1.3.4 Costo del capitale

Questa voce di costo, nella valutazione di un magazzino, non può certamente essere trascurata; la permanenza prolungata delle merci nei depositi aziendali può, per certi versi, essere paragonata all'investimento in un capitale che non sta generando nessuna entrata in cassa o in conto corrente. Il modo in cui questo tema viene trattato è diverso a seconda dell'autore che ne parla; la cosa su cui, però, sono quasi tutti concordi è il fatto che le scorte sono denaro [Muller, 2011].

Slack, Chambers e Johnston [2010] affrontano l'argomento partendo da una prospettiva che si concentra sul ciclo monetario. Essi sostengono che, dopo aver ricevuto la merce dal fornitore, l'azienda deve procedere al pagamento della stessa entro un termine relativamente breve. Allo stesso modo, l'azienda aumenta le sue disponibilità liquide solo nel momento in cui i clienti pagano per la merce che acquistano. Tuttavia, il tempo che intercorre fra l'uscita e l'entrata di denaro può essere anche piuttosto lungo, a seconda dell'attività condotta dall'azienda e dal tipo di accordi stipulati con gli altri componenti della *supply chain*. In questo periodo, è l'impresa stessa a dover finanziare le sue scorte; il costo del capitale, quindi, è dato dagli interessi passivi pagati per contrarre un prestito o dal costo opportunità che si sostiene per non averli investiti altrove.

Quest'ultimo concetto del costo opportunità, invece, è quello su cui maggiormente si concentrano Arrow, Karlin e Scarf [1958]. Anche loro concordano sul fatto che, se un'azienda produce o compra prodotti per poi tenerli in magazzino, è come se bloccasse del denaro che non garantirà alcun profitto per un certo tempo. Partendo da questa premessa, però, essi ritengono di fondamentale importanza la valutazione degli investimenti alternativi che l'azienda potrebbe aver intrapreso impiegando diversamente le stesse risorse. Una prima soluzione è sicuramente offerta dai Titoli di Stato, i quali assicurano un rendimento privo di rischio. La dottrina tradizionale, infatti, parte dal presupposto che uno Stato non può mai fallire, dal momento che ha la facoltà di stampare moneta a bisogno; per questo motivo, il rendimento promesso dai titoli governativi rappresenta sempre un'alternativa sicura e garantita. Per valutare in modo esaustivo la politica di gestione del magazzino, quindi, è necessario confrontare il rendimento di un'unità di capitale investita in scorte con il rendimento di un'unità di capitale investita in Titoli di Stato. Ciò nonostante, i buoni governativi sono solo una delle alternative che può avere a disposizione l'azienda; nulla esclude, per esempio, che l'impresa in questione gestisca una molteplicità di processi e, in questo caso, il miglior investimento alternativo è da ricercare fra le varie attività condotte all'interno dell'azienda stessa. Va da sé che quanto più breve è il tempo di permanenza dei materiali in magazzino tanto minore è il costo di capitale.

Anche Magee e Boodman [1992] seguono la stessa corrente di pensiero secondo cui il costo di capitale è dato dal costo per un finanziamento bancario o dalla sottrazione del capitale ad altri possibili usi. L'approccio di questi autori, più o meno condivisibile, è interessante perché fanno una precisazione inedita rispetto alle prospettive esposte in precedenza. In ottica di programmazione della produzione e delle rimanenze, essi ritengono che l'investimento in scorte sia un costo che vada nettamente distinto dal valore contabile o di inventario che esse assumono in bilancio. Segnatamente, l'investimento in scorte è la spesa evitabile effettivamente sostenuta per materiali, lavoro e costi generali relativi all'accumularsi delle merci; "evitabile" è la parola chiave in questa definizione. In genere, i materiali sono acquistati per soddisfare le esigenze dei clienti o del reparto produzione; se la produzione o la domanda slittano, anche l'acquisto delle materie prime (e quindi il loro pagamento) viene ritardato per il tempo corrispondente. Ci sono, però, delle circostanze in cui i materiali devono essere acquistati in base alla loro disponibilità (per esempio i prodotti agricoli tipici di determinate stagioni), indipendentemente dal programma di produzione. In questi casi l'acquisto della materia prima e l'aumento delle scorte è inevitabile e non dipende dalla politica adottata dall'azienda; di conseguenza, secondo Magee e Boodman, tale componente di costo non dovrebbe pertanto essere inclusa nel calcolo del valore delle scorte.

Ad onor del vero, questa teoria non trova molti riscontri nella ben ampia letteratura relativa ai costi delle rimanenze. Nonostante concordi sul fatto che in certe condizioni (seppur rare) la necessità di creare magazzino vada oltre le politiche aziendali di *inventory management*, mi risulta personalmente difficile trovare molti argomenti a supporto della tesi di questi autori. Per quanto inevitabile possa essere l'aumento delle scorte, queste rappresentano in ogni caso del capitale bloccato che non produce nessuna entrata monetaria; ritengo, inoltre, che la distinzione fra acquisti intenzionali di merci ed acquisti "non procrastinabili" sia imprescindibilmente caratterizzata da una forte soggettività, che non permetta di determinare in modo univoco come questi costi debbano essere calcolati.

1.3.5 Costo di penuria

Il costo di penuria (chiamato anche *stock-out cost* o *penalty cost*) ha origine in una situazione in cui la domanda eccede l'offerta, determinata considerando sia la produzione corrente che le scorte accumulate in passato. Per la maggior parte delle aziende, infatti, è praticamente impossibile garantire che la domanda sia sempre soddisfatta in ogni circostanza, soprattutto quando le vendite future sono fortemente incerte. Nel momento in cui alcuni ordini non vengono evasi si generano dei costi, che si manifestano in modo diverso nelle varie aziende: se la domanda arriva da clienti esterni, c'è la probabilità che essi decidano di fare affari con

qualcun altro; se, invece, la domanda giunge internamente da uno dei processi successivi, lo stock-out può provocare lunghi tempi di attesa, macchinari inattivi, inefficienze e, possibilmente, la delusione del cliente esterno che subisce gli effetti di questi ritardi [Slack, Chambers e Johnston, 2010].

Uno dei problemi più grandi del costo di penuria deriva dal fatto che la sua determinazione è molto complicata ed è generalmente influenzata da una forte componente di soggettività. Arrow, Karlin e Scarf [1958] riconoscono due principali fattori che possono influire sul costo di stock-out:

- una possibilità è quella in cui la frazione di domanda che eccede le rimanenze a disposizione sia soddisfatta con una spedizione prioritaria; in questo caso il *penalty cost* può essere misurato come la differenza fra il costo di questa spedizione ed il costo di una spedizione tradizionale. Se la domanda insoddisfatta arriva da una fonte interna all'azienda (es. il prossimo stadio della fase produttiva), il costo di stock-out è rappresentato dagli oneri che si sostengono per accelerare la produzione;
- una seconda possibilità è quella in cui la domanda che non si riesce a soddisfare con le scorte attualmente a magazzino venga messa in coda e soddisfatta non appena quell'articolo diventi disponibile. In questa circostanza, il costo di penuria è legato alla possibile perdita in termini di reputazione e di immagine agli occhi del cliente, con la conseguenza che quest'ultimo possa rifiutarsi di concludere ancora affari con la stessa azienda in futuro; questo è un rischio che corrono tutte le imprese che registrano episodi di stock-out, ma è terribilmente difficile da calcolare in maniera precisa.

Quest'ultima considerazione è decisamente condizionata dal tipo di domanda a cui l'azienda deve far fronte. Per esempio, nel caso di un mercato spiccatamente stagionale, il costo derivante dall'incapacità di soddisfare una richiesta dipende dal periodo dell'anno in cui si verifica questa mancanza: nei periodi di bassa domanda questo costo può essere piuttosto contenuto; se, invece, lo stock-out si registra al momento dei picchi di vendita, è molto probabile che l'occasione di guadagno sia perduta completamente [Magee e Boodman, 1992].

Come si era detto per le spese di ordinazione e di produzione, anche in questo caso la funzione di costo può assumere strutture differenti. La forma più semplice è quella in cui i *penalty costs* crescono in modo proporzionale all'aumentare della domanda insoddisfatta. Questa spiegazione, però, non è sempre verosimile: in alcune imprese (soprattutto quelle di stampo industriale) può capitare che i costi di stock-out si presentino con una funzione convessa; se la carenza di scorte è limitata le conseguenze sono contenute, ma se la domanda insoddisfatta continua ad aumentare, le difficoltà per il cliente si amplificheranno in modo più che proporzionale. Un'altra situazione particolare è quella che può, talvolta, verificarsi in

ambito militare o in caso di sperimentazioni delicate e complesse: il tipo e la quantità di materiali necessari per raggiungere l'obiettivo sono ben noti; tuttavia, un qualsiasi stock-out, anche di lieve entità, provocherebbe il fallimento totale dell'operazione. La funzione di costo è, in questa occasione, discontinua: essa è positiva e costante per ogni episodio di domanda insoddisfatta, ed è pari a zero se non si rilevano stock-out [Arrow, Karlin e Scarf, 1958].
Escludendo queste situazioni estreme di semplice definizione, rimane tutt'ora irrisolto il quesito sulle modalità con cui possa essere precisamente calcolato il costo di penuria. La mancanza di un modello chiaro ed esaustivo è dovuta al fatto che buona parte dei modelli matematici riesce a funzionare solamente fintanto che gli si sottopongono informazioni quantitative; per studiare le conseguenze di uno stock-out, però, i principali dati da elaborare sono di tipo qualitativo (insoddisfazione dei clienti, reazioni future, ecc.). Nonostante siano stati numerosi i tentativi per creare modelli che includano le percezioni dei clienti sull'immagine e la reputazione aziendale (Oral, Salvador, Reisman e Dean [1972] si basano su interviste dirette ai consumatori e sui dati storici del produttore), non si è ancora riusciti ad individuare un modello che riesca a fornire dei risultati attendibili e soddisfacenti.

1.3.6 Costi di inefficienza operativa

Nel paragrafo appena concluso, si è approfondita la situazione in cui le scorte a disposizione dell'azienda e la produzione corrente non sono sufficienti a soddisfare la domanda, analizzando i costi che ne derivano. In questo paragrafo, invece, l'attenzione è spostata su quei momenti in cui il livello di produzione dell'impresa è eccessivo rispetto alla funzione di domanda, poiché anche questo comporta delle inefficienze e, quindi, dei costi. In altre parole, stiamo sostanzialmente dicendo che ogni volta che si accumulano scorte ci sono delle spese da sostenere. A prima vista, questo non sembra così diverso dai costi di stoccaggio analizzati nel paragrafo 1.3.2; in effetti, il confine è molto sottile, ma c'è tuttavia una precisazione da fare: è vero che i costi di stoccaggio sono quelli da fronteggiare ogni volta che l'azienda conserva la merce nei suoi depositi, ma è anche vero che spesso queste spese sarebbero sostenute anche se le rimanenze fossero drasticamente ridotte (si pensi ai canoni di affitto quando produzione e stoccaggio avvengono nello stesso locale, alle spese per l'energia, all'assicurazione che si paga sui prodotti finiti solo per averne concluso la lavorazione, indipendentemente dal fatto che questi siano tenuti in deposito per una settimana o un anno, ecc.). I costi di inefficienza sono, dunque, quelli che si rilevano nel momento in cui le scorte si accumulano in modo incontrollato, o quando la loro espansione si può evitare. A questo proposito entrano in gioco le filosofie relative alla *lean production*, secondo cui un elevato livello di rimanenze non permette di riconoscere ed isolare la fonte di un problema all'interno

della *supply chain*, con tutte le conseguenze economiche negative che ne derivano [Slack, Chambers e Johnston, 2010]. Questo tema, ad ogni modo, sarà approfondito a dovere nel paragrafo 1.4.3 quando si parlerà appunto di *lean synchronization* e *Just-In-Time*.

1.3.7 Altre fonti di costo

Le tipologie di spesa esposte fino ad ora sono quelle di impatto maggiore e la cui rilevanza è tendenzialmente riconosciuta dalla quasi totalità degli studiosi di *inventory management*. Oltre a questi oneri si possono manifestare degli altri costi, generalmente di entità minore che, però, a seconda dell'attività svolta dall'azienda, possono assumere un peso significativo.

Un esempio può essere quello dei costi di trasporto, intesi come gli oneri da sostenere per movimentare gli articoli dentro e fuori ai magazzini aziendali. Solitamente, questi sono semplicemente computati ai costi delle giacenze come avviene per tutte le normali spese di manodopera diretta. Può, tuttavia, succedere che il costo unitario di trasporto dipenda dall'ammontare delle scorte: rimanenze particolarmente voluminose, per esempio, potrebbero causare un'allocazione inefficiente o troppo ingombrante all'interno dei depositi aziendali; altre volte, può accadere che delle rimanenze eccessive richiedano lo sfruttamento di spazi normalmente non utilizzati, con dei costi di movimentazione più alti degli standard. Come risultato si ha che, quando le scorte superano una determinata soglia, i costi di carico, trasporto e scarico assumano una certa importanza. In queste circostanze, vista la straordinarietà della spesa, è opportuno includerla fra i costi delle scorte [Magee e Boodman, 1992].

Un'altra variabile (non necessariamente negativa) da tenere in considerazione, può emergere nel momento in cui la gestione delle scorte sia studiata in prospettiva multi-periodo. Si ipotizzi, per esempio, che, al termine del periodo analizzato, l'azienda abbia delle rimanenze a disposizione in magazzino. Queste scorte hanno un valore: anche nel peggiore dei casi, esse hanno un prezzo di mercato al quale possono essere vendute, per quanto basso questo possa essere. Si parla, quindi, di valore di recupero quando si include questo prezzo del modello per la gestione delle scorte. In alcuni casi può anche verificarsi che questo valore sia negativo, e si parla perciò di costo di recupero (*salvage cost*); questo può accadere, per esempio, quando le merci raggiungono un livello di obsolescenza tale da pregiudicare totalmente la loro utilità, compromettendo ogni possibilità di vendita. In una situazione del genere, può essere che l'azienda debba addirittura sostenere dei costi per smantellare le rimanenze che non possono più essere smerciate: questi sono, appunto, i *salvage costs* [Arrow, Karlin e Scarf, 1958].

Un altro onere che viene spesso ignorato quando si studia l'amministrazione delle scorte è quello relativo ai carichi fiscali. Le tasse, infatti, possono rappresentare un elemento di costo

rilevante e, talvolta, riescono ad influenzare le politiche di gestione delle rimanenze. In alcuni Stati, ai fini della determinazione dell'imposta, si accerta il livello delle scorte in un giorno fisso dell'anno; questa prassi può generare una distorsione di notevole rilievo nella programmazione delle giacenze: i fabbricanti tendono, infatti, a lasciar esaurire le scorte per il giorno dell'accertamento e procederanno, in seguito, alla loro ricostituzione [Magee e Boodman, 1992].

Infine, per concludere questo approfondimento sui costi delle scorte, trovo utile riassumere nella Tabella 1.3 i punti principali messi in evidenza nel corso di questi paragrafi.

Costo	Quando si verifica?	Quanto incide?
Costo di ordinazione o produzione	Ogni volta che si effettua un acquisto dai fornitori o si avvia la produzione di una nuova partita	Diminuisce all'aumentare delle dimensioni del lotto ordinato/prodotto
Costo di stoccaggio	Ogni volta in cui ci sia la necessità di conservare della merce in magazzino	Di solito cresce con l'aumentare della merce in magazzino; possono anche realizzarsi economie di scala
Costo di deprezzamento	Quando la merce rimane in magazzino per un lungo periodo	Tanto maggiore quanto più la merce ritarda ad essere venduta
Costo di capitale	Quando il peso delle scorte sui conti aziendali è rilevante	Tanto maggiore quanto più alto è il valore della merce in magazzino e quanto più a lungo la merce viene conservata
Costo di penuria	Quando non si riesce a soddisfare la domanda	In genere cresce con l'aumentare delle rotture di stock
Costo di inefficienza operativa	Quando le scorte aumentano in modo incontrollato (ed evitabile)	Tanto maggiore quanto più grande è il livello delle rimanenze indesiderate

Tabella 1.3. Fonte: elaborazione personale.

1.4 I modelli per la gestione delle scorte

Come già detto in precedenza, la gestione delle scorte si prefigge, in buona sostanza, di risolvere le problematiche relative a qualità, quantità, tempo e luogo associati alle giacenze di magazzino. Per raggiungere questo risultato, i diversi modelli proposti dalla letteratura possono essere distinti in base alla caratterizzazione di due aspetti principali ossia domanda e processo di approvvigionamento [Corniani, 2009]:

- la domanda futura, dalla quale scaturisce la necessità di detenere più o meno scorte, può essere certa, può esserne nota la distribuzione di probabilità oppure ci si può trovare in una situazione di totale incertezza;

- il processo di approvvigionamento, dato dalle modalità con cui l'azienda si rifornisce di materiali, può essere a sua volta differenziato sulla base di due aspetti: da un lato, l'intervallo di tempo fra l'emissione dell'ordine e la ricezione della merce (*lead time* costante o variabile) e, dall'altro lato, la provenienza della merce ordinata (che può essere acquistata da un'impresa terza o realizzata internamente).

Oltre a queste macrocategorie, ci sarebbe un'altra importante distinzione da fare: è necessario, infatti, differenziare quei modelli in cui le decisioni sono prese *una tantum* da quelli in cui ci si trova all'interno di un processo, dove decisioni analoghe devono essere prese in continuazione.

La letteratura in tema di gestione delle scorte è estremamente articolata e, a partire dagli anni '50-'60, è in continua evoluzione. Lo scopo di questo elaborato non è quello di presentare in modo esauriente tutte le politiche che possono essere adottate dai manager aziendali; ritengo utile, tuttavia, fornire un quadro generale sui più importanti metodi di gestione degli approvvigionamenti ed amministrazione delle scorte. La conoscenza di questi modelli (e delle ipotesi su cui si basano) aiuta a riconoscere le peculiarità dell'azienda che si sta studiando e permette di ricondurre il caso in questione all'interno di una delle fattispecie già note.

1.4.1 EOQ e EBQ

Uno dei precursori dei modelli di controllo scientifico delle scorte, fu sicuramente Wilson con il suo *Economic Order Quantity* (EOQ, lotto economico d'acquisto). La fama raggiunta da questo modello è dovuta principalmente alla sua semplicità; questo sistema rappresenta efficacemente il funzionamento di molti magazzini, ma, al tempo stesso, si presta agevolmente a perfezionamenti ed è un'ottima base per ottenere modelli ben più complessi [Greene, 1970]. Le ipotesi alla base di questa teoria sono le seguenti [Tinarelli, 1981]:

1. per quanto riguarda le entrate:
   - il costo della merce è noto e costante nel tempo, nonché indipendente dalla dimensione del lotto acquistato,
   - la quantità acquistata viene consegnata in un'unica soluzione,
   - è possibile acquistare qualunque quantità, non necessariamente intera,
   - il *lead time* è noto e costante;
2. per quanto riguarda le uscite:
   - la merce ha una domanda nota e costante nel tempo ed il prezzo di vendita non subisce variazioni nei diversi periodi,
   - si vuole soddisfare tutta la domanda senza fare attendere i clienti;
3. per quanto riguarda la natura dell'articolo e la sua conservazione:

- esso non è deperibile,
- la conservazione della merce comporta spese da calcolare in modo proporzionale in relazione al valore dei materiali ed al tempo che essi trascorrono in magazzino.

La classica situazione che si viene a creare alla luce di questi presupposti è rappresentata in Figura 1.1.

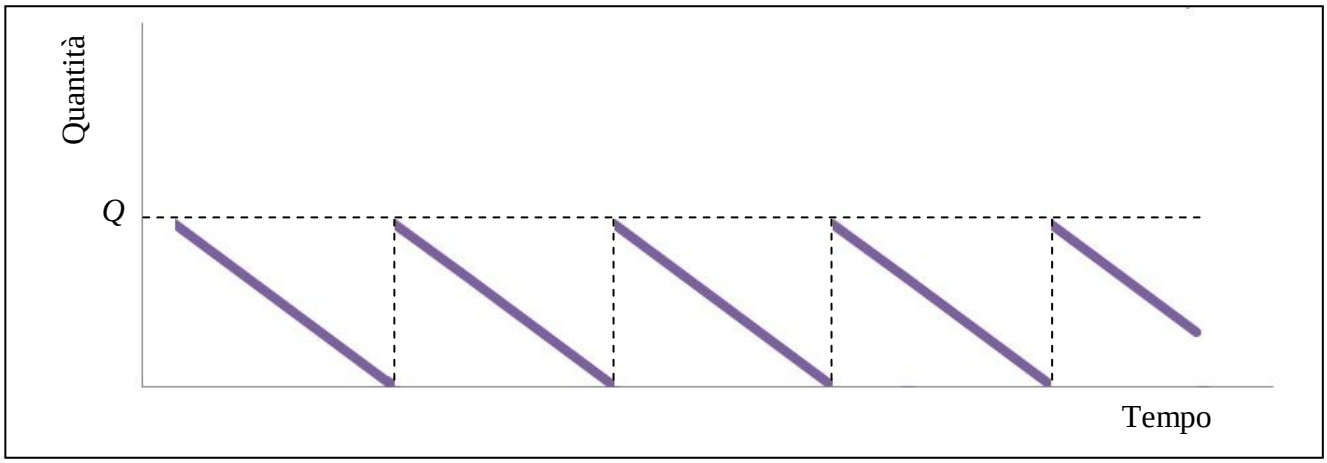

Figura 1.1. Fonte: rielaborazione da Malesani, 1996

La linea continua rappresenta il livello delle scorte in magazzino; l'azienda, in pratica, acquista ogni volta una quantità di merci pari a *Q*, che riceve in un'unica soluzione e che colloca nel magazzino aziendale. Per soddisfare la domanda dei clienti, si continuano a prelevare materiali e le scorte diminuiscono finché tornano al livello zero, momento in cui l'azienda emette un nuovo ordine pari a *Q*. Il modello di Wilson serve, appunto, a delineare il valore di questo *Q* che minimizzi i costi per l'azienda; per raggiungere questa soluzione si consideri che:

D è la domanda annuale del prodotto,

C è il costo sostenuto per l'acquisto di un'unità di prodotto,

I è il costo di stoccaggio, generalmente espresso come percentuale del valore del livello medio di scorte (*Q*/2),

S è il costo di ordinazione (o di preparazione) da sostenere ogniqualvolta si acquisti un nuovo lotto.

Di conseguenza, i costi di stoccaggio totali da sostenere ogni anno sono pari a [Thierauf e Klekamp, 1975]

$$\frac{Q}{2} \cdot C \cdot I = \left(\frac{Q}{2}\right) CI \ ,$$

mentre i costi annui di ordinazione (o di preparazione) equivalgono a

$$\frac{D}{Q} \cdot S = \left(\frac{D}{Q}\right) S \ .$$

Come è facile immaginare, i costi di stoccaggio crescono all'aumentare delle rimanenze, mentre l'incidenza unitaria dei costi di ordinazione diminuisce se si aumentano le quantità ordinate (per merito delle economie di scala). La Figura 1.2 mostra l'evoluzione delle funzioni di costo in base al numero di unità che si decide di acquistare.

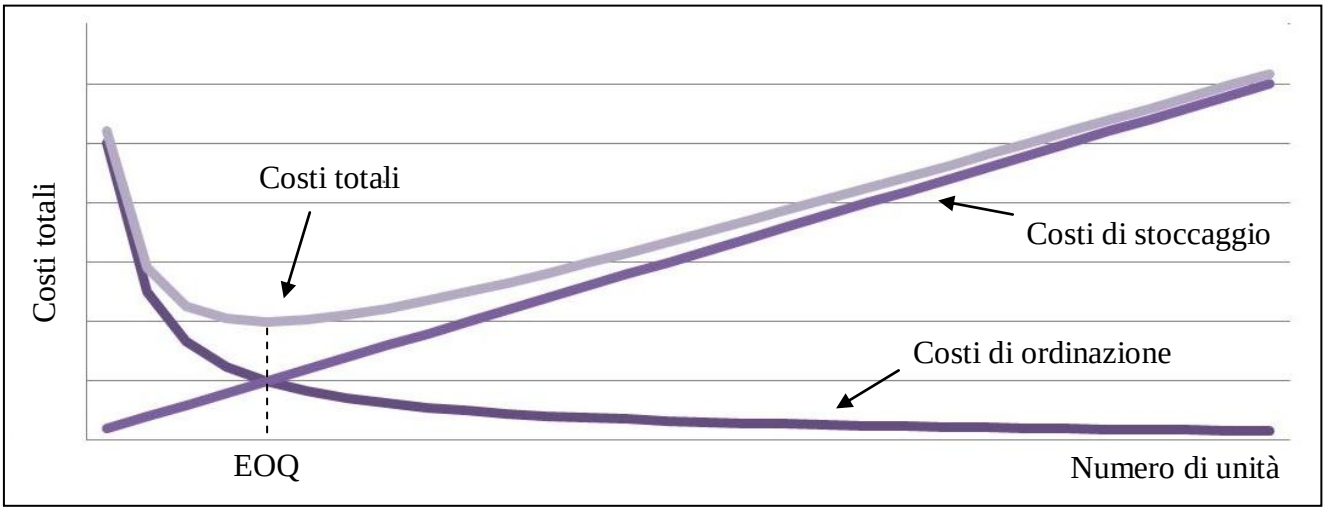

Figura 1.2. Fonte: rielaborazione da Thierauf e Klekamp, 1975

Guardando il grafico, si può intuire come la situazione più conveniente si raggiunga ordinando quella quantità per cui i costi annui di stoccaggio sono pari ai costi annui di ordinazione; algebricamente [Thierauf e Klekamp, 1975]:

$$\left(\frac{Q}{2}\right)CI = \left(\frac{D}{Q}\right)S$$

$$QCI = \frac{2DS}{Q},$$

da cui

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{CI}}$$

Il valore di Q risultante dall'equazione sopra non è altro che l'*Economic Order Quantity*, ossia la dimensione del lotto che minimizza i costi totali di gestione delle scorte. L'EOQ può essere trovata anche calcolando la derivata prima e la derivata seconda della funzione di costo totale, in modo da individuare il punto di minimo [Malesani, 1996]; il risultato finale, in ogni modo, sarebbe stato lo stesso. A questo punto, essendo noti Q e la domanda annua di prodotto D, è possibile trovare, in modo piuttosto semplice, altri due dati rilevanti:

$$\text{Intervallo di tempo fra due ordini} = \frac{Q}{D},$$

$$\text{Frequenza degli ordini (nel periodo considerato)} = \frac{D}{Q}.$$

Una caratteristica molto interessante del modello di Wilson riguarda la sensibilità del risultato proposto [Slack, Chambers e Johnston, 2010]. Esaminando la dimensione ottimale del lotto, infatti, gli autori hanno notato che ogni scostamento relativamente piccolo da questa quantità non provoca aumenti rilevanti nella funzione di costo totale; questo è decisamente confortante per i manager poiché significa che, anche in caso di piccole imprecisioni nella stima dei costi, l'esito del procedimento non sarà necessariamente compromesso. Ciò nonostante, l'EOQ tradizionale non deve essere visto come la soluzione definitiva ai problemi di gestione delle scorte. Come detto in precedenza, è un modello parecchio semplicistico per poter rappresentare correttamente il reale funzionamento di molti magazzini. La sua utilità, più che altro, è data dal fatto che, con pochi ritocchi, riesce ad adattarsi efficacemente ad una moltitudine di situazioni ambientali. Per fare qualche esempio, la letteratura propone diverse rielaborazioni del modello standard, modificandone alcune delle ipotesi base per avvicinarsi ai problemi più comunemente affrontati dalle aziende [Greene, 1970, Tinarelli, 1981, Malesani, 1996]:

- acquisto e vendita di quantità intere o multipli di lotti predeterminati,
- prezzi variabili in funzione della quantità acquistata in ogni ordine,
- variabilità nella domanda o nel *lead time*,
- determinazione della quantità di riordino per un gruppo di articoli anziché per un solo articolo,
- costi di riordino trascurabili,
- possibilità di registrare rotture di stock, a fronte di un costo di penalità.

Esiste, inoltre, una variante particolare dell'*Economic Order Quantity* che può essere interessante esporre: l'*Economic Batch Quantity* (EBQ, lotto economico di produzione). Questa fattispecie è più adeguata alle società manifatturiere che devono scegliere la dimensione ottima di un lotto da fabbricare, dove il rifornimento non avviene più

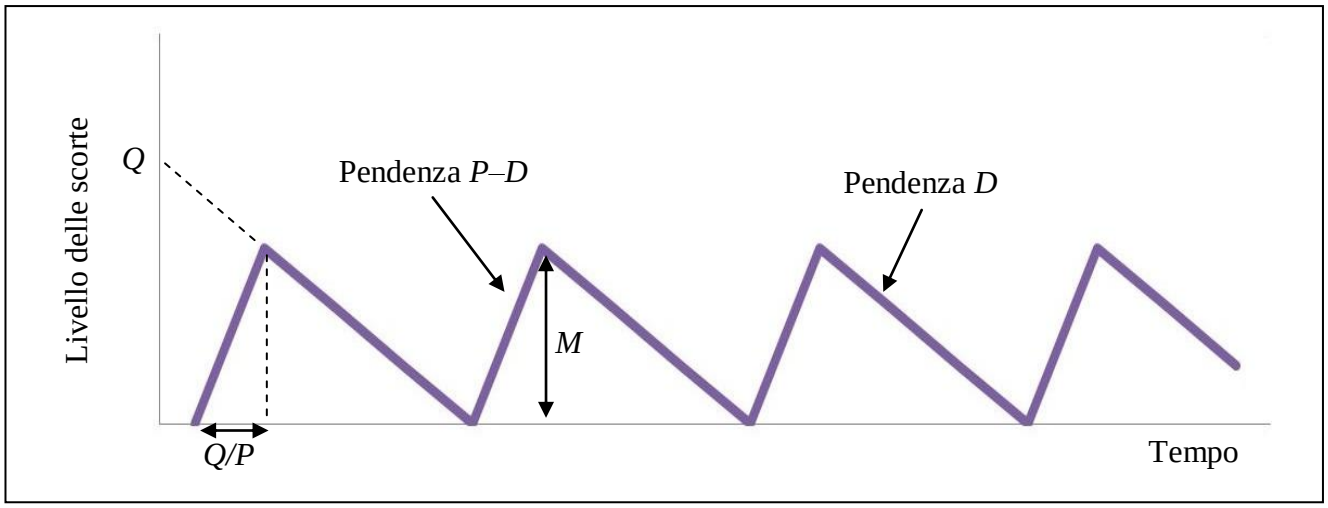

Figura 1.3. Fonte: Slack, Chambers e Johnston, 2010.

istantaneamente, ma necessita di un certo arco di tempo; un'altra grande differenza è dovuta al fatto che, nel momento stesso in cui si sta lavorando, parte dei prodotti non vengono immagazzinati, ma sono prelevati immediatamente per soddisfare la domanda dei clienti o del processo successivo [Thierauf e Klekamp, 1975]. In questa situazione il livello delle scorte oscilla così come mostrato sopra in Figura 1.3.

Il tasso P al quale i beni sono realizzati e spostati in magazzino deve essere più elevato del tasso D al quale i prodotti sono prelevati dalle rimanenze; questo è necessario affinché il livello delle scorte aumenti e possa soddisfare la domanda futura. Il prossimo ciclo di produzione sarà avviato nel momento in cui le giacenze tornano a zero. Considerando che M è il livello massimo che possono raggiungere le scorte e che $P–D$ è la velocità con cui si accumulano scorte è possibile affermare che [Slack, Chambers e Johnston, 2010]:

$$\text{Pendenza del segmento di accumulo delle scorte} = M \div \frac{Q}{P} = \frac{MP}{Q},$$

di conseguenza

$$\frac{MP}{Q} = P - D$$

$$M = \frac{Q(P-D)}{P}$$

$$\text{Livello medio delle scorte} = \frac{M}{2}$$

$$\text{Livello medio delle scorte} = \frac{Q(P-D)}{2P}.$$

Come per la soluzione dell'EOQ, dobbiamo inoltre considerare i costi di preparazione S (dovuti al tempo necessario ad attrezzare il macchinario) ed i costi di stoccaggio CI. La funzione di costo totale C_T da minimizzare sarà data da:

$$C_T = CI\frac{Q(P-D)}{2P} + S\frac{D}{Q},$$

La cui derivata prima è pari a

$$\frac{\delta C_T}{\delta Q} = CI\frac{P-D}{2P} + S\frac{D}{Q^2}.$$

Conoscendo la struttura convessa di questa equazione, si sa che ponendola pari a 0 e risolvendola per Q si arriva ad individuare il punto di minimo. L'EBQ è quindi dato da

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{CI(1-D/P)}}.$$

I modelli EOQ e EBQ sono un ottimo punto di partenza per individuare una buona politica di gestione delle scorte: sono semplici da applicare, hanno una valenza generale, possono essere

adattati alle caratteristiche dell'azienda in esame e, anche in caso di stime poco precise dei costi, forniscono risultati attendibili. Ciò nonostante, questi modelli hanno subito delle forti critiche, non solo per la loro semplificazione della realtà, ma anche per le ipotesi che stanno alla base del modello stesso. Prima di tutto, è stato messo in discussione il fatto che il modello punti a minimizzare i costi relativi alla gestione delle scorte, senza pensare che questo potrebbe non essere uno dei principali obiettivi dell'*inventory management*; alcune aziende, infatti, scelgono di costruire il loro vantaggio competitivo sulla profondità di assortimento o su un elevato livello di servizio al cliente: in queste circostanze, la minimizzazione dei costi non può certo essere la priorità. Una seconda critica mossa al modello di Wilson è legata al fatto che il suo modello miri ad ottimizzare l'amministrazione delle scorte intervenendo solamente sulle quantità ordinate; nulla viene detto, invece, sulla possibilità di migliorare la gestione delle scorte intervenendo sul livello globale delle scorte o sui costi della loro gestione [Slack, Chambers e Johnston, 2010].

1.4.2 Analisi ABC

Nel caso in cui un'azienda gestisca un elevato numero di articoli (centinaia o addirittura migliaia), non è pensabile l'applicazione dei modelli appena visti per ogni singola voce. Sarebbe molto più utile, in queste situazioni, uno strumento che consenta di identificare quei prodotti che richiedono una maggiore attenzione; uno strumento di questo tipo è l'analisi ABC. Questo approccio, in realtà, trae origine da una teoria molto più generale elaborata dall'economista e sociologo Pareto: egli sosteneva che la maggior parte della ricchezza del mondo fosse concentrata nella mano di pochi, imprescindibilmente dalle politiche o dalle riforme che possano essere attuate. Se trasferiamo questo pensiero all'attività aziendale, possiamo trovarne applicazione sotto molti aspetti: la composizione del fatturato o dell'utile, l'importanza economica dei clienti o dei fornitori, la mobilità degli articoli, e via discorrendo [Tinarelli, 1992]. Ai fini di questo studio, però, l'utilità pratica di maggiore rilevanze è quella volta ad analizzare la composizione del magazzino in un dato istante e la gestione dei prodotti in esso contenuti. Gli articoli, di solito, sono classificati in base all'*annual dollar usage*, assimilabile all'incirca al fatturato che generano ogni anno; questo indice è dato da

$$\text{Numero di utilizzi in un anno} \cdot \text{Costo unitario.}$$

In questo contesto non è rilevante che il costo unitario sia il costo standard, il costo medio o l'ultimo costo praticato; l'unica cosa che conta è che sia applicato lo stesso metro per tutti gli articoli in magazzino [Wild, 1997]. Le scorte a questo punto possono essere suddivise in tre classi:

- articoli di classe A, ossia il 20% di prodotti che generano l'80% del fatturato,

- articoli di classe B, ossia il 30% di prodotti che generano il 10% del fatturato,
- articoli di classe C, ossia il 50% di prodotti che generano il restante 10% del fatturato.

Alcuni autori sono soliti aggiungere a questo elenco una classe di articoli D, con la quale si riferiscono alla merce obsoleta o non più in vendita; resta il fatto che sommando C e D si comprendono circa la metà delle referenze gestite dall'azienda, quelle che garantiscono la percentuale più bassa di fatturato [Rushton, Baker e Croucher, 2006]. Le percentuali di questa ripartizione sono, più che altro, indicative e servono principalmente a far capire come, anche all'interno dei magazzini, si verifichi una forte concentrazione del valore. Ciò nonostante, accade molto di frequente che i sondaggi realmente condotti dalle aziende si avvicinino molto a questi valori. La Figura 1.4 rappresenta graficamente la distribuzione del fatturato alla luce di questa suddivisione.

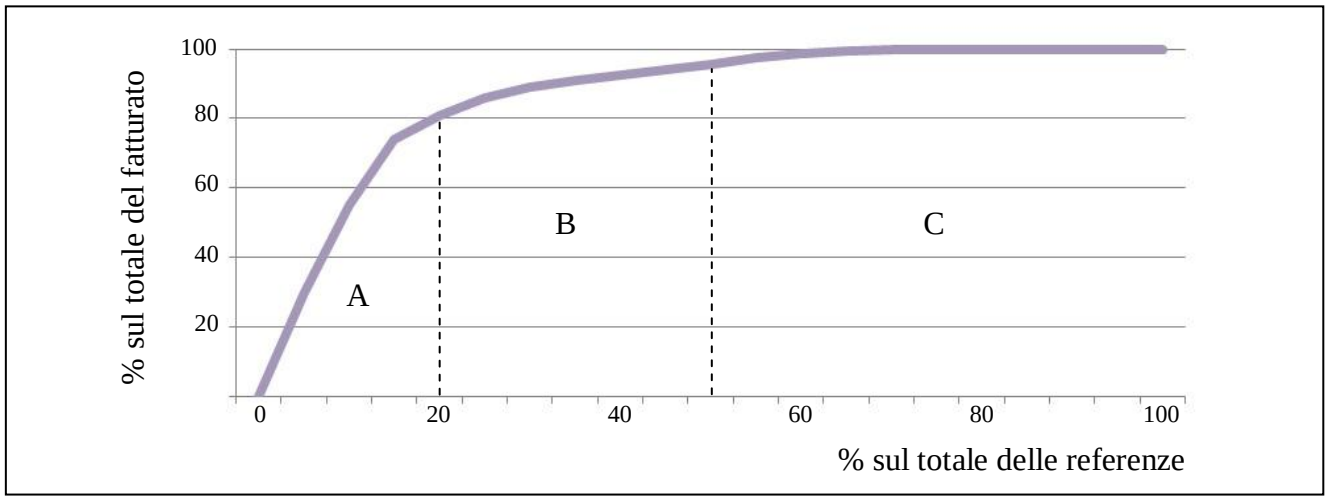

Figura 1.4. Fonte: rielaborazione da Tinarelli, 1992

L'analisi ABC serve soprattutto per valutare come il fatturato si distribuisca fra le voci di magazzino. Questo consente di individuare gli articoli che giocano un ruolo fondamentale a livello di costi e di ricavi, al fine di controllarli con maggior attenzione; per quanto riguarda, invece, i prodotti rimanenti, un controllo meno rigoroso difficilmente avrà effetti significativi su perdite o guadagni [Tinarelli, 1992]. Lo scopo dell'analisi ABC, tuttavia, non è quello di fornire un diverso livello di servizio a seconda della classe dell'articolo, bensì garantire lo stesso servizio possibilmente al minor costo (finanziario ed amministrativo) [Wild, 1997]. Gli articoli di classe A sono quelli su cui, chiaramente, le aziende investono maggiormente in fatto di tempo e denaro; questi richiedono un controllo rigido e costante, che combina le conoscenze degli esperti di mercato e dei responsabili della produzione, con l'obiettivo di mantenere basse le scorte, seppure ad un livello appropriato. Da un punto di vista pratico, per gli articoli A è consigliata una politica di approvvigionamenti che risponda alle logiche delle *lean production*, ordinando solamente quando necessario, attraverso sistemi di *Just-In-Time* o *Material Requirement Planning* (questi modelli sono approfonditi in seguito nel paragrafo

1.4.3) [Greene, 1970]. Per la gestione della categoria B, le tecniche computerizzate sono quelle più appropriate; il numero di referenze in questione ed il loro valore più contenuto renderebbero uno spreco di tempo l'adozione di politiche dedicate, come avviene per la classe A. Esistono software che, con le statistiche a loro disposizione, possono mantenere controllato il livello delle rimanenze e fare previsioni sul momento più opportuno per riordinare [Wild, 1997]; in questo caso possono entrare in gioco l'*Economic Order Quantity* o l'*Economic Batch Quantity* presentati in precedenza. Per quanto riguarda, infine, la classe di prodotti C, l'opinione più diffusa è quella secondo cui la si debba controllare tramite sistemi semplici, che consentano di gestire i riordini con uno sforzo amministrativo estremamente ridotto; i problemi più grandi da evitare in questo caso sono gli eccessi di rimanenze e la rilevazione di stock-out. Per i prodotti C, la politica più adeguata per gestire i rifornimenti è quella del *two-bin system* (letteralmente sistema a due bidoni) [Greene, 1970]. Questa tecnica funziona nel modo seguente: l'azienda conserva in magazzino gli articoli in questione all'interno di due "bidoni" separati (siano essi pallet, scaffali o qualsiasi altro contenitore) e, per soddisfare la domanda, preleva i prodotti sempre dallo stesso recipiente; una volta esaurito il primo recipiente, gli articoli cominceranno ad essere ritirati dal secondo, il quale funge, in pratica, da scorta di sicurezza. Nel momento in cui l'azienda inizia ad utilizzare il secondo contenitore, sa che deve emettere l'ordine al fornitore per l'acquisto di un nuovo lotto. Questa metodologia è molto semplice da usare, e consente di organizzare efficacemente gli approvvigionamenti del magazzino senza la necessità di un sistema di sorveglianza continua delle scorte.

Sebbene l'analisi ABC si presenti come un modo utile e pratico per gestire un magazzino complesso, ci sono alcune puntualizzazioni da fare su questa teoria. Questa, di fatto, è solo una delle alternative per classificare gli articoli in un magazzino, ma ci possono essere altre modalità che non dipendono dall'*annual usage*. In alcuni casi, può essere più importante determinare se un prodotto ha una domanda dipendente o indipendente, anziché considerare solamente il fatturato che esso genera; questa distinzione è di fondamentale importanza nel momento in cui si deve decidere se adottare, ad esempio, il modello di Wilson piuttosto che una politica di *lean synchronization* nella gestione degli approvvigionamenti. Nel caso in cui si stiano analizzando scorte di prodotti finiti, è probabile che la domanda sia indipendente in quanto risponde solamente alle richieste (spesso imprevedibili) dei clienti; per quanto riguarda materie prime e semilavorati, invece, la loro domanda è dipendente dalla domanda dei prodotti al livello di assemblaggio superiore [Greene, 1970]. Un'altra critica mossa all'analisi ABC è legata alle modalità con cui si determina l'*annual dollar usage*; per come viene calcolato, può succedere che all'interno della categoria A finiscano anche dei prodotti con una

bassa rotazione, semplicemente per il fatto di avere un elevato valore unitario. Tuttavia, più lentamente gli articoli entrano ed escono dal magazzino, più è difficile intervenire sul loro livello di scorte. Di conseguenza, il fatto che la legge di Pareto non faccia distinzione fra articoli ad alta o bassa rotazione, può rendere parzialmente inefficace l'utilizzo di tecniche di programmazione dedicate per i prodotti di classe A [Wild, 1997]; non è escluso, quindi, che si possa verificare una situazione paradossale in cui i prodotti nella categoria A subiscano forti perdite di valore a causa della loro pervenuta obsolescenza.
È possibile concludere affermando che, indipendentemente dal numero di articoli e dal peso sul fatturato di ogni classe di prodotto, la logica alla base dell'analisi ABC è quella secondo cui il massimo controllo debba essere riservato ai quei pochi prodotti di vitale importanza per l'attività aziendale.

1.4.3 *Just-In-Time* e *Material Requirement Planning* (JIT e MRP)

Le tecniche di gestione degli approvvigionamenti presentate in questo paragrafo sono completamente diverse da quelle viste finora. Prima di introdurre questi modelli è, quindi, opportuno introdurre il concetto di *lean synchronization* (o *lean production* o, semplicemente, *lean*) che sta alla base di JIT e MRP: questa condizione si raggiunge nel momento in cui, con la minor spesa possibile, si riesce a garantire un flusso di prodotti e servizi che corrispondono esattamente a quello che il cliente vuole, nella quantità richiesta, quando lo vuole e dove lo vuole [Slack, Chambers e Johnston, 2010]. Per raggiungere questo risultato, però, è necessario un enorme sforzo organizzativo, in quanto non è sufficiente modificare qualche processo, ma bisogna intervenire in modo deciso sulla filosofia dell'intera azienda. La *lean production* vede ogni forma di magazzino come uno spreco e mira, pertanto, ad eliminarlo. Ciò significa che, fra i vari processi aziendali, non ci saranno più scorte a fare da polmone in caso di interruzioni nella produzione; in altre parole i prodotti, dopo essere processati, vengono passati allo stadio successivo "giusto in tempo" per subito la prossima lavorazione, senza mai creare magazzino. In caso di inefficienze in una delle fasi di produzione i ritardi che si accumulano potrebbero, quindi, avere conseguenze disastrose. Esiste, però, un lato positivo: se c'è un malfunzionamento nella catena di montaggio questo non è più un problema solamente dell'addetto a quel processo, ma anche degli addetti di tutti gli altri processi, poiché esso mette a rischio la produttività dell'intera catena di montaggio. Si può, dunque, affermare che l'eliminazione delle scorte fra un processo e l'altro stimola i lavoratori a raggiungere un maggiore livello di efficienza, spronandoli a risolvere prontamente ogni eventuale complicazione.

La produzione *lean*, con l'obiettivo di produrre solo quanto necessario e nulla più, introduce un'altra fondamentale decisione che le aziende sono tenute a prendere in tema di gestione delle scorte: politica *push* o politica *pull*. Richiamando la definizione proposta da Brondoni [2003], la *push strategy* (strategia di "prodotto spinto") implica che gli intermediari di vendita portino l'attenzione del consumatore finale su certi prodotti e certe marche, indirizzandone le scelte; questa politica presuppone che i produttori esercitino una costante incentivazione dei dettaglianti, instaurando relazioni continuative. La *pull strategy* (strategia di "prodotto tirato"), invece, prevede che siano direttamente i consumatori finali a scegliere il prodotto che desiderano in punti di vendita self service o chiedendolo esplicitamente ai rivenditori; questo comporta degli ingenti investimenti in comunicazione da parte dei produttori ed un forte impiego di risorse per fare in modo che il prodotto sia sempre disponibile. Terminata questa doverosa premessa sulla produzione *lean* e sulle strategia *push* e *pull*, sarà più semplice comprendere il funzionamento di JIT e MRP.

La gestione delle scorte con il metodo del *Just-In-Time* nasce in Giappone negli anni '70, quando la Toyota decide di reinventare le tecniche di approvvigionamento: il loro sistema si basava in maniera imprescindibile sulle relazioni interne tra i diversi i processi, affidandosi all'abilità di intervenire dei singoli soggetti e alle ottime relazioni con i fornitori a monte. Questa tecnica ha permesso all'azienda di rinunciare a qualsiasi scorta superiore alle due ore di lavoro [Corniani, 2009]. Visto il successo del sistema, sono state molte le aziende che, soprattutto negli anni '90, hanno ripreso ed adottato il JIT per programmare scorte e produzione. Dal punto di vista operativo, la tecnica probabilmente più usata per implementare questa strategia è quella del *kanban*, che in giapponese significa carta o segnale. Nella sua forma più semplice, tale segnale viene impiegato dal processo cliente per comunicare al fornitori di inviare più articoli. In sostanza, quando un processo riceve un *kanban* sa che deve spedire una unità (o un determinato insieme di unità) allo stadio successivo; se riceve due *kanban*, le unità (o gli insieme di unità) da spedire saranno due, e via discorrendo. Questi avvisi sono l'unico modo attraverso il quale si può autorizzare lo spostamento di materiali; l'utilità dei *kanban*, però, non si limita a questo [Slack, Chambers e Johnston, 2010]:

- per gli stadi precedenti essi sono l'istruzione ad inviare più materiali,
- sono uno strumento di controllo che permette di individuare le aree di sovrapproduzione e mancanza di sincronizzazione,
- sono un ottimo espediente per il miglioramento continuo della gestione aziendale, in quanto l'obiettivo è quello di ridurre progressivamente nel tempo il numero di *kanban*.

Nonostante il JIT consenta di migliorare l'efficienza dei processi di produzione ed eliminare le scorte (ed i costi relativi), sono molti gli autori che hanno manifestato qualche perplessità a

riguardo. Da una parte c'è chi lo giudica un sistema troppo rivoluzionario ed afferma senza mezze misure che, anche in caso di domanda uniforme e di crescente affidabilità dei sistemi di produzione, un livello minimo di scorte debba necessariamente essere conservato [Tompkins e Smith, 1988]. Dall'altra parte c'è, invece, chi ridimensiona le ambizioni del modello, definendolo come un adattamento del sistema Fordista, adeguato alle mutate condizioni di mercato [Revelli, 1993]. Tuttavia, l'aspetto critico su cui molti autori concordano riguarda la quantità e l'entità delle modifiche da apportare per implementare efficacemente il JIT; gli aggiustamenti, infatti, non colpiscono solamente le attività gestite dall'azienda (redazione dei budget, risorse umane, ecc.), ma devono essere accettate anche dai soggetti che interagiscono con l'azienda stessa (tempi e modalità di spedizione, comunicazione dei piani di produzione da parte di clienti e fornitori, ecc.) [Graves, Rinnooy Kan e Zipkin, 1993].

Una tecnica diversa di gestire le scorte attraverso una strategia *pull* è quella del *Material Requirement Planning* (MRP, pianificazione del fabbisogno dei materiali); questo sistema è particolarmente adatto per amministrare materiali, materie prime e parti componenti che costituiscono l'input di un processo produttivo [Tinarelli, 1992]. La logica alla base di questo modello sostiene che sia sbagliato prevedere la domanda di questi articoli; è più corretto, piuttosto, stimare le richieste di prodotti finiti cosicché il fabbisogno di materie prime e semilavorati (articoli a domanda dipendente) non debba più essere ipotizzato, ma semplicemente calcolato [Orlicky, 1975]. Il punto di partenza per raggiungere questo risultato è dato da due documenti: MPS e BOM.

Il *Master Production Schedule* (MPS, programma di produzione) rappresenta l'input principale per il MRP e contiene una stima dei volumi e dei tempi per la realizzazione dei prodotti finali. Basandosi sulla stima della domanda di ogni periodo (giorno, settimana o mese) e su quanti materiali ho già in magazzino, posso calcolare quanti prodotti finiti dovrò produrre per soddisfare periodicamente le richieste dei clienti. Un esempio di MPS in una delle sue forme più semplici è dato in Tabella 1.4.

	Numero di settimane								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Domanda	10	10	10	10	15	15	15	20	20
Disponibili	20	10	0	0	0	0	0	0	0
MPS	0	0	10	10	15	15	15	20	20
A magazzino	30								

Tabella 1.4. Fonte: Slack, Chambers e Johnston, 2010

Il *Bill of Materials* (BOM, distinta base) è, invece, il documento che definisce la struttura dell'articolo, in quanto precisa di quali e quante parti è composto un certo prodotto finito. Tramite un processo chiamato "esplosione" si analizza da quali materiali è composto il prodotto finito e se, a loro volta, questi materiali sono il frutto di altri sub-assemblaggi. A questo punto è finalmente possibile individuare il fabbisogno di materiali da ordinare ai fornitori (sempre considerando anche il livello delle scorte già in magazzino o già ordinate). Un esempio di BOM è rappresentato in Figura 1.5.

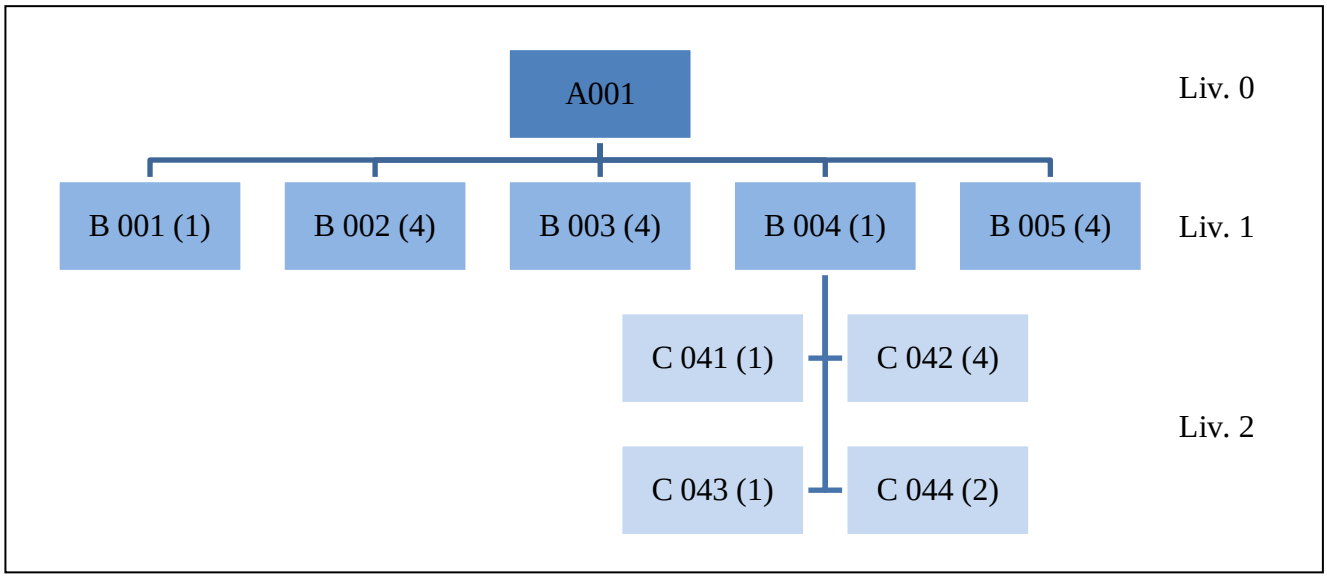

Figura 1.5. Fonte: Tinarelli, 1992

L'utilizzo del MRP può, dunque, rivelarsi molto utile per gestire le scorte con maggiore efficienza se il prodotto finale è complesso e la sua domanda influenza in modo determinante la domanda degli articoli da assemblare. Ciò nonostante, anche questo sistema ha subito delle critiche. Alcuni contestano il modello sul piano operativo, affermando che non è possibile ordinare solo le quantità desiderate (possono esserci lotti minimi), che non si tiene conto di eventuali vincoli di capacità e che non si considerano l'imprevedibilità e l'incertezza della domanda e del *lead time* dei materiali [Graves, Rinnooy Kan e Zipkin, 1993]. Altre critiche, invece, sono state mosse più a monte: l'aspetto più vulnerabile del MRP deriva dalla necessità di avere sempre a disposizione dati aggiornati ed affidabili, altrimenti è difficile sperare di raggiungere risultati soddisfacenti [Tinarelli, 1992].

Per concludere l'analisi sui sistemi di *lean synchronization*, è innegabile che questi comportino una serie di vantaggi rilevanti [Ross, 1998]:

- abbattimento dei costi di disponibilità e gestione dei magazzini,
- abbattimento dei costi di immobilizzo delle scorte,
- abbattimento dei rischi connessi all'immobilizzo delle scorte,

- crescente indifferenza della localizzazione d'impresa rispetto ai processi fisici legati ai prodotti,
- massimizzazione delle opportunità di risposta al mercato.

Ciò nonostante, la teoria "zero scorte" ha da sempre sollevato forti dubbi: molte aziende, infatti, pur non volendo tenere rimanenze in magazzino, vorrebbero godere dei vantaggi che esse comportano [Sprague e Wacker, 1994]; diventa, quindi, rilevante non tanto l'annullamento delle scorte, quanto piuttosto una loro gestione mirata ed intelligente [Lawton, 2003]. Con ogni probabilità, come per molti altri dibattiti, la verità sta nel mezzo.

Capitolo 2 – Il magazzino e il suo dimensionamento

Dopo una prima parte introduttiva in cui sono stati chiariti tipologie, ruoli e costi relativi alle scorte di magazzino, si passa ora ad analizzarle sotto un diverso punto di vista: lo spazio fisico che esse occupano. Questo aspetto assume particolare importanza per diverse ragioni; non solo esso ha, solitamente, un forte impatto sui costi aziendali, ma è anche questione oggetto di diversi dibattiti riguardanti il momento o le modalità attraverso le quali è da stabilire la capacità delle aree di stoccaggio (o una loro eventuale espansione).

2.1 Il magazzino

"Il miglior magazzino è quello che non esiste"[2]. Se si prendesse per buona questa massima, ci sarebbe ben poco da discutere riguardo la definizione, la progettazione e l'efficiente gestione dei depositi aziendali. Tuttavia, perlomeno nella stragrande maggioranza delle imprese, il magazzino esiste eccome, purtroppo o per fortuna, e può essere sia una fonte di vantaggio competitivo che un fardello inesorabile. Il magazzino rappresenta l'area destinata ad accogliere materiale grezzo, semilavorati e prodotti finiti; ciò nonostante, la letteratura è ormai unanime nell'affermare che la sua funzione non possa essere limitata a quella di mero contenitore identificabile in un fabbricato, una stanza o un container.

Già verso la fine degli anni settanta, Modolo [1976] comincia a sostenere l'importanza di una gestione del magazzino in modo da tenere conto anche delle esigenze delle politiche di approvvigionamento e degli obbiettivi di vendita di prodotti finiti. Qualche anno dopo, Tompkins e Smith [1988] prendono una posizione più netta, rifiutando categoricamente l'idea di magazzino come una semplice scatola utile solo per stipare e prelevare merci, ma vedono in esso una vera e propria estensione della funzione di produzione. Questa linea di pensiero è quella che ancora oggi riscuote i maggiori consensi; Payaro [2009] definisce il magazzino come uno spazio indispensabile per la corretta gestione dei processi produttivi e dei processi di vendita. Vista la rilevanza di questa attività sono stati sviluppati numerosi software chiamati *Warehouse Management Systems* (WMS, letteralmente Sistemi di Gestione del Magazzino) con lo scopo di supportare i dirigenti nella gestione dell'enorme flusso di informazioni legato all'entrata e uscita di merci e al loro stoccaggio; un coordinamento più efficiente ed efficace della logistica interna favorisce l'azienda nel ridurre i costi e nell'incrementare la soddisfazione dei clienti al tempo stesso [Autry, Griffis, Goldsby e Bobbitt, 2005]. La forte interdipendenza tra le diverse funzioni aziendali si può riscontrare

[2] Frase celebre, della quale si possono trovare diverse varianti (es. "nell'azienda ideale il magazzino è proprio quello che non c'è"), alla quale la letteratura non ha ancora saputo attribuire una paternità certa.

anche analizzando i poteri dei soggetti che all'interno dell'azienda sono tenuti a gestire gli approvvigionamenti: il *Chief Purchasing Officer* (CPO) non ha più la piena libertà di modellare la struttura e la dimensione dei magazzini; la sua sfida, piuttosto, è quella di confrontarsi con le esigenze delle altre funzioni e degli altri responsabili e fare in modo che il magazzino garantisca all'azienda il massimo della redditività mantenendo invariato il *modus operandi* dell'impresa (ciò significa avvicinarsi alle esigenze di clienti e fornitori evitando, ad esempio, di decentralizzare i magazzini o escludendo la possibilità di portare in outsourcing alcune attività) [Leenders, Fearon, Flynn e Johnson, 2002].

Alla luce di queste considerazioni, risulta lampante come la progettazione del magazzino e la politica di gestione delle scorte (come discusso nel precedente capitolo) si basino su valutazioni da compiere a livello integrato, non solo fra queste due attività, ma anche tenendo conto delle richieste del resto dei processi aziendali.

2.2 La capacità

Per spiegare nel migliore dei modi cosa si intenda per capacità del magazzino, può rivelarsi utile prendere in prestito alcuni concetti utilizzati generalmente per definire la capacità dei sistemi di produzione. Quando si parla di capacità, si pensa spesso ad un concetto statico legato ad uno spazio fisico, con riferimento al volume o all'area a disposizione all'interno di una container o di un capannone. Sarebbe però più appropriato chiamare queste variabili con il nome di "scala" o "portata" di una determinata operazione; la capacità deve, infatti, includere la variabile temporale. Slack, Chambers e Johnston [2010] ritengono quindi che la capacità sia costituita dal livello massimo di attività che creano valore che possono essere completate entro un determinato arco temporale. Leggendo questa definizione appare evidente come questi autori siano più che altro concentrati sull'ambito produttivo (si parla di attività che aggiungono valore) e non fanno riferimento alla quantità di merci che si possono gestire in un determinato momento. Tuttavia, come sarà meglio spiegato nel prosieguo del capitolo, la componente temporale assume un peso rilevante anche nell'analisi dei magazzini: sapere il volume massimo di prodotti che si possono amministrare in un determinato istante è, in realtà, poco utile se poi non si sa, per esempio, il tasso al quale queste stesse merci entrano od escono dal magazzino. Un concetto simile era sostenuto anche da Ashok Rao [1982] quando guardava alla capacità come il più alto tasso di output sostenibile dall'azienda. Anche in questo caso la variabile temporale assumeva un ruolo fondamentale, dato che egli distingueva tra "carico", inteso come il volume di *work-in-progress* nel sistema in un dato istante, e "capacità", ossia il tasso di uscita dei prodotti finiti. Ancora una volta, sono fuori discussione le ripercussioni di questi ragionamenti sulle dimensioni del magazzino, che devono essere

decise in modo adeguato per poter far fronte alle esigenze degli impianti di produzione. A questo proposito, è interessante anche lo spunto di riflessione proposto da Marchetti [2010] per quanto riguarda le alternative possibilità di gestire le merci; egli ritiene che non è tanto importante il concetto di quanta merce si riesca a stoccare in un modo rispetto ad un altro, ma quanto velocemente si possa operare in un modo o nell'altro. I requisiti che deve soddisfare un buon magazzino, quindi, non sono più legati solamente alla sua dimensione, ma anche alle modalità con cui si gestisce il flusso di merci in entrata ed in uscita per rendere il più lineare possibile i processi produttivi.

Slack, Chambers e Johnston [2010] sostengono anche che di fondamentale importanza sia ponderare la capacità dell'azienda e la domanda di prodotti (Figura 2.1). Se questo bilanciamento avviene correttamente l'impresa sarà in grado di operare in maniera efficiente soddisfacendo sempre i propri clienti; in caso contrario ci sarà un fallimento nell'accontentare la domanda ed i costi sostenuti risulteranno spropositati.

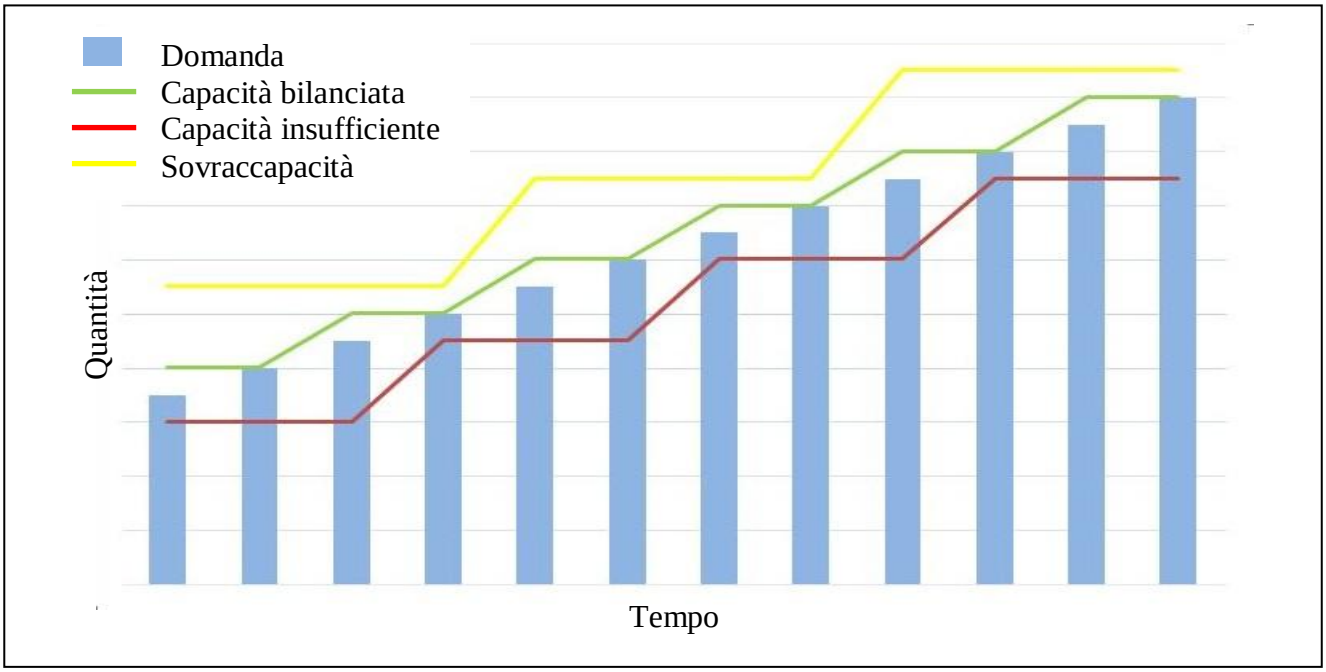

Figura 2.1. Fonte: elaborazione personale.

È, tuttavia, evidente come la più grande difficoltà che si incontra nella realizzazione di queste intenzioni sia data dalla stima accurata della domanda futura. Sono parecchi i parametri di cui tenere conto quando si procede alla costruzione dei modelli di simulazione e la scelta di quello ritenuto più rappresentativo è fortemente influenzata dall'andamento generale del mercato, dal settore in cui opera l'azienda e dalla propensione del management a intraprendere investimenti più o meno rischiosi. Al di là delle inevitabili componenti soggettive che interagiscono con queste valutazioni, Rosenblatt e Roll [1987] hanno condotto una serie di esperimenti dai quali è emerso che gli elementi che maggiormente influenzano la

variabilità nella capacità necessaria sono principalmente tre: numero di articoli gestiti, dimensione degli ordini, movimentazione media giornaliera in entrata e in uscita per ogni articolo. In altre parole, nel momento in cui si conosce la funzione di domanda passata e la dimensione dei lotti che si acquistano dai fornitori, è possibile prevedere l'area necessaria per lo stoccaggio di ogni prodotto; per calcolare poi le esigenze di spazio totale del magazzino basterà replicare la stessa operazione per il resto degli articoli in gestione.
Un approccio leggermente più complesso, ma sempre orientato all'efficientamento, è quello proposto da James Greene [1970]: egli sostiene che l'azienda debba prendere in considerazione diversi fattori, in modo che la loro combinazione ottima fornisca un risultato che garantisca il massimo livello di servizio al minimo costo. Tra questi fattori vi sono il tipo di materiali stoccati, la disponibilità di spazio, i sistemi di movimentazione adottati, l'equipaggiamento e il layout di magazzino. L'analisi di questi fattori porta alla formulazione della procedura più adeguata per lo stoccaggio e il controllo del magazzino. In sostanza, sarà il management a dover scegliere qual è la modalità di gestione delle scorte che si ritiene più adeguata in base al tipo di attività che si conduce.

2.3 Il controllo operativo del magazzino

Come è stato detto, il magazzino non può essere inteso come un semplice contenitore, bensì un sistema dinamico che deve interagire con varie funzioni aziendali, spesso influenzato da fattori esterni. Questa interdipendenza reciproca delle diverse aree comporta un'elevata necessità di controllo: è pertanto consigliato implementare un accurato sistema di accertamenti per garantire un funzionamento efficace ed efficiente del magazzino. Lo scopo di questo elaborato non è certo quello di approfondire la gestione delle scorte in prospettiva logistica, può dimostrarsi però utile fornire un cenno su quelle che sono le principali problematiche da affrontare quando si studia la predisposizione di un deposito e se ne valutano le performance.
Una prima precauzione da prendere (ancora in fase di progettazione) riguarda l'adozione di un sistema di gestione degli articoli che sia semplice e funzionale, per assicurare la rapidità e la linearità della attività di carico e scarico. In ottica operativa, quindi, è necessario stabilire i criteri di allocazione fisica degli articoli e i sistemi di identificazione degli stessi [Tompkins e Smith, 1988]. Questi parametri, naturalmente, variano in modo considerevole di azienda in azienda in base al settore in cui opera, alle caratteristiche delle merci e agli obiettivi o esigenze del management. Il concetto sul quale la letteratura è invece piuttosto unanime è il risultato finale: l'azienda deve mettere in atto le azioni che ritiene migliori per ottimizzare il trade-off tra costi sostenuti e benefici raggiunti.

Terminata questa serie di valutazioni *ex ante*, è però altrettanto importante una costante verifica delle performance per assicurarsi che la politica attuata stia producendo i risultati previsti. A questo proposito sono spesso utilizzati alcuni valori o rapporti basati sui dati raccolti in magazzino; segue una lista dei più comuni [Tinarelli, 1992 e Daidola e Cristofari, 2009]:

- numero di referenze;
- numero di unità di carico mediamente occupate da ogni voce e da tutte le voci;
- numero di prelievi annui;
- rendimento degli operai addetti al magazzino (usato indirettamente per valutare l'efficienza del magazzino stesso), che equivale a:

$$\frac{\text{peso o volume della quantità spedita in un periodo}}{\text{numero di addetti}}$$

- indice di rotazione per singolo articolo, per categoria di articoli o per tutto il magazzino:

$$\frac{\text{totale delle quantità vendute (o utilizzate)}}{\text{(rimanenze iniziali + rimanenze finali) / 2}}$$

- indice di selettività:

$$\frac{\text{numero di articoli movimentati senza spostarne altri}}{\text{numero di articoli totali}}$$

- rendimento superficiale o volumetrico del magazzino:

$$\frac{\text{superficie (o volume) utilizzata}}{\text{superficie (o volume) totale.}}$$

Nello specifico, gli ultimi tre rapporti sono tra quelli più interessanti. L'indice di rotazione dà un'idea dei tempi di permanenza degli articoli all'interno del magazzino; il valore che esso assume dipende sia dalla domanda per una determinata voce sia dalla sua quantità mediamente detenuta in magazzino. Questo rapporto può essere utilizzato allo stesso modo per materie prime, semilavorati o prodotti finiti, e segnala la velocità con la quale le merci sono adoperate nella produzione o gli output sono venduti ai clienti [Facchinetti, 2008]. L'indice di selettività ha, invece, una chiave di lettura meno monetaria e più operativa; è il rapporto più usato per valutare la reperibilità di un determinato prodotto all'interno del magazzino. Maggiore è il valore di questo indice, maggiore è il numero di articoli che possono essere prelevati senza perdere tempo nello spostare altri prodotti che siano d'intralcio alla movimentazione; per il modo in cui è costruito, questo è uno dei principali riferimenti per comprendere se gli spazi sono ripartiti in maniera opportuna nelle aree di stoccaggio. Il rendimento superficiale o volumetrico, infine, evidenzia la presenza di eventuali sprechi nella gestione degli spazi; un suo valore particolarmente basso rappresenterebbe un magazzino

semi-vuoto, e la conseguenza sarà un difficile raggiungimento di economie di scala per quanto riguarda i costi di affitto, energia, ammortamento e le altre spese generali. Bisogna, tuttavia, scegliere attentamente il momento in cui calcolare l'indice di selettività e il rendimento superficiale; i dati alla base della loro formula sono, infatti, delle "istantanee" della vita aziendale e si corre il rischio che queste rilevazioni siano state prese in momenti inopportuni (picchi o minimi di produzione/domanda) così da rendere fuorviante il valore dell'indice. Affinché questi possano spiegare al meglio la situazione corrente è necessario, come per tutti gli indici di bilancio, che siano contestualizzati.

2.4 La dimensione del magazzino

Le considerazioni fatte nei paragrafi precedenti sono una prova di come la scelta della capienza dei depositi debba essere fatta in modo ponderato, considerando una lunga serie di fattori. Il primo in ordine di importanza è con ogni probabilità il bilanciamento tra capacità del magazzino e capacità degli impianti di produzione (influenzati naturalmente dalla domanda). Una soluzione sbrigativa potrebbe essere quella di individuare il livello di produzione massima raggiungibile e determinare di conseguenza un'adeguata area di stoccaggio per gli approvvigionamenti e per i prodotti finiti. Il risultato potrebbe però essere fuorviante ed antieconomico sotto il profilo dei costi di gestione. Tinarelli [1992] ha fornito diversi spunti di riflessione muovendo tre critiche fondamentali a questa teoria:

1. il concetto di scorta massima non ha valore costante nel tempo, se non per un numero solitamente limitato di prodotti caratterizzati da domanda stabile e regolare. Bisogna, infatti, considerare le oscillazioni legati a trend o stagionalità nelle vendite, con la possibilità di avere più ordini in arrivo contemporaneamente oppure crolli nella domanda.
2. Se si garantisse ad ogni prodotto uno spazio sufficiente a far fronte ai suoi picchi di domanda, l'inevitabile risultato sarebbe quello di un sovradimensionamento del magazzino, con capacità che resterebbe inutilizzata nei periodi di fisiologica flessione delle vendite.
3. Per controbilanciare quanto appena detto si può sperare, in alcuni casi, che si verifichi un fenomeno di compensazione; questo può accadere nel momento in cui i prodotti tenuti a magazzino abbiano funzioni di domanda o cicli di produzione che non coincidono. Succede così che se un prodotto raggiunge il suo punto di picco in un determinato istante, l'esigenza di spazio può essere riequilibrata da qualche altro prodotto la cui domanda è invece al livello minimo.

Un punto di vista leggermente diverso sostiene, però, che se da un lato un eccesso di scorte può essere dovuto ad una domanda insufficiente, dall'altro lato può, invece, essere frutto di

una politica deliberatamente perseguita dall'azienda per garantire maggiore flessibilità e poter far fronte a eventuali ordini imprevisti [Slack, Chambers e Johnston, 2010]. Un approccio sicuramente più complesso cerca di prevedere le esigenze future del magazzino attraverso una stima dell'andamento della domanda per ogni singola referenza. Grando [1996] propone una valutazione dei livelli medi e massimi di giacenza di ogni prodotto in un orizzonte temporale pari alla vita utile degli impianti; in questo modo si può subito chiarire la "potenzialità recettiva" che ci si aspetta dal magazzino e se ne può determinare il dimensionamento.

Quanto detto finora sembra sottintendere che la decisione sull'area da adibire a magazzino sia da prendere prima dell'avvio dell'attività aziendale, in modo cioè che i depositi siano fissati in funzione degli spazi richiesti da ogni articolo. Ciò nonostante, nella vita reale è molto più probabile che avvenga il contrario: prima si costruisce o si acquista il magazzino e, solo in seguito, si ripartisce lo spazio a disposizione in base alle movimentazioni di ogni articolo. Anche se si ignorasse per un istante questa comoda consuetudine, c'è un altro grosso ostacolo da considerare qualora si voglia pianificare in anticipo la dimensione del magazzino: è difficile prendere a priori questo tipo di provvedimenti quando non si sa ancora bene l'ammontare del volume d'affari che può essere generato da ciascuna voce [Tinarelli, 1992]. La determinazione analitica dell'attenzione richiesta da ciascun articolo dovrebbe essere frutto di simulazioni che prevedano l'andamento delle giacenze; questo, però, può risultare troppo complicato per numerose aziende che non dispongono dei dati o dei mezzi per procedere a tali valutazioni [Mulcahy, 1994].

Risulta, quindi, evidente come la decisione sul dimensionamento dei magazzini sia tra le più complesse da valutare. Per questa ragione, quando si parla di miglioramenti nell'amministrazione delle scorte, la maggioranza dei manager tende subito a focalizzarsi sulla gestione degli ordini; gli interventi sul volume dei lotti o la frequenza degli ordinativi sono generalmente più semplici, manifestano i loro effetti in un più breve termine e, cosa non da poco, sono reversibili. Per quanto riguarda, invece, le modifiche da apportare alla capacità dei depositi, numerose passate osservazioni hanno dimostrato come molte società manifatturiere, dopo aver registrato grosse fluttuazioni nei livelli di produzione e nelle curve di domanda, aspettino troppo tempo prima di prendere provvedimenti che colpiscano la capacità, e quando cambiano spesso eccedono [Greene, 1970]. Alla base di questo problema si trova spesso la mancanza o l'incompletezza delle informazioni. Se, per esempio, il management non stabilisce in anticipo qual è la quantità di sovrapproduzione o di ordini inevasi che possono essere tollerati, si arriva ad una situazione in cui questi disequilibri continuano ad accumularsi fino a raggiungere un punto di crisi; questo può forzare l'azienda a prendere scelte talvolta azzardate. Per queste ragioni, sono stati molti gli autori a proporre

delle analisi quantitative e qualitative per migliorare la pianificazione dello spazio di magazzino. Tompkins e Smith [1988] concentravano la loro attenzione su alcuni passaggi di base:

1. determinare l'obiettivo;
2. determinare le attività da implementare per raggiungerlo;
3. identificare lo spazio concesso ai diversi elementi per mettere in atto tali attività;
4. calcolare lo spazio necessario.

I primi due punti mirano a definire le azioni da attuare e al tempo stesso tecniche, equipaggiamenti ed informazioni necessarie per renderle concrete. Il terzo punto analizza i risvolti pratici del secondo. Per implementare le diverse azioni sono, infatti, necessari personale, sistemi di movimentazione, sistemi di stoccaggio, sistemi di manutenzione, ecc.; tutti questi elementi hanno bisogno del loro spazio all'interno del magazzino. Il quarto punto non fa altro che combinare i risultati dei passaggi precedenti e determinare le esigenze di spazio. La principale critica che può essere mossa a questo "modello" riguarda, per certi versi, la sua astrattezza. Un approccio diverso, con lo stesso fine di controllare l'adeguatezza della capacità del magazzino, è quello che proponeva Greene [1970] qualche anno prima:

1. redazione di un piano da prendere come riferimento per vedere se i livelli effettivamente registrati rispondono agli obiettivi;
2. fissazione di limiti di tolleranza, andando ad individuare nello specifico se le oscillazioni sono dovute a variabili casuali piuttosto che a determinati trend;
3. trasmissione di feedback attendibili ad aggiornati, per paragonare le performance raggiunte a quelle previste;
4. adozione di misure correttive quando necessario.

Queste considerazioni continuano a sembrare una lista di buone intenzioni, con poco significato pratico. Per un'analisi più concreta sulla gestione e l'espansione del magazzino si rimanda ai paragrafi successivi in cui saranno presentati alcuni tra i più importanti modelli matematici a supporto di queste decisioni.

La complessità delle decisioni sul dimensionamento del magazzino è spiegata, fra l'altro, dalle sue numerosi ripercussioni sul piano produttivo, logistico ed ovviamente economico. Si pensi per esempio che quando si progetta un magazzino devono essere considerati due particolari elementi. Un aspetto statico, riguardante la potenzialità ricettiva delle strutture, e un aspetto dinamico, che comprende le potenzialità dei sistemi di movimentazioni per gestire i flussi in entrata e in uscita dal deposito [Grando, 1996]. Oppure si consideri che per una gestione più efficiente dei materiali è spesso opportuno prevedere all'interno del magazzino una divisione delle diverse aree dedicate al ricevimento, allo stoccaggio, alla preparazione ed

evasione degli ordini, alla spedizione e alle operazioni di inventario e contabili [Tompkins e Harmelink, 2004]; in Figura 2.2 si può trovare un esempio di suddivisione degli spazi.

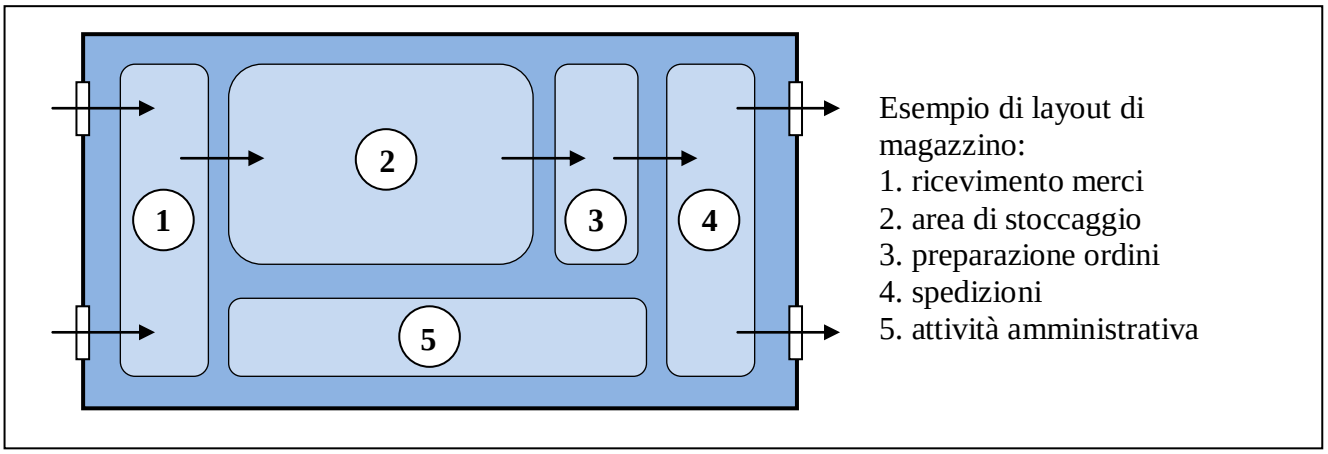

Figura 2.2. Fonte: rielaborazione da Grando, 1996

Uno dei maggiori aspetti critici quando si progetta un magazzino è però relativo al lato economico; se da un lato le aree di stoccaggio devono essere predisposte per raggiungere determinate prestazioni, dall'altro lato è necessario minimizzare le relative spese, che possono essere suddivise in costi d'investimento e costi d'esercizio. Dei primi fanno parte gli oneri relativi a terreni, fabbricati, pavimentazione, scaffalature, sistemi di movimentazione, impianti antincendio, l'impianto d'illuminazione, l'impianto di riscaldamento o software e hardware gestionali. I costi d'esercizio, invece, riguardano generalmente il personale operativo, la manutenzione, l'energia e altre spese generali [Grando, 1996].

Questo paragrafo ha voluto presentare in modo sufficientemente esaustivo le linee guida e le problematiche da tenere in considerazione quando si intende progettare o ridimensionare un magazzino. L'approccio adottato finora è stato, però, in gran parte teorico; d'ora in poi l'obiettivo sarà quello di presentare modelli matematici più concreti per supportare il processo decisionale.

2.5 Modelli matematici a supporto delle scelte di dimensionamento

Finora è stato possibile vedere come la letteratura che tratta la gestione delle scorte e la progettazione degli spazi a loro dedicati sia senza dubbio ampia e variegata. Nello specifico, uno degli aspetti spesso approfonditi da diversi autori riguarda la possibilità di espansione dei magazzini, valutando se l'investimento è conveniente, quando è il momento opportuno per compierlo e quanta capacità aggiuntiva è consigliabile acquistare. Anche in questo caso le teorie proposte sono molteplici e la scelta di una a scapito di un altra non dipende tanto da quanto un modello sia "giusto" o "sbagliato", ma verte principalmente sulla sua capacità di rappresentare adeguatamente le dinamiche del caso concreto al quale lo si applica. In Tabella 2.1 sono brevemente riassunti e schematizzati alcuni di questi approcci; lo scopo non è quello

di esporre in modo completo ed esaustivo la varietà di modelli a disposizione, ma serve più che altro a dare un'idea di quanto questi possano differenziarsi l'uno dall'altro a seconda dei parametri che tengono in considerazione e degli obiettivi che si prefiggono di raggiungere.

Autori: Pindyck, 1986

Variabili / ipotesi di base: l'autore sostiene che la decisione di espandere la capacità del magazzino debba essere valutata in quanto investimento irreversibile che deve tenere conto dell'incertezza legata all'evoluzione della domanda futura. L'irreversibilità della scelta implica, infatti, che l'aggiunta di capacità comporti un costo opportunità legato al fatto che aumentando i magazzini oggi mi precludo la possibilità di espanderli in una certa data futura (o non espanderli per niente).

Risultati: questo modello arriva a definire il valore marginale di un'unità aggiuntiva di capacità (considerando il costo di un suo eventuale inutilizzo in caso di crollo della domanda) e il valore dell'opzione di investire subito piuttosto che attendere momenti più opportuni. Viene dimostrato come l'irreversibilità della decisione e l'incertezza sulla domanda spingano le aziende a ritardare il più possibile la scelta di investire. Un'estensione dello stesso modello permette, inoltre, di verificare come una buona parte del valore totale dell'azienda dipenda dalle possibilità future di crescita, che passano fra l'altro da una corretta gestione dei magazzini.

Autori: Bhaskaran, Malmborg, 1990

Variabili / ipotesi di base: la necessità di spazio del magazzino è fortemente influenzata da diversi fattori operativi come lo schema secondo cui i vari articoli vengono allocati (posizione fissa o casuale), le modalità di stoccaggio (es. bancali o scaffali), ed i sistemi con cui le merci sono movimentate. Lo studio del dimensionamento è poi indubbiamente condizionato da fattori economici come il costo di stoccaggio per m^2 o m^3 ed il costo per il rifornimento.

Risultati: gli autori partono dal presupposto che un magazzino non è costituito da un'unica grande superficie indiscriminata, ma deve essere suddiviso al suo interno in diversi aree, tra le quali spiccano l'area destinata allo stoccaggio delle merci e l'area nella quale sono tenute le scorte di sicurezza. Il modello che loro propongono mira a quantificare la superficie ottimale da destinare a queste ultime, tenendo conto del trade-off fra costi di stoccaggio e prelevamento da una parte e rischi di stock-out dall'altra.

Autori: Cormier, Gunn, 1999

Variabili / ipotesi di base: per valutare le modalità di aumento della capacità gli autori tengono conto dei costi relativi allo stoccaggio delle merci e all'emissione degli ordini, e dei costi di investimento per quanto riguarda l'espansione, costituiti da una componente fissa e da una variabile. Ipotizzano, inoltre, che la domanda sia esogena e vari arbitrariamente entro un orizzonte temporale finito, che ogni articolo possa essere ordinato separatamente e che la capacità e la dimensione dei lotti possano essere modificate in ogni periodo. Non vi sono ricerche prima di questa che trattino specificatamente tutti questi aspetti in una sola volta.

Risultati: il risultato di questo studio è un modello dinamico di programmazione che permette di pianificare gli aumenti di capacità del magazzino, e al tempo stesso fornisce indicazioni su quella che è la politica ottimale di gestione delle scorte per un'azienda multi-prodotto. Il raggiungimento di questo risultato può talvolta rivelarsi piuttosto complesso in quanto prevede l'ottimizzazione di un problema non lineare.

Autori: Gu, Goetschalckx, McGinnis, 2005

Variabili / ipotesi di base: il design di un magazzino considera cinque principali decisioni: struttura globale del magazzino; dimensionamento del magazzino e degli eventuali dipartimenti interni; layout dettagliato di ogni dipartimento; equipaggiamento del magazzino; pianificazione della strategia operativa.

Risultati: molti degli studi passati, affrontavano il tema del dimensionamento del magazzino come se questo fosse necessariamente costituito da una sola singola area di stoccaggio condivisa da tutti gli articoli. Nella realtà, invece, è probabile che all'interno del magazzino si trovino diversi dipartimenti che "competono" fra loro per soddisfare ciascuno le proprie esigenze di spazio; la soluzione ottimale dovrà bilanciare capacità di stoccaggio ed efficienza operativa e l'allocazione degli spazi non sarà altro che un trade-off tra le necessità dei diversi dipartimenti.

Autori: Ng, Cheng, Kotov, Kovalyov, 2007

Variabili / ipotesi di base: le tipologie di costo da tenere in considerazione sono principalmente due. I primi sono i costi legati al magazzino che includono affitto, ammortamento, equipaggiamenti, manutenzione, energia e altri eventuali controlli specifici (es. temperatura o altre verifiche ambientali). Ci sono poi i costi che non sono legati al magazzino come l'investimento in scorte, la loro assicurazione e l'eventuale perdita di qualità

o valore dovute alla prolungata permanenza in magazzino. **Risultati**: il modello arriva a quantificare la dimensione ottimale di un ordine (EOQ) ipotizzando, però, che la capacità del magazzino sia una variabile decisionale; gli autori partono inoltre dal presupposto che i costi legati al magazzino siano notevolmente maggiori degli altri. Questo metodo può essere applicato ad aziende con sistemi di produzione sia continui che discreti, e può tornare utile anche in ambito logistico per definire una strategia ottima per le spedizioni.

Tabella 2.1. Fonte: elaborazione personale.

Tutti gli studi e le ricerche appena presentati hanno certamente una loro validità scientifica. Tuttavia, date le caratteristiche del caso aziendale analizzato nel Capitolo 3, vi sono due ulteriori modelli che ritengo più meritevoli di una valutazione più accurata: uno fu sviluppato nel 1958 da Arrow, Karlin e Scarf mentre l'altro è stato realizzato nel 2000 da Angelus, Porteus e Wood; una loro spiegazione dettagliata ed approfondita troverà spazio nei successivi paragrafi. Ci tengo una volta di più a sottolineare che i modelli precedenti saranno esclusi dalla nostra simulazione non perché incompleti o approssimativi, ma perché in base alle peculiarità dell'azienda in questione e del suo sistema di produzione, alcuni approcci possono rivelarsi particolarmente adeguati, mentre gli altri saranno più appropriati per analizzare la situazione di imprese diverse.

Prima di esaminare la struttura dei suddetti modelli, ritengo opportuno fare una precisazione. Come si vedrà, una delle variabili di fondamentale importanza sarà la funzione di domanda e la previsione di quelle che saranno le vendite future; cruciale è, infatti, una stima corretta dei volumi per evitare di sopravvalutare o sottovalutare le esigenze di spazio. Questo argomento, tuttavia, non è trattato in questo capitolo, ma sarà approfondito a dovere nel paragrafo 3.4, quando l'azienda oggetto di analisi sarà stata presentata e sarà quindi possibile applicare le tecniche di previsione direttamente al caso pratico.

2.6 L'espansione ottima della capacità di un'azienda

Il primo modello in ordine temporale ad affrontare questo tipo di problema è quello realizzato da Arrow, Karlin e Scarf [1958] (con la collaborazione di Martin J. Beckmann); secondo quanto ammettono gli stessi autori, non esisteva al tempo una soluzione a questo tipo di quesiti e il loro obiettivo è quello di proporre una metodologia che abbia una valenza abbastanza generalizzata, sfruttando come punto di partenza una serie di problemi con struttura lineare. Nonostante questo approccio risulti piuttosto datato, può assumere ancora particolare rilevanza; appare particolarmente interessante poiché combina la semplicità della

programmazione lineare e la completezza di calcoli le cui incognite non sono date da variabili reali, ma sono invece delle vere e proprie funzioni. L'obiettivo finale del modello è quello di individuare la politica ottimale di espansione che consenta di massimizzare il valore attuale dei profitti percorrendo tre possibili scelte alternative: non espansione, espansione fino al punto in cui la capacità eguaglia la domanda, espansione fino al massimo livello raggiungibile.

2.6.1 Formulazione matematica del problema

Gli autori indicano con $\xi(t)$ la funzione di domanda dei prodotti offerti; questa sarà caratterizzata da proprietà costanti nel tempo, e nello specifico avrà un numero finito di minimi relativi. La funzione di capacità al tempo t è invece rappresentata da $y(t)$. Un'altra ipotesi alla base del modello è la presenza di prezzi stabili. Per semplicità assumeremo che il profitto operativo (prezzi meno costi correnti) per unità di output sia pari a 1; di conseguenza, i profitti operativi al tempo t saranno

$$\min\left[\xi(t), y(t)\right]$$

Supponiamo ora che la dirigenza voglia incrementare la capacità: c è il costo per l'acquisto di un'unità aggiuntiva di capacità per unità di tempo e r è il tasso di interesse; la funzione $z(t)$ rappresenta le unità aggiuntive che si sceglie di acquisire. A questo punto è interessante per l'azienda quantificare il valore attuale del flusso di entrate per il periodo da 0 a T:

$$\int_0^T \left\{\min\left[\xi(t), y(t)\right] - cz(t)\right\} e^{-rt} dt \tag{1}$$

Il problema sostanziale è quello di massimizzare questa funzione in base alla scelta ottima di $y(t)$, considerando che $y(0)$ e T sono dati, $z(t) = dy/dt$ e $0 \leq z(t) \leq M$ (dove M è il livello di espansione massima possibile). Avremo dunque che

$$y(t) = y(0) + \int_0^t z(s) ds \tag{2}$$

La presenza, però, della funzione di minimo, rende la (1) non differenziabile. Per ovviare a questo problema si introduce la funzione $u(t)$ che assumerà valori compresi nell'intervallo chiuso [0,1]. Questa può essere letta, in pratica, come una funzione binaria in cui se $u(t) = 1$ l'azienda sta producendo al massimo della sua capacità, mentre se $u(t) = 0$ l'azienda non sta sfruttando tutto il suo potenziale produttivo. È possibile quindi riscrivere (1) come

$$\min_{0 \leq u(t) \leq 1} \int_0^T \left\{\xi(t)[1 - u(t)] + y(t)u(t) - cz(t)\right\} e^{-rt} dt \tag{3}$$

In quest'ultimo caso, la variabile su cui il management dovrà intervenire per massimizzare l'integrale sarà $z(t)$. Si definisca l'integrale in (3) come $H(z, u)$; si sta praticamente cercando

$$max\ min\ H(z,u)$$

il che ricorda subito la formulazione di un gioco, e nello specifico il teorema del minimax. La soluzione definitiva data da z_0 e u_0 può essere ottenuta nel caso in cui si raggiungesse una situazione tale che

$$max\ min\ H(z,u) = min\ max\ H(z,u) = H(z_0,u_0) \tag{4}$$

E' naturale che se z_0 massimizza (1), allora la combinazione di z_0 e u_0 è la soluzione al problema di programmazione multiobiettivo $H(z,u)$ per qualche u_0, e viceversa. Come detto in precedenza, la variabile sulla quale agire per raggiungere il nostro scopo è $z(t)$. Tuttavia, la funzione (3) presenta una costruzione piuttosto complessa; per questa ragione si procedere di seguito a una sua rielaborazione per poter isolare la variabile che ci interessa.

$$H(z,u) = \int_0^T \xi(t)[1-u(t)]e^{-rt}dt + \int_0^T y(t)u(t)e^{-rt}dt - \int_0^T cz(t)e^{-rt}dt \tag{5}$$

$$= H_1 - [y(t)\int_t^T u(s)e^{-rs}ds]_{t=0}^T + \int_0^T z(t)\int_t^T u(s)e^{-rs}dsdt - \int_0^T cz(t)e^{-rt}dt$$

$$= H_2 + \int_0^T z(t)\varphi(t)dt$$

Dove H_1 e H_2 raccolgono le variabili indipendenti da $z(t)$ e che pertanto non sono, al momento, di particolare interesse. Si noti che nell'ultima riga di (5) compare una nuova variabile:

$$\varphi(t) = \int_t^T u(s)e^{-rs}ds - ce^{-rt}. \tag{6}$$

La funzione $\varphi(t)$ così presentata rappresenta la profittabilità attualizzata al tempo t relativa all'addizione di un'unità marginale di capacità. Di conseguenza, se z_0 e u_0 sono le soluzioni al gioco $H(z, u)$, guardando le equazioni (4) e (5) avremo che

$z_0(t) = 0$ se $\varphi(t) < 0$ $\qquad$ $z_0(t) = M$ se $\varphi(t) > 0$ (7)

$u_0(t) = 0$ se $\xi(t) < y_0(t)$ $\qquad$ $u_0(t) = 1$ se $\xi(t) > y_0(t)$ (8)

Queste condizioni non fanno altro che sintetizzare un concetto molto semplice nella sua logica. Se i profitti derivanti dall'espansione della capacità sono negativi ($\varphi(t) < 0$) l'azienda non ha nessuna convenienza a mettere in atto questo tipo di investimento ($z_0(t) = 0$); in caso contrario, invece, l'azienda acquisterà nuova capacità fino al raggiungimento del limite massimo consentito ($z_0(t) = M$). Inoltre, se la domanda è inferiore al livello di capacità attuale ($\xi(t) < y_0(t)$) questo non potrà mai essere sfruttato a pieno ($u_0(t) = 0$); se, invece, la richiesta di prodotti eccede le quantità che l'azienda può garantire, allora questa produrrà sempre a pieno regime ($u_0(t) = 1$). Partendo da questi casi estremi possiamo anche dedurre che

se esiste un valore tale che $0 < z_0(t) < M$ allora $\varphi(t) = 0$ e $u_0(t) = rc$, (9)

se esiste un valore tale che $0 < u_0(t) < 1$ allora $y_0(t) = \xi(t)$ e $z_0(t) = \xi'(t)$ (10)

(si ricordi che $z(t)=dy/dt$).

Si può notare, quindi, come l'espansione della capacità si evolva di pari passo all'aumento della domanda quando i profitti marginali sono pari a 0; già da queste prime considerazioni è possibile intuire la struttura generale del procedimento.

Una delle ipotesi base del modello è che $rc > 0$; ciò vuol dire che sia i costi di espansione sia il tasso di interesse sono positivi, ed incidono su un'unità di ricavo per un valore maggiore di 0. Per fare un passo in avanti nel raggiungimento delle loro conclusioni, gli autori analizzano, però, una situazione frutto di una supposizione molto forte: $rc \geq 1$. In questo caso gli interessi pagati sul costo dell'espansione sono maggiori o uguali agli introiti che se ne ricavano. Poiché $u_0(t) \leq 1$, abbiamo che $\varphi_0(t)$ è monotona crescente e raggiunge il suo massimo in $t = T$; tuttavia, con un costo per interessi così importante, la funzione (6) ci dice che $\varphi_0(T) < 0$ e quindi $\varphi_0(t) < 0$ per ogni t, cosicché secondo (7) $z_0(t) = 0$ per ogni t. Riassumendo:

Se $rc \geq 1$ allora $z_0(t) = 0$ e $y_0(t) = y(0)$ per ogni t. (11)

Una analisi approfondita merita dunque di essere effettuata più che altro nel momento in cui $0 < rc < 1$. Questa conclusione è piuttosto scontata, ma ci è servita per dimostrare come, guardando (9) e (10) (se $0 < z_0(t) < M$ in qualche intervallo allora $y_0(t) = \xi(t)$ in quell'intervallo), il sentiero da seguire sia quello di suddividere l'intervallo $[0,T]$ in diversi sottointervalli in cui adottare una delle tre politiche: nessuna espansione, espansione massima consentita, espansione mantenendo capacità e domanda allo stesso livello.

2.6.2 Derivazione dell'algoritmo – *Backward formulation*

Prima di procedere con maggiore dettaglio alla descrizione della formula, altre due ipotesi sono necessarie: il tasso di crescita della domanda non può mai raggiungere il livello di massima espansione possibile dei magazzini, e la capacità iniziale deve essere uguale o maggiore alla domanda iniziale, ossia

$\xi'(t) < M$ in ogni t,

$y(0) \geq \xi(0)$.

A questo punto possiamo dunque definire il seguente sistema

$$\omega(s,\sigma) = \begin{cases} 1 & \text{se } \xi(s) \geq \sigma \\ 0 & \text{se } \xi(s) < \sigma \end{cases}$$

dove la funzione ω include una serie di valori compresi tra 0 e 1, a seconda di quante volte viene sfruttata la capacità massima dell'azienda, pressappoco come avveniva per $u(t)$. Si noti che le variabili che influenzano ω non sono altro che l'istante di tempo che precede la decisione di espansione (s) e il nuovo livello di capacità disponibile in seguito all'investimento (σ).

Gli autori, a questo punto, rielaborano la funzione profitto, scrivendola come

$$F(t,\sigma) = ce^{-rt} - \int_t^T e^{-rs}\omega(s,\sigma)ds\,. \tag{12}$$

La sua struttura è simile a quella di $\varphi(t)$, con la sostanziale differenza, però, che in questo caso i costi hanno segno positivo e gli introiti segno negativo. I requisiti imposti su $\xi(t)$ fanno in modo che $F(t,\sigma)$ sia una funzione continua in ogni sua variabile. Se avessimo che $\sigma > max_t\, \xi(t)$ avremo in altre parole un problema di sovraccapacità e $F(t,\sigma) > 0$ per ogni t. D'ora in poi, per facilitare la comprensione del ragionamento, sarà sicuramente utile avere come riferimento la situazione rappresentata in Figura 2.3.

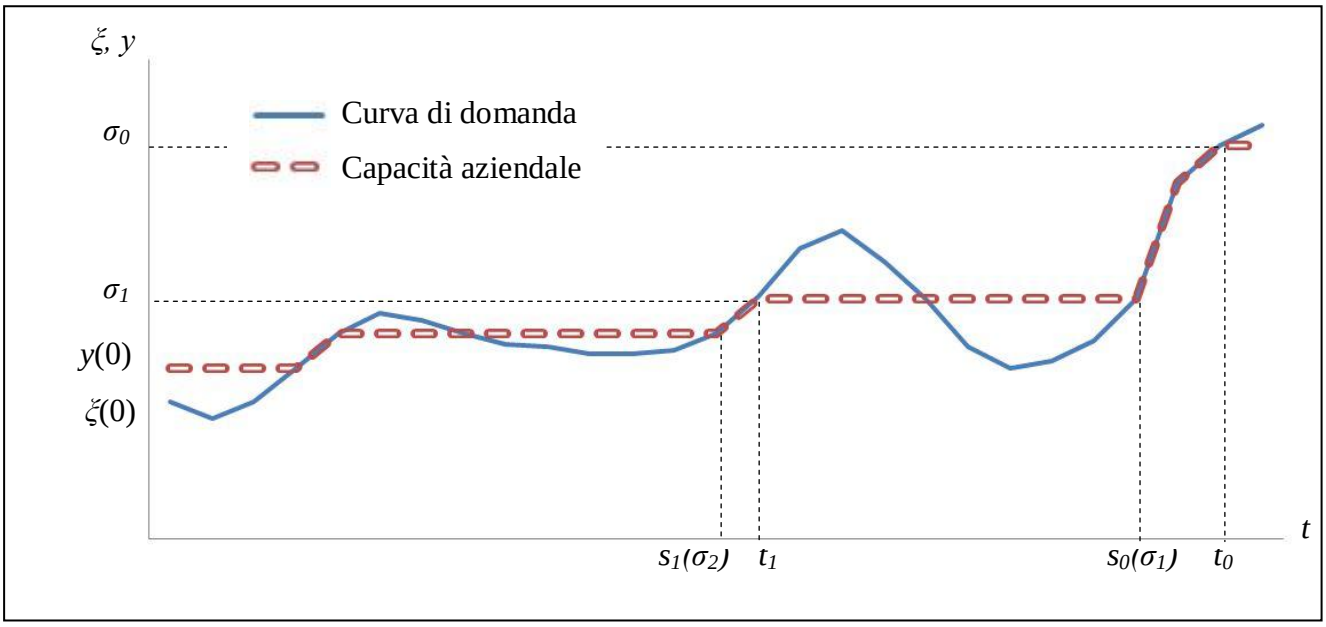

Figura 2.3. Fonte: Arrow, Karin e Scarf, 1958

Chiamiamo σ_0 il valore più grande di σ ($\geq y(0)$) tale che la funzione F non sia più strettamente maggiore di 0 ma sia piuttosto $F(t, \sigma_0) \geq 0$; ciò significa che la funzione profitto non sarà più necessariamente in perdita, ma per un ε positivo e sufficientemente piccolo avremo che $F(t, \sigma_0-\varepsilon) < 0$ per un qualche valore di t. In altre parole, se estendessimo la capacità a un livello leggermente inferiore ($\sigma_0-\varepsilon$), non si produrrebbe più in perdita ma in guadagno. Con σ_0 ci si riferisce alla capacità massima che si può raggiungere, ma se non esiste nessun valore σ_0 che risponda ai suddetti requisiti allora si dovrà porre $\sigma_0 = y(0)$. In caso contrario, se si ha che $\sigma_0 > y(0)$, è possibile affermare con certezza che esiste anche un t^* tale che $F(t^*, \sigma_0) = 0$ e $F(t^*,\sigma_0-\varepsilon) < 0$. Si definisce t_0 il primo di questi t^*, ed è l'istante di tempo in cui l'azienda raggiunge la sua capacità massima; se $\sigma_0 = y(0)$ allora anche $t_0 = 0$.

Gli autori, inoltre, hanno fornito un'ulteriore spiegazione relativa al fatto che il punto di svolta per le decisioni aziendali sia dato da $F(t, \sigma) = 0$ (punto di pareggio) e non da $F(t, \sigma) < 0$ (ossia il momento in cui l'azienda comincia a realizzare guadagni). In effetti essi sostengono che se la decisione di espandere la capacità in un determinato momento genera immediatamente dei

profitti, significa che sono state sacrificate delle opportunità profittevoli di espansione in un qualche istante di tempo antecedente. Per questo, il processo di allargamento della capacità viene sempre avviato ed arrestato durante una fase di crescita dell'azienda e non quando la domanda raggiunge un punto di massimo, poiché è naturale che questa condizione sarà poi seguita da un periodo di cali nelle vendite (che comporta l'inutilizzo della capacità).

Quello che si ottiene da questa serie di considerazioni è il seguente risultato: posto che $\sigma_0 > y(0)$, nell'istante di tempo in cui l'azienda raggiunge la sua massima capacità, la domanda $\xi(t_0)$ è uguale alla capacità σ_0 ed il tempo t_0 si trova in un segmento crescente della funzione di domanda. Il fatto che $\xi(t)$ stia crescendo in $t = t_0$ lo si deduce anche dal fatto che

$\omega(t_0+\varepsilon, \sigma_0) = 1$ $\qquad$ $\omega(t_0-\varepsilon, \sigma_0) = 0$,

ossia in un istante immediatamente successivo a t_0 la capacità σ_0 non è più sufficiente a soddisfare tutta la domanda, mentre in un istante immediatamente precedente vi è una minima quantità di capacità inutilizzata.

Una delle caratteristiche di questo modello è che procede a ritroso. Si noti come il punto $F(t_0, \sigma_0)$ rappresenta il punto di espansione massima che può raggiungere la capacità aziendale; tuttavia, altre attività profittevoli di potenziamento (sebbene di entità minore) possono essere intraprese prima di questo momento. Si può provare, ad esempio, a cercare un'ulteriore soluzione per un qualsiasi $t < t_0$ (assumendo naturalmente che $t_0 > 0$). Per ogni valore di σ (tale che $\sigma_0 \geq \sigma \geq y(0)$), si definisce $s_0(\sigma)$ il più grande valore di t che risponda ai requisiti $t \leq t_0$ e $\xi(t) = \sigma$; in altre parole $s_0(\sigma)$ è l'ultimo istante temprale antecedente a t_0 nel quale la domanda corrisponde esattamente a σ. Si consideri ora σ nel seguente intervallo

$$G(t,\sigma) = ce^{-rt} - \int_t^{s_0(\sigma)} \omega(s,\sigma)e^{-rs}ds - ce^{-rs_0(\sigma)}$$

$$= F(t,\sigma) - F(s_0(\sigma),\sigma) \tag{13}$$

La funzione G rappresenta i profitti marginali derivanti dall'espansione della capacità al tempo $s_0(\sigma)$ piuttosto che al tempo t, considerando che la capacità sia pari a σ. La considerazione di σ_0 e t_0 implica che $G(t, \sigma_0) \geq 0$ per ogni $t < t_0$. Inoltre, per un ε abbastanza piccolo, si ha che $F(t, \sigma_0-\varepsilon) \geq 0$ per $t < s_0(\sigma_0-\varepsilon)$, mentre $F(t_0, \sigma_0-\varepsilon) < 0$: non è quindi conveniente procedere ad espansioni in un istante immediatamente precedente a t_0 se il livello attuale è appena al di sotto di σ_0. Ciò vuol dire che per allargare il magazzino in modo profittevole bisogna identificare un nuovo livello di capacità σ_1 che sia il più grande valore di σ tra $y(0)$ e σ_0 dove

$$G(t,\sigma_1) \geq 0 \text{ per ogni } t < s_0(\sigma_1)$$

mentre per un ε sufficientemente piccolo e qualche t nell'intervallo si ha

$$G(t,\sigma_1-\varepsilon) < 0.$$

Tutto questo per dire che σ_1 è il più elevato livello di capacità al quale è profittevole espandersi, prima che si registri l'aumento della funzione di domanda $\xi(t)$ che porterà poi a raggiungere la capacità massima σ_0. Livelli superiori a σ_1, quindi, possono essere raggiunti solo quando la capacità eguaglia la domanda nell'intervallo di tempo che termina in t_0. Raggiunta questa situazione si ripropongono buona parte dei procedimenti logici messi in atto per σ_0 e t_0:

- se non esiste nessun σ_1 che risponda ai suddetti requisiti, si prende $\sigma_1 = y(0)$;
- considerato che $\sigma_0 > \sigma_1 > y(0)$, si chiami t_1 il primo istante $t \leq s(\sigma_1)$ dove $G(t_1,\sigma_1) = 0$;
- per un ε abbastanza piccolo si ha che $G(t_1,\sigma_1-\varepsilon) \leq 0$;
- $G(t,\sigma_1) \geq 0$ per ogni $t < s(\sigma_1)$;
- se $\sigma_1 = y(0)$ allora $t_1 = 0$;
- se $\sigma_1 > y(0)$ e $\xi(t_1) = \sigma_1$, allora la funzione $\xi(t)$ è crescente in $t = t_1$, e $\xi'(t) < 0$ in qualche punto tra t_1 e t_0.

Se si verifica $t_1 > 0$ gli autori sostengono che il modello può essere continuamente sviluppato, con t_1 che gioca il ruolo di t_0, σ_1 rimpiazza σ_0 e $s_1(\sigma)$ al posto di $s_0(\sigma)$, con l'eccezione che ci sarà t_1 invece che t_0. Naturalmente, questo processo prima o dopo termina con un $t_i = 0$; il numero di punti di minimo della funzione $\xi(t)$ associati a ogni $t_j \neq 0$ è, infatti, limitato. Il risultato finale è dato da una serie di istanti temporali diversi, abbinati a un determinato livello di capacità, in cui la domanda è crescente ed è conveniente per l'azienda espandere il magazzino; questi allargamenti sono di volta in volta graduali, poiché tengono conto delle successive flessioni nelle vendite, e puntano a massimizzare i profitti attualizzati riducendo il più possibile il rischio che troppa capacità rimanga inutilizzata.

2.6.3 Applicazione aziendale – *Forward formulation*

Questo modello, nelle modalità in cui è stato presentato finora (ossia con un'applicazione a ritroso nel tempo), può far sorgere alcune perplessità riguardo la possibilità di una sua adozione all'interno di un'azienda. Esso fornisce come prima soluzione il livello massimo di capacità che l'azienda avrà convenienza a raggiungere in futuro in base alla funzione di domanda stimata; tuttavia, questa soluzione potrebbe interessare un istante di tempo lontano mesi o addirittura anni ed assume pertanto un'utilità limitata per coloro che devono prendere decisioni. Una soluzione alternativa è quella di utilizzare le stesse ipotesi descritte in precedenza per individuare subito il primo momento in cui in un prossimo futuro diventa conveniente espandere la capacità dei magazzini. Questa possibilità è più alettante per le aziende poiché da un lato riduce l'incertezza legata alla previsione della domanda ad un troppo lungo termine e dall'altro lato fornisce subito delle risposte su quella che è la politica

più conveniente da attuare: nessuna espansione, espansione fino a pareggiare la domanda, espansione fino al massimo consentito.

Ricordando sempre che

$\omega(s,\sigma) = 1$ o 0 a seconda che $\xi(s) \geq \sigma$ o $\xi(s) \leq \sigma$

$$F(t,\sigma) = ce^{-rt} - \int_t^T e^{-rs}\omega(s,\sigma)ds$$

Si sviluppa una prima possibilità in cui l'obiettivo è individuare tutti i valori di t per cui $\xi(t) = y(0)$ (compreso anche $t = 0$ se necessario); in questo caso allora la strategia migliore è quella di escludere la possibilità di un'espansione:

$z(t) = 0$ se $F[t, y(0)] \geq 0$ per tutti i valori di t.

Se, invece, $F[t, y(0)] < 0$ per alcuni t, allora si assuma prima di tutto che $\xi(0) \leq y(0)$. Si vanno ora ad individuare tutti i valori di t per cui la funzione F raggiunge i suoi punti di minimo, ossia i profitti raggiungono i livelli più alti (ricordiamo che il numero di punti di minimo è finito); si chiama convenzionalmente questo insieme di punti come insieme A. Ognuno di questi punti giace su di un segmento crescente di $\xi(t)$; di conseguenza, per un ε leggermente maggiore di 0, si ha che i punti in cui la funzione $F[t, y(0)+\varepsilon]$ registra i suoi minimi non sono altro che un sottoinsieme dell'insieme A, chiamato B, che si trova sugli stessi segmenti crescenti di $\xi(t)$. Si pone t' come l'ultimo punto più a destra dell'insieme B; ora, considerando il segmento crescente che attraversa t' e tutti i successivi segmenti crescenti o non decrescenti, si calcola di volta in volta il valore della funzione profitto $F(t, \sigma)$ scegliendo $\xi(t) = \sigma$. Si ripete questa operazione fino a quando non si raggiunge il valore più grande di F nell'insieme A. Si può finalmente definire σ' come il valore di σ al quale il processo si ferma e t'' il punto in cui $\xi(t'') = \sigma'$. La strategia ottimale dipende dunque dall'intervallo preso in considerazione:

$z_0(t) = 0$ per $0 \leq t \leq t'$ (nessuna espansione)

$z_0(t) = \xi'(t)$ per $t' \leq t \leq t''$ (espansione pari al livello di domanda).

Una terza ed ultima alternativa si differenzia dalla precedente perché ipotizza una condizione di partenza in cui la domanda è maggiore della capacità, $\xi(0) > y(0)$, mantenendo sempre $F[t, y(0)] < 0$ per alcuni t. Si trova anche in questo caso l'istante di tempo in cui la funzione profitto arriva a generare i guadagni maggiori. Se il minimo di F si registra in un $t \neq 0$ si procede esattamente come nel caso precedente; se invece il minimo si trova in $t = 0$, si aumenta anche stavolta σ sopra $y(0)$. In questo caso, però, il valore più basso di F viene calcolato confrontando le due funzioni

$F(t, \sigma)$, dove t è scelto in modo che $\xi(t) = \sigma$,

$F(t, y(0) + Mt)$ dove t è scelto per soddisfare $y(0) + Mt = \sigma$.

L'obiettivo è quello di continuare ad incrementare il valore di σ fino a che non si raggiunge un minimo della funzione F lungo la linea $y(0) + Mt$. Il termine dell'intervallo di riferimento, precedentemente identificato in t'', viene ora chiamato a dagli autori ed è il punto oltre il quale le ipotesi fatte finora smettono di essere vere. La strategia ottimale in questo caso è quella della massima espansione possibile:

$z_0(t) = M$ per $0 \leq t \leq a$.

2.6.4 Analisi critica del modello

L'approccio proposto da Arrow, Karlin e Scarf si propone di individuare la miglior strategia per la gestione della capacità come se questa fosse una funzione dipendente dal tempo; le opzioni possibili sono: nessuna espansione dei magazzini, espansione fino al livello della domanda, espansione fino alla massima capacità consentita. La scelta è da valutare considerando il livello di capacità iniziale ed il vincolo secondo cui la capacità non può mai diminuire nel corso del tempo; a queste variabili è da aggiungere il limite massimo di capacità raggiungibile. Gli autori includono nell'analisi gli introiti derivanti dalle vendite, i costi operativi e i costi per aumentare la capacità; attualizzando ad oggi i profitti (o eventualmente le perdite), il loro modello aiuta a scegliere la politica che consente di massimizzare i guadagni.

Pro

- Combina le proprietà della programmazione lineare e delle teorie dei giochi per raggiungere una soluzione più attendibile
- Tiene conto della stagionalità della domanda
- Riconosce che l'espansione può essere attuata fino al raggiungimento di un tetto massimo
- Particolarmente adatto per la gestione dei magazzini di società di distribuzione

Contro

- Le ipotesi di base sono estremamente semplificate (non si tiene conto di spese di manutenzione, ammortamenti, o prodotti che non possono essere immagazzinati)
- Non tiene in considerazione tempi di set-up della nuova capacità

2.7 Un approccio alternativo all'espansione modulare della capacità

Un punto di vista diverso è quello proposto da Angelus, Porteus e Wood [2000]; il loro modello si basa su tre principali prerogative:

- economie di scala nei costi di capacità;
- tempi di attivazione positivi (costituiti dall'intervallo temporale che intercorre tra la decisione di espandere la capacità e la prima volta in cui tale capacità aggiuntiva inizia ad operare);
- capacità massima cumulata prefissata, che loro chiamano *shell size* (letteralmente dimensione del guscio).

Una delle supposizioni alla base del loro studio è che questa *shell size* sia finita; da ciò deriva il nome "approccio modulare" con il quale si usa riferirsi a questa situazione. In casi simili si ha che il primo livello di capacità si basa su sistemi e infrastrutture costruiti insieme al magazzino all'interno del quale saranno posizionati; se in un momento successivo si volesse potenziare la capacità, è sufficiente aggiungere un nuovo modulo e risulta molto più conveniente rispetto all'alternativa di costruire un nuovo deposito delle stesse dimensioni. Nel caso contrario in cui la *shell size* fosse infinita, è possibile mettere in pratica uno degli approcci tradizionali in cui l'espansione di capacità corrisponde a un nuovo magazzino. La teoria modulare distingue, inoltre, fra due diverse prospettive con cui si può guardare alla capacità: la *shell size*, ossia il parametro statico basato sulle modalità con cui il magazzino è stato progettato, e la capacità effettiva, che può essere aumentata in modo dinamico nel corso del tempo, fino ad un massimo in cui si eguaglia la *shell size*.

Di solito è abbastanza normale trovarsi in una situazione in cui i costi fissi (indipendenti dalla capacità effettiva) per attivare un nuovo modulo siano piuttosto elevati, mentre i costi marginali (che dipendono dalla capacità) siano relativamente bassi. Da qui deriva uno degli aspetti positivi dell'approccio modulare: se non ci fosse la possibilità di scegliere la *shell size* ci si troverebbe ad acquistare fin da subito un livello di capacità eccessivo, sostenendo delle spese fisse rilevanti; secondo gli autori, invece, è possibile investire in moduli di dimensioni più contenute, così da sfruttarne al massimo la capacità effettiva prima di acquisirne degli altri, ed in questo modo si vanno a dilazionare gli esborsi per i costi fissi. Tale procedura rende, inoltre, possibile seguire più da vicino la funzione di domanda, così da ridurre il rischio di previsioni poco attendibili e il pericolo di disporre di troppa o troppo poca capacità. Tuttavia, questo modello non è necessariamente il migliore: ogni volta che si interviene sulla capacità effettiva per potenziarla, si sostengono inevitabilmente dei costi che si sarebbe potuto evitare se la nuova capacità fosse stata aggiunta contestualmente al modulo precedente.

L'applicazione pratica di questo approccio, infine, ricorda molto la politica (s, S) di gestione

delle scorte proposta da una moltitudine di autori fra cui Magee e Boodman [1992]: riconoscendo l'esistenza di un punto di riordino s e di un livello di riordino S, avremo che se in un dato periodo la capacità effettiva è inferiore a s, questo è il segnale che deve essere estesa fino al punto S (che naturalmente non può essere più grande della *shell size*). L'utilizzo di questa tecnica risulta, però, un po' più complicata in questo ambito rispetto a quanto succede per la gestione delle merci; bisogna, in effetti, ricordare che c'è un limite esogeno di capacità raggiungibile e che sia il punto di espansione s sia il livello di espansione S dipendono in modo diretto dall'istante di tempo, dall'ultima domanda osservata e dalla *shell size*.

2.7.1 Le ipotesi base

Le ipotesi del modello descrivono un'azienda che intende implementare una nuova tecnologia di produzione; la scelta di espandere o meno la capacità deve essere presa nei periodi $t = 1, 2, \ldots, T$ e c'è un tempo di set-up pari a L periodi, corrispondente all'intervallo tra quando la capacità è ordinata e quando può essere utilizzata. Ne deriva che i prodotti possono essere realizzati sfruttando la nuova tecnologia nei cicli $L+1, L+2, \ldots, L+T$; il periodo $L+T$ è l'ultimo nel quale la capacità si può considerare utilizzabile, prima di essere smantellata. Gli autori, fra l'altro, ci tengono a precisare che, in ogni fase t, l'azienda completa le seguenti azioni:

1. si osserva il livello attuale della domanda;
2. si valuta la capacità aggiuntiva da acquistare in modo che questa sia disponibile per soddisfare la domanda nel tempo $t + L$;
3. la capacità che era stata aggiunta in $t - L$ diventa utilizzabile;
4. si sfrutta la capacità cumulata disponibile per soddisfare quanta più domanda possibile (non è ammessa la possibilità di accantonare i prodotti per una vendita futura);
5. la domanda non soddisfatta oggi non potrà essere recuperata domani.

La situazione di partenza include la possibilità di installare nuova capacità pari a $x > 0$, e la scelta deve avvenire al tempo t. Il valore attuale dei costi derivanti da questa decisione sarà dato da $K + k_t x$, dove K corrisponde ai costi fissi e k_t rappresenta i costi marginali di capacità. Le conseguenze finanziarie di queste decisioni riguardano un esborso per le spese fisse nel periodo t in cui viene presa la decisione, mentre i costi operativi e gli introiti cominceranno ad essere contabilizzati a partire dal tempo $t + L$. Quando la capacità installata avrà esaurito la sua idoneità a creare valore, sarà demolita; il periodo in cui questo succedere viene convenzionalmente chiamato $T + L + 1$.

Gli autori pongono la *shell size* pari a Z come un parametro che resta fisso nel corso della loro

analisi. Le variabili da decidere sono invece il tempismo e le dimensioni dei potenziamenti, soggette ovviamente ai vincoli che la capacità cumulativa non può eccedere *Z*. È possibile, ora, formulare un'adeguata funzione di profitto *π(z, d)* che dipende dalla capacità disponibile *z* e dalla domanda *d* osservata nel momento in questione. Nello specifico

$$\pi_t(z,d) = \begin{cases} (p_t - c_t^P - h_t)\cdot z - (d-z)\cdot c_t^S & \text{se } z \le d, \\ (p_t - c_t^P)\cdot d - h_t z & \text{se } z > d, \end{cases}$$

dove:

- p_t è il prezzo unitario di ciascun prodotto venduto,
- c_t^P è il costo unitario marginale di produzione,
- h_t è il costo fisso che si sostiene per supportare la capacità (riguarda il costo del capitale, non deve essere confuso con i costi fissi relativi all'acquisto delle nuove unità marginali di capacità),
- c_t^S è il costo di penalità per non avere soddisfatto tutta la domanda.

La funzione profitto è dunque concava in *z* se $p_t + c_t^S \ge c_t^P$. La domanda, inoltre, è ritenuta essere statisticamente dipendente; ciò significa che, se il valore *d* è stato registrato al tempo *t*, la funzione di densità di probabilità nei periodi futuri dipende da quella domanda osservata, e corrisponde a

$\phi_t(\bullet \mid d)$ in $t + 1$,

$\phi_t^L(\bullet \mid d)$ in $t + L$.

In altre parole, la domanda in periodi diversi presenta una certa correlazione; pertanto, la domanda al periodo 2 (per esempio) può fornire una previsione più precisa di quella che potrà essere la domanda al tempo 3, rispetto alle informazioni che si possono ricavare dalla domanda al tempo 1. L'effetto di questa considerazione è la tendenza ad attendere il più a lungo possibile prima di investire in un'espansione della capacità.

2.7.2 Formulazione del modello

Si riprenda il quesito principale di questa analisi: se e quando espandere la capacità dei magazzini. Per poter confrontare correttamente le diverse opportunità di investimento è necessario attualizzare costi e profitti allo stesso istante di tempo; si assumerà α come fattore di sconto che avrà un valore compreso tra 0 e 1. Il fatto che i costi fissi e i costi operativi siano sostenuti in momenti diversi della vita aziendale complica leggermente la valutazione dei benefici portati da un certo investimento; per questa ragione, piuttosto della funzione profitto, pare più opportuno calcolare la contribuzione netta $\gamma_t(z, d)$ della scelta di espansione,

che terrà in considerazione la presenza tempi di attrezzaggio, in particolare

$$\gamma_t(z,d) = \begin{cases} \pi_t(z,d) & \text{se } L = 0, \\ \alpha^L \int_0^\infty \pi_{t+L}(z,\xi)\phi_t^L(\xi|d)d\xi & \text{se } L < 0. \end{cases} \tag{14}$$

Se si vuole trovare la capacità che garantisce i guadagni maggiori, si devono confrontare i risultati che si ottengono per i diversi valori di *z*, andando a scegliere quello che consente di raggiungere i profitti più elevati. Per fare questo gli autori hanno sviluppato la funzione f_t che dipende dalla capacità cumulata *z*, dalla domanda *d* al tempo *t* e dalla *shell size Z*.

$$f_t(z,d,Z) = k_t z + \max(g_t(z,d,Z), \max_{z \le z' \le Z}[g_t(z',d,Z) - K]) \tag{15}$$

dove

$$g_t(z,d,Z) = \begin{cases} \gamma_t(z,d) - k_t z + \alpha \int_{\xi=0}^\infty f_{t+1}(z,\xi,Z)\phi(\xi|d)d\xi & \text{se } 1 \le t \le T-1, \\ \gamma_T(z,d) - k_T z + \alpha \cdot f_{T+1}(z,Z) & \text{se } t = T, \end{cases} \tag{16}$$

dove $f_{T+1}(z, Z)$ è il valore di recupero delle attrezzature alla fine del periodo $T + L$, espresse in valuta al tempo $T + 1$. In pratica, in (16) si vanno a calcolare quelli che sono i profitti attualizzati derivanti dell'espansione della capacità per ogni diverso *t*, tenendo conto che più presto si procede all'investimento più lungo è l'arco di tempo nel quale si può godere dei suoi benefici; a questo punto (15) confronta tutti i diversi risultati e permette di scegliere l'alternativa migliore con il valore specifico di *z* o *z'* che garantisce profitti più alti. Come risultato si ha che la scelta di procedere all'espansione è generalmente collocata in un istante di tempo intermedio che va a controbilanciare due fattori:

- ritardare la decisione quanto più possibile per sfruttare al massimo le informazioni concesse dall'evoluzione della domanda nel tempo;
- anticipare la decisione in modo da godere di guadagni maggiori per un più lungo arco di tempo.

Il verificarsi di questa situazione trova ulteriore dimostrazione in quanto esposto di seguito. Per ogni valore fisso della *shell size Z* e per ogni istante di tempo $t = 1, 2, .., T$, esistono due funzioni $s_t(d, Z)$ e $S_t(d, Z)$ che assumono valore positivo (la definizione di *s* e *S* è possibile tenendo a mente quanto detto nel Capitolo 1 riguardo a *safety stock* e EOQ). Se il periodo *t* comincia con una capacità cumulata pari a *z*, e *d* è la domanda osservata, allora il livello di *z* che ottimizza la funzione $z_t(z, d, Z)$ sarà dato da

$$z_t = \begin{cases} S_t(d,Z) & \text{se } 0 \le z \le s_t(d,Z), \\ z & \text{se } z > s_t(d,Z). \end{cases}$$

Le funzioni s_t e S_t verranno chiamate punto di espansione e livello di espansione. Quello che il sistema riassume è la teoria secondo cui quando la capacità cumulata è al di sotto del punto di

espansione, la scelta ottimale è quella di riportarla fino al livello di espansione; nel caso contrario, si può lasciare la capacità inalterata. Una classica situazione che si può verificare utilizzando questo modello è quella rappresentata in Figura 2.4. La linea tratteggiata corrisponde alla bisettrice del grafico con inclinazione 45°; poiché non è possibile immagazzinare prodotti per periodi futuri, il livello di produzione non può essere superiore alla domanda osservata. Di conseguenza, il punto di espansione non sarà mai al di sopra della bisettrice e, se la capacità attuale si trova fra il punto di espansione e la linea a 45°, risulta conveniente lasciare insoddisfatta parte della domanda piuttosto che investire in nuova capacità.

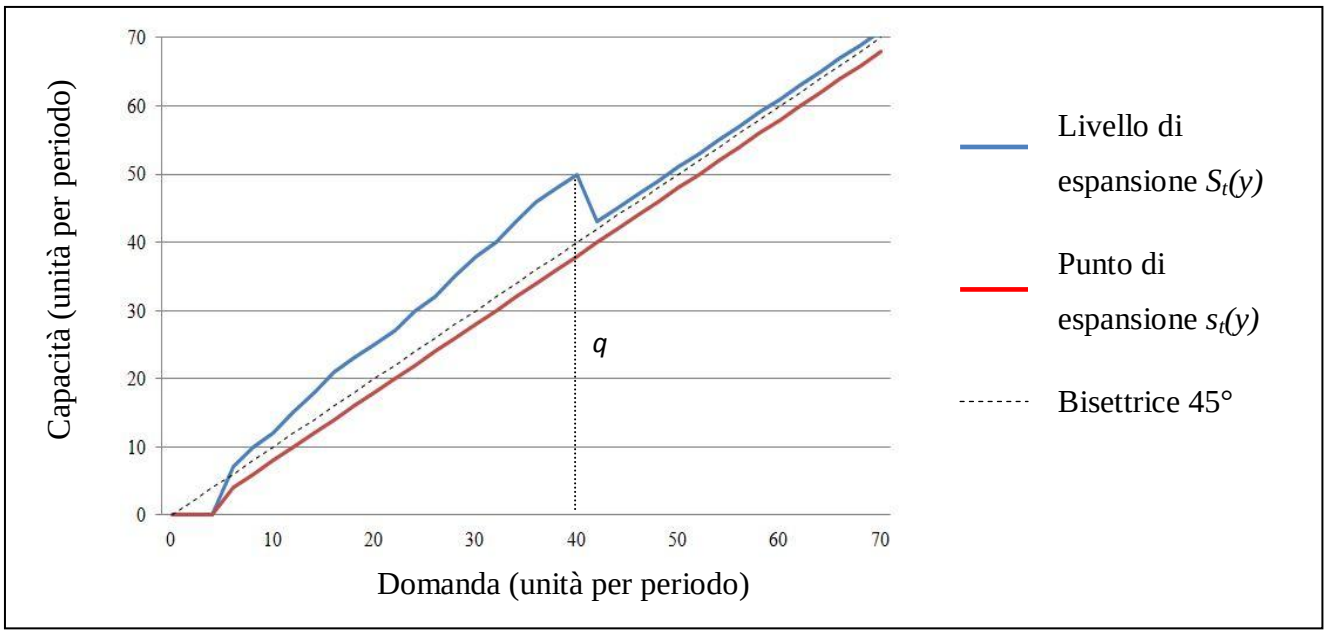

Figura 2.4. Fonte: Angelus, Porteus e Wood, 2000

Una caratteristica interessante della figura sopra è il valore pari a 0 delle funzioni s_t e S_t per livelli di domanda molto bassi. Succede questo perché, ricordando l'ipotesi secondo cui c'è una forte correlazione positiva nella funzione di domanda, se la domanda corrente è bassa c'è un'alta probabilità che anche la domanda futura lo sia. In questo caso, il valore attuale di espandersi oggi viene confrontato con l'alternativa di attendere per raccogliere maggiori informazioni, e non giustifica l'investimento in nuova capacità.

Un'altra peculiarità della Figura 2.4 riguarda il brusco calo nella funzione S_t quando la domanda osservata cresce fino a circa q unità. In altre parole, si verifica che per livelli di domanda bassi il livello di espansione ottimale è piuttosto largo, mentre per livelli di domanda più elevati la funzione S_t si posiziona leggermente al di sopra della linea a 45°. Gli autori chiamano queste due parti con il nome di *speculative zone* e *tracking zone* (traducibili come zona speculativa e zona di monitoraggio); in un primo tempo vale la pena di investire in capacità speculativa sebbene non utilizzata immediatamente, perché questa permetterà di eliminare o ritardare una successiva espansione e consentirà di massimizzare gli introiti in

caso di futuri picchi nella domanda. Ad un certo livello, però, questa opzione diventa poco attrattiva perché può succedere, ad esempio, che il tempo residuo nell'intervallo considerato non sia sufficiente a recuperare gli esborsi per l'investimento; il punto di svolta si individua andando ad analizzare la funzione che attualizza il valore atteso. A titolo esemplificativo, si veda in Figura 2.5 quello che può essere l'andamento di g_t ipotizzando che il livello corrente di domanda sia $q - 2$ e $q + 2$; si osservino, quindi, i profitti derivanti da un'espansione al tempo t confrontando $g_t(z, q - 2, \infty)$ e $g_t(z, q + 2, \infty)$.

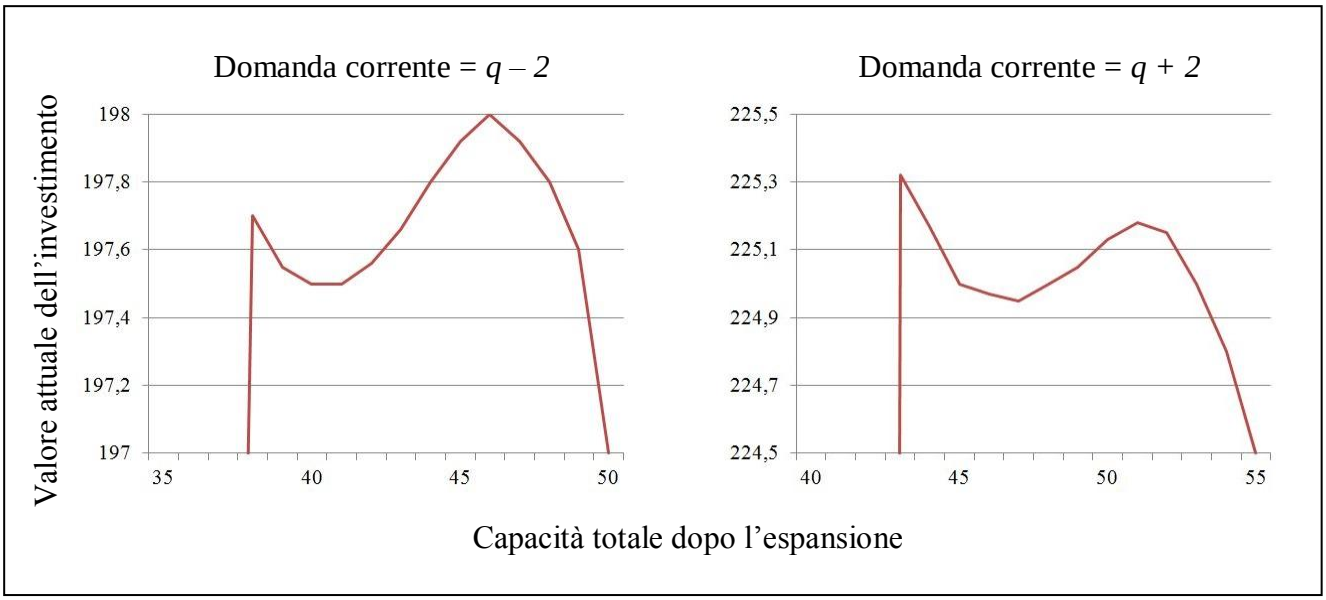

Figura 2.5. Fonte: Angelus, Porteus e Wood, 2000

Come si può vedere la funzione ha come punto di partenza il livello di domanda corrente ed è caratterizzata dalla presenza di due massimi locali: il primo massimo corrisponde a una politica di monitoraggio mentre il secondo a una politica speculativa. Nel momento in cui il punto di massimo della *tracking policy* genera un valore attuale superiore a quello della *speculative policy*, si registra un crollo rilevante della funzione S_t in Figura 2.4 nonostante i massimi in Figura 2.5 cambino abbastanza lievemente. Questa brusca caduta del livello di riordino è dovuta all'elevato costo opportunità di rinunciare ad una espansione oggi, considerata la notevole contribuzione marginale di un'unità aggiuntiva di capacità.

2.7.3 Analisi critica del modello

In conclusione, il modello sviluppato da Angelus, Porteus e Wood si basa su parametri economici non stazionari, tempi di attivazione positivi per la nuova capacità, domanda stocastica correlata, vita utile finita degli investimenti e *shell size* fissa ed esogena. Il loro approccio mira a confrontare i benefici derivanti dall'espansione della capacità in un periodo piuttosto che in un altro; il risultato sarà un trade-off fra l'opportunità di investire subito per

aumentare i guadagni futuri e la possibilità di attendere informazioni più precise sull'evoluzione della funzione di domanda.

Pro

- Tiene conto dei tempi di installazione della capacità
- Tiene conto dell'esistenza di un limite massimo di capacità cumulata
- Riduce il rischio di investire troppo o troppo poco, ritardando parte dell'investimento iniziale fino a quando non si conosce meglio l'entità della domanda
- Particolarmente adatto per le società di produzione

Contro

- Assume che la funzione di domanda sia sempre crescente (non considera stagionalità)
- Sarebbe interessante sviluppare il modello per trovare la *shell size* ottima invece di assumerla come variabile esogena
- Non è ancora ben definita a livello generale una regola che permetta di separare in modo chiaro *speculative* e *tracking zone*

Capitolo 3 – Un caso applicativo dei modelli di gestione del magazzino

I primi due capitoli sono stati fondamentali per introdurre gli aspetti più rilevanti delle scorte, analizzandone costi, funzioni e modalità di gestione. In particolare, sono stati esposti due modelli mirati a migliorare il rendimento del magazzino ipotizzando i tempi e l'entità di un'eventuale espansione. Questo capitolo racchiude probabilmente la parte più rilevante del lavoro, dove si procede all'applicazione dei suddetti modelli ad un caso aziendale. Dopo aver introdotto l'azienda ed aver spiegato in che modo si sono definite le variabili, è possibile vedere se queste teorie sono effettivamente in grado di mettere in pratica i benefici che promettono.

3.1 Presentazione dell'azienda

La Distilleria F.lli Brunello S.r.l. nasce nel 1840 come piccola attività a conduzione familiare per la produzione di grappa. Dopo quattro generazioni l'azienda è tutt'ora gestita dalla famiglia Brunello, che ha sempre mantenuto il metodo di produzione tradizionale, potendosi ora vantare di essere la distilleria artigianale più antica d'Europa. Con il passare degli anni, com'è normale, ci sono state numerose modifiche apportate all'impianto di produzione, ai magazzini e al portafoglio prodotti offerto ai clienti.

Tra le più importanti svolte ci fu il potenziamento degli impianti di produzione che, negli anni '70, permise di raddoppiare la capacità di carico delle caldaiette, passando da 4 quintali per cotta ai 9,5 q attuali. La naturale conseguenza fu anche la doverosa espansione degli spazi dove la grappa deve riposare. Forte impatto subì in particolare il magazzino di invecchiamento: non solo ci fu un aumento dell'area ad esso dedicata, ma le botti in legno da 500 litri usate in precedenza furono sostituite da altre più piccole, con un conseguente aumento della superficie di contatto del liquido con il legno ed un miglioramento della qualità finale della grappa.

Gli anni '70 videro anche l'introduzione di un altro decisivo cambiamento. Fino ad allora la distilleria produceva principalmente grappa allo stato grezzo da rivendere ad altri produttori; con l'inserimento in azienda della quarta generazione, però, si è cominciato a produrre e vendere molti più prodotti a marchio Brunello. La gamma offerta al pubblico è passata dalle tre tipologie di allora ad una quarantina di scelte possibili oggi tra grappe, liquori e distillati.

L'azienda ha chiuso il 2013 con un fatturato di 310.149 euro, rilevando un calo intorno al 14% rispetto al 2012 (361.970 euro). È, tuttavia, necessario sottolineare come il vero crollo nelle vendite si sia registrato nel 2012, poiché fino all'esercizio precedente non era mai successo che si chiudesse il bilancio con ricavi inferiori ai 490.000 euro. Il momento di

congettura economica ha dunque cominciato a manifestare i suoi effetti anche sui risultati di questa società, nonostante il fatturato degli esercizi precedenti (2007-2011) si fosse dimostrato sempre abbastanza costante. Questa decisa flessione è probabilmente da ricondurre al fatto che il principale mercato di sbocco sia quello italiano e, di conseguenza, il momento di difficoltà attraversato dal Paese si ripercuote in modo deciso sui risultati aziendali. Motivati da uno spirito di rivincita, negli ultimi anni i titolari hanno cercato di attivarsi per stimolare l'export in diversi Paesi esteri fra cui Russia, Canada ed Australia.

Un particolare trend emerso di recente è la preferenza mostrata dai consumatori nei confronti della grappa invecchiata; sarà, pertanto, obiettivo di questo elaborato andare ad analizzare lo stato attuale del magazzino di invecchiamento e valutare la convenienza di un eventuale ampliamento dello stesso. Prima di approfondire questo tema ritengo, però, opportuno chiarire al lettore i vari passaggi che compongono il processo produttivo dell'azienda e spiegare ruolo ed importanza dei diversi magazzini; come si vedrà più avanti, infatti, il prodotto in questione richiede inevitabilmente dei forti investimenti in scorte.

3.1.1 Il processo produttivo

Prima di tutto, è giusto dire che si può chiamare grappa solamente l'acquavite prodotta in Italia da uve di provenienza nazionale; la materia prima dalla quale si ottiene la grappa è la vinaccia (ossia la buccia dell'uva, con tanto di vinacciolo), che corrisponde in pratica a quanto rimane degli acini, dopo che i produttori di vino li spremono e li lasciano a fermentare. Questa deve essere processata in tempi relativamente brevi dopo il suo arrivo, per evitare che perda aromi, sentori e parte della gradazione alcolica. Come è dunque possibile intuire, l'impiego dell'impianto di produzione è strettamente correlato all'attività di vinificazione; ciò vuol dire che la distilleria è in funzione principalmente da settembre a dicembre, con qualche eccezione per dei piccoli lotti che diventano pronti nei mesi di marzo ed aprile.

Il processo di distillazione consente di ottenere un primo prodotto grezzo ad elevata concentrazione alcolica (70-80% vol.), che è ancora ben diverso dal prodotto finito che troveremo in scaffale. La politica aziendale, infatti, è quella di far riposare il semilavorato almeno un anno all'interno di contenitori di acciaio, al fine di rendere il prodotto più morbido e "rotondo". Questo particolare fornisce già un'idea del peso che possono arrivare ad assumere i magazzini dei semilavorati nel bilancio di chiusura.

Terminato il periodo in acciaio, l'azienda può scegliere di vendere la grappa, mantenerla ancora all'interno degli stessi contenitori per ammorbidirla ulteriormente, o può anche decidere di spostarla in botti di legno per farle acquisire profumi ed aromi diversi. Il periodo da trascorrere in legno varia notevolmente in base al prodotto finale che si vuole ottenere.

Infine, il semilavorato deve subire un'ultima lavorazione all'interno di contenitori refrigerati, con lo scopo di abbassare la concentrazione alcolica. Terminato questo passaggio, la grappa può finalmente essere imbottigliata, etichettata e venduta.

Il procedimento fin qui spiegato è riassunto graficamente in Figura 3.1. Il metodo utilizzato per raffigurare il *process mapping* ricalca la simbologia proposta da Slack, Chambers e Johnston [2010].

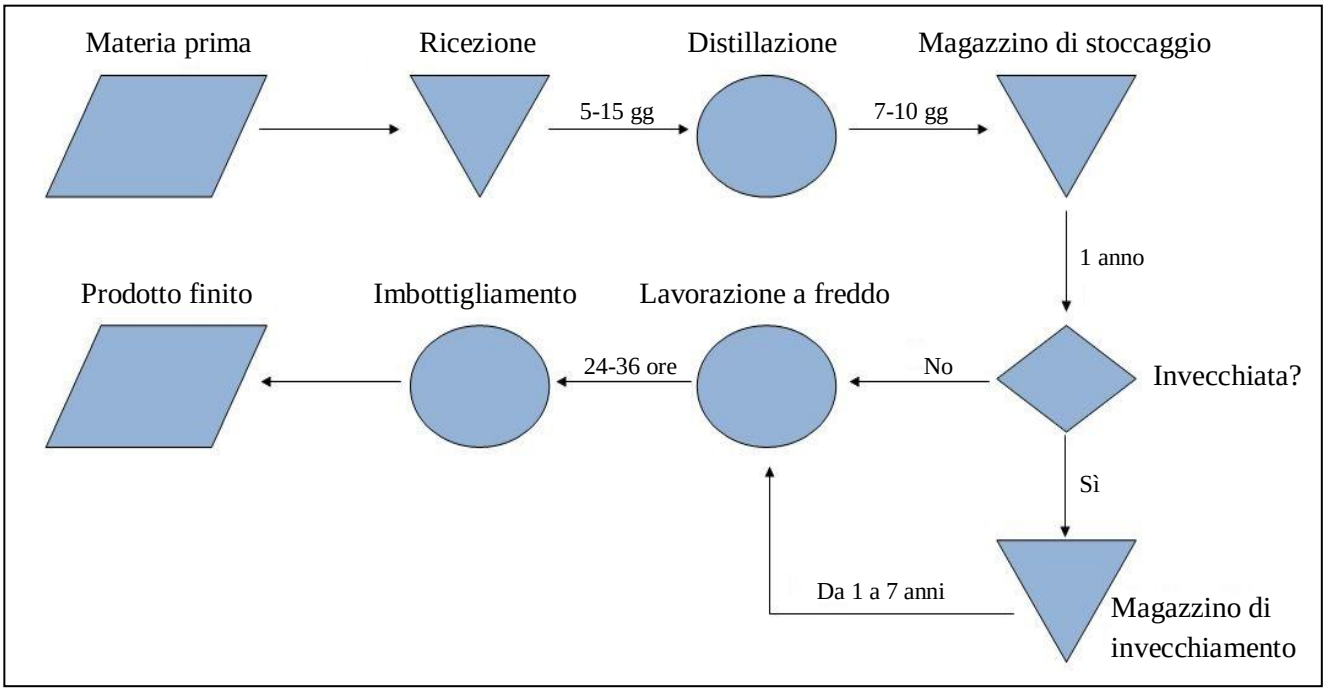

Figura 3.1. Fonte: elaborazione personale.

3.1.2 Panoramica sui magazzini aziendali

Quanto è stato detto nel paragrafo precedente non vuole essere semplicemente un tour aziendale fine a sé stesso, ma ha l'obiettivo di evidenziare un aspetto di fondamentale importanza: il processo di produzione della grappa è costituito da una serie di passaggi che portano inevitabilmente alla formazione di magazzino. Considerando, inoltre, che l'azienda gestisce internamente la totalità del processo produttivo, è naturale che debba preoccuparsi anche della gestione degli approvvigionamenti e delle scorte che ne derivano. Con riferimento ai diversi stadi del ciclo di produzione, è possibile individuare le seguenti tipologie di scorte e magazzini.

Materie prime

L'azienda acquista le vinacce di cui necessita da una serie di cantine selezionate che, nel corso degli anni, hanno dimostrato di saper lavorare rispettando certi standard qualitativi. Per avere una grappa di qualità, infatti, è fondamentale non solo un'annata positiva limitatamente

alle caratteristiche dell'uva, ma serve soprattutto che le vinacce siano conservate in modo appropriato una volta terminato il processo di fermentazione nelle cantine. Particolare importanza assume il loro confezionamento: per fare in modo che la materia prima mantenga le proprie qualità bisogna che questa sia sigillata all'interno di sacchi di nylon che le impediscano il contatto con l'aria. Una volta soddisfatto questo requisito, il prodotto si può conservare anche qualche settimana, tuttavia l'azienda preferisce processare la materia prima entro 8-10 giorni dal suo ricevimento per tutelare il livello qualitativo del prodotto finale.
Come detto in precedenza, l'azienda lavora con una lista di fornitori ormai consolidati con cui collabora da anni. Ciò vuol dire che solitamente la Distilleria non ha la necessità di formulare un ordine d'acquisto quando desidera ricevere le merci. Succede, invece, che l'azienda contatti la cantina in giugno o luglio, sostanzialmente per confermare l'interesse ad acquistare le vinacce anche per l'anno in corso; successivamente, quando diventano più chiare le prospettive per la vendemmia, si procede a una stima delle quantità e la Distilleria invia alla cantina una misura adeguata di materiali di confezionamento.
Una volta ricevute, le provviste non vengono conservate all'interno di un magazzino vero e proprio, ma sono posizionate all'esterno nel parco aziendale. Oltre alla protezione del sacco di nylon appena citato, esse sono tenute dentro dei sacconi di juta da 6-7 quintali l'uno, con delle asole pensate appositamente per facilitare lo spostamento degli stessi.

Semilavorati – Primo stadio

Durante il processo di distillazione, il prodotto ottenuto viene momentaneamente immagazzinato all'interno di alcune cisterne in prossimità degli impianti. Qui sono presenti tre contenitori sigillati, uno con capacità 50 hl e due con capacità 6 hl (destinati occasionalmente alla produzione di piccole partite di grappa di monovitigno). Durante il periodo di maggiore attività (settembre-dicembre), un funzionario dell'Agenzia delle Dogane si reca periodicamente in azienda, in genere ogni 10-15 giorni, per accertare la quantità prodotta (indispensabile per il successivo calcolo delle accise); egli si preoccupa, inoltre, di prelevare dei campioni per le analisi di laboratorio e di spostare tutto il contenuto verso il magazzino dove poi la grappa dovrà riposare.

Semilavorati – Magazzino di stoccaggio

Come già detto, l'azienda ha scelto di far trascorrere alla grappa un anno in contenitori di acciaio prima di imbottigliarla e commercializzarla. Il prodotto attraversa questa fase nel magazzino principale dell'azienda, dove a tale scopo sono utilizzati cisterne e contenitori di 10 hl, 50 hl, 100 hl e 220 hl. La grappa entra in questi serbatoi subito dopo il processo di

distillazione e ne uscirà dopo almeno 12 mesi; le quantità ed i tempi di prelevamento da questo magazzino dipendono dalla domanda dei clienti e dall'ammontare di prodotti finiti: nel momento in cui si nota un determinato calo nella disponibilità a scaffale di un certo prodotto, si ritira la corrispondente partita dal magazzino e la si predispone per l'ultima lavorazione, prima di essere imbottigliata. Il termine di un anno è deciso dall'azienda come periodo minimo, ma nulla vieta (anzi solitamente accade proprio così) che il prodotto rimanga in acciaio per un periodo più lungo. Questa permanenza prolungata può dipendere da una scelta mirata dell'azienda, al fine di rendere più morbida e rotonda la grappa, ma spesso accade che sia il basso livello di domanda a costringere alcuni prodotti a rimanere in magazzino per un tempo più lungo del previsto.

Analizzando la situazione di questo magazzino al 31/12/2013, figura che vi sono presenti più di 35.000 litri di grappa grezza, per un valore di 80.294,40 euro. Per avere un'idea della grandezza di questo valore si consideri che gli altri due prodotti principali dell'azienda, i distillati e le grappe invecchiate, presentano semilavorati per un valore rispettivamente di 5.320,00 e 5.647,50 euro. Questo fa capire come il magazzino di stoccaggio influisca pesantemente sui valori di bilancio, in parte a causa del calo di domanda di grappa giovane, in parte per la scelta aziendale di far affinare il prodotto in acciaio per almeno un anno.

Semilavorati – Magazzino di invecchiamento

Dopo il tempo trascorso in acciaio, parte della produzione viene trasferita nel magazzino di invecchiamento dove rimane all'interno di botti in legno per un ulteriore periodo che non può essere inferiore ai 12 mesi. Grazie a questo passaggio il prodotto diventa più morbido, colorato e si perfeziona negli aromi; lo svilupparsi di tali caratteristiche ha contribuito nell'ultimo periodo all'aumento della domanda di questo tipo di grappa, trend riscontrato sia dai titolari della Distilleria Brunello sia da altre distillerie di dimensioni ben maggiori con cui è in contatto l'azienda. Una delle difficoltà più grandi nella gestione di questo magazzino deriva dal fatto che la domanda deve essere stimata con molti anni di anticipo, il che non è sempre possibile. Questo comporta una politica di carichi e scarichi con delle caratteristiche più uniche che rare: la difficoltà nel prevedere le vendite in modo accurato fa in modo che sia l'azienda a decidere la quantità di prodotto da destinare all'invecchiamento, riempiendo appunto le botti in legno (strategia *push*). Per procedere all'imbottigliamento, però, è possibile aspettare fino al momento in cui si ricevono gli ordini dai clienti (strategia *pull*); ciò vuol dire che in un periodo di calo della domanda, il prodotto può restare più a lungo in magazzino, migliorando le sue qualità.

Al momento l'azienda ha a disposizione 28 botti da 350 litri destinate a prodotti diversi a cui

sono riservati tempi di invecchiamento diversi; per dare un'idea, la maturazione va da un minimo di 12 mesi fino anche a 7 anni, ed è quindi necessario pianificare la domanda con larghissimo anticipo. Il margine più elevato che l'azienda realizza sulla vendita di grappe invecchiate rispetto al margine delle grappe giovani sta spingendo i titolari ad investire sulla capacità di questo magazzino per incrementare la produzione di tale tipologia di prodotti.
I costi e le problematiche relative ad un eventuale ampliamento sono trattate in modo più approfondito nel paragrafo 3.2, dove sono affrontate nel dettaglio le condizioni secondo le quali risulta conveniente un potenziamento del magazzino.

Semilavorati – Lavorazione a freddo

Prima di poter essere imbottigliata, indipendentemente che arrivi dal magazzino di stoccaggio o da quello di invecchiamento, la grappa attraversa un ultimo breve passaggio. All'interno dell'opificio di trasformazione a freddo il prodotto viene diluito con acqua demineralizzata, per passare da 70-80% vol. alla gradazione di commercializzazione, che varia a seconda del vitigno di provenienza. Per fare questo si utilizza una cisterna refrigerata, in modo da rendere più efficace il successivo filtraggio del liquido, con una capacità di 10 hl. La durata del processo richiede dalle 18 alle 24 ore; nel caso in cui si ricevesse oggi un ordine importante per un prodotto non ancora disponibile a scaffale, questo potrà comunque essere preparato, imbottigliato e spedito nel giro di tre o quattro giorni.
Viste le caratteristiche di questo reparto (esigenze di spazio contenute, programmabilità delle merci in arrivo e breve permanenza delle stesse), è per certi versi inopportuno considerarlo come un vero e proprio magazzino; nonostante sia separato dal magazzino di stoccaggio e dal magazzino di invecchiamento, esso può essere visto come la "zona di uscita" delle merci da questi ultimi, ricoprendo una fase molto breve che tutti i semilavorati devono necessariamente attraversare [Tinarelli 1992].

Prodotti finiti

Una volta avviato il processo di imbottigliamento il prodotto ne uscirà pronto per essere commercializzato; lo stesso impianto, infatti, si occupa di riempire le bottiglie, tapparle ed apporre capsula, etichette e contrassegno di Stato. Basterà poi confezionare le bottiglie negli appositi cartoni o confezioni e dividerli secondo la loro destinazione.
In genere l'azienda riesce ad organizzare la fase di imbottigliamento rispondendo agli ordini che riceve dai clienti e alle disponibilità a scaffale; questo le consente di produrre in base ai bisogni del mercato e il risultato è una necessità contenuta di spazi per stipare i prodotti finiti.
D'altra parte, è comunque opportuno sottolineare che, per mantenere una certa economicità

nel processo produttivo, l'azienda non può permettersi di imbottigliare solamente le quantità (di solito relativamente modeste) richieste dai singoli clienti, ma procederà al completamento di lotti di volumi maggiori; questo avviene sia per una più efficiente ripartizione dei costi di set-up, sia perché si deve considerare che parte dei prodotti finiti non andranno a costituire scorte, ma saranno immediatamente prelevati per soddisfare gli ordini ricevuti durante la fase di imbottigliamento (si veda paragrafo 1.4.1 sull'EBQ) [Thierauf, Klekamp 1975].

L'azienda necessita di una serie di scaffalature del volume di circa 25 m^3 nelle vicinanze della linea di imbottigliamento, per conservare la grappa pronta per essere venduta ma non ancora ordinata. Analizzando i valori di bilancio, appare evidente come il valore dei prodotti finiti assuma un peso molto più contenuto rispetto a quello dei semilavorati, ossia 12.507,74 euro. Bisogna, inoltre, considerare che il valore di un litro imbottigliato è superiore al valore di un litro grezzo e che all'interno della voce prodotti finiti sono inclusi grappe giovani, grappe invecchiate, distillati e liquori, i quali a livello di semilavorati erano contabilizzati separatamente. Questo per dimostrare una volta di più come il volume dei prodotti finiti sia estremamente inferiore al volume dei semilavorati. Inoltre, poiché nella parte finale della produzione il *lead time* è molto contenuto, l'azienda opera praticamente con modalità *make-to-order*; essa infatti ha a disposizione tutti i semilavorati e le materie accessorie e di consumo di cui necessita e, nel momento in cui riceve gli ordini dai clienti, deve solo procedere al loro "assemblaggio" [Slack, Chambers e Johnston, 2010]. Questo le permette di pianificare l'ultima fase di produzione in modo sufficientemente efficace per limitare l'accumularsi di scorte di prodotti finiti.

3.2 Il magazzino di invecchiamento

Concentriamo ora l'attenzione sul magazzino di invecchiamento, analizzando in modo approfondito il suo stato attuale ed i fattori da tenere in considerazione per valutare una sua ipotetica espansione.

Ad oggi, esso è costituito da una stanza di 60 m^3 all'interno della quale sono collocate 28 botti in rovere da 350 litri ciascuna. Di queste, 4 sono destinate ai conto lavorazione, 5 sono utilizzate per partite minori di grappe con diversi tempi di invecchiamento e 3 sono dedicate in modo sperimentale alla produzione di brandy e grappa stravecchia; ciò vuol dire che rimangono a disposizione 16 botti per la maturazione della grappa *Riserva* chiamata "Scura30", sulla quale si concentrerà questo studio. Obiettivo dell'azienda è quello di sfruttare sempre al massimo questi contenitori, mantenendoli pieni il più possibile, conformemente alle esigenze di produzione e a quanto richiesto dalla legge.

La gestione del magazzino di invecchiamento, infatti, per quanto riguarda carichi e scarichi, è rigidamente sottoposta a severi vincoli legislativi. L'inflessibilità delle normative è testimoniata dal fatto che ogni movimentazione (sia in entrata che in uscita) possa avvenire solamente sotto la supervisione di un funzionario dell'Agenzia delle Dogane. Una delle ragioni per cui i controllo sono così rigorosi, oltre naturalmente ai motivi fiscali, è da ricondurre alla tutela del nome: per etichettare una grappa come *Invecchiata* questa deve aver trascorso in legno almeno 12 mesi, mentre se la si vuole chiamare *Riserva* la permanenza minima sale a 18 mesi. Il fatto che lo Stato parli, appunto, di permanenza minima comporta l'impossibilità di rabboccare i diversi barili fintanto che non si sono interamente svuotati del loro contenuto. Si ipotizzi, infatti, che dopo 30 mesi si vada a prelevare dal magazzino solamente metà di una botte; la legge sancisce che un'eventuale aggiunta di grappa giovane nello stesso barile "declasserebbe" anche il resto del contenuto, ed il conteggio dei mesi trascorsi in legno dovrebbe ripartire da zero. Questo comporterebbe ovviamente delle perdite rilevanti.

In ottica produttiva, quindi, la grappa può essere movimentata dal magazzino centrale al magazzino di invecchiamento solamente nel momento in cui una botte viene interamente svuotata del suo contenuto. Questo può essere paragonato ad un modello in cui, a livello di singola botte, non esiste una scorta di sicurezza, il *re-order point* è pari a zero e, nel momento in cui si effettua un ordine diretto al magazzino centrale, la dimensione ottima del lotto è di 350 litri [Hillier e Lieberman, 1978]. Per di più, data la bassa rotazione del magazzino centrale e l'elevato volume di prodotti che vi riposano per più di un anno, è verosimile assumere un *lead time* trascurabile; questo è dovuto al fatto che la disponibilità di prodotto è sempre assicurata (visto il calo di domanda di grappa giovane) e lo spostamento dai contenitori in acciaio a quelli in legno richiede all'incirca mezza giornata.

Una delle proprietà di questo magazzino è la bassa rotazione; considerate le caratteristiche delle merci al suo interno, non potrebbe essere altrimenti. Quello che è, invece, più importante studiare è l'evoluzione negli anni di questo indice; il crollo delle vendite negli esercizi più recenti ha di fatto influenzato anche i tempi di permanenza in legno dei diversi prodotti. I numeri dicono che il tasso di rotazione dell'intero magazzino era pari a 27 mesi nel 2009, mentre nel 2013 è salito fino a quasi 43 mesi; questi valori sono, però, fortemente condizionati dalla presenza di barili intenzionalmente utilizzati per invecchiamenti di lungo periodo, a fini sperimentali. Se analizziamo piuttosto le botti dedicate alla Scura30, il tasso di rotazione raggiunge un massimo di 37 mesi solo nel 2013, discostandosi nettamente dagli anni passati quando non si era mai andati oltre i 32 mesi; considerando che l'azienda, per

scelta, vuole vendere un prodotto invecchiato 30 mesi, l'indice registrato non è poi così scoraggiante.

Ad ogni modo, la situazione del magazzino di invecchiamento è decisamente migliore rispetto a quella del magazzino centrale. Il primo, infatti, accoglie prodotti che per loro natura sono destinati a rimanervi per periodi che oscillano tra i 12 mesi e i 7 anni; il magazzino centrale, al contrario, è pensato per far riposare la grappa per un solo anno prima che questa possa essere venduta. Allo stato attuale, però, alcuni prodotti vi sostano da più di 5 anni, appesantendone considerevolmente il tasso di rotazione. Si consideri inoltre che, se la grappa resta in legno più del previsto, acquisisce in ogni caso caratteristiche e peculiarità che la rendono più apprezzabile e ne innalzano di conseguenza il valore; la permanenza in acciaio, invece, seppur lunga, migliora certo il prodotto, ma non tanto da poter spiegare un sensibile aumento del prezzo di vendita.

Detto questo, appaiono più sensate le ragioni per cui, nonostante una momentanea diminuzione della domanda, l'azienda possa comunque essere propensa ad investire nel magazzino di invecchiamento. Considerando, infatti, che una grossa quantità di prodotto è da molto tempo dentro contenitori di acciaio in attesa di essere venduta, è probabilmente più profittevole trasferirla a riposare in legno. In questo modo il suo prezzo finale di vendita può essere giustificatamente aumentato e, tenendo conto che l'alternativa è semplicemente quella di rimanere in acciaio, il costo-opportunità per questo tipo di investimento è sicuramente contenuto.

	Giovane	**Invecchiata**	**Riserva**
Quantità (litri)	0,7	0,7	0,7
Gradazione alcolica	40%	40%	43%
Bottiglia	0,50	0,73	0,73
Etichetta	0,25	0,20	0,20
Tappo	0,09	0,07	0,07
Contrassegno	0,05	0,05	0,05
Astuccio	0,00	0,30	0,30
Cartone	0,16	0,15	0,15
Grappa	0,63	1,31	1,86
Costo dei materiali	**1,68**	**2,81**	**3,36**
Lavoro	0,20	0,20	0,20
Costi generali	2,50	2,50	2,50
Accisa	2,64	2,64	2,84
Provvigione agente	1,30	1,44	1,91
Costo totale	**8,32**	**9,58**	**10,81**
Prezzo di Vendita	**11,85**	**13,05**	**17,40**
Margine	3,53	3,47	6,59
Margine %	30%	27%	38%

Tabella 3.1. Fonte: Distilleria F.lli Brunello S.r.l.

Ora che sono più chiare le caratteristiche e le modalità di gestione del magazzino, è possibile scendere nel dettaglio per quantificare l'impatto economico del processo di invecchiamento sui conti aziendali. Per cominciare con questa analisi prendiamo come riferimento la Tabella 3.1 fornita dalla società, che sintetizza i costi per bottiglia.

I costi dei materiali sono ottenuti dai prezzi praticati dai fornitori, e non vi sono differenze sostanziali tra le diverse grappe dato che il packaging è generalmente uniforme per tutta la linea di prodotti. Il costo del lavoro è stato calcolato con riferimento al tempo totale dedicato alla produzione dai dipendenti, suddiviso poi per il numero di bottiglie. La voce costi generali include, invece, le spese come quelle per i servizi o per gli stipendi pagati per l'area contabilità e amministrazione, ed è pertanto plausibile ripartirla in modo equo tra i diversi prodotti. La riga provvigione agenti è calcolata come l'11% del prezzo di vendita e la lieve differenza che si nota per l'accisa[3] sulla grappa Riserva è dovuta semplicemente al fatto che la gradazione alcolica è 43% e non 40% come le altre due.

La differenza più rilevante che si legge in Tabella 3.1 è sicuramente legata al costo della grappa. Il passaggio nel magazzino di invecchiamento e la sua prolungata permanenza all'interno di quest'ultimo condizionano notevolmente il costo del prodotto nelle modalità che sono spiegate di seguito nel paragrafo. Prima di cominciare, però, è utile rielaborare la Tabella 3.1

	Giovane	**Riserva**
Quantità (litri)	1	1
Gradazione alcolica	40%	43%
Bottiglia	0,71	1,04
Etichetta	0,36	0,29
Tappo	0,13	0,10
Contrassegno	0,07	0,07
Astuccio	0,00	0,43
Cartone	0,23	0,21
Grappa	0,90	2,66
Costo dei materiali	**2,40**	**4,80**
Lavoro	0,29	0,29
Costi generali	3,57	3,57
Accisa	3,77	4,05
Provvigione agente	1,86	2,73
Costo totale	**11,89**	**15,44**
Prezzo di Vendita	**16,93**	**24,86**
Margine	5,04	9,41
Margine %	30%	38%

Tabella 3.2. Fonte: elaborazione personale. La differenza negli importi rispetto alla Tabella 3.1 è proporzionale all'aumento da 0,7 litri a 1,0 litri. La riga Margine è stata ricalcolata come differenza tra Prezzo di Vendita e Costo totale.

[3] Accisa pari a 9,425 euro per litro anidro, come da normativa entrata in vigore nel marzo 2014.

convertendo i valori da costi per singola bottiglia a costi per litro. Ai fini di questo studio, infatti, non interessano le unità vendute ma le quantità prelevate dal magazzino; per la stessa ragione si possono escludere i dati relativi alla grappa *Invecchiata* in quanto non sono oggetto di valutazione. I nuovi valori sono esposti in Tabella 3.2.

3.2.1 Costo di stoccaggio

Un aspetto finanziariamente a favore dell'azienda è legato al fatto che essa sia proprietaria da sempre di tutti i fabbricati in cui opera (distilleria, aree di stoccaggio e uffici) il che vuol dire che non vi sono canoni di affitto da pagare né rate di mutui relativi alla loro acquisizione. Ciò nonostante, è necessario considerare il tasso di ammortamento delle botti utilizzate all'interno del magazzino di invecchiamento. Questi barili sono già stati tutti utilizzati per la produzione del vino; tuttavia, dopo un paio di cicli, la loro utilità è pressoché nulla per le cantine, che possono però scegliere di vendere le botti alle distillerie. La grappa, infatti, avendo una gradazione alcolica superiore a quella del vino, può ancora catturare dal legno molte delle sue proprietà. Le botti vengono acquistate ad un prezzo che può variare tra i 350 e i 600 euro l'una; a questi sono da aggiungere i costi relativi al tempo necessario alla loro installazione e all'adempimento di tutte le pratiche burocratiche relative all'aggiunta di nuovi serbatoi. Per quanto riguarda la loro vita utile, invece, la questione è un po' più complessa: a seconda della qualità del legno e del tipo di acquavite per cui le si usano, la loro produttività cambia consistentemente. Se le botti vengono utilizzate per lunghi periodi di invecchiamento, ad esempio di 3 anni, la loro utilità può raggiungere i 5 cicli di produzione, raggiungendo quindi i 15 anni; altri tipi di barili sfruttati per periodi di invecchiamento più brevi (18 mesi) sentono, invece, la necessità di essere sostituiti già dopo 3 utilizzi (esaurendo la loro utilità in 4 anni e mezzo). Se consideriamo quindi una media di 4 cicli, possiamo affermare che una botte verrà ammortizzata con la produzione di

$$350 \text{ litri di capacità} \cdot 4 \text{ cicli} = 1.400 \text{ litri.}$$

Tuttavia, come sarà meglio spiegato nel paragrafo 3.2.3, questo calcolo presenta un'imprecisione. A causa dell'evaporazione del prodotto all'interno del legno, la resa di una botte dopo 30 mesi è di circa 305 litri. Ciò vuol dire che esse potrà considerarsi ammortizzata dopo aver prodotto

$$305 \text{ lt} \cdot 4 \text{ cicli} = 1.220 \text{ lt.}$$

A questo punto è indispensabile fare un'ulteriore precisazione. L'acquavite all'interno delle botti in legno è ancora a pieno grado, con un tasso alcolico intorno al 70% del volume; quando si parla di questo prodotto, l'unità di misura utilizzata è il litro idrato (l.i.). È necessario fare questa distinzione perché, prima di essere commercializzata, la Scura30 viene

diluita fino a raggiungere una gradazione alcolica intorno al 43% vol.; ciò significa che da un litro di prodotto prelevato dal magazzino (litro idrato) si ottiene ben più di un litro in termini di prodotto finito. Nello specifico, il rapporto è:

$$0{,}70 : 0{,}43 = x : 1$$

Dove x risulta essere pari a 1,63. In altre parole, da 1 litro idrato (70% vol.) è possibile ottenere 1,63 litri di prodotto finito (43% vol.). Applicando tale proporzione al contenuto di ogni singola botte, è possibile affermare che, dopo 30 mesi di invecchiamento, ogni barile garantisce una quantità di prodotto finito pari a

$$305 \text{ l.i.} \cdot 1{,}63 = 497 \text{ lt.}$$

Ora che è stata fatta maggiore chiarezza sull'impiego ed il rendimento medio di una botte, vediamo come i relativi costi possano essere ripartiti sulla produzione. Stimato che il costo di acquisto si aggiri intorno ai 550 euro (inclusi i costi per l'installazione e per gli adempimenti burocratici); avremo che queste spese influiranno su ogni litro venduto per

$$550 \text{ €} / (497 \text{ lt} \cdot 4 \text{ cicli}) = 0{,}28 \text{ €/lt.}$$

Una volta esaurite, le botti vengono usate come legna da ardere; le distillerie di grandi dimensioni possono permettersi di vendere i barili, per esempio, a società produttrici di parquet, ma visti i volumi trattati dalla Distilleria Brunello questa strada non è percorribile. È dunque plausibile ipotizzare un costo di dismissione trascurabile e prossimo allo zero.

Analizzando la situazione attuale del magazzino di invecchiamento bisogna considerare che lo spazio a disposizione permette l'aggiunta fino ad un massimo di 3 botti, dopodiché per ottenere una maggiore capacità bisognerebbe individuare un'altra stanza da adibire a deposito. Inoltre, considerando le normative vigenti, il magazzino è già stato certificato dai vigili del fuoco e tale certificazione resta valida fino ad un'espansione di 1.000 litri lordi di capacità; superata questa soglia, e quindi con l'eventuale installazione della terza botte aggiuntiva[4], è necessaria anche una valutazione del perito per la pratica antincendio, il cui costo si aggira intorno ai 1.200 euro.

3.2.2 Costo di capitale

Un altro fattore di costo da approfondire riguardo il magazzino di invecchiamento è strettamente legato al fatto che, per sua natura, il prodotto è destinato a rimanervi bloccato per un arco di tempo molto lungo. Un'azienda che produce e immagazzina merci sta sostanzialmente investendo in un capitale che per settimane o mesi (in questo caso addirittura anni) non produrrà alcuna entrata monetaria, e dovrebbe quindi comparare questa attività con

[4] La soglia di 1.000 litri viene superata solamente con l'installazione di tre nuove botti in quanto ogni botte ha capacità pari a 350 litri e, di conseguenza, 350 lt · 3 botti = 1.050 lt.

il rendimento del miglior investimento alternativo [Arrow, Karlin e Scarf, 1958]. Questa affermazione generale è sempre valida, ma deve essere opportunamente contestualizzata. Mentre in un'impresa commerciale è facilmente individuabile l'ammontare di risorse finanziarie investite in un singolo ordine, in un'impresa di produzione gli ordini vengono scambiati tra i diversi magazzini e questo altera notevolmente la situazione. In tal caso bisogna, infatti, ricordare che il prodotto destinato all'invecchiamento non viene acquistato da un fornitore esterno, ma si trova già all'interno dell'azienda, ha completato una parte del processo produttivo e, qualora lo si volesse, potrebbe già essere imbottigliato e venduto. Ciò significa che il capitale investito in grappa da invecchiare è fondamentalmente frutto della scelta fra due principali alternative:

1. vendere oggi grappa giovane,
2. prendere a prestito capitale per un ammontare pari al valore della grappa in magazzino.

Nel primo caso, deve essere valutata la possibilità per l'azienda di generare un certo profitto vendendo oggi una determinata quantità di grappa giovane (π) rispetto all'alternativa di vendere domani una determinata quantità di grappa invecchiata ad un prezzo superiore (π'). Per procedere a tale valutazione entra in gioco il famigerato tasso di attualizzazione *risk free* (r_f), spesso chiamato in causa per questo tipo di paragoni, che equivale al tasso di interesse garantito dagli investimenti privi di rischio. Quello che l'azienda è interessata ad ottenere è una situazione tale che:

$$\pi'_t > \pi_0 \cdot (1 + r_f)^t, \qquad (1)$$

dove

π'_t è il profitto futuro per la vendita di un litro di grappa invecchiata,

π_0 è il profitto oggi per la vendita di un litro di grappa giovane,

$\pi' > \pi$,

t è il tempo di invecchiamento.

Sostituiamo, quindi, i π nella disequazione (1) con i profitti esposti in Tabella 3.2 per andare ad individuare il TIR[5]. Avremo che

$$9{,}41 = 5{,}04\,(1 + i)^{30},$$

dove:

9,41 è il margine generato da un litro di grappa riserva,

5,04 è il margine generato da un litro di grappa giovane,

30 mesi è il periodo di invecchiamento che l'azienda ha scelto di adottare.

[5] Tasso Interno di Rendimento: se il rendimento sull'opportunità di investimento considerata è superiore a quello su altre alternative disponibili sul mercato con equivalente rischio e scadenza (costo del capitale del progetto) l'opportunità di investimento merita di essere colta [Berk e De Marzo, 2008].

Il risultato è un tasso mensile i = 2,10%, equivalente ad un tasso composto annuale del 28,39%. Si può quindi affermare, senza troppo timore di essere smentiti, che difficilmente è possibile trovare un'opportunità di investimento alternativo che offra un rendimento maggiore. Per queste ragioni possiamo concludere che, sulla base di queste ipotesi, il costo-opportunità di invecchiare un litro di grappa è pari a zero. Questa forte affermazione è dovuta al fatto che il magazzino di invecchiamento è un magazzino anomalo; qui, infatti, la merce non è semplicemente ferma in attesa di essere venduta, ma acquisisce un valore sempre maggiore a seconda di quanto più tempo vi rimane.

Smentita questa prima possibilità, si può procedere al calcolo di quanto costa finanziariamente all'azienda tenere bloccate in magazzino queste risorse. La logica di fondo sostiene che, nel momento in cui si comprano delle merci che poi rimangono ferme in deposito, è come se si contraesse un prestito di pari ammontare da un finanziatore. Fino al momento in cui questo capitale non viene rimborsato, l'azienda deve far fronte al pagamento degli interessi passivi. Per calcolare l'entità di questi interessi, si prendono come riferimento i tassi praticati dall'Artigianfidi di Vicenza, l'intermediario finanziario con cui è convenzionata la Distilleria. A proposito dei crediti a medio e lungo termine, il tasso praticato per clienti con una classe di rating A (molto equilibrati) è pari al 4,97% annuo[6]; poiché, ai fini di questo studio, è più importante conoscere il tasso mensile, si procede alla conversione:

$$(1 + 0{,}0497)^{1/12} - 1 = 0{,}00405 = 0{,}405\%.$$

Considerando che la Scura30 rimane in magazzino per almeno 30 mesi e che il costo al litro è pari a 2,66 euro (vedi Tabella 3.2), possiamo procedere al seguente calcolo:

$$2{,}66\ €/lt * (1 + 0{,}00405)^{30} - 2{,}66\ €/lt = 0{,}34\ €/lt.$$

Questo, in definitiva, è il costo che l'azienda sostiene per ogni litro di grappa che, anziché essere venduto, rimane bloccato in magazzino di invecchiamento per un ulteriore periodo di 30 mesi.

3.2.3 Costo di evaporazione

Come si sarà ormai capito, le caratteristiche del prodotto in questione escludono rischi di deprezzamento delle scorte e costi di deterioramento ed obsolescenza, solitamente associati ad un magazzino di una certa importanza. C'è tuttavia un altro fattore da tenere in considerazione: la traspirazione del legno; la conseguenza è che il prodotto all'interno di ogni botte diminuirà continuamente a causa dell'evaporazione. In base all'esperienza maturata dall'azienda e alle rilevazioni passate è possibile affermare che:

[6] Tasso praticato dalla Banca Popolare di Vicenza per capitali con una durata di rimborso da 36 a 60 mesi, come risultante dal prospetto informativo sui tassi di investimento aggiornato al gennaio 2014 (accesso nel 02/2014 http://www.artigianfidivicenza.it/index.php?option=com_content&view=article&id=83&Itemid=60).

- ciascuna botte non viene riempita fino all'orlo per evitare che si creino problemi dovuti agli sbalzi termici (il magazzino non è climatizzato e la temperatura al suo interno cambia notevolmente da estate a inverno). La quantità di carico non è quindi 350 litri, bensì circa 330 litri;
- dopo 30 mesi di invecchiamento si è notato che la quantità di grappa che resta all'interno della botte è di circa 307 litri.

Alla luce di queste considerazioni, al termine del processo si ha una diminuzione percentuale del prodotto a disposizione pari a

$$(330 \text{ l.i.} - 307 \text{ l.i.}) / 330 \text{ l.i.} = 6{,}97\%.$$

Questa, naturalmente, rappresenta una perdita per l'azienda. Considerando, inoltre, che da ogni partita devono pure essere prelevati alcuni campioni per le analisi di laboratorio, è plausibile assumere che ogni barile garantisca una quantità vendibile di circa 305 litri. Al fine di questo studio diventa importante quantificare tale perdita. Si parta dal presupposto che un barile appena riempito di grappa giovane (il costo al litro è preso dalla Tabella 3.2) vale

$$330 \text{ l.i.} \cdot 1{,}63 \cdot 0{,}90 \text{ €/lt} = 484{,}11 \text{ €}.$$

Questo valore, però, dopo 30 mesi, dovrà essere ripartito fra i 305 litri rimanenti anziché i 330 caricati all'inizio; ciò significa che il valore di un litro di grappa invecchiata, tralasciando tutti gli altri fattori di costo, salirà a

$$484{,}11 \text{ €} / (305 \text{ l.i.} \cdot 1{,}63) = 0{,}97 \text{ €/lt}.$$

A questo punto possiamo finalmente affermare che la grappa evaporata durante il processo di invecchiamento incide sul costo del prodotto per

$$0{,}97 \text{ €/lt} - 0{,}90 \text{ €/lt} = 0{,}07 \text{ €/lt}.$$

3.2.4 Costo di penuria

Un'altra categoria di costo molto particolare per la sua difficile individuazione riguarda i casi di penuria di prodotto, ed è chiamato stock-out cost. Come già detto nel Capitolo 1, esso rappresenta le spese (o i mancati ricavi) che si sostengono nel momento in cui la domanda eccede la capacità e non si è in grado di soddisfare le richieste dei clienti. Per procedere al calcolo di questo costo, si hanno a disposizione i dati esposti di seguito:

- Nel 40% dei casi in cui si registra uno stock-out non vi sono conseguenze economiche rilevanti per l'azienda; gli acquirenti, infatti, sono disposti ad aspettare 10-15 giorni affinché l'articolo in questione diventi disponibile e lo riceveranno insieme al resto della merce ordinata oppure, se si tratta di clienti abituali, lasciano in attesa le voci non disponibili per richiederle al momento dell'emissione dell'ordine successivo.

- Nel 60% dei casi l'azienda provvede ad una spedizione straordinaria per i prodotti in stock-out non appena diventano disponibili; ciò significa che si devono sostenere delle spese di trasporto aggiuntive poiché la merce viene consegnata in momenti diversi anziché in un'unica tranche.
- Le tariffe applicate dallo spedizioniere sono le seguenti (dati divulgati da Distilleria F.lli Brunello S.r.l.):

Classi di peso	Prezzo (IVA esclusa)
Fino a 3 kg	5,00 €
Da 3 a 15 kg	7,50 €
Da 15 a 30 kg	10,00 €
Da 30 a 50 kg	13,00 €
Da 50 a 100 kg	15,50 €

- Per quanto riguarda la grappa *Riserva*, nel 2012 e 2013 sono state vendute 3.719 bottiglie in 426 ordini per una media di circa 9 bottiglie da 70 cl per ordine (che equivalgono a 6,3 litri); considerando anche il peso che può derivare dal packaging (bottiglia, cartone, confezione, ecc.) si rientra comunque nella fascia 3-15 kg.

Partendo da questi presupposti è necessario elaborare i dati in modo che se ne possano individuare le ripercussioni sulla gestione del magazzino. Nello specifico, quello che si vuole determinare è il costo che rappresenta per la società ogni litro di domanda che non si riesce a soddisfare. Nei momenti in cui la capacità non riesce a far fronte agli ordini, si dovranno sostenere il mese successivo le spese di trasporto aggiuntive per spedire ai clienti la merce che non era pronta. Guardando i dati storici, ogni 6,3 litri di penuria, si sono sostenute 7,50 euro di spese di trasporto nel mese seguente. Tuttavia, questo è vero solamente per il 60% degli stock-out, mentre per il restante 40% dei casi i clienti sono disposti ad aspettare la successiva consegna e l'azienda potrà risparmiare le spese di spedizione. In definitiva, il costo di penuria per ogni litro di grappa proveniente dal magazzino di invecchiamento sarà il risultato di

$$(7{,}50\ € / 6{,}3\ \text{lt}) \cdot 60\% + 0\ € \cdot 40\% = 0{,}71\ €/\text{lt}.$$

Un punto a favore dell'azienda deriva dal fatto che generalmente gli ordini ricevuti comprendono una molteplicità di prodotti e, come risulta da diversi studi, i clienti sono meno propensi ad annullare un ordine se tutti gli altri articoli richiesti sono disponibili [Anderson, Fitzsimons e Simester, 2006]; per questa ragione, nella quasi totalità dei casi, si ha a che fare con spedizioni ritardate o dilazionate piuttosto che con cancellazione degli ordini.

A onor del vero, il calcolo del costo di stock-out prevede in linea teorica anche la valutazione dell'impatto che questo accadimento ha sulla reputazione dell'azienda; si tratta pertanto di valutare in quale misura i clienti che non hanno ricevuto il servizio desiderato saranno

disposti ad effettuare nuovamente degli acquisti presso la stessa azienda. Purtroppo, nel caso in questione è pressoché impossibile effettuare questo tipo di calcolo, in quanto i software aziendali non prevedono alcun trattamento differenziato per i clienti che hanno vissuto esperienze di stock-out. Ciò significa che non è possibile separare questi soggetti dagli altri per studiare come si sia evoluto il loro comportamento prima e dopo il mancato servizio.
Si può comunque affermare che un presumibile grado di approssimazione nel calcolo del costo di penuria è assolutamente ininfluente ai fini di questa ricerca. Come si vedrà infatti nei prossimi paragrafi, l'eventuale considerazione di un costo di stock-out ancora maggiore (che comprenda l'indisposizione dei clienti a chiudere affari con l'azienda in futuro) non farebbe altro che indirizzare in modo ancora più deciso verso le stesse conclusioni.

3.2.5 Altri costi minori

Altro costo direttamente collegato al magazzino di invecchiamento è quello assicurativo. La legge richiede infatti la stipula di una polizza fideiussoria che, in caso di furto od incendio, garantisca comunque allo Stato l'incasso delle accise di produzione. Il premio annuo cambia di magazzino in magazzino, e per quello di invecchiamento è pari a 1.500 euro. Considerando le 28 botti che ci sono all'interno si ha che questo costo grava su ogni litro venduto per

$$1.500 \text{ €} / (28 \text{ botti} \cdot 305 \text{ l.i.} \cdot 1{,}63) = 0{,}11 \text{ €/lt.}$$

Naturalmente, in caso di espansione della capacità, il premio annuo dovrà essere ripartito in base alla nuova portata del magazzino; per questo motivo i costi assicurativi sono gli unici, tra quelli analizzati in questo capitolo, che presentano delle evidenti economie di scala.
Un'ulteriore spesa da computare alla grappa invecchiata deriva dal fatto che i dipendenti devono perdere tempo a movimentare la merce una volta in più. In modo più chiaro: se si decide di vendere grappa giovane la si preleva dal magazzino di stoccaggio e la si sposta per l'ultima lavorazione e l'imbottigliamento; se, però, si vuole far invecchiare il prodotto, lo si deve spostare dal magazzino di stoccaggio al magazzino di invecchiamento e, una volta trascorso il periodo desiderato, lo si preleva nuovamente per procedere con la fase finale e l'imbottigliamento. Questo passaggio aggiuntivo comporta dei costi per il personale, che impiega solitamente mezza giornata (4 ore) per riempire due botti in legno (660 l.i. che diventeranno 610 l.i. dopo 30 mesi) prelevando il prodotto dal magazzino di stoccaggio. Ciò vuol dire che l'incidenza di questo costo su ogni litro prodotto è pari a

$$(4 \text{ ore} \cdot 20 \text{ €/ora}) / (610 \text{ l.i.} \cdot 1{,}63) = 0{,}08 \text{ €/lt.}$$

Altre tipologie di costi che possono spesso manifestarsi quando si hanno scorte elevate (come ad esempio i costi amministrativi) sono in questo caso trascurabili, principalmente per il fatto che non si sta valutando l'ipotesi di creare maggiore magazzino, ma si tratta

fondamentalmente di decidere se può essere conveniente spostare la merce dal magazzino di stoccaggio a quello di invecchiamento. Per la stessa ragione si vanno anche a neutralizzare le eventuali conseguenze fiscali derivanti dall'aumento o dalla diminuzione delle rimanenze [Magee e Boodman, 1992].

3.2.6 Profitti

A fare da contraltare alla serie di costi sopra menzionati, vi sono alcuni benefici economicamente rilevanti che derivano dall'invecchiamento dell'acquavite. Durante questo processo, infatti, il prodotto perde di aggressività e diventa più morbido e delicato, incontrando maggiormente l'approvazione anche di coloro che non sono veri amanti della grappa. A questo si aggiunga l'opinione spesso diffusa che un prodotto "invecchiato" sia sempre migliore di un'acquavite giovane. Tali fattori consentono, come abbiamo visto, di applicare un *mark up* più elevato; questo non serve solo a coprire i maggiori costi relativi al processo di invecchiamento, ma, poiché l'aumento del prezzo è in proporzione superiore all'aumento delle spese, anche la marginalità unitaria ne trarrà importanti benefici. Dal punto di vista di questo studio, è interessante studiare quanto la variazione di prezzo sia dovuta ai maggiori costi di produzione e quanto sia dovuta al marketing e alla presenza del nome *Riserva* sull'etichetta della bottiglia. Per osservare questo aspetto ritengo utile rielaborare i dati in Tabella 3.2 isolando la componente di costo relativa alla grappa; i risultati sono esposti in Tabella 3.3.

	Giovane	**Riserva**
1. Grappa	0,90	2,66
2. Altri costi	10,99	12,79
3. Tot costi (1+2)	**11,89**	**15,44**
4. Prezzo di Vendita	**16,93**	**24,86**
5. Margine (4-3)	5,04	9,41
6. Margine % (5/4)	30%	38%
7. Tot costi (grappa esclusa) (2)	**10,99**	**12,79**
8. Margine (4-7)	5,94	12,07
9. Margine % (8/4)	35%	49%
10. Differenza di margine		6,13

Tabella 3.3. Fonte: elaborazione personale. In riga 10 è evidenziato come aumenta il margine della riga 8 fra Riserva e giovane (escludendo il costo della grappa dai costi totali).

Le voci di costo descritte e calcolate finora rappresentano le spese aggiuntive da sostenere a causa del processo di invecchiamento; per rapportarle in modo attendibile agli introiti, è necessario che anche questi ultimi siano definiti in termini di ricavi aggiuntivi derivanti dalla maturazione della grappa. La differenza di margine, indicata nella riga 10 di Tabella 3.3, non

è altro che il profitto marginale generato dalla vendita di un litro di grappa *Riserva* rispetto a quanto si sarebbe guadagnato vendendo un litro di grappa giovane.
Questo è, dunque, il valore che farà da riferimento per l'applicazione dei modelli matematici presentati nel Capitolo 2. Per la funzione profitto, infatti, sarà necessario utilizzare il margine al netto del costo della grappa, poiché le componenti negative che ne fanno aumentare il valore sono già isolate nei costi operativi e nei costi di capacità (come presentati nei paragrafi precedenti). Se si considerasse il margine risultante dalla Tabella 3.2, al lordo della grappa, sarebbe come includere questi stessi costi due volte nel medesimo calcolo.

3.2.7 Costo di inutilizzo della capacità

Arrivati a questo punto, esiste in realtà un'altra tipologia di costo che non appare nelle voci di bilancio, ma che è importante considerare per pianificare opportunamente il fabbisogno di capacità. Come si sostengono delle spese quando la domanda non può essere interamente soddisfatta, è naturale che si generino delle inefficienze anche nel momento in cui la capacità è troppo alta rispetto all'effettiva richiesta di prodotti. La sovrapproduzione porta, in effetti, ad un accumulo sproporzionato di scorte nei magazzini ed il loro difficile smaltimento fa inevitabilmente aumentare i costi di gestione. Nel caso dell'azienda in questione, il fatto che la domanda non stia al passo con la capacità comporta principalmente delle situazioni di mancato guadagno, non solo presenti ma anche in ottica futura. Nello specifico, data la limitata capacità del magazzino di invecchiamento, è importante per l'azienda riuscire a vendere non appena la grappa acquisisce la denominazione *Riserva* e/o raggiunge la maturazione desiderata; in questo modo si libera spazio nelle botti ed è possibile riempirle nuovamente di grappa giovane da far maturare per incrementarne, come detto, il margine unitario.
Riprendendo i dati esposti in precedenza, si è stimato che nel momento in cui l'azienda vende un litro di Scura30 genera un margine pari a 6,13 euro. Considerando che si è scelto di far invecchiare questo prodotto per 30 mesi, possiamo affermare che ogni mese il margine aumenta di

$$6{,}13\ €/lt\ /\ 30\ mesi = 0{,}20\ €/lt.$$

Se anche si lasciasse la grappa in legno per qualche mese in più, questo non consentirebbe di influenzare il prezzo in modo deciso; per 6-7 mesi di differenza (la rotazione di queste botti non è mai andata oltre i 37 mesi) non vale la pena di studiare il packaging di un nuovo prodotto diverso dalla Scura30. Fatte queste considerazioni, si può sostenere che, per ogni litro di questa grappa che rimane invenduto, si perde la possibilità di inserire nel processo di

invecchiamento un litro di grappa giovane, il quale potrebbe aumentare il suo margine di 0,20 euro ogni mese.

3.2.8 Riepilogo costi e profitti

La Tabella 3.4 riportata di seguito riassume semplicemente quanto è stato detto fino ad ora, in modo schematico e di facile lettura.

Profitti	
	6,13 €/lt
Costi di esercizio	
- *Ammortamento botti*	0,28 €/lt
- *Costo di capitale*	0,34 €/lt
- *Evaporazione prodotto*	0,07 €/lt
- *Assicurazione magazzino di invecchiamento*	0,11 €/lt
- *Personale dedicato*	0,08 €/lt
- *Penuria prodotto*	0,71 €/lt
- *Inutilizzo della capacità*	0,20 €/lt
Spese di investimento	
- *Acquisto nuova botte*	550,00 €
- *Pratica antincendio (solo per la terza botte aggiuntiva)*	1.200,00 €

Tabella 3.4. Fonte: elaborazione personale.

3.3 Applicazione dei modelli ai dati storici

Una volta esaminati e quantificati i diversi fattori di costo che sono direttamente collegati al funzionamento del magazzino di invecchiamento, è possibile sostituire queste variabili all'interno dei modelli di ottimizzazione presentati nel Capitolo 2, per capire quale può essere la politica di gestione delle scorte che garantisce i più elevati profitti. Tuttavia, prima di cominciare questo approfondimento in ottica previsionale, si ritiene opportuno eseguire una simulazione sui dati storici. Questo consente di testare la bontà dei modelli matematici e di valutare se le variabili, così come sono definite, sono idonee a rappresentare la situazione reale; il tutto senza che il giudizio finale possa essere influenzato dalla soggettività e dall'aleatorietà, che, per quanto minime, rappresentano una componente inevitabile nel processo di stima della domanda futura.

Per prima cosa, si devono specificare l'orizzonte temporale preso in considerazione e le ipotesi che stanno alla base del calcolo della capacità attuale. La simulazione è condotta guardando ai prelievi contabilizzati mensilmente dal magazzino di invecchiamento, nel periodo che va dal gennaio 2009 al dicembre 2011. Questo intervallo di tempo è stato scelto in quanto la domanda presenta un trend lievemente crescente, proprio come quello che ci si aspetta di registrare tra il 2014 ed il 2016, dopo il brusco crollo nel fatturato riportato nel

2012. La componente stagionale, sia negli anni buoni che in quelli meno fortunati, è sempre molto accentuata, presentando picchi nelle vendite tra ottobre e dicembre; i punti di minimo si registrano quasi sempre nei mesi estivi, specialmente in agosto, quando molti dei clienti sono chiusi per ferie. La sfida dei modelli di ottimizzazione sarà quella di proporre un livello di capacità tale da garantire un buon livello di servizio quando la domanda è elevata, limitando le inefficienze legate ad un'eccessiva sovraccapacità nei mesi in cui gli ordini sono più poveri.

Per quanto riguarda, invece, la definizione della capacità attuale, il procedimento è leggermente più elaborato. Allo stato attuale il magazzino di invecchiamento dispone di 28 botti in rovere, 12 delle quali, come spiegato in precedenza, non possono essere considerate fruibili: ciò vuol dire che l'azienda dispone solo di 16 barili per far maturare la sua Scura30. Ricordando quanto detto in precedenza riguardo l'evaporazione del prodotto e la necessità di compiere dei prelievi per le analisi di potabilità, si sa che una botte rende 305 l.i.; traducendo questi valori da litri con pieno grado a litri commerciabili, si può affermare che la portata globale del magazzino sia all'incirca di

$$16 \text{ botti} \cdot (305 \text{ l.i.} \cdot 1{,}63) = 7.944 \text{ lt.}$$

Il dato che interessa maggiormente è, però, la capacità mensile; per valutare come e quando potenziare il magazzino si deve valutare quanti litri esso è in grado di garantire ogni mese, per poi confrontare questa quantità con l'ammontare della domanda. Non si sta parlando di una catena di montaggio con livelli di produzione costanti e monitorati, perciò la disponibilità di prodotto non sarà certo la stessa in ogni periodo; essa dipende dal momento in cui l'acquavite ha cominciato il processo di invecchiamento e dipende da quanto tempo si intende mantenere in legno il prodotto. Non è tuttavia interesse del presente elaborato analizzare nel dettaglio le movimentazioni di ogni singola botte; si osserverà pertanto un valore medio. Considerando che dai dati aziendali risulta un tasso di rotazione che oscilla intorno ai 33 mesi, si può sostenere che la capacità del magazzino si attesta intorno a

$$7.944 \text{ lt} / 33 \text{ mesi} = 241 \text{ lt/mese.}$$

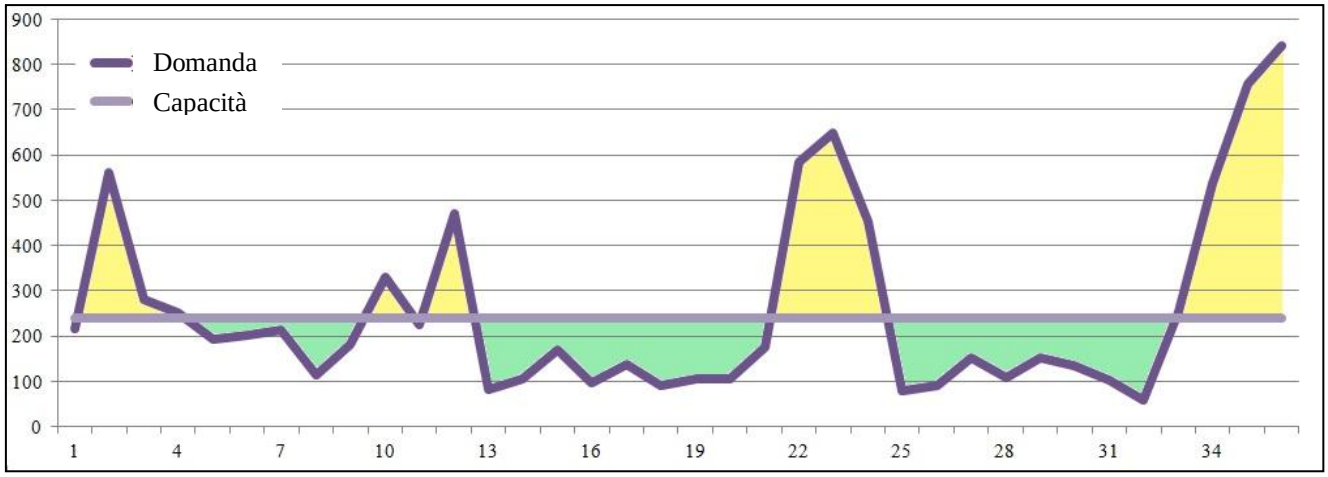

Figura 3.2. Fonte: elaborazione personale.

La Figura 3.2 riassume l'andamento della domanda e della capacità per il periodo tra gennaio 2009 (tempo 1) e dicembre 2011 (tempo 36). Alcune correnti di pensiero ritengono che la capacità possa definirsi adeguata nel momento in cui la superficie occupata dall'area verde sia maggiore od uguale alla superficie occupata dall'area gialla [Slack, Chambers e Johnston, 2010]. Questo dovrebbe sempre garantire la piena soddisfazione della domanda, tramite l'accumulazione di scorte in magazzino nei periodi di sovraccapacità, che saranno poi utilizzate per far fronte alla maggiore domanda nei momenti di sottocapacità. Questo, però, non è sempre vero. Può, infatti, accadere che i picchi nella domanda si registrino prima dei momenti di sovraccapacità, e ciò comporta l'impossibilità di soddisfare tutte le richieste dei clienti [Vollmann, Berry, Whybark e Jacobs, 2004]. Il sistema che viene solitamente usato per ovviare a questo problema consiste nell'analisi di domanda e capacità su base cumulata; le informazioni che se ne possono ricavare (vedi Figura 3.3) sono molto più interessanti.

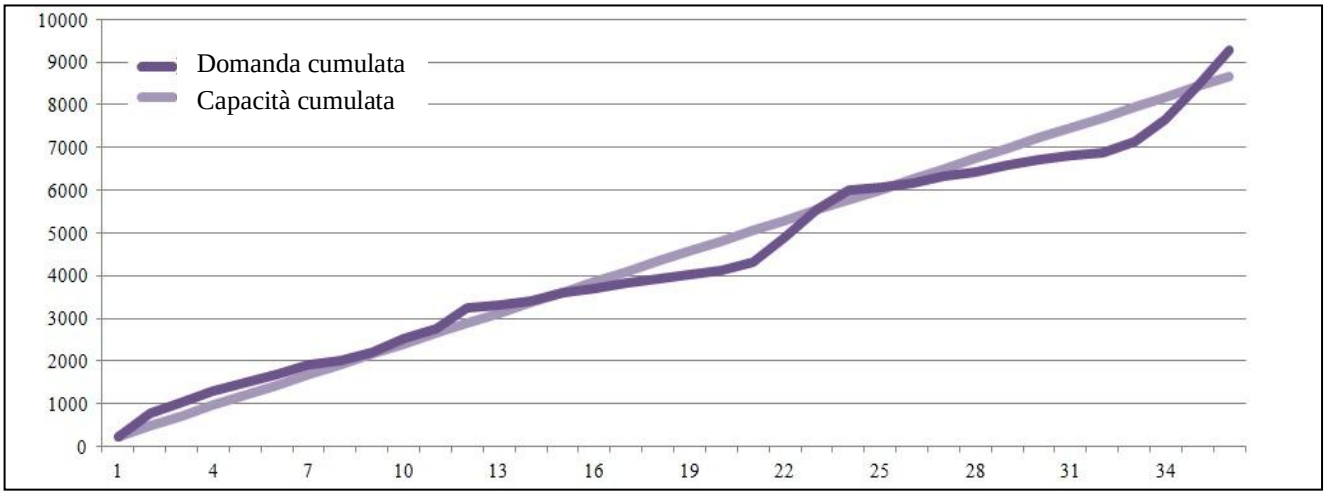

Figura 3.3. Fonte: elaborazione personale.

Con una rappresentazione di questo tipo è più facile vedere come l'azienda sia subito in difficoltà nel far fronte agli ordini dei clienti, soprattutto a causa del ritardo registrato nell'istante di tempo 2, che ha ripercussioni negative anche per molti mesi a seguire. I dislivelli più marcati si registrano, però, sempre in dicembre (periodi 12, 24 e 36), dove non si riescono a soddisfare i picchi di domanda nemmeno ricorrendo alle scorte accantonate nei mesi precedenti.

Vediamo di seguito in Tabella 3.5 quello che è stato il rendimento del magazzino di invecchiamento per il periodo 2009-2011.

La riga *Domanda* è stata compilata sfruttando i dati mensili forniti dall'azienda, mentre la *Capacità*, come detto prima, è stata ipotizzata costante a 241 litri al mese. I *Ricavi* sono stati calcolati moltiplicando i 6,13 euro di margine unitario per le quantità vendute quel mese[7]. I

[7] Se la capacità cumulata è maggiore della domanda cumulata le quantità vendute in quel mese sono date dalla riga domanda; in caso contrario, le vendite equivalgono alla riga capacità.

2009												
Tempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	216	560	280	251	193	201	213	114	182	332	226	471
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	216	776	1056	1307	1500	1700	1913	2027	2208	2540	2766	3237
Capacità cumulata	241	481	722	963	1204	1444	1685	1926	2167	2407	2648	2889
Ricavi	1321,02	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69
Costi di capacità	191,33	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17
Assicurazione	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97
Costi di stock-out	0,00	0,00	209,05	236,71	244,29	210,11	181,69	162,00	71,67	29,68	94,34	83,66
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi – Costi	1103,71	1263,54	1054,50	1026,83	1019,26	1053,43	1081,85	1101,54	1191,88	1233,86	1169,21	1179,88
Fattore di sconto	1,00	1,004	1,008	1,012	1,016	1,02	1,025	1,029	1,033	1,037	1,041	1,045
R-C attualizzato	1103,71	1258,45	1046,01	1014,45	1002,91	1032,35	1055,93	1070,81	1153,96	1189,78	1122,89	1128,57
2010												
Tempo	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	82	105	171	98	137	92	105	107	176	585	648	454
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	3319	3424	3595	3693	3830	3922	4027	4134	4310	4895	5543	5997
Capacità cumulata	3130	3370	3611	3852	4092	4333	4574	4815	5055	5296	5537	5778
Ricavi	1475,69	1475,69	1047,00	602,58	841,04	562,12	643,04	657,14	1077,04	3586,05	1475,69	1475,69
Costi di capacità	186,17	186,17	189,48	218,59	239,75	270,21	297,96	325,25	338,54	268,19	186,17	186,17
Assicurazione	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97
Costi di stock-out	247,01	134,53	38,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,36
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi – Costi	1016,53	1129,02	793,39	358,01	575,31	265,94	319,10	305,91	712,52	3291,89	1263,54	1259,18
Fattore di sconto	1,05	1,054	1,058	1,063	1,067	1,071	1,075	1,08	1,084	1,089	1,093	1,097
R-C attualizzato	968,40	1071,23	749,74	336,95	539,28	248,28	296,71	283,29	657,19	3023,99	1156,04	1147,40
2011												
Tempo	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	78	90	153	110	152	134	104	59	255	538	757	840
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	6075	6165	6319	6429	6580	6714	6818	6877	7132	7670	8427	9267
Capacità cumulata	6018	6259	6500	6741	6981	7222	7463	7703	7944	8185	8426	8666
Ricavi	1475,69	553,54	939,73	673,69	928,70	819,58	639,36	360,44	1561,92	3299,78	1475,69	1475,69
Costi di capacità	186,17	205,33	223,20	249,94	268,17	290,05	317,93	355,11	352,23	291,42	186,17	186,17
Assicurazione	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97
Costi di stock-out	155,50	40,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,17
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	1108,05	281,99	690,55	397,77	634,55	503,56	295,46	-20,64	1183,72	2982,38	1263,54	1262,37
Fattore di sconto	1,102	1,106	1,111	1,115	1,12	1,124	1,129	1,133	1,138	1,143	1,147	1,152
R-C attualizzato	1005,61	254,89	621,66	356,65	566,65	447,86	261,72	-18,21	1040,10	2609,96	1101,30	1095,84

Tabella 3.5. Fonte: elaborazione personale.

Costi di capacità comprendono i costi di evaporazione, i costi del capitale, i costi per il personale e l'ammortamento delle botti; la loro somma viene moltiplicata per la capacità di quel mese. I costi di *Assicurazione* sono ottenuti dividendo il premio annuale per i litri di portata del magazzino; in Tabella 3.5 questa riga assume sempre lo stesso valore poiché nel periodo 2009-2011 non sono stati fatti interventi al fine di espandere la capacità. I *Costi di stock-out* dipendono dalle spedizioni che si sono dovute fare per far fronte alla mancata

disponibilità di prodotto del mese precedente; si calcola quindi la differenza tra domanda cumulata e capacità cumulata del mese precedente e la si moltiplica per 0,71 euro (vedi paragrafo 3.2.4). Nella riga *Investimenti* compaiono le uscite monetarie per l'acquisto delle nuove botti; tra il 2009 ed il 2011 questa spesa non è mai stata sostenuta, motivo per cui il suo valore è sempre pari a 0. Il valore della riga *Ricavi-costi* è ottenuto sottraendo alla voce *Ricavi* le quattro spese nelle righe successive (*Costi di capacità*, *Assicurazione*, *Costi di stock-out*, *Investimenti*). Il *Fattore di sconto* serve per attualizzare ad uno stesso istante, scelto come gennaio 2009, tutti i guadagni (o le eventuali perdite) generate nei periodi successivi; per trovare questi indici si è preso come riferimento lo stesso tasso mensile di finanziamento calcolato nel paragrafo 3.2.2, pari allo 0,405%. A questo punto, è sufficiente utilizzare la legge di capitalizzazione composta $(1 + 0{,}00405)^t$. La riga *R-C attualizzato* è ottenuta dividendo *Ricavi-costi* per il *Fattore di sconto*. Il valore attuale netto (VAN) di questa politica di gestione è pari a 33.002,35 euro, e non è altro che la somma di tutti i valori nella riga *R-C attualizzato*.

3.3.1 Simulazione con il modello di Arrow, Karlin e Scarf (A.K.S.)

Il primo metodo presentato nel Capitolo 2 al fine di incrementare i profitti aziendali è quello di Arrow, Karlin e Scarf [1958]; ricordando, in un'estrema sintesi, quanto essi sostenevano, si può dire che i momenti migliori per provvedere all'espansione della capacità sono quelli in cui si registrano dei punti di massimo nella funzione profitto, che solitamente corrispondono a fasi in cui la domanda è crescente. Per individuare gli istanti di tempo in cui si registrano questi massimi risulta utile la Figura 3.4, dove è visualizzato l'andamento di *Ricavi-costi* (che è possibile equiparare alla funzione profitto suggerita dai tre autori).

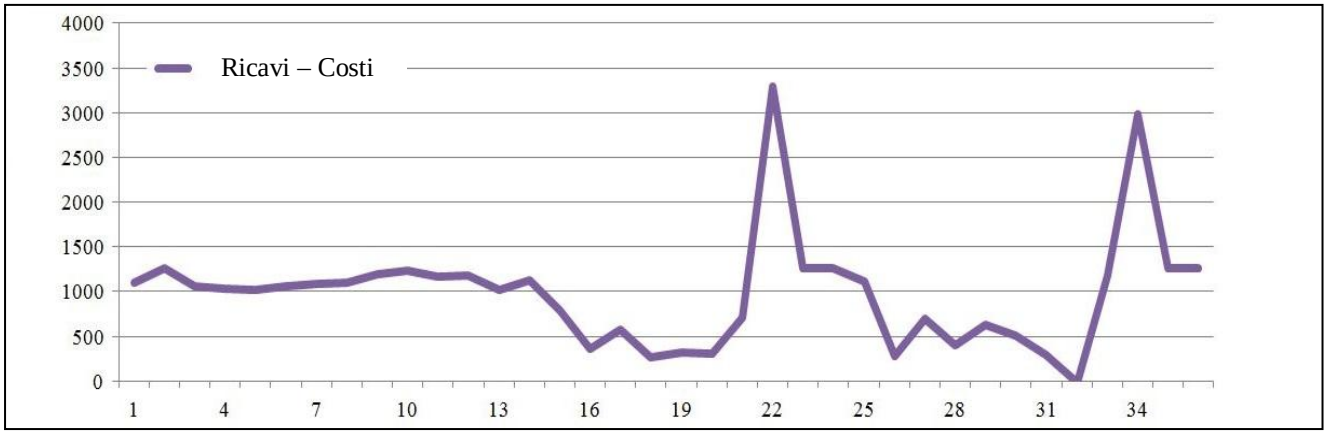

Figura 3.4. Fonte: elaborazione personale.

Si noti come la funzione registri dei massimi locali nei tempi 2, 22 e 34. Nonostante il massimo al tempo 2 sia notevolmente inferiore a quello al tempo 22, si sceglie ugualmente di compiere il primo investimento in quell'istante; questo fa in modo che la maggiore capacità

possa subito colmare parte del divario tra domanda cumulata e capacità cumulata evidenziato in Figura 3.3. In seguito a questa espansione, la funzione profitto cambia come mostrato in Figura 3.5.

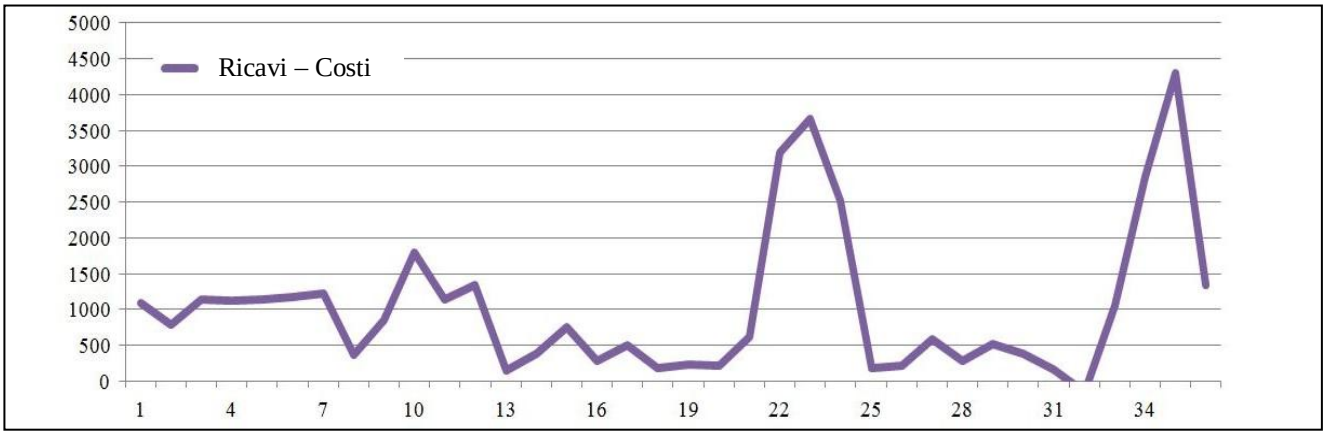

Figura 3.5. Fonte: elaborazione personale.

Ciò che salta subito all'occhio è un accentuato balzo dei profitti ai tempi 23 e 35 (novembre 2010 e 2011), che arrivano addirittura a superare i profitti dei tempi 22 e 34, già elevati prima dell'espansione. Questo è dovuto al fatto che, in precedenza, buona parte della domanda in questi mesi restava insoddisfatta mentre ora, in seguito all'aumento della capacità, si può far fronte a tutti gli ordini. Continuando per la strada tracciata da A.K.S. ipotizziamo una nuova espansione della capacità al tempo 23 e vediamo in Figura 3.6 come evolve la situazione.

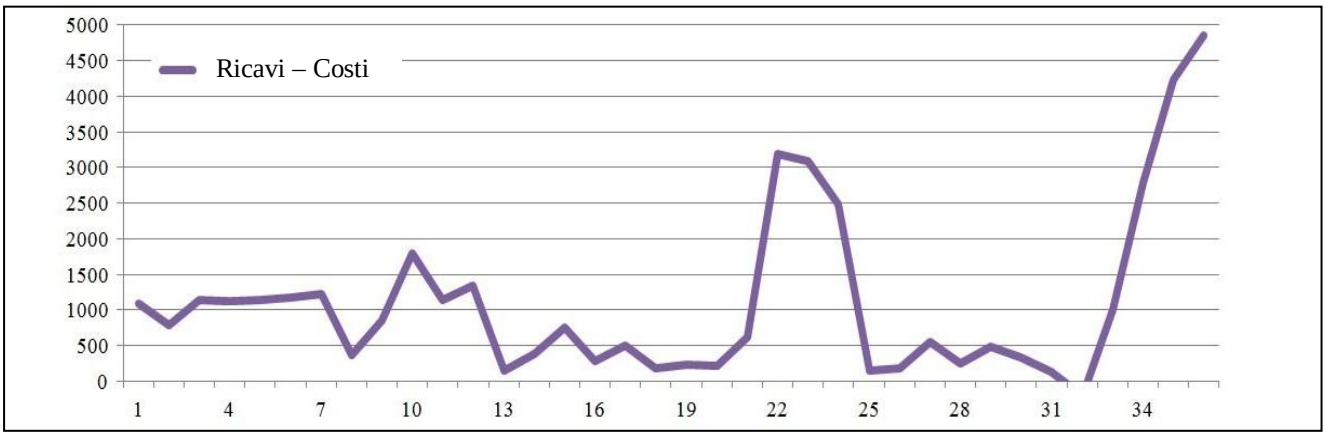

Figura 3.6. Fonte: elaborazione personale.

Anche in questo caso si nota come i picchi nei profitti continuino a manifestarsi indicativamente negli stessi periodi, con la rilevazione di un nuovo punto massimo nel dicembre 2011 (tempo 36). Ora, se volessimo ulteriormente espandere la capacità del magazzino, dovremmo valutare la possibilità di acquistare una nuova botte al tempo 36 o 22. Tuttavia, un terzo investimento andrebbe a peggiorare il VAN per l'orizzonte temporale considerato; si ricordi infatti che, con l'installazione della terza botte, si devono sostenere anche le spese per l'ispezione del perito, e questi 1.200 euro sono un costo troppo elevato per essere pienamente ammortizzati di un arco di tempo così breve. Per questa ragione, dopo due

espansioni che hanno portato il VAN a 37.239,93 euro, interrompiamo la simulazione e traiamo le prime conclusioni. La Tabella 3.6 che si trova sotto segue la stessa costruzione della

2009												
Nuove botti	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	216	560	280	251	193	201	213	114	182	332	226	471
Capacità	241	257	257	257	257	257	257	257	257	257	257	257
Domanda cumulata	216	776	1056	1307	1500	1700	1913	2027	2208	2540	2766	3237
Capacità cumulata	241	498	755	1013	1270	1527	1784	2042	2299	2556	2814	3071
Ricavi	1321,02	1577,15	1577,15	1577,15	1577,15	1577,15	1577,15	695,76	1113,21	2033,93	1383,54	1577,15
Costi di capacità	191,33	198,97	198,97	198,97	198,97	198,97	198,97	202,02	217,49	202,26	208,71	198,97
Assicurazione	25,97	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80
Costi di stock-out	0,00	0,00	197,30	213,21	209,04	163,11	122,94	91,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	550,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi – Costi	1103,71	801,37	1154,07	1138,16	1142,33	1188,26	1228,43	375,44	868,92	1804,87	1148,02	1351,37
Fattore di sconto	1,00	1,004	1,008	1,012	1,016	1,02	1,025	1,029	1,033	1,037	1,041	1,045
R-C attualizzato	1103,71	798,14	1144,78	1124,44	1124,01	1164,49	1199,00	364,96	841,27	1740,39	1102,55	1292,60
2010												
Nuove botti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Tempo	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	82	105	171	98	137	92	105	107	176	585	648	454
Capacità	257	257	257	257	257	257	257	257	257	257	274	274
Domanda cumulata	3319	3424	3595	3693	3830	3922	4027	4134	4310	4895	5543	5997
Capacità cumulata	3328	3585	3843	4100	4357	4615	4872	5129	5386	5644	5918	6191
Ricavi	504,50	643,65	1047,00	602,58	841,04	562,12	643,04	657,14	1077,04	3586,05	3973,47	2780,57
Costi di capacità	200,84	231,96	249,63	282,12	306,66	340,50	371,64	402,32	418,99	368,20	291,69	254,95
Assicurazione	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	26,80	27,58	27,58	27,58
Costi di stock-out	117,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	550,00	0,00	0,00
Ricavi – Costi	159,10	384,89	770,57	293,65	507,57	194,82	244,59	228,02	631,25	2640,28	3654,20	2498,04
Fattore di sconto	1,05	1,054	1,058	1,063	1,067	1,071	1,075	1,08	1,084	1,089	1,093	1,097
R-C attualizzato	151,57	365,18	728,17	276,38	475,78	181,88	227,43	211,16	582,23	2425,41	3343,28	2276,27
2011												
Nuove botti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	78	90	153	110	152	134	104	59	255	538	757	840
Capacità	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274
Domanda cumulata	6075	6165	6319	6429	6580	6714	6818	6877	7132	7670	8427	9267
Capacità cumulata	6482	6756	7029	7303	7577	7851	8125	8399	8672	8946	9220	9494
Ricavi	480,59	553,54	939,73	673,69	928,70	819,58	639,36	360,44	1561,92	3299,78	4642,86	5149,20
Costi di capacità	294,89	332,40	357,03	390,53	415,53	444,17	478,82	522,76	526,65	472,61	373,78	258,08
Assicurazione	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58
Costi di stock-out	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi – Costi	158,12	193,56	555,12	255,58	485,58	347,83	132,96	-189,89	1007,70	2799,60	4241,50	4863,54
Fattore di sconto	1,102	1,106	1,111	1,115	1,12	1,124	1,129	1,133	1,138	1,143	1,147	1,152
R-C attualizzato	143,50	174,96	499,74	229,15	433,62	309,36	117,78	-167,53	885,43	2450,00	3696,88	4221,94

Tabella 3.6. Fonte: elaborazione personale.

Tabella 3.5 mostrata sopra, con la differenza che in questo caso i dati mensili tengono conto delle conseguenze economiche dovute alle variazioni della capacità. La riga *Nuove botti*, in testa alla tabella, indica il numero di barili aggiuntivi che si è deciso di acquistare in quel mese; essa ha valori pari a 1 negli istanti di tempo 2 e 23. La conseguenza è l'aumento della riga *Capacità* in quel mese per un valore pari a

$$(305 \text{ l.i.} \cdot 1{,}63) / 30 \text{ mesi} = 16{,}5 \text{ lt/mese}.$$

Si noti che è stato scelto di ripartire mensilmente la nuova capacità anziché calcolare uno scatto pari all'intera portata della nuova botte perché l'azienda, prima di imbottigliare una partita di grappa, preleva spesso da diversi barili in modo da ottenere sempre un prodotto finale che sia il più uniforme possibile.

Le Tabelle 3.5 e 3.6 espongono tutti i dati nella loro completezza, ma hanno il problema di essere piuttosto dispersive e di non evidenziare quelle che sono le variabili chiave. Nella Tabella 3.7 sono riepilogati i dati di maggiore interesse, confrontando la situazione prima e dopo le due espansioni di capacità.

	Nessuna espansione di capacità	Espansione con il metodo Arrow, Karlin e Scarf
VAN (in euro)	33.002,35	37.239,93
Differenza		*+12,8%*
Numero di mesi in cui si rilevano stock-out	18	7
Differenza		*-61,1%*
Stock-out (in litri)	3.621	1.570
Differenza		*-56,6%*

Tabella 3.7. Fonte: elaborazione personale.

I risultati di questo esperimento sono da ritenere senza dubbio soddisfacenti. Una gestione del magazzino secondo le linee guida di A.K.S. avrebbe garantito, nel periodo 2009-2011, un rendimento maggiore per 4.237,58 euro (+12,8%), valore già al netto delle spese per gli investimenti. Inoltre, anche il livello di servizio offerto ai clienti sarebbe notevolmente migliorato: il numero di mesi con stock-out sarebbe diminuito del 61,1% e, di pari passo, anche gli ordini insoddisfatti sarebbero fortemente diminuiti (-56,6% di litri non disponibili alla ricezione dell'ordine).

Una precisazione da fare riguarda le nuove botti che vengono acquistate. Da un lato è vero che esse rappresentano un investimento irreversibile, in quanto l'azienda le acquista come barili già usati e sarebbe praticamente impossibile pensare di rivenderle anche dopo un solo utilizzo. Dall'altro lato, però, un'espansione di capacità non deve essere vista come una scelta che può rivelarsi fortemente penalizzante in caso di sovrastima della domanda; ai fini del presente studio, non è rilevante prevedere nel modello la possibilità di ridurre la capacità, ma

si tenga conto che, visto l'elevato numero di botti a disposizione, è plausibile assumere che ogni anno un paio di queste diventino esauste e siano da rimpiazzare. Ciò significa che, se si teme di aver acquistato una botte di troppo, si può scegliere di non rimpiazzare la prossima che si esaurisce, semplicemente dismettendola e riducendo di fatto la capacità del magazzino.

3.3.2 Simulazione con il modello di Angelus, Porteus e Wood (A.P.W.)

Come già detto nel Capitolo 2, il modello A.K.S. si rivela più utile per un'impresa commerciale piuttosto che per un'impresa di produzione. Il motivo sta nel fatto che la sua progettazione non prende in alcuna considerazione la presenza di un eventuale *lead time* nella produzione; in altre parole, gli autori assumono che non vi sia nessuna distinzione fra il momento in cui si investe in nuova capacità ed il momento in cui questa comincia a generare i suoi frutti. Un modello diverso che cerca di ovviare a questo problema è quello proposto da Angelus, Porteus e Wood [2000]; la loro analisi è ugualmente rivolta alla massimizzazione dei profitti, ma si sforza di fare un'ulteriore precisazione: le spese relative agli investimenti in nuova capacità si sostengono nel momento in cui tale decisione viene presa, mentre i maggiori introiti che ne derivano cominceranno a realizzarsi dopo un periodo di tempo noto al decisore. Nel caso in questione, fra l'altro, questo intervallo di tempo è estremamente rilevante, in quanto l'azienda ha scelto per la sua grappa un invecchiamento di 30 mesi. Ciò significa che se l'azienda decidesse di ampliare oggi il suo magazzino, sosterrebbe subito le spese per l'acquisto e l'installazione delle nuove botti (e i maggiori costi per l'assicurazione del deposito); per quanto riguarda, però, i ricavi aggiuntivi ed i costi relativi alla capacità, questi saranno computati nel momento in cui la merce è pronta ad essere imbottigliata e venduta, ossia fra 30 mesi. Questo *lead time* particolarmente lungo, comporta inoltre la necessità di riadattare l'orizzonte temporale di riferimento per la simulazione. Mentre in precedenza è stato testato il modello su tre anni, diventa ora opportuno estendere questo periodo includendo anche un quarto esercizio (2012). Avendo, infatti, un *lead time* di due anni e mezzo, è troppo alto il rischio che un qualsiasi investimento in nuova capacità risulti sconveniente; nello specifico, anche se si ipotizzasse un'espansione del magazzino nel periodo 1, i costi sarebbero rilevati immediatamente, ma si avrebbero a disposizione solamente 6 periodi (dal 31 al 36) per ammortizzarli. La domanda e la capacità aziendale del 2012, al netto di ogni eventuale investimento, sono esposte di seguito in Tabella 3.8 (che può essere letta come un completamento della Tabella 3.5).

Ora che è stata definita in modo completo la situazione di partenza, si può procedere con la simulazione sulla base di quanto suggerito da A.P.W. nel loro *paper*. La Tabella 3.9 nelle pagine seguenti mostra l'evoluzione dei valori di ogni voce mese per mese. Si noti che con il

2012												
Tempo	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	112	99	297	79	159	85	67	50	186	242	234	363
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	9379	9478	9775	9854	10013	10098	10165	10215	10401	10642	10876	11239
Capacità cumulata	8907	9148	9389	9629	9870	10111	10352	10592	10833	11074	11314	11555
Ricavi	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	519,21	411,94	308,95	1137,12	1480,40	1433,19	2225,50
Costi di capacità	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	188,89	224,35	263,25	274,54	274,38	275,80	250,80
Assicurazione	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97
Costi di stock-out	426,65	335,25	234,41	274,21	159,45	101,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi – Costi	836,89	928,30	1029,14	989,33	1104,09	203,00	161,61	19,73	836,61	1180,04	1131,42	1948,72
Fattore di sconto	1,157	1,161	1,166	1,171	1,175	1,18	1,185	1,19	1,195	1,199	1,204	1,209
R-C attualizzato	723,56	799,35	882,61	845,04	939,26	171,99	136,38	16,58	700,30	983,79	939,45	1611,55

Tabella 3.8. Fonte: elaborazione personale

modello A.K.S. l'acquisto di nuove botti aveva effetti immediati sulle righe *Capacità*, *Ricavi*, *Costi di capacità*, *Assicurazione* e *Investimenti*. In questo caso, invece, nell'istante di tempo in cui si espande il magazzino si registrano solo le variazioni di *Assicurazione* e *Investimenti*; le ripercussioni sulle altre voci cominciano a manifestarsi solamente 30 periodi più tardi. Per individuare la combinazione di investimenti che permetta di massimizzare il VAN, ci si è affidati in questo caso alla funzione Risolutore di Excel 2007. Le possibilità, infatti, sono molto numerose e, in mancanza di una scorciatoia pratica come nel metodo A.K.S., avanzare per tentativi si sarebbe rivelato un procedimento lungo e dispendioso.

Dall'implementazione del modello risulta che la soluzione che massimizza i profitti dell'azienda prevede l'acquisto simultaneo di due nuovi botti al tempo 5 (maggio 2009), con un conseguente aumento della disponibilità di Scura30 di 33 litri al mese (16,5 litri · 2 botti) a partire dal tempo 35 (novembre 2011).

2009												
Nuove botti	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Tempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	216	560	280	251	193	201	213	114	182	332	226	471
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	216	776	1056	1307	1500	1700	1913	2027	2208	2540	2766	3237
Capacità cumulata	241	481	722	963	1204	1444	1685	1926	2167	2407	2648	2889
Ricavi	1321,02	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69	1475,69
Costi di capacità	191,33	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17	186,17
Assicurazione	25,97	25,97	25,97	25,97	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24
Costi di stock-out	0,00	0,00	209,05	236,71	244,29	210,11	181,69	162,00	71,67	29,68	94,34	83,66
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	1100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	1103,71	1263,54	1054,50	1026,83	-79,01	1055,16	1083,59	1103,28	1193,61	1235,60	1170,94	1181,61
Fattore di sconto	1,00	1,004	1,008	1,012	1,016	1,02	1,025	1,029	1,033	1,037	1,041	1,045
R-C attualizzato	1103,71	1258,45	1046,01	1014,45	-77,74	1034,05	1057,62	1072,50	1155,63	1191,45	1124,55	1130,22

(continua a pagina seguente)

2010												
Nuove botti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	82	105	171	98	137	92	105	107	176	585	648	454
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	3319	3424	3595	3693	3830	3922	4027	4134	4310	4895	5543	5997
Capacità cumulata	3130	3370	3611	3852	4092	4333	4574	4815	5055	5296	5537	5778
Ricavi	1475,69	1475,69	1047,00	602,58	841,04	562,12	643,04	657,14	1077,04	3586,05	1475,69	1475,69
Costi di capacità	186,17	186,17	189,48	218,59	239,75	270,21	297,96	325,25	338,54	268,19	186,17	186,17
Assicurazione	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24
Costi di stock-out	247,01	134,53	38,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,36
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	1018,26	1130,75	795,12	359,75	577,04	267,67	320,83	307,64	714,26	3293,62	1265,28	1260,91
Fattore di sconto	1,05	1,054	1,058	1,063	1,067	1,071	1,075	1,08	1,084	1,089	1,093	1,097
R-C attualizzato	970,05	1072,87	751,38	338,58	540,91	249,90	298,32	284,90	658,79	3025,58	1157,62	1148,98
2011												
Nuove botti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	78	90	153	110	152	134	104	59	255	538	757	840
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	274	274
Domanda cumulata	6075	6165	6319	6429	6580	6714	6818	6877	7132	7670	8427	9267
Capacità cumulata	6018	6259	6500	6741	6981	7222	7463	7703	7944	8185	8459	8733
Ricavi	1475,69	553,54	939,73	673,69	928,70	819,58	639,36	360,44	1561,92	3299,78	4642,86	1678,60
Costi di capacità	186,17	205,33	223,20	249,94	268,17	290,05	317,93	355,11	352,23	291,42	218,20	211,77
Assicurazione	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	27,58	27,58
Costi di stock-out	155,50	40,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	1109,78	283,72	692,28	399,51	636,28	505,29	297,19	-18,91	1185,45	2984,11	4397,09	1439,25
Fattore di sconto	1,102	1,106	1,111	1,115	1,12	1,124	1,129	1,133	1,138	1,143	1,147	1,152
R-C attualizzato	1007,18	256,45	623,22	358,20	568,19	449,40	263,25	-16,68	1041,62	2611,48	3832,48	1249,39
2012												
Nuove botti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	112	99	297	79	159	85	67	50	186	242	234	363
Capacità	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274
Domanda cumulata	9379	9478	9775	9854	10013	10098	10165	10215	10401	10642	10876	11239
Capacità cumulata	9006	9280	9554	9828	10102	10376	10649	10923	11197	11471	11745	12019
Ricavi	1678,60	1678,60	1678,60	1678,60	974,06	519,21	411,94	308,95	1137,12	1480,40	1433,19	2225,50
Costi di capacità	211,77	211,77	211,77	211,77	229,95	268,60	310,83	356,49	374,54	381,15	389,33	371,10
Assicurazione	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58
Costi di stock-out	379,65	264,74	140,40	156,71	18,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	1059,61	1174,51	1298,85	1282,55	698,08	223,03	73,53	-75,12	735,00	1071,67	1016,29	1826,82
Fattore di sconto	1,157	1,161	1,166	1,171	1,175	1,18	1,185	1,19	1,195	1,199	1,204	1,209
R-C attualizzato	916,11	1011,36	1113,92	1095,50	593,87	188,97	62,05	-63,13	615,24	893,44	843,85	1510,74

Tabella 3.9. Fonte: elaborazione personale.

Anche per questo modello, è utile riassumere schematicamente i dati più rilevanti (Tabella 3.10). Naturalmente, i valori della colonna *Nessuna espansione* differiscono da quelli in Tabella 3.7 in quanto includono anche le entrate ed uscite monetarie del 2012.

	Nessuna espansione di capacità	Espansione con il metodo Angelus, Porteus e Wood
VAN (in euro)	41.752,22	43.634,86
Differenza		*+4,5%*
Numero di mesi in cui si rilevano stock-out	23	21
Differenza		*-8,7%*
Stock-out (in litri)	5.177	4.370
Differenza		*-15,6%*

Tabella 3.10. Fonte: elaborazione personale.

I risultati anche in questo caso sarebbero stati positivi, seppur non eclatanti come nella simulazione precedente. Tale conclusione era comunque prevedibile dato che, a causa del lungo *lead time*, si continuano a perdere molte opportunità di vendita fra il momento in cui si decide di investire in capacità ed il momento in cui questa diviene produttiva. Ciò nonostante, il rendimento nei quattro anni sarebbe migliorato di 1.882,64 euro (+4,5%) e, al tempo stesso, la penuria di prodotto, in litri, sarebbe diminuita del 15,6%. Considerando che il modello A.P.W. è pensato per la valutazione di investimenti con effetti nel medio-lungo termine, possiamo concludere che i risultati della nostra simulazione quadriennale sono certamente vantaggiosi.

3.4 Stima della domanda futura

Nel paragrafo precedente sono stati testati sui dati storici dell'azienda i modelli presentati nel Capitolo 2, verificando l'efficacia della politica di gestione che essi suggeriscono. A questo punto diventa, quindi, interessante spostare lo stesso tipo di simulazione verso un orizzonte temporale futuro. I dati relativi a capacità, ricavi e costi presentano le stesse caratteristiche già descritte nel precedente paragrafo; quello che, invece, è necessario ridefinire è la variabile domanda. Come punto di partenza si prendono le vendite mensili di Scura30 per il periodo 2009-2013 (Figura 3.7), che rappresentano la serie storica nota. Analizzando questi dati è

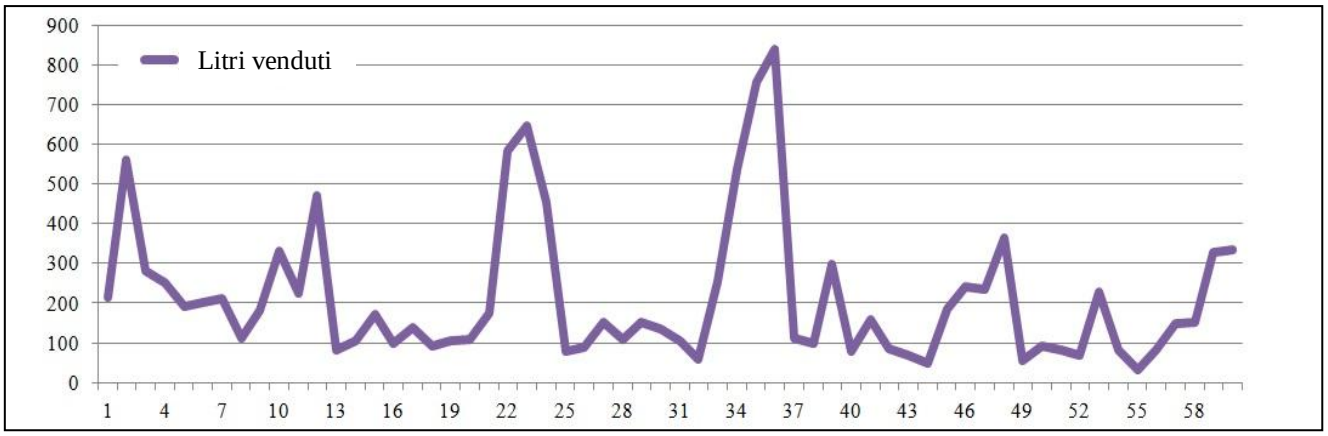

Figura 3.7. Fonte: elaborazione personale.

possibile da un lato scomporre tale serie in un insieme di componenti latenti (individuare trend e stagionalità), dall'altro lato costruire modelli mirati all'ottenimento di previsioni di breve periodo [Dagum, 2002]. Per fare questo ci si può avvalere del supporto del software statistico R 2.15.0 il quale, basandosi sulle rilevazioni passate, riesce ad identificare la presenza di trend e stagionalità [Ricci, 2005].

Tuttavia, se si effettuasse una regressione basandosi indiscriminatamente sui dati degli ultimi cinque anni, le previsioni risultanti sarebbero oltremodo penalizzanti. Prendendo atto del deciso calo delle vendite registrato nel 2012 e nel 2013, il trend che ne risulterebbe per l'immediato futuro sarebbe inevitabilmente negativo e, con ogni probabilità, inadeguato nel rappresentare le reali prospettive aziendali. In effetti, dopo il pesante crollo del 2012, la situazione nello scorso esercizio ha cominciato a stabilizzarsi (seppure notevolmente al di sotto dei livelli pre-crisi) e si ha ragione di credere in un possibile miglioramento nei prossimi anni. Per queste ragioni, la serie temporale che si prenderà come riferimento sarà costituita dalle 24 rilevazioni mensili degli ultimi due anni (2012 e 2013), delle quali si è interessati ad individuare trend (o deriva), stagionalità ed innovazione[8]. I modelli che sembrano meglio rappresentare la serie temporale sono i seguenti (in ordine dal più accurato al meno accurato):

1. deriva nulla, stagionalità costante moltiplicativa, innovazione moltiplicativa,
2. deriva nulla, stagionalità costante additiva, innovazione moltiplicativa,
3. deriva costante moltiplicativa, stagionalità costante moltiplicativa, innovazione moltiplicativa,
4. deriva costante moltiplicativa, stagionalità costante additiva, innovazione moltiplicativa.

La stima della domanda mensile attesa per i successivi tre esercizi (2014-2016) è data in Figura 3.8, dove la linea di mezzo rappresenta il valore medio atteso e la zona colorata in

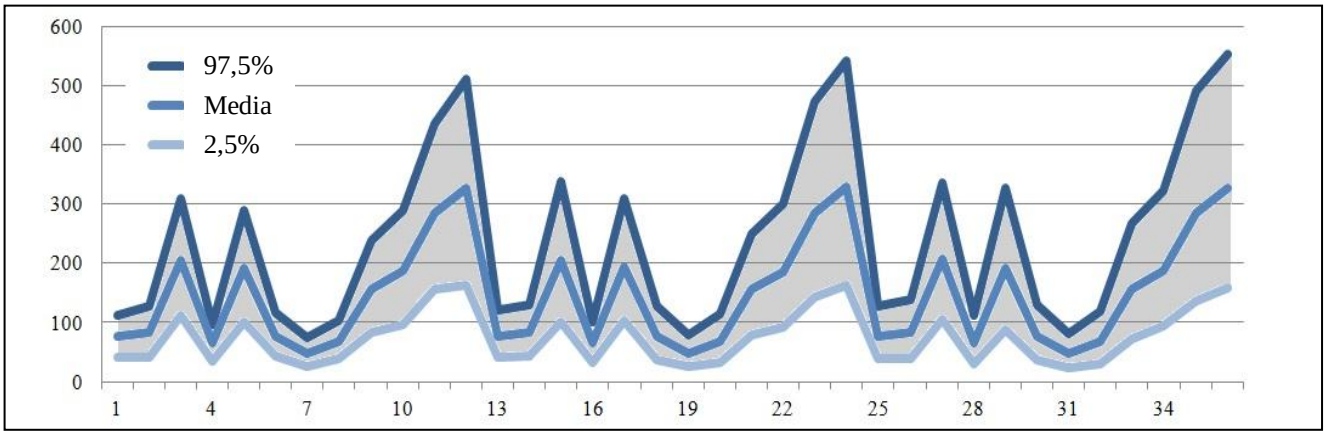

Figura 3.8. Fonte: elaborazione personale.

[8] Le serie temporali presentano una componente di trend (o deriva) quando oscillano ciclicamente in relazione ad espansioni o contrazioni congiunturali dell'attività economica. La stagionalità è quella componente periodica che si ripete uguale, o quasi, a distanza fissa nel tempo (nel nostro caso ogni 12 mesi). L'innovazione è la componente più erratica che determina nella serie temporale delle oscillazioni tipicamente di breve periodo [Grigoletto, 2012].

grigio dice che nel 95% dei casi le rilevazioni assumeranno un valore che si colloca all'interno di quell'area (fra il percentile 2,5 e 97,5).

Come si vede, la situazione più probabile è quella in cui i picchi nelle vendite si realizzino sempre nel mese di dicembre, con poco più di 300 litri venduti, mentre i punti più bassi si rilevano nel periodo estivo, con addirittura meno di 40 litri venduti ogni mese. Nonostante questa soluzione sia proposta da un software statistico, i quali sono solitamente accurati ed affidabili, è anche vero che questi programmi si basano solamente sulle informazioni quantitative a loro fornite, ignorando ogni eventuale indicazione di tipo qualitativo. Nello specifico, basandosi sui dati del 2012 e 2013, R ha ricavato un modello ed ha elaborato una previsione priva di trend, dove le vendite si mantengono sempre sullo stesso livello, nettamente al di sotto di quello che può essere il potenziale aziendale. Tuttavia, discutendo con i soci dell'azienda, si è capito come una stima di questo tipo sia eccessivamente pessimistica e prudenziale per essere considerata verosimile. Nello specifico, confrontando le opinioni di altri operatori del settore, si è riscontrata negli ultimi anni una tendenza dei consumatori a prediligere le grappe invecchiate rispetto a quelle giovani; di conseguenza, è plausibile attendersi dei miglioramenti anche per quanto riguarda le vendite di grappa riserva. A supporto di una prospettiva più rosea, c'è anche l'espansione di un mercato particolare: il conto lavorazione; succede, in sostanza, che le cantine o i possessori di vigneti forniscano all'azienda la materia prima da distillare cosicché, alla fine del processo, i viticoltori possano commerciare una grappa ottenuta dalle loro uve e con il loro nome sull'etichetta. Questa pratica ha preso piede sempre di più poiché consente di estrarre il maggior valore possibile dalla materia prima, ma, dato che molte cantine non sono dotate di un impianto di distillazione adeguato, sono costrette a rivolgersi alle distillerie vere e proprie. Le richieste di produzioni in conto lavorazione, naturalmente, non si limitano alla grappa giovane, ma sono anzi indirizzate sempre più spesso verso le grappe invecchiate; questo è un altro dei fattori che possono influire positivamente sull'andamento della domanda dei prossimi anni.

Una volta elencate le ragioni che lasciano ipotizzare un aumento delle vendite nel futuro più prossimo, resta il problema di quantificare questo trend. Dalle simulazioni non si è riusciti a delineare una chiara componente di deriva, perciò il risultato ottenuto attraverso le stime è fortemente condizionato da un'elevata soggettività; nell'ottica di ottenere previsioni il più possibile attendibili, si ritiene ragionevole utilizzare il modello proposto da R, con trend nullo e stagionalità costante moltiplicativa. A questo sistema si aggiunge, quindi, una componente di deriva; guardando alle altre soluzioni consigliate dal software (pag. 92), si noti come, tra i modelli più attendibili, il trend (se presente) viene visto come una variabile costante moltiplicativa; ciò vuol dire che il suo valore oscilla intorno a 1 (>1 se ci si attende una

crescita, <1 se ci si attende un calo). Il modello che ne risulta è quindi caratterizzato da deriva costante moltiplicativa, stagionalità costante moltiplicativa ed innovazione moltiplicativa. La sua costruzione sarà qualcosa di simile a

$$\begin{cases} y_t = (l_{t-1} \cdot d_{t-1} \cdot s_{t-q}) \cdot u_t \\ l_t = (1-\alpha) \cdot l_{t-1} \cdot d_{t-1} + \alpha (y_t / s_{t-q}) \\ d_t = (1-\beta) \cdot d_{t-1} + \beta (l_t / l_{t-1}) \\ s_t = (1-\gamma) \cdot s_{t-q} + \gamma \cdot y_t / (l_{t-1} \cdot d_{t-1}) \end{cases} \tag{2}$$

dove [Grigoletto, 2012]:

y_t è la domanda stimata nel periodo t,

u_t è l'innovazione, ossia la componente erratica non prevedibile dal modello,

l_t è il livello della serie temporale al tempo t,

d_t è la deriva (il trend),

s_t è la componente di stagionalità,

α è il parametro che mi dice quanto il livello al tempo t sia influenzato dal livello al tempo t–1 piuttosto che dal valore effettivo della domanda al tempo t,

β in questo caso è pari a 0 in quanto la deriva è sempre costante nel tempo,

γ in questo caso è pari a 0 in quanto la stagionalità è sempre costante nel tempo.

Il sistema (2) appare estremamente complesso, soprattutto a causa delle numerose incognite di cui è composto. La situazione, però, può essere notevolmente semplificata considerando che la maggior parte delle sue variabili sono note in quanto fornite da R (Tabella 3.11).

l_0		α									
166,95		0,16									
s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}
0,57	0,62	1,53	0,48	1,43	0,57	0,36	0,51	1,16	1,40	2,12	2,46

Tabella 3.11. Dati da R 2.15.0

Si sa, inoltre, che $\beta = 0$, $\gamma = 0$ e u_t, in quanto impossibile da prevedere, può essere ipotizzato con un valore atteso pari a 1, che non ha quindi nessuna influenza sulla determinazione di y_t. Alla luce delle considerazioni fatte, è possibile riscrivere il sistema (2) nel modo seguente:

$$\begin{cases} y_1 = (166{,}95 \cdot d_0 \cdot 0{,}57) \cdot 1 \\ l_1 = (1-0{,}16) \cdot 166{,}95 \cdot d_0 + 0{,}16 \cdot (y_1 / 0{,}57) \\ d_1 = d_0 \\ s_1 = s_{1-12} = 0{,}57 \end{cases} \tag{3}$$

L'unica cosa che resta da quantificare nel sistema (2) per stimare la domanda dei prossimi quattro esercizi, è appunto la componente di deriva. Discutendo con i titolari, sembra verosimile assumere che nell'arco di quattro anni l'azienda possa nuovamente conseguire i volumi registrati fino al 2011. Nello specifico, lo scopo è quello di replicare nel dicembre

2017 le stesse quantità vendute nel dicembre 2011 e 2010, ossia una quota intorno ai 700 litri. In questo modo si applica, per certi versi, quanto sostiene Bass [1969] riguardo al fatto che la probabilità di acquisto di un prodotto è legata al numero di acquisti nel periodo precedente; la differenza, in questo caso, riguarda l'andamento della domanda, che non si ripete nello stesso modo in due periodi immediatamente successivi, ma segue piuttosto un andamento ciclico riproponendosi con livelli analoghi a distanza di 4-5 esercizi. Per raggiungere, quindi, le vendite del 2011 il tasso di crescita annuale deve essere all'incirca del 16%. Dovendo operare a intervalli più frequenti, bisogna, però, convertire questo valore ed il risultato che si ottiene è un tasso mensile dell'1,25%; la deriva sarà quindi d_0 = 1,0125. Una crescita annua di questa entità sembra di per sé eccessivamente ottimistica, è essenziale però sottolineare come il livello di partenza (2013) sia notevolmente al di sotto degli standard a cui l'azienda è abituata. Non per niente, dopo i quattro esercizi in cui i volumi di vendita continuano ad aumentare del 16%, l'azienda non raggiunge valori inimmaginabili, ma semplicemente ritorna ai livelli di produzione che era solita registrare. Sostituendo, quindi, il valore della deriva nel sistema (3) e ripetendo 48 volte gli stessi calcoli, si ottiene la previsione delle vendite di ogni mese per i prossimi quattro esercizi. La domanda stimata (in litri) è illustrata in Figura 3.9.

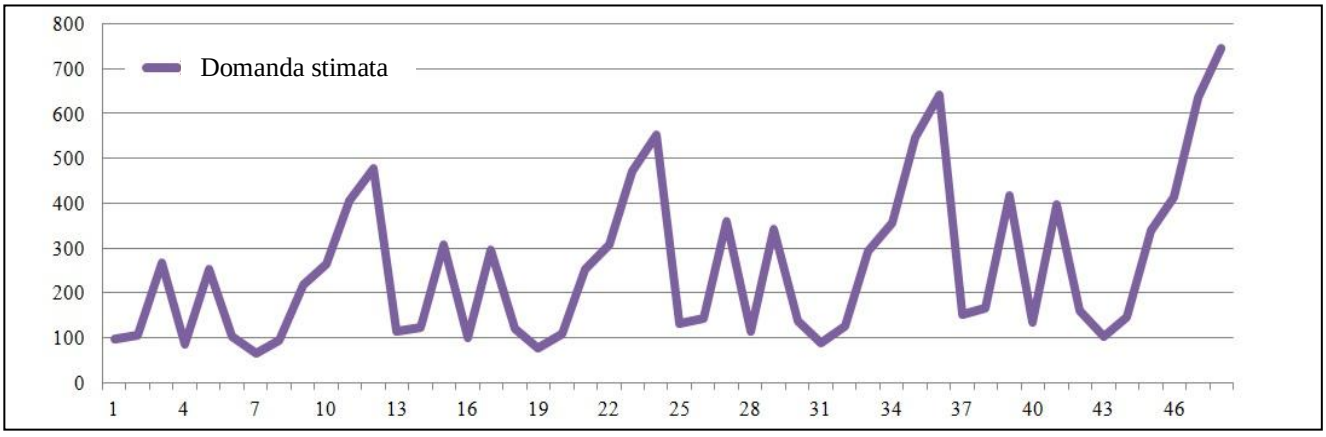

Figura 3.9. Fonte: elaborazione personale.

Si nota subito come le oscillazioni della funzione sono molto simili a quelle di Figura 3.8, il che è dovuto al fatto che le componenti di stagionalità utilizzate sono le stesse; per questo motivo i mesi in cui la domanda è più accentuata rimangono sempre novembre e dicembre, mentre il periodo estivo è quello in cui gli ordini sono più scarsi. A differenza della Figura 3.8, però, si vede come il livello tenda ad innalzarsi di anno in anno; così, mentre nel dicembre 2014 (tempo 12) non si raggiungono i 500 litri venduti, nel dicembre 2017 (tempo 48) si stima di riuscire a superare quota 700 litri per la prima volta dopo il 2011.

3.5 Applicazione dei modelli ai dati previsionali

Nota una previsione delle vendite dei prossimi esercizi, si possono riprodurre, in ottica futura,

le stesse simulazioni effettuate nel paragrafo 3.3 sui dati storici. Questo procedimento può rivelarsi particolarmente utile all'azienda, in quanto testimonia se eventuali investimenti futuri in capacità possano dimostrarsi convenienti e, soprattutto, indica il momento più opportuno per intraprenderli. La prima cosa da fare per procedere al confronto è l'analisi di domanda cumulata e capacità cumulata senza assumere alcuna espansione del magazzino, come mostrato in Figura 3.10.

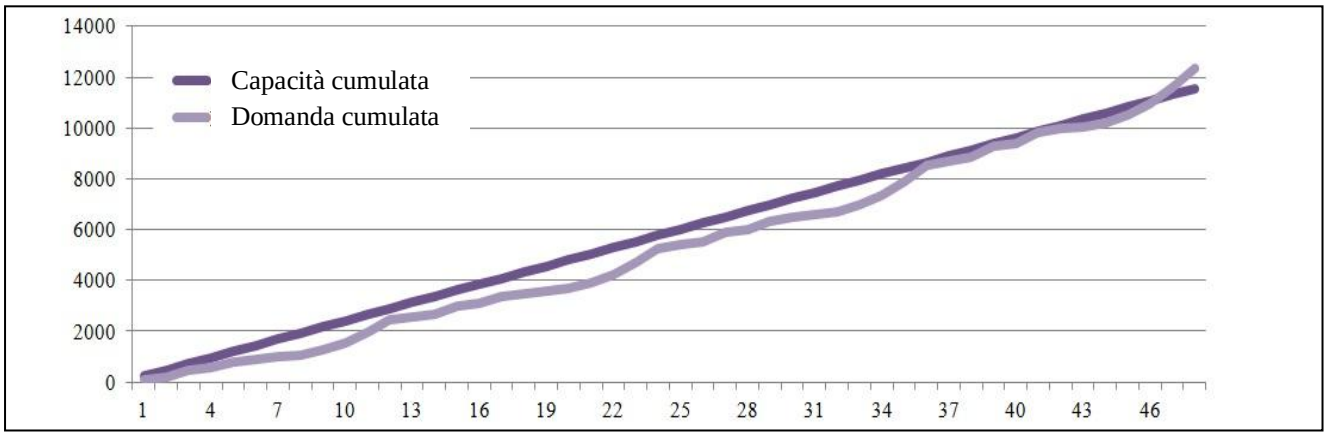

Figura 3.10. Fonte: elaborazione personale.

Si vede subito che in questo caso la situazione è ben diversa da quella relativa ai dati storici (Figura 3.3). La forte flessione della domanda si traduce in una sovraccapacità costante, che permane quasi per tutto l'orizzonte temporale considerato. Solamente nel quarto anno le due funzioni cominciano ad equilibrarsi, fino al momento in cui nel novembre 2017 (tempo 47) si stima che la domanda cumulata sia superiore alla capacità cumulata. Un primo approfondimento da fare riguarda le prospettive mensili dei prossimi 3 esercizi (tempi 1-36); la situazione che emerge è descritta in Tabella 3.12.

	2014											
Tempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	97	106	266	85	254	103	66	94	217	264	406	476
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	97	204	470	555	808	911	977	1070	1287	1551	1957	2433
Capacità cumulata	241	481	722	963	1204	1444	1685	1926	2167	2407	2648	2889
Ricavi	595,57	652,64	1630,65	521,37	1555,47	629,43	401,61	575,07	1328,99	1617,48	2488,99	2919,65
Costi di capacità	215,52	242,96	237,80	269,62	266,97	295,18	330,99	361,02	365,91	361,19	327,42	279,30
Assicurazione	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97
Costi di stock-out	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	354,08	383,71	1366,88	225,78	1262,53	308,28	44,64	188,08	937,10	1230,31	2135,59	2614,37
Fattore di sconto	1,00	1,004	1,008	1,012	1,016	1,02	1,025	1,029	1,033	1,037	1,041	1,045
R-C attualizzato	354,08	382,16	1355,87	223,06	1242,28	302,11	43,57	182,83	907,28	1186,36	2050,99	2500,68

(continua a pagina seguente)

2015												
Tempo	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	113	124	309	99	294	119	76	109	252	306	471	553
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	2546	2669	2978	3077	3371	3491	3567	3675	3927	4233	4705	5257
Capacità cumulata	3130	3370	3611	3852	4092	4333	4574	4815	5055	5296	5537	5778
Ricavi	691,31	757,56	1892,79	605,19	1805,51	730,62	466,17	667,51	1542,63	1877,50	2889,11	3388,99
Costi di capacità	305,45	329,40	315,50	344,52	333,54	358,38	392,04	418,98	416,76	403,37	356,26	292,49
Assicurazione	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97
Costi di stock-out	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	359,88	402,19	1551,31	234,69	1446,01	346,27	48,16	222,56	1099,90	1448,15	2506,87	3070,53
Fattore di sconto	1,05	1,054	1,058	1,063	1,067	1,071	1,075	1,08	1,084	1,089	1,093	1,097
R-C attualizzato	342,85	381,60	1465,97	220,88	1355,45	323,27	44,78	206,10	1014,48	1330,30	2293,57	2797,94
2016												
Tempo	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	131	143	358	115	342	138	88	126	292	355	547	642
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	5388	5532	5890	6005	6346	6485	6573	6699	6991	7347	7894	8536
Capacità cumulata	6018	6259	6500	6741	6981	7222	7463	7703	7944	8185	8426	8666
Ricavi	802,44	879,34	2197,06	702,47	2095,76	848,07	541,11	774,82	1790,61	2179,31	3353,55	3933,79
Costi di capacità	314,94	334,83	310,79	336,57	315,90	336,83	367,99	391,36	380,87	357,42	294,83	212,90
Assicurazione	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97
Costi di stock-out	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	461,53	518,54	1860,30	339,93	1753,88	485,26	147,14	357,48	1383,77	1795,92	3032,74	3694,91
Fattore di sconto	1,102	1,106	1,111	1,115	1,12	1,124	1,129	1,133	1,138	1,143	1,147	1,152
R-C attualizzato	418,86	468,70	1674,72	304,79	1566,20	431,59	130,34	315,38	1215,88	1571,65	2643,32	3207,48

Tabella 3.12. Fonte: elaborazione personale.

Per calcolare il valore attuale netto di una gestione del magazzino di questo tipo è necessario sommare, come in precedenza, i valori della riga *R–C attualizzato*. La Tabella 3.13 riassume quelli che sono i dati più interessanti e non fa altro che confermare quanto già evidenziato dalla Figura 3.10: nel triennio 2014-2016 la capacità a disposizione dell'azienda dovrebbe permettere di far fronte a tutte le richieste dei clienti, motivo per cui non si registrano casi di stock-out. Alla luce di queste condizioni, sarà interessante vedere se e come i modelli A.K.S. e A.P.W. saranno in grado di migliorare questa situazione.

	Nessuna espansione di capacità
VAN (in euro)	36.457,39
Numero di mesi in cui si rilevano stock-out	0
Stock-out (in litri)	0

Tabella 3.13. Fonte: elaborazione personale.

3.5.1 Simulazione con il modello di Arrow, Karlin e Scarf

Vista la condizione di sovraccapacità che perdura per tutto il periodo 2014-2016, è purtroppo inevitabile affermare che il modello A.K.S. non può rivelarsi utile per migliorare il rendimento del magazzino. Considerato, infatti, che in questo triennio non si registrano situazioni di stock-out, l'eventuale espansione della capacità non farebbe altro che aggravare la situazione economica aziendale per due principali ragioni:

- le importanti spese da sostenere per un investimento non hanno nessuna possibilità di essere ammortizzate, in quanto la domanda è già pienamente soddisfatta e non ci sono quindi occasioni di generare ricavi aggiuntivi;
- un'espansione immotivata del magazzino, oltre a non creare maggiori profitti, comporta anche delle inefficienze legate al mancato impiego della capacità.

Partendo da questi presupposti, potrebbe rivelarsi utile un'applicazione opposta del modello A.K.S., per valutare se e quando possa essere conveniente dismettere parte della capacità inutilizzata. Tuttavia, non ritengo quest'ultima un'alternativa valida ai fini di questo studio, poiché l'investimento in nuove botti per il magazzino di invecchiamento è da considerarsi irreversibile, viste le sue caratteristiche; inoltre, anche se così non fosse, per poter esaminare in modo appropriato una riduzione di capacità sarebbe necessario rielaborare non solo buona parte del modello, ma anche le variabili che lo compongono, ed il procedimento diventerebbe oltremodo laborioso.

Posso, quindi, concludere affermando che, in questo caso, la modalità di gestione del magazzino suggerita da A.K.S. non può in alcun modo contribuire a migliorare la situazione economica dell'azienda.

3.5.2 Simulazione con il modello di Angelus, Porteus e Wood

Dopo aver provato l'inefficacia del sistema A.K.S. vediamo se, al contrario, il modello A.P.W. può portare a qualche beneficio. Come per i dati storici, anche in ottica futura è necessario estendere la simulazione ad un quarto esercizio a causa del lungo *lead time* di questo tipo di investimento. Per cominciare trovo quindi opportuno esporre in Tabella 3.14 la domanda stimata per il 2017, con tanto di relativi riscontri economici, escludendo operazioni di espansione della capacità.

Negli ultimi due mesi del quarto anno, per la prima volta, si verifica una situazione in cui la domanda cumulata è superiore alla capacità cumulata, con la conseguente rilevazione di penuria di prodotto. Alla luce di questo fatto, è dunque plausibile assumere che in questo caso ci siano dei margini di miglioramento per quanto riguarda la politica di gestione del magazzino. Per verificare questa ipotesi, si costruisce un foglio Excel con le stesse caratteristiche descritte

2017												
Tempo	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	152	166	416	133	397	161	102	147	339	413	635	745
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	8688	8854	9270	9403	9800	9960	10063	10209	10548	10961	11596	12341
Capacità cumulata	8907	9148	9389	9629	9870	10111	10352	10592	10833	11074	11314	11555
Ricavi	931,44	1020,70	2550,25	815,40	2432,66	984,40	628,09	899,37	2078,46	2529,65	1475,89	1475,89
Costi di capacità	231,05	246,23	210,41	232,43	200,54	216,92	245,18	264,40	244,31	209,19	186,17	186,17
Assicurazione	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97
Costi di stock-out	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	199,93
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	674,41	748,50	2313,86	557,00	2206,15	741,51	356,94	609,00	1808,18	2294,49	1263,74	1063,81
Fattore di sconto	1,157	1,161	1,166	1,171	1,175	1,18	1,185	1,19	1,195	1,199	1,204	1,209
R-C attualizzato	583,08	644,53	1984,41	475,76	1876,80	628,26	301,21	511,84	1513,57	1912,89	1049,32	879,75

Tabella 3.14. Fonte: elaborazione personale.

nel paragrafo 3.3.2 ed utilizzo la funzione Risolutore; la cella obbiettivo da massimizzare è sempre la somma dei profitti mentre le celle variabili da modificare sono quelle che indicano il numero di nuove botti da acquistare in ogni periodo. La nuova situazione che si viene a creare è quella esposta in Tabella 3.15 nelle pagine seguenti.

È possibile vedere come, in questa circostanza, il valore attuale netto che si ottiene dalla gestione del magazzino aumenterebbe se si decidesse di acquistare due nuovi barili nel settembre 2014 (al tempo 9) che contribuiranno all'aumento della capacità a partire dal marzo 2017 (tempo 39). Questo risultato si rivela particolarmente interessante soprattutto per il fatto che, per l'azienda in questione, il modello A.P.W. è molto più rappresentativo rispetto al modello A.K.S.; di conseguenza, quest'ultima soluzione proposta è molto più spendibile rispetto a quella che si sarebbe potuta ottenere attraverso un metodo che esclude l'esistenza di un *lead time*.

2014												
Nuove botti	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Tempo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	97	106	266	85	254	103	66	94	217	264	406	476
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	97	204	470	555	808	911	977	1070	1287	1551	1957	2433
Capacità cumulata	241	481	722	963	1204	1444	1685	1926	2167	2407	2648	2889
Ricavi	595,57	652,64	1630,65	521,37	1555,47	629,43	401,61	575,07	1328,99	1617,48	2488,99	2919,65
Costi di capacità	215,52	242,96	237,80	269,62	266,97	295,18	330,99	361,02	365,91	361,19	327,42	279,30
Assicurazione	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	25,97	24,24	24,24	24,24	24,24
Costi di stock-out	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1100,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	354,08	383,71	1366,88	225,78	1262,53	308,28	44,64	188,08	-161,17	1232,04	2137,32	2616,11
Fattore di sconto	1,00	1,004	1,008	1,012	1,016	1,02	1,025	1,029	1,033	1,037	1,041	1,045
R-C attualizzato	354,08	382,16	1355,87	223,06	1242,28	302,11	43,57	182,83	-156,04	1188,03	2052,66	2502,34

(continua a pagina seguente)

2015												
Nuove botti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	113	124	309	99	294	119	76	109	252	306	471	553
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	2546	2669	2978	3077	3371	3491	3567	3675	3927	4233	4705	5257
Capacità cumulata	3130	3370	3611	3852	4092	4333	4574	4815	5055	5296	5537	5778
Ricavi	691,31	757,56	1892,79	605,19	1805,51	730,62	466,17	667,51	1542,63	1877,50	2889,11	3388,99
Costi di capacità	305,45	329,40	315,50	344,52	333,54	358,38	392,04	418,98	416,76	403,37	356,26	292,49
Assicurazione	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24
Costi di stock-out	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	361,62	403,92	1553,05	236,42	1447,74	348,00	49,89	224,29	1101,63	1449,88	2508,60	3072,26
Fattore di sconto	1,05	1,054	1,058	1,063	1,067	1,071	1,075	1,08	1,084	1,089	1,093	1,097
R-C attualizzato	344,49	383,25	1467,60	222,51	1357,07	324,89	46,39	207,71	1016,08	1331,89	2295,16	2799,52
2016												
Nuove botti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	131	143	358	115	342	138	88	126	292	355	547	642
Capacità	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
Domanda cumulata	5388	5532	5890	6005	6346	6485	6573	6699	6991	7347	7894	8536
Capacità cumulata	6018	6259	6500	6741	6981	7222	7463	7703	7944	8185	8426	8666
Ricavi	802,44	879,34	2197,06	702,47	2095,76	848,07	541,11	774,82	1790,61	2179,31	3353,55	3933,79
Costi di capacità	314,94	334,83	310,79	336,57	315,90	336,83	367,99	391,36	380,87	357,42	294,83	212,90
Assicurazione	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24	24,24
Costi di stock-out	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	463,26	520,27	1862,03	341,66	1755,61	486,99	148,87	359,21	1385,50	1797,65	3034,47	3696,64
Fattore di sconto	1,102	1,106	1,111	1,115	1,12	1,124	1,129	1,133	1,138	1,143	1,147	1,152
R-C attualizzato	420,43	470,27	1676,28	306,34	1567,75	433,13	131,87	316,91	1217,40	1573,17	2644,83	3208,98
2017												
Nuove botti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tempo	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Mese	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	152	166	416	133	397	161	102	147	339	413	635	745
Capacità	241	241	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274
Domanda cumulata	8688	8854	9270	9403	9800	9960	10063	10209	10548	10961	11596	12341
Capacità cumulata	8907	9148	9422	9696	9969	10243	10517	10791	11065	11339	11612	11886
Ricavi	931,44	1020,70	2550,25	815,40	2432,66	984,40	628,09	899,37	2078,46	2529,65	3892,64	1678,83
Costi di capacità	231,05	246,23	242,78	271,56	246,43	269,58	304,60	330,58	317,26	288,90	215,11	211,77
Assicurazione	24,24	24,24	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58	27,58
Costi di stock-out	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricavi - Costi	676,14	750,23	2279,90	516,27	2158,66	687,25	295,91	541,21	1733,63	2213,17	3649,96	1439,48
Fattore di sconto	1,157	1,161	1,166	1,171	1,175	1,18	1,185	1,19	1,195	1,199	1,204	1,209
R-C attualizzato	584,58	646,02	1955,28	440,97	1836,40	582,29	249,71	454,87	1451,16	1845,10	3030,67	1190,42

Tabella 3.15. Fonte: elaborazione personale.

Per esporre la situazione in modo più chiaro, si riassumono i principali dati nella Tabella 3.16. Si nota subito come la differenza di rendimento sia in realtà piuttosto contenuta, con un VAN che aumenta di 885,51 euro (+1,8%). È in ogni caso positivo il fatto che si riducano i periodi

	Nessuna espansione di capacità	Espansione con il metodo Angelus, Porteus e Wood
VAN (in euro)	48.818,82	49.704,33
Differenza		*+1,8%*
Numero di mesi in cui si rilevano stock-out	2	1
Differenza		*-50,0%*
Stock-out (in litri)	1.067	455
Differenza		*-57,4%*

Tabella 3.16. Fonte: elaborazione personale.

in cui l'azienda rileva stock-out (già pochi anche in assenza di espansioni); per quanto riguarda la penuria espressa in litri, l'importante differenza rilevata in termini percentuali (-57,4%) non è tanto da ricondurre ad un netto miglioramento in valore assoluto (solo 613 litri in meno), ma è più che altro dovuta al fatto che il numero di vendite perse era già abbastanza basso nella situazione di partenza. Ciò nonostante, è sicuramente interessante constatare come, a dispetto di una situazione iniziale già soddisfacente dal punto di vista degli stock-out, il modello A.P.W. sia comunque in grado di offrire delle alternative che consentano di ridurre la penuria di prodotto e, al tempo stesso, di migliorare il rendimento del magazzino.

Conclusioni

Da questo elaborato si evince come il peso delle scorte e dei magazzini possa diventare un inesorabile fardello nell'attività di ogni azienda. A tal proposito, esiste un'ampia letteratura che, dalla seconda metà del secolo scorso, continua ad elaborare e proporre nuovi modelli e nuove politiche per gestire gli approvvigionamenti ed organizzare i magazzini in modo efficace ed efficiente. Le teorie più importanti sono state brevemente introdotte nei capitoli precedenti. L'aspetto su cui, invece, si vuole porre l'attenzione riguarda l'applicazione ad un caso reale di due modelli per valutare l'espansione del magazzino. I due sistemi in questione sono quello di Arrow, Karlin e Scarf (A.K.S.) del 1958 e quello di Angelus, Porteus e Wood (A.P.W.) del 2000. Riassumendo, questi autori prendono in considerazione funzione di domanda, capacità ed evoluzione di costi e profitti legati a rimanenze e depositi. Partendo da questi dati, essi si prefiggono di individuare il momento in cui un ampliamento del magazzino sia più conveniente per l'azienda. I due approcci si differenziano sostanzialmente per il fatto che il primo ipotizza che la nuova capacità acquistata diventi subito operativa, mentre il secondo prevede l'esistenza di un *lead time*.

L'implementazione di questi modelli trova ampio spazio nel Capitolo 3. Una delle fasi con criticità maggiore è certamente quella di individuazione delle variabili di costo e profitto da considerare, nonché la determinazione del loro valore. La formulazione standard di questi modelli è, infatti, estremamente generica ed è compito di chi li utilizza riuscire ad adattarli alle peculiarità del caso in questione. Dopo aver individuato e quantificato i fattori economici più rilevanti, si è proceduto alle simulazioni. Un primo test è stato realizzato applicando entrambi i modelli ai dati di vendita di quattro esercizi passati (2009-2012), mentre un secondo esperimento è stato fatto sui dati stimati di domanda futura (2014-2017). La simulazione sui dati storici ha portato sempre a risultati positivi: con il metodo A.K.S. il valore attuale netto (VAN) della gestione del magazzino sarebbe passato da 33.002,35 euro a 37.239,93 euro, con un miglioramento di 4.237,58 euro (+12,8%); con il modello A.P.W., invece, il VAN sarebbe aumentato di 1.882,64 euro (+4,5%). Si consideri che questi risultati sono già al netto dei costi per l'espansione della capacità. Per di più, oltre ad un maggior rendimento, la performance può ritenersi migliore anche grazie alla decisa diminuzione negli stock-out (rispettivamente, -56,6% e -15,6%). Il fatto che il modello A.P.W. porti a risultati più modesti è dovuto al *lead time* di 30 mesi, che ritarda l'entrata in funzione della nuova capacità per un periodo pari al tempo di invecchiamento della grappa.

Prima di procedere alla simulazione sui dati futuri, si è dovuto stimare la domanda. Per fare questo si è sfruttato il software R.15.0, che ha consentito di individuare le componenti di trend

e di stagionalità; il modello proposto è stato poi perfezionato in base alle informazioni di tipo qualitativo a disposizione dell'azienda. Come risultato si ha una domanda che, dopo il crollo del 2012 e del 2013, tornerà in 4 anni a far registrare gli stessi livelli del periodo pre-crisi.

Nonostante la crescita delle vendite negli esercizi futuri, i modelli, in questo caso, non sembrano migliorare sensibilmente le aspettative riguardanti le performance dei magazzini. Nei primi tre anni (2014-2016) la capacità cumulata risulta superiore alla domanda cumulata, il che significa che con l'approccio A.K.S. non è possibile migliorare le performance del magazzino. Un ipotetico investimento in capacità, infatti, non potrebbe essere ammortizzato da nessun aumento nelle vendite e non risulterebbe, pertanto, conveniente. La situazione cambia se si impiega il modello A.P.W.. Visto il lungo *lead time* in questione (30 mesi), è opportuno includere il quarto anno (2017) nell'orizzonte temporale della simulazione; nell'ultimo esercizio, per la prima volta dal 2011, si ha una situazione in cui la capacità non è in grado di soddisfare tutte le richieste: esisterebbe, dunque, un margine di miglioramento. Cogliendo questa opportunità sarebbe possibile ottenere un miglioramento del VAN di 885,51 euro, che corrisponde ad un +1,8% rispetto all'alternativa di non espandere la capacità, con una diminuzione degli stock-out pari al 57,4%. Dal punto di vista della società, è molto interessante il fatto che si arrivi ad una soluzione positiva solo con il metodo A.P.W. piuttosto che con il metodo A.K.S.; quest'ultimo, infatti, escludendo l'esistenza di un *lead time* positivo, restituirebbe in ogni caso un risultato non troppo attendibile visto il tipo di attività condotta dall'azienda.

Vale la pena ora di interrogarsi sui motivi per cui, in ottica previsionale, il VAN subisca una variazione così contenuta. La principale ragione è da ricondurre al fatto che, tra il 2014 ed il 2017, la domanda cumulata stimata eccede la capacità cumulata solamente due volte (novembre e dicembre 2017); ciò vuol dire che sono molto limitate le occasioni in cui sarebbe possibile aumentare vendite ed introiti, così da recuperare l'investimento in capacità. L'elevata disponibilità di merci è dovuta, in particolare, al crollo nelle vendite del 2012 e 2013 che ha portato ad una situazione di sovraccapacità, con un conseguente accumulo di scorte, il cui smaltimento richiederà parecchi mesi. Inoltre, tra i fattori che appesantiscono il VAN, c'è sicuramente il considerevole *lead time*: da un lato aggrava il costo del capitale investito, dall'altro lato ritarda gli incassi derivanti da vendite maggiori, a fronte di costi di espansione che hanno, invece, un impatto economico più immediato.

Alla luce di queste considerazioni resta il fatto che, comunque, il VAN risulta incrementato e gli episodi di rottura di stock sarebbero più che dimezzati; inoltre, è assolutamente verosimile supporre che, se si estendesse l'orizzonte temporale osservato nella simulazione, entrambi questi indicatori ne uscirebbero nettamente migliorati.

Bibliografia

Autry C. W., Griffis S. E., Goldsby T. L., Bobbitt L. M., Warehouse management systems: resource commitment, capabilities, and organizational performance, Journal of Business Logistics, 2005

Axsäter S., Inventory control, Springer Science and Business Media, Lund, 2006

Bass F. M., A new product growth model for consumer durables, Management Science, Maryland, 1969

Berk J., De Marzo P., Finanza Aziendale, Bruno Mondadori S.p.A., Milano, 2008

Bhaskaran K., Malmborg C. J., Economic tradeoffs in sizing warehouse reserve storage area, Elsevier Ltd, New York, 1990

Blinder A. S., Inventory theory and consumer behavior, Harvester Wheatsheaf, Hertfordshire, 1990

Brunetti G., Olivotto L., Il controllo del capitale circolante, Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino, 1992

Chikan A., The economics and management of inventories, Elsevier Scientific, Budapest, 1981

Corniani M., Market-driven management gestione delle scorte e relazioni di fornitura, G. Giappichelli Editore, Torino, 2009

Dagum E. B., Analisi delle serie storiche: modellistica, previsione e scomposizione, Springer-Verlag Italia, Milano, 2002

Daidola G. e Cristofari B., Analisi di bilancio per flussi ed indici, Gruppo Editoriale Tangram S.r.l., Trento 2009

Facchinetti I., Analisi di bilancio, Il Sole 24 ORE S.p.a., Milano, 2008

Goldratt E. M., Cox J., The goal: a process of ongoing improvement, North River Press, Great Barrington, 1992

Grando A. (a cura di), Produzione e logistica, UTET Libreria, Torino, 1996

Graves S. C., Rinnooy Kan A. H. G., Zipkin P. H., Logistics of production and inventory, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1993

Greene J. H., Production & inventory control handbook, McGraw-Hill, New York, 1970

Hillier F. S., Lieberman G. J., Introduzione alla ricerca operativa, Franco Angeli Editore, Milano, 1978

Jaber M. Y., Inventory management: non-classical views, Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2009

Kasilingam R. G., Logistics and transportation: design and planning, Springer Science and Business Media, Milano, 1999

Lalonde B., Mason R., Some thoughts on logistics and strategy: management challenges for the 1980, IJPD & MM, 1985

Leenders M. R., Fearon H. E., Flynn A. E., Johnson P. F., Purchasing and Supply Management, The McGraw-Hill Companies, New York, 2002

Magee J. F., Boodman D. M., Programmazione della produzione e controllo delle scorte, Franco Angeli Editore, Milano, 1992

Malesani P., Appunti di ricerca operativa, Edizioni Liberia Progetto, Padova, 1996

Marchetti M. A., Le operazioni di magazzino e la gestione delle scorte, Franco Angeli Editore, Milano, 2010

Modolo G., Manuale di contabilità e gestione del magazzino, Franco Angeli Editore, Milano, 1976

Muller M., Essentials of inventory management, American Management Association, New York, 2011

Payaro A., Organizzare il magazzino, Società Editrice Esculapio, Bologna, 2008

Rao A., Capacity Management, APICS, Falls Church, 1982

Revelli M., Introduzione, in Ohno T., Lo spirito Toyota, Einaudi, Torino, 1993

Rosenblatt M. J., Roll Y., Warehouse capacity in a stochastic environment, International Journal of Production Research, 1987

Ross D. F., Competing through supply chain management, Kluwer Academic Publisher, Massachusetts, 1998

Slack N., Chambers S., Johnston R., Operations management, Pearson Education Limited, Harlow, 2010

Thierauf R. J., Klekamp R. C., Decision making through operations research, John Wiley & Sons Inc., New York, 1975

Tinarelli G., La gestione delle scorte: organizzazione, contabilità e automazione, Gruppo Editore Fabbri-Bompiani, Sonzogno, 1981

Tinarelli G., La gestione delle scorte nelle imprese commerciali e di produzione, Etas S.r.l., Milano, 1992

Tompkins J. A., Harmelink D., The supply chain handbook, Tompkins Press, Nottingham, 2004

Tompkins J. A., Smith J. D., The Warehouse Management Handbook, McGraw-Hill, New York, 1988

Vollmann T., Berry W., Whybark D. C., Jacobs F. R., Manufacturing planning and control systems for supply chain management: the definitive guide for professionals, McGraw-Hill,

New York, 2004

Whitin T. M., The theory of inventory management, Princeton University Press, Princeton, 1954

Wild T., Best practice in inventory management, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, 1997

Articoli

Anderson E. T., Fitzsimons G. J., Simester D., Measuring and Mitigating the costs of stockouts, Management Science, Catonsville, 2006

Angelus A., Porteus E. L., Wood S. C., Optimal sizing and timing of modular capacity expansion, Graduate School of Business, Stanford University, Stanford, 2000

Bonney M. C., Trends in inventory management, University of Nottingham, 1994

Brondoni S. M., Ouverture de 'Ricerche di marketing e mercati globali', Symphonya, Milano, 2003

Cormier G., Gunn E. A., Modelling and Analysis for Capacity Expansion Planning in Warehousing, Palgrave Macmillan Journals, Basingstoke, 1999

Council of Supply Chain Management Professionals, Annual State of Logistics Report, Lombard, Illinois, 2012

Grigoletto M., Analisi delle serie temporali, Università degli Studi di Padova, Padova, 2012

Gu J., Goetschalckx M., McGinnis L. F., Research on warehouse design and performance evaluation: a comprehensive review, Elsevier Inc., Philadelphia, 2005

Lawton J., Not your father's inventory strategy, 2003 (http://www.eknowtion.org/pdf/Inventory_Strategy.pdf, accesso nell'ottobre 2008)

Ng C. T., Cheng T. C. E., Kotov V., Kovalyov M. Y., The EOQ problem with decidable warehouse capacity: Analysis, solution approaches and applications, Elsevier Inc., Philadelphia, 2007

Oral M., Salvador M. S., Reisman A., Dean B. V., On the evaluation of shortage costs for inventory control of finished goods, Management Science, 1972

Pindyck R. S., Irreversible investment, capacity choice and the value of the firm, Sloan School of Management, MIT, 1986

Ricci V., Analisi delle serie storiche con R, Università Ca' Foscari di Venezia, Venezia, 2005

Schwartz J. D., Wang W., Rivera D. E., Simulation-based optimization of process control policies for inventory management in supply chains, Arizona State University, 2006

Sprague L. G., Wacker J. G., Reflections on firm and national inventories, ISIR, Budapest, 1994

Thomas K., How much inventory is in the world?, JDA Software Group Inc., Scottsdale, 2013 (http://blog.jda.com/how-much-inventory-is-in-the-world/ accesso nel febbraio 2014)