

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali
Corso di laurea magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea

“Analisi e ottimizzazione dei flussi dei materiali e delle informazioni nei reparti di montaggio. Il caso Drtech/Enter”

Relatore

Ch.mo Prof. Roberto Panizzolo

Laureando

Niccolò Benetti

Correlatore

Ing. Stefano Tono

Anno Accademico 2019-2020

SOMMARIO

Il seguente elaborato è frutto della mia esperienza di tirocinio svoltasi all'interno delle aziende DRTech ed Enter S.r.l. La prima è una start-up nata attorno ad un brevetto per un metodo innovativo di imbottigliamento di liquidi alimentari. Enter è invece un'azienda che da anni opera nel settore della meccanica di precisione e che ha scelto di supportare il progetto DRTech.

Il punto in comune tra le due imprese, argomento attorno al quale si sviluppa questa tesi, è quello della loro difficoltà nella gestione di approvvigionamento e movimentazione delle materie e dei componenti necessari ad alimentare i reparti di assemblaggio; una difficoltà che si traduce in inefficienze e ritardi nei tempi di consegna ai clienti.

Con l'obiettivo principale di risolvere il problema in questione, il progetto di tirocinio è stato incentrato sulla razionalizzazione dei flussi dei materiali e delle informazioni all'interno delle due aziende, permettendomi di portare avanti questa esperienza in realtà molto diverse tra loro.

INDICE

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1 – LA GESTIONE DELLE SCORTE	5
1.1 Problematiche e vantaggi delle scorte	5
1.2 Le tecniche look back.....	8
1.2.1 Il lotto economico.....	8
1.2.2 Il lotto economico di produzione	13
1.2.3 Le scorte di sicurezza.....	15
1.2.4 Il sistema a punto di riordino	18
1.2.5 Modello a intervallo di riordino fisso	22
1.3 I difetti delle tecniche di gestione a scorta e soluzioni proposte dalle tecniche look ahead.....	25
CAPITOLO 2 – LEAN MANAGEMENT	29
2.1 Le origini del Lean Management	29
2.2 I principi fondamentali del lean thinking.....	32
2.3 Muda, mura, muri	36
2.4 Kaizen.....	43
2.4.1 Il ciclo PDCA	44
2.4.2 Il ciclo DMAIC	45
2.4.3 Differenze tra miglioramento radicale e continuo.....	46
2.4.4 Mantenimento e miglioramento: il ciclo SDCA.....	47

2.5	Gli strumenti operativi del TPS	49
2.5.1	Metodologia 5S.....	49
2.5.2	Kanban, Pull System e JIT	52
2.5.2.1	La logica di funzionamento del cartellino kanban	56
2.6	Value Stream Mapping.....	62
2.6.1	Current state map.....	64
2.6.2	Future state map.....	71
CAPITOLO 3 – IL CASO DRTECH.....		79
3.1	L'azienda DRTech.....	79
3.2	Le imbottigliatrici DRTech	81
3.3	I problemi interessati dal progetto di tirocinio	82
3.4	Le soluzioni adottate	87
3.4.1	Definizione dei livelli e delle quantità di riordino e implementazione nel database di Microsoft Access	90
3.4.2	Introduzione del sistema kanban in DRTech	94
3.4.3	Interventi sul flusso informativo.....	97
CAPITOLO 4: IL CASO ENTER S.R.L.		103
4.1	L'azienda Enter S.r.l.....	103
4.2	Gli assemblati Simem, B.Tech e Sacmi.....	104
4.3	Le difficoltà presenti in azienda e le soluzioni intraprese.....	106
4.3.1	Calcolo dei lotti economici e dei livelli di riordino	108
4.3.2	Introduzione del sistema Kanban in Enter	112

4.3.3	Tabelle per la gestione dell'avanzamento delle commesse	113
4.4	Value Stream Mapping: il caso Simem.....	119
4.4.1	Current state map.....	121
4.4.2	Future state map.....	130
CONCLUSIONI		135
BIBLIOGRAFIA.....		137

INTRODUZIONE

L'esperienza di tirocinio, per quanto svolta all'interno di due aziende molto diverse tra loro, ha riguardato in entrambi i casi l'ambito dei prodotti assemblati: si è focalizzata sull'ottimizzazione dei flussi dei componenti degli insiemi assemblati e sull'efficientamento dei flussi delle informazioni che sono a supporto di quelli fisici.

La prima parte del tirocinio ha riguardato l'azienda DRTech, che progetta e assembla macchinari per l'imbottigliamento di vino e birra. La difficoltà principale riscontrata dall'azienda e interessata dal percorso di tesi riguardava la gestione dell'approvvigionamento di quei componenti che, al momento dell'ordine cliente, non erano presenti a magazzino. L'assemblaggio di un macchinario è infatti tirato dall'ordine cliente, ed è la complessità stessa dell'assemblato, costituito da circa 700 diversi articoli, a rendere particolarmente difficile la sua gestione: la necessità di doversi occupare contemporaneamente dell'approvvigionamento, in media, di 150-200 codici mancanti al momento dell'ordine portava a sovraccaricare l'ufficio acquisti. Non riuscire a far fronte alla complessità di questo task portava a ritardi sull'arrivo degli articoli e di conseguenza sulla fase di assemblaggio. Il tutto si traduceva in ritardi importanti nella consegna del prodotto al cliente. L'unica soluzione attuabile in tempi brevi individuata con l'azienda è stata l'introduzione di un sistema di gestione a scorta delle giacenze, che non era ancora presente in azienda: l'implementazione avrebbe lo scopo di abbassare drasticamente il numero di codici mancanti al momento dell'ordine cliente, garantendone la presenza a magazzino e quindi alleggerendo notevolmente il carico di lavoro dell'ufficio acquisti. A causa della carenza di dati su tempi di riordino, costi e domanda il sistema che è stato introdotto risulta essere piuttosto approssimativo dal punto di vista analitico, e necessiterà sicuramente di essere perfezionato in futuro quando si potrà disporre di una base dati più significativa. Contemporaneamente è stato implementato in azienda un sistema

di gestione dei riordini di componenti e della loro movimentazione tramite cartellino kanban, con lo scopo di fornire maggiore rigore in questi processi e affiancare, supportandolo, il monitoraggio informatico delle scorte. Infine, sono stati introdotti dei cambiamenti nella gestione del flusso delle informazioni, portando anche soluzioni ispirate al visual management, per velocizzare la comunicazione tra i reparti aziendali.

Enter è invece un'impresa che opera da anni nel settore della meccanica di precisione, ma che ha recentemente deciso di espandere il proprio business verso il settore degli insiemi assemblati. Durante l'esperienza di tirocinio sono stati studiati i tre assemblati principali realizzati da Enter, richiesti da tre diversi clienti. In modo simile al caso DRTEch il problema principale era costituito dall'assenza di un sistema di gestione delle giacenze, con i riordini dei componenti che venivano decisi "a occhio" nel momento in cui veniva eseguito il picking. La differenza principale era dovuta al fatto che in Enter i dati a disposizione sui tempi di riordino dei componenti, costi e domanda erano sufficienti per introdurre un metodo rigoroso, dal punto di vista analitico, per la gestione a scorta: è stata così implementata la gestione delle giacenze a punto di riordino, con lotti calcolati tramite la formula del lotto economico. È stato poi portato anche in Enter il sistema kanban per la gestione dei riordini dei componenti e della loro movimentazione; tuttavia, mentre in DRTEch il kanban è stato pensato come strumento da affiancare alla gestione informatica, in questo caso l'obiettivo finale era quello di riuscire ad arrivare effettivamente a soppiantarla nel prossimo futuro. Infine, a supporto dei flussi fisici ma soprattutto di quelli delle informazioni sono state realizzate delle tabelle per favorire visibilità e condivisione nella gestione dell'avanzamento delle commesse di produzione e di approvvigionamento dei componenti.

Nel capitolo 1 viene esposto l'argomento della gestione delle scorte, partendo da un'analisi dei vantaggi e dei costi che le giacenze comportano per l'azienda e

poi esponendo le principali tecniche presenti in letteratura per ottimizzarne la quantità, concentrandosi principalmente sulle metodologie “look back”.

Nel capitolo 2 viene introdotto il Lean Management partendo dalle origini e dallo sviluppo del pensiero snello. Ne vengono poi presentati i principi fondamentali, ed infine ne sono riportati i principali metodi per l'applicazione pratica in azienda.

Nel capitolo 3 è presentato il caso di studio DRTech, presentando per prima cosa l'azienda e poi riportando quanto è stato svolto durante l'esperienza di tirocinio.

Nel capitolo 4 è descritto il caso Enter S.r.l, introducendo innanzitutto l'azienda per poi riportare le difficoltà riscontrate in azienda e le soluzioni implementate durante il periodo di tirocinio.

Infine, nelle pagine conclusive dell'elaborato, sono riportate alcune considerazioni sul lavoro svolto all'interno delle due aziende e sui risultati ottenuti, fornendo anche possibili spunti di sviluppo futuri.

CAPITOLO 1 – LA GESTIONE DELLE SCORTE

In questo capitolo sono esposte, per prima cosa, le motivazioni che portano un'azienda a dover fare affidamento sulle scorte, nonostante esse rappresentino una voce di costo molto importante nel bilancio aziendale; la gestione delle scorte ha come obiettivo principale l'individuazione del corretto trade-off tra vantaggi e costi delle giacenze, ed è perciò un argomento di fondamentale importanza per qualsiasi impresa. Vengono poi presentati i metodi più utilizzati per un'efficace gestione delle giacenze, focalizzandosi in particolare sulle tecniche denominate "look back".

1.1 Problematiche e vantaggi delle scorte

Ogni azienda ha molteplici ragioni per cercare di evitare l'accumulo di scorte: esse assorbono denaro sotto forma di capitale circolante, che viene perciò sottratto ad altre opportunità quali la riduzione dell'indebitamento oppure investimenti in asset produttivi; alle scorte quindi è associato il cosiddetto costo-opportunità, e allo stesso tempo non apportano direttamente valore.

Inoltre, le scorte rallentano la produttività dei processi, delle operations e delle reti di fornitura: quando una risorsa rimane ferma in magazzino essa non è lavorata né crea valore aggiunto. Più alte sono le scorte, più le risorse rimarranno ferme in magazzino. Quindi più elevate sono le scorte, più lunghi saranno i tempi di attraversamento in produzione.

Mentre rimangono stoccate, le merci potrebbero anche andare incontro a deterioramento o danneggiamento, oppure potrebbero diventare obsolete se nel frattempo vengono commercializzati prodotti alternativi. In alcuni casi potrebbero anche essere molto voluminose e occupare spazi eccessivi rispetto al loro valore, e possono comportare alti costi amministrativi e assicurativi (figura 1.1)



Figura 1.1: *Esempio di disagio creato da scorte sovrabbondanti.*

Un altro aspetto critico legato alle giacenze è dovuto al fatto che esse nascondono i problemi e le inefficienze nelle operations aziendali: scorte elevate fanno sì che fasi e attività adiacenti siano “disaccoppiate”. Questa separazione fa sì che i problemi non emergano, rendendo impossibile migliorare il sistema (Slack et al., 2013)¹.

La soluzione migliore sembrerebbe quindi quella di avere un flusso il più possibile fluido e regolare di materiali ed informazioni lungo i processi operativi, così da evitare accumuli. Tuttavia, questa strada è quasi sempre impraticabile nella realtà, perché l’incertezza intrinseca nel mercato, ad esempio nella domanda incerta dei clienti o negli imprevisti in fase di fornitura o di produzione, non permette all’azienda di lavorare in totale assenza di scorte. Esse infatti, nonostante costituiscano un costo ingente e sia fondamentale cercare di limitarne il più possibile l’accumulo, offrono numerosi vantaggi sia alle operations sia ai clienti.

¹ N. Slack, A. Brandon-Jones, R. Johnston, A. Betts, A. Vinelli, P. Romano, P. Danese, 2013, *Gestione delle operations e dei processi*, Pearson Italia, Milano-Torino.

Le scorte rappresentano una risorsa fondamentale contro le fluttuazioni inattese di domanda ed offerta. Spesso le aziende tengono scorte di prodotti finiti per poter contrastare l'incertezza nelle quantità domandate dai clienti, ed esse vengono definite scorte di sicurezza. Ma allo stesso tempo, scorte di materie prime possono servire per cautelarsi nel caso di ritardi da parte dei fornitori; così come scorte di semilavorati si creano per ovviare a possibili ritardi da parte di contoterzisti o reparti produttivi a monte, per rendere la produzione dei reparti a valle meno dipendente dall'attività svolta da quelli a monte (Romano e Danese, 2010)².

Allo stesso tempo, le scorte fisiche consentono di compensare la mancanza di flessibilità: nel caso in cui l'azienda offra ai clienti un'ampia gamma di opzioni, se l'organizzazione non è perfettamente flessibile, occorreranno delle scorte per assicurare la fornitura quando è impegnata in altre attività. Queste sono le cosiddette scorte di ciclo.

Le giacenze possono anche essere utilizzate per anticipare la domanda futura nel caso questa abbia una fluttuazione ampia ma relativamente prevedibile: in questo caso, invece di produrre l'articolo stagionale solo quando occorre, lo si produce tutto l'anno in previsione della domanda e lo si tiene a magazzino fino a quando non viene richiesto.

Inoltre, esse possono ridurre i costi complessivi, consentendo di apportare risparmi superiori al costo di immobilizzo delle scorte stesse: può accadere quando l'acquisto di grandi volumi minimizza il costo di acquisto, o quando le grandi quantità ordinate portano a ridurre il numero degli ordini emessi e quindi i relativi costi di amministrazione e di movimentazione; questa è la base dell'approccio del lotto economico.

Nel risolvere il problema della gestione delle scorte, i parametri che si vogliono andare a definire sono fondamentalmente due:

² Romano P., Danese P, 2010, *Supply chain management*, McGraw-Hill, Milano.

- *Quanto* deve essere ordinato al fornitore (o prodotto internamente)
- *Quando* è necessario ordinare al fornitore

Per arrivare a determinare questi due parametri, possiamo utilizzare tecniche suddivise in due macro-categorie:

- Tecniche *Look Back*
- Tecniche *Look Ahead*

Mentre le tecniche look ahead utilizzano le previsioni di vendita come dato di partenza e, in questo senso, “guardano avanti”, le tecniche look back “guardano indietro” dal momento che si fondano su analisi ed elaborazione statistica di dati storici.

1.2 Le tecniche look back

Le tecniche di gestione delle scorte look back consentono di calcolare i due valori (quanto e quando) senza cercare di stimare la domanda futura o le previsioni di vendita, ma basandosi unicamente su dati storici, ossia, come indica il termine stesso, “guardando indietro”.

Nelle prossime pagine sono esaminate le tecniche di gestione a scorte più diffuse ed utilizzate in ambito aziendale.

1.2.1 Il lotto economico

Tra le tecniche look back, il modello del lotto economico, introdotto da Ford W. Harris nel 1915, suggerisce **quanto** ordinare al fornitore, al fine di minimizzare i costi annuali dovuti all’emissione degli ordini di acquisto e al mantenimento delle scorte (Romano e Danese, 2010)³.

³ Ibidem.

In tale modello, vengono perciò considerati:

- Il costo di emissione degli ordini (C_{ord}), che include la predisposizione della documentazione, l'organizzazione della consegna, il pagamento al fornitore e i costi generali di tenuta di tutte le informazioni che consentono di fare tutto questo (Slack et al., 2013)⁴.

Esso è perciò legato al carico di lavoro svolto dall'ufficio approvvigionamenti e gestione dei fornitori, e nel complesso risulta proporzionale al numero di ordini emessi (N).

- Il costo di mantenimento delle scorte a magazzino o costo del tenere (C_t); esso è la somma di diverse componenti di costo, quali i costi di movimentazione, obsolescenza (dovuti al rischio che un prodotto perda col tempo parte del suo valore a causa di mutamenti della domanda o deperibilità), le tasse, assicurazioni e costi-opportunità legati al rendimento di un investimento di pari rischio ma alternativo all'immobilizzo di capitale in scorte.

Il costo del tenere è di solito supposto uguale a tali costi opportunità, in quanto questi rappresentano la componente principale di costo. I costi opportunità possono essere considerati proporzionali al livello medio di scorte presenti nel magazzino (L_m) e al tasso di interesse (i), che è il tasso di rendimento di un investimento alternativo al tenere il capitale immobilizzato a scorta.

Si può facilmente intuire come questi costi abbiano andamenti opposti all'aumentare della quantità di prodotto acquistata nel singolo ordine: all'aumentare della dimensione del lotto ordinato, infatti, diminuisce il numero di ordini emessi (N) e di conseguenza il costo complessivo di emissione dell'ordine. Inoltre, con lotti più grandi il livello medio della giacenza a

⁴ Ibidem.

magazzino andrà ad aumentare, e con essa il costo del tenere (C_t) di conseguenza.

Il modello del lotto economico si basa su alcune assunzioni:

- Si devono gestire un unico magazzino e un solo prodotto;
- Il magazzino emette gli ordini a un fornitore che si suppone abbia capacità illimitata di fornitura;
- La domanda giornaliera è costante e pari a D_g ;
- La quantità di riordino è sempre pari a Q pezzi per ordine;
- Ogni ordine emesso genera un costo fisso pari a C_{ord} ;
- Il costo del tenere (C_t) viene sostenuto ogni giorno per ogni unità di prodotto;
- Il lead time di fornitura LT è nullo;
- Le scorte iniziali sono nulle;
- L'orizzonte di pianificazione è molto grande (al limite infinito) (Romano e Danese, 2010)⁵.

La figura 1.2 mostra il profilo semplificato per un determinato articolo in giacenza. Seguendo le ipotesi semplificative appena enunciate, tutte le volte che viene emesso un ordine, si acquistano Q pezzi, l'ordine di riassortimento arriva istantaneamente in un lotto unico, e la domanda è costante e perfettamente prevedibile.

In queste circostanze, avremo:

- Scorta media = $Q/2$.
- Intervallo temporale tra le consegne = Q/D .

⁵ Ibidem

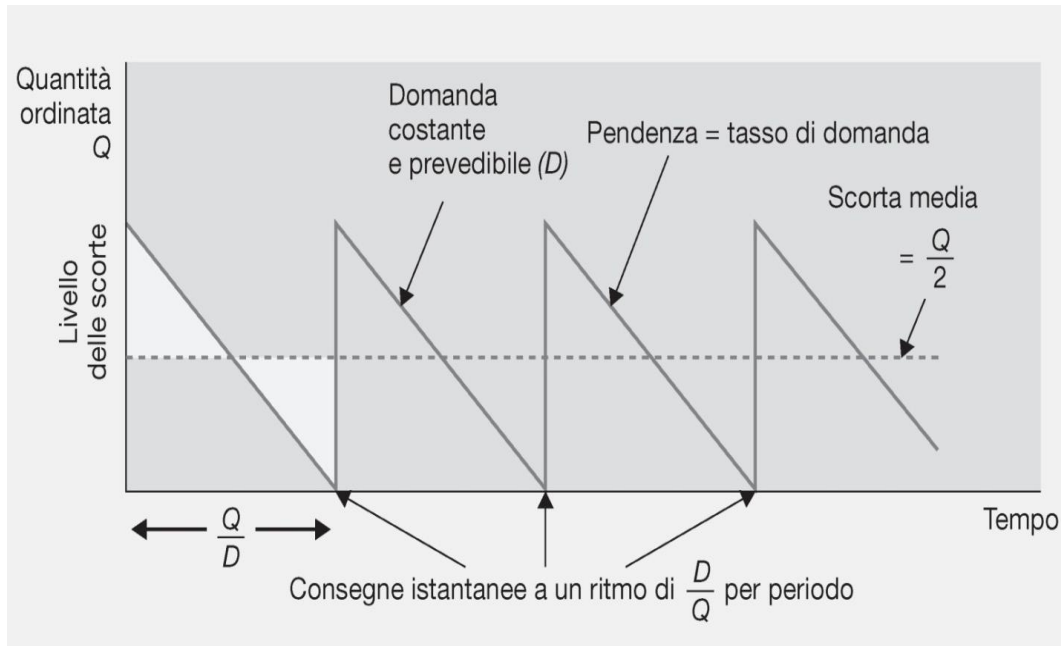


Figura 1.2: Profilo delle scorte "a dente di sega".

- Frequenza delle consegne = reciproco dell'intervallo temporale = D/Q .

Possiamo ora esprimere analiticamente i costi precedentemente definiti:

- $C_{ord} = c_{ord} * N = c_{ord} * \frac{D_a}{Q}$

Dove c_{ord} è il costo di emissione del singolo ordine, espresso in €/ordine. N è il numero di ordini annuali, che può quindi essere espresso con D_a domanda annuale divisa per Q dimensione del lotto ordinato.

- $C_t = p * i * L_m = p * i * \frac{Q}{2}$

Con p [€] che è il costo di acquisto del bene a scorta; i che è il tasso di interesse annuo (espresso in termini percentuali); L_m è la giacenza media che, secondo il profilo di scorta in figura, può essere espresso come $Q/2$.

Quindi i costi totali risultano essere uguali a:

$$C_{\text{tot}} = C_t + C_{\text{ord}} = p * i * \frac{Q}{2} + c_{\text{ord}} * \frac{Da}{Q}$$

Ora, andando a derivare la funzione di costo totale rispetto a Q e ponendo la derivata prima uguale a zero, si ricava il valore di Q che minimizza i costi totali, e tale valore prende il nome di Lotto Economico:

$$\text{Lotto Economico (LE)} = \sqrt{\frac{2 * Da * c_{\text{ord}}}{p * i}}$$

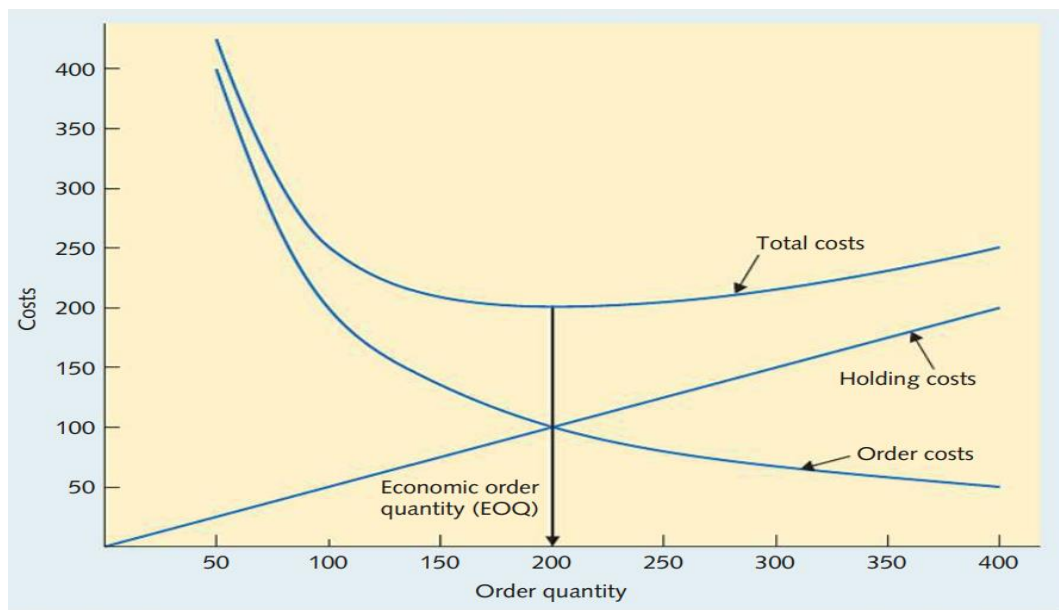


Figura 1.3: *Il modello del lotto economico.*

Fonte: Slack et al., 2013.

La rappresentazione grafica della curva del costo totale riportata in figura 1.3 mostra che, pur essendovi un solo valore di Q che minimizza i costi totali, qualunque deviazione relativamente piccola rispetto al valore del lotto economico non farà aumentare i costi totali in maniera significativa. In altre parole, i costi saranno prossimi all'ottimo a condizione che si scelga un valore di Q ragionevolmente vicino al lotto economico. Di conseguenza, dei piccoli errori nella stima dei costi di magazzinaggio o nei costi di ordinazione non produrranno un cambiamento significativo nel lotto economico. È un

fenomeno particolarmente vantaggioso perché, nella pratica, sia i costi di magazzinaggio, sia quelli di ordinazione non sono facili da stimare accuratamente. L'altra implicazione è che, siccome la curva del costo totale non è simmetrica, in genere conviene aver scorte un po' più alte – e non un po' più basse – dell'ottimo (Slack et al., 2013)⁶.

1.2.2 Il lotto economico di produzione

Il profilo delle scorte in figura 1.2 assume che l'ordine completo di riassortimento arrivi in un unico momento. In realtà, il riassortimento potrebbe avvenire su un arco di tempo anziché in una soluzione unica, per esempio quando si emette un ordine interno per la produzione a lotti di alcuni componenti. Il centro di lavorazione inizierà a produrli e a trasferirli a magazzino con un flusso più o meno continuo; ma allo stesso tempo la domanda sottrarrà unità al magazzino.

Supponendo che il ritmo con cui i pezzi vengono versati a magazzino (**P**) sia superiore al tasso di domanda (**D**), le scorte aumenteranno. Una volta completato il lotto, il centro verrà riattrezzato per produrre altri componenti e la domanda continuerà a far diminuire il livello delle scorte fino alla produzione del lotto successivo.

Il profilo che ne risulta è illustrato nella figura 1.4. È un andamento tipico delle scorte alimentate dai processi a lotti, e il lotto a costo minimo per questo profilo prende il nome di lotto economico di produzione o *Economic Quantity Batch* (**EQB**).

Indicando con:

- Livello massimo di scorte = M
- Tasso di accumulazione delle scorte = $P - D$

⁶ Ibidem.

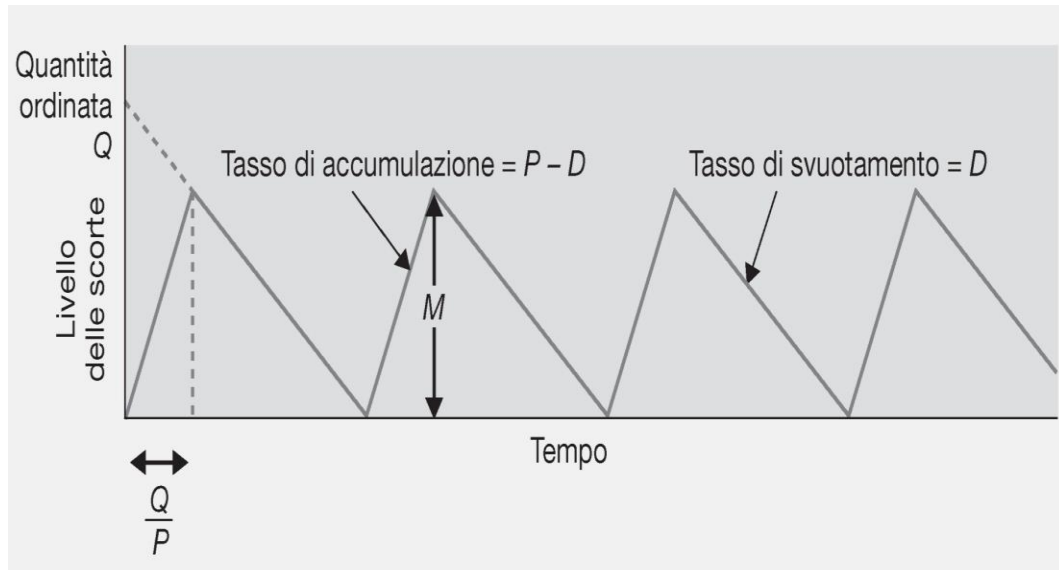


Figura 1.4: *Profilo delle scorte con riassortimento graduale del magazzino.*

Andiamo a determinare, osservando anche la figura, il livello medio delle scorte:

$$\text{Tasso di accumulazione delle scorte} = \frac{M}{Q/P} = \frac{MP}{Q}$$

$$\text{Quindi possiamo scrivere che: } \frac{MP}{Q} = P - D$$

$$\text{Da qui si ricava: } M = \frac{Q(P-D)}{P}$$

E con il livello medio delle scorte pari a $M/2$, avremo che

$$L_m = \frac{Q(P-D)}{2P}$$

Ora, analogamente a quanto fatto per il lotto economico in precedenza, andiamo ad esprimere i costi totali:

$$C_{\text{tot}} = C_t + C_{\text{ord}} = p * i * L_m + c_{\text{ord}} * \frac{Da}{Q}$$

In cui abbiamo che il c_{ord} non esprime più il costo dell'ordine imputabile all'ufficio acquisti, ma è invece riferito al costo di riattrezzaggio per la produzione del lotto.

Andando a sostituire L_m col valore trovato in precedenza e a derivare la funzione di costo totale rispetto a Q , ponendo la derivata prima uguale a zero si ricava il valore di Q che minimizza i costi totali; tale valore prende il nome di Lotto Economico di produzione (Slack et al., 2013)⁷:

$$\text{Lotto economico di produzione (EQB)} = \sqrt{\frac{2 * c_{ord} * D}{c_m * \left[1 - \left(\frac{D}{P}\right)\right]}}$$

1.2.3 Le scorte di sicurezza

La scorta di sicurezza (**SS**) è la parte delle scorte totali di un determinato prodotto che serve per prevenire il rischio di rottura di stock, e quindi di mancata vendita o fornitura al cliente. Il calcolo di tale scorta si basa sul trade-off tra i costi generati dal suo acquisto e mantenimento ed il livello di servizio che l'azienda vuole assicurare al cliente. Il livello di servizio (**LS**) indica la probabilità, espressa in termini percentuali, di riuscire ad evadere l'ordine al cliente entro i tempi concordati. Più alto il livello di servizio che l'azienda desidera assicurare, più alte dovranno essere di conseguenza le scorte di sicurezza.

Tali scorte si rendono necessarie per far fronte all'aleatorietà della domanda e dei tempi di consegna dei fornitori (LT), ed è grazie ad esse che l'azienda può far fronte ad eventuali imprevisti.

Per il dimensionamento delle SS , l'azienda si basa su considerazioni di tipo statistico applicate ai dati storici raccolti nel passato: per calcolare il valore ideale della scorta di sicurezza corrispondente ad un livello di servizio prefissato, occorre conoscere la variabilità del consumo e del LT nel periodo di approvvigionamento.

⁷ Ibidem.

Le scorte di sicurezza sono quindi dimensionate in funzione delle seguenti grandezze:

- Variabilità della domanda;
- Tempo di approvvigionamento medio;
- Variabilità del tempo di approvvigionamento;
- Livello di servizio desiderato.

Consideriamo i seguenti due casi, in cui il tempo di approvvigionamento LT è dapprima noto deterministicamente e, successivamente, affetto da variabilità.

1) LT noto deterministicamente, domanda variabile

Se i valori della domanda dei singoli periodi (per esempio settimane) possono essere considerati come estratti a caso da una distribuzione normale, di cui sono note sia la media sia la varianza (figura 1.5), è possibile esprimere il livello di servizio LS in termini di un fattore K moltiplicativo dello scarto quadratico medio σ_D della domanda.

Definito un livello di servizio LS , K è rappresentato da quel valore della variabile standardizzata u (media = 0 e scarto quadratico medio = 1) a cui corrisponde un valore di probabilità cumulata pari a LS (per esempio se LS è fissato al 95% K varrà 1,65, se $LS = 98\%$ $K = 2,06$).

Occorre inoltre considerare che la variabilità della domanda si manifesta lungo tutto il tempo LT . Pertanto, applicando la legge di composizione degli errori, si ha:

$$\sigma_{LT} = \sigma_D * LT^\mu$$

Dove l'esponente μ consente di tener conto della dipendenza statistica esistente tra la domanda di un periodo e quella dei periodi successivi; in caso di perfetta indipendenza statistica (domanda di un periodo indipendente da

quella dei periodi successivi), $\mu = 0,5$; all'estremo opposto, in caso di perfetta dipendenza (domanda autocorrelata), $\mu = 1$.

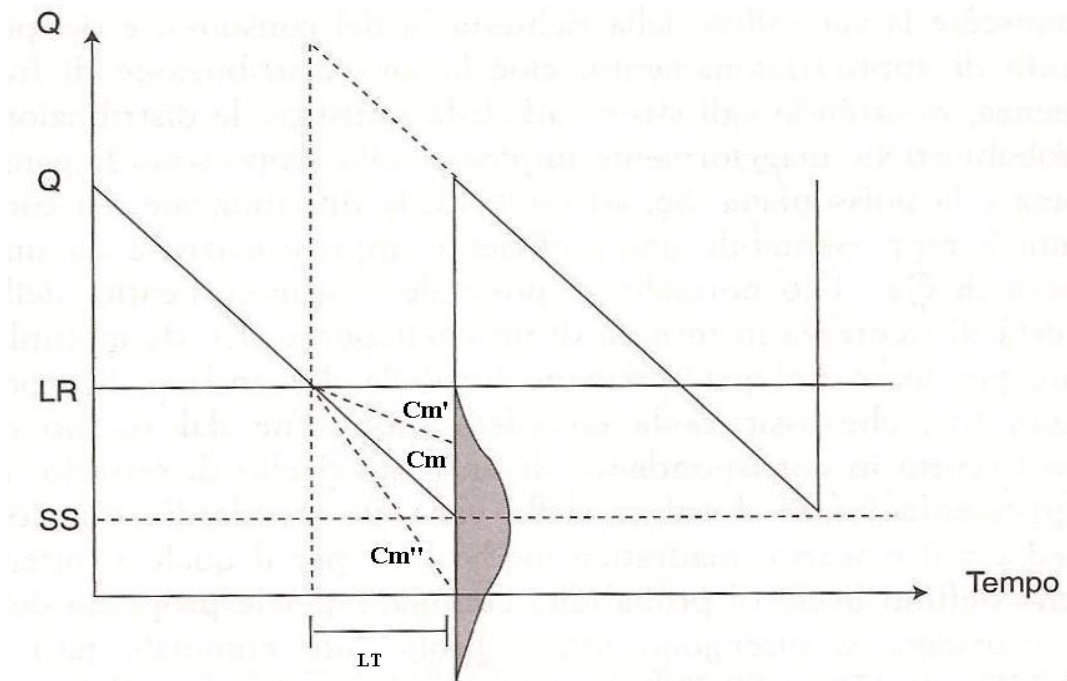


Figura 1.5: *Variabilità dei consumi.*

Fonte: Brandolese, Pozzetti, Sianesi, 1991.

Occorre cautela nell' utilizzare unità di misura congruenti; così, se $LT = 1$ mese e la domanda è rilevata su base settimanale, si ha:

$$\sigma_{LT} = \sigma_{D(\text{sett.})} * LT^{\mu} \quad \text{dove } LT = 4$$

Le scorte di sicurezza, considerando per semplicità il caso di domanda non autocorrelata, sono quindi calcolate tramite la formula:

$$SS = K * \sigma_D * \sqrt{LT}$$

2) LT e domanda affetti da variabilità

In questo caso occorre considerare sia la variabilità della domanda sia quella del tempo di approvvigionamento LT (figura 1.6), definita attraverso lo scarto quadratico medio σ_{LT} , espresso nelle stesse unità di misura di LT .

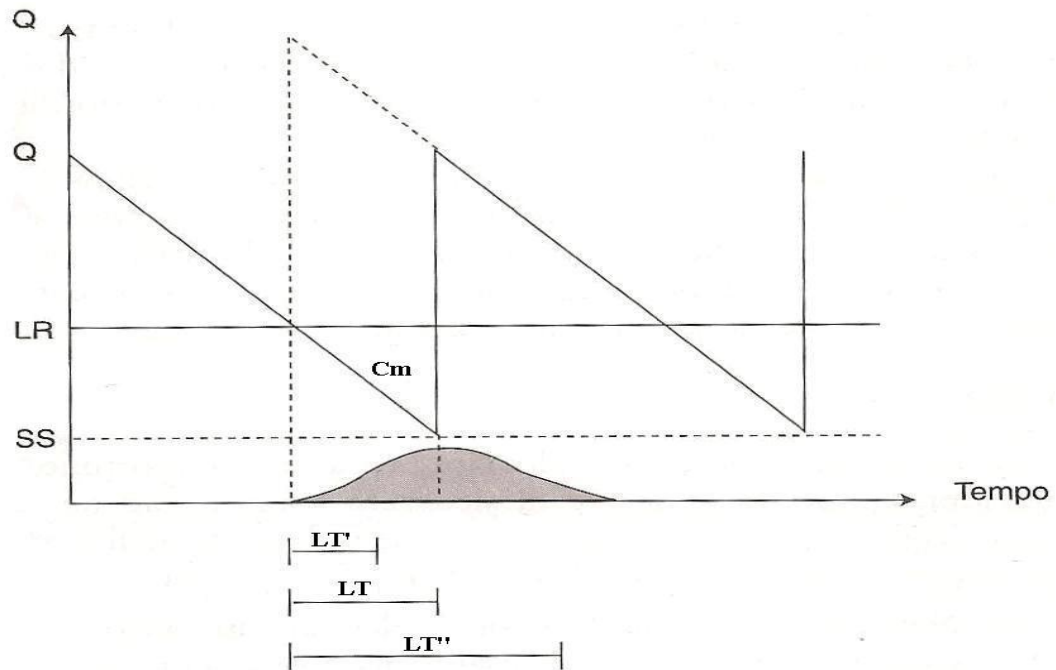


Figura 1.6: Variabilità del tempo di approvvigionamento.

Fonte: Brandolese, Pozzetti, Sianesi, 1991.

In questo caso le scorte di sicurezza sono calcolate con la seguente formula:

$$SS = K * \sqrt{\sigma_D^2 * LT + \sigma_{LT}^2 * D^2}$$

In questa formula sia D che LT hanno il significato di valori medi, rispettivamente della domanda e del tempo di approvvigionamento (Brandolese, Pozzetti, Sianesi, 1991)⁸.

1.2.4 Il sistema a punto di riordino

Nel calcolo del lotto economico si era ipotizzato, per semplificare il problema, che gli ordini arrivassero istantaneamente una volta emessi, e che la domanda fosse costante e prevedibile. Con queste condizioni, la decisione su quando emettere l'ordine di riassortimento era praticamente ovvia: l'ordine andava

⁸ A. Brandolese, A. Pozzetti, A. Sianesi, 1991, *Gestione della produzione industriale*, Ulrico Hoepli editore, Milano.

emesso non appena il livello delle scorte scendeva a zero; dato che la merce sarebbe arrivata istantaneamente, non si sarebbe corso alcun rischio di rottura di stock (figura 1.7).

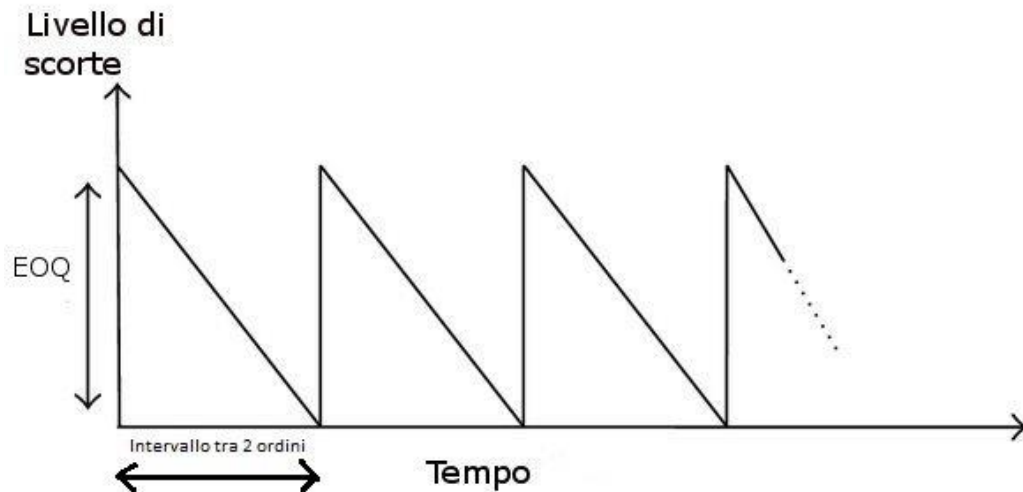


Figura 1.7: *Situazione ideale: riordino con consegna immediata dell'ordine.*

Quando si suppone che ci sia uno scarto temporale tra l'emissione dell'ordine e l'arrivo della merce in deposito, si può sempre calcolare il momento di riordino in maniera semplice: conoscendo il lead time di consegna, il punto di riordino è anticipato di un intervallo temporale pari al LT rispetto al momento in cui le scorte andranno a zero. In alternativa, si può definire il momento di riordino come il livello che avranno raggiunto le scorte quando bisogna emettere l'ordine di riassortimento (Slack et al., 2013)⁹.

Tuttavia, questa configurazione assume che sia la domanda, sia il lead time dell'ordine siano perfettamente prevedibili. Nella maggior parte dei casi non è così. Come visto nel calcolo delle scorte di sicurezza, sia la domanda sia il lead time dell'ordine tendono a variare producendo un profilo simile a quello di figura 1.8.

Una delle modalità di gestione delle scorte look back, che permette di stabilire **quando** ordinare al fornitore, è il sistema a **punto di riordino**.

⁹ Ibidem.

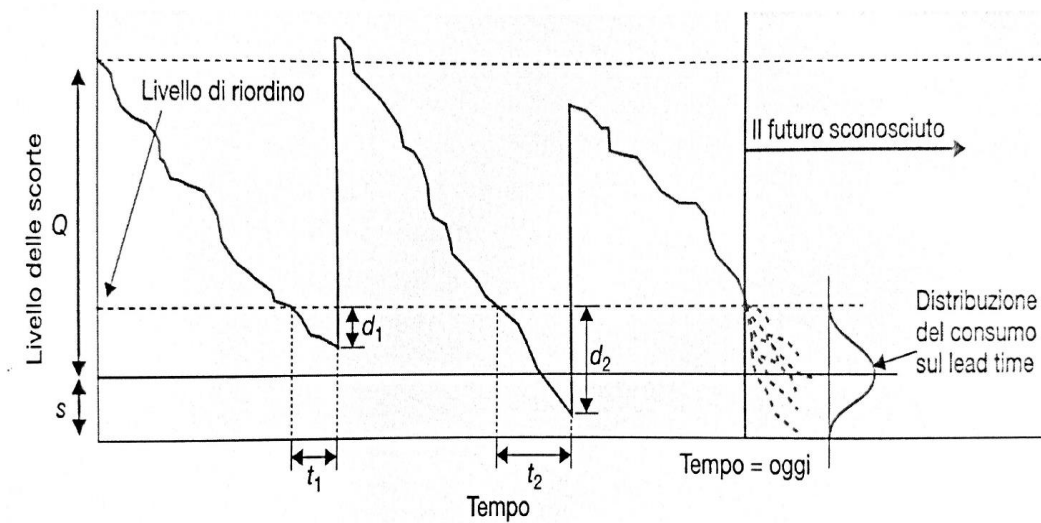


Figura 1.8: *Profilo delle scorte con variabilità di LT e consumi*

Fonte: Slack et al., 2013.

Secondo questa politica, non appena la giacenza a magazzino scende al di sotto di un livello prestabilito, chiamato *punto di riordino* o *reorder point*, indicato di solito come s o **ROP**, si deve ordinare un quantitativo fisso di prodotto Q , che permette di raggiungere un livello S di scorta.

Il metodo del punto di riordino viene definito anche *metodo (s,S)* poiché s (livello di riordino) e S (scorta massima) sono i due parametri fondamentali che spiegano il funzionamento della tecnica; o *metodo min-max* perché il livello delle scorte varia tra un livello minimo e uno massimo. Il funzionamento della tecnica del punto di riordino è illustrato in figura 1.9: il punto di riordino ROP è dato dalla somma di due componenti: le scorte di sicurezza SS , e le scorte necessarie per soddisfare il consumo durante il lead time di fornitura LT .

Il consumo medio durante un periodo di lead time è indicato con C_m . Sia LT sia C_m sono parametri calcolati sulla base dei dati storici in possesso dell'azienda.

Quindi avremo:
$$ROP = s = SS + C_m * LT$$

Quando il livello delle scorte raggiunge il punto di riordino è necessario ordinare una quantità Q di prodotto per ripristinare le scorte.

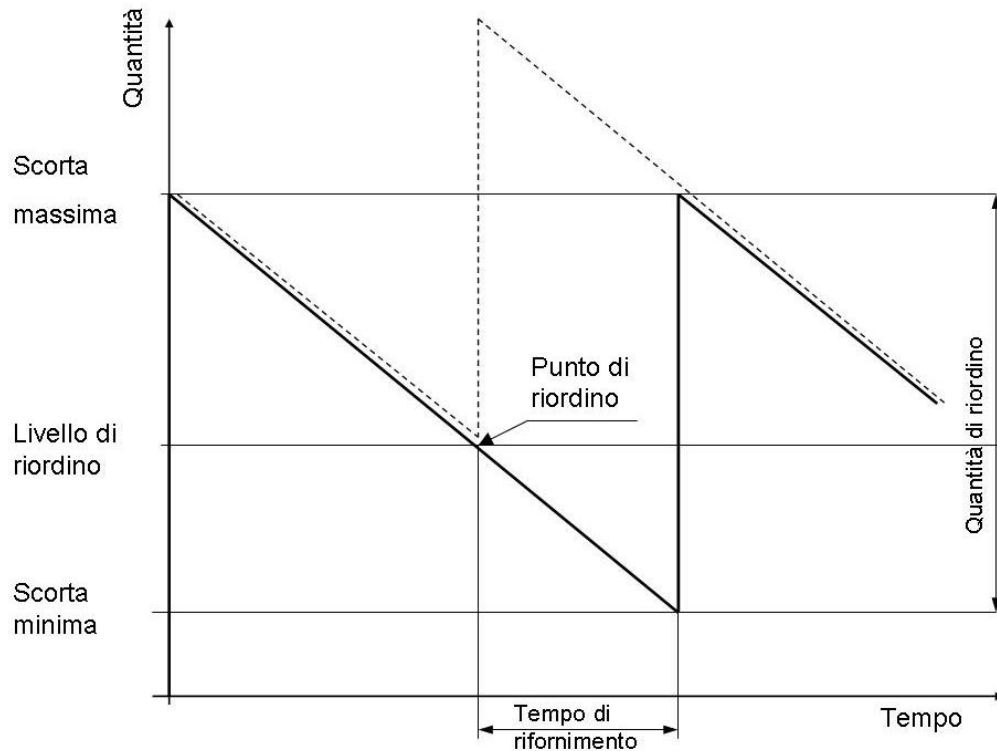


Figura 1.9: *Sistema a punto di riordino.*

Durante il lead time di fornitura, le scorte continuano a diminuire. Se la domanda del prodotto durante tale periodo è esattamente uguale al consumo $C_m * LT$, il livello delle scorte diminuisce fino a diventare esattamente pari a SS ; a questo punto l'ordine viene soddisfatto e le scorte raggiungono il livello $S = SS + Q$.

Nel caso invece in cui la domanda durante il lead time di fornitura dovesse eccedere il consumo medio previsto, il livello delle scorte scenderebbe in maniera tale che se non vi fossero le scorte di sicurezza, si verificherebbe uno stock-out.

Per quanto riguarda la quantità Q è importante notare che non è sempre possibile o conveniente ordinare una quantità di prodotto pari al lotto economico: ad esempio, *quando il costo di emissione degli ordini c_{ord} è nullo o insignificante*, e quindi per l'azienda ordinare frequentemente non è oneroso, è *conveniente ordinare il quantitativo minore possibile*. L'azienda può infatti ridurre l'entità delle scorte semplicemente ordinando una quantità Q tale che il livello

massimo delle scorte S al momento della consegna da parte del fornitore sia uguale al livello del punto di riordino s ($S=s$). Ossia:

$$Q = C_m * LT$$

$$s = S = SS + C_m * LT$$

Infatti, se emettere l'ordine non costa nulla, l'azienda cercherà di ordinare la quantità minima necessaria di prodotto, che è pari alla quantità Q che permette di raggiungere un livello massimo di scorta pari a s . Non appena il fornitore avrà consegnato la merce, l'azienda emetterà un nuovo ordine pari a Q per ripristinare la merce consumata durante il lead time di fornitura.

Se invece il costo di emissione degli ordini è significativamente diverso da zero, l'azienda emetterà una quantità Q di prodotto pari a:

$$Q = \max (C_m * LT; LE)$$

Quindi:

$$S = SS + \max (C_m * LT; LE)$$

Infatti, è possibile ordinare una quantità di prodotto pari al lotto economico solo se questa consente di raggiunger un livello di scorte almeno pari a s .

Altrimenti è necessario ordinare una quantità pari a $C_m * LT$, per non incorrere nel rischio di un successivo stock-out (Romano e Danese, 2010)¹⁰.

1.2.5 Modello a intervallo di riordino fisso

Questo modello ha come elemento fondamentale la definizione della grandezza **disponibilità** (al netto delle scorte di sicurezza) definita nel modo più generale come:

¹⁰ Ibidem.

giacenza fisica + quantità già ordinata e non ancora pervenuta
– quantità già impegnata per consegne a clienti.

La disponibilità viene fissata a un prefissato livello obiettivo. Siano:

- TR = tempo di approvvigionamento (per semplicità assunto costante);
- IE = intervallo di revisione tra due ordini consecutivi;
- LO = livello obiettivo di disponibilità;
- D = domanda media;
- q = quantità da ordinare;
- σ = scarto quadratico medio della domanda;

Le relazioni che consentono di determinare la quantità q da ordinare sono (vedi figura 1.10):

$$LO = D * (IE + TR) + K * \sigma * (IE + TR)^\mu$$

$$q = LO - \text{disponibilità}$$

Nell'espressione di LO il secondo addendo esprime la scorta di sicurezza SS.

La giacenza media risulta dunque essere espressa dalla seguente relazione:

$$GM = SS + D * \left(\frac{IE}{2}\right)$$

I modelli ad intervallo di riordino fisso più completi introducono un ulteriore livello di controllo t ($t > LO$), tale che se la disponibilità verificata in sede di revisione è compresa tra t e LO, si rimanda l'emissione dell'ordine alla revisione successiva.

Il livello di controllo t viene fissato in modo che l'ordine "medio" emesso sia circa uguale al lotto economico EOQ, tenendo conto che, procedendo nel modo indicato dal modello, l'ordine medio risulta pari a:

$$t - LO + \frac{LO - SS}{2}$$

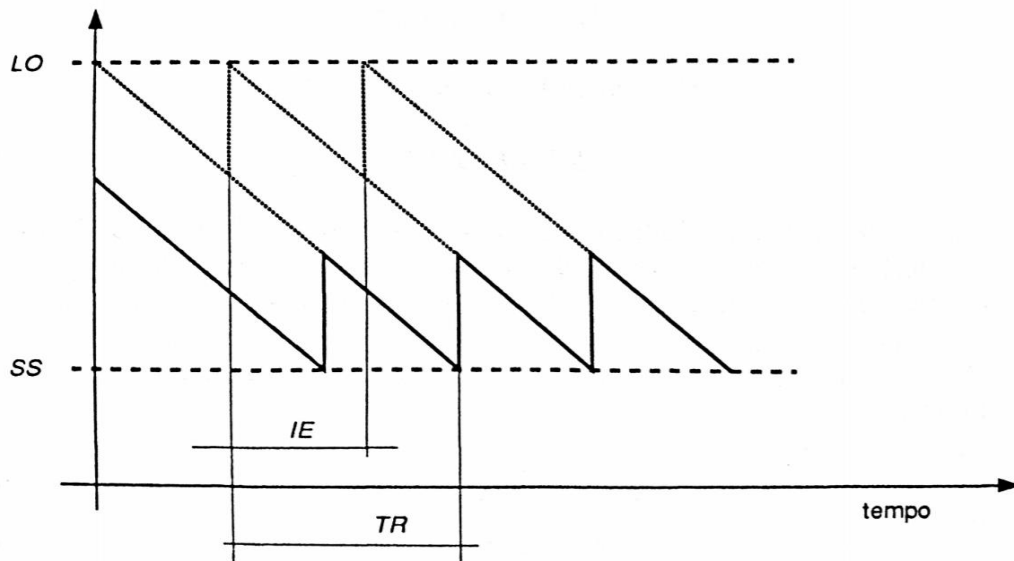


Figura 1.10: *Modello a intervallo di riordino fisso*

Fonte: Romano e Danese, 2010.

Le principali differenze tra il modello a punto di riordino e i modelli ad intervallo di riordino fisso sono pertanto i seguenti:

- il modello a punto di riordino è valido solo per riordini a voci indipendenti: non sono ammessi riordini per voci congiunte (il che può penalizzare i costi logistici quali il costo di emissione dell'ordine, i costi di trasporto ecc.);
- il modello a punto di riordino ammette variazioni stagionali limitate e necessita di un controllo continuo;
- i modelli a intervallo di riordino fisso necessitano di scorte di sicurezza più elevate e non garantiscono l'economicità di gestione (essendo la frequenza di riordino fissata ex-ante) (Brandolese, Pozzetti, Sianesi, 1991)¹¹.

¹¹ Ibidem.

1.3 I difetti delle tecniche di gestione a scorta e soluzioni proposte dalle tecniche look ahead

I vari modelli di gestione delle scorte hanno in comune l'obiettivo di rispondere alle questioni base: che cosa, quando, quanto ordinare. La risposta a tali questioni presuppone che venga valutata la domanda di un articolo durante il tempo che occorre ad approvvigionarlo.

La differenza essenziale tra i metodi a scorta e a fabbisogno consiste nel modo di arrivare a tale valutazione, e questo ne determina le condizioni di applicabilità.

I modelli di gestione look back hanno infatti una base statistica che presuppone che valgano, per gli articoli da gestire, le seguenti condizioni:

- Domanda complessiva ottenuta come somma di numerose domande “piccole” e indipendenti tra loro;
- Domanda media stazionaria;
- Utilizzo graduale dello stock;
- Distribuzione normale degli errori di previsione.

L'obiettivo di questi modelli è avere permanentemente l'articolo in giacenza o, più precisamente, quello di far sì che al più in un numero di casi pari a $(100 - LS)$ la domanda non venga soddisfatta.

Questi presupposti sono generalmente validi nella gestione degli stock di aziende commerciali. Possono esserlo anche in un'azienda manifatturiera, per la gestione degli stock di prodotti finiti e relative parti di ricambio, quando l'azienda abbia numerosi clienti, ciascuno dei quali acquista quantità piccole rispetto alla domanda complessiva di periodo.

Non lo sono, in genere, quando l'azienda produce su commessa, oppure vende a pochi clienti importanti, o è inserita in organizzazioni complesse in cui l'unità

produttiva debba soddisfare ordini (solitamente poco numerosi e di rilevante entità) emessi da divisioni commerciali autonome.

I problemi di gestione degli stock in un'azienda manifatturiera non si limitano però ai prodotti finiti. Tutte le aziende di produzione hanno infatti in comune il fatto di produrre trasformando materie prime in prodotti più o meno complessi. Si tratta quindi in genere anche di gestire gli stock di assiemi, sottoassiemi, parti e materie prime, che rappresentano spesso una parte molto cospicua degli investimenti dell'azienda.

Nei processi produttivi multistadio, il fatto di "lottizzare" la produzione dei prodotti finiti fa sì che, anche in presenza di consumo stazionario di prodotti finiti, non sia più garantito il consumo uniforme (stazionario) nel tempo dei componenti elementari, che è uno dei presupposti per la validità dei modelli di gestione delle scorte (vedi figura 1.11).

Come detto in precedenza, l'obiettivo delle tecniche di gestione a scorta è quello di avere sempre il materiale a magazzino; in effetti, nel caso delle produzioni multistadio, un certo assieme è richiesto solo quando il/i prodotti finiti di cui fa parte devono essere fabbricati e i componenti di questo assieme sono a loro volta richiesti solo quando si debba produrre l'assieme. Si esprime questo concetto dicendo che si tratta di componenti a *domanda dipendente*.

Il fatto che i componenti vengano prelevati per la produzione, e quindi se ne diminuisca la disponibilità a magazzino, non significa necessariamente che essi siano immediatamente da riapprovvigionare. Il loro ulteriore fabbisogno dipenderà infatti solo da un ulteriore fabbisogno dell'assieme, se e quando questo si verificherà.

Adottando le tecniche di gestione a scorta si generano pertanto *sovrastock* di materiali e componenti ai livelli inferiori della distinta base, non giustificati da fabbisogni immediati di codici di livello superiore.

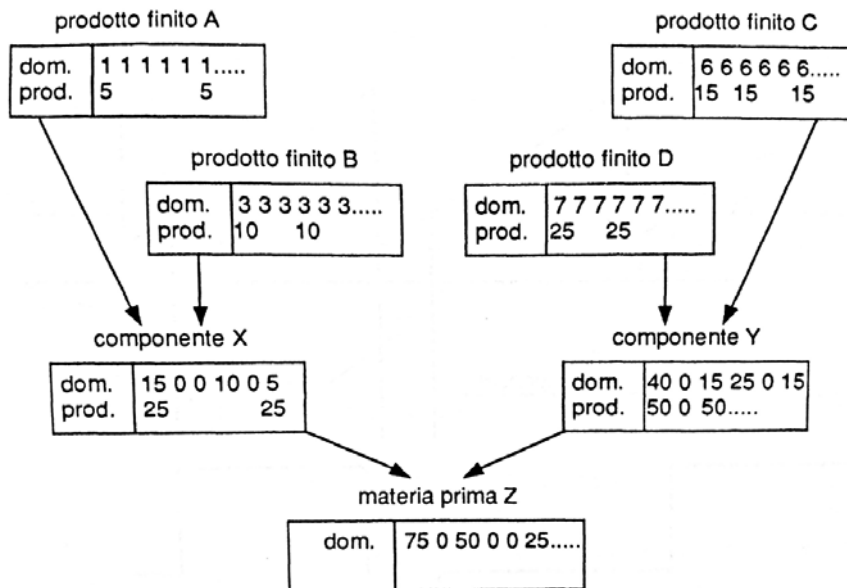


Figura 1.11: Effetti della lottizzazione dei fabbisogni

Fonte: Brandolese, Pozzetti, Sianesi, 1991.

In conclusione, le tecniche look back non sono generalmente adatte alla gestione delle scorte di assiemi-parti-materie prime nelle produzioni multistadio, poiché vengono a mancare i presupposti di applicabilità di tali tecniche.

Le **tecniche di gestione a fabbisogno** (anche dette tecniche “push” o tecniche MRP da *Material Requirements Planning*) permettono di superare i problemi delle tecniche di gestione a scorta appena elencati. Queste tecniche hanno infatti come obiettivo quello di determinare *quali* assiemi, sottoassiemi, parti e materie prime siano necessarie alla realizzazione di un determinato piano principale di produzione di prodotti finiti (Master Production Schedule o MPS), e in quali quantità e quando essi debbano essere approvvigionati al fine di assicurare il rispetto delle scadenze previste dal piano nelle migliori condizioni di economicità.

Si parte pertanto dal piano principale di produzione dei prodotti finiti e, in base alle informazioni relative:

- alla struttura dei prodotti,

- al lead time di fabbricazione e di acquisto,
- alla situazione scorte dei componenti (assiemi, parti, materie prime),

si perviene alla determinazione di un piano di ordini di riapprovvigionamento per i vari livelli della distinta base (Brandolese, Pozzetti, Sianesi, 1991)¹² (figura 1.12).

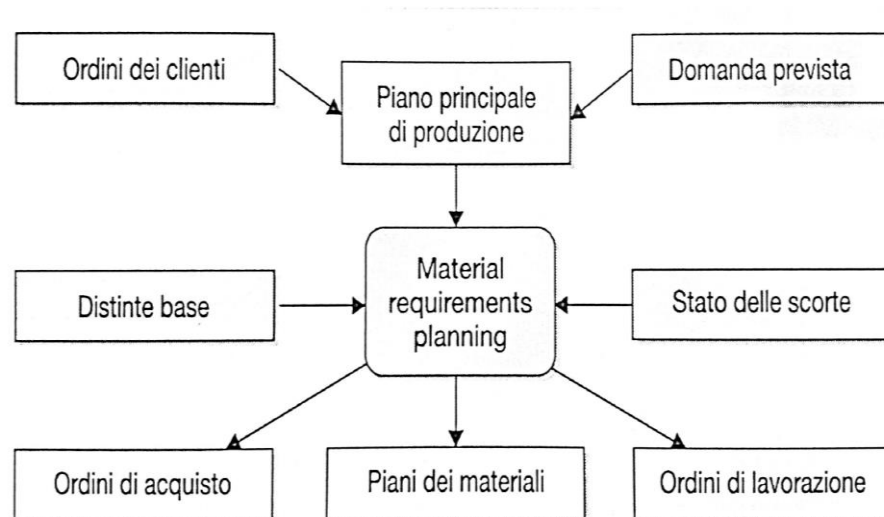


Figura 1.12: *Rappresentazione schematica del Material Requirement Planning (MRP)*

Fonte: Slack et al., 2013

¹² Ibidem.

CAPITOLO 2 – LEAN MANAGEMENT

L'obiettivo di questo capitolo è quello di introdurre il Lean Management ed approfondire alcuni dei suoi concetti fondamentali. Dopo una prima parte dedicata alle origini e allo sviluppo del pensiero snello sono presentati i principi alla base della filosofia lean. Infine, sono esposti alcuni tra i principali metodi implementati nelle aziende che operano seguendo la logica snella.

2.1 Le origini del Lean Management

Per comprendere la nascita e il successo delle metodologie lean, bisogna innanzitutto risalire agli Stati Uniti di fine '800: in quegli anni Frederick Taylor, ingegnere e imprenditore statunitense, pose le basi dell'organizzazione scientifica del lavoro definendo metodi e principi per il miglioramento dell'efficienza in produzione.

“Il rimedio alle inefficienze risiede in una gestione di tipo sistemico, non nella continua ricerca di uomini straordinari” (Frederick Taylor).

Il primo modello produttivo derivante dalle teorie elaborate da Taylor fu implementato da Henry Ford, agli inizi del 1900. Tale modello, denominato **produzione di massa** era caratterizzato da determinate proprietà:

- Scomposizione del processo produttivo in micro-attività;
- Utilizzo di macchine specializzate;
- Controllo cronometrico dei tempi;
- Eliminazione dei tempi morti;
- Elevati volumi produttivi con innesco di economie di scala;
- Elevate scorte di sicurezza per garantire un flusso continuo;
- Diminuzione dei prezzi;

- Domanda altamente prevedibile;
- Bassa varietà;

Queste caratteristiche portarono la produzione di massa ad un immediato successo, destinato a durare anche nei decenni successivi. Tuttavia, a partire dagli anni sessanta del secolo scorso, il modello fordista cominciò ad entrare in crisi: quando la domanda iniziò a divenire meno prevedibile e vi fu la necessità di aumentare la varietà perché le richieste dei clienti divennero più eterogenee, le aziende basate sul fordismo faticarono a soddisfare queste esigenze a causa della propria scarsa flessibilità.

“Ogni cliente può ottenere una Ford T colorata di qualunque colore desideri, purché sia nero” (Henry Ford, 1909)¹³.

Al contempo iniziarono a comparire sui mercati occidentali i prodotti di grandi aziende giapponesi, caratterizzati da un mix di costi bassi ed elevata varietà e qualità. In breve tempo queste aziende conquistarono ampie quote di mercato, arrivando in alcuni casi ad impadronirsi di interi settori industriali.

Il successo di queste aziende giapponesi era dovuto ad un nuovo paradigma produttivo, alternativo alla produzione di massa, ideato e perfezionato tra il 1948 e circa il 1975¹⁴ da Taiichi Ohno, Shigeo Shingo ed Eiji Toyoda¹⁵: questo nuovo sistema prenderà il nome di Toyota Production System (**TPS**), dal momento che Toyota fu la prima azienda ad implementarlo.

¹³ Traduzione letterale di una nota di Henry Ford del 1909 a riguardo del Modello T, pubblicata nella sua autobiografia *My Life and Work* (1922).

¹⁴ *Toyota Production System and Lean Manufacturing*, Strategos-International, http://www.strategosinc.com/toyota_production.htm

¹⁵ Taiichi Ohno (1912-1990) è stato l'ingegnere giapponese considerato il vero e proprio padre del TPS. Shigeo Shingo (1909-1990) è stato un ingegnere giapponese, ideatore della metodologia SMED (par. 2.5.2). Eiji Toyoda (1913-2013) è stato un ingegnere giapponese e presidente della Toyota Motor Company dal 1967 al 1994.

Il TPS era essenzialmente volto all'eliminazione totale degli sprechi e delle inefficienze, che Ohno aveva potuto individuare visitando gli stabilimenti americani basati sul modello fordista¹⁶.



“Tutto ciò che stiamo facendo è di misurare l'intervallo di tempo tra il momento in cui un ordine ci arriva e il momento in cui raccogliamo i soldi per esso. E poi cerchiamo di ridurlo eliminando le attività a nessun valore aggiunto”. (Taiichi Ohno, figura 2.1)

Figura 2.1: *Taiichi Ohno*

Questo obiettivo era perseguito partendo da alcuni concetti fondamentali:

- **Flusso continuo**, per ridurre attese e tempi di attraversamento;
- Produzione **pull**, per eliminare la sovrapproduzione;
- **Miglioramento continuo**, a piccoli passi e con il coinvolgimento di tutti.

Il successo di questo sistema fu inizialmente sottovalutato dagli imprenditori occidentali che lo imputavano semplicemente a fattori come:

- Basso costo della manodopera in Giappone e assenza di sindacati;
- Devozione dei giapponesi all'azienda, che veniva messa al di sopra della famiglia e dell'individuo;
- Agevolazioni e finanziamenti alle imprese giapponesi da parte del MITI (Ministry of International Trade and Industry);

¹⁶ Fonte: appunti del corso di Gestione Snella dei Processi.

- Aver avuto la fortuna di produrre automobili piccole con bassi consumi proprio in un momento di crisi petrolifera.

Negli anni ottanta del secolo scorso, vista la continua ascesa delle imprese giapponesi tra cui spiccava quella di Toyota, ci si rese conto che il successo nipponico non poteva essere dovuto a semplice fortuna o coincidenze: così, numerosi studiosi ed esperti iniziarono a studiare il modello di Ohno visitando gli stabilimenti giapponesi. Si accorsero, in questo modo, di quanto le aziende occidentali fossero ormai superate in quanto ad efficienza, riduzione degli sprechi, delle scorte e dei difetti.

Grazie all' applicazione dei principi della Lean Production, a poco più di settanta anni dalla sua nascita come piccola impresa automobilistica nel 1937, nel 2008 Toyota è divenuta l'azienda leader mondiale nel mercato delle automobili per unità vendute¹⁷.

2.2 I principi fondamentali del lean thinking

Con il termine lean thinking si intende *“la ricerca degli sprechi e la loro eliminazione, allo scopo di produrre di più con un minor consumo di risorse”*. (Womack J., Jones D., 1996)¹⁸.

Alla base della Lean Manufacturing troviamo il Lean Thinking, ossia il “pensiero snello”, definito da 5 principi fondamentali (figura 2.2):

1. **Definire il valore:** il valore è ciò per cui il cliente è disposto a pagare, il resto è muda (spreco) e deve perciò essere eliminato. Il valore deve quindi essere identificato portandosi nei panni del cliente, capendo quali siano le caratteristiche del prodotto e le fasi del processo

¹⁷ (http://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/text/leaping_forward_as_a_global_corporation/chapter5/section1/item3.html)

¹⁸ Womack J., Jones D., 1996, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Productivity Press.

produttivo per le quali egli è disposto a pagare. Bisogna quindi riuscire a distinguere i costi che l'azienda sostiene per apportare valore da quelli invece che vengono sostenuti inutilmente, e che quindi dovranno essere limitati o possibilmente eliminati.

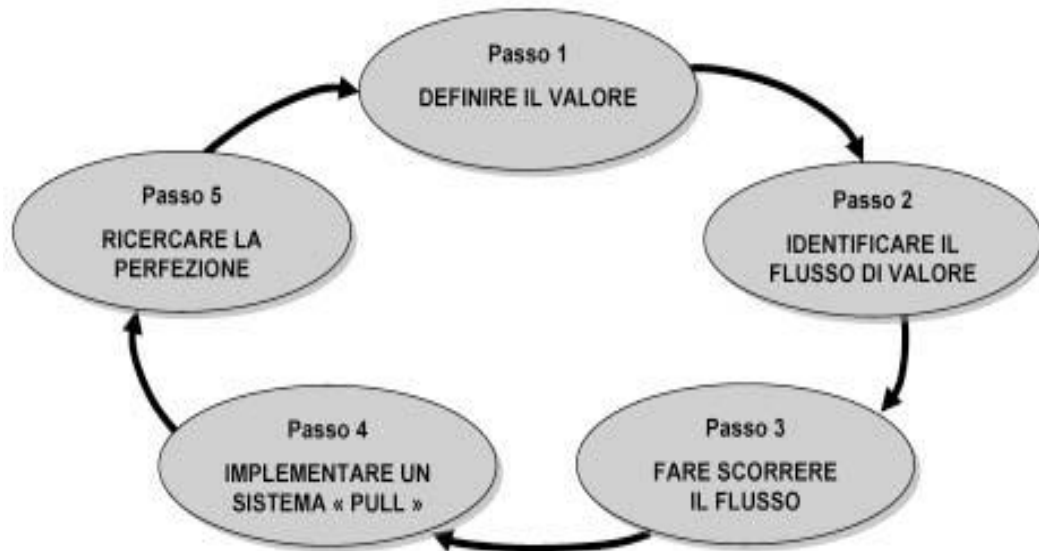


Figura 2.2: I 5 principi lean

2. Identificare il flusso di valore: cioè tracciare il flusso di tutte le attività, processi che portano alla realizzazione del prodotto finale. Per farlo viene utilizzato uno strumento detto Value Stream Mapping (approfondito al paragrafo 2.6), che permette appunto di mappare il flusso di valore, andando a distinguere attività che apportano valore da quelle che invece comportano sprechi. Realizzando una value stream map, possiamo rappresentare il flusso di produzione di un articolo andando a distinguere 3 tipi di attività:

- *Attività che creano valore;*
- *Attività che non creano valore, ma sono necessarie:* sono quelle attività che non contribuiscono a creare valore per il cliente, ma delle quali non è possibile, nella configurazione attuale dell'azienda, fare a meno;

- *Attività che non creano valore*: sono quelle attività che non creano valore né per il cliente né per l'azienda. Sono quindi fonte di sprechi e andranno eliminate tramite processi di miglioramento.

3. Far scorrere il flusso: fare in modo che il prodotto fluisca rapidamente tra le risorse e i processi; nelle aziende tradizionali è diffuso l'utilizzo di buffer inter-operazionali che vanno ad assicurare che la produzione a valle possa proseguire anche se dovessero esserci guasti o altri inconvenienti nei processi a monte. Questo comporta che le conseguenze del problema non si propaghino all'intero sistema: se da un lato questo è un effetto positivo, dall'altro è estremamente problematico perché porta a non risolvere alla radice le problematiche del sistema, dato che queste sono "coperte" grazie alle scorte. Se il livello di queste scorte viene abbassato, al presentarsi di un problema esso non potrà più essere ignorato ma dovrà essere al più presto risolto, aumentando così l'efficienza dell'unità produttiva.

Per illustrare graficamente gli effetti obnubilanti delle scorte viene spesso utilizzata la metafora del fiume e degli scogli (figura 2.3).

I tanti problemi delle operations sono raffigurati come scogli ammassati sul letto di un fiume, che non si possono vedere per la profondità dell'acqua. L'acqua rappresenta le scorte delle operations e, anche se non sono visibili, gli scogli rallentano il flusso delle acque e creano turbolenza.

Riducendo gradualmente la profondità dell'acqua (il volume delle scorte) si mettono a nudo i problemi maggiori che si possono risolvere, dopodiché il livello dell'acqua viene ulteriormente abbassato, mettendo a nudo altri problemi e così via (Slack et al., 2013)¹⁹.

¹⁹ Ibidem.

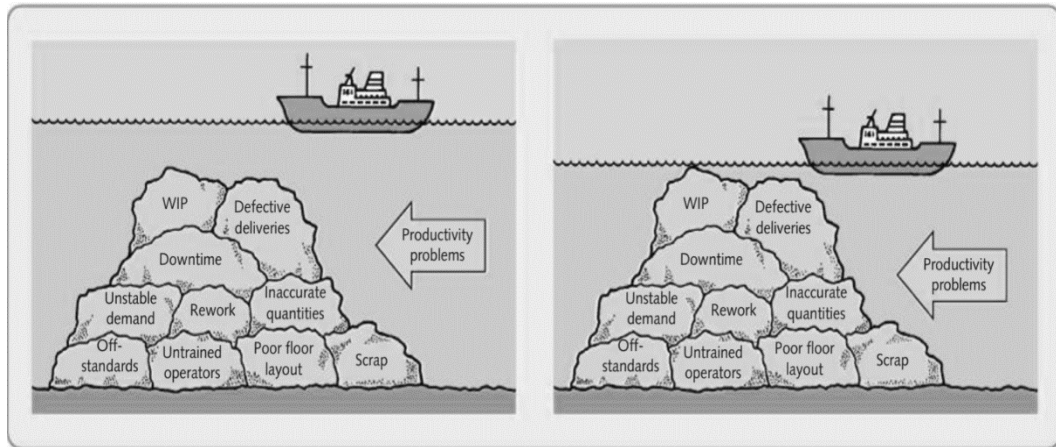


Figura 2.3: La metafora del fiume e degli scogli.

Fonte: Slack et al., 2013.

Inoltre, questi buffer creano un flusso non sincronizzato e discontinuo, portando anche ad avere alte scorte e lunghi tempi di attraversamento perché i componenti restano in attesa.

4. **Implementare un sistema pull:** le aziende occidentali, in particolare nel settore automobilistico, erano caratterizzate da un approccio *push*, andavano cioè a realizzare il prodotto per averlo sempre a disposizione alla vendita e soddisfare la domanda. Questo approccio aveva sempre funzionato fino a che la domanda, come detto precedentemente, non ha iniziato a farsi più frammentata e diversificata. Con un approccio di tipo *pull*, è il cliente stesso a tirare, appunto, la produzione: si produce solamente quanto e quando richiesto dal cliente, senza bisogno di previsioni ed evitando il rischio di sovrapproduzione.

Uno degli strumenti principali per implementare questa soluzione è il cartellino *kanban* di cui parleremo in modo più approfondito in seguito.

5. **Ricerca la perfezione:** alla base della filosofia lean troviamo il concetto di ***Kaizen***, letteralmente “cambiamento verso il meglio”; nell’ottica lean è inteso come ricerca costante della perfezione, andando a cercare di continuo nuove possibilità di migliorare i pur ottimi risultati ottenuti fino a quel momento. Fondamentale è quindi il miglioramento

continuo, tramite il quale, applicando i principi precedenti, si ricerca costantemente la perfezione.

2.3 Muda, mura, muri

L'eliminazione degli sprechi (*muda*) è uno dei principi fondamentali della filosofia lean. Realizzando la VSM possiamo, come detto, individuare le attività che non creano valore e che quindi sono fonte di sprechi.

“Spreco è tutto ciò che eccede il minimo contributo di impianti, materiali, componenti, spazio e tempo uomo, che sono assolutamente essenziali ad aggiungere valore al prodotto o servizio realizzato” (Soichiro Toyoda, Presidente Toyota Corp).

Taichi Ohno suddivise i possibili sprechi in **7 categorie** (figura 2.4):

1. **Sovrapproduzione:** avviene nel momento in cui si produce su previsione, ma la domanda reale del cliente si rivela essere più bassa di quanto previsto. La sovrapproduzione comporta un incremento delle scorte a magazzino, e quindi un aumento dei costi associati al loro mantenimento, oltre ad un possibile rischio di degrado ed obsolescenza durante il periodo in cui i codici rimangono stoccati. Un'azienda lean opera in *pull* e quindi, producendo esattamente quanto richiesto dal cliente e proprio nel momento in cui lo richiede, non si incorre nel rischio di sovrapproduzione di un articolo;
2. **Scorte:** fonte di spreco direttamente collegata alla sovrapproduzione. Sono materiali, articoli in attesa di essere lavorati o venduti. Essi contribuiscono a disaccoppiare le fasi di lavorazione permettendo di continuare la produzione nonostante un eventuale imprevisto in una fase a monte, ma costituiscono un costo ingente per l'azienda, oltre a mascherare problemi ed inefficienze.



Figura 2.4: le 7 fonti di spreco

Fonte: www.easylean.it ²⁰

3. **Attesa:** sono i tempi morti in cui una risorsa è inoperosa a causa del fatto che sta attendendo il completamento di altre attività. Questo accade quando non vi è un'ottima sincronizzazione tra le varie fasi del processo produttivo: in questo caso saranno presenti tempi morti e problemi di bilanciamento tra le fasi, e ne risente così l'efficienza dell'intero sistema. I tempi di attesa sono sprechi perché sono momenti che potenzialmente si sarebbero potuti impiegare in maniera produttiva, producendo valore.
4. **Trasporto del materiale:** con questo si intendono i trasporti inutili di materiali, semilavorati, ma anche di informazioni tra i vari processi. Si devono identificare i trasporti tra le varie fasi del processo produttivo che possono essere ridotti o eliminati: il trasporto è un'attività che non aggiunge valore ed assorbe tempo alle risorse, e deve perciò essere minimizzata.

²⁰ <https://www.easylean.it/298/processi-aziendali-e-sprechi:-quali-sono-e-come-eliminarli?>

5. **Percorsi degli operatori:** con questi si intendono le movimentazioni non necessarie degli operatori all'interno del processo produttivo. Si verificano, ad esempio, quando un operatore, per procurarsi dei materiali per realizzare la propria attività, debba percorrere grandi distanze all'interno del magazzino. Questi movimenti non aggiungono valore, e sono quindi degli sprechi. La causa di tali sprechi è quindi da ricercare in una errata disposizione dei materiali nelle postazioni di lavoro e layout non ottimizzati.
6. **Sovra-processo (processi inutili):** sono parti del processo produttivo per le quali il cliente non è disposto a pagare, perché non contribuiscono a dare valore al prodotto. Possono verificarsi ad esempio quando si supera lo standard richiesto dal cliente, e l'azienda sostiene un costo per una caratteristica del prodotto che però non interessa al cliente. Queste lavorazioni sovrabbondanti sono solitamente provocate da un'errata progettazione del sistema produttivo, che dovrebbe essere sempre legato direttamente ai requisiti del cliente.
7. **Rilavorazioni:** sono le ripetizioni di una fase del processo, o riparazioni/correzioni di un difetto. Sono dovuti ad attività e processi che realizzano prodotti non conformi; questi dovranno poi essere rilavorati o scartati, generando sprechi oltre che costi ulteriori. È importante quindi dare rilevanza all'affidabilità dei processi, andando ad individuare il prima possibile, e a risolvere alla radice, le cause di eventuali non conformità.

Con il termine **mura** invece si indicano *le inefficienze dovute alla variabilità del carico di lavoro legato all'andamento della domanda*. Una delle principali cause della variabilità che impedisce un flusso lineare e scorrevole e ostacola la sincronizzazione snella è la varietà nella qualità dei prodotti.

Per limitare questa variabilità che è causa di inefficienze, si deve cercare di effettuare il livellamento della produzione: il termine giapponese per definirlo è **Heijunka**. Heijunka è un altro dei concetti fondamentali della lean production, il cui obiettivo è quello di *passare dalla tradizionale produzione di grandi lotti ad un mix produttivo che si ripete nel tempo*. Il principio ispiratore della programmazione livellata è molto semplice; tuttavia, le condizioni che permettono di metterla in pratica sono molto rigide, anche se i benefici che ne derivano possono essere consistenti.

Nella logica tradizionale, se in un determinato periodo occorre un certo mix di prodotti, la dimensione del lotto viene calcolata per ciascun prodotto e i lotti vengono fabbricati in sequenza. Le conseguenze dell'utilizzo di grandi lotti sono in primo luogo l'accumulo di scorte relativamente consistenti all'interno del reparto e tra reparti; in secondo luogo ciò che viene prodotto è nella maggior parte dei giorni diverso in termine di mix realizzato.

Nel caso in cui si riesca ad incrementare significativamente la flessibilità del reparto produttivo (ad esempio andando a ridurre i tempi di set-up utilizzando la metodologia SMED²¹) si potranno ridurre le dimensioni dei lotti senza andare a perdere capacità. In questo caso potremmo riuscire a completare un lotto di ciascun prodotto in un solo giorno. Il risultato è che tra una fase e l'altra si creano meno scorte e il livello complessivo del work in progress delle operations è minore.

Non meno significativo è l'effetto sulla regolarità e sul ritmo della produzione all'interno del reparto: ora tutti i giorni del mese sono identici in termini di ciò che viene prodotto. Questo, oltre a permettere all'azienda di inseguire più

²¹ Single Minute Exchange of Die: tecnica lean che nasce negli anni '70 in Toyota Motors Corporation ad opera di Shigeo Shingo. L'obiettivo è quello di ridurre il più possibile i tempi di set up di una macchina: questo è fondamentale in ottica lean al fine di poter ottenere un flusso continuo e livellare la produzione. Tradotto letteralmente con "cambio dello stampo in un solo minuto", non significa in realtà che tutti cambi stampo dovrebbero richiedere al massimo un minuto, ma che dovrebbero richiedere meno di 10 minuti

Fonte: Shigeo Shingo, 1981, *Study of Toyota Production System*.

efficacemente la domanda del cliente, facilita notevolmente la pianificazione e il controllo in ogni fase delle operations: quando tutti i giorni sono uguali, tutti i componenti del reparto produttivo possono sapere se la produzione è in linea con il programma semplicemente guardando l'orologio; il controllo diventa visibile e trasparente per tutti (figura 2.5).

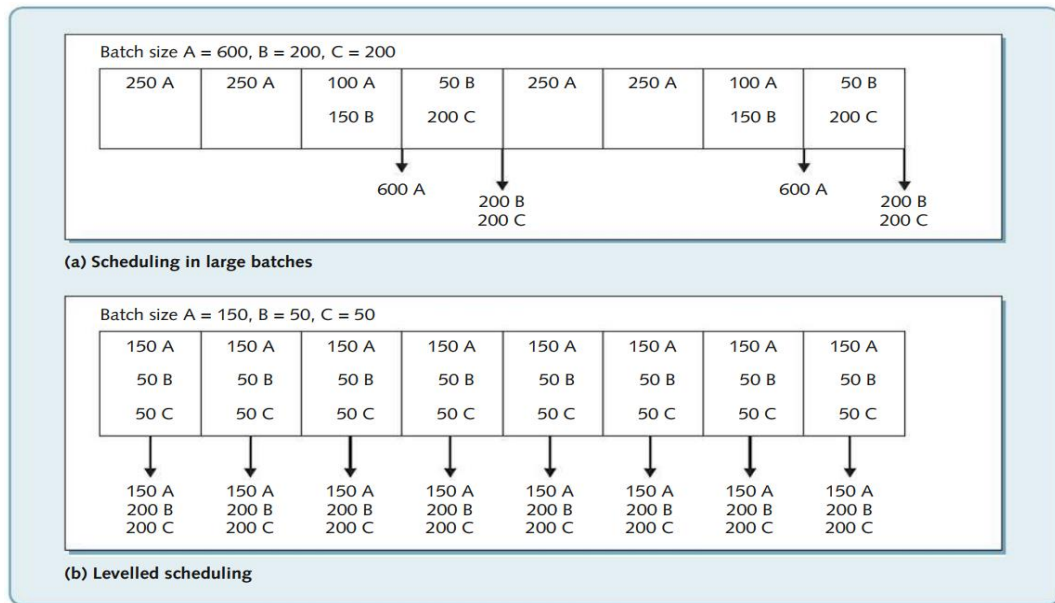


Figura 2.5: *Vantaggi della riduzione della dimensione dei lotti produttivi*

Fonte: Slack et al., 2013.

Un concetto simile è quello della *programmazione livellata delle consegne*: il caso della programmazione livellata si può applicare a molti processi di trasporto. Si consideri l'esempio di una catena di supermercati che deve consegnare settimanalmente l'intera gamma dei prodotti in assortimento. L'approccio tradizionale prevede che un camion di un prodotto vada in giro a rifornire i diversi punti vendita in funzione dei loro fabbisogni settimanali di quel prodotto. In termini logici è l'equivalente dei grandi lotti di cui si è parlato in precedenza. L'approccio livellato prevede invece di inviare più frequentemente ai punti vendita un camion con l'intera gamma dei prodotti in assortimento. A quel punto, ciascun punto vendita riceve più frequentemente forniture meno consistenti, le scorte diminuiscono e il sistema può rispondere con più sollecitudine ai trend della domanda, perché la maggior frequenza delle

consegne si traduce in maggior possibilità di modificare la quantità recapitata a un punto vendita (figura 2.6).

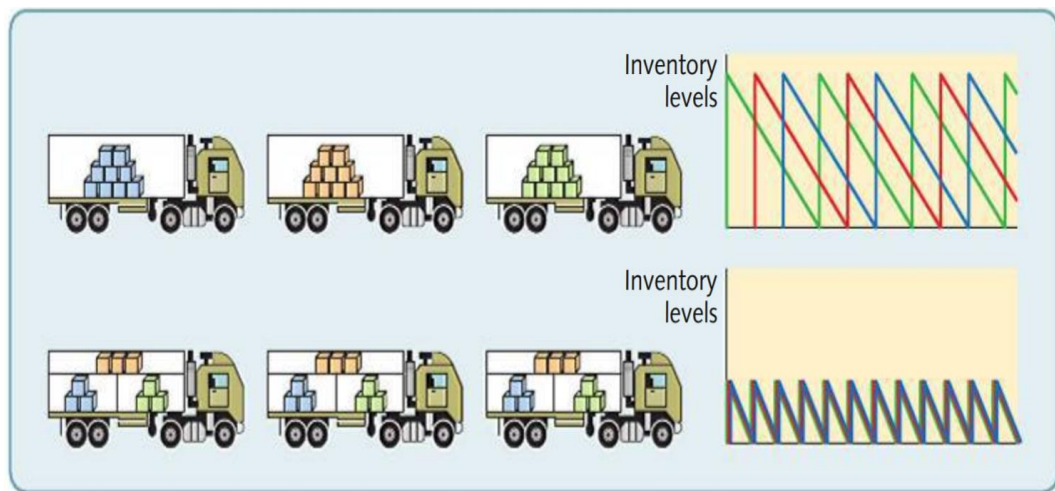


Figura 2.6: Programmazione livellata delle consegne

Fonte: Slack et al., 2013.

Il principio della programmazione livellata si può estremizzare fino a realizzare una produzione di tipo “*mixed modelling*” (figura 2.7), ovvero una produzione in cui il mix micro è uguale al mix macro.

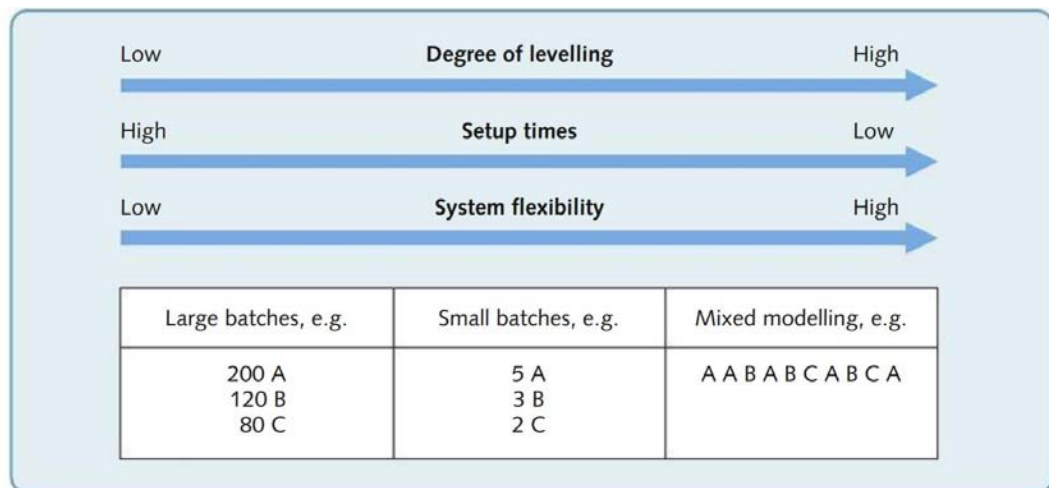


Figura 2.7: Esempio di mixed modelling

Fonte: Slack et al., 2013.

Si supponga che le macchine di un reparto produttivo possano essere rese così flessibili da realizzare il JIT²² (approfondito al paragrafo 2.5.2) ideale con lotti a pezzo singolo. Così facendo i volumi dei singoli prodotti realizzati dal reparto si potrebbero ridurre progressivamente; ciò darebbe origine a un flusso costante in cui ogni prodotto fluisce continuamente dal reparto (Slack et al., 2013)²³.

Con il termine *muri* invece si indica il *sovraccarico delle risorse o delle persone*. Una condizione di sovraccarico può provocare problemi legati alla sicurezza, quindi ad esempio infortuni sul lavoro dovuti a problemi di ergonomia, o al fatto di ripetere troppe volte, e magari anche nel modo sbagliato, la medesima operazione. Analizzare i *muri* nell'azienda è uno dei processi che sta alla base dell'ottimizzazione dei processi e delle risorse, in quanto una riduzione del sovraccarico, riferito ad esempio agli operatori, porta a meno infortuni e meno assenze per malattia (figura 2.8).

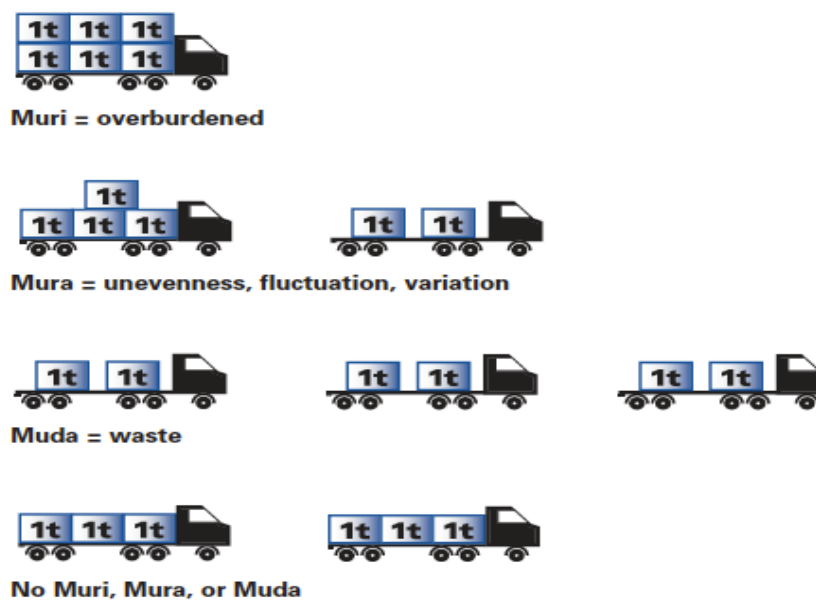


Figura 2.8: *Muri, mura, muda*.

²² Enciclopedia Treccani, dizionario di economia e finanza, 2012. Just In Time (JIT): insieme delle tecniche industriali di derivazione giapponese applicato alla gestione della produzione, delle scorte e della catena di fornitura. Nella sua accezione più ristretta, significa produrre solo quanto richiesto dal cliente nei tempi voluti dal cliente.

²³ Ibidem.

Migliorare queste condizioni fa sì che gli operatori non si sentano sfruttati e percepiscano la fabbrica come un luogo sicuro, e questo li porta a rendere al meglio.

2.4 Kaizen

Il Kaizen, o miglioramento continuo, adotta un approccio di miglioramento della performance che si basa su una serie infinita di piccoli progressi incrementali. Fu così definito nel 1986 da Masaaki Imai, uno dei maggiori sostenitori di questo principio:

“kaizen significa miglioramento. Inoltre, significa miglioramento nella vita personale, nella vita familiare, nella vita sociale e nella vita lavorativa. Con riferimento all’ambiente di lavoro, kaizen significa miglioramento continuo che coinvolge tutti quanti, manager e lavoratori”.

Il miglioramento continuo non si preoccupa di promuovere dei piccoli miglioramenti di per sé, ma ritiene che presentino un vantaggio significativo rispetto ai grandi miglioramenti: possono essere seguiti in modo relativamente indolore da altri piccoli miglioramenti. Ciò che conta non è il tasso di miglioramento, ma lo slancio del processo di miglioramento. Non importa se i miglioramenti successivi sono di entità limitata: la cosa importante è che tutti i mesi (o settimane, trimestri ecc. quale che sia il periodo di riferimento) ci sia stato effettivamente qualche miglioramento.

Un elemento importante del miglioramento continuo è l’idea che il miglioramento possa essere rappresentato da un ciclo infinito di costante messa in discussione del funzionamento dei processi: si tratta del cosiddetto **ciclo di miglioramento**, di cui esistono molteplici versioni. Due modelli tra i più comunemente usati sono il ciclo **PDCA** (chiamato anche Ciclo di Deming,

dal nome del celebre W.E. Deming²⁴ che lo definì) e il ciclo **DMAIC** (reso popolare dall'approccio Six Sigma²⁵ al miglioramento).

2.4.1 Il ciclo PDCA

Il ciclo è spesso richiamato con l'acronimo PDCA, che deriva dalle 4 fasi che lo costituiscono, e che sono di seguito illustrate (figura 2.9):

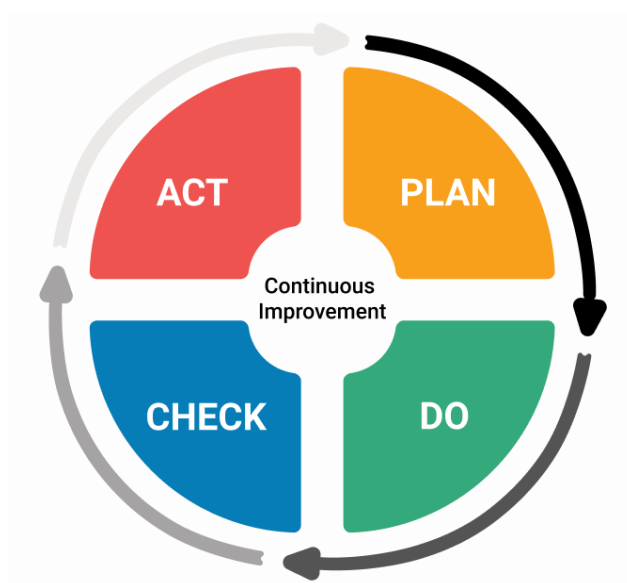


Figura 2.9: *Il ciclo PDCA*

Il ciclo parte dalla fase P (**Plan**, pianificare), che comporta un esame del metodo o dell'area problematica in esame. Significa raccogliere e analizzare i dati in modo da formulare un piano di azione finalizzato a migliorare la performance.

La fase successiva è la D (**Do**, realizzare). È la fase di implementazione, durante la quale il piano viene messo alla prova.

²⁴ William Edwards Deming (Sioux City, 14 ottobre 1900 – Washington, D.C., 21 dicembre 1993) è stato un ingegnere, saggista, docente e consulente di gestione aziendale e *manager* statunitense.

²⁵ Pande et al., 2000: "Il six sigma è un sistema complesso e flessibile per ottenere, mantenere nel tempo e massimizzare il successo commerciale. Il Six Sigma è ispirato in particolare da una profonda comprensione dei bisogni dei clienti, dall'uso disciplinato dei fatti, dei dati e dell'analisi statistica, e da una diligente attenzione alla gestione, al miglioramento e al ripensamento dei processi di business".

Poi viene la fase C (**Check**, verificare), in cui la nuova soluzione implementata viene valutata per capire se ha prodotto il miglioramento atteso.

Infine, viene la fase A (**Act**, agire). In questa fase il cambiamento viene consolidato o standardizzato se ha avuto successo. In alternativa, se il cambiamento non ha avuto successo, le lezioni apprese dalla “sperimentazione” vengono formalizzate prima che il ciclo riparta nuovamente.

2.4.2 Il ciclo DMAIC

Il ciclo DMAIC (figura 2.10) parte dalla definizione del problema o dei problemi (**Define**), in parte per capire la portata di ciò che bisogna fare e in parte per definire esattamente i requisiti dell’azione di miglioramento da apportare al processo. Spesso in questa fase si fissa un obiettivo o un target formale di miglioramento.



Figura 2.10: *Il ciclo DMAIC*

Dopo la definizione viene la fase di misurazione (**Measure**), importante perché l’approccio Six Sigma enfatizza i dati empirici anziché le opinioni. La

misurazione comporta la validazione del problema, l'utilizzo di dati per raffinare i termini del problema e la misurazione analitica di ciò che sta accadendo.

La fase di analisi (*Analyze*) si può considerare un'opportunità per sviluppare delle ipotesi sulle cause profonde del problema. Queste ipotesi vengono confermate o meno dall'analisi, facendo emergere le cause profonde.

Una volta identificate le cause del problema, può iniziare il lavoro di miglioramento del processo (*Improve*). Si sviluppano delle idee per rimuovere le cause dei problemi, si testano delle soluzioni e quelle che sembrano funzionare vengono implementate e formalizzate con la misurazione dei risultati.

Il processo migliorativo va poi continuamente monitorato e controllato (*Control*) per verificare che la performance migliorata si mantenga nel tempo, e poi il ciclo riparte.

In entrambi i cicli l'ultimo punto è il più importante: "il ciclo riparte". È solo accettando l'idea che in una filosofia di miglioramento continuo questi cicli non si fermano letteralmente mai che il miglioramento diventa parte integrante del lavoro di tutti coloro che operano nell'organizzazione.

2.4.3 Differenze tra miglioramento radicale e continuo

Il miglioramento radicale valorizza particolarmente le soluzioni creative, e incoraggia il pensiero destrutturato e l'individualismo. Il miglioramento continuo, per contro, è meno ambizioso, quanto meno nel breve termine. Pone l'accento sull'adattabilità, sul lavoro di gruppo e sull'attenzione ai dettagli. Non è rivoluzionario; sfrutta piuttosto l'esperienza accumulata all'interno dell'organizzazione, affidando spesso l'iniziativa di miglioramento a coloro che fanno funzionare il sistema.

Nonostante queste differenze, si possono e si devono usare entrambi gli approcci. I miglioramenti radicali si possono implementare se e quando sembrano promettere dei miglioramenti significativi, ma tra questi eventi occasionali l'organizzazione può continuare ad attuare dei miglioramenti kaizen silenziosi e meno spettacolari (Slack et al., 2013)²⁶.

2.4.4 Mantenimento e miglioramento: il ciclo SDCA

Le attività aziendali si svolgono, giorno per giorno, secondo modalità stabilite che, quando sono espresse in forma scritta, formano i cosiddetti *standard*. Il management, nella routine quotidiana, si può ricondurre ad un unico insegnamento fondamentale: mantenere e migliorare gli standard. Esso comporta non solamente l'adesione agli standard attuali ma anche il miglioramento dei processi attuali, nell'intento di elevare i livelli di performance contemplati in quegli stessi standard.

Se qualcosa va storto, per esempio si producono pezzi difettosi o si ricevono lamentele dai clienti, il management deve sempre ricercarne le cause prime, prendere provvedimenti correttivi e modificare le procedure operative per evitare che il problema si ripresenti. Nella terminologia kaizen i manager devono implementare il ciclo Standardize-Do-Check-Act (**SDCA**) (figura 2.11).

All'inizio tutti i nuovi processi operativi sono instabili. Prima di avviare un ciclo PDCA occorre stabilizzare i processi in vigore, per mezzo del ciclo SDCA. Si può passare al ciclo PDCA solamente dopo che si è istituito uno standard e lo si è fatto rispettare, rendendo stabile il processo corrente. Mentre il ciclo PDCA modifica i processi correnti in senso migliorativo, il ciclo SDCA stabilizza i processi correnti e li riconduce ad uno standard.

²⁶ Ibidem.

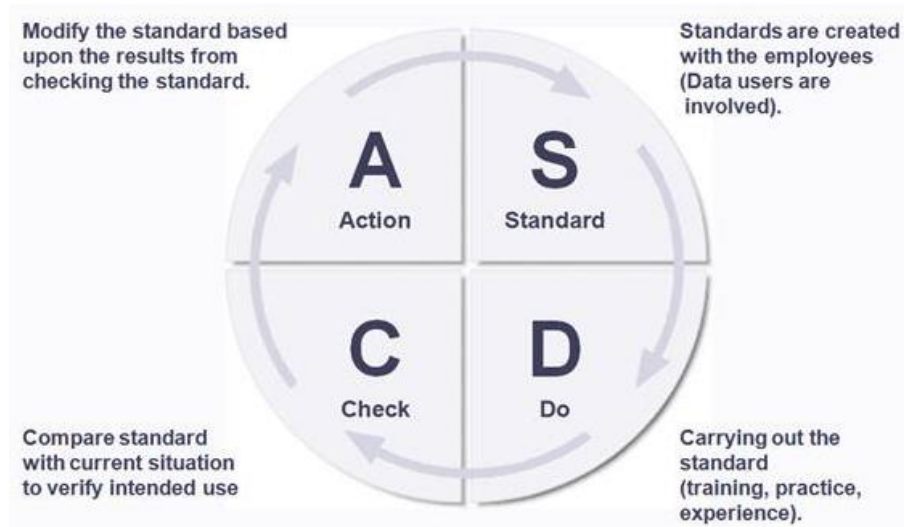


Figura 2.11: *il ciclo SDCA*

Fonte: Kaizen Institute

Il processo produttivo si può considerare sotto controllo quando è dotato di standard, gli operatori li rispettano, e non si riscontrano anomalie. A questo punto si può cercare di migliorare ulteriormente la situazione, elevando i livelli di performance contemplati negli standard, implementando il ciclo PDCA (figura 2.12).

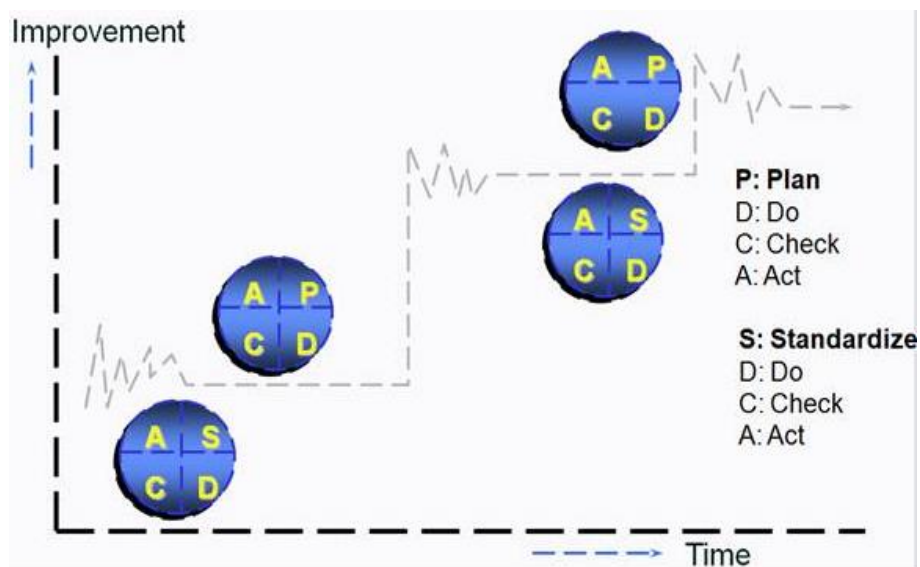


Figura 2.12: *Avvicinarsi dei cicli PDCA e SDCA*

Fonte: Kaizen Institute

Con l'implementazione di questi due cicli la standardizzazione diventa parte integrante del lavoro di ciascuno; gli standard sono il modo migliore di garantire la qualità e di massimizzare l'efficienza operativa (Masaaki Imai, 2015)²⁷.

2.5 Gli strumenti operativi del TPS

Nei paragrafi che seguono sono illustrati i principali strumenti e le tecniche utilizzate in ambito aziendale per poter mettere in pratica i principi della filosofia lean, ed arrivare così ad ottenere i benefici sul piano dell'efficienza e della competitività che essa promette.

2.5.1 Metodologia 5S

Si tratta di una *metodologia di organizzazione dell'ambiente di lavoro basata su implementazione, mantenimento e miglioramento della separazione, dell'ordine e della pulizia*. Le "5S" sono le iniziali della traslitterazione di cinque vocaboli giapponesi che nominano le fasi da seguire per "risistemare" a dovere la postazione operativa.

È una metodologia fondamentale in ambito lean poiché costituisce la base per poter arrivare ad una Visual Factory, ovvero una fabbrica in cui è implementato un sistema di gestione a vista dell'ambiente di lavoro.

Un ambiente di lavoro ideale è quello in cui non abbiamo oggetti inutili, in cui gli oggetti utili si trovano sempre al loro posto, e in cui pulizia e sicurezza sono evidenti, così che le non conformità risaltino immediatamente. Inoltre, è un ambiente in cui le procedure risultano semplici, intuitive e facili da vedere, e le

²⁷ Imai M., 2015, *Gemba Kaizen: un approccio operativo alle strategie del miglioramento continuo*, FrancoAngeli Srl, Milano.

informazioni sono trasmesse in maniera efficace. Un ambiente di lavoro curato porta a guadagnare la fiducia dei propri clienti, ma è anche un luogo più stimolante per chi vi lavora (Masaaki Imai, 2015)²⁸.

Le 5S sono (figura 2.13):

- 1) **SEIRI**: può essere tradotta in italiano con **separare**; in questa fase ci si occupa di esaminare tutte le postazioni di lavoro per separare ciò che effettivamente serve da quello che può essere invece eliminato in quanto superfluo. Per capire se un oggetto è superfluo o meno, si deve andare a considerare la frequenza con cui esso è utilizzato: a seconda del fatto che l'oggetto sia utilizzato di frequente oppure solo raramente, si deve decidere a quale distanza dalla postazione di lavoro sia opportuno posizionarlo. Per gli oggetti utilizzati più di frequente, la collocazione sarà nella postazione o nelle sue vicinanze; un attrezzo o un materiale utilizzato più di rado dovrà essere invece posizionato più distante, magari in un magazzino di reparto o centrale.



Figura 2.13: le 5S

²⁸ Ibidem.

- 2) **SEITON**: può essere tradotto con *sistemare*; in questa fase ci si occupa di andare a trovare una collocazione ben precisa per ogni oggetto, in modo da rendere l'ambiente di lavoro ordinato, funzionale e quindi facilmente gestibile ed ispezionabile. Deve essere immediato poter individuare quale oggetto non sia al suo posto e difficile riposizionare articoli nel posto sbagliato. Tutto questo, oltre che a dare un ordine impeccabile all'ambiente di lavoro, va anche a fare risparmiare tempo che spesso è perso dagli operatori nella ricerca di attrezzatura e materiali.

Molto utilizzato in questa fase è il nastro da pavimenti, usato per delimitare le aree all'interno delle quali devono essere posizionate attrezzature, materiali e macchine, o per definire le aree dedicate al passaggio.

- 3) **SEISO**: può essere tradotta come *splendere* (o spazzare); infatti in questa fase ci si occupa di pulizia, elemento essenziale per un'azienda ben organizzata. La pulizia è finalizzata all'ispezione quindi ad un controllo continuo della postazione, facilita l'individuazione di anomalie e mantiene i risultati che abbiamo raggiunto. È importante definire rigorosamente, tramite mappe di responsabilità e check list, l'area all'interno della quale ciascun operatore è responsabile dei compiti di pulizia.
- 4) **SEIKETSU**: tradotto come *standardizzare*, definendo lo standard come l'applicazione della miglior conoscenza disponibile al momento della definizione dello stesso. Lo standard è definito da chi deve mantenerlo, ed egli è anche incoraggiato a cambiarlo nel momento in cui venga trovata una soluzione migliore. Questa fase è fondamentale come base per mantenere i miglioramenti raggiunti. Per mantenere gli standard si fa ricorso a foto con le posizioni corrette di ogni oggetto, segnaletiche, nastro da pavimento ed anche check list.
- 5) **SHITSUKE**: tradotta come *sostenere* è la fase in cui ci si occupa di diffondere a tutti i membri dell'azienda le nuove procedure ed i nuovi standard, abituando le persone a rispettarli. Si svolgono azioni di

monitoraggio degli standard implementati, tramite tabelle e check list, ma anche azioni di formazione e addestramento continuo. Inoltre, si deve motivare e responsabilizzare il personale, definendo chi si deve occupare di controllare il rispetto dei nuovi standard. Infine, si devono prevedere momenti di incontro e condivisione in cui sia possibile esporre le criticità apportate dalle nuove procedure e proporre eventuali soluzioni.

2.5.2 Kanban, Pull System e JIT

Il *kanban* è lo strumento utilizzato in un'azienda che opera secondo una logica JIT per gestire la produzione e la movimentazione di componenti.

Il *pull system* o *Just In Time* è un approccio tecnico e prima ancora culturale di programmazione e controllo della produzione sviluppato in Toyota Motors Corporation negli anni Sessanta del secolo scorso. Applicato con successo ad esempio presso IBM, HP, Motorola, GE, Boeing, Johnson Electric e altre grandi aziende ha i seguenti obiettivi perfettamente compatibili con quelli lean:

- Produrre solo il necessario;
- Produrre quando necessario, con il ritmo del cliente (pull system);
- Produrre con qualità perfetta;
- Produrre senza attese o accumuli;
- Produrre senza sprechi.

Il JIT dunque si prefigge la riduzione massima del lead time attraverso la riduzione dell'entità dei lotti produttivi; la riduzione dei lotti richiede a sua volta un impegno consistente di riduzione dei tempi di set up (ad esempio tramite la tecnica SMED); alla riduzione della dimensione del lotto produttivo consegue un abbassamento del livello delle scorte globali (WIP e PF), quindi di tutti i costi collegati all'handling e soprattutto all'immobilizzo finanziario.

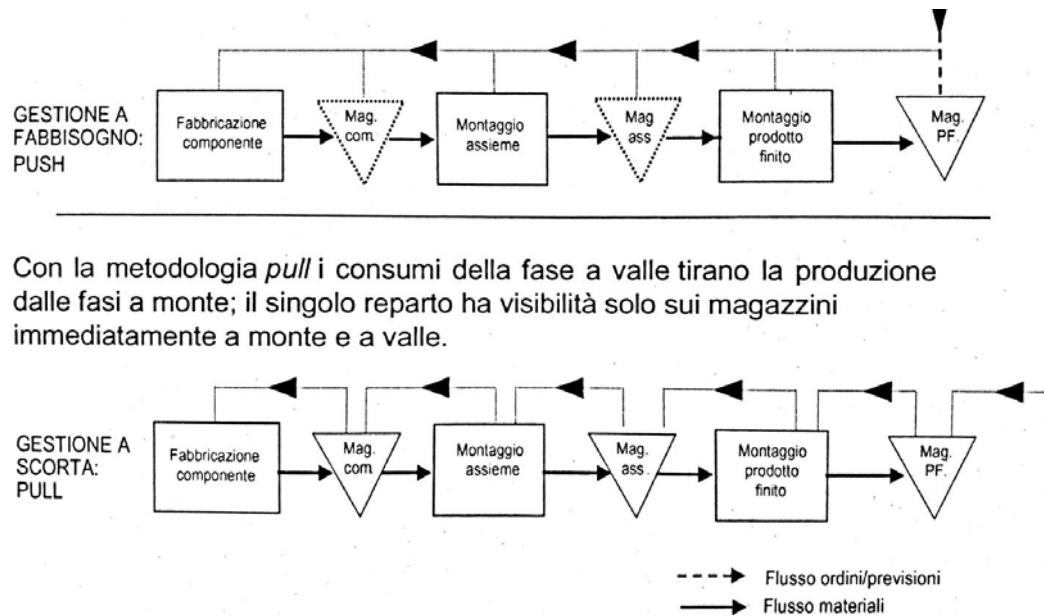
Le condizioni necessarie all'adozione del JIT e al perseguimento degli obiettivi sopra citati sono molto restrittive; sono target di miglioramento preliminari e vincolanti alla sua applicazione, quali:

- Affidabilità dei fornitori rispetto ai volumi, alla qualità, ai tempi di consegna concordati;
- Modularità dei prodotti e standardizzazione dei componenti, a garanzia di un consumo regolare e set up ridotti;
- Layout di processo canalizzato tramite raggruppamento tecnologico dei prodotti (*cell design* e *group technology*);
- Riduzione delle modifiche tecniche tramite *robust design*²⁹ e *concurrent engineering*³⁰ in progettazione;
- Semplicità di gestione, programmazione e controllo della produzione tramite l'adozione del kanban;
- Standardizzazione delle unità di movimentazione (contenitori kanban);
- Riduzione massima dei tempi di set up a garanzia di lotti ridotti e frequenti;
- Affidabilità, disponibilità, efficienza qualitativa degli impianti;
- Stabilità del programma di produzione (almeno sui codici in pull);
- Elasticità e insaturazione controllata della capacità produttiva per una gestione efficace delle emergenze;
- Polivalenza e polifunzionalità del personale a tutti i livelli.

²⁹ Concurrent engineering (CE) is a work methodology emphasizing the parallelization of tasks (i.e. performing tasks concurrently), which is sometimes called simultaneous engineering or integrated product development (IPD) using an integrated product team approach. It refers to an approach used in product development in which functions of design engineering, manufacturing engineering, and other functions are integrated to reduce the time required to bring a new product to market. Fonte: NPD Solutions, DRM Associates, 2016, *The principles of integrated product development*.

³⁰ A robust parameter design, introduced by Genichi Taguchi, is an experimental design used to exploit the interaction between control and uncontrollable noise variables by robustification - finding the settings of the control factors that minimize response variation from uncontrollable factors. Fonte: Brewer K., Carraway L., and Ingram D., 2010, *Forward Selection as a Candidate for Constructing Nonregular Robust Parameter Designs*, Arkansas State University.

Esistono due logiche fondamentali, *pull* e *push*, di definizione di cosa, quanto e quando produrre, rappresentate e confrontate in figura 2.14.



Con la metodologia *pull* i consumi della fase a valle tirano la produzione dalle fasi a monte; il singolo reparto ha visibilità solo sui magazzini immediatamente a monte e a valle.

Figura 2.14: confronto delle logiche *push* e *pull*

Fonte: Graziadei, 2006.

Con la metodologia *push* di gestione dei materiali, essi vengono spinti fuori dai magazzini e via via dai reparti a monte verso quelli a valle, in base a programmi ben definiti elaborati automaticamente dall'MRP. Se la domanda fosse perfettamente deterministica ed il sistema funzionasse perfettamente, i magazzini risulterebbero inutili.

Con la metodologia *pull* i consumi della fase a valle tirano la produzione dalle fasi a monte; il singolo reparto ha visibilità solo sui magazzini immediatamente a monte e a valle (Graziadei, 2006)³¹.

La logica JIT di gestione della produzione è di tipo *pull*: si prevede cioè che siano i reparti più a valle a far scattare la produzione di quelli più a monte (consumando i componenti prodotti da questi ultimi) solo nel momento in cui se ne verifica la necessità.

³¹ Giovanni Graziadei, 2006, *Lean Manufacturing: come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi*, Ulrico Hoepli Editore, Milano.

Gli ordini di produzione risalgono quindi “da valle a monte” lungo la catena produttiva e fanno sì che i codici necessari alle varie lavorazioni vengano “tirati” dai relativi consumi, che man mano si manifestano presso la stazione a valle.

I dati relativi alla stima della produzione mensile derivano, di norma, dal programma di produzione annuale aggregato. La domanda annuale viene poi ripartita nei vari mesi seguendo il principio del *livellamento* mensile della produzione. Questo programma mensile non è però definitivo, bensì vale come un’indicazione di massima che, peraltro, consente con qualche mese di anticipo di adeguare la capacità di un reparto ai volumi di produzione richiesti.

Successivamente, con circa un mese di anticipo rispetto all’inizio della produzione, deve essere fornito al reparto finale, cioè a quello che realizza le ultime lavorazioni o il montaggio dei prodotti finiti, il programma dettagliato della produzione mensile, programma che viene comunicato anche alle aziende fornitrici. Questo serve per fare in modo che i fornitori possano strutturarsi opportunamente in termini di attrezzature, materiali e capacità produttiva (Brandolese, Pozzetti, Sianesi, 1991)³².

Sulla base del programma di produzione mensile, si deriva il programma di produzione giornaliera del solo reparto finale, detto anche reparto *pacemaker*, e tale programma sarà livellato rispetto al volume giornaliero e al mix (concetto di Heijunka, già esposto al paragrafo 2.3).

La trasmissione della domanda e degli ordini da lanciare in lavorazione negli stadi a monte fino ai fornitori avviene attraverso uno strumento di comunicazione tanto semplice quanto efficace: il **kanban** (figura 2.15).

Traducibile letteralmente in “*cartellino*” o “registrazione visiva”, il kanban è una scheda che richiama la produzione, con cui si trasmette tutta la schedulazione e il controllo agli stadi produttivi a monte.

³² Ibidem.

STORE ADDRESS 1 57-B-NB		KANBAN NO N762		LINE SIDE ADDRESS 2W-10-3	
PART NO 22020-03011-00		PART DESCRIPTION METER ASSY AIR FLOWN/AIR CLEA		ROUTE F-I	
SUPPLIER NIPPODENSO PURODENSO		QTY / CONT 4		GROUP CODE IA520	
1950-5		SCR AL NO 345		DOCK CODE N2	

Figura 2.15: esempio di cartellino Kanban.

2.5.2.1 La logica di funzionamento del cartellino kanban

Secondo la logica JIT *un codice è prodotto o movimentato solo se esiste un cartellino kanban a richiederlo*; la movimentazione avviene in *contenitori di dimensioni standard* ridotte cui è associato un kanban che identifica informazioni indispensabili quali il codice del pezzo, i volumi presenti nel contenitore, la stazione di prelievo e quella di consegna.

Esistono due tipologie di cartellino kanban:

- Il **kanban di produzione** o “P-kanban”: è impiegato alla stazione in cui si realizza la produzione di un particolare e specifica la quantità da produrre, oltre ad altre informazioni che tipicamente riportano:
 - Dove deve essere riposto il codice, dopo essere stato prodotto;
 - Quale materiale sarà necessario andare a lavorare;
 - In quale area di stoccaggio si trova il materiale necessario.
- Il **kanban di trasferimento** o “C-kanban”: serve per far risalire il consumo tra le fasi di lavorazione; è usato nel reparto utilizzatore di un certo pezzo, riporta le quantità da ritirare dal magazzino in output della stazione a monte. Altre informazioni che possono essere specificate tramite il C-kanban sono:

- Area di stoccaggio dove recarsi per reperire il codice che è stato consumato;
- Il tipo di contenitore che deve essere usato per il trasporto di tale materiale;
- Quanti pezzi deve contenere il contenitore pieno;
- Quanti altri kanban ci sono in circolazione per lo stesso codice;
- In quale punto di stoccaggio depositare il contenitore pieno (a monte di quale centro di lavoro).

Nel caso i reparti siano contigui, tipicamente non occorre il cartellino di trasferimento e si può adottare il solo P-kanban. In questo caso si tratta di *sistemi ad un cartellino*. Sistemi in cui entrambe le tipologie di kanban sono utilizzate si definiscono sistemi *a due cartellini* (Graziadei, 2006)³³.

Per comprendere il funzionamento del sistema kanban a 2 cartellini si considerino due reparti di lavorazione in sequenza, e si seguano le diverse fasi con cui si fa risalire la domanda a monte, come schematizzato nella figura 2.16.

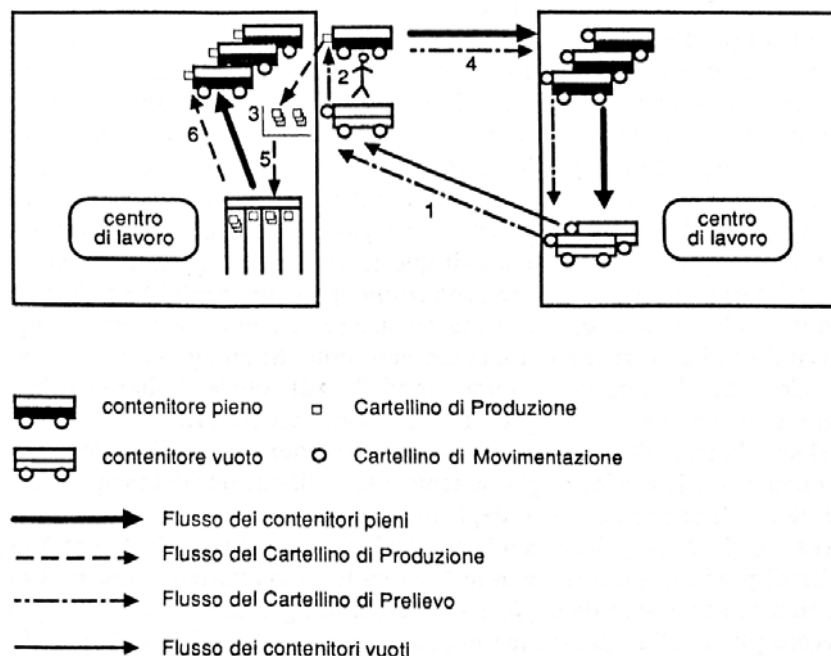


Figura 2.16: Esempio di sistema kanban a due cartellini.

³³ Ibidem.

Il flusso informativo è strutturato secondo i diversi passi sotto descritti.

- 1) Si parte dalla situazione per cui nella stazione a valle si è verificato un consumo del codice rifornito dal reparto a monte. Si è, quindi, in presenza di un contenitore vuoto con associato ad esso un cartellino di prelievo. Un incaricato provvede a riportare tale contenitore e il relativo kanban al magazzino output del reparto a monte.
- 2) Una volta arrivato in tale deposito, l'incaricato provvede a prelevare un contenitore pieno, staccando da quest'ultimo il cartellino di produzione e sostituendolo con quello di movimentazione (associato al contenitore vuoto), dopo averne controllato la coerenza.
- 3) Il kanban di produzione viene depositato in una cassetta di raccolta e il contenitore vuoto viene lasciato in un'apposita area.
- 4) L'incaricato può quindi ritornare al reparto più a valle, portando con sé un contenitore pieno con associato il kanban di movimentazione.
- 5) I kanban di produzione, che si accumulano nella cassetta di raccolta, vengono ripresi in certi istanti prefissati, posti su una tabelliera presso il reparto a monte secondo lo stesso ordine con cui sono stati staccati dai contenitori e costituiscono gli ordini di produzione per il reparto a monte.
- 6) Una volta che quest'ultimo ha completato le parti da lavorare relative a un kanban di produzione, queste vengono messe in uno dei contenitori vuoti (che erano stati lasciati dall'incaricato del prelievo) e, dopo che a tale contenitore è stato attaccato il relativo kanban di produzione, esso viene riportato nel magazzino in output al centro di lavorazione.

Il ciclo di operazioni fin qui descritte, come si è detto, è innescato dal consumo di componenti da parte del reparto a valle; va ricordato che i kanban di prelievo, staccati dai contenitori vuoti, vengono depositati in un apposito raccogliatore e l'incaricato provvede a effettuare lo scambio con i contenitori pieni della stazione a monte quando si è accumulato un numero prestabilito di cartellini oppure quando è trascorso un prefissato intervallo di tempo.

Il raccoglitore contenente i kanban di produzione, tipicamente indicata con il termine **rastrelliera**, è composta di tante colonne quanti sono i codici realizzati nel centro di quel centro di lavoro, e tante righe quanti sono i kanban in circolazione per ciascun codice (Brandolese, Pozzetti, Sianesi, 1991)³⁴. Ciascuna colonna della rastrelliera, tipicamente, è suddivisa in 3 zone (solitamente colorate in verde, giallo/bianco e rosso) che servono per evidenziare la priorità di produzione dei diversi codici basandosi sulla posizione di urgenza di ciascuno di essi. Gli articoli che presentano kanban solo all'interno della fascia verde sono legati a una bassa priorità di lavorazione di un certo materiale, perché significa che a valle vi è ancora disponibile una quantità sufficiente di quel materiale. I codici con kanban presenti nella fascia rossa sono legati alla massima priorità di lavorazione, poiché una eventuale mancata produzione di questi articoli potrebbe creare dei ritardi nei reparti di produzione a valle portando alla rottura di stock. Quando l'addetto deposita il kanban di produzione in questa rastrelliera, se la colonna relativa a quel codice è vuota, lo metterà nella parte più bassa della fascia verde mentre, se sono presenti altri kanban, dovrà porlo immediatamente sopra all'ultimo depositato. Man mano che i cartellini si accumulano si sale e di conseguenza la priorità aumenta³⁵.

Dato che ad ogni contenitore deve essere sempre associato un cartellino, nulla è fuori controllo e ogni componente, fino al prodotto finito, è costantemente monitorato: si produce solo quanto richiesto, con lead time contenuti, in allineamento alla domanda.

Le **regole** che l'organizzazione intorno al kanban deve imporre sono le seguenti:

- Nulla può essere prodotto senza il P-kanban che lo autorizzi (il che accade solo quando si consuma a valle);

³⁴ Ibidem.

³⁵ Fonte: appunti del corso di Gestione snella dei processi.

- Se la stazione a valle non consuma componenti e la rastrelliera dei P-kanban risulta vuota, la stazione a monte non deve produrre, a costo di una eventuale insaturazione;
- L'operatore deve essere flessibile, in modo da compensare la sua eventuale insaturazione, assegnandolo ad una diversa stazione di lavoro attiva;
- La priorità di produzione è data dalla posizione di urgenza dei kanban sulla rastrelliera;
- I reparti a valle possono prelevare dalla stazione a monte solo al momento del consumo e nella quantità indicata e vincolata dal contenitore.

Il livello di scorte interoperazionali, dunque, è direttamente proporzionale al numero di cartellini in circolazione: minimizzare le scorte significa dunque ridurre progressivamente il numero di cartellini fino a raggiungere un numero costante a regime da mantenere qualunque sia la domanda (Graziadei, 2006)³⁶.

Il **calcolo del numero di contenitori kanban** necessari può essere realizzato fondamentalmente seguendo due modelli alternativi:

- 1) “**Modello Toyota**”: il numero di cartellini è calcolato come il rapporto tra la domanda media attesa durante il lead time di approvvigionamento di un codice ($d_{media} * LT$), sommata ad un coefficiente di sicurezza (S), il tutto diviso dalla dimensione (C) del contenitore (in termini di pezzi contenuti).

Nel caso di Toyota il coefficiente S è posto pari al 10% della domanda media attesa durante il LT, mentre in altre realtà è opportuno considerare coefficienti più elevati: $S = 0,1 * (d_{media} * LT)$

Quindi il numero di Kanban sarà:

³⁶ Ibidem.

$$N_{kanban} = \frac{(d_{media} * LT) + S}{C} = \frac{d_{media} * LT * (1 + S)}{C}$$

2) **Modello di Smalley**; prevede che il numero di contenitori kanban sia calcolato come il rapporto tra la scorta totale e la dimensione del contenitore (sempre in termini di pezzi contenuti).

Tale modello prevede che le scorte totali siano date dalla somma di 3 tipi di scorte (figura 2.17):

- Cycle stock: scorte dimensionate su domanda media e lead time; sono quelle che vanno a coprire la domanda prevista;
- Buffer stock: scorte che coprono le variazioni della domanda, dovuta ad eventi imprevedibili o errori di previsione;
- Safety stock: scorte che coprono variazioni del consumo dovute a imprevisti o errori interni all'azienda (Art, 2004)³⁷.

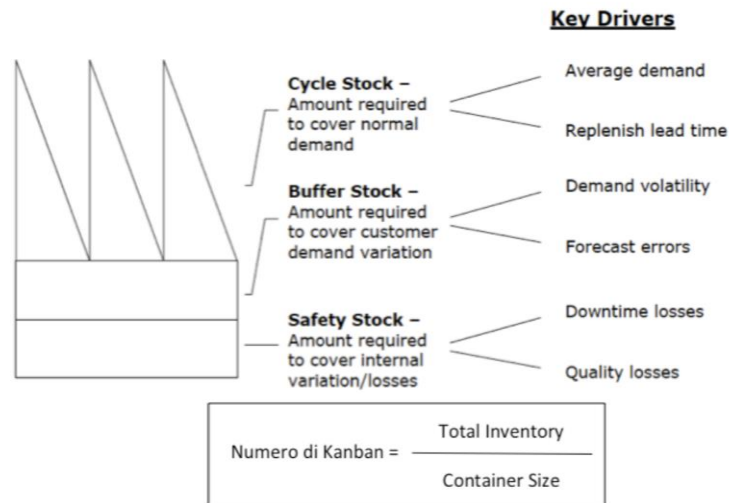


Figura 2.17: Le scorte nel modello proposto da Smalley.

Fonte: Art, 2004.

La scorta totale è calcolata sommando questi 3 tipi di scorta: possono essere sommate in modo normale, oppure introducendo coefficienti

³⁷ Art Smalley, 2004, *Creating level pull*, Lean Enterprise Institute, USA.

forniti da esperti del settore, o infine introducendo il concetto di variabilità statistica.

Dopo aver calcolato la scorta totale, il numero di kanban è calcolato con la formula seguente:

$$N_{kanban} = \frac{Scorta\ Totale}{C}$$

2.6 Value Stream Mapping

*“Il lean thinking in azienda nasce con il preciso tentativo di distinguere il **valore**, inteso come ben definite caratteristiche del prodotto/ servizio offerte ad un prezzo determinato attraverso il dialogo con il cliente” (James Womack).*

Il punto di partenza dell’approccio lean è l’identificazione chiara e univoca del valore per il cliente, ossia del bisogno che il prodotto/servizio deve soddisfare attraverso le sue funzioni e per il quale dunque il cliente è disposto a pagare.

A partire da ciò, le fasi e attività di un flusso produttivo che genera il prodotto/servizio sono mappate (nella **current state map**) e classificate in:

- Attività a valore aggiunto, se contribuiscono ad aggregare valore per il cliente che quindi è disposto a pagarle;
- Attività non a valore aggiunto ma necessarie, come set up e preparazioni;
- Attività inutili che non creano valore e per le quali il cliente non è disposto a riconoscere un compenso (gli sprechi).

Sulle prime dovrà concentrarsi il flusso finale (**future state map**), sulle seconde e le terze dovranno focalizzarsi le azioni di snellimento e abbattimento degli sprechi (kaizen).

Per identificare il valore, e quindi le attività che lo generano e lo accrescono progressivamente lungo il processo, devono essere innanzitutto definite le funzioni che il prodotto/servizio deve assolvere dal punto di vista del cliente. La tecnica più utilizzata in ambito lean per raggiungere questo scopo è il *Quality function deployment (QFD)*: il QFD è una tecnica sviluppata in Giappone a partire dal 1966 utilizzata per analizzare in avvio di progetto le esigenze del cliente (*voice of the customer*) e tradurle in precisi attributi progettuali di prodotto e di processo (Akao Yoji, 1994)³⁸. Ciò permette di impostare e controllare una strategia di focalizzazione sul valore e abbattimento di extracosti e sprechi alla base del passaggio dalla *current state map* alla *future state map*.

La mappatura di un processo inizia sempre con la chiara definizione del valore proprio per evitare il rischio di ottimizzare un flusso che fornisca in modo efficiente al cliente qualcosa che tuttavia non è quanto il cliente stesso chiede realmente. Un errore comune infatti è quello di *fare bene le cose sbagliate*.

Una volta definito il valore, e di conseguenza tracciate tutte le caratteristiche e attributi tecnici del prodotto che rappresenta la migliore soluzione al bisogno del cliente, è possibile concentrarsi sul processo produttivo, quindi sui flussi di materiali, attività, informazioni che dalla materia prima o dal semilavorato in ingresso aggregano progressivamente valore per il cliente fino al prodotto finito.

Se il target del prodotto è soddisfare al minor costo il cliente e quindi erogare le funzionalità richieste al corretto livello di performance, analogamente nel processo il target è orientare e snellire i flussi esclusivamente attorno ai processi e operazioni che creano valore. Per farlo, lo strumento utilizzato è il **Value Stream Mapping**, che porta alla mappatura del flusso di valore attuale (tramite la realizzazione della *current state map*) e alla definizione, a partire da

³⁸ Akao Yoji, 1994, *The customer driven approach to quality planning and deployment*, Asian Productivity Organization, Tokyo.

questa, della visione futura, ossia della tracciatura del flusso del valore obiettivo (*future state map*) alleggerito di sprechi e attività non aggreganti valore.

2.6.1 Current state map

La definizione dello stato futuro inizia con la precisa definizione dello stato attuale disegnando il flusso interno allo stabilimento di una **famiglia tecnologica di prodotti** inizialmente non a livello di attività di dettaglio ma a livello di macro-processi. La current state map è fondamentale sia per capire cosa occorre cambiare, sia per scoprire dove si annidano sprechi e opportunità di miglioramento. Infatti, *non si può migliorare ciò che non si conosce e non si misura.*

La realizzazione della mappa del flusso può apparire a prima vista complessa, tuttavia si semplifica molto se si seguono una serie di consigli pratici e di passi logici di costruzione. Di seguito ne sono elencati alcuni:

- Scegliere una famiglia di prodotti simili tecnicamente: avendo cicli e operazioni affini sarà più facile vederne il flusso;
- Percorrere personalmente il flusso reale dei materiali lungo la fabbrica aiuta a rendersi rapidamente conto della sequenza effettiva dei processi;
- Se il numero di componenti è elevato, è meglio non complicare la mappa ma riferirsi inizialmente a pochi componenti significativi;
- Tracciata la sequenza macro, tornare indietro e raccogliere tutte le informazioni che occorrono per ciascun processo della mappa;
- Misurare e verificare direttamente ciò che si vede: dati storici di disponibilità, scarti, rilavorazioni, set up, movimentazioni ecc.;
- Usare semplicemente carta e matita: questo permette di segnare o correggere istantaneamente ciò che si vede, rimanendo focalizzati sul flusso.

Esponiamo ora gli **11 passi operativi** che si devono compiere per tracciare efficacemente la current state map. Si utilizzano a tal fine una serie di particolari simboli e icone predefiniti.

➤ **Passo 1**

Nella parte alta del foglio, si disegnino innanzitutto tre icone rappresentate in figura 2.18:

- Il cliente (simbolo: fabbrica);
- Il fornitore (simbolo: fabbrica);
- Il controllo di produzione (simbolo: box).

➤ **Passo 2**

Si indichino ora le richieste mensili del cliente, espresse in pz/mese.

Nell'esempio, il cliente richiede 10.000 utensili al mese, di cui 6.700 di tipo A e 3.300 di tipo B.

➤ **Passo 3**

Si deve calcolare ora la produzione giornaliera e il numero di contenitori/unità di spedizione/pallet da produrre: nell'esempio, il cliente ordina multipli di 40 pezzi e si produce su due turni al giorno per 20 giorni al mese.

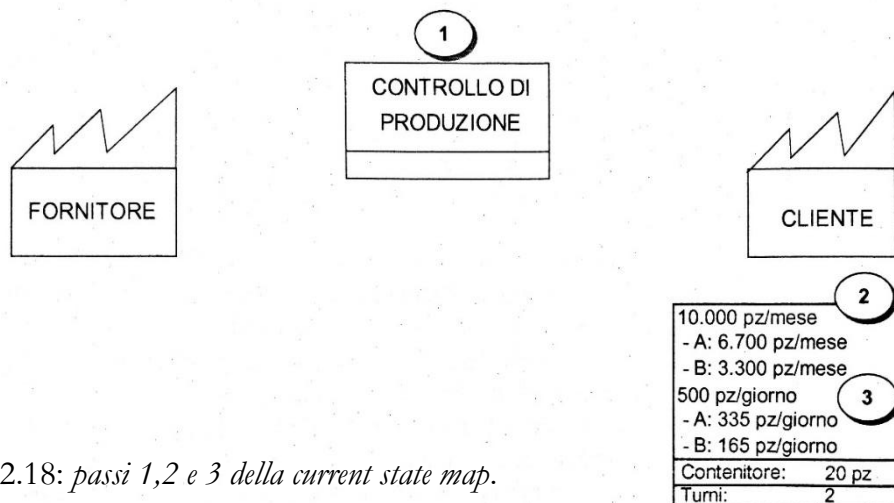


Figura 2.18: *passi 1,2 e 3 della current state map.*

Fonte: *Graziadei, 2006.*

➤ **Passo 4**

Si schematizzano a questo punto le spedizioni in uscita e le relative frequenze: il simbolo utilizzato è un camion attraversato da una grossa freccia verso il cliente. Nell'esempio (figura 2.19) il cliente richiede spedizioni giornaliere.

➤ **Passo 5**

Si schematizzano anche le forniture in ingresso con le relative frequenze (il simbolo è sempre un camion attraversato da una grossa freccia che parte dal fornitore). Nell'esempio si eseguono approvvigionamenti settimanali. Non occorre mappare tutte le materie prime del prodotto, ma basta schematizzare il flusso di una/due materie prime significative lasciando il dettaglio alla successiva analisi di processo.

➤ **Passo 6**

Nella parte bassa del foglio si disegnano i processi produttivi di base. Ogni processo è rappresentato da una **process box** visibile in figura 2.19.

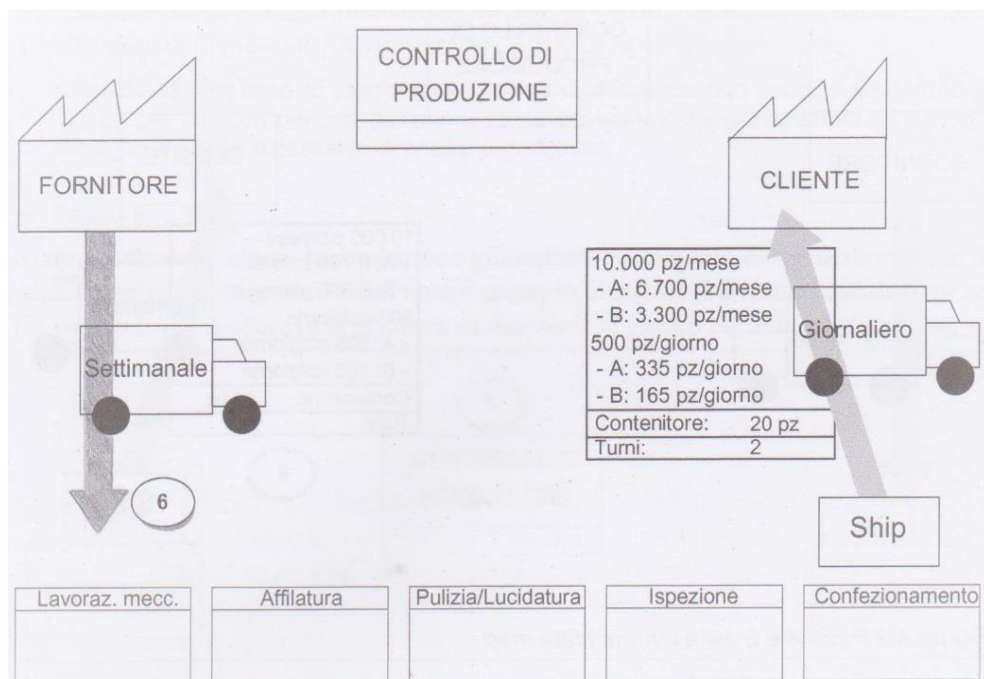


Figura 2.19: *passi 4, 5 e 6 della current state map.*

Fonte: *Graziadei, 2006.*

Ogni process box indica un processo in cui il materiale sta già fluendo, ossia un tratto in cui il materiale è a flusso idealmente continuo senza batch discontinui con materiale che staziona. La regola empirica è che i process box si interrompano ogni volta che il flusso stesso è interrotto e i processi sono disconnessi. Il flusso va disegnato da sinistra a destra seguendo i passi del processo produttivo, indipendentemente dal layout di fabbrica. Se esistono molti flussi che si intrecciano non occorre tracciare subito ogni ramificazione, ma solamente quelle dei componenti chiave. Nell'esempio troviamo cinque processi nel flusso del materiale.

➤ **Passo 7**

Noto il flusso di processi occorre descrivere e collegare tutti i dati necessari per poter configurare poco alla volta la future state map. A tal fine, sotto ogni process box deve essere compilato un riquadro denominato **data box** in cui si riportano dati significativi scelti per esempio tra i seguenti:

- C/T: tempo ciclo, ovvero il tempo che intercorre da quando esce un pezzo dal processo a quando esce il successivo, inclusi quindi carichi e scarichi. Il tempo ciclo contiene il tempo effettivo di trasformazione, quindi a valore, ma anche tempi non a valore (spostamenti, controlli, ecc.);
- C/O: tempo di set up (nell'esempio il tempo per passare dal codice A al codice B);
- *Uptime o availability*: percentuale di disponibilità degli impianti, intesa come affidabilità degli impianti;
- Addetti: numero di persone richieste per operare nel processo (solitamente indicate con una icona a forma di operatore);
- Tempo disponibile: solitamente espresso in secondi, rappresenta la durata del turno al netto di break, riunioni, interruzioni programmate;
- Dimensione media del lotto produttivo;
- Percentuale di scarti.

➤ **Passo 8**

È ora possibile tracciare il **flusso delle informazioni**, ossia le modalità con cui dalla materia prima al prodotto finito, quindi dal fornitore all'ultimo reparto, si viene a sapere quanto e quando produrre (MRP, Kanban, ordini, previsioni ecc.). A tal fine la VSM utilizza frecce sottili e un box descrittivo per tutti i flussi di informazione, tranne per quelli che avvengono elettronicamente per i quali si utilizza una freccia spezzata.

Il flusso delle informazioni va tracciato a ritroso da destra (cliente) verso sinistra (fornitore); per le previsioni e gli ordini effettivi, inoltre, si devono usare frecce separate come fossero diversi flussi informativi (figura 2.20).

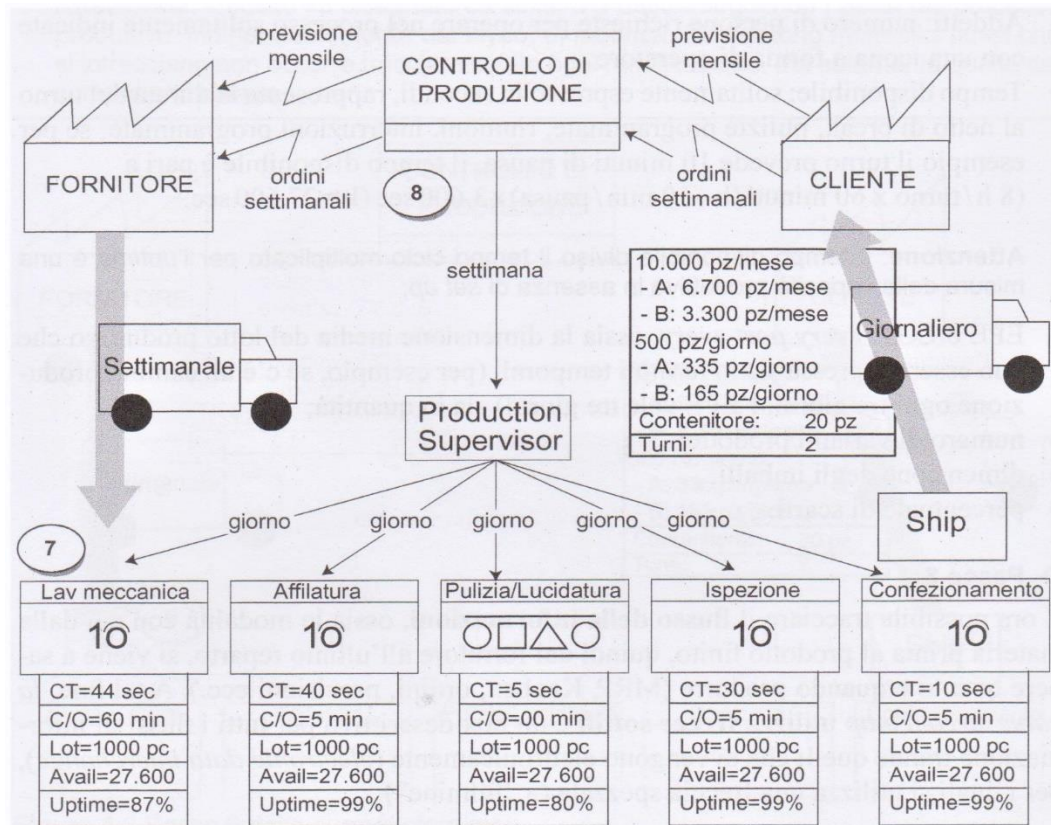


Figura 2.20: passi 7 e 8 della current state map.

Fonte: Graziadei, 2006

In questa fase si evidenziano solitamente tutte le difficoltà legate a errori di programmazione, sequenzializzazione degli ordini, reperimento delle

informazioni, fruibilità o complessità o intempestività delle informazioni ecc. tipiche delle aziende non lean.

➤ **Passo 9**

Nel tracciare il flusso di materiali si incontrano *aree di accumulo di scorte*. È importante indicarne la posizione e l'ammontare in pezzi nella mappa in quanto in questi punti si interrompe il flusso. Si utilizza per questo una icona a forma di “triangolo di pericolo” proprio ad indicare la necessità di abbattere tale spreco nella mappa futura. Se le scorte si accumulano in più di un'area tra due processi, allora si deve disegnare un triangolo per ciascuna area individuata.

➤ **Passo 10**

A questo punto della mappatura *si collegano i processi indicando le logiche push, pull, FIFO ecc. di programmazione di produzione che li legano*.

Si finirà per avere processi dotati ciascuno della propria programmazione, dei propri lotti, del proprio ritmo di produzione che, come isole indipendenti, risulteranno scollegati dal cliente finale e quindi del suo ritmo di domanda, generando immancabilmente scorta. In queste condizioni è impossibile avere un flusso produttivo teso, scorrevole, snello, tipico della lean production. L'icona utilizzata per indicare un flusso push è una freccia a strisce bianche e nere.

➤ **Passo 11**

La struttura di base della mappa ormai è quasi completa: nella parte bassa del foglio è visibile il flusso fisico dei materiali che attraversa la mappa da sinistra verso destra, mentre nella parte alta il flusso delle informazioni è leggibile da destra verso sinistra.

Per completare la mappa occorre ora disegnare una ***timeline*** (linea temporale) sotto i box dei processi e sotto i triangoli delle scorte. In questo modo si va a definire sia il *lead time totale* del processo, ossia il tempo impiegato dal pezzo per

attraversare fisicamente la fabbrica dall'istante di arrivo della materia prima all'istante di spedizione al cliente, sia quella quota parte del lead time costituita dal **tempo a valore aggiunto**; solo una parte del LT, infatti, è a valore per il cliente. Il lead time (espresso in giorni) di ciascun polmone di scorta di materiale è calcolato come rapporto tra il volume medio in giacenza e la domanda media giornaliera di quel materiale (Graziadei, 2006)³⁹.

Nell'esempio è già possibile intravedere e gerarchizzare le prime fonti di spreco (figura 2.21): il lead time complessivo, infatti, è pari a 34 giorni, di cui tuttavia solo 130 secondi sono di effettiva aggregazione di valore per il cliente.

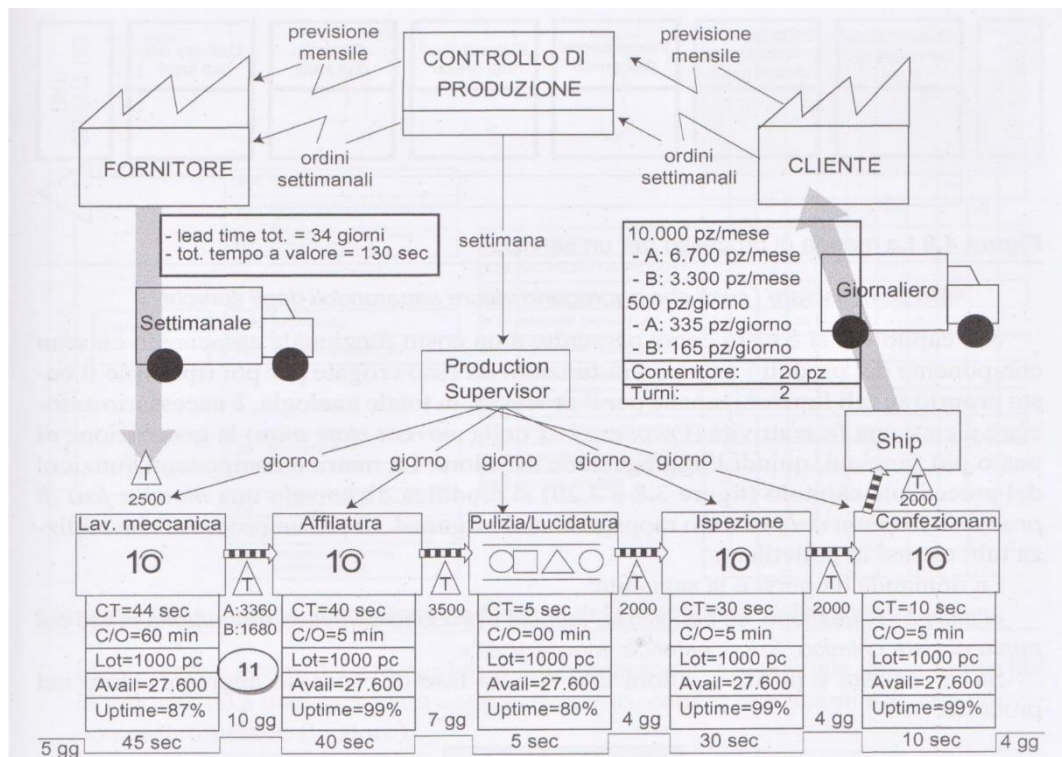


Figura 2.21: passi 9,10 e 11 della current state map.

Fonte: Graziadei, 2006.

³⁹ Ibidem.

2.6.2 Future state map

La definizione dello stato futuro, da raggiungere conseguentemente alla mappatura dello stato attuale approfondito tramite la current state map, ha sostanzialmente 3 obiettivi principali:

- 1) *Massimizzare la produttività;*
- 2) *Minimizzare il lead time;*
- 3) *Abbatere le scorte.*

In altri termini, occorre fare in modo che ogni processo riesca progressivamente a produrre una quantità sempre più vicina a quanto richiesto dal processo successivo e solo quando è necessario, via via procedendo a valle fino al cliente finale. I processi dal consumatore alla materia prima devono essere collegati in un flusso regolare e il più possibile lineare, attivato solo dal cliente e caratterizzato da lead time corti, qualità elevata e costi bassi.

La mappa dello stato futuro dovrà essere rielaborata molte volte, con dinamismo e caparbietà, senza timore di rivedere soluzioni ritenute infallibili nella precedente mappa, fino a che il flusso non sarà globalmente continuo e il lead time, come i set up, non saranno sufficientemente brevi da permettere di produrre solo gli ordini confermati.

L'analisi della current state map e il disegno della future state map sono molto semplificati se si segue una serie di **7 linee guida** fondamentali, di seguito illustrate, che rappresentano un supporto operativo concreto nell'identificazione e nella rimozione degli sprechi di processo.

- **Linea guida 1: cercare di avvicinare il lead time di processo al tempo a valore**

Il lead time è l'insieme di operazioni che in sequenza preordinata e cronologica trasformano le materie prime o modificano il materiale semilavorato aggiungendo progressivamente valore economico nel prodotto.

Ogni operazione è legata a un tempo di esecuzione a sua volta legato ad un costo di esecuzione che genera o meno valore; al riguardo, un'operazione si dice *attiva* se genera un'effettiva trasformazione del materiale, *passiva* se invece non aggiunge alcun valore intrinseco al prodotto.

Il tempo a valore è la somma delle durate delle sole operazioni attive.

L'obiettivo è *ridurre l'incidenza di tutte le operazioni passive, minimizzando il rapporto tra il lead time e il tempo a valore*. Questo rapporto è detto **indice di flusso** o **indice di risposta**: per costruirlo occorre seguire la materia prima nel suo flusso fisico in stabilimento, in modo da analizzare e suddividere il lead time in elementi costitutivi tempificati.

La minimizzazione dell'indice di flusso avviene per progressiva riduzione o eliminazione delle fasi passive del lead time. Per esempio, riducendo i tempi di set up (con la tecnica SMED) si possono ridurre i lotti di produzione, quindi si ridurrà l'attesa tra lotti e in magazzino; canalizzando la produzione e quindi avvicinando le fasi attive l'una all'altra in sequenza (tramite il *cell design*⁴⁰), si ridurranno necessariamente il trasporto e le movimentazioni ecc.

➤ **Linea guida 2: sincronizzare progressivamente il ritmo produttivo al ritmo di vendita**

La via più efficace e logica per evitare sovrapproduzione e quindi scorte è produrre la famiglia tecnologica in esame al **takt time**. Il takt time rappresenta ogni quanto tempo bisogna produrre un componente, un semilavorato o un prodotto per sincronizzare e accordare la supply chain, quindi produzione e acquisti con il mercato quindi con il ritmo di vendita. Il takt time si ottiene

⁴⁰ "Cells are created in a workplace to facilitate flow. This is accomplished by bringing together operations or machines or people involved in a processing sequence of a products natural flow and grouping them close to one another, distinct from other groups. This grouping is called a cell. These cells are used to improve many factors in a manufacturing setting by allowing one-piece flow to occur".

Fonti: Liker J., 2004, *The Toyota Way*, McGraw Hill, New York; Morgan J.M., Liker J., 2006, *The Toyota Product Development System*, Productivity Press, New York.

dividendo il tempo disponibile giornaliero (durata del turno meno pause e fermi programmati) per la produzione richiesta giornalmente.

$$TAKT\ TIME = \frac{\text{Tempo disponibile per turno} \left(\frac{\text{secondi}}{\text{turno}} \right)}{\text{Quantità richiesta dal cliente} \left(\frac{\text{pezzi}}{\text{turno}} \right)}$$

Produrre al *takt time* significa dunque:

- Realizzare il prodotto e rispondere ai problemi entro il takt time;
- Eliminare e controllare le cause di fermo/attesa/difetto non pianificate: la regolarità e l'efficienza organizzativa vanno perseguite;
- Minimizzare i tempi di set up.

➤ **Linea guida 3: realizzare un flusso continuo ovunque sia possibile**

Realizzare un flusso continuo, regolare e soprattutto con lotti minimi ottenibili grazie a set up rapidi (SMED) e macchine affidabili (tramite TPM⁴¹) significa poter produrre a un ritmo sempre più vicino al takt time. È evidente la necessità di abbattere i tempi di set up per puntare all'ideale lotto unitario (*one piece flow*). L'approccio lean suggerisce di prendere i processi che caratterizzano il flusso della famiglia analizzata e posizionarli l'uno accanto all'altro in sequenza secondo una disposizione tipicamente – ma non necessariamente – a cella (*cell design* definito in precedenza). È fondamentale bilanciarne prima i tempi ciclo quindi la capacità produttiva, distribuendo le operazioni elementari che li costituiscono in modo tale che il contenuto di lavoro di ciascuna postazione della cella sia al più leggermente inferiore al takt: a tal proposito, si

⁴¹ “Total Productive Management (TPM) is designed to maximize equipment effectiveness (improving overall efficiency) by establishing a comprehensive productive-maintenance system covering the entire life of the equipment, spanning all equipment-related fields (planning, use, maintenance, etc.) and, with the participation of all employees from top management down to shop-floor workers, to promote productive maintenance through motivation management or voluntary small-group activities”.

Fonte: Tsuchiya, S., 1992, *Quality Maintenance: Zero Defects Through Equipment Management*, Productivity Press, Cambridge.

utilizza la **work balance chart**⁴². Non esisteranno così scorte tra i processi e sarà possibile evidenziare e attaccare il processo *collo di bottiglia*, con cycle time più alto e da cui quindi dipende l'output totale.

➤ **Linea guida 4: usare sistemi pull e FIFO laddove si interrompe il flusso continuo**

Realizzare un flusso continuo lungo tutto il lead time spesso non è possibile né realizzabile (anche se la teoria accademica lo incoraggia). Alla base possono esserci ragioni fondamentali, quali:

- Alcuni processi hanno tempi ciclo brevissimi e set up elevati o numerosi;
- L'affidabilità di alcuni processi dissuade vivamente dall'accoppiarli e vincolarli in un flusso continuo ad altri processi più affidabili;
- Alcuni processi presentano costi o distanze tali da non permettere di spedire pezzi singoli.

Per questi processi conviene dunque mantenere una produzione a lotti, ma tali ragioni tuttavia non devono legittimare il mantenimento di logiche di produzione tradizionali di tipo push. Laddove il flusso fosse quindi interrotto, una soluzione semplice e valida utilizzabile per controllare comunque la produzione di un processo fornitore che necessita di lavorare a lotti, collegandolo ai processi clienti a valle e al loro consumo effettivo, è il sistema **pull-supermarket**, schematizzato in figura 2.22. Il *supermarket* è un'area tra i due processi in cui quello a valle attinge ciò che ha consumato e di cui ha bisogno, utilizzando tipicamente a tal fine un cartellino kanban di prelievo. Il prelievo nel supermarket genera l'input al processo a monte di produrre a

⁴² “A graphic tool that assists the creation of continuous flow in a multistep, multioperator process by distributing operator work elements in relation to takt time (also called an *operator loading diagram* or a *yamazumi board*)”.

Fonte: Toshiko Narusawa, John Shook, 2009, *Kaizen express*, Lean Enterprise Institute, USA.

fronte di consumo, tramite un kanban di produzione, senza tentativi di programmazione o previsione di consumo.

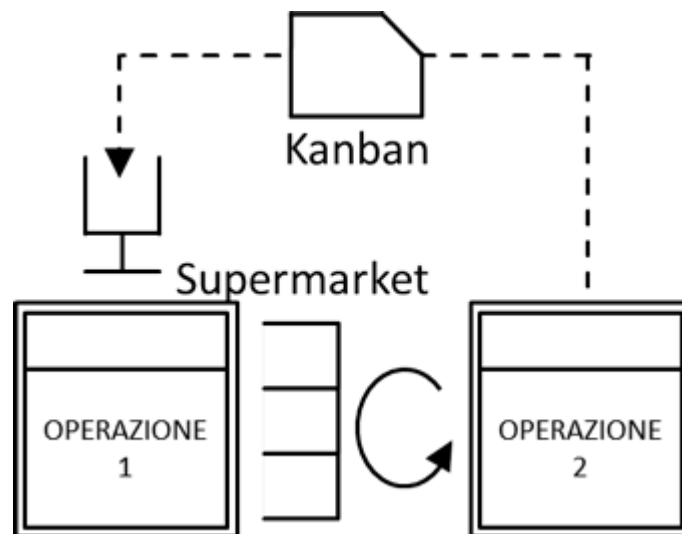


Figura 2.22: Flusso pull tramite l'uso del supermarket e del kanban.

Fonte: *kanban.it*

Una valida alternativa al sistema pull-supermarket può essere in alcuni casi la cosiddetta corsia **FIFO** (*first in, first out*). La corsia FIFO è schematizzabile come una rulliera, una discesa, un'area delimitata che può ospitare solo una quantità limitata di materiale e che collega il processo fornitore in ingresso al processo cliente in uscita. Se la corsia FIFO si riempie, il processo fornitore deve interrompere la produzione fino a che il processo cliente non consuma un po' di stock liberando spazio nella corsia. Quando la corsia è piena non vengono rilasciati ulteriori ordini di produzione (kanban) al processo a monte. Dunque, a tutti gli effetti, si ristabilisce il flusso continuo.

➤ **Linea guida 5: inviare il programma di produzione al solo processo pacemaker**

Nel momento in cui tutti i processi della current state map sono stati collegati direttamente a flusso continuo o tramite supermarket/FIFO, nel flusso delle informazioni si può provare a inviare il programma solo ad un processo particolare detto **processo pacemaker**.

Il controllo della produzione solamente di questo processo detterà automaticamente il ritmo produttivo di tutti i processi a monte e a valle (figura 2.23).

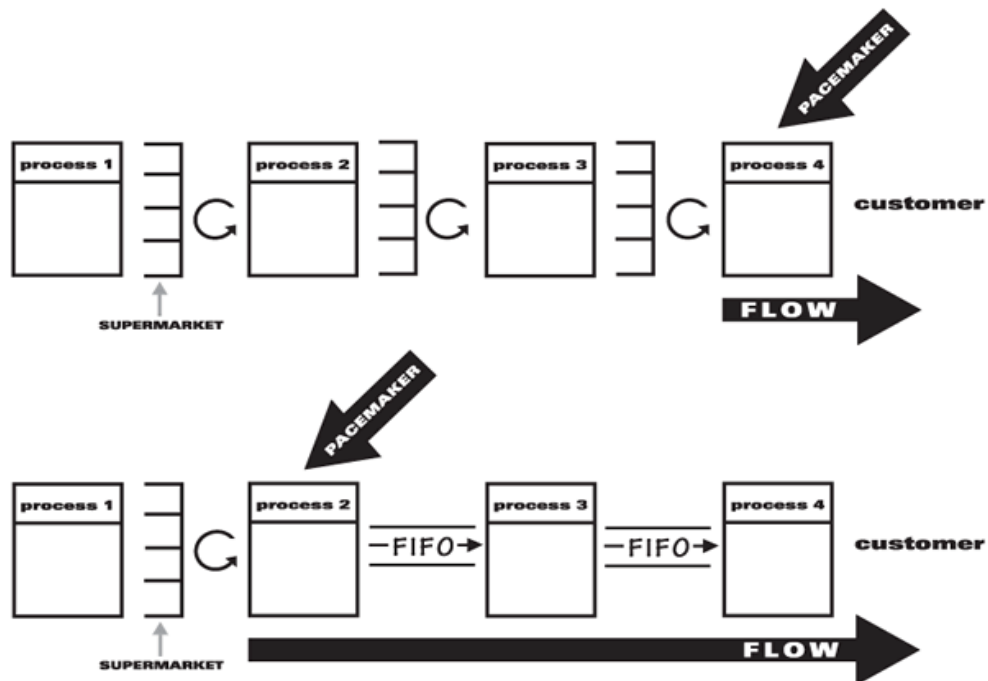


Figura 2.23: due esempi di processo pacemaker

Fonte: Lean Enterprise Institute

Il pacemaker è l'ultimo processo della mappa a valle del quale il flusso è continuo fino al prodotto finito. A destra del pacemaker non possono esserci supermarket, dunque spesso il processo pacemaker è l'ultimo a flusso continuo nella future state map ed è controllato dagli ordini cliente.

➤ **Linea guida 6: distribuire e livellare nel tempo il mix di produzione**

L'abitudine errata di programmare a lotti voluminosi ed evitare set up frequenti e onerosi allunga i tempi di risposta al cliente e richiede codici diversi da quelli nel lotto in corso. Questo genera stock di prodotti finiti maggiori del necessario a compensazione della paura di non avere quanto chiede il cliente quando lo chiederà. Se al processo pacemaker si lavorasse a lotti, tutta la catena a monte sarebbe comunque costretta a lavorare per lotti, incrementando progressivamente tutti gli stock dei supermarket.

Livellare il mix di produzione significa distribuire il mix produttivo al processo pacemaker in maniera omogenea nel tempo (concetto di *mixed modelling*, illustrato precedentemente al paragrafo 2.3). Livellare il mix porta a eliminare i principali sprechi in tutto il value stream, ma significa anche complicare il processo pacemaker: aumentano i set up, si riduce la capacità produttiva e aumenta la difettosità e le regolazioni conseguenti ai set up.

➤ **Linea guida 7: velocizzare e rinforzare il flusso delle informazioni**

Il flusso delle informazioni è importante quanto se non più del flusso fisico dei materiali; si suggerisce dunque di tracciare il flusso delle informazioni che comanda il flusso dei materiali, identificando tutti i passaggi di informazioni che dal cliente (quanto, quando produrre) risalgono la corrente fino a generare ordini di acquisto e produzione, fatturazioni, ecc.

Il team operativo dedicato al miglioramento del flusso delle informazioni ha l'obiettivo di identificare per ogni sua fase tutte le criticità quali:

- Informazioni mancanti;
- Informazioni in ritardo o anticipo;
- Informazioni incomplete;
- Informazioni semplificabili o eliminabili;
- Informazioni ridondanti;
- Informazioni automatizzabili (Graziadei, 2006)⁴³.

Nella pagina successiva è proposta una possibile future state map messa a confronto con la mappatura del flusso iniziale (figura 2.24).

⁴³ Ibidem.

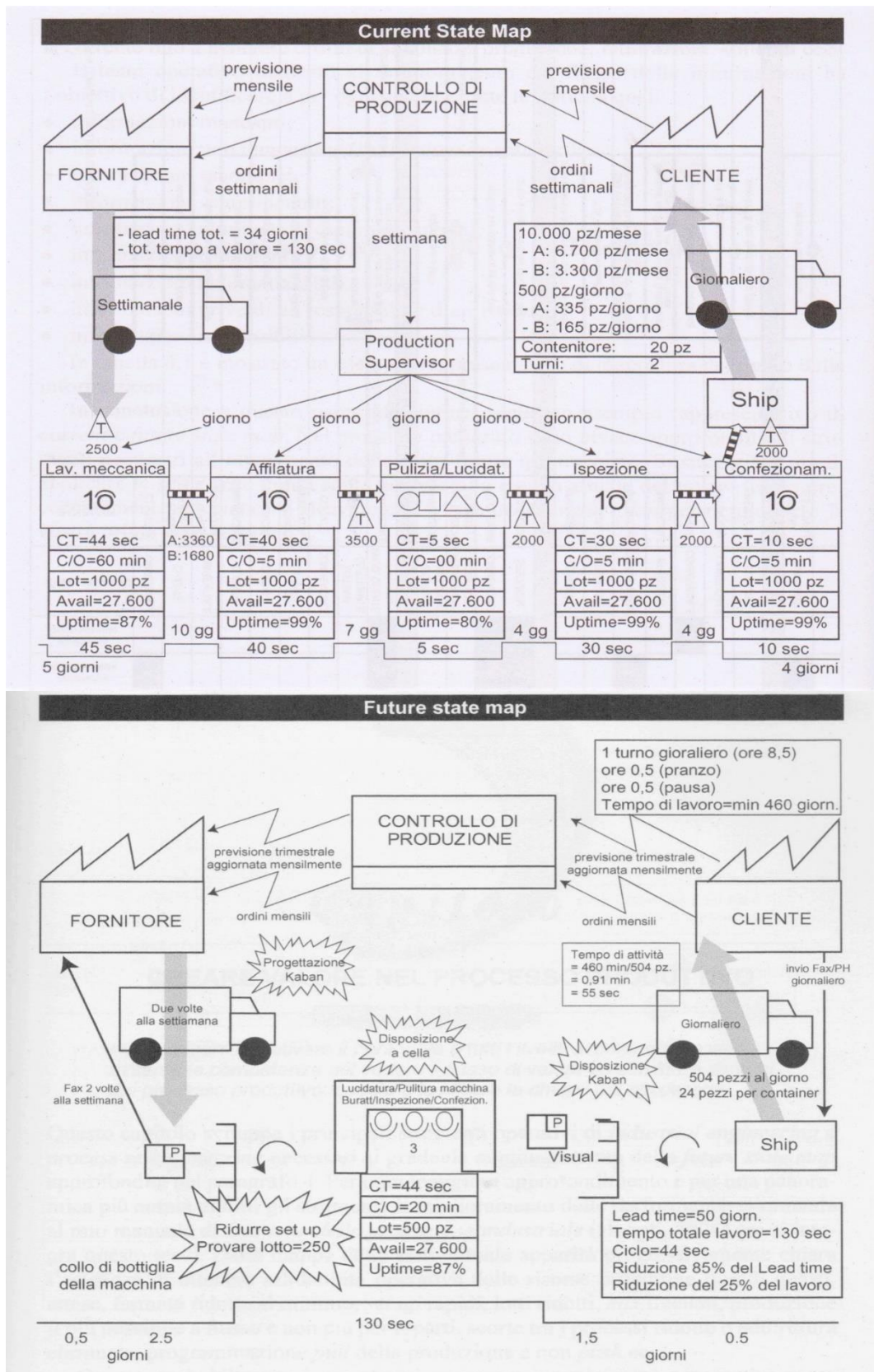


Figura 2.24: confronto tra current e future state map

CAPITOLO 3 – IL CASO DRTECH

Questo capitolo è dedicato all'esperienza svolta all'interno dell'azienda DRTEch, impresa dedicata alla progettazione e realizzazione di macchine per l'imbottigliamento di liquidi alimentari.

Nel primo e nel secondo paragrafo sono presentati l'azienda e i suoi prodotti, mentre nelle pagine successive vengono espone le principali difficoltà trovate in azienda e le soluzioni che sono state implementate al fine di risolverle.

3.1 L'azienda DRTEch

DRTEch è una start-up che occupa 6 dipendenti e ha sede a Minerbe (VR), nata attorno ad un brevetto riguardante un metodo innovativo per l'imbottigliamento di liquidi alimentari che consente di ridurre significativamente la quantità di ossigeno introdotta in bottiglia, e di conseguenza l'esigenza di aggiungervi solfiti.

Il progetto creato a partire da questo brevetto è chiamato RiCaMo (Riempimento Cannuccia Mobile) ed è stato inserito all'interno del programma Horizon 2020⁴⁴, ricevendo così fondi dall'unione europea per il suo sviluppo. Il progetto è portato avanti da DRTEch grazie anche al supporto e alla coordinazione di Enter.

La principale innovazione introdotta dal brevetto consiste nel fatto che il riempimento sia effettuato utilizzando una cannuccia mobile che scende dall'alto fino al fondo della bottiglia. Arrivata sul fondo, essa rilascerà contemporaneamente il liquido che deve essere imbottigliato (nella parte più interna) ed un gas inerte (nella parte più esterna) che mantiene isolato il prodotto dall'ossigeno e dall'aria residua che si trovano all'interno della

⁴⁴ Horizon 2020 è un programma di finanziamento creato dalla Commissione europea per sostenere e promuovere la ricerca.

bottiglia. Man mano che il riempimento procede, la cannuccia risale la bottiglia senza mai entrare in contatto con il liquido, permettendo di evitare ulteriormente possibili fonti di contaminazione (figura 3.1).

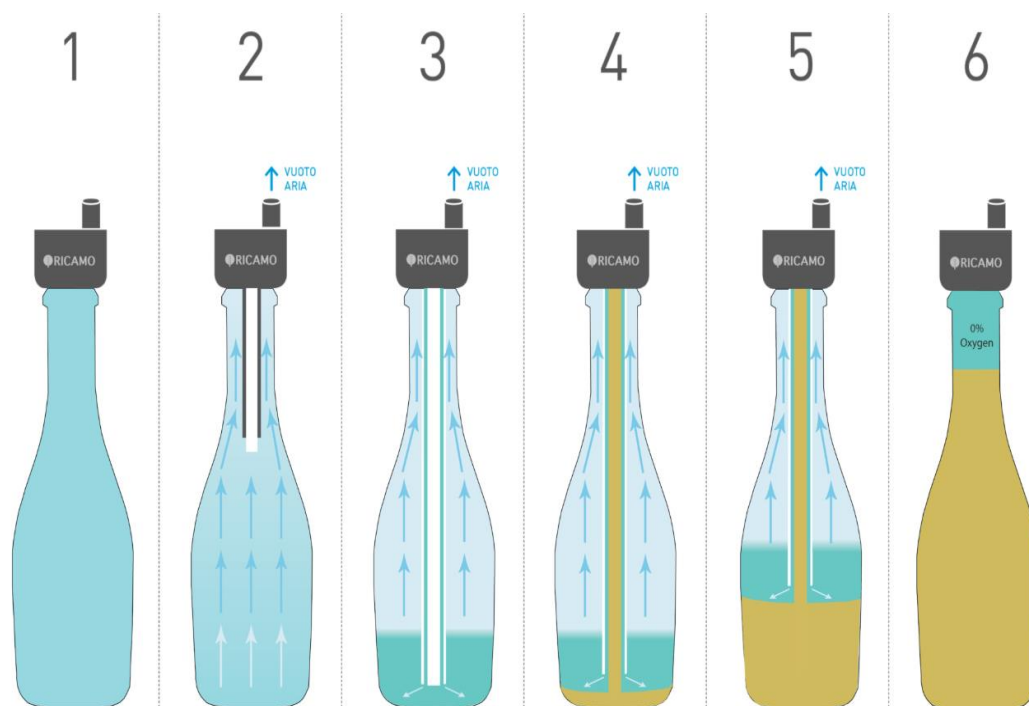


Figura 3.1: *il metodo di imbottigliamento RiCaMo*

I metodi tradizionali di imbottigliamento portano il liquido, essendo la loro fase di riempimento molto più turbolenta rispetto a quella RiCaMo, ad incorporare al suo interno una quota del gas e dell'ossigeno che sono presenti nella bottiglia. Per eliminare parte di questo ossigeno intrappolato nel liquido e rallentare così il processo di ossidazione devono essere aggiunti dei solfiti, con lo scopo di allungare la vita del prodotto. Il metodo RiCaMo, consentendo di introdurre dieci volte meno ossigeno rispetto ai metodi tradizionali, combatte l'ossidazione non attraverso la chimica ma con l'innovazione tecnologica.

Questa tecnologia innovativa è particolarmente adatta alle tipologie di vino organici e bio, che stanno divenendo sempre più popolari tra i consumatori di vino più sensibili agli aspetti ecologici ed ambientali.

3.2 Le imbottigliatrici DRTech

Partendo dal brevetto RiCaMo, in DRTech vengono progettate e realizzate macchine per l'imbottigliamento di liquidi alimentari, in particolare birra e vino. Le imbottigliatrici prodotte sono di tipo lineare e, al momento, ne sono realizzabili tre versioni. Esse differiscono in base al numero di cannucce di riempimento, che ne determina la capacità produttiva oraria: le tre versioni sono a 2, 4 o 6 valvole. La capacità produttiva parte da circa 400 bottiglie/ora della versione a due valvole, per arrivare oltre le 1000 bottiglie/ora con la versione sei valvole. Si tratta quindi di macchinari destinati a produzioni di quantità non particolarmente elevate rispetto a quelle della grande distribuzione, il che le rende adatte per aziende interessate ad una produzione limitata di prodotti di elevata qualità; il settore in cui stanno trovando maggiore impiego è quello dei micro-birrifici.

Un punto di forza delle imbottigliatrici è costituito dalle dimensioni contenute: la 2 valvole (figura 3.2) è la macchina per l'imbottigliamento più compatta della categoria e permette la gestione delle diverse fasi di carico, riempimento, tappo e scarico da parte di un solo operatore.



Figura 3.2: *imbottigliatrice RiCaMo 2 valvole*

3.3 I problemi interessati dal progetto di tirocinio

I problemi più importanti affrontati durante il progetto di tirocinio sono stati quelli presentati dalla “immaturità” dell’impresa che, come detto, è ancora una start-up. Essendo ancora un’azienda giovane non presenta alcuni aspetti caratteristici di aziende più mature e consolidate. Ad esempio, l’azienda non è dotata di un sistema gestionale per il controllo della produzione, né di un sistema per la gestione delle scorte. Inoltre, non c’è ancora un sistema efficace per la raccolta di dati anche se comunque, vista l’età dell’azienda, non si avrebbe in ogni caso un’ampia base dati. L’assenza di dati storici sui consumi e l’impossibilità di fare previsioni sul futuro rende complicato un approccio analitico alla gestione delle giacenze e al controllo di produzione.

Questo si riflette sulle azioni che si devono mettere in pratica all’arrivo dell’ordine cliente: quando l’ordine di una macchina viene ricevuto, si procede col fare il picking di tutti gruppi (i sub-assemblati) chiamati nella distinta del macchinario; il picking è usato per capire quali codici siano presenti a magazzino e quali invece sia necessario ordinare (figura 3.3).



Figura 3.3: Esempio di picking usato per evidenziare i codici mancanti.

Le giacenze di magazzino sono monitorate tramite un foglio Excel ma, non essendoci una figura dedicata a tempo pieno alla gestione del magazzino, molte volte i prelievi vengono fatti dagli operatori stessi senza segnalare il fatto e ne consegue che le quantità reali di magazzino si discostino quasi sempre da quelle teoriche presenti sul file.

Il tutto porta al fatto che, all'ordine della macchina, il numero di codici mancanti sia ingente, e la gestione di questi codici da approvvigionare tutti contemporaneamente intasi l'ufficio acquisti che non riesce a far fronte al carico di lavoro. Inoltre, il fatto che le macchine siano ancora in continua fase di progettazione, e la codifica di molti codici sia mancante, porta a frequenti incomprensioni tra ufficio progettazione, magazzino, e acquisti. Ciò che ne risulta sono ritardi importanti sui tempi di consegna delle macchine ai clienti.

Tra le esigenze più immediate per l'azienda, al fine di alleviare queste problematiche, è stato individuato il completamento della codifica delle distinte. Questo avrebbe innanzitutto permesso di risparmiare molto del tempo sprecato nel risolvere i malintesi che sorgono tra i vari reparti. Inoltre, come verrà spiegato in seguito, avrebbe anche portato a velocizzare enormemente l'operazione di picking, che rimane il processo fondamentale per identificare il prima possibile i codici mancanti. Un altro obiettivo del progetto di tirocinio era quello di arrivare ad una efficace gestione informatica delle giacenze che permetta in futuro, all'arrivo dell'ordine cliente, di identificare immediatamente gli articoli necessari da ordinare senza dover attendere che venga completato il picking di tutti i gruppi.

Il punto di partenza è stato la matrice Excel in cui sono riportate le distinte di tutte le possibili varianti di imbottigliatrice realizzabile (figura 3.4), con i gruppi (i sub-assemblati, sulle righe) suddivisi nelle diverse tipologie di macchina (colonne).

I gruppi, codificati come GDR, sono suddivisi tra “standard”, cioè i gruppi sempre presenti, e “optional”, aggiunti su richiesta del cliente (in grigio nella tabella). All’interno della tabella si trovano gruppi la cui progettazione è completa (in verde) ma anche quelli in fase di completamento o di modifica (in giallo), oltre ai gruppi la cui progettazione è prevista nel prossimo futuro, ma deve ancora iniziare (in rosso).

Sulle colonne troviamo le diverse tipologie di macchine realizzabili:

- 2V-C = due valvole, tappo corona. Macchina due valvole, ossia con due cannuce di riempimento, dedicata all’imbottigliamento di bottiglie con tappo a corona.
- 2V-R = due valvole tappo cilindrico. Macchina due valvole dedicata al riempimento di bottiglie con tappo cilindrico.
- 2V-S = due valvole tappo spumante. Macchina due valvole dedicata al riempimento di bottiglie con tappo da spumante.

La stessa classificazione è valida per le versioni a 4 e 6 valvole, cioè quelle con 4 o 6 cannuce di riempimento. Queste ultime possono anche essere realizzate, su richiesta del cliente, con sciacquatrice (indicata con 4p o 6p) a monte del sistema di riempimento, che pulisce le bottiglie con un getto d’acqua prima della fase di riempimento.

Le macchine sono ulteriormente personalizzabili a seconda delle esigenze del cliente, che può scegliere tra alcuni optional per adattare al meglio la macchina alle proprie esigenze. Può, ad esempio, richiedere diversi sistemi di centraggio e di tappo nel caso in cui debba riempire bottiglie di dimensione e forma diverse; può richiedere un tavolo di accumulo bottiglie al termine del nastro trasportatore, ed eventualmente un sistema di controllo del riempimento bottiglia tramite fotocellula.

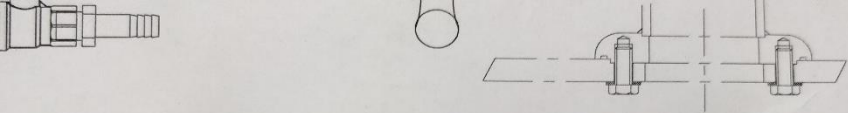
Partendo dalla matrice “macchine-gruppi” si può ricavare la distinta di ognuna delle macchine realizzabili. Come si può vedere ci sono alcuni gruppi in comune tra macchine diverse, ma la varietà rimane comunque elevata, ed al momento dell’analisi e nei mesi successivi di sviluppo sono stati studiati in totale circa 75 gruppi.

Andando a focalizzarsi sui gruppi, per ciascuno di essi si risale alla corrispettiva distinta, in cui vengono richiamati codici di due tipi:

- **A disegno (DR)**: componenti disegnati dall’ufficio progettazione di DRTech e poi realizzati tramite lavorazioni meccaniche presso fornitori (tra cui figura anche Enter).
- **Commercializzato (C)**: componenti come viteria, raccorderia, riduttori, ecc. che sono semplici componenti di acquisto.

Uno dei problemi immediatamente riscontrabili osservando le distinte riguardava il fatto che esse *presentavano la codifica solo di pochi dei componenti commerciali*. Questo era dovuto al fatto che l’ufficio progettazione, a causa di scarsa comunicazione col magazzino e per la fretta portata dall’esigenza di accelerare il processo di progettazione, non era in grado di inserire i codici in fase di realizzazione delle distinte e si limitava a riportare la descrizione dell’articolo.

Ciò portava a continue incomprensioni poiché il magazzino, in fase di picking (che era realizzato partendo dalla stampa della distinta del gruppo, figura 3.5), doveva “dedurre” i codici a partire dalle descrizioni degli articoli trovate sulle distinte per poter ricavare le posizioni a magazzino. Questo processo era complicato ulteriormente dal fatto che magazzino e ufficio progettazione usassero spesso descrizioni, sigle e nomenclature differenti per gli stessi componenti.



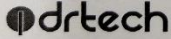

24	C-492	RACC. COMITO GIREVOLE 0.6 1/8"	A210A4	1	
23	C-520	EDUZIONE INOX 1/2" 1/4"	A212C2Q	1	
22	C-921	CROCE FEMMINA INOX	A212C1X	1	
21	C-516	NIPLES M/M 1/4" INOX	A212C2A	1	
20	C-962 R	VALVOLA SEDE INCLINATA COMANDO PNEUMATICO ODE 1/2"	A23C2	1	
19	C-1036	REGGITUBO TIPO PESANTE INOX ø TUBO 70	A23A6	2	
18	C-1037	REGGITUBO TIPO PESANTE INOX ø TUBO 150	A23B2	2	
14	CE	SENSORE IFM LM100		1	
13	C-141	VALVOLA A SFERA INOX ø1/2" M/F	A27B3	1	
12	C-471	RACC. COMITO GIREVOLE INOX 0.8 1/4"	A210B4	4	
11	C-161	VALVOLA A SFERA INOX ø1/2" F/F	A27E2	1	
10	C-258	CURVA M/F 1/2" INOX	A29C1	1	
9	C-953	MANICOTTO FILETTATO FEMMINA 1/2" INOX	B28C0	3	
8	C-252	NIPLES M/M 1/2" INOX	A21001	5	
7	DR1040034	TAPPO INFERIORE SERBATOIO AUTOLIVELLANTE		1	
6	DR1040035	CORPO SALDATO SERBATOIO AUTOLIVELLANTE		1	
5	DR1040033	TAPPO SUPERIORE SERBATOIO AUTOLIVELLANTE		1	
4	C-1007	GUARNIZIONE DN150 VITON	B17C6	2	
3	C-1006	GRELLA DN150 INOX	B17C5	2	
2	C-301	PORTADOMMA #15 1/2" INOX	A27E1	2	
1	C-687 R	VALVOLA DI SICUREZZA 1/2" INOX	A23B2	1	
Pos.	Codice	Denominazione Materiale	Dimensioni	Q.ta'	Q.ta' unitaria
		GRUPPO SERBATOIO AUTOLIVELLANTE			
Viale dell'Agricoltura, 29 - 37046 Minerbe (VR) Telefono: +39 0442 1865268 Fax: +39 0442 642122		Codice GDR1040004_REV01		Gruppo	
				Assieme SERBATOIO VERTICALE	
Tolleranze generali:		Tolleranze di forma e di posizione:		Scala 1:2	A1
Fori	H11	0.05	0.03	0.04	0.04
Altezi	H11				
Intersassi	± 30'				
Angoli	JS11				
Lunghesze	JS11				
		Smussi	Raccordi	Indice Modifica	Data Modifica
				Data 25/02/19	Disegnato da AS

Figura 3.5: esempio di distinta compilata a mano e usata per il picking.

3.4 Le soluzioni adottate

Partendo dalla tabella macchine-gruppi, sono andato a studiare le distinte di ognuno dei gruppi esplodendole fino al livello più basso per poter arrivare ad avere il consumo di ciascun componente in ciascun gruppo. Per compiere questa operazione ho dovuto completare, interfacciandomi con l'ufficio progettazione, la codifica di tutte le distinte.

Sono così giunto alla definizione della “**matrice gruppi-codici**”: una matrice Excel in cui sulle colonne si trovano i gruppi esaminati (74) e sulle righe tutti i componenti: all'incrocio troviamo il numero che riporta la quantità del codice richiesta nel determinato gruppo. Sono arrivato così ad ottenere una matrice di 74 colonne e 934 righe (figura 3.6).

La costruzione di questa matrice ha l'obiettivo di arrivare, partendo dalle distinte delle macchine, ai dati sui consumi di ciascun componente per ogni variante di macchina realizzabile. Arrivando ad avere questi consumi, lo scopo era poi quello di abbozzare un rudimentale sistema di gestione delle giacenze, impostando dei livelli di riordino piuttosto approssimativi (vista l'impossibilità di impostare la soluzione del problema su calcoli analitici più precisi data l'insufficienza di dati) ma che potessero comunque risultare utili, soprattutto in questa fase dello sviluppo dell'azienda; utili ad esempio per dare indicazioni di massima all'ufficio acquisti: arrivare a definire quantità prestabilite per i riordini avrebbe aiutato a snellire il carico del buyer, che era costretto di volta in volta a interfacciarsi con altre funzioni per decidere le quantità da ordinare⁴⁵.

Si è deciso di concentrare l'analisi principalmente sui componenti commerciali per semplificare il problema, vista la complessità molto maggiore dei flussi dei componenti a disegno che possono avere cicli complicati, tra lavorazioni presso più fornitori e possibili fasi di trattamento superficiale.

Un altro obiettivo fondamentale della definizione dei livelli di riordino era quello di cercare di abbassare la quantità di codici mancanti al momento della ricezione dell'ordine cliente. Per quanto i livelli e quantità definiti in questa fase potessero essere solo approssimativi, avrebbero comunque potuto portare benefici già nel breve termine. In futuro, quando l'azienda disporrà di una base dati significativa su domanda e tempi di approvvigionamento, le quantità e i livelli di riordino potranno essere calcolati in modo ben più rigoroso.

⁴⁵ L'ufficio acquisti non aveva dati storici sul consumo o sulle quantità di un determinato codice necessarie per produrre un macchinario, né dati affidabili sulle giacenze di magazzino. Questo rendeva il processo di ordine più lento ed inefficiente, perché costringeva l'ufficio acquisti ad interfacciarsi ogni volta con il magazzino ed il management per avere indicazioni di massima sulle quantità da ordinare.

3.4.1 Definizione dei livelli e delle quantità di riordino e implementazione nel database di Microsoft Access

A questo punto è stato deciso insieme all'azienda di dimensionare le scorte sulla base delle quantità richieste di ciascun codice per la realizzazione della macchina più complessa, ossia la sei valvole con sciacquatrice. Quindi, partendo dalla distinta della 6p-6v ho ricavato il consumo di ciascun componente per la creazione di una macchina con quelle specifiche, e i livelli di riordino sono stati impostati pari a 2 o 3 volte le quantità richieste per la realizzazione di tale macchinario (figura 3.7).

CODICE	DESCRIZIONE	GRUPPI INIZIALI	GRUPPI FINALI/ACC ESSORI	LT LUNGO	ALTO COSTO	CONSUMO	CONSUMO	PUNTO	QUANTITÀ
						MIN	MAX	RIORDINO	RIORDINO
C0000025	VITE TE M6X20		X			0	11	25	50
C0000032	SEEGER ØINT PER ALBERI=25 INOX					0	2	5	10
C0000041	CILINDRO BLOCCO TAPPI CAMOZZI 31M2A016A005					2	2	5	5
C0000043	VITE TE M8X20-A2	X				34	59	150	500
C0000044	VITE TSPEI ISO10642TF-M8X20-A2					6	6	20	50
C0000046	RONDELLA DIN125 M3X3,2					6	56	120	200
C0000047	LEUZE FOTOCELLULA PER RILEVAM. LIQUIDI TRASMETTITORE			1	1	0	6	12	15
C0000048	LEUZE FOTOCELLULA PER RILEVAM. LIQUIDI RICEVITORE			1	1	0	6	12	15
C0000049	FINECORSA MAGN. 24VDC REED CAVO COD. D-A93L		X			4	24	30	30
C0000054	VITE TCEI DIN 912-M5X10-A2					2	2	10	20
C0000055	VITE TCEI M8X30	X				0	2	10	20
C0000057	O-RING 3450 113,98X2,62 NBR70	X				1	3	10	20
C0000058	BOCCOLA XFM-7075-40	X				2	2	5	10
C0000059	CUSCINETTO ASSIALE REGGI SPINTA - 51204 SS INOX	X				1	2	5	10
C0000060	GHIERA KM4 AISI 316	X				1	8	20	40
C0000062	LINGUETTA 6X6 L=50 INOX FORMA A UNI 6604	X				1	2	5	10
C0000102	VITE TE M10X25	X				7	35	50	200
C0000103	VITE TE TF DIN 933-M6X12	X				0	4	10	50
C0000105	VITE TE M6X35	X				0	12	30	100
C0000106	VITE TCEI M4X12	X				0	2	10	50
C0000107	VITE TCEI DIN 912-M5X25-A2	X				4	4	20	50
C0000108	VITE TCEI PF M5X40	X				10	10	30	100
C0000109	VITE TCEI M6X20	X				0	32	80	200
C0000110	VITE TCEI M8X20	X				2	15	50	100
C0000111	VITE TCEI M8X25	X				0	34	100	200
C0000113	ANELLO DI TENUTA PER ALBERO ROTANTE 30X55X10 NBR					2	2	6	10
C0000114	SEEGER ØINT PER ALBERI=30 INOX					2	2	6	10
C0000115	CUSCINETTI A SFERA 6006 2RS 1 SKF FORO D.30-55-13					2	2	6	10
C0000116	VITE TE M10X100					1	1	5	10
C0000119	VITE TE M10X16					1	1	5	10
C0000120	VITE GRANO P.PIANA M8X8					1	1	5	10
C0000121	DADO ESAGONALE M3					0	24	50	50
C0000122	DADO ESAGONALE M5	X				3	28	60	100
C0000125	VITE TCEI DIN 912-M5X12-A2		X			59	80	200	500
C0000126	VITE TCEI DIN 912-M5X16-A2					3	4	10	20
C0000138	SONDA TEMP. IT SENSOR MOD. DTR122502 L=250			1	2	1	1	2	RIPORTA
C0000139	TAPPO CLAMP DN 1"-1/2" DE50,5 DIN 25/32/40 AISI 316					2	6	15	15
C0000142	VALVOLA A SFERA A LEVA INOX D1/2" M/F					2	3	6	10

Figura 3.7: estratto della tabella sui livelli di scorta e quantità di riordino.

In base ai dati sui consumi⁴⁶ si sono poi abbozzate delle quantità di riordino il più possibile “coerenti” con essi e che fungessero da indicazione di massima all’ufficio acquisti.

Per arrivare a proporre livelli di riordino e quantità si è anche tenuto conto di alcuni, esigui, dati presenti in azienda (un’analisi più approfondita del magazzino, come una ABC, non sarebbe stata possibile perché i dati erano insufficienti) su costi e tempi di approvvigionamento di alcuni codici.

Ho così suddiviso i componenti in 6 classi sulla base del costo:

- classe 0: casella vuota = basso costo;
- classe 1: 30-60 €
- classe 2: 60-90 €
- classe 3: 100-200 €
- classe 4: 200-500 €
- classe 5: oltre 500 €.

Inoltre, ho suddiviso i codici in tre classi discriminandoli sulla base del tempo di approvvigionamento:

- classe 0: casella vuota = tempo di fornitura inferiore ai 10 giorni lavorativi;
- classe 1: tempo di fornitura tra i 10 e i 15 giorni lavorativi;
- classe 2: tempo di fornitura superiore ai 15 giorni lavorativi.

Questa semplice suddivisione mi ha permesso di mettere in evidenza gli articoli più critici dal punto di vista dei costi e del lead time, per i quali i livelli e le quantità di riordino sono stati definiti con più attenzione.

⁴⁶ Con il termine “consumo” ci si riferisce sempre, in questo capitolo dedicato al caso DRTech, alle quantità richieste per la realizzazione di una macchina per l’imbottigliamento.

Inoltre, le colonne “*consumo min*” e “*consumo max*” sono state compilate confrontando le quantità richieste per produrre una macchina 2 valvole (quella che richiede il consumo minimo) e una macchina 6 valvole (consumo massimo). Nel caso il componente sia usato unicamente per la realizzazione di gruppi accessori il suo consumo minimo sarà pari a zero.

Ho deciso poi di riportare anche altre due variabili nella tabella, rappresentate dalle colonne “*gruppi iniziali*” e “*gruppi finali/accessori*”. Nell’impostare i livelli di riordino ho così voluto tenere conto anche del fatto che il componente sia utilizzato nei primi gruppi – inteso come primi gruppi in fase di assemblaggio della macchina – oppure se esso faccia parte di gruppi accessori o montati solo nelle fasi finali del processo.

A questo punto, cercando di coniugare tutti i diversi input derivanti dai dati e dalle classificazioni fatte, ho definito livelli di riordino e quantità. Ad esempio, per componenti particolarmente costosi (classi 4 e 5) che non presentano lead time di fornitura troppo elevato (non di classe 2) per poter arrivare in tempi utili al montaggio, e che fanno parte dei gruppi finali/accessori, si è scelto di non prevedere scorte a magazzino, ma ordinare il codice solamente nel momento in cui ne è richiesto il consumo.

I livelli di riordino e le quantità di riordino sono quindi basati in parte su calcoli analitici a partire dai pochi dati presenti, e in parte su considerazioni più qualitative.

Successivamente, tramite l’appoggio di un consulente esterno, è stato introdotto in azienda il software **Microsoft Access** che permette di avere un database comune ai vari reparti aziendali, in modo da favorirne l’interazione e la comunicazione, e facilitare alcune operazioni fondamentali. Ad esempio, le quantità di magazzino che prima erano gestite tramite file Excel andando a segnare ad ogni prelievo la nuova quantità rimanente, possono ora essere gestite tramite Access.

Si viene così finalmente a creare un **database comune** anche tra magazzino e progettazione: è un passo fondamentale, perché in questo modo le distinte saranno codificate in modo completo fin dalla loro creazione andando ad eliminare gran parte delle incomprensioni tra i reparti. Inoltre, grazie al fatto che per arrivare alla creazione della matrice gruppi-codici avevo prima dovuto completare la codifica di tutte le distinte già realizzate, queste sono state caricate sul database già complete di tutte le informazioni necessarie.

Per ogni tipologia di articolo commerciale (viti, dadi, rondelle, raccordi, ecc.) è stato poi definito lo *standard da seguire per le descrizioni*. Ne è seguito un lavoro di “pulizia” del database di magazzino che ha portato all’eliminazione di codici duplicati e obsoleti, con un conseguente snellimento anche del magazzino fisico.

Il fatto di poter disporre ora di distinte completamente codificate favorisce enormemente anche le operazioni di picking: in precedenza si doveva stampare la distinta, dedurre dalle descrizioni degli articoli i rispettivi codici e di conseguenza ricavarne la postazione di magazzino. Ora, invece, tramite Access vengono stampate direttamente delle **liste di prelievo** che permettono un significativo risparmio di tempo; se prima l’operazione di picking poteva richiedere tra i 10 e i 25 minuti a seconda della complessità del gruppo, la maggior parte dei quali spesi nel ricavare le postazioni a magazzino, ora lo stesso processo richiede tra i 5 e i 10 minuti per essere completato.

L’obiettivo per il futuro, quando l’introduzione del software Access sarà stata “digerita” dalle varie funzioni aziendali e il sistema di gestione delle quantità di magazzino si rivelerà sufficientemente affidabile, è quello di arrivare alla generazione automatica di un ordine di produzione al momento della ricezione di un ordine cliente. Questo ordine di produzione riporterà tutte le quantità dei codici necessarie per soddisfare il corrispondente ordine cliente e, confrontando le quantità richieste con quelle presenti a magazzino, fornirà

immediatamente all'ufficio acquisti le informazioni sugli articoli da ordinare senza dover attendere il feedback dell'operazione di picking.

3.4.2 Introduzione del sistema kanban in DRTech

Durante il periodo di tirocinio l'utilizzo del solo sistema informatico per la gestione del magazzino non era ancora realizzabile in quanto in fase di rodaggio e adattamento. Si è pensato allora di affiancarvi un metodo visual per la gestione della movimentazione dei materiali all'interno del magazzino e dei riordini, utilizzando il cartellino **kanban**.

Il sistema viene implementato non tanto per muovere materiali ad alta rotazione come un sistema kanban classico, ma quanto come strumento visual utile per dare rigosità a movimentazione e approvvigionamento del materiale, processi che in azienda non avvenivano in maniera regolata portando a sprechi, inefficienze e incomprensioni tra funzioni aziendali.

Il sistema kanban pensato è a due cartellini per alcuni articoli, e ad un solo cartellino per altri. Alcuni dei gruppi sono assemblati su banchi di montaggio, e in ciascun banco troviamo fissati dei contenitori che contengono la minuteria necessaria per il gruppo (o i gruppi) assegnato a quella postazione. Per questi componenti per cui sono predisposti dei supermarket a banco il sistema è a due cartellini.

Abbiamo allora due tipi di cartellino:

1) Cartellini di Riordino: realizzati per ogni componente commerciale a magazzino, posti all'interno (o davanti) al contenitore della postazione del componente. Su di essi è riportata la *classe di consumo* (il termine "consumo" è sempre inteso in riferimento alla quantità richiesta per la realizzazione di un macchinario), in modo che chiunque esegua il prelievo sia sollecitato a segnalare il riordino necessario nel momento in cui la scorta scenda sotto il

determinato livello legato alla classe di appartenenza: a ciascuna classe è infatti assegnato un livello/modalità di riordino.

Le **classi di consumo** sono le seguenti:

- Classe A: più di 150 pezzi/macchina.
- Classe B: tra i 70 e i 150 pezzi/macchina.
- Classe C: tra i 30 e i 70 pezzi/macchina.
- Classe D: tra in 10 e i 30 pezzi/macchina.
- Classe E: meno di 10 pezzi/macchina.

Per le classi A e B le postazioni a magazzino sono predisposte con un contenitore in cui troviamo i pezzi che si prelevano per il picking e una scatola (la confezione stessa in cui sono venduti dal fornitore) posta dietro di esso.

Nel momento in cui il contenitore è vuoto, si apre la scatola retrostante e se ne versa il contenuto nel recipiente. Quando questo avviene, deve partire il riordino del codice. Per le classi C, D ed E il riordino è “visivo”: per la classe C il riordino parte nel momento in cui nel contenitore scendiamo al di sotto dei 100 pezzi, per la classe D quando siamo al di sotto dei 50 pezzi, e per la classe E al di sotto dei 20 pezzi. Le valutazioni sulle quantità rimanenti sono fatte a colpo d’occhio da chi effettua il picking.

Viene inoltre riportata sul cartellino la quantità proposta per il riordino in modo da fornire indicazioni all’ufficio acquisti.

Questa tipologia di kanban è chiamata **Signal Kanban**, e identifica un cartellino usato per applicare la metodologia a punto di riordino: il kanban non è associato ad un contenitore, ma viene inviato al processo fornitore quando si è consumato un determinato quantitativo di pezzi. Il cartellino, una volta prelevato, verrà quindi portato all’ufficio acquisti in modo che parta il riordino del codice (figura 3.8).

KANBAN DI RIORDINO	R0018	KANBAN DI RIORDINO	R0696
CODICE	C0000018	CODICE	C00000696
DESCRIZIONE	RONDELLA DIN125 M5X5,3	DESCRIZIONE	LINGUETTA INOX 8X8X30
LOCAZIONE	A13D6	LOCAZIONE	A19B5
CLASSE DI CONSUMO	A	CLASSE DI CONSUMO	E
QUANTITÀ DI RIORDINO	1000	QUANTITÀ DI RIORDINO	20

Figura 3.8: Esempi di kanban di riordino per codici di classe A ed E.

2) Cartellini di **Movimentazione**: realizzati per i componenti (minuteria: viti, dadi, rondelle, grani, o-ring, seeger, ecc.) per cui è stato predisposto un supermarket nei banchi di montaggio; ci sono infatti 5 banchi predisposti all'assemblaggio di gruppi che vengono realizzati in queste postazioni e poi montati sulla macchina. Andando a studiare le distinte dei gruppi e la sequenza di montaggio di un macchinario sono stati decisi gli assemblati da realizzare a banco, cercando di raggruppare gruppi con componenti in comune o ravvicinati nella sequenza di assemblaggio (figura 3.9).

KANBAN DI MOVIMENTAZIONE	M0431A
TAVOLO	1) SOSTEGNO CONO
CODICE	C00000431
LOCAZIONE A MAGAZZINO	A15C5
QUANTITÀ REFILL	25
VITE TSPEI M8X25	

Figura 3.9: Esempio di kanban di movimentazione.

Anche in questo caso, come per quanto riguarda il kanban di riordino, il sistema non è il classico cartellino legato ad un contenitore, ma la sua funzione principale è comunque quella di dare rigorosità alle movimentazioni di

materiale, fornendo indicazioni su dove reperire i codici e sulla quantità da prelevare per eseguire il refill.

Il risultato della gestione a scorta dei componenti ha comportato necessariamente un aumento delle scorte di magazzino, dato che queste non erano precedentemente regolate in alcun modo. Tuttavia, questo aumento è concentrato sugli articoli di minor valore come viti, dadi (minuteria in generale), o, ad esempio, la raccorderia: per queste categorie di componenti si è deciso di dare priorità al fatto di averli assolutamente a magazzino nel momento del bisogno, a costo di un aumento delle giacenze medie, piuttosto che una loro mancanza possa portare a fermare il processo di assemblaggio.

Inoltre, questa prima implementazione di un sistema di gestione del magazzino, seppur piuttosto approssimativa, permetterà all'azienda di poter arrivare ad una gestione delle giacenze sempre più rigorosa, affinandola coi dati che verranno man mano raccolti.

Uno dei risultati che si è potuto monitorare durante il periodo di tirocinio è stata la riduzione dei codici mancanti al momento dell'ordine cliente: la macchina in realizzazione all'inizio del periodo di tirocinio era partita con circa 150 codici mancanti, numero molto elevato che ha portato ad una grande difficoltà nella gestione degli approvvigionamenti con un conseguente ritardo di 45 giorni sulla consegna del macchinario. Il primo ordine arrivato durante l'implementazione della gestione a scorta presentava 47 codici mancanti, un risultato ancora non ottimale ma comunque un tangibile miglioramento che ha contribuito a semplificare la gestione degli approvvigionamenti portando il ritardo sulla consegna a 15 giorni.

3.4.3 Interventi sul flusso informativo

L'esperienza di tirocinio si è anche focalizzata sul cercare di facilitare il coordinamento tra funzioni, in particolare nella fase critica di

approvvigionamento dei componenti mancanti al momento dell'ordine cliente. Innanzitutto, si è pensato di utilizzare un foglio Excel standard, creato per ciascuna ordine, da utilizzare per mettere in comunicazione diretta magazzino e ufficio acquisti. Nella situazione attuale dell'azienda, snellire e velocizzare il passaggio di informazioni tra queste due funzioni è di fondamentale importanza per abbattere il tempo di consegna della macchina al cliente.

In figura 3.10 è riportato un estratto della tabella usata per facilitare questo passaggio di informazioni: il responsabile di magazzino, dopo aver effettuato il picking di un gruppo, deve compilare la tabella inserendo i codici mancanti con le rispettive quantità e la data al momento della compilazione.

Man mano che avviene il picking di tutti i gruppi e sono segnalati i mancanti, l'ufficio acquisti, accedendo al file in comune, può procedere agli ordini dei componenti, andando a segnare la data in cui effettua l'ordine e il fornitore. Le quantità di riordino calcolate in precedenza per i componenti commerciali sono riportate nel foglio e servono da indicazione.

Nel momento in cui l'articolo arriva in azienda, il responsabile di magazzino si occupa di ingressare la merce e compilare le colonne finali sulla data di arrivo e data in cui la merce è effettivamente posta a scaffale. Le righe dei codici arrivati sono poi evidenziate in verde, e quando un intero gruppo è completo si evidenzia anche la colonna corrispondente.

Lo scopo dell'utilizzo del foglio elettronico, oltre a cercare di favorire le comunicazioni e dare un colpo d'occhio immediato sui progressi della situazione dei codici mancanti, è anche quello di evidenziare una criticità importante: lo scarto temporale tra il momento in cui è segnalata la mancanza di un articolo e il momento in cui avviene effettivamente l'ordine al fornitore per i codici mancanti. Questo scarto è stato rilevato essere in media di 8 giorni lavorativi, portando ad allungare notevolmente i tempi per l'approvvigionamento di materiale.

GRUPPO	CODICE	DESCRIZIONE	QUANTITÀ	COCAZIONI	FORNITORE	COMMENTI	DATA INSERIMENTO	QTÀ RIORDINO	DATA ORDINE	DATA ARRIVO	DATA DEPOSITO
GDR0060008	DR0060090	PISTONE RUBINETTO TAMPONE FORATO	2	B28D5			11-apr				
GDR0060008	DR0060083	TAMPONE PISTONE	2	A212A5	fluidmec		11-apr		23-apr	16-mag	18-mag
GDR0060008	DR0060088	TESTA CILINDRO RUBINETTI SENZA FILETTI ISOBARICI	2	B17D5	Enter		11-apr				
GDR0060008	DR0060066	CORPO CILINDRO RUBINETTI SENZA FILETTO	2	B18A2			11-apr				
GDR0060008	DR0060070	CAMERA PRODOTTO	2	#N/D	Enter		11-apr				
GDR0060008	DR0060085	CAMERA ASPIRAZIONE	2	#N/D	Enter		11-apr				
GDR0060008	DR0060069	CAMERA GAS	2	#N/D	Enter		11-apr				
GDR0070005	DR0210019	PIASTRA SENSORI ASTE CONO	2	#N/D	Enter		09-apr		15-apr	23-mag	24-mag
GDR0070005	DR0210027	STAFFA	2	B14A4			09-apr		15-apr	26-apr	29-apr
GDR0070005	C00000125	VITE TCEI DIN 912-M5X12-A2	3	A13C3	Ferramenta Giusti		09-apr	200	X	23-apr	24-apr
GDR0080001	DR0080007	TUBO LAVA CANNUCCIA	2	B13B3			11-apr				
GDR0230007	DR0230056	CANALE PASSACAVI VERSO CONO	2	B23C2	tecno3+ENTER		08-apr				
GDR0230007	DR0230051	GIUNTO A SOFFIETTO	1	B23C6	Ebi + Enter		08-apr				
GDR0230007	C00000182	ATTUATORE ELETTRICO VITE A SFERE LFFS32NZB-500	1	A26E1	Ebi		08-apr	1	10-apr	07-mag	07-mag
GDR0230007	C00000058	BOCCOLA XFM-7075-40	2	A24A4			08-apr	10			
GDR0230007	DR0230022	VITE TRAPEZOIDALE TPZ 25X5	1	B23B2	Enter		08-apr				
GDR0230007	DR0230023	GHIERA FERMA CUSCINETTO	1	B22D5	Posenato		08-apr		09-mag	16-mag	20-mag
GDR0230007	C00000042	VITE TE M10X30	2	A17C4	Ferramenta Giusti		08-apr	50	X	23-apr	24-apr
GDR0230007	C00001010	SPINA CILINDRICA D 4 H8 L=27MM	3	B18A3	Ferramenta Giusti		09-apr	20	X	23-apr	24-apr
GDR0230007	C00001064	MOTORE B&R 8LVA13 B1030D000-0	1	A29A3			09-apr	1			
GDR0230007	DR0230059	SPESORE VITE TRAPEZOIDALE DA SPIANARE	5	B24C2			09-apr				
GDR0260003	C00000125	VITE TCEI DIN 912-M5X12-A2	3	A13C3	Ferramenta Giusti		11-apr	200	X	23-apr	24-apr
GDR0260003	DR0260006	COLONNETTA CATARIFRANGENTE H=30	3	B15C5	TMP		11-apr		26-apr	10-mag	13-mag

Figura 3.10: Estratto della tabella dei codici mancanti.

Il dato evidenzia una criticità su cui l'azienda dovrà sicuramente agire in futuro, eventualmente valutando l'assunzione di una ulteriore risorsa per rafforzare l'organico dell'ufficio acquisti.

Inoltre, da queste tabelle si può ricavare il tempo totale necessario per l'approvvigionamento di ciascuno dei componenti ordinati, e questo si rivela fondamentale per poter ampliare la base dati dell'azienda, operazione necessaria per poter andare a perfezionare, in futuro, il sistema di gestione delle giacenze.

Infine, per gestire e soprattutto dare visibilità alle informazioni riguardanti l'avanzamento del montaggio della macchina e lo stato di completamento è stata predisposta una “**visual board**”, posta a bordo macchina, su cui sono affisse le distinte dei gruppi richiesti per il completamento dell'ordine cliente (figura 3.11).



Figura 3.11: *Visual board a bordo macchina.*

Dopo che il picking di un gruppo è stato effettuato, una copia della distinta, con evidenziati in verde i codici che erano presenti a magazzino e sono stati

prelevati, viene appesa sul pannello. Su questo pannello vengono aggiornati, contemporaneamente a quanto viene fatto a livello informatico, gli arrivi del materiale mancante, andando ad evidenziare i codici sulle distinte. Quando un gruppo è completo la sua distinta viene staccata e posta nel contenitore sottostante. Gli operatori che si occupano dell'assemblaggio possono in qualunque momento verificare quali gruppi siano completi e quindi decidere come procedere per il montaggio.

Man mano che i gruppi sono completi e montati le distinte vengono rimosse e ci si può rendere immediatamente conto dei progressi fatti ed esattamente quanto manca ancora per il completamento del macchinario.

Questo strumento permette anche di creare uno spazio che agevoli il confronto tra le varie funzioni aziendali, costituendo un punto d'incontro per le interazioni tra operatori, magazzino, ufficio acquisti e management aziendale.

CAPITOLO 4: IL CASO ENTER S.R.L.

Questo capitolo è dedicato al lavoro svolto all'interno dell'azienda Enter S.r.l., impresa specializzata in lavorazioni meccaniche di precisione.

I primi due paragrafi sono dedicati alla presentazione dell'azienda e dei prodotti studiati durante l'esperienza di tirocinio. In quelli successivi vengono esposte le azioni intraprese durante tale periodo per migliorare la gestione dei materiali e delle informazioni nell'ambito degli insiemi assemblati.

4.1 L'azienda Enter S.r.l

Enter è un'azienda fondata nel 1996 con sede a Minerbe, in provincia di Verona. L'azienda, che conta 12 dipendenti e ha un fatturato vicino ai due milioni di euro (2018), opera nel settore della meccanica di precisione, utilizzando sia macchine utensili tradizionali sia a controllo numerico e, grazie al proprio ufficio tecnico interno, è in grado di gestire progetti di engineering per lo sviluppo di soluzioni tecniche per i propri clienti (figura 4.1).



Figura 4.1: *esempio di componenti realizzati in Enter.*

I principali clienti di Enter sono grandi realtà industriali come ad esempio Uteco, BDF Industries, Prima Industrie, Kosme, Omv. Gran parte del fatturato dell'azienda è generato da grandi lotti prodotti per clienti di questo tipo, tuttavia il mercato sta cambiando in direzione di lotti sempre più contenuti e tempi di consegna sempre più ristretti. In Enter è allora in atto un processo di evoluzione dell'impresa, trainato dall'ingegnere Stefano Tono, che ha come obiettivo quello di convertire progressivamente l'azienda, tramite soluzioni tecniche ed organizzative, per portarla verso la riduzione dei lotti produttivi in modo da avvicinarsi alle nuove esigenze del mercato. Inoltre, Enter ha deciso, negli ultimi anni, di entrare a far parte del mercato dei prodotti assemblati, proponendo anche l'appoggio del proprio ufficio tecnico ai clienti per la realizzazione "da zero" del prodotto di cui necessitano.

4.2 Gli assemblati Simem, B.Tech e Sacmi

Il progetto di tirocinio è focalizzato sugli insiemi assemblati realizzati in Enter, in particolare sulle fasi di approvvigionamento dei componenti che li costituiscono e la loro movimentazione all'interno dell'azienda. I prodotti studiati sono tre assemblati richiesti da tre diversi clienti.

Il primo insieme è la testa di lavaggio (figura 4.2), realizzata per Simem S.p.a., impresa che opera a livello mondiale ma che ha il proprio headquarter anch'essa a Minerbe. L'azienda progetta e realizza macchinari e impianti per il settore edilizio e l'industria di lavorazione dei materiali. Questo assemblato fa parte di un sistema di lavaggio ad alta pressione per vasche di miscelazione del cemento.

Il secondo insieme studiato è un gruppo, realizzato per l'azienda B.Tech srl, che costituisce il meccanismo di attuazione di un tornello tripode meccanico (figura 4.3). B.Tech è un'azienda specializzata nella produzione di macchinari

per la pulizia e la sanificazione nei settori alimentare, farmaceutico e cosmetico.

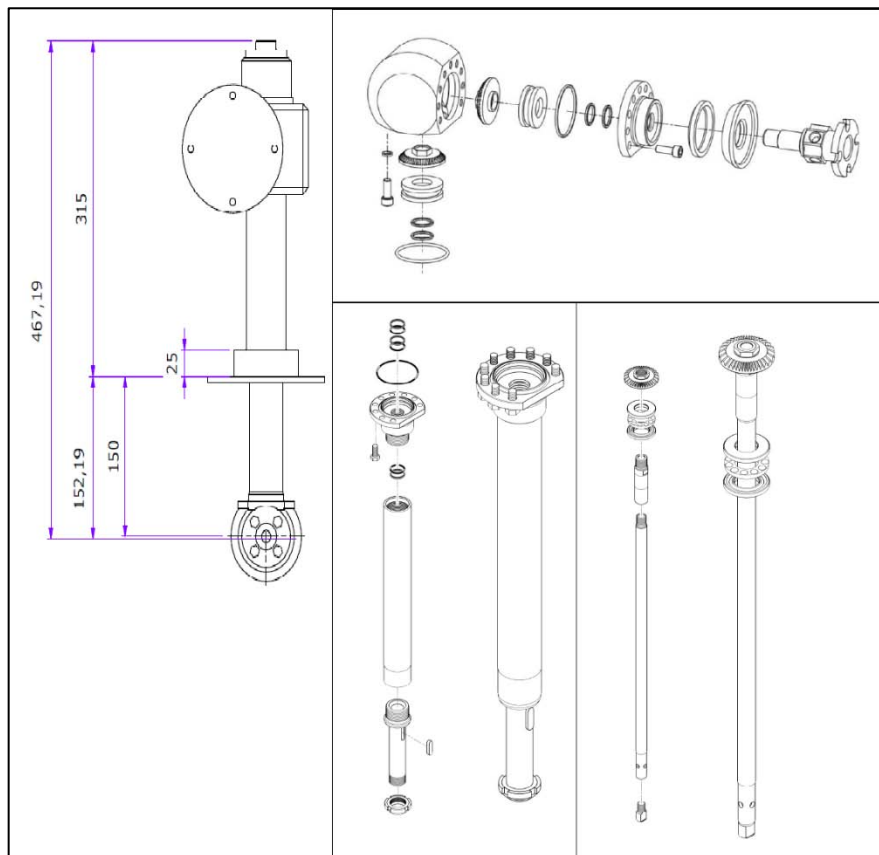


Figura 4.2: Testa di lavaggio Simem.

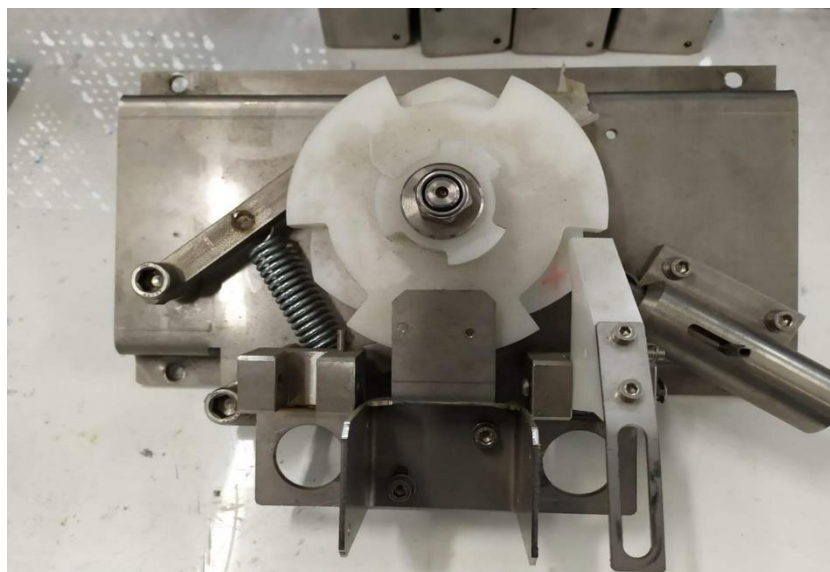


Figura 4.3: Tornello per il controllo degli accessi, B.Tech.

L'ultimo insieme considerato è la “stella” Sacmi (figura 4.4), assemblato che è parte di un macchinario dedicato al packaging primario. Sacmi è un gruppo industriale internazionale che realizza macchine e impianti completi per l'industria della ceramica, dei metalli, del packaging, del food and beverage e per la produzione di contenitori in plastica e di materiali avanzati.

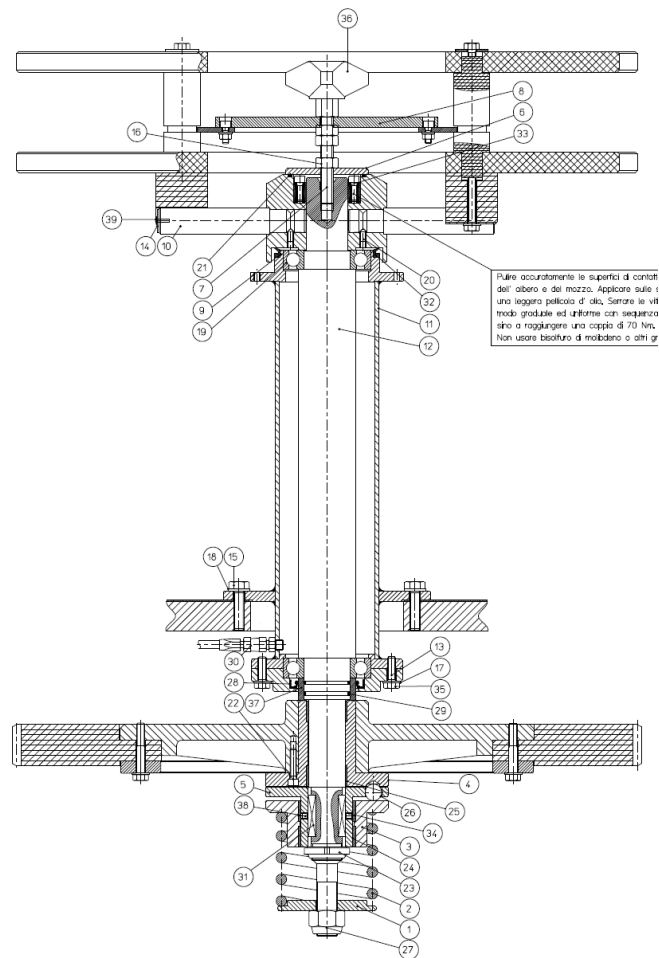


Figura 4.4: *Stella Sacmi*

4.3 Le difficoltà presenti in azienda e le soluzioni intraprese

A differenza di DRTech, Enter è un'azienda ormai consolidata. Tuttavia, rimane comunque una PMI dotata di un vecchio sistema gestionale (Oasi)

utilizzabile principalmente per gestire gli ordini, le bolle ecc., ma non per la programmazione della produzione né per la gestione a fabbisogno/scorta dei materiali.

L'area aziendale interessata dall'esperienza di tirocinio è stata quella dei prodotti assemblati: in questo ambito, la criticità principale è la mancanza di un sistema di gestione delle scorte dei componenti degli assemblati, che porta ad avere diversi componenti mancanti al momento dell'ordine cliente, e le conseguenze di questi mancanti si traducono in ritardi frequenti nelle consegne.

Nonostante il tempo di approvvigionamento dei singoli componenti sia, a livello teorico, in molti casi inferiore al tempo di consegna richiesto dal cliente per l'assemblato, spesso nella realtà le tempistiche di fornitura si rivelano ben più lunghe del previsto compromettendo il processo di assemblaggio.

Per quanto riguarda i componenti acquistati esternamente, questi ritardi sono dovuti alla scarsa affidabilità dei fornitori, ma anche alla loro impossibilità di reagire sempre prontamente ad ordini "improvvisi" che arrivano da parte di Enter. Il primo passo da fare a riguardo sarebbe un'analisi del parco fornitori, per poter selezionare i più affidabili con cui instaurare relazioni più stabili che possano permettere l'instaurarsi di un sistema più efficiente ed efficace (VMI, CS, kanban, ecc.) almeno in questa direzione della supply chain.

Nel caso invece di componenti realizzati internamente a Enter il problema maggiore riguarda l'intreccio dei flussi informativi e dei materiali degli assemblati con i flussi del resto dei prodotti: questo intreccio porta a sovraccaricare, in particolare, l'ufficio acquisti e quello di programmazione della produzione, con conseguente aumento dei tempi di riordino, di approvvigionamento delle materie prime e, di conseguenza, di realizzazione del pezzo.

Il problema potrebbe essere risolto istituendo una nuova figura, il responsabile degli assemblati, che si occupi di tali prodotti dall'approvvigionamento delle

materie prime fino alla consegna al cliente. Questo creerebbe un flusso parallelo a quelli già presenti in azienda, trasversale alle funzioni aziendali, che dovrebbe comunque interfacciarsi con esse ma le solleverebbe di un importante carico di lavoro.

Tuttavia, questi sono possibili suggerimenti per il futuro discussi insieme all'azienda, e di cui si terrà conto successivamente nel delineare la future state map; nell'immediato, in sede di tirocinio, il primo passo da fare era introdurre un sistema di gestione delle giacenze.

Si è pensato allora di instaurare come prima cosa un sistema di gestione a scorta che permettesse di avere i componenti sempre disponibili al momento dell'ordine cliente: di conseguenza, è stato elaborato un sistema a punto di riordino, con quantità di riordino suggerite dal lotto economico.

Il vantaggio rispetto a DRTech è che, in Enter, sono potuto partire da una base dati relativamente significativa. Basandomi sui dati della domanda storica degli assemblati e sui dati dei costi dei loro componenti, ho calcolato le quantità necessarie.

4.3.1 Calcolo dei lotti economici e dei livelli di riordino

1) “Teste” Simem

I dati e i parametri da cui sono partito sono:

- Dati sulla domanda storica: a partire dalle quantità storiche si stima una domanda media annuale di 76 pezzi, con una deviazione standard di 15,5 pezzi.
- Lead time per la realizzazione/approvvigionamento dei componenti: non erano presenti dati in azienda a riguardo di questi tempi, per cui sono stati stimati seguendo le indicazioni dell'ufficio acquisti e management, sulla base della loro esperienza.

A partire da queste indicazioni, ho affinato le quantità andando a studiare il ciclo di ciascun componente a disegno: essi possono infatti avere fasi esterne all'azienda ma dover anche poi subire delle lavorazioni in Enter prima di poter passare alla fase di assemblaggio.

- Costo di mantenimento a scorta/opportunità: è stato concordato con il management e posto pari al 5% del costo di acquisto dei componenti.
- Livello di servizio: concordato con il management, è stato ritenuto soddisfacente se posto al 95%, risultando perciò in un coefficiente K pari a 1,645.
- Costo emissione ordine: è stato posto pari al costo di 10 minuti (tempo necessario ad effettuare l'ordine di componenti commerciali) di stipendio di un dipendente dell'ufficio acquisti (25€/h lordi): quindi $25/6 = 4,16$ €. Per i componenti a disegno, dato che la commessa d'ordine deve passare in produzione dopo essere stata processata dall'ufficio acquisti, è stato supposto un tempo doppio di ordine e quindi $25/3 = 8,32$ €. Infine, per i componenti più complessi che necessitavano di più fasi esterne e poi interne, in cui quindi gli uffici acquisti e produzione devono essere coinvolti più volte, il costo è stato equiparato a mezz'ora di stipendio.

Partendo da questi dati si calcola quindi il lotto economico e il punto di riordino, come si vede in figura 4.5 secondo le formule precedentemente esposte a paragrafo 1.2.1 (EOQ) e paragrafo 1.2.4 (ROP).

2) Tornelli B.Tech

Così come fatto per le teste Simem, partendo dalla domanda storica si è stimata la domanda media annuale: per i tornelli è risultata essere di 100 pz/anno con una deviazione standard di 20 pz/anno.

Codice	Quantità a disegno	LT ₀ (gg lavorativi)	Dev.Std. LT (gg)	D ₀ (pz/anno)	Dev.Std. Domanda (pz/anno)	Costo mantenimento/opportunità annuale(f)	K (con livello di servizio 95%)	Costo di emissione ordine (a)(€)	Costo di acquisto (p)(€)	EOQ	SS DOMANDA annuale (240 giorni lavorativi)	SS LEADTIME annuale (240 giorni lavorativi)	SS TOTALI	PUNTO DI RIORDINO
SIM00200	1	20	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	57	21	7,4	1,9	9	16
SIM00030	1	12	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	40	25	5,7	1,9	8	11
SIM00060	1	12	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	35	27	5,7	1,9	8	11
SIM00050	1	17	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	25	32	6,8	1,9	9	14
SIM00070	1	15	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	25	32	6,4	1,9	8	13
SIM00090	1	12	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	25	32	5,7	1,9	8	11
SIM00120	1	17	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	23	33	6,8	1,9	9	14
SIM00010	1	12	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	20	36	5,7	1,9	8	11
SIM00020 (34)	1	15	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	20	36	6,4	1,9	8	13
SIM00020 (35)	1	15	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	20	36	6,4	1,9	8	13
SIM00100	1	12	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	20	36	5,7	1,9	8	11
SIM00110	1	12	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	18	38	5,7	1,9	8	11
SIM00160	1	12	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	18	38	5,7	1,9	8	11
SIM00150	1	10	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	13	44	5,2	1,9	7	10
C_SIM00002	2	10	2	152	31	5%	1,645	4,2	10,58	49	10,4	2,6	13	19
SIM00080	1	7	2	76	15,5	5%	1,645	8,3	6,3	63	4,4	1,9	6	8

Figura 4.5: Estratto della tabella per il calcolo dei lotti e punti di riordino Simem.

Anche in questo caso i tempi di produzione/approvvigionamento dei componenti sono frutto di stime realizzate in collaborazione con ufficio acquisti e management.

Le quantità calcolate per quanto riguarda il lotto economico e i livelli di riordino sono presenti in figura 4.6.

3) Stelle Sacmi

In questo caso la domanda stimata è stata di una media di 170 pezzi/anno con una deviazione del 10%.

Come negli altri casi, i tempi di approvvigionamento sono realizzati tramite stime basate sull'esperienza del personale aziendale e poi affinate studiando il ciclo completo di ciascun componente. Le quantità calcolate sono riportate in figura 4.7.

Le quantità del magazzino assemblati sono gestite tramite Excel; nel foglio elettronico preposto a tenere conto delle quantità sono stati aggiunti i dati sui livelli di riordino e lotto economico, per ciascuno dei componenti.

Codice	Quantità a disegno	LT (gg lavorativi)	dev.st. LT (gg lavorativi)	D (pz/anno)	dev.st. D (pz/periodo)	Costo mantenimento/opportunità (i)	K (con livello di servizio 95%)	Costo di emissione ordine (a)(€)	Costo di acquisto (p)(€)	EOQ	SS Domanda	SS LeadTime	SS Totali	PUNTO DI RIORDINO
0909998002_07/10	2	10 gg	2	200	40	5,00%	1,645	8,33 €	1,0 €	258	13,43	3,00	16	25
0909998002_08/10	2	10 gg	2	200	40	5,00%	1,645	8,33 €	1,5 €	211	13,43	3,00	16	25
0909998002_09/10	2	10 gg	2	200	40	5,00%	1,645	8,33 €	1,5 €	211	13,43	3,00	16	25
0909998002_1/10	1	20 gg	2	100	20	5,00%	1,645	8,33 €	40,0 €	29	9,50	2,12	12	20
0909998002_10/10	2	10 gg	2	200	40	5,00%	1,645	8,33 €	2,0 €	183	13,43	3,00	12	20
0909998002_11/10	2	15 gg	2	200	40	5,00%	1,645	8,33 €	1,0 €	258	16,45	3,00	20	33
0909998002_12/12	1	15 gg	2	100	20	5,00%	1,645	8,33 €	10,0 €	58	8,23	2,12	10	17
0909998002_12/15	4	10 gg	2	400	80	5,00%	1,645	8,33 €	1,5 €	298	26,86	4,25	32	49
0909998002_13/15	2	10 gg	2	200	40	5,00%	1,645	8,33 €	1,3 €	226	13,43	3,00	16	25
0909998002_14/15	2	5 gg	2	200	40	5,00%	1,645	8,33 €	2,0 €	183	9,50	1,50	12	16
0909998002_15/10	2	10 gg	2	200	40	5,00%	1,645	8,33 €	15,0 €	67	13,43	3,00	16	25
0909998002_2/10	1	15 gg	2	100	20	5,00%	1,645	8,33 €	10,0 €	58	8,23	2,12	10	17
0909998002_3/10	1	20 gg	2	100	20	5,00%	1,645	8,33 €	30,0 €	33	9,50	2,12	12	20
0909998002_4/10	2	15 gg	2	200	40	5,00%	1,645	8,33 €	6,0 €	105	16,45	3,00	20	33
0909998002_4/5	1	15 gg	2	100	20	5,00%	1,645	8,33 €	5,0 €	82	8,23	2,12	10	17
0909998002_5/10	3	15 gg	2	300	60	5,00%	1,645	8,33 €	15,0 €	82	24,68	3,68	30	49
0909998002_6/10	1	20 gg	2	100	20	5,00%	1,645	8,33 €	10,0 €	58	9,50	2,12	12	20

Figura 4.6: Estratto della tabella per il calcolo dei lotti e punti di riordino B.Tech.

CODICE SACMI	Quantità in distinta	LT (gg lav)	dev.st. LT (gg lav)	DTOT (pz/anno)	dev.st. D TOT (pz/anno)	Costo annuale mantenimento/opportunità (i)	K (con liv. Serv. 95%)	costo emissione ordine (a) (€)	costo di acquisto (p) (€/pezzo)	EOQ	SS domanda	SS leadtime	SSTOT	ROP
8L10000634	1	10	4	170	17	5%	1,65	12,50 €	18,00 €	69	5,7	5,5	11	18
8L10000633	1	20	4	170	17	5%	1,65	12,50 €	66,00 €	36	8,1	5,5	14	28
8L10000632	1	25	5	230	23	5%	1,65	12,50 €	130,00 €	30	12,2	8,1	20	44
8L10000631	4	10	2	680	68	5%	1,65	8,30 €	5,50 €	203	22,8	5,5	28	57
8L10000630	1	20	3	170	17	5%	1,65	12,50 €	35,00 €	49	8,1	4,2	12	26
8L10000146	1	7	3	170	17	5%	1,65	8,30 €	10,00 €	75	4,8	4,2	9	14
8L10000113	1	7	2	170	17	5%	1,65	8,30 €	2,00 €	168	4,8	2,8	8	13
8L10000112	1	7	2	170	17	5%	1,65	8,30 €	2,50 €	150	4,8	2,8	8	13
8L10000059	1	15	3	170	17	5%	1,65	12,50 €	33,00 €	51	7,0	4,2	11	22
8L10000056	1	20	4	170	17	5%	1,65	12,50 €	43,00 €	44	8,1	5,5	14	28
8L10000054	1	15	4	290	29	5%	1,65	12,50 €	22,00 €	81	11,9	7,2	19	37
8L10000052	1	10	3	170	17	5%	1,65	8,30 €	11,00 €	72	5,7	4,2	10	17

Figura 4.7.: Estratto della tabella per il calcolo dei lotti e punti di riordino Sacmi.

In questo modo, utilizzando la formattazione condizionale, il responsabile di magazzino è in grado di visualizzare facilmente i codici sotto i livelli di scorta

stabiliti e quindi può far partire i riordini contattando l'ufficio acquisti e fornendo le quantità indicate nel lotto economico.

4.3.2 Introduzione del sistema Kanban in Enter

Come fatto in DRTech si è pensato di affiancare alla gestione informatica delle scorte un sistema kanban – anche in questo caso inteso come un sistema visual per regolare giacenze e movimentazioni usando il cartellino come innesco del sistema a punto di riordino.

Il gruppo preso come “progetto pilota” è stato l'assemblato Simem, in quanto il più semplice tra quelli analizzati. Nel caso delle teste Simem è stato predisposto un sistema a supermarket per alcuni componenti (minuteria), posti direttamente in contenitori fissati al banco di assemblaggio. Il resto dei componenti viene invece portato al banco da chi si occupa dell'operazione di picking.

Il sistema di riordino dei componenti che non hanno postazione a banco è realizzato tramite un **sistema a due contenitori**: nella postazione a magazzino, per ogni codice sono presenti due contenitori; chi effettua l'operazione di picking inizia a prelevare i pezzi dal contenitore superiore (o quello davanti), e solo quando i pezzi in quel recipiente sono esauriti può passare al successivo. Nel farlo, dovrà prelevare il cartellino kanban che troverà sul contenitore e porlo nell'apposito raccoglitore, e al termine del processo di picking provvederà a portare i cartellini di riordino all'ufficio acquisti (o lo contatterà per via informatica).

Nel kanban (figura 4.8) è indicata la quantità da ordinare, calcolata con la formula del lotto economico, e si sono volute riportare anche altri parametri come il livello di riordino e informazioni accessorie come le scorte di sicurezza e la quantità chiamata in distinta.

KANBAN DI RIORDINO	KRSIM0002
CODICE	SIM00060
DESCRIZIONE	ALBERO ROTANTE
POSTAZIONE	ENTER-A21A3
PUNTO DI RIORDINO	12 pz
SCORTA DI SICUREZZA	7 pz
QTÀ RIORDINO (LOTTO ECONOMICO)	20 pz
QTÀ A DISEGNO	1 pz

Figura 4.8: *kanban di riordino, gruppo Simem*

Nel contenitore inferiore semplicemente troviamo pezzi pari alla quantità del punto di riordino del codice, e quindi nel momento in cui andiamo a prelevare pezzi da esso, è necessario far partire il riordino.

Nel caso invece della minuteria a banco, a magazzino troviamo un solo contenitore (per ciascun codice), a cui è assegnato un cartellino di riordino identico a quello appena presentato, all'interno del quale abbiamo pezzi corrispondenti al punto di riordino: quando si esaurisce la scorta nel contenitore fissato al banco e si ricorre ai pezzi nel recipiente a magazzino, si deve far partire l'ordine del componente con modalità identiche a quelle per gli altri articoli.

4.3.3 Tabelle per la gestione dell'avanzamento delle commesse

Un altro problema che è stato riscontrato in azienda, come esposto in precedenza, riguarda l'avanzamento delle commesse di riordino dei componenti: l'ufficio acquisti è spesso intasato e la sola operazione di trasmissione dell'ordine al fornitore arriva a richiedere diversi giorni allungando il tempo totale di approvvigionamento (partendo dalla richiesta di riordino da parte del magazzino fino all'arrivo della merce). Inoltre, la

commessa fatica ad avanzare anche una volta che le materie prime/componenti sono arrivate in Enter per subire delle lavorazioni. Il flusso per i componenti degli assemblati non è ben visibile: questo crea confusione e difficoltà nel sapere in che fase del processo si trovino i pezzi, che finiscono per sostare a monte di una fase per diversi giorni (quando non settimane).

Per cercare di snellire l'avanzamento delle commesse dando visibilità al flusso dei componenti destinati agli assemblati, si è pensato innanzitutto di ricavare una zona all'interno dell'azienda dedicata appositamente a tali articoli. In questa zona sono depositati i pezzi provenienti dai fornitori che devono essere controllati o ulteriormente lavorati all'interno di Enter, e i pezzi terminati che è necessario trasferire in magazzino. Questa semplice azione ha permesso di ridurre drasticamente i tempi sprecati alla ricerca di pezzi all'interno dell'azienda (figura 4.9).



Figura 4.9: *Sgombero della zona poi adibita a contenere i componenti degli assemblati.*

Un'altra azione intrapresa successivamente è stata quella della creazione di una zona in/out per i componenti finiti che devono essere trasferiti al magazzino nel capannone DRTech e viceversa (il magazzino dei componenti assemblati non è nel capannone Enter per mancanza di spazio, ma in quello dell'azienda adiacente). In questa zona devono essere posti tutti i pezzi che hanno terminato il ciclo di lavorazione e sono quindi pronti ad essere trasferiti; in precedenza, senza la zona apposita, non era semplice capire quali pezzi fossero

effettivamente pronti per il deposito in magazzino senza impiegare del tempo ad “interrogare” gli operatori piuttosto che il responsabile di produzione (spesso i pezzi sostavano per giorni nella zona del reparto di sbavatura, ultima fase del ciclo per molti dei pezzi). Contemporaneamente alla creazione di questa zona in Enter, ne è stata creata una gemella in DRTech.

La definizione di queste zone ha anche permesso di introdurre una certa rigidità nella movimentazione dei pezzi tra un capannone e l'altro: in precedenza, per sapere se dei pezzi erano finiti ed eventualmente trasferirli a magazzino, occorreva spesso percorrere la distanza che separa le due aziende più volte al giorno (circa 150 m), con un notevole spreco di tempo e di movimento. Successivamente, con la definizione delle zone in/out, è stato anche determinato che un operatore si sarebbe occupato della movimentazione dei pezzi tra i capannoni, effettuando due viaggi andata/ritorno ogni giorno, uno alla mattina e uno nel pomeriggio.

Con la certezza che i pezzi pronti sarebbero arrivati in DRTech tramite questi viaggi, si arriva a risparmiare molto tempo che in precedenza era speso soprattutto dal responsabile di magazzino, ma non solo, per “inseguirli”.

Inoltre, si è pensato di dare visibilità al flusso di ciascun componente in modo che chiunque, in ogni momento, potesse sapere in quale fase del proprio ciclo si trovasse ciascuno dei componenti degli assiemi assemblati. Per gestire questo problema di visibilità delle commesse sono state introdotte delle tabelle che permettono di evidenziare lo **stato di avanzamento** di ciascun componente, seguendone il percorso dal momento del riordino fino al deposito in magazzino. Esse devono essere aggiornate giornalmente, ed oltre ad essere un metodo visual e quindi semplice per gestire gli avanzamenti, possono anche tornare utili per raccogliere dati fondamentali, ad esempio sui tempi di approvvigionamento, ma anche per evidenziare le criticità su cui è prioritario intervenire.

L'intento dell'introduzione di queste tabelle è anche quello di aiutare a “tirare” il flusso fisico di avanzamento dei componenti lungo il loro ciclo, senza che questi incaglino lungo la produzione perché non viene trasmessa a valle l'informazione che i pezzi hanno finito la fase precedente e sono quindi pronti per la lavorazione successiva. Le tabelle sono state stampate in formato A3 e affisse su di un tabellone affiancato all'ufficio di gestione della produzione (figura 4.10).

Per ognuno degli insiemi di assemblati è stata realizzata una tabella, in cui ogni riga rappresenta un componente a disegno nella distinta. Ci si è concentrati sui componenti realizzati tramite lavorazioni meccaniche perché il flusso dei componenti “commercializzati” è già ben più lineare.



Figura 4.10: tabellone su cui sono affissi i prospetti per la gestione delle commesse.

Per ogni assemblato sono andato a studiare le fasi del ciclo di ciascun componente, che può partire dall'approvvigionamento delle materie prime e può avere fasi esterne presso fornitori e poi fasi interne ad Enter. Nella tabella sono riportate le quantità calcolate a livello teorico del lotto economico e dei tempi di approvvigionamento (figura 4.11).

GESTIONE COMMESSE PER COMPONENTI A DISEGNO - ASSEMBLATI SIMEM															
CODICE ARTICOLO	DESCRIZIONE	LOTTO ECONOMICO	LEAD TIME ATTESO (GG LAVORATIVI)	DATA RICHIESTA RIORDINO	COMMESSA RIORDINO/ ORDINE CLIENTE	LOTTO DI RIORDINO EFFETTIVO	DATA ATTESA CHIUSURA COMMESSA	ORDINE NP (DATA - FORNITORE)	DATA CONSEGNA PREVISTA/ REALE	FASE 1 (DATA - FORNITORE)	DATA CONSEGNA PREVISTA/ REALE	FASE 2 (DATA - FORNITORE)	DATA CONSEGNA PREVISTA/ REALE	DATA MAGAZZINO	NOTE/AGGIORNAMENTI
SIM00010	SCATOLA INGRANAGGI	36 pz	12 gg					MATERIA PRIMA	PREVISTA REALE	ENTER	PREVISTA REALE		PREVISTA REALE		
SIM00020 (34)	Z34 MOD.1.1	36 pz	15 gg					MATERIA PRIMA	PREVISTA REALE	LAVORAZIONE ESTERNA	PREVISTA REALE	ENTER	PREVISTA REALE		
SIM00020 (35)	Z35 MOD.1.1	36 pz	15 gg					MATERIA PRIMA	PREVISTA REALE	LAVORAZIONE ESTERNA	PREVISTA REALE	ENTER	PREVISTA REALE		
SIM00030	COLLETORE	25 pz	12 gg					MATERIA PRIMA	PREVISTA REALE	LAVORAZIONE ESTERNA	PREVISTA REALE		PREVISTA REALE		
SIM00040	FLANGIA ANTIROTAZIONE	65 pz	12 gg					MATERIA PRIMA	PREVISTA REALE	ENTER	PREVISTA REALE		PREVISTA REALE		
SIM00050	PERNO FORATO	32 pz	17 gg					MATERIA PRIMA	PREVISTA REALE	ENTER	PREVISTA REALE	FORATURA PROFONDA	PREVISTA REALE		
SIM00060	ALBERO ROTANTE	27 pz	12 gg					MATERIA PRIMA	PREVISTA REALE	ENTER	PREVISTA REALE		PREVISTA REALE		
SIM00070	SUPPORTO INOX	32 pz	15 gg					MATERIA PRIMA	PREVISTA REALE	LAVORAZIONE ESTERNA	PREVISTA REALE	ENTER (FORI)	PREVISTA REALE		
SIM00080	FLANGIA DE140 INOX	63 pz	7 gg							TAGLIO LASER	PREVISTA REALE		PREVISTA REALE		
SIM00090	BOCCOLA PORTA RINVIO	32 pz	12 gg					MATERIA PRIMA	PREVISTA REALE	LAVORAZIONE ESTERNA	PREVISTA REALE		PREVISTA REALE		
SIM00100	BOCCOLA PORTA TESTINA	36 pz	12 gg					MATERIA PRIMA	PREVISTA REALE	LAVORAZIONE ESTERNA	PREVISTA REALE		PREVISTA REALE		
SIM00110	FLANGIA TESTINA	38 pz	12 gg					MATERIA PRIMA	PREVISTA REALE	LAVORAZIONE ESTERNA	PREVISTA REALE		PREVISTA REALE		

Figura 4.11: estratto di una tabella di gestione avanzamento commesse.

Le colonne successive sono da compilare via via che la commessa avanza, dal momento in cui parte la richiesta di riordino dal magazzino all'ufficio acquisti fino alla data in cui il pezzo viene depositato a magazzino.

I tempi che possiamo così andare a misurare sono:

- *Intervallo di tempo tra la richiesta di riordino e l'effettivo lancio della commessa/ordine al fornitore.* Questo è un tempo morto molto critico in azienda, dal momento che può arrivare a passare anche più di una settimana prima che parta l'ordine/commessa dopo la richiesta dal magazzino;
- *Intervallo di tempo tra apertura e chiusura della commessa;*
- *Intervallo di tempo tra la chiusura della commessa e l'effettivo deposito dei pezzi a magazzino.* Anche questo è tempo che era spesso sprecato, allungando così il tempo di approvvigionamento, semplicemente tenendo per giorni pezzi finiti all'interno della zona produzione di Enter invece di depositarli a magazzino;
- *Tempo totale per l'approvvigionamento del pezzo:* dal momento della richiesta di riordino a quando effettivamente i pezzi arrivano a magazzino.

Tenere conto di questi tempi è fondamentale per evidenziare le inefficienze nei flussi fisici e informativi e andarvi a rimediare al più presto.

Si deve poi tenere conto del lotto di riordino effettivo, spesso diverso dal lotto economico per ragioni legate a politiche del fornitore, disponibilità di materia prima, ecc. Se lo scostamento tra lotto reale e lotto economico è ampio e si ripete di frequente, si dovrà in futuro studiare se sia opportuno "forzare" l'adozione del lotto economico oppure se la sua adozione non sia fattibile e quindi riportare in tabella il nuovo lotto opportuno.

Allo stesso modo si deve procedere con il LT atteso: raccogliendo i dati della tabella si deve aggiornare il LT se i dati reali si discosteranno da quelli teorici.

Bisogna tenere conto che eventuali modifiche nel tempo di approvvigionamento vanno poi ad influire sul calcolo del punto di riordino.

Le colonne delle varie fasi di lavorazione devono essere compilate indicando fornitore, data di inizio fase, data attesa di fine e data reale di fine processo. In questo modo si potranno raccogliere dati sui tempi effettivi necessari alla realizzazione di ciascuna fase, capire se eventuali ritardi sono causati da un determinato fornitore poco affidabile, e in generale l'indicazione di una data prevista di fine processo può stimolare a cercare di rimanere all'interno dei tempi attesi (oltre a fungere da leva per eventuali solleciti).

Nella zona commenti si devono poi inserire osservazioni che possano chiarire situazioni anomale, come ritardi inattesi, e segnalare le cause di eventuali tempi morti di attesa tra una fase e l'altra (figura 4.12).

L'obiettivo principale è quello di riuscire a dare visibilità ai flussi dei componenti degli assemblati, sia dal punto di vista del flusso fisico sia da quello del flusso informativo, per evidenziare le maggiori fonti di spreco ed inefficienza. L'intenzione per il futuro è quella di realizzare delle stampe in formato A2 o A1 e plastificarle, in modo che possano essere compilate e consultate ancor più facilmente, oltre ad essere riutilizzabili.

Inoltre, raccogliendo le informazioni in output da queste tabelle, l'azienda disporrà di un base dati sempre più ampia, utile ad affinare il sistema di gestione delle scorte.

4.4 Value Stream Mapping: il caso Simem

L'ultima parte dell'esperienza di tirocinio è stata dedicata ad un approfondimento sull'assemblato Simem; si è scelto di studiare questo assemblato in quanto il più "stabile" dal punto di vista della domanda e il più semplice dal punto di vista dei flussi dei componenti.

GESTIONE COMMESSE PER COMPONENTI A DISEGNO - ASSEMBLATI SIMEM

CODICE ARTICOLO	DESCRIZIONE	LOTTO ECONOMICO	CLASS. TIME ATTESO (LAVORATORI)	DATA RICHIESTA RIBANDO	COMMESSA (RIBANDO/ORDINE CLIENTE)	LOTTO DI RIBANDI EFFETTIVO	DATA ATTESA COMMISSIONE	ORDINE RP (DATA - FORNITORE)	DATA CONSEGNA PREVISTA/REALE	FASE 1 (DATA - FORNITORE)	DATA CONSEGNA PREVISTA/REALE	FASE 2 (DATA - FORNITORE)	DATA CONSEGNA PREVISTA/REALE	DATA MAGAZZINO	NOTE/ASSIGNAMENTI
SIM00010	SCATOLA INGRANAGGI	36 pz	12 gg	2/08	7/08	40 pz	23/08	16/08 E-ATE	23/08	16/08 E-ATE	23/08	27/08	27/08		
SIM00020 (34)	Z34 MOD 1.1	36 pz	15 gg					RIESTER PRIMA							
SIM00020 (35)	Z35 MOD 1.1	36 pz	15 gg					DIESTER PRIMA							
SIM00030	COLLETORE	25 pz	12 gg	2/08	12/08	25 pz	23/08	MATERIA PRIMA		19/08 T-1	23/08		30/08		
SIM00040	FLANGIA ANTIROTAZIONE	65 pz	12 gg					MATERIA PRIMA							
SIM00050	PERNO ORATO	32 pz	17 gg	12/07	13/07	25 pz	13/08	MATERIA PRIMA		30/07 E-ATE	21/08	13/8 E-ATE	18/08		UNA ATTEA A BOMB MACCHINA X ESAGRAM
SIM00060	ALBERO ROTANTE	27 pz	12 gg					MATERIA PRIMA							
SIM00070	SUPPORTO INOX	32 pz	15 gg					MATERIA PRIMA							
SIM00080	FLANGIA DE140 INOX	63 pz	7 gg												
SIM00090	BOCCOLA PORTA RINVIO	32 pz	12 gg												
SIM00100	BOCCOLA PORTA TESTINA	36 pz	12 gg												
SIM00110	FLANGIA TESTINA	38 pz	12 gg	13/03	13/03	40 pz	6/08	MATERIA PRIMA		25/07 M-1	20/08		7/08		
SIM00120	TESTINA PORTA UGELLI	33 pz	17 gg					MATERIA PRIMA							
SIM00130	PERNO TESTINA INOX	225 pz	10 gg					MATERIA PRIMA							
SIM00140	PERNO SOLELEVAMENTO COPERCHIO	103 pz	10 gg	2/03	10/03	100 pz	24/03	MATERIA PRIMA		15/3 T-1	19/4		24/07		
SIM00150	BOCCOLA GUIDA PERNO	44 pz	10 gg	2/03	10/03	50 pz	24/03	MATERIA PRIMA		15/03 T-1	19/03		22/07		
SIM00160	COPERCHIO TESTINA	38 pz	12 gg					MATERIA PRIMA							
SIM00170	STAFFA BLOCCA PERNO	269 pz	7 gg												
SIM00180	BUSSOLA PLASTICA	80 pz	10 gg					MATERIA PRIMA							
SIM00190	TARGETTA MATRICOLA	83 pz	17 gg					COMPLETATE							
SIM00200	MODIFICHE RIDUTTORE TRAMIEC A60	21 pz	20 gg	12/02	13/02	75 pz	14/08	13/02 TRAMIEC	9/08	3/08	3/08				TRAMIEC W A60 L17 MATERIALE TRAMIEC
SIM00210	UGELLO INOX 1/8" D 1.6	159 pz	12 gg					MATERIA PRIMA							

Figura 4.12: compilazione di una tabella di gestione delle commesse

L'obiettivo dell'approfondimento è quello di studiare il flusso del valore attuale per poi proporre possibili miglioramenti creando una future state map in cui la gestione dei materiali sia regolata tramite tecniche lean, come il kanban, e permetta l'implementazione di un sistema di tipo pull.

4.4.1 Current state map

Il primo passo è stato quello di individuare i componenti su cui concentrarsi per l'analisi, in quanto l'eterogeneità dei tempi di approvvigionamento dei componenti e dei loro flussi non permette di studiare tutti i codici contemporaneamente. Quindi lo studio si è concentrato su componenti simili che fossero parte della classe di codici su cui abbia senso l'implementazione di un sistema kanban.

La scelta di questi articoli è iniziata da un'analisi **ABC** del magazzino in base ai valori di impiego dei codici (figura 4.13).

Dall'analisi del magazzino definiamo 3 classi di codici.

- Classe A: codici con valore di impiego elevato;
- Classe B: codici con valore di impiego medio;
- Classe C: codici con valore di impiego basso.

Dopo aver individuato queste 3 classi, possiamo andare a fare un'analisi **XYZ** sui codici, introducendo il concetto di *variabilità del consumo*, espressa come rapporto tra deviazione standard e domanda media.

Essendo tutti codici presenti nella distinta dello stesso assemblato, la variabilità del loro consumo può essere calcolata tenendo conto della variabilità dell'insieme assemblato;

$$\text{Perciò calcoliamo: } v_D = \frac{\sigma_D}{D} = \frac{15,5}{76} = \mathbf{0,2}$$

Le classi dell'analisi XYZ sono:

- Classe X: $v_D < \mathbf{0,5}$ (Bassa variabilità);
- Classe Y: $\mathbf{0,5} < v_D < \mathbf{1}$ (Media Variabilità);
- Classe Z: $v_D > \mathbf{1}$ (Alta variabilità).

Codice	DESCRIZIONE	Quantità in distinta	Costo di acquisto nominale (€)	costo per 1 assemblato (€)	Valore percentuale	Valore percentuale cumulato	Classi	Numerosità percentuale classe
SIM00200	MODIFICHE RIDUTTORE TRAMEC	1	57	57	12,35%	12,35%	A	35%
SIM00030	COLLETORE	1	40	40	8,67%	21,01%		
SIM00060	ALBERO ROTANTE	1	35	35	7,58%	28,60%		
SIM00050	PERNO FORATO	1	25	25	5,42%	34,01%		
SIM00070	SUPPORTO INOX	1	25	25	5,42%	39,43%		
SIM00090	BOCCOLA PORTA RINVIO	1	25	25	5,42%	44,84%		
SIM00120	TESTINA UGELLI	1	23	23	4,98%	49,83%		
C_SIM00002	CUSCINETTO ASSIALE INOX S551203	2	10,58	21,16	4,58%	54,41%		
SIM00010	SCATOLA INGR.	1	20	20	4,33%	58,74%		
SIM00020 (34)	COPPIA CONICA 34 INOX	1	20	20	4,33%	63,07%		
SIM00020 (35)	COPPIA CONICA 35 INOX	1	20	20	4,33%	67,41%		
SIM00100	BOCCOLA PORTA TESTINA	1	20	20	4,33%	71,74%		
SIM00110	FLANGIA TESTINA	1	18	18	3,90%	75,64%		
SIM00160	COPERCHIO TESTINA	1	18	18	3,90%	79,54%		
SIM00210	UGELLO INOX 1/8 D1,2	4	4	16	3,47%	83,01%		
SIM00150	BOCCOLA GUIDA PERNO	1	13	13	2,82%	85,82%		
SIM00130	PERNO	4	2	8	1,73%	87,55%		
SIM00080	FLANGIA DE140 INOX	1	6,3	6,3	1,36%	88,92%		
SIM00040	FLANGIA ANTIROTAZIONE	1	6	6	1,30%	90,22%		
SIM00170	STAFFA	4	1,4	5,6	1,21%	91,43%		
C_SIM00013	VITE TCEI M6X16 INOX	29	0,15	4,35	0,94%	92,37%		
SIM00180	BUSSOLA PLASTICA	1	4	4	0,87%	93,24%		
SIM00230	DISTANZIALE	4	1	4	0,87%	94,11%		
C_SIM00010	MOLLA L26X1,2 INOX	4	0,99	3,96	0,86%	94,97%		
C_SIM00004	GUARNIZIONE GP335010	2	1,96	3,92	0,85%	95,81%		
SIM00190	TARGHETTA SIMEM 2IR5000009	1	3,7	3,7	0,80%	96,62%		
SIM00140	PERNO SOLLEV.	1	2,5	2,5	0,54%	97,16%		
C_SIM00016	QRAR4016 15,6X1,78 XRING	5	0,5	2,5	0,54%	97,70%		
C_SIM00003	RONDELLA SPEZZATA D.6 INOX	33	0,07	2,31	0,50%	98,20%		
C_SIM00006	RASCHIATORE WWS 0400 0480 0400	1	1,81	1,81	0,39%	98,59%		
SIM00220	LINGUETTA 6X6 L20 LAVORATA	1	1,1	1,1	0,24%	98,83%		
C_SIM00001	NIPPLO 1/2" GAS CONICO	1	1,05	1,05	0,23%	99,06%		
C_SIM00007	VITE TE M6X40 INOX	4	0,2	0,8	0,17%	99,23%		
C_SIM00008	VITE TE M5X8 INOX	4	0,2	0,8	0,17%	99,40%		
C_SIM00009	GHIERA AUTOBLOCCANTE M20X1	1	0,65	0,65	0,14%	99,55%		
C_SIM00011	O'RING 2162 15,60X1,78 NBR	2	0,25	0,5	0,11%	99,65%		
C_SIM00012	O'RING 2050	2	0,25	0,5	0,11%	99,76%		
C_SIM00017	QRAR4014 12,42X1,78 XRING	1	0,48	0,48	0,10%	99,87%		
C_SIM00005	DADO M6 INOX	4	0,1	0,4	0,09%	99,95%		
C_SIM00018	RONDELLA RAME 1/2X1,5 (21,5X28)	1	0,22	0,22	0,05%	100,00%		

Pareto Simem

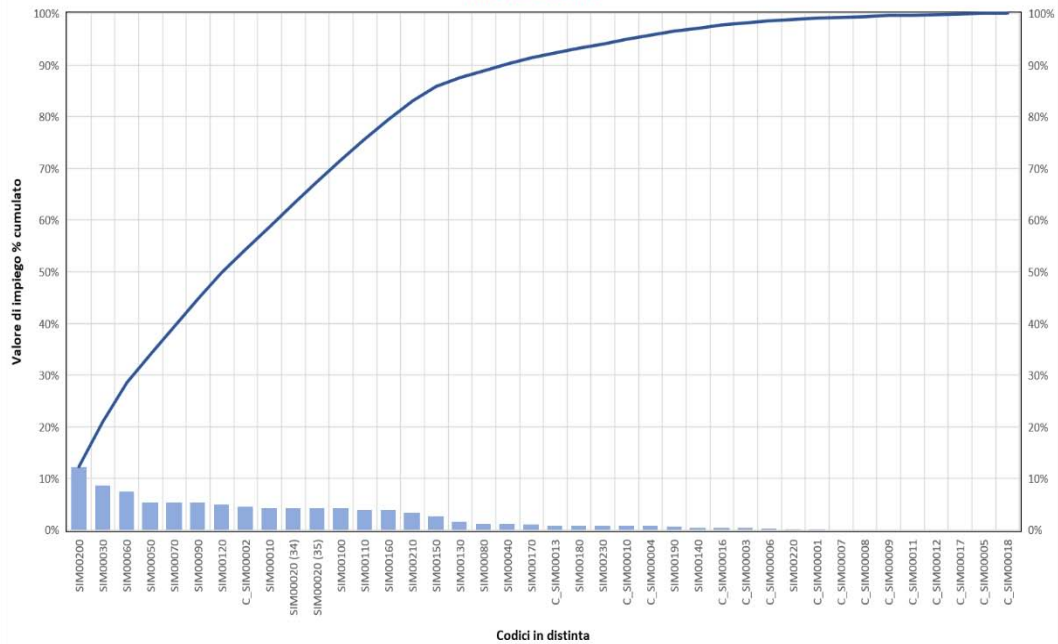


Figura 4.13: Analisi ABC magazzino Simem.

I codici che stiamo considerando rientrano perciò nella classe X, a bassa variabilità.

Ora incrociamo l'analisi ABC con quella XYZ (figura 4.14)

		Valore di impiego		
		A (elevato)	B (medio)	C (basso)
Variabilità del consumo	X (bassa)	JIT/VMI		Tecniche su previsioni dello storico (copertura totale)
	Y (media)			
	Z (alta)	Tecniche su fabbisogni calcolati (MRP)		Tecniche su previsione dello storico (copertura libera)

Figura 4.14: *incrocio tra analisi ABC e XYZ.*

Fonte: Corso di Gestione snella dei processi

Dall'incrocio tra le due analisi emergono i codici su cui si deve concentrare lo studio per l'applicazione di tecniche JIT/VMI, perché sono i codici che beneficerebbero maggiormente di questo cambiamento.

Approfondendo ulteriormente lo studio, si calcola la *frequenza del consumo*, facendo riferimento al cosiddetto Average Interdemand Interval (**ADI**), inteso come intervallo medio tra due richieste (consumi) del codice (Johnston e Boylan)⁴⁷. È usualmente espresso in periodi, intendendo per periodo l'intervallo di tempo di riferimento che l'azienda usa per il riordino (nel nostro caso il mese).

⁴⁷ F.R. Johnston, J.E. Boylan, 1996, Forecasting for items with intermittent demand, *Journal of the Operational Research Society*, n. 47, pp. 113-121.

$$ADI = \frac{\sum_i^N \tau_i}{N}$$

Anche in questo caso, si individuano 3 diverse classi:

- **Runners:** $ADI > 50\%$, alta frequenza di consumo;
- **Repeaters:** $15\% < ADI < 50\%$, media frequenza di consumo;
- **Strangers:** $ADI < 15\%$, bassa frequenza di consumo;

Nel nostro caso, dato che il consumo di tutti i codici avviene ogni mese, avremo che gli articoli considerati appartengono alla categoria dei runners.

Andiamo ora ad incrociare variabilità e frequenza del consumo, ottenendo la matrice in figura 4.15.

Gli articoli che stiamo considerando fanno parte dei Runners con bassa variabilità di consumo (zona evidenziata in arancione). Abbiamo allora verificato che stiamo considerando codici appartenenti alla categoria per cui ha senso proseguire un'analisi in ottica di implementazione di un sistema kanban.

Variabilità del consumo	alta	Z	CV>1,5		MRP/DRP	
	media	Y	0,4<CV<1,5		VMI (CR-CS-RCS)	
	bassa	X	CV < 0,4	JIS		ROP/Kanban
				<15%	15% - 50%	>50%
				Strangers	Repeaters	Runners
				bassa	media	alta
				Frequenza del consumo		

Figura 4.15: *matrice di cross-analysis tra variabilità e frequenza di consumo.*

Fonte: Corso di Gestione Snella dei processi

Come si vede in figura, all'interno della categoria dei runners con bassa variabilità troviamo la doppia possibilità nell'applicare kanban o punto di riordino. Questo perché ora dobbiamo riprendere in considerazione l'analisi

ABC: gli articoli di classe A (quindi quelli con valore più elevato) verranno gestiti tramite politiche kanban, mentre il resto degli articoli (classe B e C, quindi di valore minore) utilizzando politiche a punto di riordino.

Infine, all'interno della classe A, per poter semplificare la creazione della value stream map si andranno a considerare articoli che siano simili per quanto riguarda i tempi e i flussi che ne contraddistinguono l'approvvigionamento; si considerano allora i codici: SIM00010, SIM00030, SIM00090, SIM00100, SIM00110 e SIM00160.

Seguendo i flussi di questi componenti, è stata realizzata la corrispondente **Current State Map**, riportata in figura 4.16.

Si è inoltre pensato di realizzare anche un'altra mappatura dello stato attuale (caso 2, esposto in seguito), per rappresentare un secondo caso andando a seguire il flusso in un diverso momento.

Il flusso di valore attuale per i componenti considerati "scorre" in questo modo: mensilmente il cliente effettua un ordine, interfacciandosi direttamente con management/direzione di Enter. A questo punto l'ordine cliente viene trasmesso all'ufficio acquisti che si occupa di trasmetterlo, a sua volta, a chi si occupa del magazzino.

Ricevuto l'ordine cliente, il responsabile di magazzino effettua il picking al fine di verificare la disponibilità dei codici stoccati. Una volta effettuata l'operazione, comunica all'ufficio acquisti i componenti mancanti per l'ordine aperto.

L'ufficio acquisti, a questo punto, provvede all'ordine dei componenti necessari verso i fornitori e ad aprire commesse di produzione per gli articoli che sono prodotti internamente ad Enter.

Poiché i flussi di approvvigionamento di questi codici non sono seguiti da una specifica figura che ne ha la responsabilità diretta, capita spesso che si interrompano tra una fase e l'altra, comportando ritardi.

Current State Map - Caso 1

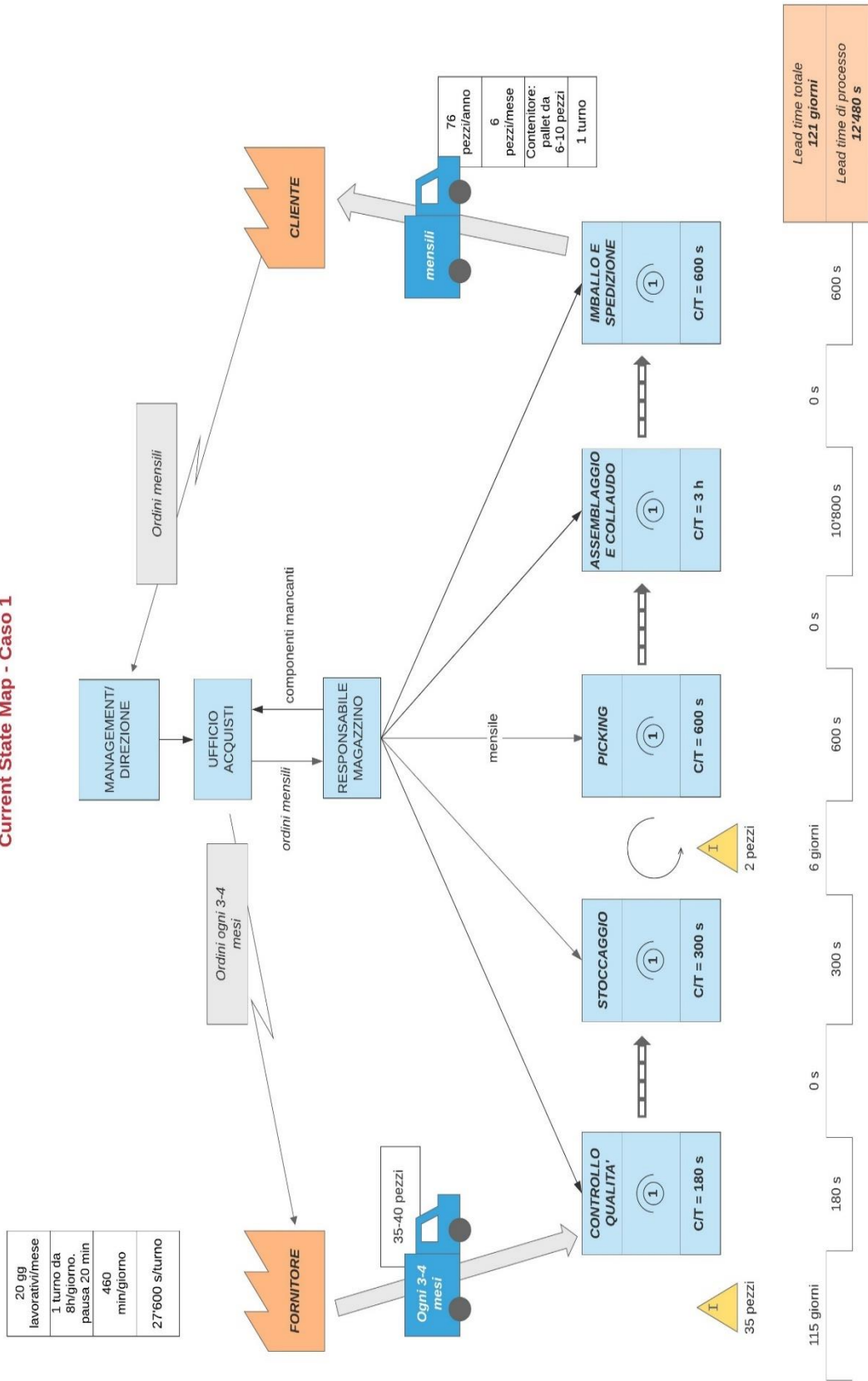


Figura 4.16: Current state map – caso 1

Inoltre, vista l'esigenza di avere i componenti il prima possibile, i riordini sono ogni volta trattati in "emergenza" e causano perturbazioni importanti nel flusso ordinario (quotidiano) di materiali ed informazioni in azienda. Per questo motivo essi sono visti come un disturbo e, invece di regolamentarli ed efficientarli, si ordinano al cliente (o si producono) lotti di dimensioni eccessive (e le quantità di riordino possono variare da ordine a ordine, in quanto non regolate in alcun modo⁴⁸) al fine di posporre il successivo riordino il più in là possibile nel tempo.

Una volta che i codici arrivano dai fornitori in Enter⁴⁹, il primo processo a cui sono sottoposti è il controllo qualità: a causa di fornitori spesso non particolarmente affidabili, è necessario effettuare dei test a campione su alcuni dei pezzi dei lotti provenienti dall'esterno.

Una volta completato il controllo qualità i pezzi vengono trasferiti nel capannone DRTech, dove è situato il magazzino dei componenti Enter, e stoccati. Una parte dei lotti viene portata direttamente a banco per completare il picking per l'ordine aperto, in modo da poter procedere il prima possibile alla fase successiva.

Quando tutti i componenti sono stati portati al banco di assemblaggio, il montaggio può iniziare. Questa è un'operazione particolarmente complessa, e richiede circa tre ore per il singolo insieme assemblato.

Nel momento in cui tutti gli assemblati richiesti dal cliente sono stati montati, essi vengono imballati su di uno/due pallet e spediti.

⁴⁸ Nota: le quantità che sono poi state calcolate tramite il lotto economico spesso non si discostano significativamente da quelle decise, di ordine in ordine, dall'ufficio acquisti/management. Il fatto di avere delle quantità di riordino già prestabilite (e calcolate analiticamente) comporta però comunque il vantaggio di velocizzare l'operazione di ordine.

⁴⁹ I codici elencati in precedenza di cui si è scelto di documentare il flusso sono tutti realizzati da fornitori esterni e non hanno ulteriori fasi di lavorazione in Enter.

Caso 1

Nella current state map – caso 1, viene rappresentata la situazione in cui, ricevuto l'ordine cliente, il responsabile di magazzino effettua il picking ma le quantità a scorta non sono sufficienti a coprire l'ordine, e si devono quindi effettuare i riordini al fornitore.

In questo caso ci troviamo nella situazione peggiore dal punto di vista del lead time totale: il lotto di riordino è infatti sufficiente a coprire il fabbisogno di diversi mesi, e quindi il LT risulta molto elevato:

- Il lotto da 35 pezzi, considerando un consumo di 6 pezzi/mese (considerando 20 gg lavorativi/mese), garantisce una copertura di 115 giorni.
- Abbiamo anche 2 pezzi già a magazzino (tecnicamente li si dovrebbe indicare a banco perché il picking è già avvenuto, ma ho preferito indicarli in quella posizione per poter segnare il magazzino tra il processo di stoccaggio e quello di picking), che garantiscono una copertura di 6 giorni.

Si ottiene così un lead time totale di 121 giorni, a fronte di un lead time di processo di 12'480 secondi.

Per rappresentare invece un caso intermedio, viene riportata la current state map del caso 2 (figura 4.17).

Caso 2

Ci troviamo in una situazione intermedia, circa a metà tra due ordini al fornitore. Parte del lotto ordinato è stato consumato, e a magazzino troviamo ora 15 pezzi, che saranno sufficienti per soddisfare il prossimo ordine cliente.

Inoltre, troviamo 3 pezzi tra la fase di controllo qualità e quella di stoccaggio, perché sono stati “dimenticati” in Enter e mai portati al magazzino nel capannone DRTech.

Infine, troviamo un pezzo che è rimasto al banco di assemblaggio a seguito dell'ultimo picking effettuato.

In questa situazione si ricava un lead time totale molto più basso del precedente e pari a 63 giorni.

4.4.2 Future state map

Una volta tracciata la mappa dello stato presente si nota come, per poter arrivare ad una situazione futura in cui si possa implementare un sistema pull tramite kanban, una delle prime azioni da intraprendere sia la ridefinizione dei rapporti con i fornitori.

Quindi Enter, dopo aver ricevuto il forecasting a tre mesi dal cliente, dovrà elaborare a sua volta previsioni a 6-8 settimane da trasmettere al fornitore. Gli ordini effettivi verranno poi confermati ogni due settimane, ed è fondamentale che il fornitore sia flessibile rispetto ai volumi richiesti.

Inoltre, i fornitori scelti dovranno garantire puntualità nelle consegne, oltre a rapidità di risposta in caso di variazioni nella domanda.

Infine, essi dovranno garantire affidabilità nella corretta realizzazione dei pezzi, in modo che il controllo qualità sia eseguito a monte e non debba essere Enter a provvedervi. Per questo, nella future state map la fase di controllo qualità non viene più riportata (figura 4.18).

Un'altra modifica necessaria riguarda la creazione di una figura aziendale dedicata alla gestione di tutti i flussi relativi agli assemblati, partendo dalla ricezione degli ordini cliente e seguendo poi tutte le fasi del processo fino ad arrivare alla consegna dei prodotti finiti. In questo modo, come esposto in precedenza, si snellirebbero sia i flussi informativi ma anche fisici, permettendo di contrarre il tempo totale necessario ad esaudire l'ordine cliente

e quindi di essere in grado di rispondere più rapidamente ad eventuali variazioni della domanda.

Questa figura - il responsabile degli insiemi assemblati - dopo aver ricevuto l'ordine cliente si occuperà di trasmettere un piano mensile di assemblaggio al responsabile del montaggio e del collaudo. Il processo di assemblaggio è il pacemaker, e darà quindi il ritmo produttivo del resto dei processi.

Gli assemblati completi vengono posti in una corsia FIFO a valle del processo di assemblaggio e, una volta che nella corsia saranno presenti pezzi finiti a sufficienza per soddisfare l'ordine cliente, si passa all'imballaggio e alla successiva spedizione.

Il processo di montaggio si alimenta tramite un supermarket che potrebbe essere posto direttamente in uno scaffale sottostante il banco di lavoro. Questo supermarket è rifornito tramite il processo di picking tirato dal kanban di prelievo.

A sua volta il supermarket da cui si prelevano i pezzi nel picking è approvvigionato direttamente dal fornitore tramite consegne effettuate ogni due settimane, contenenti quantità stabilite dal responsabile degli assemblati tramite i dati sui consumi provenienti dal kanban di riordino.

Dati 6 pezzi da consegnare in un mese, considerando 20 giorni lavorativi al mese, la produzione giornaliera (e dato che si lavora su un turno al giorno è anche la produzione per turno) richiesta è di 0,3 pezzi. Il tempo disponibile per turno è di 460 minuti. Possiamo allora calcolare il takt time come:

$$\mathbf{Takt\ time = \frac{\mathbf{tempo\ di\ lavoro\ disponibile\ per\ turno}}{\mathbf{vendite\ di\ pezzi\ per\ turno}}$$

Quindi nel nostro caso sarà pari a $460/0,3 = 1533$ minuti, ossia 3,3 giorni.

L'obiettivo è allora quello di produrre 1,5 pezzi a settimana, quindi 3 pezzi ogni due settimane (10 giorni lavorativi).

Future State Map

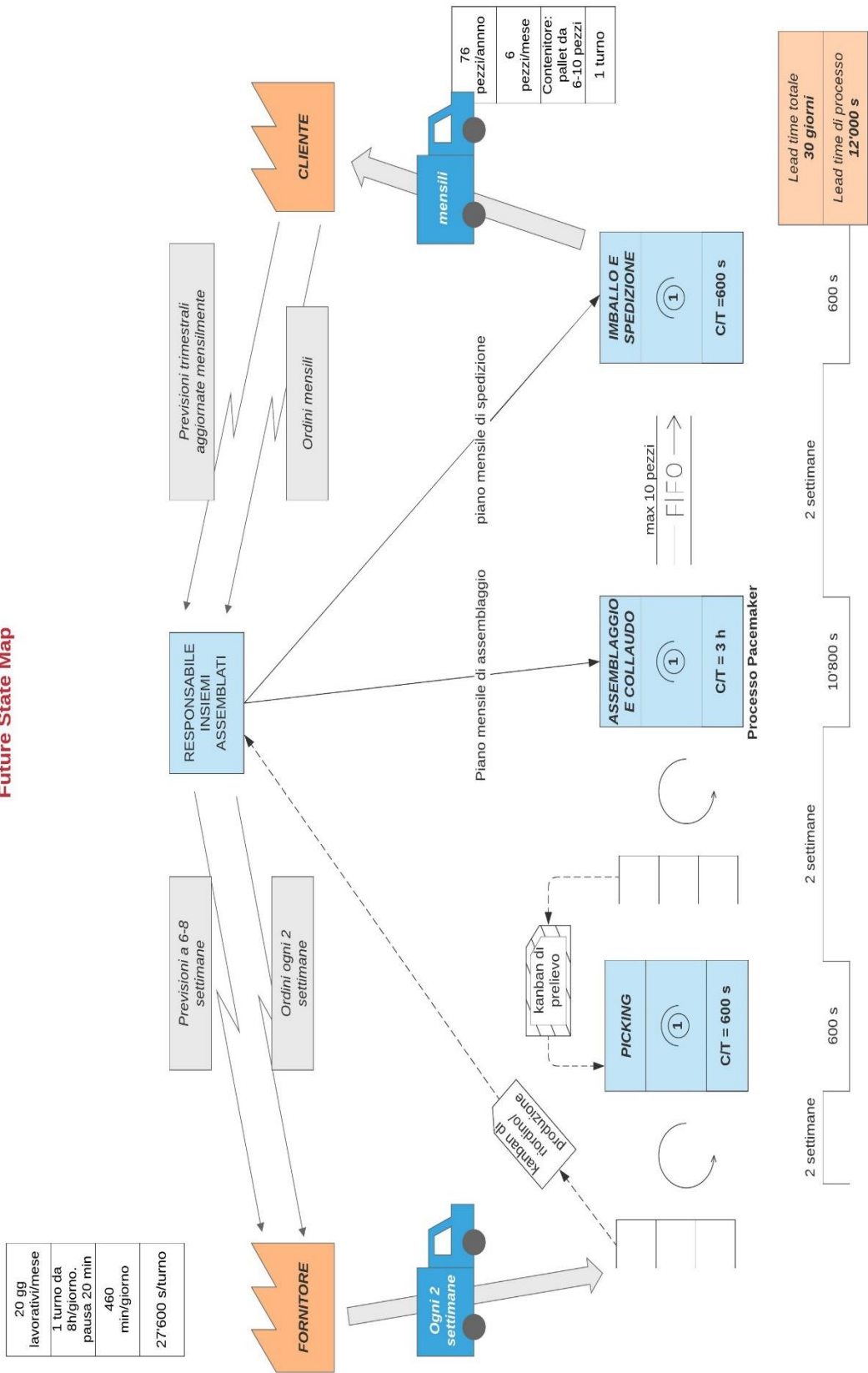


Figura 4.18: Future state map

La dimensione del contenitore kanban è stata scelta sulla base di questo parametro, ed è perciò stata posta pari a 3 pezzi.

Il numero di cartellini kanban è stato posto pari a 1 per il kanban di prelievo tra assemblaggio e picking, e il calcolo per il numero di kanban di riordino è stato eseguito partendo dai seguenti dati:

- Capienza contenitore (C): 3 pezzi;
- LT approvvigionamento: 10 giorni lavorativi; domanda media giornaliera: 0,3 pezzi al giorno. Quindi la domanda attesa (dL) nei 10 giorni di LT è di 3 pezzi;
- Coefficiente di sicurezza (S): 20%;

Il numero di kanban, calcolato tramite il modello classico (Toyota) è allora pari

$$a: N = \frac{dL(1+S)}{c} = \frac{3 \cdot 1,2}{3} = \mathbf{1,2}.$$

È stato quindi deciso di provare inizialmente ad utilizzare un solo cartellino kanban; se questo si dovesse poi rivelare insufficiente, si dovrà considerare l'introduzione di un secondo cartellino.

Le scorte medie dei codici presenti nei supermarket (e di assemblati finiti nella corsia FIFO) sono state supposte pari a 3 pezzi, quindi sufficienti a coprire il fabbisogno di 2 settimane.

In questa configurazione futura il lead time totale si abbassa dai 63 giorni lavorativi della current state map a 6 settimane (ossia 30 giorni lavorativi), con una riduzione del 52%, e il lead time di processo si abbassa a 12'000 s.

CONCLUSIONI

Nei primi due capitoli dell'elaborato sono state esposte le nozioni teoriche riguardanti la gestione delle scorte e il lean management. Nei due capitoli successivi sono stati invece riportati i due casi aziendali in cui tali nozioni sono state messe in pratica.

La particolarità di questo progetto di tirocinio è stata quella di avermi permesso di sperimentare l'applicazione dei principi e dei sistemi esposti nei primi capitoli in due realtà diverse tra loro. Nonostante le diversità tra le due aziende, i due contesti presentavano problemi piuttosto affini che sono stati risolti intervenendo in entrambe le situazioni con tecniche simili, anche se applicate con gradi diversi di approfondimento.

Un altro aspetto interessante è stato quello di aver potuto mettere immediatamente in pratica quanto sviluppato durante l'esperienza di tirocinio: in entrambe le aziende, dove la gestione delle giacenze e la movimentazione dei materiali essenzialmente non erano regolate in alcun modo, le pratiche descritte nell'elaborato sono state attuate con effetto quasi immediato ed inserite nelle attività giornaliere di lavoro dei referenti di magazzino.

La maggior difficoltà incontrata, invece, ha riguardato la carenza di dati storici nelle due aziende su tempi di riordino, costi dei componenti, tempi di lavorazione, ritardi, ecc., che ha complicato l'avanzamento del progetto e impedito il reperimento di molti KPI significativi (in particolare nel caso DRTech).

L'obiettivo finale da conseguire in DRTech era quello dell'abbassamento del numero di codici mancanti al momento dell'arrivo dell'ordine cliente. La macchina che era in realizzazione all'inizio del periodo di tirocinio era partita con più di 150 codici mancanti e la conseguente difficoltà nella gestione degli approvvigionamenti aveva portato ad un ritardo di 45 giorni sulla consegna del macchinario al cliente. Il primo ordine arrivato durante la fase di

implementazione della gestione a scorta presentava invece 47 codici mancanti: un risultato ancora non ottimale, ma comunque un tangibile miglioramento che ha contribuito a semplificare la gestione degli approvvigionamenti portando il ritardo sulla consegna a 15 giorni, rispetto ai 45 della precedente macchina. Questo dato non è sicuramente un punto di arrivo ma un punto di partenza, che indica come la direzione intrapresa durante il progetto di tirocinio possa essere quella corretta e al contempo come le tecniche applicate avranno bisogno di essere perfezionate nel tempo, utilizzando i dati che verranno man mano accumulandosi.

In Enter l'introduzione di una gestione rigorosa delle giacenze ha permesso di regolarizzare i flussi di approvvigionamento dei componenti (sia fisici che delle informazioni), garantendo livelli di scorta sufficienti a soddisfare gli ordini cliente senza ricorrere a riordini "di emergenza" ma integrando invece questi flussi nei processi quotidiani aziendali. Grazie inoltre alle tabelle di avanzamento delle commesse, che hanno contribuito a far prendere coscienza degli sprechi di tempo tra le fasi del processo di approvvigionamento, si è potuto intervenire sul flusso informativo riducendo questi tempi morti. Una conseguenza immediata di queste pratiche è stata quella di abbassare il tempo totale compreso tra la richiesta di riordino e il deposito del pezzo in magazzino di, in media, 3 giorni. Il risultato finale è stato quello di garantire consegne più puntuali al cliente, con ritardi massimi di due giorni, quando in precedenza si poteva arrivare oltre i 5 giorni lavorativi.

L'aspetto negativo dell'applicazione del sistema a punto di riordino è quello di aver comportato un aumento delle giacenze medie; tuttavia, l'obiettivo per il futuro, come evidenziato nella future state map, è quello di andare oltre l'applicazione delle tecniche di gestione a scorta ed arrivare ad un sistema che, basandosi sui concetti lean, garantisca un significativo calo del tempo di consegna al cliente e contemporaneamente una considerevole riduzione delle giacenze medie.

BIBLIOGRAFIA

Akao Y., 1994, *The customer driven approach to quality planning and deployment*, Asian Productivity Organization, Tokyo.

Art S., 2004, *Creating level pull*, Lean Enterprise Institute, USA.

Brandolese A., Pozzetti A., Sianesi A., 1991, *Gestione della produzione industriale*, Ulrico Hoepli editore, Milano.

Brewer K., Carraway L., Ingram D., 2010, *Forward Selection as a Candidate for Constructing Nonregular Robust Parameter Designs*, Arkansas State University, USA.

DRM Associates, 2016, *The principles of integrated product development*.

Graziadei G., 2006, *Lean Manufacturing: come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi*, Ulrico Hoepli Editore, Milano.

Imai M., 2015, *Gemba Kaizen: un approccio operativo alle strategie del miglioramento continuo*, FrancoAngeli Srl, Milano.

Johnston F.R., Boylan J.E., 1996, Forecasting for items with intermittent demand, *Journal of the Operational Research Society*, n. 47, pp. 113-121.

Liker J., 2004, *The Toyota Way*, McGraw Hill, New York;

Morgan J.M., Liker J., 2006, *The Toyota Product Development System*, Productivity Press, New York.

Narusawa T., Shook J., 2009, *Kaizen express*, Lean Enterprise Institute, USA.

Romano P., Danese P., 2010, *Supply chain management*, McGraw-Hill, Milano.

Shingo S., 1981, *Study of Toyota Production System*.

Slack N., Brandon-Jones A., Johnston R., Betts A., Vinelli A., Romano P., Danese P., 2013, *Gestione delle operations e dei processi*, Pearson Italia, Milano-Torino.

Tsuchiya S., 1992, *Quality Maintenance: Zero Defects Through Equipment Management*, Productivity Press, Cambridge.

Womack J., Jones D., 1996, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Productivity Press, Cambridge.