

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea



Applicazione della Lean Manufacturing al
processo di produzione di valvole
oleodinamiche

Relatore

Prof.ssa Giulia Bruno

Candidato

Martina Bettelli

Relatore Aziendale

Ing. Ferdinando Bertacco

Anno Accademico 2019 -2020

A mio nonno

Sommario

Introduzione	4
1 Lean production	7
1.1 Dal Toyota Production System alla “produzione snella”	7
1.2 I 7 sprechi	8
1.2.1 Sovrapproduzione (Overproduction)	9
1.2.2 Attese (Waiting)	11
1.2.3 Trasporti	12
1.2.4 Movimentazioni	12
1.2.5 Processo	12
1.2.6 Scorte	13
1.2.7 Difetti	14
1.2.8 Gli altri sprechi: Mura e Muri	14
1.3 Just in time	15
1.4 L’automazione	16
1.5 I principi fondamentali della lean production	17
1.6 La logica Pull	20
1.7 Kanban	24
1.7.1 Classificazione dei kanban in base alle modalità d’impiego	25
1.7.2 Vantaggi dell’utilizzo del kanban	26
1.7.3 Kanban elettronico	27
1.8 Supermarket	28
1.9 Heijunka	29
1.10 Benefici della lean production	30
1.11 Takt time	31
1.12 Kaizen	32
2 Bosch Rexroth Oil Control	37
2.1 Il gruppo Bosch	37
2.2 Bosch Rexroth	39
2.2.1 Bosch Rexroth Oil Control	40

2.2.2	L'organizzazione aziendale	40
2.2.3	L'acquisizione	41
2.3	I Prodotti.....	42
3	Implementazione della Lean Production: Caso Bosch Rexroth Oil Control	45
3.1	I prodotti considerati	45
3.2	Obiettivi.....	47
3.3	La situazione precedente	48
3.3.1	Il flusso dei materiali.....	48
3.4	L'implementazione della nuova linea	50
3.5	L'introduzione dei supermarket	52
3.5.1	Procedura per la creazione del supermarket	54
3.5.2	La mappatura dei supermarket	72
3.6	Il reparto finitura	76
3.7	La value Stream mapping.....	79
4	Il flusso	87
4.1	La spedizione.....	87
4.2	Il flusso del kanban.....	88
4.2.1	Il kanban di prelievo.....	90
4.3	La gestione della kanban board	90
4.4	Il flusso informativo	93
4.4.1	Procedura di richiesta ripristino kanban.....	95
4.4.2	Procedura di prelievo materiale.....	96
4.4.3	Procedura di versamento di produzione a magazzino	97
5	Modello di simulazione	101
5.1	La simulazione	101
5.1.1	Elementi di un modello di simulazione	103
5.2	Tipi di simulazioni.....	104
5.2.1	Sistemi ad eventi discreti.....	104
5.3	Il software Flexsim.....	105
5.3.1	Le applicazione di FlexSim	105

5.4 Lo sviluppo della simulazione	107
5.5.1 Gli scenari analizzati e i risultati ottenuti.....	112
Conclusioni	121
Bibliografia e sitografia	123

Introduzione

Il progetto di tesi descritto in questo elaborato si è svolto presso la Bosch Rexroth Oil Control di Nonantola (MO), uno tra i principali produttori mondiali nel settore dell'idraulica compatta per applicazioni mobili. L'elaborato ottenuto è il risultato dell'implementazione di una lean production all'interno della value stream eCV.

Nel contesto industriale degli ultimi anni il modello tradizionale d'impresa non risulta più adatto alle circostanze in cui si trovano le aziende, sempre più sottoposte ad una pressione competitiva e di diversa natura. Si è avvertita, quindi, la necessità di ripensare al modello stesso.

Le imprese Italiane infatti, devono competere in un contesto globale con elevata concorrenza in cui la domanda è sempre più incerta ed i gusti dei consumatori sono sempre più complessi. Risulta dunque difficile per i pianificatori e i programmatori di produzione, riuscire a prevedere i fabbisogni necessari alla produzione con largo anticipo e coordinare tutte le risorse necessarie nel modo corretto: modifiche, aggiunte e aggiornamenti sono attività che vengono svolte all'ordine del giorno nel reparto produttivo.

La gestione delle scorte e la logistica hanno assunto un ruolo di primo piano in questo cambiamento, in quanto permettono di migliorare notevolmente la gestione aziendale, nella quale gli sprechi non sono più accettati. Per questo motivo molte aziende hanno deciso di adottare la filosofia della Lean Production, che ha come obiettivo principale l'eliminazione di tutte quelle attività considerate non a valore aggiunto.

Lo strumento principale di cui la produzione snella si serve è il kanban: un cartellino di segnalazione che può autorizzare la lavorazione del processo a monte o indicare la necessità di ripristinare il materiale. Applicando questo sistema si ottiene un flusso tirato dalla domanda effettiva, consentendo di produrre solo ciò che realmente sarà richiesto dal mercato ed evitando così una situazione di sovrapproduzione.

L'obiettivo ultimo di tale elaborato è quello di analizzare e riorganizzare la linea produttiva del reparto eCV solenoid di Bosch, mappando i meccanismi che la costituiscono al fine di determinare una filiera produttiva Lean, ovvero un processo interamente composto da attività a valore per il cliente finale.

All'inizio del lavoro sono stati creati dei tre supermarket presso la linea di lavoro, ovvero magazzini a terra nei quali vengono stoccati i componenti principali per la produzione. Con il dimensionamento di questi supermarket è stato introdotto anche il sistema di kanban elettronico, associato ad ogni componente presente nel magazzino a terra.

Successivamente il progetto ha previsto lo sviluppo di nuove logiche gestionali al fine di supportare il nuovo sistema implementato.

I risultati di questo lavoro permettono all'azienda di ottenere un flusso più fluido e chiaro dei materiali all'interno del reparto, diminuendo le movimentazioni dello stabilimento.

La tesi si articola nel seguente modo:

- Il Capitolo 1 ha lo scopo di presentare i concetti generali riguardanti la Lean Production. Vengono definite le origini della produzione snella per poi approfondire i principi fondamentali di questa filosofia. In questo capitolo si mettono in luce, a livello teorico, gli elementi di cui si avvale questa produzione, che verranno successivamente presentati anche a livello applicativo.
- Il Capitolo 2 presenta l'azienda all'interno della quale l'elaborato è stato svolto, soffermandosi sulle fasi che hanno portato alla sua attuale struttura societaria ed organizzativa e presentando i principali prodotti da loro realizzati.
- Il Capitolo 3 ha lo scopo di presentare il lavoro svolto in azienda. In primo luogo si mette a fuoco la situazione presente al suo interno al fine di giustificare le scelte relative ai cambiamenti effettuati. In un secondo momento viene presentato in modo dettagliato il dimensionamento di tutti i supermarket implementati.
- Il Capitolo 4 illustra il flusso fisico e logico implementato per la gestione dei kanban elettronici, presentando anche a livello gestionale le operazioni che gli operatori devono compiere con il nuovo sistema sviluppato.
- Il Capitolo 5 infine, riporta ed esplicita i risultati ottenuti attraverso una simulazione ad eventi discreti della linee implementata. In questo capitolo si mostrano in un primo momento i concetti principali della simulazione per poi illustrare in maniera dettagliata lo sviluppo e i risultati ottenuti.

Capitolo 1

Lean production

In questo capitolo viene descritto uno dei sistemi produttivi più efficaci e apprezzati di questi ultimi anni, la Lean Production, o Produzione snella. Il capitolo inizia con un breve riassunto sulle origini della Produzione Snella a partire dal Toyota Production System, analizzando gli aspetti principali di questa metodologia di gestione. Lo scopo del capitolo è quello di presentare gli aspetti teorici messi in pratica nel caso di studi affrontato nei capitoli successivi.

1.1 Dal Toyota Production System alla “produzione snella”

La “produzione snella” rappresenta una nuova metodologia di gestione produttiva, che va ad impattare su l'intera catena produttiva ed è in grado di conferire una maggiore flessibilità all'impresa attraverso una radicale riconfigurazione del flusso del valore.

Il termine lean production è stato coniato da John Krafcik, ex ingegnere di Toyota, in un articolo del 1988: *“Triumph of the lean production system”*, basato sulla sua tesi di laurea al MIT Sloan School of Management. Lo studio venne poi ripreso dagli studiosi Womack e Jones nel libro *“La macchina che ha cambiato il mondo”*, nel quale i due studiosi fecero un confronto tra le prestazioni dei sistemi di produzione dei principali produttori mondiali di automobili con la giapponese Toyota, rivelando le ragioni della netta superiorità di quest'ultima rispetto a tutti i concorrenti.

La lean production è dunque una filosofia di gestione che deriva principalmente dal Toyota Production System (TSP), nato in Giappone tra gli anni '50 e '60 per mano di alcuni manager della Toyota, tra cui Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, ed in particolare dal giovane ingegnere Taiichi Ohno.

Il TPS è un metodo di organizzazione della produzione derivato da una filosofia diversa e per alcuni aspetti alternativa alla produzione di massa basata sulla catena di montaggio di Henry Ford, ovvero alla produzione in serie e spesso su larga scala. Alla base del TPS si trova l'idea di “fare di più con meno”, cioè di utilizzare le (poche) risorse disponibili nel modo più produttivo possibile con l'obiettivo di incrementare drasticamente la produttività della fabbrica. Il Toyota Production System viene illustrato

con una figura che rappresenta una casa che si fonda su due pilastri: il Just-in-time e il Jidoka. Lo scopo di questo sistema di produzione, indicato sul tetto della casa, è di raggiungere la migliore qualità, al prezzo più basso e nel minor tempo possibile.

Per perseguire l'eliminazione degli sprechi si opera su tutti gli aspetti del processo produttivo basandosi sull'approccio detto Kaizen relativo al miglioramento continuo.

Grazie agli straordinari risultati ottenuti attraverso questa nuova filosofia produttiva hanno portato all'affermazione del TPS, ribattezzato anche la Lean Production al fine di illustrare il processo di eliminazione di tutto ciò che essendo superfluo appesantisce il sistema generando costi anziché valore.

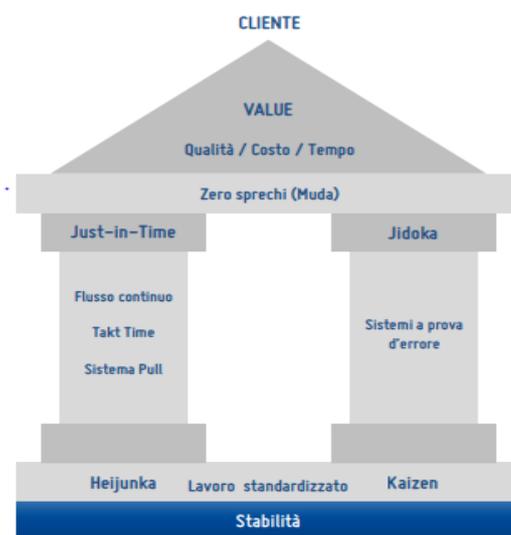


Figura 1.1: rappresentazione del Toyota Production System

Fonte: https://fomir.it/wp-content/uploads/2017/11/Approfondimenti-sulla-Lean_Production.pdf

1.2 I 7 sprechi

Per mettere in pratica la lean production è necessario attuare la lotta contro gli sprechi che tendono ad abbattere tutte le attività che puntano al miglioramento della realtà aziendale.

Lo spreco, in giapponese Muda, è costituito da tutte quelle attività o modi di utilizzare le risorse che non permettono di dare al prodotto un valore aggiunto per il cliente.

Taiichi Ohno persegui costantemente l'obiettivo di ottenere il necessario recupero di produttività tendendo a ridurre o perfino eliminare ogni PERDITA e ogni SPRECO nell'intero sistema produttivo e organizzativo tramite due pilastri principali: l'auto attivazione della produzione e il Just in Time.

In particolare Ohno attraverso l'osservazione e analisi negli stabilimenti produttivi di Toyota riuscì a concepire il modello di produzione snella nell'idea di "fabbrica integrata o a sei zeri". Tale fabbrica viene identificata come: zero stock, inteso come zero scorte e immagazzinaggio, zero difetti, zero conflitti, zero tempi morti di produzione, zero attese per il cliente e zero cartacce, inteso come zero burocrazia e comunicazione inutile.

Il concetto di base di Ohno è che gli sprechi sono classificati in sette tipologie, tra cui la più grave è la sovrapproduzione, in quanto è all'origine degli altri tipi di sprechi, come delle scorte, dei difetti e dei trasporti.



Figura 1.2 : I 7 Sprechi (Muda)

Fonte: <https://www.induvation.it/servizi/lean-management/strumenti-lean/>

1.2.1 Sovrapproduzione (Overproduction)

La sovrapproduzione consiste nel produrre una quantità di componenti o prodotti finiti superiore alla domanda. La sovrapproduzione è lo spreco più pericoloso poiché comporta l'utilizzo di risorse aziendali, l'impiego di magazzini interni per stoccare i prodotti in attesa che questi siano venduti.

Questo metodo di produzione è tipico soprattutto della produzione tradizionale a lotti, ove la quantità di pezzi da produrre viene definita e pianificata secondo una logica asincrona rispetto agli ordini ricevuti dai clienti finali e spesso comporta, al netto del venduto, la rimanenza (e lo stoccaggio) di una quantità variabile di prodotti finiti (o semilavorati).

Nella logica Lean questo costituisce uno spreco di spazio per lo stoccaggio di una quantità non richiesta e un conseguente aggravio di costi.

In particolare a parte i costi derivanti dal prodotto invenduto e lo stoccaggio di merce, sono presenti anche costi relativi al consumo eccessivo di materie prime prima del necessario, questo determina la necessità di un numero maggiore di forza lavoro, di un numero maggiore di macchinari, di più spazio per l'immagazzinamento di merce e maggiori costi di movimentazione.

E' chiaro che per fare in modo che non si verifichi una sovrapproduzione, deve sussistere una certa flessibilità dei processi e grande efficienza nell'organizzazione generale. Inoltre, è fondamentale riuscire a pianificare correttamente la produzione in modo da calcolare la quantità precisa di prodotti da produrre a seconda degli ordini ricevuti. Il raggiungimento di tale obiettivo presuppone importanti investimenti (talvolta anche estremamente costosi) in infrastrutture e organizzazione per orientare la produzione, e tutti gli attori che interagiscono con essa, alla massima flessibilità.

I principali presupposti irrinunciabili per il raggiungimento di questo obiettivo sono:

- Pianificazione della produzione: E' fondamentale che venga calcolato in modo preciso la quantità di prodotti da realizzare in funzione degli ordini ricevuti tenendo in conto le rese e la variabilità dei processi che compongono le linee di produzione.
- Flessibilità dei processi: Tutti i processi devono essere progettati e realizzati per consentire la massima flessibilità operativa in termini di: impianti, operatori, codici, riducendo al minimo i tempi "morti" di cambio codice.
- Controllo e stabilità dei processi: I risultati di tutte le fasi dei processi devono essere conosciuti, ripetitivi e stabili nel tempo.
- Efficienza dell'organizzazione: Massima efficienza organizzativa in termini di gestione delle risorse umane, gestione dei processi/materiali a supporto della produzione.

Risulta evidente che questo spreco è il più importante e il più difficile da ridurre, in quanto si va a toccare punti di intervento delicati e complessi allo stesso tempo. Diventa necessario intervenire sull'organizzazione delle risorse umane e produttive, ma anche sui processi stessi di produzione.

1.2.2 Attese (Waiting)

Tutti quei tempi che non sono strettamente necessari al ciclo di fabbricazione del prodotto costituiscono uno spreco, in pratica si tratta della differenza fra il tempo totale di attraversamento, più comunemente detto Lead Time del flusso produttivo di un bene/servizio, e il suo "tempo di fabbricazione", ovvero la somma di tutti i tempi ciclo "vivi", necessari per il processo tecnologico.

Le attese possono essere di tre tipi:

- attese del materiale, ad esempio il ritardo di arrivo dei materiali o code improvvise.
- attese delle macchine o degli impianti a causa di guasti o tempi necessari per l'attrezzaggio della macchina.
- attese degli operatori, relative principalmente all'assenza di quest'ultimi.

Molto spesso questi tempi di attesa nascondono vari aspetti, talvolta interagenti tra loro, ad esempio:

- errori di progettazione delle linee o del prodotto,
- mancanza di addestramento adeguato,
- mancanza di controllo.

Rimuovere tutte le cause che possono determinare ritardi e/o attese lungo il normale flusso produttivo può essere difficile e in alcuni casi molto costoso.

In conclusione deve essere fatta una attenta valutazione dei tempi di attesa dei prodotti/materiali, ove possibile tradotta in "costi" e, in virtù del risultato, definire la migliore strategia "possibile" per l'eliminazione di tutti i "ritardi non necessari" nel normale flusso produttivo.

1.2.3 Trasporti

Tutte le operazioni di trasporto da un reparto ad un altro se non ottimizzate, comportano uno spreco di tempo e risorse, in quanto sono a tutti gli effetti una lavorazione aggiuntiva.

Vi sono due aspetti da investigare e su cui intervenire :

- Analizzare la causa per cui è necessario il trasporto, eliminando o talvolta riducendo i vincoli che rendono necessario il trasporto stesso, ad esempio costruendo un layout della linea che permetta di ottimizzare questo aspetto.
- Analizzare e migliorare il metodo del trasporto, in termini di frequenza, distanza, attrezzatura disponibile e procedura operativa.

Per mantenersi in un'ottica di continua ottimizzazione risulta necessario analizzare concretamente quelli che sono i trasporti necessari e quelli che possono essere evitati.

1.2.4 Movimentazioni

Per movimentazioni non si parla di movimenti legati al trasporto delle risorse, ma di quei movimenti all'interno del ciclo di lavorazione. Rientrano quindi in questa categoria tutti i movimenti, spostamenti eseguiti sia dall'operatore sia dal prodotto in un ciclo di lavorazione.

È importante analizzare le postazioni di lavoro non ergonomiche, ad esempio nei montaggi manuali, laddove l'operatore effettua movimenti eccessivi per reperire materiali, componenti e attrezzature. Da considerare anche le postazioni che apparentemente sono progettate per essere compatte, ma che operativamente risultano scomode, oppure disordinate, con perdite di tempo per la ricerca degli oggetti.

Minimizzare i movimenti di uomo, macchina e prodotto all'interno del ciclo stesso, garantisce efficienza a tutti gli effetti e di conseguenza, un sostanziale aumento di produttività.

1.2.5 Processo

Un ulteriore forma di sprechi viene rappresentata da quelle fasi del processo che sono inefficienti all'interno del ciclo di lavoro. Tutto quello che crea rallentamenti del flusso,

scarti sui prodotti, incremento dei costi, variabilità e instabilità dei risultati comporta uno spreco non poco rilevante per l'attività.

Le cause più comuni possono essere:

- Inefficienze organizzative:
 - Mancanza o indisponibilità di risorsa (operatore, macchina)
 - Carenza o mancanza di formazione adeguata per gli addetti
 - Carenza o mancanza di informazioni essenziale
 - Carenza o mancanza di Leadership
 - Eccessiva complessità del processo decisionale
 - Procedure operative (SOP) carenti, mancanti o imprecise
- Basse prestazioni degli impianti: guasti frequenti, carenze manutentive, impianti inadeguati o obsoleti.
- Eccessiva variabilità dei parametri di processo: variabili critiche e parametri di processo non "in - controllo".
- Eccessiva variabilità dei materiali: materiali e materie prime non stabili (fuori tolleranza ammessa).
- Attrezzature o strumenti inadeguati.

È necessario perciò un costante monitoraggio e un'analisi per identificare i processi che potrebbero essere eliminati in quanto non in grado di creare valore aggiunto ma solo spreco in termini di tempo, spazio, costi e risorse.

1.2.6 Scorte

Se lungo il processo rimangono scorte di materie prime o semilavorati, gli sprechi generati si riflettono su tutto il sistema produttivo, comportando danni inutili e perdita di valore proporzionali alla numerosità dei pezzi stessi.

Bisogna ridurre al minimo la scorta di pezzi e materiali tra una fase e quella successiva (WIP) del processo, minimizzando quello che è il “capitale fermo” nel processo.

La riduzione delle scorte comporta diverse difficoltà, soprattutto organizzative, che talvolta coinvolgono anche enti esterni, ad esempio è possibile che si debba ri-discutere con un fornitore la quantità minima di un dato materiale da consegnare.

In questo caso però tutto il "capitale" non "intrappolato nel processo" e quindi "liberato" potrebbe essere disponibile per altri usi.

1.2.7 Difetti

All'interno di una linea di produzione è molto frequente la presenza dello "scarto" inteso come la realizzazione di un pezzo non-conforme alle specifiche e in alcuni casi il rigetto da parte del cliente finale.

Nella filosofia Lean viene ritenuto spreco la realizzazione di un pezzo difettoso sia esso scarto o che necessiti di lavorazioni aggiuntive (o ri-lavorazioni) rispetto allo standard.

Non sempre è semplice individuare e risolvere tutti i problemi che possono dare luogo a scarti e pezzi difettosi, ma è innegabile che scarti, lavorazioni aggiuntive e rilavorazioni costituiscono una parte rilevante nella struttura dei costi.

Analizzando il pezzo sotto ogni punto di vista e ricontrollando tutto il suo ciclo di produzione, è possibile identificare in quale fase è più probabile che si verifichi il difetto, intervenendo sul problema per cercare di ridurlo.

1.2.8 Gli altri sprechi: Mura e Muri

Nel Toyota Production System oltre ai 7 sprechi definiti Muda ne sono stati individuati altri 2 tipi: Mura e Muri. Questi sprechi sono molto importanti e molte volte rappresentano le cause alla base dei Muda stessi che si possono osservare all'interno dei processi.

Muri è il termine che indica il sovraccarico delle persone o delle risorse.

Il sovraccarico delle persone può provocare a lungo termine la possibilità di infortuni o malattie professionali, dovuti alle posture richieste in continuazione dai lavoratori.

Questo spreco si manifesta a causa del sistema industriale tradizionale, in cui le scorte forniscono una riserva anche quando la produzione non ne ha bisogno. Il risultato è l'assenza dal lavoro per periodi più o meno lunghi e insoddisfazione generale delle persone che si sentono sfruttate.

Analogamente lo sfruttamento eccessivo dei macchinari può portare, a lungo termine, a un'usura accelerata, a rotture con conseguente stop della produzione per la manutenzione e per la riparazione, o addirittura si può presentare la necessità di cambiare ,macchinario.

In termini produttivi, evitare il Muri significa evitare di avere stock troppo grandi in magazzino e organizzarsi acquistando o producendo i materiali di volta in volta necessari per la produzione, tutto ciò significa gestire il magazzino basandosi sul principio “just-in-time”. Questo in termini produttivi limita i costi e consente all’impresa di essere più flessibile ed adattabile a quella che è la domanda di mercato senza diminuire la produttività.

Muda indica le fluttuazione, variazione, irregolarità del carico di lavoro (della domanda).

La causa di tali fluttuazioni è la non standardizzazione della domanda attraverso l’utilizzo dei metodi che servono per appiattire i picchi e le valli.

Secondo la strategia industriale delle fabbriche giapponesi, non si devono avere scorte in più rispetto alla reale richiesta.

Mura è quindi la madre degli altri sprechi (muri e muda) ed è per questo che alla base del lean thinking c’è la stabilità del sistema che si ottiene eliminando le cause delle fluttuazioni e standardizzando le attività che si ottengono in questo modo.

Un sistema stabile non sollecita le persone, le risorse e permette di favorire un flusso continuo.

1.3 Just in time

Il Just in Time è uno dei pilastri della Lean Production secondo il quale la produzione industriale viene avviata solo nel momento in cui si manifesta la domanda e nei volumi richiesti dal mercato. Il suo obiettivo conclamato è la riduzione del lead time lungo il flusso di produzione e la riduzione delle scorte.

In altri termini si tratta di una politica di gestione delle scorte a ripristino che utilizza metodologie finalizzate a migliorare il processo produttivo, cercando di ottimizzare non tanto la produzione quanto le fasi a monte, di alleggerire al massimo le scorte di materie prime e dei lavorati necessari alla produzione.

E’ necessario investire risorse affinché il flusso sia continuo, i processi a monte siano rapidi e le consegne dei materiali d’acquisto siano affidabili. Il JIT è una modalità produttiva di tipo Pull, questo significa che sono i clienti ad instradare la domanda che

va dalle fasi a valle verso quelle a monte, basandosi di fatto sulla domanda reale e non più sulle previsioni come invece avveniva con il flusso tradizionale.

I due grandi obiettivi del JIT sono dunque: ottimizzazione della gestione e riduzione degli sprechi. L'introduzione di questa politica permette inoltre di:

- Abbatte i costi legati allo stoccaggio, in quanto si produce solo il necessario, riducendo le merci in stock e diminuendo i costi legati alla loro conservazione.
- Riduce il rischio di obsolescenza dei prodotti, poiché si lavora sempre con livelli di stock minimi.
- Conferisce alle aziende una maggiore capacità di reazione di fronte a eventuali fluttuazioni del mercato.

Il modello just in time impone alcune condizioni da un punto di vista organizzativo. In particolare è necessario soddisfare alcuni requisiti, come:

- Il flusso di informazioni deve essere fluido e costante. È necessaria un'ottima coordinazione tra fornitori, produttori e clienti.
- È essenziale porre in primo piano l'affidabilità da parte del fornitore, e mettere in secondo piano l'acquisto di grandi quantità di prodotti a prezzo speciale. Ciò può comportare una modifica nella pianificazione dei processi di approvvigionamento e dei criteri di selezione dei fornitori.
- È opportuno vagliare l'implementazione di tecnologie che permettono di realizzare previsioni più precise e far fronte ad aumenti improvvisi della domanda.

Nel modello analizzato inoltre, gli impianti devono essere flessibili e con tempi minimi di attrezzaggio, quello che si vorrebbe fare è giungere ad una produzione One-Piece-Flow ossia realizzare un componente finito sempre diverso in lotti da un solo pezzo con tempi di setup istantanei.

1.4 L'automazione

L'automazione, o anche detto Jidoka in giapponese, è un particolare uso delle macchine che reagiscono in tempo reale evitando di produrre pezzi difettosi. In pratica significa dotare la macchina di intelligenza, ovvero fornirla di diversi sistemi di prevenzione delle difettosità, chiamati baka yake, che permettono alla macchina di avere un tocco di sensibilità umana.

Il punto fondamentale del Jidoka è che la qualità deve essere costruita nel processo affinché l'output presenti una qualità pari al 100%. Per raggiungere tale obiettivo sono necessarie due condizioni:

- l'impianto o la macchina devono fermarsi quando la qualità non è più assicurata
- l'intervento sulla macchina o sull'impianto non deve in alcun modo alterare la qualità dell'output.

Con il Jidoka gli impianti e le macchine vengono dotati di dispositivi idonei di fermata, quando si è in condizioni di non-qualità. La fermata in mancanza di qualità si applica anche alle linee di montaggio manuale. Ogni pezzo è controllato dall'operatore stesso subito dopo la realizzazione, spesso attraverso dispositivi che rendono il processo a prova di errore (Poka Yoke) ed in caso di rilevata non conformità, l'operatore è autorizzato a sospendere la produzione.

Quando le due condizioni, citate nei punti sopra esposti, sono realizzate si raggiunge l'obiettivo di eliminare il legame rigido tra uomo e macchina.

1.5 I principi fondamentali della lean production

Il Lean Thinking o pensiero snello, è uno stile di management che mira all'abbattimento degli sprechi per creare processi standardizzati eccellenti a basso costo con il contributo delle persone. È adattabile a tutti i settori e contesti e si applica a tutte le aree aziendali.

Il Lean Thinking comprende un insieme di strumenti operativi e metodi per l'applicazione dei principi lean in azienda; tuttavia l'approccio al pensiero snello deve essere interpretato come un'occasione di cambiamento radicale che interessa non solo l'aspetto operativo ma anche l'insieme di regole e valori e la cultura aziendale.

I principi del Lean Thinking sono 5: Value, Value Stream, Flow, Pull, Perfection e rappresentano i cinque cardini su cui realizzare il processo di trasformazione dal modello in uso al modello Lean.



Figura 1.3 i cinque principi della Lean Production

Identify Value

L'identificazione del valore è la determinazione di tale concetto da parte del cliente, ovvero fa riferimento solo a ciò che il cliente è disposto a pagare. Tutto il resto viene considerato uno spreco e deve essere eliminato.

Per definire il valore bisogna valutare la qualità del prodotto finito, la qualità del servizio offerto, il prezzo d'acquisto e altri costi che il cliente si troverà a sostenere.

L'obiettivo è quello di definire con precisione il valore di ogni prodotto.

Il valore assume dunque significato solamente se in grado di soddisfare un cliente ad un dato prezzo in un determinato momento.

Map the value stream

Un volta definito il valore è necessario valutare la sua relativa value stream. Per catena del valore si intende l'insieme delle attività necessarie per la produzione di un prodotto/servizio.

L'analisi della Value Stream è un'attività fondamentale perché permette di identificare le attività che generano valore e quelle che generano sprechi all'interno di un processo.

Questa analisi non è sempre facile in quanto un'attività che ha valore per l'impresa non sempre determina un valore anche per il cliente.

L'analisi della value stream permette di mettere in evidenza diversi sprechi generati lungo il processo attraverso la classificazione delle attività in tre categorie:

- Analisi che generano valore, quali le lavorazioni delle materie prime e dei semilavorati.
- Analisi che non generano valore, ma sono necessarie, principalmente dovute ai limiti tecnologici e dette anche spreco di tipo 1. Possono essere eliminate solo con innovazioni radicali che derivino da piani di ricerca e sviluppo di lungo periodo.
- Attività che non creano valore, e non necessarie, ovvero quelle attività che non hanno valore né per il cliente, né per l'azienda. In questo caso vi è un cosiddetto spreco di tipo 2. Queste attività saranno eliminate attraverso un processo di miglioramento.

Create Flow

Dopo aver determinato le attività che creano valore si cerca di collegarle tra di loro al fine di ottenere attività di valore che fluiscano in modo snello e continuo. Per determinare un flusso che segua tale logica è necessario evitare la presenza di code, inefficienze da parte di fornitori, attrezzaggi, mancato sincronismo tra le attività e inefficienze in grado di ridurre la produttività.

Il flusso continuo in produzione si raggiunge soprattutto attraverso interventi radicali, che permettono di trasformare in breve tempo le attività produttive necessarie per fabbricare un prodotto da un sistema a lotti e code ad un flusso continuo.

Establish pull

Il termine Pull indica che a monte non vengono prodotti beni sino al momento in cui il cliente a valle li richiede, si dice dunque che il processo viene tirato da valle.

Questo consente di evitare di alzare il livello di scorte da parte del produttore del bene, dei suoi fornitori e così via sino alle aziende produttrici delle materie prime. Un altro beneficio immediato che apporta la gestione "Pull" è la stabilizzazione della domanda finale. Questo avviene perché è il cliente che ordina quello che vuole e non l'azienda

produttrice che, per eliminare le scorte dovute alla sovrapproduzione tipica dalla lavorazione a lotti, applica delle campagne di sconti e promozioni per forzare la domanda verso un particolare tipo di prodotto.

Queste applicazioni customer-oriented comprendono le metodologie di controllo Kanban e la filosofia del Just-In-Time.

Seek perfection

Questo ultimo principio può essere interpretato come l'eliminazione totale degli sprechi e sincronizzazione perfetta del flusso. Infatti lavorare in un ottica lean significa ricercare il miglioramento continuo (Kaizen), per tendere idealmente alla perfezione.

In un sistema snello, che si estende dai fornitori delle materie prime ai dettaglianti dei prodotti finiti, un elemento fondamentale per tale scopo è la trasparenza. Infatti, se tutti gli attori della catena del valore si allineano e abbracciano le regole Lean, aiutandosi a vicenda nel miglioramento continuo, la lotta agli sprechi diviene molto più efficace.

1.6 La logica Pull

La logica pull è un metodo di controllo della produzione in cui il flusso dei materiali si sposta da monte verso valle, tirato dalla richiesta del cliente finale. Implementare l'ottica Pull in processo produttivo è fondamentale per sviluppare un sistema di produzione Just In Time, attraverso il quale si riescono ad eliminare:

- sprechi di materiali;
- scorte di prodotti finiti;
- magazzini intermedi tra le varie fasi di un processo;
- scorte di materie prime;
- sprechi di spazio.

In una gestione rigorosamente pull, l'ingresso dei prodotti in produzione non è anticipato rispetto agli ordini; la produzione è regolata da valle del processo produttivo; questo si differenzia dalla gestione push secondo la quale i materiali sono spinti attraverso tutte le fasi lavorative.

Le tecniche di pianificazione "a fabbisogno" (push) hanno come obiettivo quello di determinare i componenti, le parti e le materie prime necessarie alla realizzazione di un determinato piano principale di produzione di prodotti finiti (MPS: Master Production

Schedule) e in quali quantità e quando essi debbano essere approvvigionati al fine di assicurare il rispetto delle scadenze previste nelle migliori condizioni di economicità. L'approvvigionamento dei materiali è invece solitamente curato da un sistema direttamente collegato al MPS ovvero il MRP. In altri termini questa gestione si basa su una previsione dei fabbisogni.

In un sistema di tipo pull invece, i materiali vengono tirati dentro la fabbrica dagli ordini presenti in portafoglio; ciò è possibile in quanto tali ordini coprono il tempo di attraversamento, di produzione e approvvigionamento.

Un sistema pull è governato interamente da ordini e dunque sembra non necessitare di previsioni. Ciò in realtà è vero solo per i prodotti, però occorre pianificare impianti e forza lavoro, ovvero risorse che definiscono la capacità produttiva di un processo. Anche queste devono essere approvvigionate con l'anticipo sufficiente a renderle disponibili al momento dell'utilizzo. Un sistema di questo tipo crea, prima e dopo ogni reparto produttivo, dei buffer di materiali di disaccoppiamento il cui scopo è quello di garantire il delivery time richiesto dal reparto immediatamente a valle. Ogni reparto della catena logistica vede, infatti, la valle come un cliente e il reparto a monte come fornitore. Si crea dunque un flusso informativo, spesso caratterizzato dall'utilizzo dei kanban che risale dal basso verso l'alto.

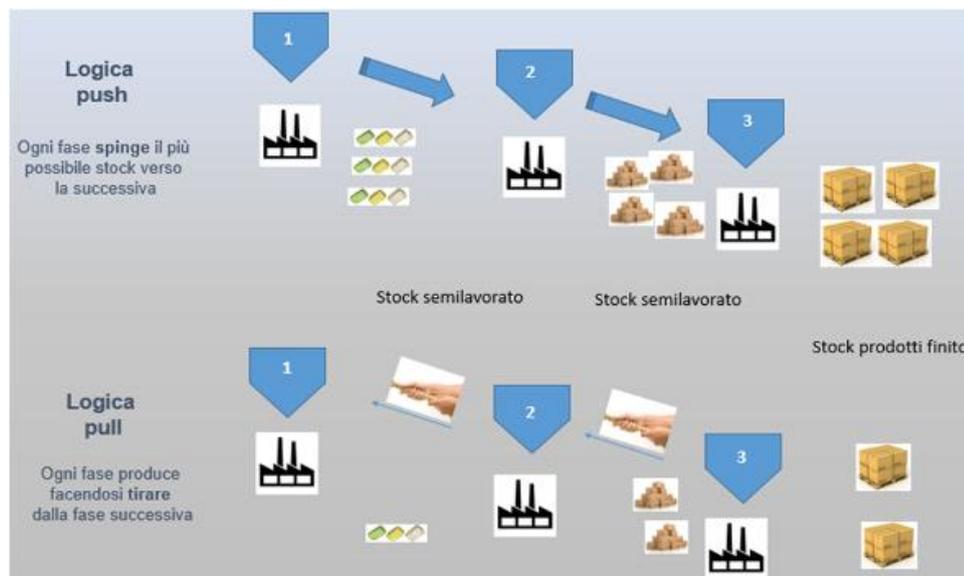


Figura 1.4: logica pull vs push

Fonte: <https://www.logisticaefficiente.it/supply-chain/management/grado-maturita-supply-chain.html>

Possono essere identificati tre principali sistemi di produzione Pull:

- Supermarket pull system: è il sistema di produzione di tipo pull più semplice da applicare in quanto ogni processo ha un unico punto di prelievo, detto supermarket nel quale viene stoccata una certa quantità di materiale prodotto. Ogni processo lavora per ripristinare il materiale nel supermarket di competenza.

Solitamente la gestione di questi supermercati avviene tramite l'utilizzo del kanban, che nel momento in cui viene ritirato il materiale dal processo a valle, viene inviato al processo a monte per indicare la necessità di ripristinare il materiale.

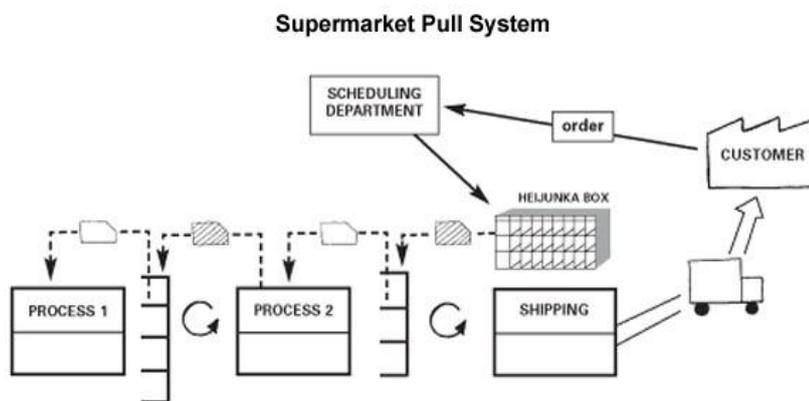


Figura 1.5: Supermarket pull system

Fonte: <https://www.pinterest.com/pin/298433912794782801/>

- Sequential pull system: è usato se il numero di componenti da tenere a supermarket sono elevati. I prodotti vengono fatti "su ordinazione" in modo da minimizzare l'inventario globale. In questo tipo di sistema la produzione è subordinata ad una "sequenze list" che deve cercare di determinare la quantità e il giusto mix di prodotti da produrre.

Ogni processo a valle produce quello che gli è stato consegnato dal processo a monte, seguendo un'ottica FIFO, che viene mantenuta lungo tutto il flusso. Un sistema sequenziale crea pressione per mantenere i lead time brevi e prevedibili.

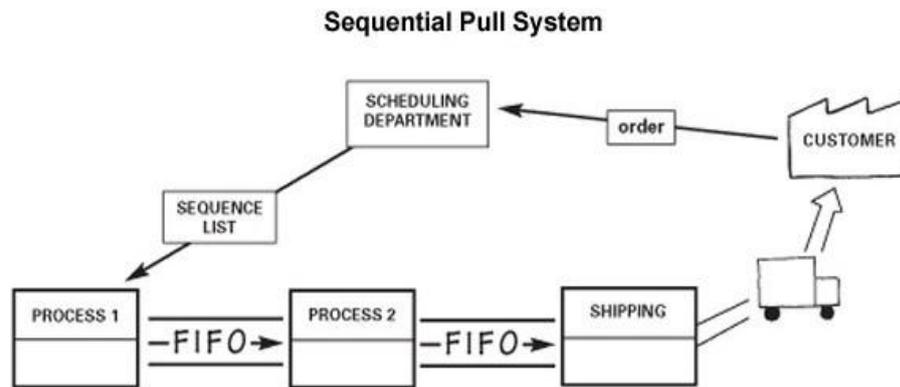


Figura 1.6: Sequential pull system

Fonte: <https://www.pinterest.com/pin/298433912794782801/>

- Mixed pull system: Questo sistema comporta l'applicazione simultanea dei supermarket e delle sequenze di produzione, ottenendo i vantaggi di entrambe le strategie anche in ambienti in cui la domanda è complessa e variabile. Di solito risulta appropriato quando vige la regola del 80/20, ovvero una piccola parte di prodotti (20%) copre 80% del volume di produzione giornaliera.

Un sistema misto può rendere difficile il bilanciamento del lavoro e l'identificazione delle condizioni anormale, e quindi anche di gestire e condurre gli interventi di miglioramento continuo.

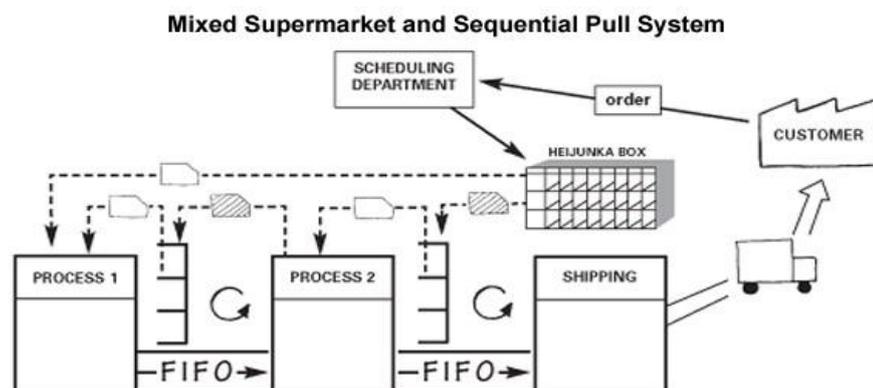


Figura 1.7: Mixed pull system

Fonte: <https://www.pinterest.com/pin/298433912794782801/>

1.7 Kanban

Il Kanban, parola giapponese che in italiano significa cartello, è uno strumento di comunicazione nella produzione “just in time” e nel controllo del magazzino. Si tratta di veri e propri cartellini contenenti informazioni utili agli operatori come: il codice dell’articolo a cui si riferiscono, la sua descrizione, il lead time produttivo o di approvvigionamento, il numero di pezzi movimentati grazie al cartellino, il reparto di provenienza ed altre ancora.

Ad oggi l’utilizzo del kanban può riguardare diversi segnali di ripristino; in origine, invece, il cartellino Kanban segnalava la necessità di produrre o consegnare qualcosa.

Oggi, il kanban è un sistema di passaggio di informazione, che assicura che ogni stazione operativa produca solo quanto effettivamente richiesto dalla stazione a valle. Serve come istruzione di produzione e trasferimento. In questo modo, il magazzino è sotto controllo, la produzione va al passo con le spedizioni, applicando così un sistema pull.

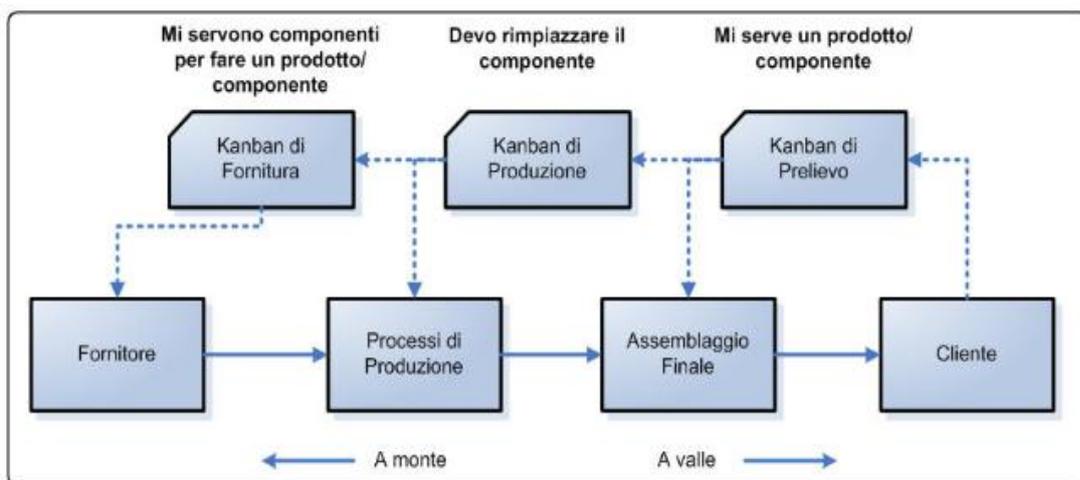


Figura 1.8: Produzione pull con sistema kanban

Fonte: <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/kanban.html>

Le principali tipologie di kanban sono le seguenti:

- Kanban di produzione: rappresentano veri e propri ordini di produzione mediante i quali si autorizza il processo a monte a produrre un certo componente

per un processo a valle. Esso indica l'esatta quantità ed il tipo di prodotto che deve essere reintegrato dal processo a valle.

Le informazioni sulla scheda di produzione sono:

- il numero di codice della parte da produrre
- la capacità del contenitore
- il numero del centro fornitore

Questo tipo di risulta adatto per codici con domanda prevedibile e consumi stabili con il grande vantaggio di semplificare la programmazione siccome, generalmente, i codici gestiti in questo modo non sono soggetti a demand planning.

Nella implementazione di questa soluzione, una fase particolarmente critica consiste nella determinazione del numero di cartellini, calcolato in funzione della domanda media del periodo, di un coefficiente di sicurezza (criticità del materiale) e della quantità contenuta nell'ubicazione.

- Kanban di movimentazione: Il Kanban di movimentazione autorizza il movimento di un componente tra due specificati centri di produzione.

Il cartellino viene quindi utilizzato come segnalazione di un livello relativo al punto di riordino, calcolato in funzione della domanda media e del dimensionamento della scorta di sicurezza.

La scheda circola tra il punto di stoccaggio esterno o in uscita dal centro di rifornimento (dove la parte è prodotta) e il punto di stoccaggio in entrata del centro di produzione utente. Il cartellino viene associato ad un contenitore standard di parti tutte le volte che è spostato al centro di produzione che le utilizza.

Quando un contenitore viene selezionato per l'uso dal punto di stoccaggio in entrata, il cartellino di movimentazione viene staccato e messo in una scatola di raccolta. La scatola periodicamente verrà svuotata e ripartita al centro di rifornimento per ripristinare il componente richiesto.

1.7.1 Classificazione dei kanban in base alle modalità d'impiego

Il kanban può essere classificato in diverse tipologie in base alle loro modalità di utilizzo:

- Kanban tradizionale: è la tipologia più utilizzata nel quale ad ogni codice è associato un contenitore con una quantità predefinita. Quando un contenitore viene svuotato il cartellino viene separato e utilizzato come ordine di ripristino.
- Double bin: anche detto Doppio contenitore. Per ogni codice vengono definiti due cartellini in quanto si ha la presenza di due contenitori. Quando uno viene esaurito si stacca il cartellino avviando un ordine di ripristino. Il lead time di ripristino viene coperto dal secondo recipiente da utilizzare.
Nella realtà aziendale il double bin è maggiormente utilizzato come kanban di movimentazione per rifornire la minuteria delle linee di assemblaggio.
- Signal kanban: viene utilizzato per applicare il punto di riordino. Il kanban non è più associato a un contenitore ma viene attaccato solo sull'articolo che coincide col punto di riordino. Quando si raggiunge il contenitore a cui è attaccato il cartellino di lancia un ordine di ripristino. Il lead time di ripristino viene coperto dagli altri contenitori presenti di quel determinato codice.
- Batch kanban: detto anche lotto di kanban, viene principalmente utilizzato quando il lotto di produzione del fornitore è superiore rispetto ai consumi del cliente. Il funzionamento è simile a quello del kanban tradizionale con l'unica differenza che per emettere un ordine di ripristino al fornitore è necessario aspettare l'accumulo di un certo quantitativo di cartellini per quel determinato codice.

Spesso l'utilizzo di questa tipologia di kanban prevede la creazione di Heijunka board nella quale i cartellini vengono accumulati in colonne suddivise per codice, inoltre le colonne vengono suddivise in 3 aree in base al colore:

- Zona verde: ovvero la zona iniziale nel quale sono accumulati pochi cartellini, ma nel quale quel componente non può essere prodotto.
- Zona gialla: una volta che i kanban iniziano a riempire questa zona si può iniziare a mettere in produzione quel determinato codice.
- Zona rossa: quando i kanban raggiungono questa zona deve essere emesso immediatamente un ordine di produzione per quel codice.

1.7.2 Vantaggi dell'utilizzo del kanban

L'utilizzo del cartellino prevede alcune regole fondamentali da seguire:

- I. l'operatore deve produrre nel momento in cui è presente un segnale kanban.
- II. Una volta stabilito il numero di cartellini kanban, questi non possono mai aumentare. I responsabili devono costantemente criticare il sistema di produzione incoraggiando la riduzione di questi cartellini.

Il kanban permette di portare i seguenti benefici:

- Riduzione delle scorte;
- Risposte rapide ai cambiamenti di domanda;
- Miglioramento dell'accuratezza della scorta;
- Semplificazione della programmazione, riduzione dell'uso dell'MRP;
- Facile integrazione;
- Maggiore trasparenza.

1.7.3 Kanban elettronico

Si parla di kanban elettronico quando una o più informazioni relative ai cartellini kanban transitano attraverso un mezzo elettronico.

La gestione elettronica del kanban prevede l'implementazione di un codice a barre che contiene tutte le informazioni relative a un determinato articolo.

Con la presenza di questo codice a barre è sufficiente che l'operatore scannerizzi il codice dell'articolo prelevato per lanciare una richiesta di fornitura. Sarà poi il fornitore stesso che si occupa di stampare i cartellini e consegnarli insieme alla merce.

I vantaggi di questo sistema rispetto a quello tradizionale sono:

- Permette di eliminare il rischio di smarrire i cartellini.
- Consente l'aumento della velocità nella trasmissione dei dati.
- Elimina operazioni manuali che possono portare errori.
- Il numero di cartelli può variare automaticamente in base al piano di produzione.
- Monitoraggio continuo dell'avanzamento della produzione e segnalazione attraverso semafori della necessità di produrre un determinato item.
- Registrazione di ogni transazione nel sistema informativo aziendale ottenendo dati effettivi su consumi, efficienza, lead time.

1.8 Supermarket

In un sistema produttivo snello, cioè basato sui principi della Lean Production, viene chiamata supermarket quell'area dove sono posizionati i materiali solitamente gestiti a kanban.

Il supermarket è lo strumento pull per eccellenza, in quanto permette al processo a monte di seguire la produzione della stazione a valle.

Solitamente questo magazzino è composto da una serie di scaffalature e contenitori in cui vengono stoccati i materiali strettamente necessari alle varie fasi delle linee di montaggio.

Nei sistemi Lean i supermarket sono utilizzati per disaccoppiare stadi produttivi ed è preferibile implementarli sempre e solo quando non è implementabile il flusso naturalmente.

La differenza con i magazzini tradizionali sta nel numero di scorte che sono conservate: infatti, nel caso del supermarket il numero è controllato, limitando il capitale immobilizzato ed i costi che ne derivano. Questo strumento consente dunque alle fasi a valle di lavorare con un flusso continuo. La classica programmazione MRP non è più necessaria in quanto tutti i processi produttivi possono essere controllati automaticamente con la circolazione dei cartellini Kanban semplificando in questo modo la gestione dell'intero sistema.

Per la creazione di un supermarket è necessario reperire informazioni derivanti dallo studio della fase di montaggio o pre-montaggio:

- Codici da mettere a supermarket;
- Quantità da tenere a supermarket;
- Dimensione e peso dei codici.

Il supermarket funziona secondo il principio che tutto ciò che viene consumato deve essere ripristinato. La sostituzione della merce avviene secondo il principio "First in-First out", ovvero si preleva dal lato frontale e si ricarica dal lato posteriore.

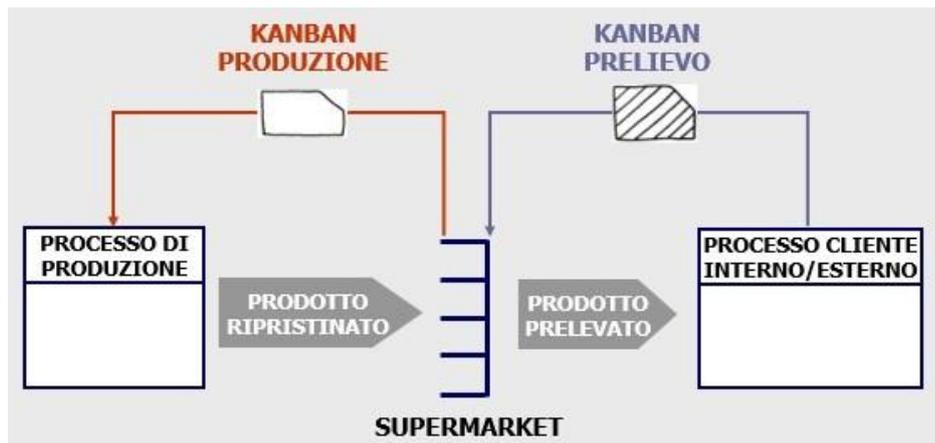


Figura 1.9 : Esempio di un sistema gestito tramite supermarket

1.9 Heijunka

Heijunka è un termine giapponese che significa livellamento della produzione e permette di equilibrare il carico di lavoro all'interno della cella produttiva minimizzando le fluttuazioni di fornitura.

Gli elementi principali della Heijunka sono:

- Il livellamento del volume di produzione
- Il livellamento del mix di produzione.

Il volume di produzione livellato è dato dalla distribuzione uniforme della produzione su un dato periodo di tempo, questo volume a sua volta dipenderà dalla varietà di produzione livellata, che è la distribuzione uniforme del mix/varietà di produzione su un dato periodo di tempo.

Questo controllo di produzione assicura la distribuzione uniforme di manodopera, materiali e movimenti.

Per poter dimensionare correttamente l'Heijunka è necessario conoscere il takt time, ovvero il tempo massimo entro il quale bisogna produrre un prodotto o effettuare un servizio per poter soddisfare la domanda del cliente, e calcolare il numero di cartellini kanban che sono necessari alla linea. Una volta noti questi due elementi verrà installato un tabellone Heijunka.

1.10 Benefici della lean production

I benefici principali di un sistema lean sono i seguenti:

- Scorte ridotte

Nel modello lean le scorte sono considerate uno spreco. La produzione può avvenire in modo efficiente con poca o nessuna scorta di materia prima, semilavorati (WIP), o relativa a scorte di prodotti finiti.

Molte aziende oggi producono senza creare alcun magazzino di prodotti finiti. Tutti i controlli di qualità vengono eseguiti all'interno del processo, piuttosto che a fine produzione.

In questo scenario make-to-order, tutti i beni sono spediti direttamente alla stazione successiva nella catena di approvvigionamento quando il rimorchio è pieno, in questo modo la sovrapproduzione non è possibile non può essere tollerata. Nessuno spazio è destinato allo stoccaggio di prodotti finiti.

Applicando un flusso pull, ovvero tirato dal cliente, si è in grado di ridurre drasticamente il WIP.

Anche se l'obiettivo finale è l'eliminazione totale delle scorte, i risultati normalmente ottenuti permettono di tenerne un livello minimo.

L'eliminazione dei colli di bottiglia è un altro obiettivo principale di una supply chain snella, ma un collo di bottiglia esisterà sempre in una certa misura e un livello minimo di semilavorati devono essere presenti di fronte a questo.

- Velocità di risposta ai clienti

La supply chain snella permette una catena di approvvigionamento non solo più efficiente, ma anche più veloce. Appena la cultura lean avvolge tutta l'organizzazione, i collegamenti ne traggono vantaggio e aumenta la velocità di percorrenza. Sviluppando una cultura basata su una risposta rapida e decisioni veloci diminuisce l'attesa.

Questo non significa che le decisioni vengano prese senza un'attenta riflessione ma significa semplicemente che una risposta lenta o una mancanza di risposta diventano l'eccezione, piuttosto che la regola.

- Riduzione dei costi

La produzione di massa tradizionale cerca di minimizzare i costi unitari, aumentando la produzione totale nell'arco del ciclo di vita del prodotto. Tale modello comporta elevati costi di sviluppo.

Le preferenze dei consumatori e la differenziazione dei prodotti erano in secondo piano.

Il pensiero lean prevede di ridurre al minimo i costi ma non a scapito della varietà e della soddisfazione delle richieste dei clienti più sofisticati.

Le nuove tecniche lean inoltre minimizzano i tempi di sviluppo prodotto e riducono al minimo il livello degli investimenti. Questo implica che il prodotto sul mercato più velocemente, rendendo più facile integrare le nuove qualità richieste dai clienti agli attuali requisiti nel prodotto. Le tecniche lean promuovono l'uso di macchine ad intensità di capitale più bassa che si traduce in una maggiore flessibilità e un minor costo iniziale da recuperare. Come risultato, i cicli di vita dei prodotti possono essere più brevi e gli sviluppi del prodotto più frequenti e meno invasivi. La redditività non ne soffre e la fedeltà alla marca aumenta.

1.11 Takt time

Il Takt Time è il ritmo della produzione. Si tratta del tempo necessario a produrre un singolo componente o l'intero prodotto, noto anche come Ritmo delle Vendite. Infatti, se le stazioni produttive saranno sincronizzate fra loro il flusso di produzione sarà continuo e bilanciato.

È un parametro che lega la produzione al mercato. La formula per determinare il takt time è la seguente:

$$TT = \frac{\text{Tempo tot. disponibile / giorno}}{\text{Richieste cliente / giorno}}$$

Attraverso tale formula è dunque possibile determinare ogni quanto tempo è necessario produrre un pezzo per soddisfare la domanda.

Per calcolare questo parametro è necessario definire l'orizzonte temporale per il quale si vuole calcolare il takt time, il volume di vendita previsto nel periodo preso in esame e il tempo lavorativo a disposizione, al netto delle pause programmate.

Il takt time non è da confondere con il Cycle Time, ovvero il tempo lavorativo necessario al completamento del processo.

Noti questi due parametri è possibile calcolare il numero degli operatori necessari:

$$N^{\circ} \text{ operatori} = \frac{\text{Cycle time}}{\text{Takt time}}$$

In possesso di questi indici si possono analizzare diversi fattori:

- Verificare che ogni macchinario abbia un tempo ciclo inferiore al ritmo di produzione calcolato. Nel caso in cui non fosse così occorrerà effettuare un'analisi di dettaglio per eliminare le attività non a valore aggiunto ed eliminare gli sprechi.
- Stabilire il takt time per la cella.
- Verificare i risultati per garantire stabilità di processo.
- Mantenere i traguardi raggiunti mediante la standardizzazione.
- Determinare la dotazione ottimale di personale per la cella utilizzando il calcolo del Cycle time. Se l'effettiva dotazione di personale nella cella è superiore alla dotazione ottimale calcolata allora la produzione è instabile a causa delle fermate sulla linea. Occorre pertanto effettuare un'analisi dei vincoli per capire e rimuovere le cause dei fermi. Se, invece, l'effettiva dotazione di personale nella cella è pari alla dotazione ottimale calcolata, la produzione è stabile e occorre ridurre il Cycle time della cella.

1.12 Kaizen

La parola Kaizen è l'unione di due parole giapponesi: kai che significa cambiamento e zen che significa migliore, questo termine indica perciò il miglioramento incrementale, progressivo.

Lavorare secondo la filosofia Kaizen significa ricercare sempre il miglioramento continuo, partendo dal presupposto che ogni cosa che facciamo possa essere migliorata.

Questa filosofia riguarda un processo lento e graduale, per creare valore a piccoli passi ma costantemente. La base del miglioramento è quella di incoraggiare le persone ad apportare ogni giorno piccoli cambiamenti nella loro area di lavoro.

Con la filosofia del kaizen si porta l'organizzazione a fare più attenzione a dettagli importanti, che spesso vengono trascurati. I manager, vengono incoraggiati a migliorare l'efficienza delle infrastrutture già esistenti piuttosto che ad investire nuove risorse comprandone di nuove.

L'idea fondamentale che sta dietro il Kaizen è strettamente collegata al ciclo di Deming:

- Si ha un'idea per migliorare qualcosa;
- Vengono effettuate delle prove e delle simulazioni per verificare la validità dell'idea;
- I risultati raggiunti vengono valutati per stabilire se si riesce a raggiungere l'obiettivo stabilito.
- Se i risultati risultano idonei, si cambiano le procedure standard, adottando il nuovo metodo.

1.13 Value stream mapping (VSM)

Per Value Stream si intende la mappatura grafica di tutto quell'insieme di processi ed attività che concorrono alla realizzazione di un prodotto, partendo direttamente dal fornitore, passando per tutta la catena di montaggio fino alla consegna del prodotto finito.

Il presupposto su cui basare l'analisi del valore non è il miglioramento del singolo processo, ma l'ottimizzazione globale e continua.

Il VSM permette di guidare l'implementazione di un sistema di Lean Manufacturing, permettendo di visualizzare ed ottimizzare:

- Il flusso dei materiali ovvero l'avanzamento della materia prima lungo i processi fino ad arrivare al prodotto finito;
- Il flusso delle informazioni ossia i passaggi di informazioni lungo i processi;
- Il flusso delle risorse e delle loro attività;
- La linea del tempo che permette di separare le attività a valore aggiunto rispetto a quelle non a valore aggiunto.

Per costruire una VSM è necessario selezionare una famiglia di prodotti, inteso come famiglia di prodotti finiti, ovvero coinvolti nelle stesse fasi di processo, o che hanno almeno il 70-80% delle fasi in comune.

La stesura della mappatura si suddivide in due parti:

- Current State Map è la rappresentazione fotografica della situazione attuale realizzata raccogliendo le informazioni lungo il processo reale. Il CSM viene quindi paragonato ad un'istantanea della supply chain in tempo reale che permette la conoscenza della situazione del sistema produttivo e che, sarà la base per una possibile implementazione di future modifiche.
- Future State Map è la rappresentazione delle future attività definite secondo le proposte migliorative. La definizione di questa mappatura segue diverse linee guida, partendo in primo luogo dalla criticità presenti del CSM.

Il processo analizzato è un processo bidirezionale, in quanto le idee relative allo stato futuro possono emergere analizzando lo stato attuale, ma viceversa definendo lo stato futuro si possono evidenziare aspetti dello stato attuale che non erano stati considerati.

Per concludere l'analisi viene definito un piano di azione, ovvero vengono stabilite le modalità con cui attuare le modifiche. Dalla fase progettuale, si arriva all'attuazione del piano di lavoro che si propone di realizzare fisicamente i cambiamenti programmati nella realtà produttiva.

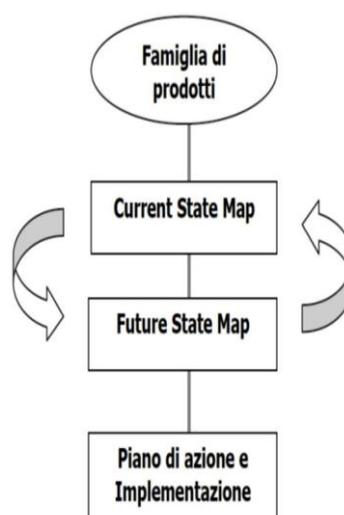


Figura 1.10: Le fasi della mappatura

Ottimizzare la supply chain attraverso l'utilizzo di una Value Stream Mapping offre numerosi vantaggi, che si traducono concretamente nella riduzione degli sprechi e del lead time di attesa del cliente.

Con il VSM è possibile vedere il flusso con più dettagli e informazioni rispetto ad un flow chart standard e a pensare in termini di flusso anziché di singoli processi, distinti uno dall'altro. Questo strumento permette infatti, di visualizzare in contemporanea sia i singoli passaggi che l'intero flusso produttivo, permettendo così di individuare in modo più rapido le cause del problema e le priorità di intervento.

In conclusione la Value Stream Mapping si presta ad essere sia uno strumento di analisi, sia uno strumento di progettazione verso una supply chain integrata e coordinata in ottica lean per garantire valore al cliente.

Capitolo 2

Bosch Rexroth Oil Control

Questo capitolo ha l'obiettivo di mettere in luce l'azienda presso il quale l'elaborato di tesi è stato svolto. L'elaborato è stato, infatti, redatto durante uno stage di sei mesi presso la Bosch Rexroth Oil Control di Nonantola (MO), appartenente al gruppo Bosch. Di seguito viene presentata una breve descrizione della struttura del Gruppo Bosch mettendo in particolare evidenza la divisione Bosch Rexroth Oil Control, presentando la storia, la struttura organizzativa e i prodotti da loro forniti.

2.1 Il gruppo Bosch

La Robert Bosch GmbH è un'azienda multinazionale tedesca, fondata a Stoccarda nel 1886 da Robert Bosch (1861-1942), come "Officina di meccanica di precisione ed elettrotecnica". Il gruppo Bosch non è quotato ed è partecipato al 92% dalla Fondazione Robert Bosch che non ha diritto di voto, al 7% dalla famiglia Bosch (azioni con diritto di voto) e all'1% dalla Robert Bosch GmbH senza diritto di voto. La società fiduciaria Robert Bosch Industrietreuhand KG (Comitato di Direzione) detiene, invece, il 93% dei diritti di voto, ma nessuna quota nel capitale. Questa istituzione rappresenta la volontà del fondatore di operare per il benessere pubblico in coerenza con i tempi e la società moderna.

La Costituzione della Casa Bosch

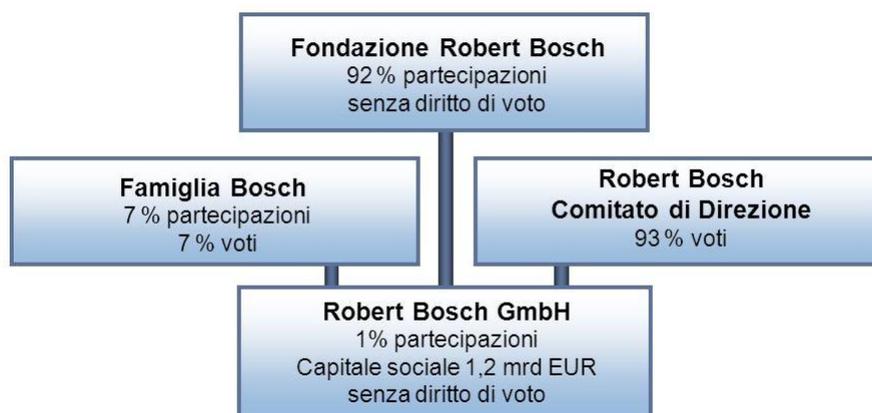


Figura 2.1: Costruzione della casa Bosch

Fonte: <https://slideplayer.it/slide/1010369/>

Bosch distribuisce i suoi prodotti in tutto il mondo ed è attiva nei più disparati settori, come la ricerca e la produzione di tecnologia per autoveicoli, tecnologia industriale, beni di consumo e tecnologie costruttive. Più in dettaglio:

- **Mobility solutions**, è la divisione più grande all'interno del gruppo Bosch. Questo settore di Business si occupa principalmente di sistemi di iniezione per motori a combustione interna, mobilità e soluzioni legate alla propulsione elettrica, sistemi di assistenza alla guida e sicurezza, guida autonoma, tecnologie per informazione e comunicazione fra veicoli e infrastrutture, concept e servizi per l'aftermarket. Nel mobility solutions confluiscono competenze in tre ambiti della mobilità: automazione, elettrificazione e connettività. Il Gruppo Bosch ha, inoltre, portato importanti innovazioni nel settore dell'automotive, tra i quali il sistema elettrico di stabilità EPS, i sistemi antibloccaggio ABS e la tecnologia diesel common rail.
- **Industrial technology**, questo settore include la divisione Drive and Control Technology, specializzata nelle tecnologie di azionamento e controllo e vanta una posizione di leadership a livello mondiale. La divisione Drive and Control Technology offre una gamma completa di servizi ed è coinvolta in progetti internazionali di vasta scala sviluppando soluzioni che facilitano una produzione connessa.

- Consumer goods, questo settore comprende la divisione Power Tools, uno dei fornitori leader a livello mondiale di elettrodomestici, accessori, strumenti di misura e di utensili per il giardinaggio. Questo business comprende anche BSH Hausgeräte GmbH, uno dei produttori leader a livello mondiale di elettrodomestici.
- Energy and Building Technology, la divisione Security Systems offre prodotti e soluzioni innovativi nel campo degli impianti di videosorveglianza, rilevamento anti-intrusione, antincendio e allarme vocale e dei sistemi di controllo degli accessi e di gestione degli edifici. La nuova divisione Bosch Global Service Solutions ha l'obiettivo di espandere l'attività prima inserita nei Security System per includere servizi aziendali esterni. Con la divisione Termotecnica, Bosch è leader in Europa nella produzione di prodotti per il riscaldamento ad alta efficienza energetica e di soluzioni per la produzione di acqua calda.

2.2 Bosch Rexroth

Il Settore Industrial Technology è ben rappresentato dalla controllata Bosch Rexroth, uno dei principali fornitori sul mercato mondiale.

Il gruppo internazionale Bosch Rexroth AG è nato nel maggio del 2001 dalla fusione della divisione di Tecnica di Automazione e Oleodinamica Mobile di Robert Bosch S.p.A., Mannesmann Rexroth AG e Star Mikron S.p.A..

L'azienda offre componenti e soluzioni complete per i sistemi d'azionamento e il controllo del movimento per tutti i settori industriali: dalle presse alle macchine utensili e per la plastica, delle applicazioni per la lavorazione del marmo al food & packaging, printing & paper, automation, handling, movimento terra e macchine da lavoro (dall'oleodinamica e la pneumatica, alla tecnica lineare e di montaggio), ingegneria civile, fino agli azionamenti e ai controlli elettrici.

La strategia di Rexroth, orientata alla fornitura di soluzioni di sistema per specifiche applicazioni, trova compimento nei progetti di Systems & Engineering.

2.2.1 Bosch Rexroth Oil Control

La Bosch Rexroth Oil Control fa parte della divisione Drive Control Compact Hydraulic (DC-CH) ed è uno dei più importanti costruttori nell'ambito dell'idraulica compatta. L'azienda offre valvole idrauliche/oleodinamiche, blocchi di comando integrati e microcentraline.

La Bosch Rexroth Oil Control è presente sia nel settore mobile dove la gamma delle valvole copre tutte le applicazioni possibili, dal movimento terra al sollevamento, sia nel settore industriale grazie alla continua innovazione in campo oleoidraulico con soluzioni compatte ed integrate (compact hydraulics).

Il gruppo in Italia è principalmente presente nell'area di Modena e Reggio Emilia con 8 stabilimenti di produzione, circa 1.400 collaboratori e società distributrici in Europa e negli Stati Uniti.

La struttura organizzativa aziendale è composta dalla sede amministrativa a Nonantola (Modena) dove sono dislocate le Funzioni Direzionali, Tecniche e Amministrative e le Divisioni di Prodotto che sviluppano e realizzano i prodotti. Le più grandi aziende che compongono il gruppo sono: Oil Control con sede a Nonantola (Modena), TARP con sede a Pavullo nel Frignano (Modena), EDI System con sede a Modena, Oil Sistem e Fimma con sede a Reggio Emilia e LC Oleodinamica con sede a Vezzano sul Crostolo (Reggio Emilia).

2.2.2 L'organizzazione aziendale

La Oil Control nasce nel 1969 come Fratelli Storci S.n.c., fondata da Andrea e Orlando Storci, e si occupa di lavorazioni meccaniche per conto terzi. È una delle primissime aziende in Europa ad avviare la produzione delle valvole idrauliche, fino ad allora importate solo dagli Stati Uniti.

Nel 1974 la Oil Control trova nei costruttori di gru i principali clienti. Per tutti gli anni Settanta e per la prima parte degli Ottanta l'azienda si concentra sul mercato italiano acquisendo come clienti le principali case del settore del sollevamento, facendosi largo in un comparto fino a quel momento monopolio di aziende straniere. Nella seconda metà degli anni Ottanta inizia ad aprire filiali all'estero, iniziando dall'Inghilterra, seguita, negli anni successivi, dalle filiali in Germania, Danimarca, Olanda e Francia,

fino ad arrivare con un ufficio di rappresentanza in Cina ed un'importante filiale negli Stati Uniti.

Per essere competitiva sul mercato, nel corso degli anni Oil Control ha ampliato la propria struttura societaria, anche attraverso la creazione di un vero e proprio network, costituito da aziende che si occupano di produrre la componentistica utilizzata dall'azienda per la realizzazione del prodotto finito, e da imprese costruttrici di "prodotti complementari", capaci cioè di fare "sistema" con la casa madre, regalando una gamma più ampia e competitiva.

La grande esperienza accumulata negli anni viene "capitalizzata" nel 1998, quando i soci decidono di dare una struttura più solida al network aziendale, cercando di creare un gruppo. Le azioni vengono così conferite in un'unica società, la Oil Control Group S.p.A., una holding finanziaria senza funzioni operative. Da qui parte un'importante processo di integrazione, che va oltre le interdipendenze di tipo produttivo e commerciale, tra le varie realtà del gruppo. L'azienda, decide di procedere ad alcune importanti acquisizioni come la TARP, la Edi System, la Oil System e la LC Oleodinamica. Nel 2003 Oil Control Group è una realtà consolidata, capace di esprimere competenza e professionalità.



Figura 2.2: I diversi plant appartenenti al gruppo

2.2.3 L'acquisizione

Nel 2003 Oil Control Group S.p.A. , grazie al suo posizionamento strategico nel settore delle valvole a cartuccia, diventa fonte di interesse della Bosch Rexroth, che presenta una richiesta d'acquisizione del gruppo.

Il 21 dicembre del 2004 viene sottoscritto il passaggio del 67,3% delle azioni Oil Control Group S.p.A. nelle mani di Bosch Rexroth. Percentuale destinata a salire, nel

corso degli anni, fino al 100%. Dal 2005 il gruppo ha cambiato il nome in Bosch Rexroth Oil Control S.p.A. come frutto dell'acquisizione. L'acquisizione della maggioranza delle quote della società Oil Control Group è avvenuta con riserva dell'autorizzazione delle Autorità Antitrust.

Dopo il nullaosta delle autorità antitrust, arrivato dopo quattro mesi dalla firma del contratto, si è avviata la procedura di integrazione post-acquisizione. Così tutte le aziende gravitanti nell'orbita Oil Control Group S.p.A. sono convogliate in un'unica entità, la Bosch Rexroth Oil Control S.p.A.; al contempo Oil Control si è dovuta integrare in Bosch Rexroth e in tutte le realtà locali di proprietà del gruppo tedesco.

2.3 I Prodotti



Figura 2.3: I prodotti DC-CH

Fonte: <https://webthesis.biblio.polito.it/9380/1/tesi.pdf>

I value stream dello stabilimento di Nonantola sono rappresentati da quattro categorie di prodotto:

- Valvole a cartuccia meccanica (mCV) e valvole a cartuccia elettrica (eCV), le quali svolgono una funzione singola, diversa per ogni famiglia. Sono di dimensioni ridotte, e vanno inserite a tenuta in corpi individuali o collettivi detti mani fold. Queste valvole vengono principalmente utilizzate per costruire circuiti oleodinamici ad elevato numero di funzioni.



Figura 2.4: Valvole a cartuccia meccanica ed elettrica

Fonte: https://www.hydrover.it/bosch_rexroth_oil_control

- **Parts in Body (PiB):** questi prodotti servono ad assolvere un'unica funzione, ma sono realizzati assemblando più componenti nello stesso corpo. Tali componenti possono essere gli stessi con i quali sono assemblate le valvole a cartuccia, ma anche componenti aggiuntivi, come strozzatori o filtri, per migliorare le prestazioni ottenibili con una semplice valvola. Nonostante il maggiore ingombro rispetto alle mCV ed eCV, questi prodotti richiedono uno sforzo di inserimento nel circuito ridotto, infatti, non necessitano di cavità di alloggiamento, essendo predisposti per l'inserimento diretto in un circuito, con un condotto di entrata ed uno di uscita del fluido.
- **Gruppi Integrati (HIC):** sono pensati per riassumere una serie di funzioni in uno spazio contenuto. Consistono in una serie di valvole alloggiare in un unico blocco, che prevede quindi tutte le cavità necessarie per l'inserimento delle stesse ma anche tutti i condotti di collegamento interni. Le prestazioni dei gruppi integrati sono quindi vincolate a quelle delle valvole al loro interno.

Capitolo 3

Implementazione della Lean Production:

Caso Bosch Rexroth Oil Control

In questo capitolo viene messo a fuoco il lavoro svolto presso lo stabilimento di Nonantola della Bosch Rexroth Oil Control. Nella prima parte del capitolo vengono mostrati gli obiettivi che si intende raggiungere con la nuova soluzione implementata, considerando la situazione in cui si trovava lo stabilimento precedentemente all'avvio del progetto. Nella seconda parte vengono illustrate in dettaglio le attività svolte per arrivare ad ottenere gli obiettivi prestabiliti. In particolare, si inizia con esporre le modifiche fisiche effettuate alla linea presa in esame, definendo i dimensionamenti dei supermarket e le logiche considerate per apportare miglioramenti alla supply chain.

3.1 I prodotti considerati

Il lavoro di tesi è stato sviluppato presso il blocco eCV relativo alla produzione di valvole a cartuccia elettrica.

A partire da aprile 2016 è stata introdotta gradualmente la nuova generazione di valvole a cartuccia elettriche che sta sostituendo man mano i codici attivi. Questo permette alla vasta gamma di valvole on-off di migliorare le prestazioni, permettendo di essere utilizzate in condizioni ambientali e operative difficili.

Le caratteristiche principali di queste valvole sono:

- Presenza di un tubo polare da 16 mm di diametro;
- Presenza di parti idrauliche brevettate con nuovo design concept;
- Presenza di una bobina D36 dalla forma rotonda con diametro di 36 mm;
- Perdita minore di 5 gocce al minuto;
- Temperatura massima ambiente di 90 °C;
- Previsto un ciclo di vita di 2 milioni di cicli;
- Fluttuazioni di tensioni ammissibili elevate.

Le valvole solenoid hanno mantenuto la stessa cavità UNF e cavità speciali ripresto alle versioni precedenti garantendo in questo modo intercambiabilità e conquistando una fetta di mercato più ampia.

L'introduzione della nuova bobina sulle valvole a cartuccia "New Solenoid Concept" consente, grazie alla nuova forma arrotondata, un posizionamento/ rotazione della bobina più semplice rispetto a quanto avveniva con il design quadrato precedente, un'ottimizzazione della configurazione del blocco e un risparmio dei costi.

Il design robusto consente alla valvola dotata di questo sistema a bobina di essere utilizzata in qualsiasi tipo di applicazioni di macchine mobili anche negli ambienti più difficili; infatti, queste bobine superano lo standard IP69K in quanto testate in condizioni difficili di vibrazione e temperatura. Tutto questo fornisce dunque, un funzionamento a lungo termine.

La nuova soluzione viene applicata su valvole di tipo:

- Elettrovalvole a cartuccia pilotate 2 vie 2 posizioni (VEI)
- Elettrovalvole a cartuccia dirette a cassetto 3 vie 2 posizioni, 4 vie 2 posizioni, 4 vie 3 posizioni (VED)
- Doppia chiusura (VEDT)

Per concludere i benefits principali per i consumatori sono:

- Stabilità ottimale durante l'abbassamento;
- Fine control;
- Risparmio energetico;
- Compattezza.



Figura 3.1 : solenoid cartridge valves

Fonte : <https://www.hydrover.it/news?id=55#>

3.2 Obiettivi

Una supply chain efficiente riesce a rendere disponibile al consumatore finale il prodotto desiderato, nella quantità esatta e nel momento in cui tale prodotto viene richiesto. Perché ciò avvenga è necessario che tutti i componenti di questa catena siano tra loro coordinati e non vi sia una distorsione dell'informazione. Una condizione fondamentale per ottenere l'ottimizzazione di tutta la catena è avere ben chiaro la magnitudine di flussi, materiali e informativi, che si estendono lungo la catena.

Il progetto di questa tesi presenta una serie di interventi migliorativi per ottimizzare la supply chain del reparto in esame, mostrando l'implementazione della linea attraverso la logica lean production e l'introduzione di una gestione kanban loop. L'azienda, con l'introduzione della nuova generazione di valvole a cartuccia elettriche, ha ritenuto opportuno rivedere la supply chain del reparto eCV in modo da rendere più fluido il flusso dei materiali e ottenere indici di prestazione migliori rispetto la situazione precedente.

Per sviluppare il progetto lo step iniziale è stato quello di analizzare opportunamente la situazione "as is" (Initial State), cioè prendere coscienza della realtà al momento dell'avvio del progetto. Questa analisi permette di comprendere i flussi, visualizzarli opportunamente e raggiungere una conoscenza approfondita delle dinamiche.

Grazie alle informazioni ottenute tramite questa prima analisi e possedendo una mappatura della situazione iniziale è stato possibile definire gli obiettivi e le eventuali modifiche da attuare alla linea in esame.

Gli obiettivi principali definiti dall'azienda con l'introduzione della logica lean, sono:

- Ottimizzare il delivery time ponendo il target al 95%, che può essere tradotto in una riduzione dei tempi di attesa del cliente;
- Definizione di un lead time pari a 3 settimane, inteso come tempo di attraversamento del processo interno;
- Riduzione delle scorte di materiale, grazie all'ausilio di supermarket situati lungo la filiera produttiva;
- Riduzione della movimentazione del materiale all'interno dello stabilimento, in particolar modo tra il magazzino centrale e la linea in esame.

L'implementazione del nuovo modello ha definito, dunque, un vero e proprio cambiamento nella gestione della linea, sia a livello gestionale che operativo,

necessitando di svolgere un training per gli operatori al fine di renderli partecipi e collaborativi in quanto attori fondamentali per la riuscita del progetto.

Poiché il progetto è stato avviato lavorando già a pieno regime di produzione è stato necessario sviluppare il nuovo flusso gradualmente. Infatti, in primo luogo si è proceduto ad analizzare i codici coinvolti nel processo e i relativi consumi con l'obiettivo di dimensionare i supermarket posti lungo la linea produttiva. Successivamente, dopo l'implementazione fisica di questi magazzini, l'analisi si è focalizzata sulle logiche gestionali da definire per una gestione kanban loop. Quest'ultimo studio è stato frammentato lungo la linea al fine di riuscire a testare, insieme agli operatori e a esperti di funzioni logistiche la validità di questa nuova gestione e i benefici apportati.

3.3 La situazione precedente

Il reparto eCV interno allo stabilimento della Bosch Rexroth Oil Control, come presentato nel paragrafo precedente, si occupa della produzione di valvole a cartuccia elettriche. Tale prodotto è destinato sia alla vendita al dettaglio, ovvero direttamente volto al cliente finale, sia al consumo interno, in quanto utilizzate per la produzione di ulteriori valvole realizzate all'interno dell'azienda.

Il flusso delle valvole eCV all'interno dello stabilimento, prima dell'introduzione del solenoid concept, risultava essere piuttosto complesso e poco automatizzato. Infatti, come si evince dalla Value Stream mapping riportata di seguito, il reparto veniva gestito secondo una logica push, ovvero il ritmo della produzione viene spinto dalle previsioni di vendita. La gestione push consente alle materie prime e ai semilavorati di fluire lungo il ciclo produttivo sulla base delle previsioni dei fabbisogni delle fasi a valle, in modo tale da garantire il tempo di consegna richiesto dal mercato. Tutto ciò determina, dunque, una produzione a scorta.

3.3.1 Il flusso dei materiali

Per capire meglio gli interventi effettuati lungo il processo produttivo, illustrati nei capitoli seguenti, analizziamo più in dettaglio il flusso dei materiali precedente.

Le materie prime vengono richieste ai fornitori al fine di mantenere un livello di magazzino tale da permettere un processo produttivo continuo senza interruzioni a causa di mancato stock. Questi componenti, infatti vengono stoccati nel magazzino centrale dello stabilimento e riordinati al fornitore nel momento in cui il gestionale lo stock risulta minore rispetto al punto di riordino concordato.

La programmazione della produzione viene definita dagli uffici centrali che provvedono ad emettere gli ordini di produzione (ODP), tramite il gestionale da loro utilizzato APACHE.

Gli ordini vengono visualizzati dagli operatori del magazzino che effettuano il picking del materiale necessario. Il materiale viene portato presso la linea eCV tramite il milk run e depositato presso il buffer del montaggio manuale.

I primi componenti ad essere lavorati sono i sottogruppi pilotaggio gli otturatori, contrassegnati dal rettangolo giallo nella Value Stream. Tale materiale una volta lavorato può essere posto in un piccolo supermarket in prossimità della prossima stazione lavorativa oppure rivolto allo stoccaggio in magazzino centrale al fine di determinare una scorta futura.

In seguito gli elementi prodotti vengono prelevati dal supermarket e, insieme agli altri componenti prelevati a magazzino, consegnati in linea dove vengono lavorati presso le linee di montaggio, manuali o automatiche. Successivamente le valvole montate devono essere sottoposte al collaudo al fine di concludere la lavorazione.

Le valvole finite prima di essere stoccate in magazzino in attesa della vendita, vengono inviate al reparto finitura nel quale si procede al completamento delle valvole, ovvero si inseriscono gli elementi necessari all'utilizzo, come filtri, bobine, tappi, e si procede con l'imbustatura.

Una volta ultimata la fase di finitura le valvole vengono immagazzinate presso i magazzini verticali in attesa che venga rilasciata una prebolla che indichi un ordine di prelievo per la spedizione al cliente.

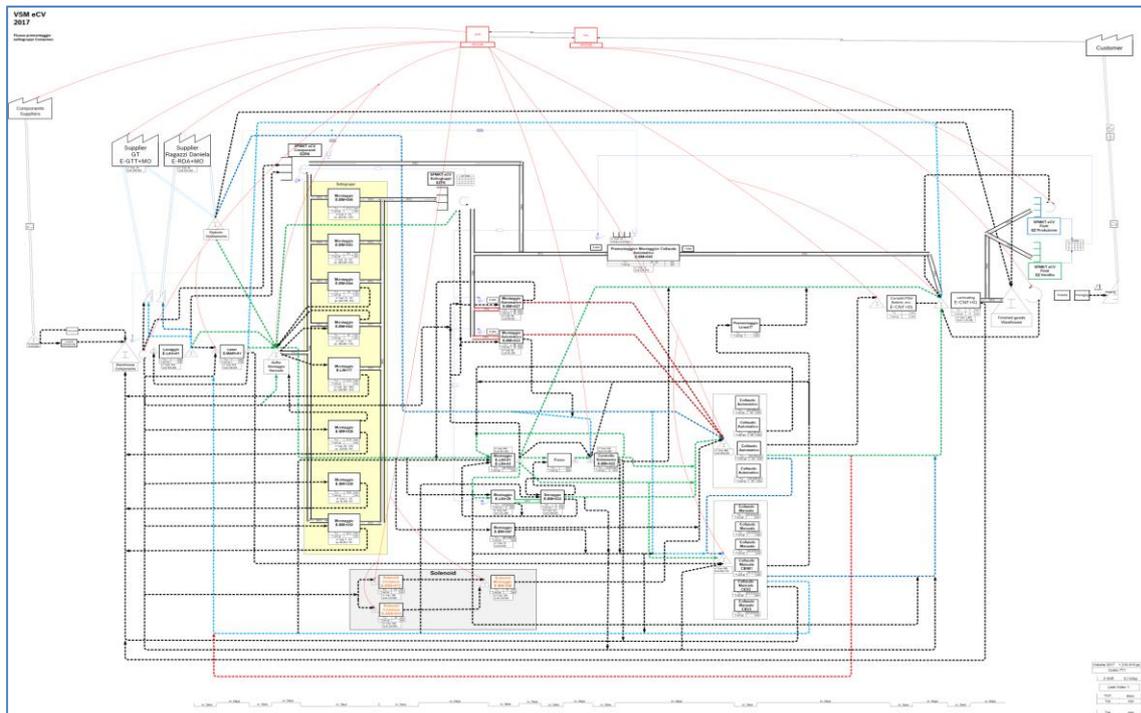


Figura 3.2: Value Stream mapping Bosch Rexroth Oil Control, 2017

3.4 L'implementazione della nuova linea

A partire dal 2019, a seguito dell'introduzione del solenoid concept, l'azienda ha ritenuto opportuno una rivisitazione della linea, implementando un sistema attraverso la logica push. In particolare, come anticipato nei paragrafi precedenti, la linea è stata riprogettata inserendo supermarket lungo la filiera produttiva e il concetto di kanban loop, al fine di creare un flusso più fluido ed eliminare tutte quelle azioni che non vengono considerate a valore aggiunto.

Il layout del reparto è stato riprogettato in modo tale da concentrare tutte le stazioni lavorative e il materiale necessario vicini tra loro. Per esporre in modo più chiaro il flusso che coinvolge il reparto eCV è necessario esplicitare i diversi componenti coinvolti nella produzione di valvole. Infatti, per ottenere una valvola finita i tre principali elementi da tenere in considerazione sono il corpo, il sottogruppo pilotaggio e il sottogruppo spillo che a differenza degli altri elementi deriva dalla lavorazione degli otturatori posti a monte della linea.

Come mostrato in figura 3.3 il flusso inizia a monte con la presenza del supermarket otturatori, nel quale vengono stoccati questi elementi consegnati dal fornitore. Questi componenti vengono prelevati dagli operatori per essere lavorati nella stazione a valle al

fine di ripristinare i pezzi prelevati nel supermarket spilli. Insieme all'introduzione di questi magazzini è stato implementato una gestione kanban loop.

Anche gli altri componenti, ovvero corpi e sottogruppi pilotaggio, vengono stoccati nei supermarket in prossimità delle linee di montaggio in modo tale che il picking effettuato dagli operatori sia immediato per alimentare queste linee.

I componenti alimentano cinque stazioni di montaggio differenti; in particolare si ha la presenza di quattro linee manuali adibite solo al montaggio e una linea automatica, acquistata con l'introduzione delle nuove valvole, e destinata sia al montaggio che al collaudo. L'introduzione di questa macchina non ha permesso la realizzazione di valvole diverse da quelle già prodotte attraverso alcune linee manuali, ma consente di produrne un quantitativo maggiore in tempi minori; perciò si è deciso di destinare a questa stazione i codici di prodotto che prevedono un consumo maggiore da parte dei clienti. Una volta attivata la produzione alcune valvole inizialmente destinate a questa linea sono stata deviate alle altre, siccome in grado di fare grandi quantitativi in tempi ridotti si è stabilito che su questo macchinario vengano prodotti solo lotti di un certo spessore.

Dopo aver effettuato il montaggio e il collaudo, che nel caso delle linee manuali viene effettuato separatamente su uno dei quattro robot disponibili, le valvole ottenute vengono stocate nell'ultimo supermarket implementato. In particolare, in questo magazzino sono presenti valvole identificate da un codice di produzione interna, diverso dal codice finale di vendita, che vengono immagazzinate in attesa di un ordine da parte di un cliente.

L'introduzione di questo supermarket è stato uno dei cambiamenti principali effettuati nel flusso siccome cambia la logica relativa allo stoccaggio della merce. In precedenza dopo aver effettuato il collaudo, le valvole venivano concluse nel reparto finitura prima di essere stocate nel magazzino centrale, per un periodo di tempo indefinito, in attesa della vendita; con la nuova gestione invece, le valvole montate e collaudate vengono posizionate nel supermarket in prossimità della linea di finitura. Il materiale viene prelevato, nel momento in cui viene rilasciato un ordine per il cliente, al fine di effettuare la fase di finitura, ovvero marcatura e imbustatura delle valvole, e prepararle per la spedizione.

Con questa gestione si riduce dunque, lo stock in magazzino di prodotti finiti in quanto si cerca di ultimare le valvole in prossimità della spedizione. È stata definita un'area di passaggio ristretta nella quale il prodotto finito soggiorna per due/tre giorni.

Reparto finitura	Supermarket codici produzione interna	Collaudo automatico (R3)	Collaudo automatico (R4)	Supermarket spilli	Stazione assemblaggio otturatori	Supermarket otturatori
		Collaudo automatico (R2)	Montaggio e collaudo automatico	Supermarket corpi e componenti	Supermarket sottogruppo pilotaggio	
		Collaudo automatico (R1)				
			Montaggio manuale			
			Montaggio manuale			
			Montaggio manuale			
			Montaggio manuale			

Figura 3.3: Layout reparto eCV valvole solenoid

3.5 L'introduzione dei supermarket

Una delle principali novità apportate al reparto è l'introduzione dei supermarket, ovvero particolari magazzini nei quali sono presenti, in quantità stabilite, tutti i prodotti che i processi a valle possono richiedere. All'interno del supermarket ogni elemento ha una precisa posizione, ben evidenziata sul fronte, per permettere agli operatori un prelievo rapido, e sul retro, per agevolare il caricamento da parte degli alimentatori. Ogni codice viene disposto su una corsia dedicata, uno dietro all'altro per due motivi principali:

- Gestione FIFO, ovvero il primo materiale che arriva è il primo ad essere impegnato.
- Per facilitare l'approvvigionamento dei codici mancati.

Il supermarket è lo strumento pull per eccellenza, e sono posizionati nelle immediate vicinanze del processo in modo da alimentarlo in maniera più rapida possibile.

Nel caso in esame sono stati dimensionati tre supermarket a terra lungo la linea produttiva inserendo all'interno codici con un elevato indice di rotazione e che non stazionano più di un certo tempo prestabilito all'interno di esso. Grazie alla creazione di questi magazzini, i codici più utilizzati dalle linee di produzione sono disponibili

immediatamente nelle quantità opportune, ottimizzando lo spazio intorno alle stazioni e favorendo i cambi di produzione. In particolare l'implementazione di questi supermarket prevede la disposizione di alcuni codici a terra lungo binari di lunghezza diversa in grado di contenere un certo numero di dolly (carrelli sul quale vengono stoccati i prodotti) definito per ogni codice. Alcuni codici, il cui consumo è molto ridotto, vengono stoccati invece su scaffali o nel caso del supermarket relativo ai codici di produzione interna all'interno di magazzini verticali.

Ad ogni codice presente a supermarket è stato abbinato un cartellino kanban, nel quale viene riportato oltre al codice e la descrizione, il supermarket di destinazione SPMKT, la quantità da reintegrare, l'ubicazione assegnata all'interno nel supermarket e il tipo di imballo. Inoltre, siccome ad ogni codice possono essere assegnati più kanban in base al dimensionamento, viene indicato il numero totale di kanban e il numero progressivo assegnato. Come si vede in figura 3.4 il kanban utilizzato in Bosch è un kanban elettronico che presenta un codice a barre contenente tutte le informazioni sopra indicate; questo permette dunque che le informazioni possano essere gestite e controllate a livello elettronico.

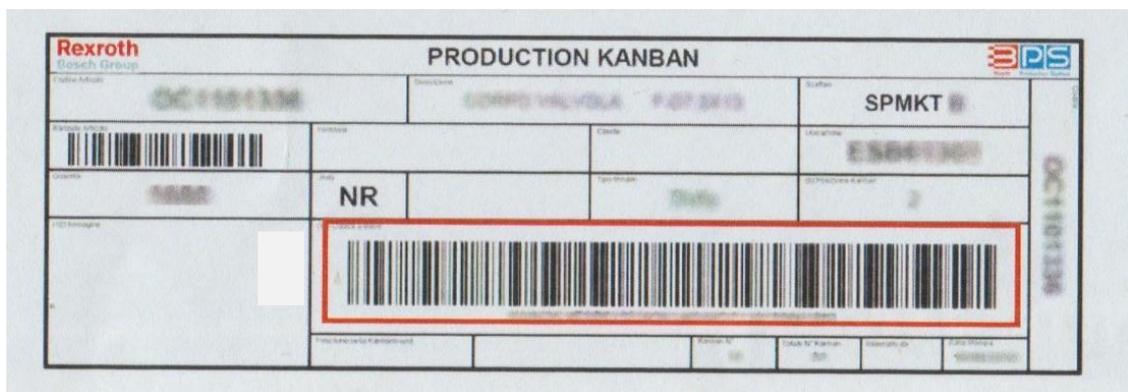


Figura 3.4: Kanban elettronico di produzione utilizzato in Bosch Rexroth Oil Control

Gli operatori incaricati di svolgere il picking accedono al supermarket e prelevano il materiale necessario ad alimentare la stazione a valle. Attraverso un terminale radio frequenza sparano il codice a barre del kanban indicato in modo da scalare la giacenza, oltre che fisicamente, anche a livello gestionale. Una volta terminata la giacenza associata al kanban, viene effettuata una richiesta di ripristino, che in base al supermarket in cui il codice viene stoccato può essere una richiesta di produzione o di prelievo.

3.5.1 Procedura per la creazione del supermarket

Per la creazione di un supermarket è indispensabile raccogliere alcune informazioni fondamentali quali:

- Codice da inserire a supermarket;
- Quantità da tenere a supermarket;
- Spazio disponibile in linea;
- Tipo di confezionamento del materiale.

Per la raccolta di queste informazioni è necessario ricorrere alla consultazione dei sistemi gestionali utilizzati in azienda.

In primo luogo è stato necessario risalire alla lista dei codici attivi, ovvero valvole finite vendibili sul mercato. Una volta ottenuti tutti i codici delle valvole finite, si è proceduto con l'esplosione della distinta base al fine di ottenere i codici di produzione interna ad essi associati. Come presentato nei paragrafi precedenti, i codici di produzione interna sono relativi a valvole montante e collaudate, stoccate nel supermarket finale in attesa della fase di finitura, nel quale le valvole transitano solo dopo aver ricevuto un ordine cliente. Per questo motivo lo stesso codice di produzione interna può essere associato a diversi codici di valvole finite, in quanto si differenziano per la fase di finitura.

Ricavando le previsioni di vendita effettuate nel maggio 2019 è stato possibile definire per ogni codice finale il volume di vendita annuale e di conseguenza i volumi dei codici di produzione interna, sommando i volumi di tutte le valvole finite che quel singolo codice realizza.

Per effettuare il vero e proprio dimensionamento dei codici è stato necessario definire:

- Il tempo di copertura che si vuole avere per i codici a supermarket;
- La media dei volumi tenendo conto del tempo di copertura;
- Il tipo di blister contenente gli elementi;
- Il numero di blister contenuti all'interno della scatole, dette klt.

Le valvole e i componenti vengono, infatti contenuti all'interno di blister, che in base al tipo di elemento da accogliere varia il numero di pezzi consentiti. Questi blister a loro volta vengono contenuti in klt. Questi sono contenitori per carichi leggeri che permettono al materiale di essere stoccato e trasportato in conformità con la norma VDA. Le klt a loro volta, nel caso in cui il dimensionamento sotto illustrato, richieda un numero elevato di queste cassetine, vengono poste su dolly, ovvero carrelli

composti da 4 ruote ideali per lo spostamento interno delle merce posta all'interno delle klt.

In base alla tipologia di klt, i dolly possono contenere al massimo 12 o 14 contenitori tenendo conto delle norme sulla sicurezza.

In base ai dati ricavati è possibile definire il numero di componenti, di klt ed eventuali dolly per ogni codice che deve essere stoccato a supermarket.

Il primo calcolo da svolgere per dimensionare il supermarket è definire il numero totale di klt per ogni codice attraverso il seguente calcolo:

$$N^{\circ} KLT = \frac{VOLUMI\ MEDI\ 3\ WEEK}{PEZZI\ PER\ KLT}$$

Attraverso il seguente calcolo è possibile determinare quali sono i codici che richiedono maggiore spazio all'interno del supermarket.

Come si può notare dalla formula tutti i supermarket implementati prevedono lo stoccaggio degli elementi in modo tale da avere un tempo di copertura pari a 3 settimane, per questo nel dimensionamento viene preso come riferimento il volume medio relativo a 3 settimane.

Ricordiamo che per attuare un sistema kanban loop è necessario la presenza di almeno 2 klt per codice, perciò se il n° klt dovesse risultare pari a 1, questo dovrà essere maggiorato di un'unità, andando a definire un tempo di copertura leggermente maggiore.

Una volta determinato il numero di klt per ogni codice, è stato necessario capire quali codici erano destinati a terra, ovvero sui dolly, o a scaffale, nel caso in cui le klt fossero un numero ridotto. Come anticipato ogni dolly può contenere al massimo 12/14 klt in base al supermarket analizzato, perciò tutti i codici che presentavano un numero di klt maggiore o uguale a 24/28 sono stati dimensionati a terra.

Il numero di dolly da collocare a terra è definito come:

$$DOLLY = \frac{N^{\circ} KLT\ TOTALI}{N^{\circ} MAX\ DI\ KLT\ PER\ DOLLY}$$

Determinato il dimensionamento dei codici è necessario definire il numero di kanban da gestire. In particolare il numero di questi cartellini varia a seconda di dove sono collocati i codici a supermarket, ovvero a terra o a scaffale:

- Per i codici a scaffale, siccome il numero di klt da gestire è minore di 22, la decisione presa dall'azienda è quella di creare un kanban per ogni cassetta e la quantità di ognuna di questi cartellini è pari al numero di pezzi che ogni klt riesce a contenere, perciò:

$$N^{\circ} \text{ kanban} = N^{\circ} \text{ KLT}$$

$$\text{Quantità kanban} = \text{Pezzi per klt}$$

- Per i codici a terra, siccome il numero di klt di ognuno di questi risulta molto elevato, la decisione presa è di creare un kanban per ogni dolly, contenente 12/14 klt. In questo caso il numero di kanban è dunque pari al numero di dolly per ogni codice e la quantità è definita come prodotto del numero di klt posti sul dolly per il numero di pezzi per klt:

$$N^{\circ} \text{ kanban} = N^{\circ} \text{ dolly}$$

$$\text{Quantità kanban} = N^{\circ} \text{ klt per dolly} * \text{Pezzi per klt}$$

Definiti tutti i calcoli svolti per dimensionare i supermarket andiamo ora ad analizzare più in dettaglio i tre magazzini, in modo da mettere in luce oltre i calcoli effettuati anche le logiche implementate.

Supermarket C

Il supermarket C è il magazzino finale, ovvero quello nel quale vengono stoccati i codici di produzione interna ed è formato da un supermarket a terra e da magazzini verticali. È situato tra le linee di collaudo e la linea di finitura, ed è il più grande tra i tre supermarket implementati.

Questo supermarket è stato inizialmente dimensionato, attraverso i calcoli sopra illustrati, considerando che tutti i codici, circa 326, venissero gestiti attraverso un sistema a kanban; l'unica divisione presentata era tra i codici a terra e quelli a scaffale. In particolare i codici a terra sono stati definiti high runner, in quanto la loro richiesta è molto elevata, e i codici a scaffale low runner, ovvero valvole con una richiesta medio bassa.

L'implementazione fisica di questo supermarket è stata fatta in maniera graduale. Inizialmente infatti, si è creato lo spazio a terra, tramite il posizionamento dei binari, solo per 13 codici, ovvero le valvole high runner montate e collaudate sulla linea automatica. Questa scelta è stata determinata da due fattori:

- Lo spazio adibito a questo supermarket, nel momento dell'avvio di questa nuova produzione, non era ancora del tutto disponibile, in quanto lo spazio richiesto è piuttosto esteso.
- La realizzazione delle valvole associate ai codici di produzione interna determinata un vero e proprio cambiamento a livello gestionale in quanto prevede l'introduzione dei kanban elettronici. Si è dunque ritenuto opportuno testare il nuovo sistema su un numero ridotto di codici.

Le valvole in base alla cavità possono essere posti su due tipi di blister, ovvero da 5 elementi o da 10 elementi, perciò in base al tipo di blister ogni klt potrà contenere:

- 5 blister nel caso in cui questi contengano 10 valvole. Ogni klt arriva a contenere un totale di 50 valvole;
- 6 blister nel caso in cui possano contenere sono 5 valvole. In questo caso ogni klt comprende un totale di 30 valvole.

Il numero di blister all'interno delle klt è stato definito cercando di standardizzare più possibile tutti i codici e tenendo conto oltre dei vincoli di spazio anche le norme di sicurezza relative al sollevamento dei pesi.

Infine ogni dolly può contenere 12 klt.

Il primo layout implementato, come vediamo in figura 3.5 viene rappresentato graficamente attraverso dei quadrati ognuno dei quali rappresenta un dolly ed ogni riga indica un codice. Come già anticipato vengono attivati solo i codici relativi alla linea automatica perciò il dimensionamento è molto standard in termini di quantità kanban variando invece, il numero di kanban per ogni codice.

Codice di produzione	N° pezzi per blister	N° blister per klt	Quantità per klt	Quantità totale kanban	N° di kanban	Totale quantità a supermarket
Codice 1	10	5	50	600	23	13800
Codice 2	10	5	50	600	17	10200
Codice 3	10	5	50	600	9	5400

Dopo aver effettuato montaggio e collaudo, gli operatori incaricati della produzione, depositano i dolly in prossimità del supermarket C dove gli operatori del picking sono incaricati di mapparli a magazzini tramite il kanban assegnato.

Di seguito alla prima implementazione, si è proceduto con l'attivazione di 20 codici high runner relativi ad una delle linee manuali. Per i codici di queste linee il flusso risulta più complesso, in quanto a causa dello spazio disponibile nel supermarket componenti, non tutti questi si riescono a posizionare lungo la linea. Inizialmente sarà necessario un passaggio intermedio con il magazzino centrale, nel quale questi materiali sono stoccati.

Queste valvole, a differenza di quelle presentate prima, possono avere cavità diverse, perciò notiamo nella tabella seguente che le quantità del kanban non sono più solamente da 600 pezzi ma si ha l'introduzione anche di kanban da 360 pezzi. In ogni caso, ricordiamo che il numero di klt presenti su ogni dolly è pari a 12.

Codice di produzione	N° pezzi per blister	N° blister per klt	Quantità per klt	Quantità totale kanban	N° di kanban	Totale quantità a supermarket
Codice 14	10	5	50	600	5	3000
Codice 15	5	6	30	360	5	1800
Codice 16	10	5	50	600	3	1800
Codice 17	5	6	30	360	3	1080
Codice 18	5	6	30	360	3	1080
Codice 19	5	6	30	360	3	1080
Codice 20	10	5	50	600	3	1080
Codice 21	10	5	50	600	2	1200
Codice 22	10	5	50	600	2	1200
Codice 23	10	5	50	600	2	1200
Codice 24	10	5	50	600	2	1200
Codice 25	10	5	50	600	2	1200
Codice 26	10	5	50	600	2	1200
Codice 27	10	5	50	600	2	1200
Codice 28	10	5	50	600	2	1200
Codice 29	5	6	30	360	2	720

Codice 30	5	6	30	360	2	720
Codice 31	5	6	30	360	2	720
Codice 32	10	5	50	600	2	1200
Codice 33	10	5	50	600	2	1200

Tabella 3.2 : dimensionamento primi 20 codici relativi alle linee manuali

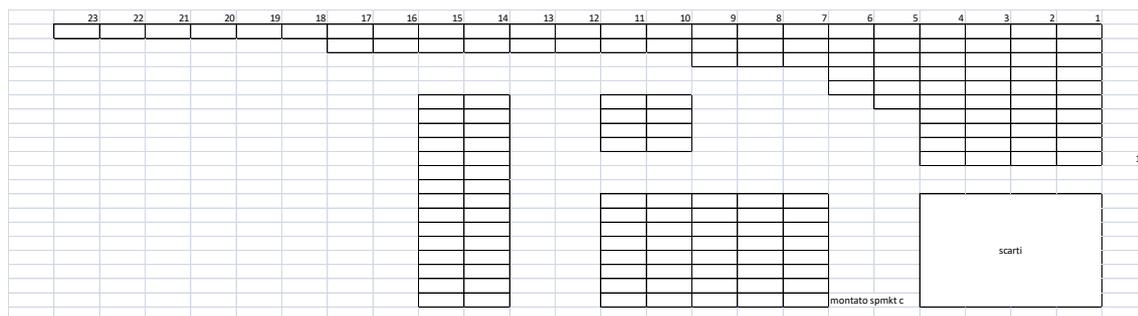


Figura 3.6 : Secondo layout implementato nel supermarket C

Prima di procedere con l'attivazione di tutti i codici da inserire a supermarket, è stato ridefinito il dimensionamento. Infatti, analizzando più in dettaglio tutti i codici si è notato che alcuni di questi presentano un andamento poco costante difficile da gestire attraverso un sistema a kanban.

Si è proceduto dunque a ricavare per ogni codice i fabbisogni realmente soddisfatti nell'anno in corso in modo tale da confrontare il volume di vendita che si era determinato in base alle previsioni di vendita. Effettuando un dimensionamento nel quale si prendono come input i fabbisogni mensili di ogni codice si è notato che il numero di valvole da stoccare a supermarket risulta diverso da quello determinato in partenza.

In particolare, dopo accurate analisi si è scelto di gestire i codici secondo diverse modalità:

- I codici high runner, ovvero i codici con un elevato consumo, sono gestiti a terra attraverso la creazione di binari per ogni codice. I codici gestiti in questo modo sono 42, ovvero 9 in più rispetto a quelli già presentati precedentemente in quanto rappresentano quelli lavorati sulle linee manuali non ancora attivate. Per tutti questi 42 codici si è deciso di mantenere il dimensionamento fatto sulle previsioni di vendita, in quanto essendo high runner risulta leggermente

maggiore e quindi in grado di affrontare anche periodi con maggiore richiesta. Il volume complessivo di questi codici risulta pari a 102600 valvole.

Per tutte queste valvole viene prevista una gestione kanban loop, nel quale ogni dolly rappresenta un kanban.

In figura 3.7 possiamo vedere il layout a terra definitivo comprendente tutti i codici high runner.

- I codici low runner, ovvero quei codici il cui consumo è ridotto, rispetto ai precedenti, ma sufficientemente grande da richiedere almeno 2 klt per coprire il fabbisogno di 3 settimane e il cui consumo risulta regolare da parte del cliente.

La differenza sostanziale dal caso precedente è la locazione nel quale questi codici vengono stoccati; infatti, siccome il numero di klt risulta ridotto per poterli immagazzinare su dolly, questi vengono posti all'interno di un magazzino verticale situato in prossimità del supermarket a terra. Tali magazzini sono formati da diversi ripiani ognuno dei quali può contenere 12 klt. Queste valvole vengono gestite attraverso il kanban loop, come nel caso degli high runner, con la differenza che il dimensionamento è stato definito prendendo in considerazione i fabbisogni realmente avuti nell'anno in corso, in quanto i valori discostavano leggermente da quello effettuato considerando le previsioni di vendita. Inoltre, i kanban in questo caso fanno riferimento alle singole cassetine.

Tramite questa analisi si è arrivati a determinare 64 codici da gestire presentando un volume totale di 8980 valvole.

- I codici gestiti a ordine puntuali; dall'analisi dei fabbisogni si è riscontrato che per alcuni codici di produzione interna, inizialmente ritenuti low runner, sia difficile una gestione a kanban a causa dei loro consumi poco regolari. Infatti, ridimensionando il supermarket si è notato che molti codici presentano delle vendite stagionali, ovvero consumi molto bassi, quasi nulli, per la maggior parte dell'anno, con picchi molto elevati in determinati momenti.

Dopo un'analisi approfondita di tutti questi codici si è ritenuto opportuno riconsiderare la gestione a kanban, in quanto lo stoccaggio fisso di queste valvole in attesa di un ordine da parte del cliente risulterebbe poco appropriato: in primo luogo l'indice di rotazione di questi kanban risulterebbe molto basso, determinando d'altra parte un tempo di copertura eccessivo; inoltre con un

dimensionamento medio non si è in grado di riuscire a coprire i picchi di vendita che si presentano con una certa stagionalità.

Per tutte queste ragioni si è deciso di gestire questi codici attraverso la logica degli ordini puntuali senza l'ausilio di uno stock. Nel momento in cui arriva una richiesta da parte del cliente, verrà emesso un ordine per una quantità leggermente superiore rispetto a quella ordinata al fine di fronteggiare gli scarti derivanti dalla produzione. Una volta prodotte le valvole queste verranno stoccate all'interno di un secondo magazzino verticale in attesa della data di consegna.

È stato dunque previsto un magazzino verticale dedicato a questi 110 codici, siccome:

- L'ordine viene rilasciato con un certo anticipo rispetto la data di consegna, perciò è necessario avere lo spazio sufficiente per stoccare queste valvole;
- L'ordine di produzione prevede un quantitativo maggiore rispetto a quello richiesto dal cliente, perciò si avranno sempre valvole in eccesso che dovranno essere immagazzinate in attesa di un nuovo ordine.

Per dimensionare questo magazzino verticale si è considerato per ogni codice il fabbisogno mensile, calcolando successivamente il fabbisogno medio di ogni mese in modo tale da ottenere un'indicazione su quante valvole mensilmente si dovrebbero stoccare. Da questa analisi si è arrivati a definire che in media si parla di 100 klt che transitano mensilmente, occupando dunque diversi piani del magazzino.

- I codici senza previsione; dall'analisi dei codici sono stati ricavate diverse tipologie di valvole già attive ma ancora prive di previsioni o consumi effettivi. Siccome questi codici sono però attivi è necessario garantire un'area in cui possano essere stoccati nel momento in cui i consumi inizieranno. Per tali ragioni si è deciso di dedicare a questi una parte del magazzino verticale nel quale vengono posti i codici gestiti ad ordine puntuale. Ad oggi i codici di questo tipo risultano essere 110.

Tipologia	Numero di codici	Volumi
Codici high runner	42	102600
Codici low runner	64	8980

Ordini puntuali	110	
Codici senza previsione	110	

Tabella 3.3 : Riassunto codici a supermarket C

Finora abbiamo parlato del dimensionamento relativo ai codici solenoid, ovvero le nuove valvole in produzione, ma come detto anche in precedenza la produzione delle valvole definite no solenoid non cessa, perciò è necessario tener conto anche di queste. L'azienda ha deciso che tutto ciò che riguarda il mondo eCV finito non sarebbe più transitato dal magazzino centrale.

Per tale motivo il supermarket C, oltre a contenere quanto sopra presentato, prevede anche un terzo magazzino verticale nel quale vengono stoccate le valvole no solenoid.

Per determinare quanti piani fossero necessari a queste valvole si è preso in considerazione una fotografia relativa a 4 giorni di questi magazzini. Per ogni prodotto finito si è calcolata la giacenza totale nei 4 giorni, dividendo successivamente le valvole in base alla quantità totale:

- Quantità ≤ 10 , si è supposto che le valvole possano essere stoccate in klt più piccole rispetto a quelle utilizzate per le valvole solenoid. In questo modo si ha dunque la possibilità di stoccare un numero maggiore di klt all'interno di un singolo ripiano.
- Quantità > 10 , in questo caso per determinare il numero di piani necessari, la somma di tutti i codici soddisfanti tale criterio viene suddivisa per 30, considerando che in media ogni klt contenga 30 pezzi. A sua volta il valore ottenuto viene suddiviso per 12, ovvero il numero di klt per piano.

Effettuando questa analisi si è determinato che per poter immagazzinare tutte le valvole no solenoid è necessario un magazzino verticale.

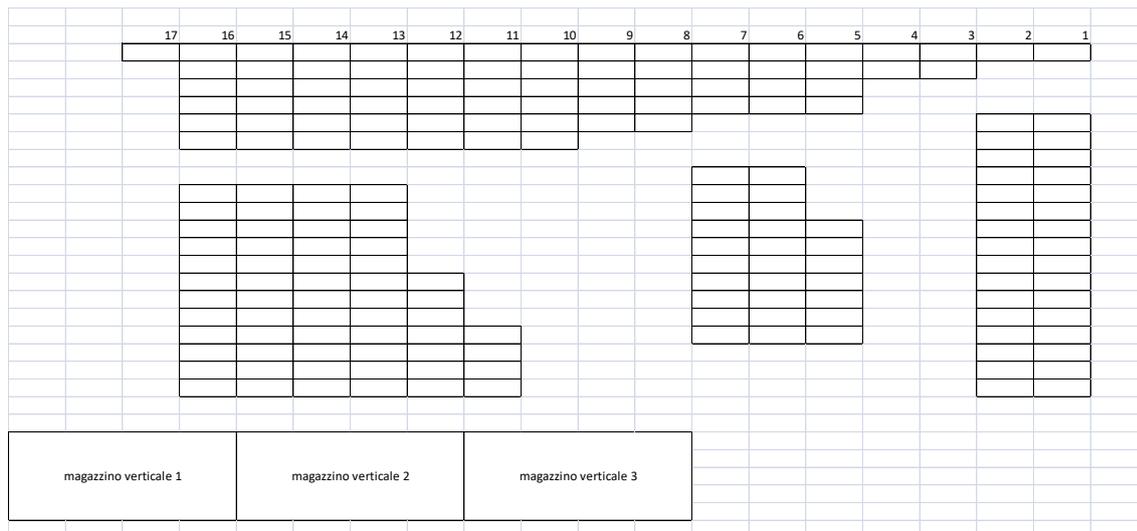


Figura 3.7 : layout definitivo supermarket C

Supermarket B

Il supermarket B viene definito come supermarket dei componenti, in quanto contiene al suo interno il materiale necessario per la lavorazione delle valvole finite. In particolare, rientrano in questo magazzino il sottogruppo spilli e i sottogruppi pilotaggio ed è situato in prossimità delle linee di montaggio.

Il dimensionamento di questi elementi si è ottenuto partendo dal dimensionamento del supermarket C. Infatti, una volta definito i volumi da considerare per i codici di produzione interna si è proceduto dal esplodere la distinta base al fine di ottenere i componenti che vanno a formare le varie valvole. Definiti tutti i componenti, attraverso tabelle pivot, si è determinato per ogni elemento il volume totale richiesto per produrre tutte le valvole in cui questo componente risulta essere presente.

Gli spilli e i sottogruppi pilotaggio vengono considerati all'interno dello stesso magazzino in quanto entrambi sono componenti che derivano da una lavorazione interna.

Analizziamo ora in dettaglio il dimensionamento dei componenti:

- Sottogruppo spilli

Il sottogruppo spilli sono componenti di piccole dimensioni che vengono inseriti all'interno delle valvole finite.

In particolare questi elementi derivano dalla lavorazione degli otturatori, stoccati all'interno del supermarket A, tramite la stazione di assemblaggio per gli otturatori.

Questo supermarket è composto da 13 codici suddivisi anch'essi in codici a terra e codici a scaffale. Come per i codici di produzione interna anche questo dimensionamento è stato definito cercando di standardizzare i contenitori nel quale i componenti vengono stoccati, ovvero le klt e il numero di blister contenuti all'interno delle cassetine che è stato definito pari a 3. I blister in grado di contenere questi elementi sono tutti della stessa dimensione ma possono variare il numero di spilli contenuti a seconda della taglia del particolare considerato; i 3 blister utilizzati possono contenere rispettivamente 60, 80 o 120 sottogruppi spilli.

A differenza del supermarket C, in questo ogni dolly può contenere 14 klt e non si ha la presenza di magazzini verticali ma scaffali con piani a rulliera. Lo scaffale è formato da 4 piani ognuno contenente 3 file di klt. Ogni fila a sua volta può contenere 3 cassetine in profondità.

Il primo dimensionamento effettuato in corrispondenza del primo dimensionamento del supermarket C era stato definito considerando un kanban per ogni klt indipendentemente da dove fosse allocato quel codice, ovvero a terra o scaffale, in quanto i primi kanban implementati non erano ancora elettronici.

Una volta terminato il kanban è necessario emettere un ordine di produzione in modo tale che il lotto venga ripristinato, perciò con la prima implementazione nel caso in cui finisse un kanban relativo ad un codice stoccato a scaffale, veniva posto in una slitta in attesa di essere ripristinato. Nel caso in cui, invece il kanban fosse associato a una klt relativa ad un codice stoccato su dolly, nel momento in cui le klt venivano concluse, il kanban veniva posto in una lavagna di formazione lotto in attesa che le altre cassetine presenti su quel dolly fossero concluse. Una volta arrivati alla formazione lotto, ovvero nella maggior parte dei casi 14 klt, i kanban venivano posti sulla slitta in attesa di essere emesso un ordine di produzione al fine di ripristinarli.

Successivamente con l'attivazione dei primi codici di produzione interna, il supermarket sottogruppo spillo è stato ridefinito da un punto di vista logistico. Il dimensionamento dei vari codici non è stato particolarmente modificato, ma si è introdotto l'utilizzo del kanban elettronico. Per tale ragione si è ritenuto opportuno rivedere l'associazione del kanban alle varie cassette, perciò dopo aver valutato le possibilità si è deciso di utilizzare la logica del supermarket C.

Per i codici posizionati a terra il kanban è pari al dolly interno, per i codici a scaffale il kanban è relativo alla singola klt. Con questa nuova suddivisione una volta terminato un dolly, il kanban verrà posizionato nella slitta in attesa che la macchina si liberi e utilizzato per creare un ordine di produzione, vedremo nei paragrafi successivi il flusso informatico. È stata dunque eliminato il passaggio attraverso la formazione lotto.

Di seguito il dimensionamento di tutti i 13 codici. È da precisare che il codice 7, il codice 11 e il codice 12 sono stoccati a terra ma la dimensione del kanban risulta essere inferiore rispetto alle altre in quanto su ogni dolly vengono posizionate solo 6 klt. Questa scelta è stata definita in quanto il dimensionamento ottenuto per questi spilli era troppo elevato da stoccare a scaffale ma anche eccessivo da inserire due 2 dolly da 14 klt.

Codice	N° pezzi per blister	Quantità per klt	N° di kanban	Tipo Contenitore	Quantità totale kanban	Totale quantità a supermarket
Codice 1	120	360	4	Dolly	5040	20160
Codice 2	120	360	5	Dolly	5040	25200
Codice 3	120	360	3	Klt	360	1080
Codice 4	120	360	3	Dolly	5040	15120
Codice 5	80	240	3	Dolly	3360	10080
Codice 6	80	240	6	Klt	240	1440
Codice 7	80	240	2	Dolly	1440	2880
Codice 8	80	240	2	Dolly	3360	6720
Codice 9	60	180	2	Dolly	2520	5040
Codice 10	60	180	6	Klt	180	1080
Codice 11	60	180	2	Dolly	1080	2160
Codice 12	60	180	2	Dolly	1080	2160
Codice 13	120	360	3	Klt	360	1080

Tabella 3.4: Dimensionamento supermarket sottogruppo spilli

Dall'ultima analisi svolta su questo supermarket sono emersi tre nuovi codici da inserire in quanto prevedono un consumo per l'anno successivo. Dalle prime analisi sono codici con volume molto basso perciò verranno toccati a scaffale.

- Sottogruppo Pilotaggio

Il sottogruppo pilotaggio è un altro dei componenti fondamentali per la realizzazione delle valvole finite.

Come anche per il sottogruppo spillo questi componenti non rappresentano materie prime ma derivano da una lavorazione precedente e a differenza degli spilli che prevedono una lavorazione interna, per il sottogruppo pilotaggio l'azienda ha deciso di ricorrere ad una esterna.

L'idea ancora in fase di implementazione, da come si evince anche nella value stream presentata nei paragrafi successivi, è che le materie prime vengono consegnate all'azienda esterna nel quale viene implementato un loro supermarket, il sottogruppo pilotaggio viene lavorato e poi stoccato in un secondo supermarket dimensionato in base al dimensionamento effettuato in Bosch, in attesa che venga richiesto materiale da parte del supermarket B. In azienda viene dunque stoccato il materiale già lavorato. Bosch inoltre, si occuperà di fornire i contenitori richiesti.

Il supermarket relativo al sottogruppo pilotaggio è uno dei pochi nel quale ancora non sono stati applicati i kanban in quanto la logica utilizzata per questi cartellini richiede anche l'implementazione del supermarket presso l'azienda esterna. Infatti una volta terminato un dolly il kanban viene sparato in modo da richiedere un ripristino del materiale presso il supermarket dell'azienda esterna. Per tali ragioni questi componenti vengono stoccati in prossimità del supermarket B ma a livello gestionale vengono definiti immagazzinati in un'area denominata AREA 600, al fine di distinguere le due gestioni. Ad oggi questi codici vengono consegnati ogni giorno in una quantità stabilita in modo da soddisfare la richiesta.

I codici da inserire a supermarket sono 36 ma a causa della mancanza di spazio nell'area dedicata, ad oggi sono stati implementati fisicamente, lungo i binari a terra, solo una decina di codici.

Il dimensionamento, anche in questo caso, è stato sviluppato cercando di standardizzare il più possibile tutti i contenitori utilizzati; in particolare si è definito che ogni klt possa contenere 4 blister, ognuno dei quali a sua volta

contiene 20 pilotaggi determinando un volume totale delle klt pari a 80 pilotaggi. Come anche per gli spilli ogni dolly contiene 14 klt.

Il volume totale occupato da questi codici risulta essere pari a 90880.

Supermarket A

Il supermarket A rappresenta il supermarket che si trova a monte dell'intera linea analizzata, ovvero in prossimità dei fornitori.

Gli elementi che vengono stoccati presso questo supermarket sono gli otturatori e i corpi, ovvero materie prime che arrivano direttamente dal fornitore.

Anche per questo supermarket il dimensionamento viene effettuato considerando il dimensionamento definito per i codici di produzione interna per quanto riguarda i corpi ma anche il dimensionamento del sottogruppo spillo per quanto riguarda gli otturatori.

In particolare:

- Corpi

I corpi insieme ai componenti presentati nel supermarket B sono i principali elementi che compongono le valvole; questi però vengono implementati all'interno del supermarket A in quanto a differenza degli altri 2 componenti, nel momento in cui un lotto finisce, viene emesso un ordine di prelievo e non un ordine di produzione.

I corpi arrivano da un fornitore esterno all'accettazione e vengono stoccati presso il magazzino centrale. Nel reparto eCV a loro volta è stato implementato un supermarket a terra dedicato a questi codici. Gli operatori incaricati del picking prelevano questo componente per alimentare le linee; una volta terminato un dolly, il kanban viene staccato dal contenitore e depositato in un punto di raccolta. Qui le cartoline vengono prelevate dal milk run e consegnate in magazzino dove i corpi vengono prelevati e riportati al supermarket con il relativo kanban.

Ad oggi i codici implementati fisicamente in linea sono 4, ovvero i cosiddetti high runner, a causa della mancanza di spazio, ma si prevede, con lo spostamento di alcuni macchinari, di riuscire a posizionare tutti i codici, ovvero 25 tipologie.

Questo supermarket è stato implementato considerando i volumi dei codici di produzione interna.

I corpi finora implementati vengono posizionati tutti su dolly, ognuno dei quali contiene 14 klt. Ogni klt contiene al suo interno 1 o massimo 2 blister, in quanto i corpi considerati sono componenti di dimensioni maggiori rispetto agli altri elementi perciò i contenitori riescono ad immagazzinarne un numero minore.

Inizialmente, i primi kanban stampati prevedevano un dimensionamento minore rispetto a quello calcolato. Il materiale infatti, veniva stoccato all'interno del magazzino centrale in contenitori a bocca di lupo, ovvero l'imballaggio con il quale arrivava dai fornitori. Queste cassette permettono di contenere un numero di blister maggiore rispetto alla capienza delle klt ma d'altra parte il numero di bocche di lupo su un dolly risulta molto minore, si tratta infatti di 5 contenitori. Il materiale veniva richiesto da parte del supermarket tramite un kanban dimensionato in base alle quantità contenute nelle klt. Questo provocava diverse problematiche a livello di picking in magazzino centrale in quanto gli operatori si trovavano a dover travasare i componenti dai contenitori a bocca di lupo alle klt determinando una perdita di tempo enorme.

Per tali ragioni in principio la quantità associata al kanban era stata dimensionata in base alla capacità della cassa a bocca di lupo.

Successivamente, il dimensionamento è stato riportato a quello stabilito considerando le klt in quanto si è provveduto a prendere accordi con i fornitori in modo tale da ricevere i componenti secondo quanto stabilito come standard per il supermarket.

Codice di produzione	N° pezzi per blister	N° blister per klt	Quantità per klt	Quantità totale kanban	N° di kanban	Totale quantità a supermarket
Codice 1	60	2	120	1680	26	43680
Codice 2	60	2	120	1680	8	13440
Codice 3	30	1	30	420	10	4200
Codice 4	20	1	20	280	11	3080

Tabella 3.5: dimensionamento ad oggi dei corpi implementati fisicamente a supermarket

- Otturatori

Gli otturatori sono materie prime che vengono stoccate all'interno del supermarket A. In particolare questi elementi, a differenza degli altri presentati fin ora, non vengono utilizzati direttamente per la produzione delle valvole finite ma per la lavorazione del sottogruppo spillo.

Il dimensionamento di questi componenti viene dunque determinato in base al dimensionamento effettuato per i sottogruppi spilli. Una volta calcolato il supermarket a monte del processo, per ogni spillo si è ricavato il componente "figlio", ovvero l'otturatore che lo compone. Un tipo di otturatore può creare più codici di spilli, perciò per determinare il numero di otturatori da posizionare a supermarket sono stati sommati i volumi di tutti gli spilli associati ad ogni codice.

Come per gli spilli, anche questi componenti presentano 3 tipi di taglia, perciò i blister possono contenere 60, 80 o 120 otturatori. Il dimensionamento attuale prevede la presenza di 10 codici suddivisi tra codici a terra e codici a scaffale. Anche in questo caso vengono utilizzati scaffali con rulliere a causa dello spazio ridotto.

Quando un kanban relativo al sottogruppo spillo viene posto nella slitta, l'operatore addetto alla stazione di assemblaggio otturatori, crea un ordine di produzione e effettua il picking dal supermarket otturatori.

La prima implementazione prevedeva la gestione di questi otturatori tramite kanban di prelievo. Il flusso pensato era molto simile a quello definito per i corpi, ovvero una volta terminato il dolly, il cartellino veniva staccato e depositato in punto di raccolta. Dopo averlo portato in magazzino centrale, gli otturatori venivano prelevati e consegnati a supermarket.

Dopo diverse analisi si è ritenuto più opportuno modificare la gestione pensata, andando ad eliminare l'utilizzo dei kanban.

Gli otturatori infatti, non prevedono un livello di scorte elevate all'interno del magazzino centrale, perciò si è considerato di eliminare questo passaggio intermedio. Il flusso pensato in un secondo momento e poi implementato prevede dunque la definizione di un'unica area di stoccaggio in linea, definita come supermarket A. Il materiale consegnato dai fornitori, viene ritirato in accettazione e poi indirizzato al reparto eCV, senza la presenza di alcun kanban. È stato dunque implementato il concetto di ship to line, ovvero una tecnica lean

che permette di consegnare direttamente il materiale al punto di consumo e di ottenere una minore movimentazione della merce.

Ad oggi gli ordini al fornitore vengono emessi dagli uffici incaricati dell'approvvigionamento di materie prime in attesa che si riesca ad implementare con i fornitori un kanban loop di ripristino.

Codice di produzione	N° pezzi per blister	N° blister per klt	Quantità per klt	Tipo contenitore	Quantità totale dolly/klt	N° di dolly/klt	Totale quantità a supermarket
Codice 1	120	3	360	Dolly	5040	23	115920
Codice 2	120	3	360	Dolly	5040	5	25200
Codice 3	80	3	240	Dolly	3360	5	16800
Codice 4	80	3	240	Dolly	3360	3	10080
Codice 5	60	3	180	Dolly	2520	3	7560
Codice 6	60	3	180	Dolly	2520	2	5040
Codice 7	60	3	180	Dolly	2520	2	5040
Codice 8	120	3	360	Klt	360	6	2160
Codice 9	80	3	240	Klt	240	9	2160
Codice 10	120	3	360	Klt	360	3	1080

Tabella 3.6: Dimensionamento supermarket otturatori

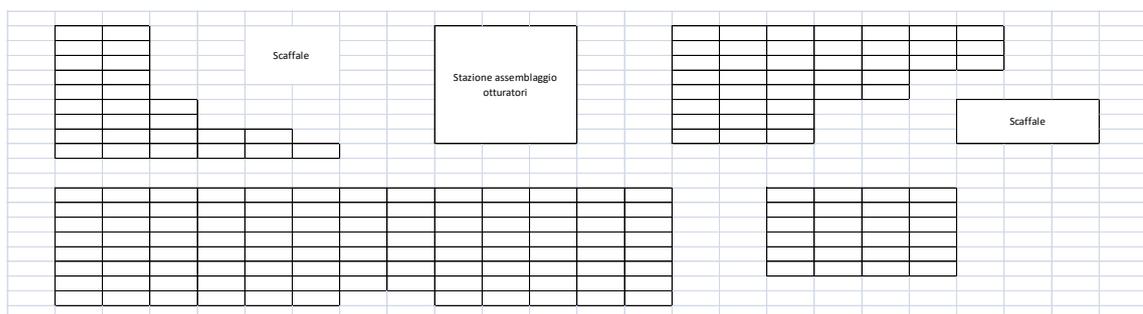


Figura 3.8 : layout supermarket A e B

3.5.2 La mappatura dei supermarket

Dopo aver analizzato in dettaglio il dimensionamento a livello matematico e logico dei supermarket e i relativi componenti, andiamo a presentare come fisicamente sono stati mappati.

I supermarket, come anticipato, sono strutturati principalmente a terra attraverso l'installazione di binari. In particolare ogni binario rappresenta un codice, e la sua lunghezza viene determinata dal numero di dolly calcolato per quel determinato componente. La maggior parte dei codici viene allocato su un'unica fila ma nel caso del supermarket C e per gli otturatori, alcuni codici sono stati posizionati in più corsie a causa del numero eccessivo di carrelli da dover contenere.

Siccome l'introduzione di questi supermarket rappresentano una novità per gli operatori del reparto è stato necessario segnalare in modo opportuno la posizione di tutti gli elementi stoccati a supermarket. Questa mappatura a terra permette dunque di rendere più semplice ed intuitiva la classificazione dei codici, aiutando così gli alimentatori e gli operatori del reparto eCV a ricordare la posizione dei codici.

Come prima classificazione abbiamo già presentato la suddivisione dei 3 supermarket:

- Supermarket C contenente i codici di produzione interna;
- Supermarket B formato dai componenti che necessitano di una lavorazione prima di essere stoccati, ovvero sottogruppo spilli e sottogruppo pilotaggio;
- Supermarket A nel quale vengono stoccati i componenti derivanti da fornitori o dal magazzino centrale, come corpi e otturatori.

Ogni zona è contraddistinta da cartelloni ben visibili posti in prossimità del supermarket considerato.

Ad ogni codice considerato a supermarket è stata definita una ubicazione in modo da ottenere una mappatura più precisa e maggior controllo a livello gestionale. La locazione finale che individua ogni singolo codice è strutturata come segue:

- 3 lettere iniziali che identificano il nome del supermarket, ad esempio ESA.
Queste 3 lettere rappresentano un anagramma :
 - La E rappresenta il reparto considerato, ovvero eCV;
 - La S sta per supermarket;
 - La A, unica lettera che varia tra i 3 supermarket, indica il supermarket considerato, perciò può essere sostituita da C e B.

- 3 numeri progressivi che rappresentano la riga a terra. Le corsie sono state codificate in ordine crescente partendo dalla combinazione 001 e via dicendo.
- 2 numeri finali che indicano il piano dello scaffale nel caso in cui il componente sia stoccato a scaffale. Per tutti i codici a terra queste due cifre sono definite 01 in quanto rappresenta il piano a terra, nel caso degli scaffali il valore varia tra 01, 02, 03, 04 in base al ripiano che il codice occupa.

Possiamo quindi rappresentare la locazione nel seguente modo:

ESA00101

Questa locazione, insieme al nome del codice considerato e a quello del supermarket, viene riportata su cartelli posti sia a terra, in prossimità dei binari, sia all'interno di cornici situate in un portale realizzato sui binari in modo da contrassegnarli.

In figura 3.9 viene mostrato un cartello situato a terra, nel quale oltre agli elementi presentati, vengono poste delle frecce che stanno a indicare il verso del prelievo, nel caso dell'immagine sottostante, o il verso del carico. Infatti questi cartelli vengono attaccati ad entrambe le estremità dei binari.

Nel cartello sono presenti anche due codici a barre, relativi al codice del componente e all'ubicazione; la presenza di questi elementi permette all'operatore incaricato del picking di velocizzare le operazioni e ridurre gli errori. Grazie all'utilizzo del terminale a radio frequenza basta sparare su questi codici a barre per compilare i campi richiesti nelle operazioni.

A differenza di questi cartelli, quelli posti sulle cornici sono privi di frecce, ma contengono tutti gli altri elementi necessari.



Figura 3.9: Cartello d' identificazione di un codice posto a terra

Insieme al cartello che indica il nome del supermarket, citato precedentemente, su ogni portale sono stati affissi un cartello che indica il lato del prelievo (segnale di divieto) e il lato del deposito (segnale con freccia) del materiale. Questo è molto d'aiuto per gli operatori in modo tale da evitare errori e rispettare la logica FIFO. Il portale presenta inoltre un palo orizzontale posto al centro dell'area, questa è stato inserito per evitare il passaggio di dolly contenenti un numero di klt superiore rispetto a quanto stabilito, è stato dunque posizionato leggermente sopra all'altezza di un dolly con 12 o 14 klt in base al supermarket.

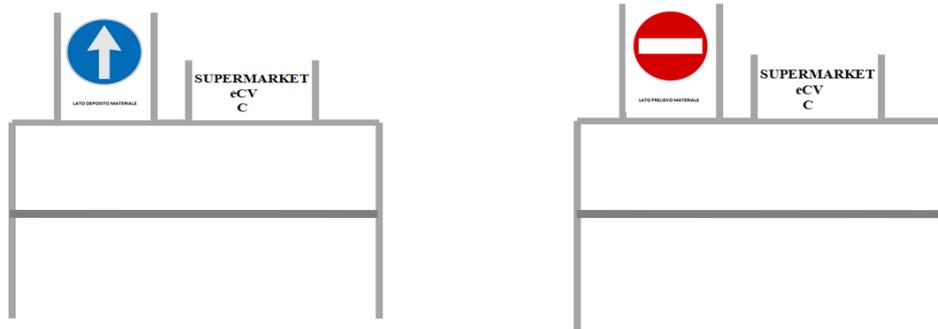


Figura 3.10: Portili implementati presso i supermarket

Anche i codici stoccati a scaffale vengono identificati tramite etichette situate nelle due bocche dello scomparto. Questi cartelli contengono tutte le informazioni contenute in quelli a terra in dimensioni ridotte. In particolare, in foto sono mostrate entrambe le etichette dove le frecce rivolte verso il basso rappresentano il lato di prelievo materiale e le frecce rivolte verso il basso il lato deposito materiale.

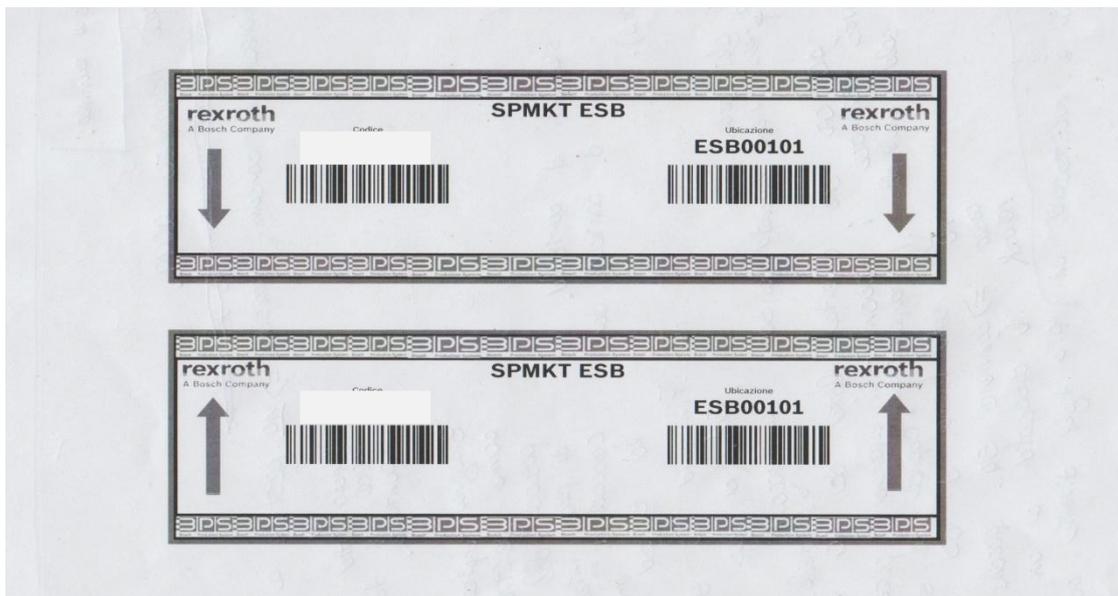


Figura 3.11 : Cartelli identificativi dei codici situati a scaffale

3.6 Il reparto finitura

L'ultimo tassello definito nella linea è il reparto finitura situato a seguito del supermarket C.

Prima dell'implementazione di questo nuovo sistema pull, al reparto le valvole venivano portate subito dopo aver terminato la fase di collaudo, queste venivano finite e immagazzinate presso il magazzino centrale.

Con la nuova logica il materiale giunge al reparto solo dopo aver ricevuto un ordine di vendita da parte del cliente. Gli operatori quindi prelevano le valvole stoccate con il codice di produzione interna ed eseguono la fase di finitura.

Per rendere il processo di finitura più rapido ed ordinato si è proceduto al dimensionamento dei componenti necessari alla fase direttamente a banco delle due linee di finitura. Sono state implementate due linee in quanto attraverso questo reparto transitano sia valvole solenoid che no solenoid.

La linea è formata da una marcatrice iniziale incaricata di segnare le valvole con il codice finito, seguito poi da un piano di lavoro nel quale i blister con le valvole finite vengono completati con i componenti aggiuntivi, per procedere infine con l'imbustatura.

Il dimensionamento effettuato inizialmente è stato fatto solamente per una linea in quanto previsto che su questa transitino solamente i codici solenoid, siccome prevedono un volume di vendita maggiore rispetto alle vecchie valvole. Siccome questa nuove valvole presentano una maggiore standardizzazione il numero di componenti da considerare è molto ridotto rispetto alle valvole precedenti.

Per determinare i componenti necessari si è provveduto a ricavare la lista dei codici attivi eCV; per ognuno di questi codici si è ricavata la distinta base in modo tale da individuare tutti i componenti relativi al processo di finitura. Infine a tutti questi codici è associato la previsione di vendita calcolata per l'anno futuro.

I principali componenti di questa linea sono:

- Il filtro: che può essere suddiviso in sole due categorie alto o basso.
- I tappi: che rappresentano la componentistica con più varietà tra i componenti di finitura.
- Gli OR: che possono essere da 5 o da 10 in base al tipo di blister utilizzato. In particolare gli OR sono due per ogni valvola.

Lo scaffale nel quale vengono dimensionati questi componenti è formato da tre scomparti:

- 1° scomparto: formato da un unico ripiano nel quale vengono inseriti i filtri. Il ripiano è sufficientemente largo da accogliere su due corsie entrambi i filtri.
- 2° scomparto: è la parte più fornita in quanto presenta 3 ripiani piuttosto larghi. Secondo il dimensionamento effettuato è in grado di contenere tutti i tappi necessari per le valvole solenoid. Queste infatti vengono suddivise 3 per ogni ripiano per un totale di 9 tipologie diverse di tappi.
- 3° scomparto: nel quale sono presenti due ripiani molti piccoli dove vengono contenuti rispettivamente gli OR da 5 e gli OR da 10.

Il sistema che si vuole implementare è un sistema pieno-vuoto, per ogni codice vengono posizionati almeno 2 cassette in modo tale che nel momento in cui una finisce si può usufruire della seconda; nel frattempo la prima verrà rifornita con i componenti. Questo permette maggiore rapidità e minore movimentazione degli operatori; per migliorare ulteriormente questo sistema alle spalle di questa linea vengono posti degli scaffali nel quale sono inseriti tutti i codici come scorta al fine di ripristinare le cassette a bordo banco in tempi rapidi senza dover aspettare che venga eseguito un picking a magazzino centrale.

Su questa linea si è inoltre sviluppato la tecnologia pick to light, ovvero un sistema utilizzato nelle attività di picking di supporto all'operatore a svolgere correttamente e velocemente le attività a lui assegnate.

Questo sistema permette di individuare la locazione di prelievo mediante una segnalazione luminosa utilizzando un display abbinato al vano di presa, nel caso in esame sono stati sviluppati direttamente sul bordo banco.

Sono sistemi molto intuitivi che migliorano l'efficienza e l'accuratezza della fase di prelievo.

Il pick to light è stato implementato solamente per i ripiani contenenti i filtri e i tappi. L'operatore quando inizia un ordine di finitura spara il codice a barre dell'ordine nel quale sono indicati tutti i componenti necessari, tramite il sistema pick to light i componenti richiesti vengono illuminati mediante una lucina posta sul bordo del ripiano.

La scelta di non implementare questo sistema anche per gli OR è stata definita insieme agli operatori del reparto stesso, in quanto per questi elementi l'errore è considerato

molto più raro siccome la scelta di inserire quelli da 5 o quelli da 10 è vincolata dal blister utilizzato.

Successivamente si è analizzato lo sviluppo della seconda linea da allestire per il reparto. In questa linea oltre ad inserire i codici solenoid, il cui dimensionamento risulta analogo a quello della prima linea, devo considerare anche tutti i componenti no solenoid. A differenza della prima linea nel quale gli scomparti e i relativi ripiani erano fissi, in questo caso si è pensato di procedere con la definizione scomparti intercambiabili.

Come già definito precedentemente, il numero di componenti per il reparto finitura relativo ai codici no solenoid risulta molto elevato. Solo i filtri sono molto simili ai codici solenoid in quanto oltre ai due utilizzati nelle nuove valvole è presente un'ulteriore codice. Per quanto riguarda gli OR e i tappi il numero da considerare risulta particolarmente ostico.

Nel dimensionamento pensato, ma non ancora implementato, si prevedeva:

- 1° scomparto fisso, in quanto in grado di contenere i filtri sia solenoid che no solenoid.
- 2° scomparto interscambiabile dove sono stati dimensionati 3 scaffali diversi in modo tale da contenere tutti i tappi:
 - Primo scaffale solo per codici solenoid;
 - Secondo scaffale solo per codici no solenoid;
 - Terzo scaffale solo per codici no solenoid.

Al bisogno questi scaffali vengono posizionati in linea, una volta utilizzati i componenti necessari vengono staccati e posti in prossimità della linea.

- 3 ° scomparto interscambiabile dove vengono posizionati gli OR. Anche in questo caso per riuscire a dimensionare tutti i componenti sono stati definiti 3 scaffali:
 - Primo scaffale contenente i 2 OR solenoid;
 - Secondo scaffale contenente 4 OR no solenoid;
 - Terzo scaffale contenente 4 OR no solenoid.

L'azienda ha intenzione di inserire un sistema pick to light anche in questi scaffali interscambiabili, ma la soluzione non è ancora implementata in quanto risulta maggiormente complessa e costosa siccome andrebbe definito un software, non più unico per tutta la linea, ma per ogni scomparto scambiabile.

3.7 La value Stream mapping

Dopo aver presentato il nuovo flusso definito nel reparto eCV e il rispettivo layout risulta più comprensibile la lettura della value stream mapping (VSM) presentata dalla Bosch (figura 3.12). A primo acchito, infatti è possibile notare come il flusso mappato in questa figura risulti più lineare e snello rispetto a quello presentato in figura 3.2.

Come si può notare la value stream oltre a presentare il nuovo flusso, prevede anche una parte dedicata alle valvole cosiddette no solenoid, in quanto l'introduzione della nuova generazione di valvole non ha ancora del tutto cessato il consumo delle valvole precedenti. In particolare, l'azienda ha ritenuto opportuno mantenere un flusso invariato rispetto a quello precedente per le valvole no solenoid i cui consumi dovrebbero decrescere negli anni. Come si vede in figura il flusso viaggia quindi separatamente rispetto al nuovo, ma si congiunge nella fase finale in quanto anche queste valvole vengono stoccate nel supermarket C all'interno dei modula.

Dall'immagine sottostante si evince meglio anche il flusso definito per i sottogruppi pilotaggio. Come già presentato nel paragrafo in cui è stato esposto il dimensionamento di questi componenti, questi vengono lavorati esternamente e poi stoccati a supermarket B. In dettaglio possiamo notare che le materie prime vengono consegnate direttamente all'azienda esterna nel quale avviene la lavorazione dei componenti. Una volta conclusa questa lavorazione i componenti vengono consegnati in Bosch.

Prima di essere stoccati a supermarket i componenti transitano attraverso un buffer di scambio, nel quale l'azienda esterna fornisce i sottogruppi pilotaggio e Bosch fornisce a sua volta le klt e i blister nel quale questi devono essere imballati. Inoltre, Bosch mette a disposizione di questa azienda anche alcuni componenti necessari alla lavorazione come i sottogruppi emergenza NA.

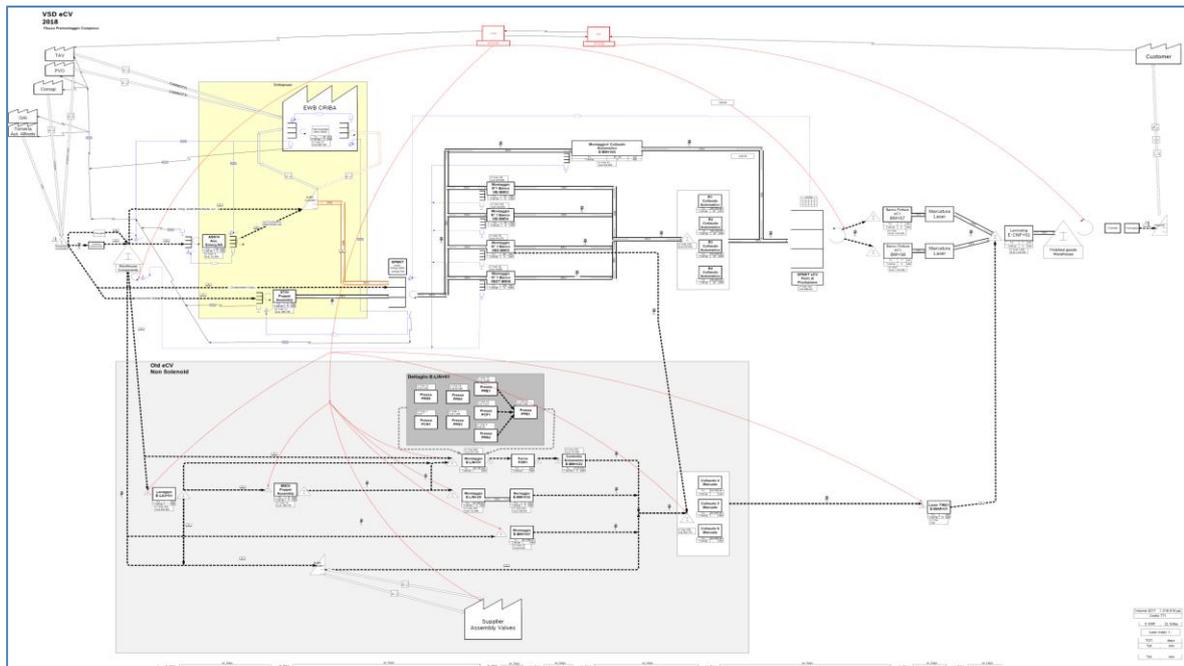


Figura 3.12: Value Stream mapping Bosch Rexroth Oil Control, 2018

L'utilizzo della VSM non è limitata alla sola visualizzazione grafica, ma è realizzata per individuare ed ottenere dati sensibili del sistema analizzato; perciò una volta chiarito il flusso dei materiali attraverso la value stream mapping precedente, andiamo ad analizzare più in dettaglio le informazioni relative ad ogni attività lavorativa attraverso una nuova versione della VSM nel quale si riporta la linea del tempo, dove si esplicita quanto tempo a valore è contenuto nel lead time complessivo. Nel grafico vengono infatti, inseriti per ogni stazione lavorativa un simbolo grafico denominato data box, all'interno del quale vengono indicate alcune informazioni:

- C/T - Cycle Time: parametro temporale di una singola stazione, indica il tempo medio richiesto dalla stazione per la lavorazione di un singolo pezzo. Questo parametro è molto importante in quanto permette di individuare i colli di bottiglia del sistema.

Nel VSM analizzata questi tempi vengono espressi in secondi.

- C/O – Changeover Time o Tempo di set up: tempo necessario per eseguire le modifiche di un'attrezzatura che le consentono di cambiare il tipo di pezzo lavorato. Siccome nel sistema analizzato si lavora per grossi lotti, ma l'analisi presentata sulla value stream considera i tempi per la lavorazione di un singolo elemento; si suppongono i tempi di set up nulli.

- UT – Up Time: indica il tasso di disponibilità della macchine. Nel caso considerato questo valore viene posto pari al 100% siccome il C/T è stato definito considerando la capacità massima di ogni stazione al giorno, nel quale si tiene già conto dei fermi macchina.
- Numero dei turni lavorativi.

Questa value stream permette di analizzare due dimensioni: le scorte e i tempi, ovvero i due parametri che riportano le principali criticità. Per eseguire questa analisi è stato dunque necessario ricostruire la timeline, che permette di definire:

- Production lead time, nella linea spezzata superiore, rappresenta il tempo di processamento totale, in cui la materia prima entra nel sistema ed esce trasformato come prodotto finito.
- Processing time, nella linea spezzata inferiore, rappresenta il tempo a valore di processamento, ovvero quanto tempo è effettivamente occupato da attività a valore e quanto risulta invece essere tempo sprecato.

Andiamo ora ad analizzare più in dettaglio i valori inseriti all'interno della VSM, ripercorrendo il flusso fisico eseguito dai componenti utili alla realizzazione del prodotto finito, ricordando che i dati in input sono valori medi rappresentativi dell'azienda.

La domanda media giornaliera da soddisfare è di 4500 valvole/giorno ed ognuna delle stazioni considerate lavora 3 turni lavorativi per un totale di 21,75 ore giornaliere.

Partiamo a considerare l'acquisto delle materie prime: l'approvvigionamento di questi elementi avviene in momenti separati, distanti e da fornitori diversi. Siccome risulta difficile esplicitare per ogni componente i dati necessari, l'analisi viene svolta prendendo in esame i componenti principali della valvola a maggiore consumo in quanto anche questi componenti risultano avere consumi elevati da poter essere rappresentativi di tutti i componenti della linea. In particolare i componenti principali acquistati dai fornitori sono:

- Otturatori
Lead time pari a 5 settimane.
Lotto medio di riordino 30000 valvole.
- Corpi
Lead time pari a 4 settimane.
Lotto medio di riordino 40000 valvole.

- Sottogruppo pilotaggi

Lead time pari 1 giorno.

Lotto medio di acquisto 5000 valvole.

Considerando tali valori medi, è possibile calcolare per ogni materia prima quanto tempo resta ferma senza essere utilizzata per la produzione. Si calcola quindi il Lead time di produzione, riportando il tempo di copertura maggiore per ogni fase, tramite la formula seguente:

$$\text{tempo di copertura} = \frac{\text{scorta [pz]}}{\text{domanda} \left[\frac{\text{pz}}{\text{gg}} \right]}$$

Perciò possiamo definire:

- Otturatori

Volume totale del supermarket a pieno regime: 102600 pz.

$$\text{tempo di copertura} = \frac{102600 \text{ [pz]}}{4500 \left[\frac{\text{pz}}{\text{gg}} \right]} = 22,8 \text{ gg}$$

Il tempo di copertura per alimentare la stazione di assemblaggio otturatori è di 22,8 gg.

- Corpi

$$\text{tempo di copertura} = \frac{91880 \text{ [pz]}}{4500 \left[\frac{\text{pz}}{\text{gg}} \right]} = 20,41 \text{ gg}$$

- Sottogruppi spilli

$$\text{tempo di copertura} = \frac{98040 \text{ [pz]}}{4500 \left[\frac{\text{pz}}{\text{gg}} \right]} = 21,79 \text{ gg}$$

- Sottogruppo pilotaggio

$$\text{tempo di copertura} = \frac{90880 \text{ [pz]}}{4500 \left[\frac{\text{pz}}{\text{gg}} \right]} = 20,20 \text{ gg}$$

Il tempo di copertura per alimentare le stazioni manuali e automatiche è pari a 21,79 gg, in quanto viene considerato il tempo maggiore tra i 3 componenti principali.

- Codici di produzione interna

$$\text{tempo di copertura} = \frac{111580 \text{ [pz]}}{4500 \left[\frac{\text{pz}}{\text{gg}} \right]} = 24,79 \text{ gg}$$

Al verificarsi di un ordine da parte del cliente o secondo le previsioni della produzione, i componenti vengono prelevati e iniziano i relativi processi di lavorazione. In particolare, nel caso considerato la prima lavorazione di trasformazione della materia prima in semilavorato avviene nella stazione di assemblaggio.

Siccome non si è a conoscenza direttamente del tempo necessario per la realizzazione di un pezzo è necessario ricavarlo attraverso i dati a disposizione. Si utilizza quindi come dato di input la capacità massima di ogni stazione al giorno, in quanto unica informazione relativa ai processi di lavorazione.

Considerando la capacità massima della stazione e le ore lavorative nella giornata è possibile determinare il numero di pezzi realizzati all'ora:

$$\text{pezzi all'ora} = \frac{8500 \text{ pz/gg}}{21,75 \text{ ore/gg}} = 390,80 \text{ pz/ora}$$

Partendo dal risultato ottenuto è possibile calcolare il tempo di ciclo per un singolo pezzo.

Il tempo di ciclo riportato all'interno del data box per questa stazione è pari:

$$C/T = \frac{3600 \text{ s/ora} * 1 \text{ pz}}{390,80 \text{ pz/ora}} = 9,21 \text{ s}$$

La manodopera richiesta per questo processo è relativa ad 1 persona a turno.

Dopo aver effettuato la prima lavorazione i componenti vengono prelevati per i processi di montaggio e collaudo al fine di ottenere le valvole finali.

Siccome questi processi prevedono diverse linee sulle quali i componenti possono essere lavorati, ed ognuna di queste linee presenta una capacità massima di pezzi al giorno diversa, per calcolare il tempo di ciclo è stato considerata una media aritmetica dei tempi:

$$\text{pezzi medi montaggio} = \frac{1960 + 1550 + 1550 + 1350 + 1070}{5} = 1496 \frac{\text{pz}}{\text{gg}}$$

$$\text{pezzi all'ora} = \frac{1496 \text{ pz/gg}}{21,75 \text{ ore/gg}} = 68,78 \text{ pz/ora}$$

Il tempo ciclo considerato all'interno della data box relativa al processo di montaggio è pari:

$$C/T = \frac{3600 \text{ s/ora} * 1 \text{ pz}}{68,78 \text{ pz/ora}} = 52,63 \text{ s}$$

Per quanto riguarda il collaudo i valori considerati sono i seguenti:

$$\text{pezzi medi collaudo} = \frac{826 + 850 + 890 + 965 + 1960}{5} = 1098,2 \frac{\text{pz}}{\text{gg}}$$

$$\text{pezzi all'ora} = \frac{1098,2 \text{ pz/gg}}{21,75 \text{ ore/gg}} = 50,49 \text{ pz/ora}$$

Il tempo ciclo considerato all'interno della data box relativa al processo di collaudo è pari:

$$C/T = \frac{3600 \text{ s/ora} * 1 \text{ pz}}{50,49 \text{ pz/ora}} = 71,30 \text{ s}$$

Dai seguenti calcoli si può notare che il processo di montaggio risulta più veloce rispetto al collaudo, per tale motivo è necessario definire un buffer intermedio tra i due processi.

In media questo buffer ospita al giorno 1989 valvole per cui è possibile determinare la permanenza media come:

$$\text{tempo di permanenza nel buffer} = \frac{1989 \text{ pz}}{4500 \text{ pz/gg}} = 0,44 \text{ gg}$$

L'ultimo processo a cui le valvole sono sottoposte è il reparto finitura. Questo reparto è formato da due linee in parallelo equivalenti, la capacità massima delle due linee è la stessa.

$$\text{pezzi all'ora} = \frac{5050 \frac{\text{pz}}{\text{gg}}}{21,75 \frac{\text{ore}}{\text{gg}}} = 232,18 \text{ pz/ora}$$

Il tempo ciclo considerato all'interno della data box relativa al processo di finitura risulta:

$$C/T = \frac{3600 \text{ s/ora} * 1 \text{ pz}}{232,18 \text{ pz/ora}} = 15,50 \text{ s}$$

La manodopera relativa a tutti questi processi prevede sempre 1 persona a turno. A seguito del reparto finitura è stato definito un piccolo buffer nel quale i pacchi pronti per la spedizione al cliente stazionano prima in attesa della data di consegna. Il tempo medio di stoccaggio in quest'area, definita AREA 51, è di circa due 2 giorni. Dalla linea del tempo emerge dunque che il tempo a valore necessario per la realizzazione di una valvola finita è di 148,64 s, cioè di soli 2,48 minuti.

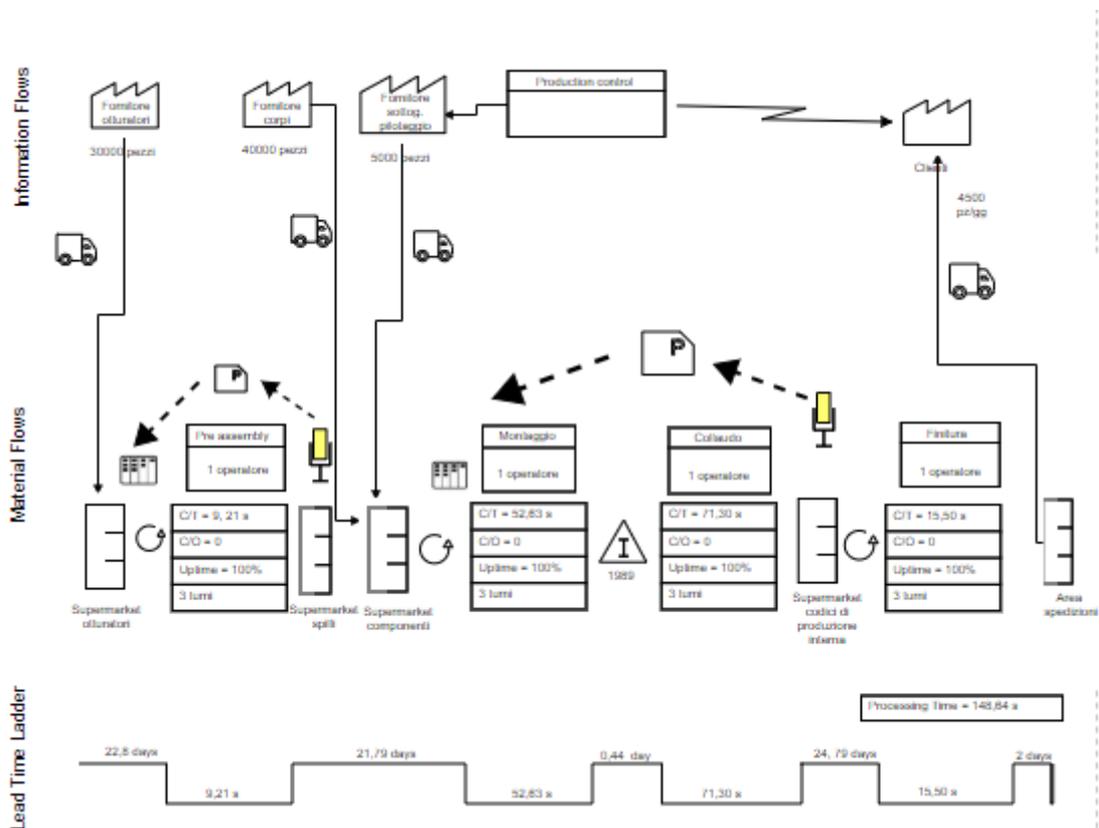


Figura 3.13: Value Stream con timeline

Capitolo 4

Il flusso

In questo capitolo vengono presentate le logiche gestionali implementate insieme al nuovo flusso inerente i materiali. Quando si implementa una nuova linea di produzione è fondamentale definire il flusso che coinvolge questi materiali in modo dettagliato e preciso. In questo capitolo oltre al flusso logico vengono presentati anche gli aspetti informativi sviluppati insieme all'introduzione del kanban elettronico. Questo progetto infatti prevede un alto grado di informatizzazione.

4.1 La spedizione

La maggiore modifica che si sta sviluppando all'interno dell'azienda è relativa al rilascio degli ordini di consegna. Abbiamo già detto che i codici di produzione interna vengono sottoposti al processo di finitura solo dopo aver ricevuto un ordine di vendita da parte di un cliente. All'interno dell'azienda questo flusso viene definito come lancio di ordine da prebolla e rappresenta un vero e proprio cambiamento anche a livello gestionale.

Il reparto eCV presenta 5 principali clienti:

- Il cliente finale;
- Le sedi di Bosch Rexroth di Pavullo e Vezzano;
- Un fornitore che funge anche da cliente;
- Il reparto interno HIC;
- Il reparto interno PIB.

Ognuno di questi clienti prevede un flusso diverso, perciò risulta ostico e costoso modificare il flusso esistente.

In particolare il sistema studiato, ma non ancora implementato, prevede che all'arrivo di un ordine da parte di un cliente, il gestionale lanci in automatico una prebolla con giacenza NO, in quanto non esiste ancora giacenza per le valvole finite. In automatico da questa prebolla viene emesso un ODP (Ordine di produzione) per il reparto finitura. È ancora da definire in modo accurato quanti giorni prima della data di consegna

emettere l'ordine, al fine di ottenere i pacchi per la spedizione pronti per la data di consegna.

Questo viene principalmente utilizzato nei confronti degli ordini da parte del cliente finale e nei casi di trasferimento alle altre sedi. Più complesso risulta invece il flusso per gli altri 3 clienti. In particolare per questi 3 flussi viene presa in considerazione una gestione tramite order network.

Gli ODP vengono inseriti all'interno di una pagina WEB visibile direttamente nel reparto produttivo. Questa pagina WEB contiene tutti gli ordini emessi per il reparto eCV. L'operatore accede a questa pagina e filtrando il reparto visualizza tutti gli ordini relativi alla finitura in base alla data di consegna. L'ordine viene stampato e attivato tramite il gestionale di magazzino; in seguito vedremo in maniera più approfondita i passaggi da seguire.

L'ODP prevede al suo interno due fasi: la fase di prelievo dei codici di produzione interna e la fase di finitura intesa come vero e proprio processo di lavorazione. L'operatore procede dunque ad effettuare il picking dei codici presenti a supermarket C attraverso l'utilizzo del terminale a radiofrequenza. Per effettuare il prelievo del materiale è necessario sparare sul codice a barre del kanban indicato dal terminale, al fine di comunicare con il gestionale la riduzione del materiale a supermarket.

Il materiale viene poi portato in linea e lavorato. Al termine del processo il lotto viene stoccato in un'area, definita AREA 51, in attesa della spedizione. In quest'area i pacchi dovrebbero stazionare non più di un paio di giorni.

4.2 Il flusso del kanban

Nei capitoli precedenti abbiamo già introdotto il concetto di kanban, in particolare del kanban elettronico. In questo capitolo vogliamo spiegare con maggiore dettaglio il flusso che queste cartoline seguono.

Partendo da quanto presentato nel paragrafo precedente mettiamo a fuoco il flusso fisico e logico che il kanban subisce.

Quando l'operatore del reparto finitura preleva il materiale dal supermarket C, viene sparato il kanban al fine di tenere traccia del prelievo anche a livello gestionale. Nel caso in cui il dolly relativo al kanban considerato si svuotasse, il cartellino

nell'anagrafica del gestionale passa da "pieno" a "vuoto". È necessario quindi richiedere un ripristino.

Il kanban viene quindi consegnato all'operatore del picking che attraverso il gestionale ne definisce il ripristino, modificando lo stato del kanban da "vuoto" a in "ripristino".

Attraverso una serie di automatismi implementati sparando il kanban per richiedere il ripristino si genera automaticamente un ordine di produzione di quella determinata valvola nell'esatta quantità indicata dal cartellino.

L'ordine di produzione viene poi visualizzato sulla pagina WEB dedicata al ripristino dei codici di produzione interna, insieme a tutti gli altri ordini in coda.

Il kanban fisicamente viene portato presso una lavagna magnetica in prossimità della linea sulla quale il codice viene lavorato. Qui il cartellino attende fin quando l'ordine di produzione a lui assegnato non risulta il primo della pagina web.

Nel momento in cui l'ordine viene stampato e attivata la fase di prelievo tramite gestionale, l'operatore del picking procede a prelevare i componenti, ovvero sottogruppo spilli, sottogruppo pilotaggi e infine i corpi. Il prelievo di questi componenti viene gestito in maniera differente a seconda della presenza dei cartellini: per quanto riguarda i corpi e gli spilli vengono prelevati nello stesso modo dei codici di produzione interna, ovvero sparando sul codice a barre, in quanto gestiti anch'essi a kanban. I sottogruppi pilotaggio invece per essere prelevati, necessitano solamente di indicare l'ubicazione e il nome del codice selezionato.

Terminato il picking il materiale viene allocato in un piccolo buffer in prossimità della linee interessata, mentre la prima pagina dell'ordine di produzione e il kanban vengono inseriti all'interno della kanban board, nel quale viene stabilita la pianificazione della produzione.

Dopo la lavorazione, ovvero il montaggio e collaudo, l'operatore della linea porta il materiale al supermarket C, dove l'incaricato del picking mappa la giacenza a gestionale, dichiarando i pezzi buoni e i pezzi scarti, e posizionando il materiale nella propria corsia.

Processo analogo avviene anche per quanto riguarda il sottogruppo spilli, in quanto una volta esaurita la giacenza del kanban, questo deve essere ripristinato attraverso la lavorazione degli otturatori. Il cartellino quindi viene posto su una slitta, rappresentate una coda, nel quale sono presenti in ordine cronologico tutti i kanban da ripristinare.

L'operatore dell'assemblaggio spilli una volta finito il lotto in lavorazione sulla macchina, prende il primo cartellino presente sulla slitta, controlla che la giacenza del

materiale necessario sia disponibile e crea un ordine di produzione per il codice relativo al kanban. Successivamente effettua la fase di picking presso il supermarket otturatori, che prevede come i sottogruppi pilotaggio solamente la dichiarazione dell'ubicazione e del codice; preparato il lotto, viene messo in produzione.

Una volta conclusa la lavorazione gli spilli verranno caricati presso il supermarket B insieme al relativo kanban. Anche in questo caso viene previsto l'allestimento di una kanban board per la programmazione della produzione.

4.2.1 Il kanban di prelievo

Fin ora è stato presentato solamente il flusso fisico e logico relativo ai kanban di produzione, ma come abbiamo già citato precedentemente alcuni componenti sono soggetti invece all'utilizzo dei kanban di prelievo.

Principalmente questi kanban sono relativi al componente corpo che prevede lo stoccaggio in due aree distinte dell'azienda: supermarket A e in prossimità del magazzino centrale.

Il kanban di questi componenti viene sparato tutte le volte che deve essere preparato un lotto per il montaggio e collaudo. Nel momento in cui il kanban esaurisce, come nel caso precedente, l'anagrafica passa da "pieno" a "vuoto" ed è necessario richiedere un ripristino dei componenti.

L'operatore spara dunque il kanban a gestionale in modo tale da emettere una richiesta di ripristino, e deposita il kanban in un punto di raccolta. Il milk run preleva tutte le cartoline presenti in questo punto e procede con il picking dei codici. Successivamente avviene il reintegro dei codici a supermarket, nelle loro locazioni specifiche, nella quantità stabilita dal kanban e con quest'ultimo attaccato al dolly.

4.3 La gestione della kanban board

Ogni stazione di lavoro prevede al suo servizio due supermarket:

- Quello contenente i componenti da lavorare sulla stazione stessa;
- Quello contenente i componenti lavorati dalla stazione e pronti per un'ulteriore lavorazione.

Quando l'operatore preleva il materiale dal supermarket a monte della stazione, il kanban vuoto deve essere ripristinato attraverso l'emissione di un ordine di lavorazione. Come già anticipato una volta preparati i lotti questi vengono posti all'interno di un buffer in prossimità della linea. L'ordine di produzione associati a questi lotti è formato da due pagine: la prima viene posizionata nel buffer insieme al materiale, la seconda pagina viene posizionata nella lavagna di avanzamento/ monitoraggio della produzione insieme al kanban associato.

Questa lavagna prende il nome di kanban board, ed è creata presentando i giorni lavorativi settimanali e le rispettive ore lavorative.

Ogni tasca libera della lavagna corrisponde ad un'ora di produzione quindi a seconda del numero dei turni stabiliti dall'azienda saranno disponibili le tasche libere da occupare.

Per la gestione del Heijunka sono stati definiti tre cartellini di colori diversi ognuno rappresentante un determinato stato:

- Cartellino azzurro: indica un'ora non producibile derivante dall'assenza di un turno attivo o da orario di chiusura aziendale.
- Cartellino rosso: indica un'ora non disponibile tenendo conto dell'efficienza della macchina.
- Cartellino verde: rappresenta la prima ora disponibile per la pianificazione di un nuovo ODP.

La pianificazione della lavagna solitamente viene prevista per il giorno in corso e il giorno seguente.

Gli operatori a inizio giornata dispongono i cartellini nella lavagna, in modo da pianificare la giornata e facilitare il passaggio di consegna con l'operatore del turno successivo, che guardando la lavagna è in grado di capire il lotto in lavorazione e il lotto che dovrà essere messo in produzione successivamente.

La lavagna dunque viene programmata inserendo nella prima ora lavorativa disponibile la seconda pagina dell'ODP e il relativo kanban. Sull'ordine di produzione viene indicato il numero di ore necessario alla lavorazione del lotto, perciò è possibile contare il numero di tasche da lasciare libere prima di posizionare il cartellino verde per indicare che la macchina risulti di nuovo disponibile.

Nel caso in cui ci siano imprevisti, fermi oppure interruzioni del lotto che generino ritardo rispetto alla pianificazione, dovrà essere compilato il foglio dedicato ai fermi

macchina. La kanban board non dovrà essere modificata dall'operatore, al fine di poter monitorare la situazione.

Nel momento in cui i ritardi si accumulino e non vengano recuperati, al raggiungimento della settima ora di ritardo rispetto alla pianificazione in lavagna, l'operatore deve procedere ad avvisare il Capo Turno. Questo caso viene considerato un BACKLOG.

Il capo turno viene chiamato a considerare la situazione e verificarne le cause. Per stabilire come procedere per recuperare il backlog, il capo turno dovrà considerare i kanban posti sulla slitta e la situazione del supermarket a monte, per valutare se sono presenti urgenze da mettere in lavorazione. Nel caso in cui non siano presenti urgenze o ulteriore lotti da lavorare il backlog verrà recuperato nei giorni successivi, dove è possibile anche aprire un turno, qualora non fosse già attivo anche il terzo turno, liberando le tasche della lavagna dai cartellini azzurri.

Nel caso in cui invece si verifichi un problema tecnico che non consenta di procedere con la produzione di determinati codici, dovrà essere avvisato il capo turno e si passerà alla produzione dell'ODP seguente se possibile realizzarlo. Anche in questo caso se il problema tecnico non viene risolto entro le sette ore lavorative, la pianificazione entra in backlog e si procede a riporre gli ordini di produzione bloccati in determinate tasche rosse poste a sinistra della lavagna, seguendo dal basso verso l'alto la sequenza con cui erano stati pianificati. Una volta risolto il problema tecnico gli ODP possono essere ripianificati in lavagna secondo l'urgenza determinata dalla situazione del supermarket a monte della stazione.

Ore/Giorno	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

Tabella 4.1 : Kanban board

4.4 Il flusso informativo

Dopo aver definito il flusso dei kanban all'interno della linea andiamo a presentare in maniera più dettagliata le operazioni da compiere a livello gestionale.

Il sistema informativo aziendale può essere comparato ad un vero e proprio sistema nervoso dell'azienda, in quanto ha il compito di raccogliere dati, conservare i dati

raccolti, elaborare i dati trasformandoli e distribuendo l'informazione agli altri organi aziendali.

Un aspetto fondamentale di questo progetto riguardano appunto anche i miglioramenti a livello informatico.

Con l'introduzione del kanban elettronico si è determinato un aumento di attività da svolgere a gestionale, al fine di ottenere dati accurati e precisi.

I sistemi informativi coinvolti in questa gestione sono:

- Apache, ovvero un applicazione ERP della MBM Management System per le aziende di produzione. È un software gestionale integrato e modulare che offre copertura a tutte le esigenze delle aziende industriali e dispone di verticalizzazioni specifiche per vari settori merceologici.

L'applicazione copre tutte le aree gestionali:

- Ciclo attivo;
 - Pianificazione/programmazione;
 - Ciclo passivo/produzione;
 - Magazzino;
 - Contabilità ;
 - Controllo di gestione.
- Nicim, è la soluzione della Atomos per l'e-manufacturing di programmazione della domanda, schedulazione ed ottimizzazione, avanzamento produzione e monitoraggio.
È un'applicazione composta da più moduli che permettono di controllare in tempo reale lo stato di avanzamento delle lavorazioni, mentre la storicizzazione dei dati consente di elaborare statistiche di vario tipo, ad esempio fermi, scarti, rendimenti.
 - WLog, ovvero un sistema di gestione del magazzino fisico sia automatico che manuale interamente sviluppato da Wise Ingegneria e Soluzioni Software con le più avanzate tecnologie di sviluppo e di integrazione con gli strumenti IoT dell'industria 4.0.

Questo sistema gestisce il flusso delle merci dall'ingresso alla spedizione, permettendo di gestire le attività interne di movimentazione, approvvigionamento e spedizione del materiale.

WLog permette di coordinare le attività manuali tramite terminali fissi e di radiofrequenza.

In particolare questo gestionale permette:

- di gestire e coordinare le attività di magazzino a partire dal ricevimento merce da parte del fornitore o dalle linee di produzione;
- di implementare sofisticati algoritmi di carico che tengano conto della struttura fisica del materiale da stoccare, dell'analisi ABC e di criteri di immagazzinamento parametrizzabili.
- di curare l'approvvigionamento delle aree di picking sulla base delle necessità di spedizione e/o di logiche di scorte minime.

Questi tre applicativi vengono continuamente modificati internamente dall'azienda in modo tale da personalizzare il sistema e adattarlo a qualsiasi situazione venga implementata all'interno dell'azienda.

In particolare, per questo progetto le modifiche inerenti al gestionale sono state diverse e piuttosto corpose, in quanto l'introduzione del kanban elettronico ha permesso di creare numerosi automatismi a livello informatico al fine di rendere il flusso più fluido. Queste modifiche richiedono inoltre, una forte comunicazione tra i vari gestionali.

Analizziamo ora in dettaglio le varie procedure da effettuare a gestionale.

4.4.1 Procedura di richiesta ripristino kanban

La procedura per la richiesta di ripristino di un kanban liberato viene definita tramite il gestionale WLog, nel quale viene generato un piano di prelievo che indichi un ripristino.

Una volta liberato un kanban, l'operatore deve recarsi alla postazione pc ed accedere con le proprie credenziali al gestionale.

All'interno del gestionale bisogna accedere alla maschera Gestione nel quale è contenuta l'anagrafica relativa ai Piani di prelievo. In questa maschera sono presenti tutti i piani di produzione e di ripristino presenti in azienda.

L'operatore tramite una funzione presente all'interno di questa maschera spara il barcode presente nel kanban al fine di creare un piano KN refill.

Nella schermata sono presenti una serie di cartelle, nel quale vengono raccolti i diversi ordini. In particolare, nel caso dei kanban questi vengono definiti all'interno di una

cartella denominata Kanban Refilling eCV A, B o C, in base al supermarket in cui questo kanban viene stoccato.

All'interno di questa cartella i kanban vengono identificati attraverso un piano costituito:

- dall' ID MAGAZZINO rappresentante i primi due numeri;
- dal CODICE del componente;
- dal NUMERO IDENTIFICATIVO DEL KANBAN rappresentato dalle ultime cifre.

In questo modo si tiene traccia dello stato del kanban che risulta in ripristino e non a supermarket.

Con la sparata del kanban però si ottiene una duplice attività, in quanto oltre a definire lo stato del cartellino, permette anche di comunicare con l'altro applicativo utilizzato in azienda, Apache, al fine di creare automaticamente un ODP. L'ordine di produzione creato tiene conto di tutte le informazioni presenti sul kanban, ovvero codice da produrre e quantità.

L'ordine creato verrà poi passato sulla pagina web definita per quel tipo di codice.

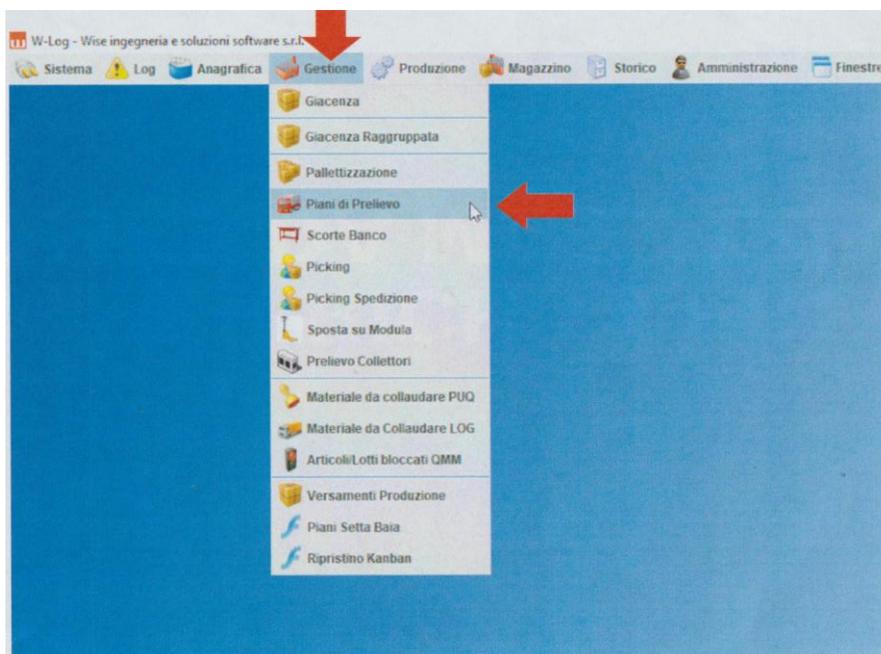


Figura 4.1: Anagrafica WLog

4.4.2 Procedura di prelievo materiale

La procedura di prelievo materiale viene effettuata dopo aver stampato l'ordine di produzione dalla pagina WEB.

Gli ordini di produzione in particolare vengono creati e startati tramite il gestionale Apache. Questo applicativo comunica direttamente gli altri gestionali presenti in azienda. Infatti, l'ordine deve essere visibile in entrambi i gestionali in quanto:

- WLog permette di impegnare il materiale necessario per la produzione. Tramite questo gestionale è dunque possibile capire se la produzione può essere avviata o si ha mancanza di materiale.
- Nicim permette di tener traccia delle fasi indicate all'interno dell'ordine di produzione. Ogni operatore dovrà infatti chiudere la propria fase di lavoro tenendo traccia dei pezzi lavorati e dei pezzi scarti.

Gli operatori incaricati di effettuare il picking prima di prelevare il materiale fisicamente devono recarsi sul gestionale relativo al magazzino al fine di impegnare il materiale indicato. Tramite questa operazione il materiale è dunque vincolato a un determinato ODP, pur continuando a risultare ancora stoccati a supermarket.

Una volta attivato dunque il piano di produzione su WLog gli operatori effettuano l'operazione fisica attraverso l'utilizzo del terminale a radiofrequenza. Dopo aver sparato il codice a barre relativo all'ordine di produzione, il terminale permette di stampare alcune etichette da posizionare insieme al lotto e indica per ogni componente la posizione e il kanban in cui il materiale deve essere prelevato.

Per confermare l'operazione e scalare la giacenza oltre che fisicamente anche a gestionale, per ogni componente viene richiesto di sparare il kanban indicato e l'ubicazione nel quale viene stoccato. Una volta effettuata questa operazione per tutti i componenti necessari all'ODP, l'attività viene confermata determinando da un lato la diminuzione delle scorte a magazzino e dall'altro chiudendo il piano in WLog. In questo modo il piano non è più visibile in questo gestionale.

Gli operatori del picking dovranno poi chiudere la loro fase di lavoro anche su Nicim, indicando il numero preciso di pezzi prelevati e che verranno sottoposti alla lavorazione.

4.4.3 Procedura di versamento di produzione a magazzino

Al termine della produzione di un lotto, dopo che l'operatore della stazione effettua il versamento su Nicim dei pezzi da lui prodotti, chiudendo la sua fase, il materiale deve essere caricato a magazzino tramite la procedura "versa da Nicim" in WLog.

Questa procedura operativa permette tramite WLog sia il carico a magazzino che il versamento di questa fase su Nicim.

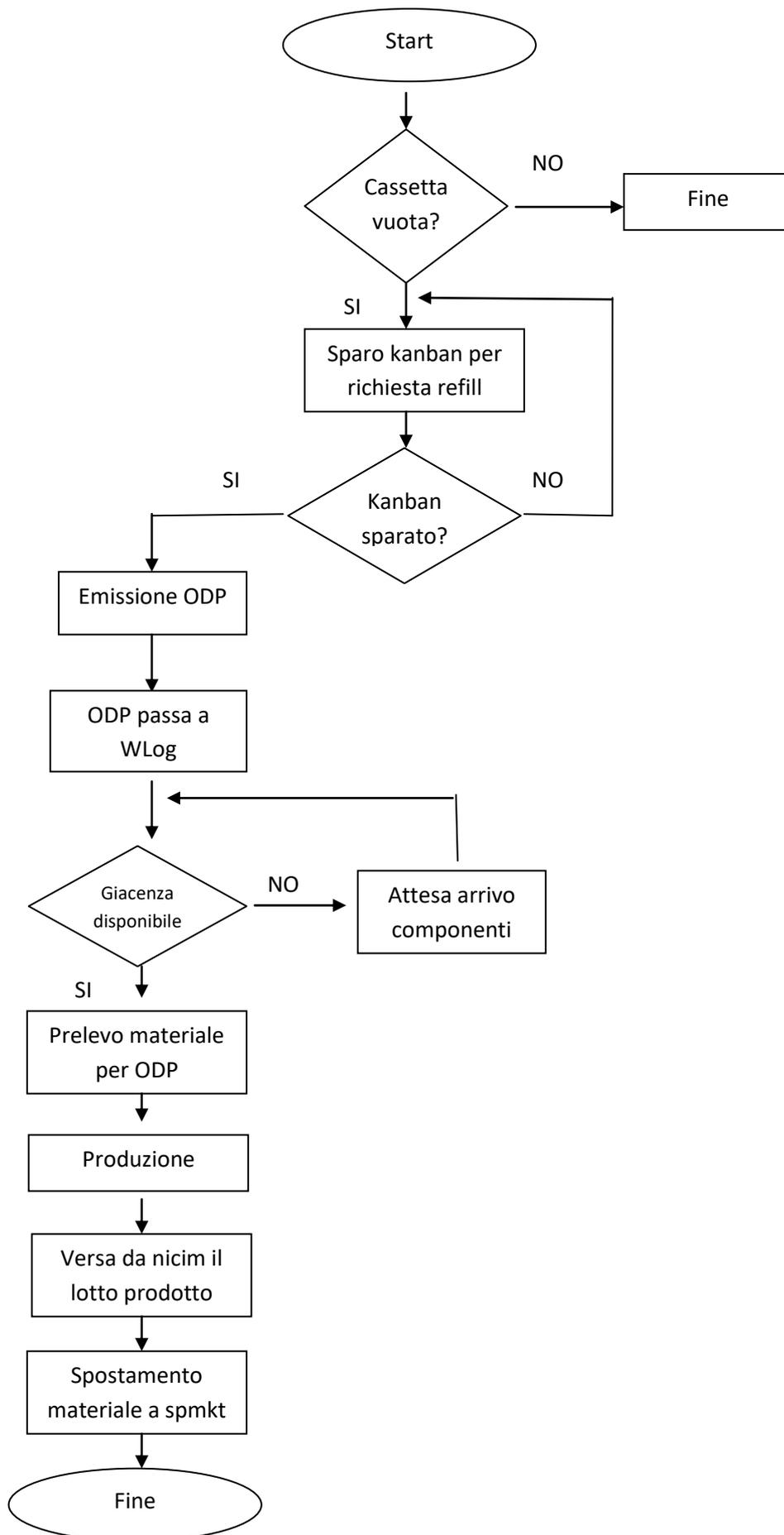
L'operatore dovrà dunque, tramite la maschera indicata, inserire tutte le informazioni richieste in modo tale da caricarle a gestionale.

Le informazioni principali sono:

- Il codice identificativo dell'ordine di produzione.
- La quantità prodotta, non sempre questo valore corrisponde con quella indicata nel kanban in quanto il processo potrebbe aver determinato dei pezzi scarti.
- Lo stato di Nicim, inteso come completezza del lotto. Questo campo può assumere due valori: TOTALE, nel caso in cui il lotto sia completo o alcuni pezzi risultino scarti; oppure PARZIALE, nel caso in cui i pezzi siano considerati in attesa di definizione, ovvero pezzi da riprovare in quanto risultati anomali.
- L'ubicazione.
- ID Kanban, sparando il codice a barre del relativo kanban viene associato direttamente il cartellino al lotto di produzione.

Confermando questa operazione il lotto compare in giacenza con il relativo kanban associato.

Il piano di prelievo relativo al kanban che con la richiesta di ripristino era stato inserito in una cartella dei piani di prelievo, effettuando questa procedura viene chiuso automaticamente e lo stato del kanban passa da "in ripristino" a "pieno".



Le procedure presentate precedentemente sono state implementate in modo tale da riuscire ad ottenere maggiori informazioni a livello informatico. In particolare infatti con la mappatura a gestionale dei kanban è possibile monitorare il riempimento dei supermarket in qualsiasi momento in quanto tramite WLog vengono registrati tutti movimenti effettuati dai kanban. Ad esempio, grazie a questo tipo di implementazione è possibile individuare velocemente se alcuni cartellini vengono persi durante movimentazioni siccome l'anagrafica permette di tener traccia della data in cui l'ultima attività è stata compiuta.

In particolare ogni supermarket è stato dotato di un monitor touch screen nel quale vengono indicati tutti i codici che presentano a supermarket un livello critico di giacenza, ovvero un livello minore del 30%. Questi codici vengono poi distinti in base alla criticità secondo tre colori differenti:

- Rosso: giacenza bassa e mancanza di materiali per poterlo ripristinare.
- Arancione: è presente della giacenza ma i kanban relativi non sono stati messi in ripristino.
- Giallo: il codice presenta una giacenza bassa siccome i componenti sono in attesa di un refill da magazzino.

Un altro aspetto fondamentale di questo nuovo sistema è che permette di creare un'anagrafica nel quale si è in grado di ricalcolare il dimensionamento dei kanban automaticamente. Infatti in base all'indice di rotazione dei vari kanban e la giacenza media in un periodo considerato questo sistema riesce a definire il numero esatto di dolly o klt da reinserire a supermarket.

Capitolo 5

Modello di simulazione

In questo capitolo viene descritta la lean production presentata nei capitoli precedenti attraverso un simulatore ad eventi discreti.

In un primo momento viene fornita una panoramica sulla simulazione, mettendo in evidenza i concetti principali di tale strumento. Successivamente viene presentato il simulatore utilizzato, illustrando di seguito le scelte implementate, come l'architettura della simulazione e i parametri utilizzati nel modello.

Infine verranno presentati i risultati ottenuti.

5.1 La simulazione

La simulazione è considerata come la riproduzione del comportamento di un sistema. Si tenta dunque di replicare, attraverso l'utilizzo di opportuni modelli, una realtà già esistente o da progettare, con lo scopo di studiare, nel primo caso, gli effetti di possibili interventi o eventi in qualche modo prevedibili, o, nel secondo, di valutare diverse possibili scelte progettuali alternative.

La simulazione prevede lo sviluppo di un modello relativo ad un sistema esistente al fine di identificare e comprendere quei fattori che controllano il sistema e/o predicono il suo comportamento futuro. Lo scopo della simulazione è di ricreare in un "ambiente controllato" le dinamiche del sistema reale, analizzando il tutto attraverso una sua visione globale; essa, infatti, evidenzia le interdipendenze tra le diverse parti, mostra l'evolvere del sistema nel tempo con il monitoraggio dei parametri che lo influenzano e fornisce dati per mezzo degli indicatori di performance.

I vantaggi che si ottengono attraverso la simulazione sono svariati:

- Riduzione dei costi: gli esperimenti svolti direttamente sul sistema reale possono essere molto onerosi a differenza di uno studio di simulazione che riduce drasticamente il costo consentendo di valutare in anticipo le conseguenze economiche legate alle scelte di gestione ipotizzate, spesso inerenti a fattori non

facilmente valutabili. La simulazione permette dunque di anticipare alcuni errori che potrebbero presentarsi con l'implementazione del modello reale, valutando i potenziali risparmi nell'adozione di nuove tecniche organizzative;

- **Maggior comprensione del fenomeno e ripetibilità:** nella realtà è impossibile la realizzazione del sistema più di una volta, cambiando parametri iniziali, per valutare quelli ottimali. Nella simulazione, invece, è possibile analizzare scenari diversi considerando la stessa sequenza di eventi ma modificando gli input iniziali; questo permette dunque, di confrontare direttamente i risultati e scegliere la soluzione ottimale;
- **Riduzione dei tempi:** attraverso la simulazione si impiegano pochi minuti per ottenere risultati significativi.
- **Riduzione dei rischi per le idee più innovative:** molte volte, le idee troppo innovative (solitamente, anche le più rischiose) non vengono testate nella realtà. Con la simulazione, dato il basso rischio, è possibile sviluppare anche le idee più rischiose, incoraggiando così le innovazioni e i miglioramenti. Poter studiare dinamicamente un sistema senza perturbarlo realmente offre l'opportunità di testare le scelte gestionali ipotizzate in sicurezza e a basso costo.

La simulazione presenta anche alcune criticità:

- I risultati ottenuti con una simulazione sono tanto più precisi quanto più accurato è il modello creato. L'accuratezza delle "risposte" ottenute dal modello dipende dunque dalla precisione e la profondità dei dati con la quale il modello è stato creato;
- La fase di realizzazione di un modello può diventare laboriosa e complessa se non sono definiti in maniera chiara i limiti entro cui utilizzare i modelli di simulazione ed i KPI di interesse;
- Il modello di simulazione può risultare oneroso a causa del personale qualificato richiesto per poterlo implementare.

5.1.1 Elementi di un modello di simulazione

Un modello di simulazione è composto da diversi elementi:

- Variabili di stato

Le variabili di stato rappresentano l'insieme di variabili che descrivono il sistema in ogni istante di tempo. A seconda del sistema in cui questi parametri vengono introdotti hanno un comportamento diverso.

Nei sistemi discreti cambiano istantaneamente in corrispondenza di precisi istanti di tempo che possono essere finiti oppure appartenenti ad un insieme numerabile. Nei sistemi continui le variabili si modificano con continuità rispetto al tempo.

- Eventi

L'evento è un qualsiasi accadimento istantaneo che fa mutare il valore di almeno una delle variabili di stato. Esistono due tipi di eventi: esterni al sistema (eventi esogeni) ed eventi interni (eventi endogeni).

- Entità e attributi

Le entità sono singoli elementi del sistema che devono essere definiti. Le entità possono essere caratterizzate da attributi che forniscono il valore di un dato assegnato all'entità stessa.

Le entità possono inoltre essere raggruppate in classi, ovvero insieme di entità dello stesso tipo, in altri termini raggruppate in base agli attributi.

- Risorse

Le risorse sono elementi del sistema che forniscono un servizio alle entità. Un'entità può richiedere una o più unità di risorsa, nel caso in cui la risorsa fosse disponibile, essa viene "catturata" dall'entità, "trattenuta" per il tempo necessario e poi "rilasciata". Se invece, la risorsa non risultasse disponibile l'entità dovrà mettersi, ad esempio, in una coda in attesa che si renda disponibile, oppure intraprendere un'altra azione.

- Attività e ritardi

Un'attività è un'operazione la cui durata è nota a priori all'inizio dell'esecuzione stessa. Tale durata può essere una costante, un valore aleatorio generato da una distribuzione di probabilità, o ancora data in input o calcolata in base ad altri eventi che hanno luogo nel sistema. Un ritardo è invece, un periodo di tempo di durata indefinita che viene determinato dalle condizioni stesse del sistema. Il

tempo che un'entità trascorre presso una coda prima che si liberi una risorsa della quale si necessita, rappresenta un ritardo.

5.2 Tipi di simulazioni

I modelli di simulazione si possono classificare in base a diversi criteri; una prima distinzione è rappresentata dai:

- *Modelli Statici*, è la rappresentazione di un sistema in un istante di tempo preciso; il più noto sistema di simulazione statico è rappresentato dal modello Monte Carlo;
- *Modelli Dinamici*, rappresentano un sistema in continua evoluzione nel tempo.

I modelli si possono distinguere anche in:

- *Modelli continui*, in cui le variabili variano con continuità;
- *Modelli discreti*, in cui il valore delle variabili cambia in istanti di tempo ben definiti.

L'ultima principale distinzione tra i modelli viene definita come:

- *Modelli deterministici*, in cui non è contenuta alcuna componente probabilistica. In questi modelli, l'output è determinato una volta che i dati di ingresso e le relazioni che costituiscono il sistema sono state specificate;
- *Modelli stocastici*, sistemi modellati a partire da dati in ingresso di tipo aleatorio.

5.2.1 Sistemi ad eventi discreti

La simulazione ad eventi discreti consiste nella modellazione di un sistema, durante la sua evoluzione nel tempo, attraverso una rappresentazione in cui le variabili di stato cambiano istantaneamente in istanti di tempo separati. Gli istanti considerati rappresentano i momenti in cui gli eventi si verificano, ovvero avviene un qualcosa che determina un cambiamento dello stato del sistema.

Gli oggetti in un sistema di simulazione di questo tipo sono elementi distinti, ciascuno in possesso di caratteristiche proprie che ne determinano il comportamento all'interno del modello e che sono chiamati token. I modelli di simulazione ad eventi discreti sono caratterizzati da:

- Variabili di stato che assumono valori discreti;
- Transazioni da uno stato all'altro che accadono in istanti discreti.

Per eseguire la simulazione di un modello ad eventi discreti bisogna definire le variabili di stato del sistema e le classi di eventi che danno luogo alle transizioni di stato.

5.3 Il software Flexsim

FlexSim è un pacchetto software di simulazione ad eventi discreti sviluppato da FlexSim Software Products, Inc, azienda high tech che sviluppa applicativi software di modellazione all'avanguardia per analizzare, visualizzare e migliorare i processi del mondo reale.

Flexsim è stata fondata nel 1993 da Bill Nordgren (Co-Founder ProModel Corporation, 1988), Roger Hullinger e Cliff King, originariamente con il nome di F&H Simulations, Inc.

L'azienda ha venduto, supportato e condotto corsi di formazione per il software di simulazione Taylor II, di proprietà di F&H Holland.

Nel 1998, venne sviluppato un software orientato agli oggetti 3D di prima generazione Taylor ED (Enterprise Dynamics).

Nel 2000, F&H Simulation diviene indipendente e si iniziò a sviluppare un nuovo prodotto di simulazione orientato agli oggetti 3D chiamato FlexSim. F&H Simulations Inc. cambiò nome in FlexSim Software Products, Inc.

Il primo software rilasciato, nel febbraio 2003, prese il nome di FlexSim 1.0 e prevedeva un motore di simulazione all'avanguardia, un ambiente di simulazione 3D e una perfetta integrazione con C++.

5.3.1 Le applicazioni di FlexSim

FlexSim può essere utilizzato in numerosi campi, infatti a livello industriale questo software permette la simulazione:

- **Della produzione** : la simulazione di produzione è un modo economico e privo di rischio per testare qualsiasi tipo di processo, dai più semplici e snelli ai più complicati e macchinosi, con l'obiettivo di definire una linea produttiva al minor

costo possibile. A differenza dell'analisi e delle previsioni basate sui metodi tradizionali, la simulazione offre un metodo rapido ed efficiente per determinare i parametri e ottenere risultati rapidamente.

- **Della movimentazione dei materiali** : Flexsim ha sviluppato moduli di facile utilizzo per la simulazione della movimentazione dei materiali. In particolare, questo software permette di avere un elevato livello di dettaglio e realismo nei modelli di simulazione, consentendo di simulare sistemi di qualsiasi complessità.
- **Dell'assistenza sanitaria** : il pacchetto di simulazione relativo all'assistenza sanitaria prende il nome di FlexSim Healthcare. La simulazione sanitaria permette di ottenere risultati per la cura del paziente in modo da fornire ad essi la migliore assistenza possibile, al minor costo.
- **Del magazzino** : questi tipo di simulazione permette alle aziende di analizzare e sperimentare il proprio processo di magazzinaggio in un ambiente virtuale, riducendo tempi e costi associati ai test.
FlexSim ha sviluppato una serie di strumenti su misura per rappresentare le operazioni di deposito, come il modulo AGV , modulo trasportatore, creati per la modellazione dei sistemi di trasporto complessi e il flusso di processo, che permette una rappresentazione centralizzata e visiva della logica del magazzino.
- **Aeroportuale** : la simulazione aeroportuale è la modellazione computerizzata di qualsiasi processo del mondo reale coinvolto in un aeroporto. Questa simulazione permette di testare tutti gli elementi tipici di questo ambiente, come la sicurezza, i cancelli e servizi bagagli, offrendo l'opportunità di determinare il modo migliore per utilizzare al massimo le proprie risorse al minor costo possibile e senza compromettere la sicurezza.
- **Dei terminal container** : il pacchetto di simulazioni relativo ai terminal container prende il nome di FlexSim CT e viene utilizzato per la pianificazione e l'analisi del terminal container.

5.4 Lo sviluppo della simulazione

La simulazione effettuata in Flexsim cerca di emulare la linea implementata presso il reparto eCV al fine di riuscire a raccogliere dati significativi per valutare la fattibilità del progetto in esame.

Il modello è stato realizzato partendo dai dati utilizzati per le analisi presentate precedentemente, come la value stream mapping, e presenta tutte le stazioni e i supermarket sviluppati in azienda al fine di non tralasciare alcun aspetto.

La simulazione è stata studiata e sviluppata considerando i dati forniti dall'azienda relativi al codice di produzione interna high runner. All'interno del modello sono stati considerati tutti i codici stoccati a supermarket, o con previsione di essere posti in prossimità della linea, ma per semplicità sono stati standardizzati i valori dei lotti di tutti questi componenti pari a quelli del codice high runner.

Il modello simulato parte inserendo una sorgente, ovvero una risorsa fissa con lo scopo di creare elementi di flusso che raffigurano oggetti. Quest'ultimi transitano tra le diverse risorse presenti nel modello. In questa simulazione gli elementi di flusso vengono rappresentati da pacchi, dove ognuno di questi corrisponde ad un lotto. In particolare, per i volumi elevati di valvole prodotte al giorno e per i tempi ristretti per la creazione di una singola valvola si è ritenuto più significativo considerare questi elementi di flusso come lotti e non come singolo componente. Tutta la simulazione viene dunque impostata considerando i tempi e i dimensionamenti relativi a lotti.

La sorgente iniziale funge da fornitore in quanto permette di rilasciare gli elementi di flusso agli oggetti a valle, rappresentati dai supermarket dei componenti. Questa risorsa crea elementi di flusso in modo che arrivino secondo una frequenza continua e regolare. A valle della sorgente sono stati posti i tre supermarket relativi ai componenti otturatore, corpo e sottogruppo pilotaggio, raffigurati tramite tre code. Questi tre magazzini sono dimensionati considerando lotti pari a 600 componenti ognuno, in modo tale da uniformare il processo; per semplicità in questa simulazione tutti i codici sono stati considerati posti su dolly senza distinguere tra codici a terra e codici a scaffale.

La coda memorizza gli elementi del flusso fino al momento in cui l'oggetto a valle non è pronto ad accoglierli. Nella simulazione considerata tutte le code rilasciano gli elementi in base alla logica del FIFO secondo il quale il primo che arriva è il primo ad uscire.

Questi tre supermarket sono stati sviluppati seguendo tutti la stessa logica di implementazione: il materiale arriva dalla sorgente e viene stoccata in attesa di essere rilasciata per le varie stazioni di montaggio.

Il dimensionamento utilizzato nella simulazione è il seguente:

	Totale dolly contenuti a supermarket	Quantità definita per ogni dolly
Supermarket otturatori	64	600
Supermarket corpi	140	600
Supermarket sott. pilotaggio	143	600

Tabella 5.1 : dimensionamento supermarket nella simulazione

Gli otturatori, come presentato nei capitoli precedenti, sono soggetti a una lavorazione intermedia che permette di ottenere i sottogruppi spilli. In figura 5.1, è visibile come in prossimità della coda relativa agli otturatori è situata la stazione di pre assemblaggio, la quale richiama gli elementi dalla coda una volta conclusa la lavorazione precedente. Tale stazione può infatti, accettare un solo elemento alla volta.

La stazione di pre assemblaggio viene rappresentata da un processore che all'interno di Flexsim permette di simulare l'elaborazione degli elementi di flusso. Questa risorsa riceve gli elementi dalla coda e li processa per un tempo definito in base al lotto da lavorare. In particolare, nel caso in esame considerando un lotto di 600 otturatori, il tempo necessario per la lavorazione risulta 93 minuti, in quanto un singolo otturatore richiede 9,23 secondi di lavorazione.

Gli elementi lavorati verranno poi successivamente rilasciati e memorizzati all'interno della coda rappresentante il supermarket spilli. Anche questo magazzino è stato dimensionato considerando la logica presentata precedentemente, perciò il contenuto massimo di elementi previsti è pari a 54 dolly ognuno dei quali contenente 600 spilli.

Le code relative ai corpi, al sottogruppo pilotaggio e gli spilli rilasciano gli elementi verso la risorsa combinatore che ha lo scopo di raggruppare i tre componenti insieme per indirizzarli ad una delle stazioni operative. Questa risorsa è stata utilizzata in sostituzione dell'operatore che effettua il picking dei tre elementi; anche questo

strumento prevede un proprio tempo di processo posto pari a 100 minuti al fine di rilasciare al buffer per il montaggio non più di 3/4 lotti da lavorare per i giorni successivi, come avviene in azienda.

Gli elementi raggruppati vengono quindi memorizzati presso il buffer di montaggio in attesa che una stazione produttiva si liberi. Le stazioni rappresentate sono 5:

- Una risorsa automatica, formata da un multiprocessore che permette di simulare la sequenza di più processi, nel caso in esame prevede sia il montaggio che il collaudo. Per questa stazione viene definita la priorità rispetto alle altre in quanto, come descritto nei capitoli precedenti, è dedicata ai codici high runner.
- Quattro risorse manuali poste in parallelo e rappresentate da semplici processori che permettono di svolgere solo il montaggio. Per tale motivo a valle di queste stazioni viene posta una coda, denominata buffer di collaudo, nel quale gli elementi vengono memorizzati in attesa che le risorse relative al collaudo si liberino. Anche le stazioni di collaudo sono rappresentate da quattro processori in parallelo. Le risorse di montaggio manuale possono inviare a qualsiasi stazione di collaudo gli elementi lavorati in quanto ognuna di queste è in grado di effettuare le stesse lavorazioni.

Di seguito indichiamo i tempi necessari alle singole stazioni espressi in minuti e relativi all'elaborazione di 600 componenti:

	Tempo montaggio	Tempo collaudo
Macchina automatica	400	400
Stazione manuale 1	510	
Stazione manuale 2	510	
Stazione manuale 3	580	
Stazione manuale 4	740	
Stazione collaudo 1		810
Stazione collaudo 2		880
Stazione collaudo 3		930
Stazione collaudo 4		950

Tabella 5.2: Tempi di processo delle varie stazioni

A seguito delle stazioni di lavoro viene posizionata l'ultima coda rappresentate il supermarket dei codici di produzione interna. Gli elementi di flusso vengo stoccati in attesa di essere tirati dalle due linee di finitura. Le linee di finitura sono due risorse poste in parallelo aventi lo stesso tempo di processo pari a 150 minuti.

Una volta completata la lavorazione relativa alla finitura gli elementi vengono inviati al sink che permette di rimuovere i componenti dal modello al temine della simulazione; rappresenta dunque la spedizione dei componenti.

All'interno di questo modello non vengono inseriti gli operatori in quanto l'obiettivo primario di questa simulazione è la validazione relativa al dimensionamento dei supermarket senza porre particolare interesse ai tempi delle attività svolte dagli operatori.

Al fine di rendere la simulazione più realistica e ottenere dati significativi, all'avvio della simulazione i supermarket spilli e supermarket C vengono considerati già avviati in modo tale da analizzare il funzionamento di tutte le stazioni. Per fare ciò sono state inserite due sorgenti in prossimità dei supermarket che rilasciano gli elementi di flusso nel primo istante di avvio della simulazione, al fine di ottenere un riempimento iniziale pari al 60% di quello totale. Questo è quanto stato fatto anche nella realtà all'interno dell'azienda.

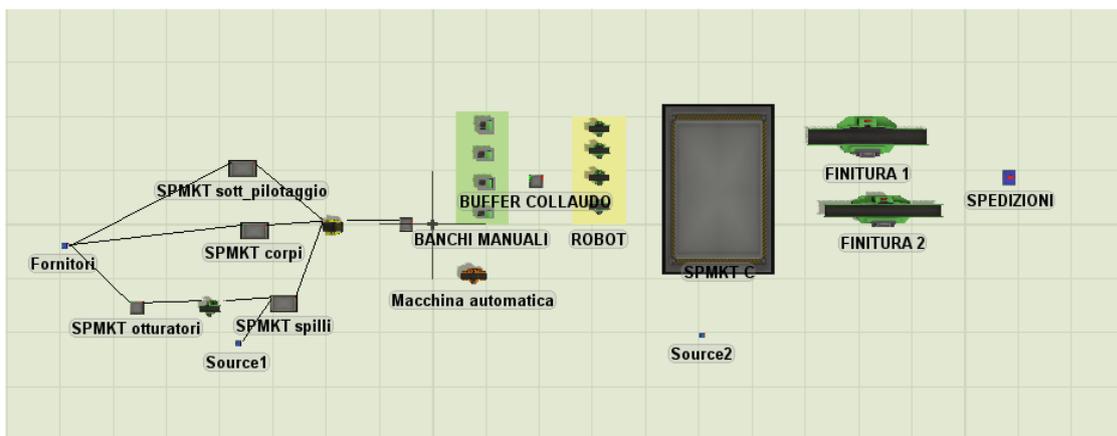


Figura 5.1 : Modello di simulazione effettuato in Flexsim

Risorsa	Tipo di arrivo	Quantità in arrivo	Ripetizione della sequenza
Fornitori	Arrival sequence	1	Si
Source 1	Arrival sequence	32	No
Source 2	Arrival sequence	253	No

Tabella 5.2: Tabella riassuntiva parametri delle sorgenti

Risorse	Max contenuto supermarket
Supermarket sott. pilotaggio	143
Supermarket corpi	140
Supermarket otturatore	64
Supermarket spilli	54
Buffer montaggio	50
Buffer collaudo	30
Supermarket C	423

Tabella 5.3 : Tabella riassuntiva dimensionamento supermarket

Risorsa	Tempo di processo
Pre assembly	93
Combiner	100
Macchina automatica	800
Stazione manuale 1	510
Stazione manuale 2	510
Stazione manuale 3	580
Stazione manuale 4	740
Stazione collaudo 1	810
Stazione collaudo 2	880

Stazione collaudo 3	930
Stazione collaudo 4	950
Finitura 1	150
Finitura 2	150

Tabella 5.4: Tabella riassuntiva tempi di processo

5.5 Esecuzione della simulazione

Una volta definito il flusso e i parametri di funzionamento, è stato possibile effettuare la simulazione e valutare il processo attraverso i seguenti indicatori:

- **Staytime:** permette di creare una tabella nel quale viene mostrato l'oggetto in cui gli elementi transitano, il tempo medio di permanenza all'interno di tale oggetto, la durata massima e minima di permanenza degli elementi.
- **Throughput:** restituisce una tabella nel quale per ogni oggetto viene indicato il numero di elementi che transitano attraverso esso. Il valore restituito rappresenta il numero di elementi usciti effettivamente dall'oggetto.
- **State Pie:** crea un grafico a torta che mostra la percentuale di tempo in cui gli oggetti si trovano nei vari stati delle macchine. I tre stati considerati sono:
 - Inattivo, l'oggetto risulta privo di elementi da lavorare;
 - Utilizzato, ovvero il tempo realmente dedicato alla lavorazione.
 - Bloccato, indica che il tempo trascorso nell'oggetto non dovrebbe essere considerato in quanto l'elemento rimane bloccato a causa di eventi accaduti a valle della risorsa.
- **Average WIP:** genera una tabella nel quale per ogni oggetto presente nella simulazione viene definito il work in progress. Questo valore viene determinato considerando il tempo di entrata e di uscita degli elementi da ciascun oggetto.

5.5.1 Gli scenari analizzati e i risultati ottenuti

I risultati ottenuti mediante la simulazione permettono di definire la validazione del progetto, se e solo se, i dati ricavati sono allineati con il processo reale.

La simulazione effettuata considera l'analisi di periodi temporali diversi allo scopo di definire la fattibilità del progetto ed andare ad analizzare le situazioni critiche che possono sorgere lungo la linea.

Analisi di un giorno

La prima analisi effettuata prende in considerazione i valori ottenuti in una giornata lavorativa. Il modello viene dunque fatto girare per un arco temporale di 22 ore che rappresentano le ore lavorative giornaliere in azienda.

Dai dati ottenuti si possono ricavare le seguenti informazioni:

- Tramite la tabella dello Staytime non risultano particolari anomalie in quanto i supermarket sono stati dimensionati considerando tre settimane di copertura, perciò risulta normale che il tempo medio di permanenza delle code, in una giornata lavorativa risulti elevato.
- Rilevanti sono i dati che si ottengono dell'indicatore di Throughput in quanto mostra i volumi giornalieri prodotti dalle singole stazioni. Come si può notare nella tabella sottostante, in una giornata lavorativa i pezzi prodotti per le spedizioni sono tutte valvole stoccate in precedenza in quanto a causa dei tempi elevati di lavorazione dei robot, per lotti di 600 pezzi, non è possibile ottenere elementi in output da queste stazioni. In particolare, considerando il numero di lotti uscenti dalle spedizioni è possibile determinare il numero massimo di valvole producibili in una giornata. Considerando dunque 16 lotti ognuno formato da 600 valvole si ottiene un volume massimo pari a 9600 valvole al giorno.

Tutte le stazioni all'ultima ora di lavoro presentano ancora lotti in lavorazione perciò il volume totale prodotto risulta maggiore, ma considerando lotti di grandi quantità si assume di non considerare il work in progress presente alla fine della simulazione.

- Infine, dall'analisi dello state pie è possibile definire per ogni stazione lavorativa il tempo dedicato al processo. Come evidenziato anche attraverso i risultati ottenuti nel Throughput, le stazioni di collaudo sono quelle che presentano una percentuale di processo minore in quanto iniziano la lavorazione delle valvole solo dopo che i processi di montaggio sono conclusi.

In quest'analisi, dove il materiale è sempre presente, è visibile come le linee di pre assemblaggio e di finitura abbiano un andamento ottimale e costante.

Tramite questa simulazione si è riusciti ad ottenere principalmente i volumi che possono transitare lungo la linea; sarà necessario invece, analizzare periodi temporali maggiori per capire se il dimensionamento effettuato sia opportuno o se sia necessario ridimensionare le code.

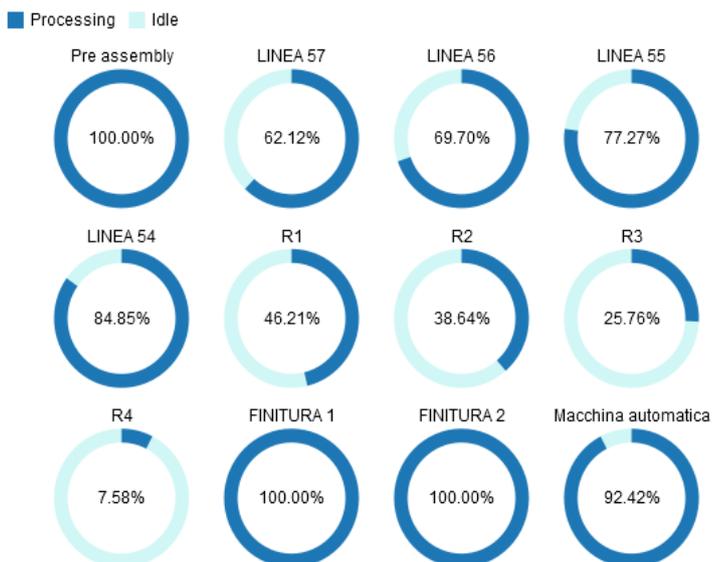
Average WIP

Object	AverageWIP
SPMKT otturatori	64.00
SPMKT spilli	30.50
SPMKT C	243.50
SPMKT corpi	140.00
SPMKT sott_pilotaggio	143.00
BUFFER MONTAGGIO	0.68
BUFFER COLLAUDO	0.06
Pre assembly	1.00
LINEA 57	0.62
LINEA 56	0.70
LINEA 55	0.77
LINEA 54	0.85
R1	0.46
R2	0.39
R3	0.26
R4	0.08
FINITURA 1	1.00
FINITURA 2	1.00
Macchina automatica	0.92

Staytime

Object	Avg Staytime	Min Staytime	Max Staytime
SPMKT otturatori	651.00	0.00	1302.00
SPMKT spilli	650.00	0.00	1300.00
SPMKT C	600.00	0.00	1200.00
SPMKT corpi	650.00	0.00	1300.00
SPMKT sott_pilotaggio	650.00	0.00	1300.00
BUFFER MONTAGGIO	69.09	0.00	220.00
BUFFER COLLAUDO	0.00	0.00	0.00
Pre assembly	93.00	93.00	93.00
LINEA 57	740.00	740.00	740.00
LINEA 56	580.00	580.00	580.00
LINEA 55	510.00	510.00	510.00
LINEA 54	510.00	510.00	510.00
R1	0.00	0.00	0.00
R2	0.00	0.00	0.00
R3	0.00	0.00	0.00
R4	0.00	0.00	0.00
FINITURA 1	150.00	150.00	150.00
FINITURA 2	150.00	150.00	150.00
Macchina automatica	800.00	800.00	800.00

State Pie



Throughput

Object	Throughput
SPMKT otturatori	15
SPMKT spilli	14
SPMKT C	18
SPMKT corpi	14
SPMKT sott_pilotaggio	14
BUFFER MONTAGGIO	11
BUFFER COLLAUDO	4
Pre assembly	14
LINEA 57	1
LINEA 56	1
LINEA 55	1
LINEA 54	2
FINITURA 1	8
FINITURA 2	8
Macchina automatica	1
SPEDIZIONI	16

Figura 5.2: Grafici Flexsim relativi alla prima analisi

Analisi a 3 settimane

La seconda analisi prende in considerazione un periodo temporale pari a 3 settimane, che rappresentano le settimane di copertura sulle quali i supermarket sono stati dimensionati.

In questo caso l'evidenza maggiore che si ottiene è lo stato del supermarket C a conclusione dei 21 giorni. Infatti come si può vedere in figura 5.3 il supermarket C con il dimensionamento definito tende ad andare ad esaurimento, nonostante sia presente un continuo rifornimento da parte delle stazioni lavorative. In tre settimane di lavoro la coda finale contiene solamente 6 lotti su 423 stabiliti dai calcoli effettuati in azienda.

Per quanto riguarda invece, le altre code implementate risultano tutte abbastanza coerenti con quanto stabilito nella realtà.

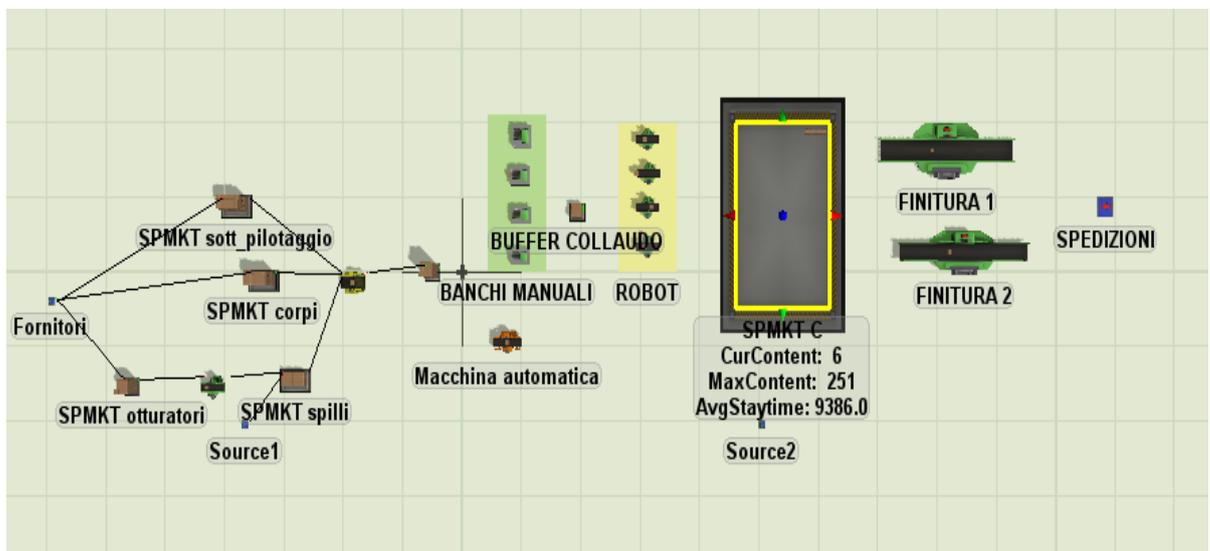


Figura 5.3: Situazione finale analisi a 3 settimane

Analizzando attentamente i dati ricavati attraverso gli indicatori presentati precedentemente, le maggiori informazioni messe in luce riguardano gli State pie. In questa simulazione a differenza del caso precedente, i processori di collaudo presentano una percentuale di processo piuttosto elevata. Ciò viene reso possibile in quanto le stazioni di montaggio presentano dei tempi minori per la lavorazione del lotto non lasciando quindi, mai vuoto il buffer di collaudo dove vengono stoccati i lotti in attesa che un robot si liberi. Per tali ragioni le stazioni di collaudo risultano sempre attive.

Al contrario invece, le stazioni di montaggio manuali iniziano verso la fine dei 21 giorni a presentare una percentuale di tempo relativa allo stato bloccato; infatti siccome il buffer del collaudo risulta saturo (viene definito un limite al fine di rendere la simulazione più realistica) i lotti che hanno concluso la lavorazione sulle macchine non possono essere rilasciati verso la coda. Tutto questo fa sì che le linee di montaggio risultino ferme ed occupate fin quando la coda non libera un posto in cui il lotto può soggiornare.

Quanto appena detto viene confermato anche dai dati ricavati dallo Staytime, nel quale i tempi di permanenza massima sulle stazioni di montaggio risultano maggiori rispetto ai tempi di processo indicati.

Infine dai dati ottenuti attraverso i Throughput i volumi di vendita relativi a tre settimane lavorative sono pari a 252000, ovvero 420 lotti da 600 valvole.

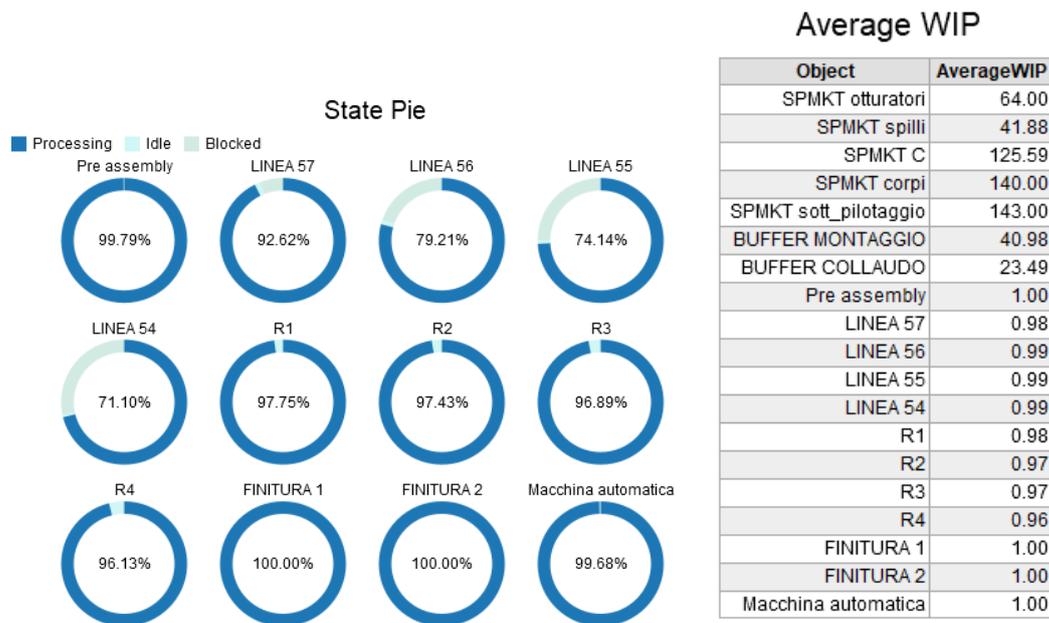
Da questa simulazione si evince dunque che il modello risulta congruo con quanto stabilito nella realtà, con un'unica eccezione relativa al dimensionamento sopracitato del supermarket C.

Staytime

Object	Avg Staytime	Min Staytime	Max Staytime
SPMKT otturatori	5381.58	0.00	6018.00
SPMKT spilli	3752.13	0.00	5088.00
SPMKT C	9386.02	0.00	18900.00
SPMKT corpi	10867.08	0.00	14100.00
SPMKT sott_pilotaggio	11031.84	0.00	14400.00
BUFFER MONTAGGIO	3656.12	0.00	10100.00
BUFFER COLLAUDO	4592.29	0.00	7040.00
Pre assembly	93.20	93.00	159.00
LINEA 57	786.92	740.00	960.00
LINEA 56	723.26	580.00	950.00
LINEA 55	684.67	510.00	1160.00
LINEA 54	706.28	510.00	1460.00
R1	950.00	950.00	950.00
R2	930.00	930.00	930.00
R3	880.00	880.00	880.00
R4	810.00	810.00	810.00
FINITURA 1	150.00	150.00	150.00
FINITURA 2	150.00	150.00	150.00
Macchina automatica	800.00	800.00	800.00

Throughput

Object	Throughput
SPMKT otturatori	339
SPMKT spilli	315
SPMKT C	422
SPMKT corpi	315
SPMKT sott_pilotaggio	315
BUFFER MONTAGGIO	214
BUFFER COLLAUDO	140
Pre assembly	338
LINEA 57	39
LINEA 56	43
LINEA 55	45
LINEA 54	43
R1	32
R2	33
R3	34
R4	37
FINITURA 1	210
FINITURA 2	210
Macchina automatica	39
SPEDIZIONI	420



Scenario Figura 5.6: Grafici Flexsim relativi alla seconda analisi

Analisi a un mese

L'ultima simulazione presa in esame mostra i risultati che si ottengono in termini di prestazioni e volumi considerando un arco temporale di 35 giorni.

Come abbiamo visto nell'analisi precedente il supermarket C al ventunesimo giorno di lavoro prevede una giacenza molto bassa. Effettuando ulteriori simulazioni si è ricavato che il giorno successivo la coda finale risulta priva di materiale. Questo fattore è molto rilevante per quanto ricavato successivamente.

Dai dati ricavati si può notare come l'errato dimensionamento del supermarket C si ripercuota sui volumi e sulle operazioni da eseguire a valle.

Analizzando i dati ottenuti dallo State Pie la percentuale relativa ai tempi di processo delle linee di finitura diminuisce a causa della mancanza di materiale da lavorare. Tutto quello che entra nella coda tende ad essere rilasciato subito alle stazioni successive prive di lavoro. I grafici relativi alle linee di finitura presentano una percentuale di tempo relativa allo stato inattivo.

Tutto ciò viene confermato anche dai valori ottenuti riguardanti il Throughput dove le spedizioni a distanza di 14 giorni, rispetto lo scenario 2, aumentano solo del 19% , passando da 420 lotti a 501.

Questa situazione è visibile anche nei dati relativi al WIP dove il supermarket C risulta notevolmente ridotto.

Per quanto riguarda le stazioni di lavoro relative al montaggio e collaudo il problema presentato nella simulazione precedente risulta ancora presente, determinando dei blocchi nei tempi di processo delle macchine relative al montaggio.

Questo conseguentemente provoca un blocco nel prelievo degli elementi dal buffer montaggio in quanto le stazioni operative risultano occupate. Per tale motivo anche il materiale da inserire in questa ultima coda non viene tirato dai supermarket iniziali.

In quest'analisi, si mette in evidenza un'ulteriore problematica, rispetto al caso precedente, in quanto il supermarket spilli a causa del ritardo delle stazioni a valle, risulta saturo bloccando di conseguenza la stazione di pre assemblaggio. Come si evince dallo State Pie, tale stazione risulta ferma in quanto impossibilitata di rilasciare il materiale al buffer successivo.

Staytime

Object	Avg Staytime	Min Staytime	Max Staytime
SPMKT otturatori	6893.40	0.00	11340.00
SPMKT spilli	5430.05	0.00	9600.00
SPMKT C	7902.01	0.00	18900.00
SPMKT corpi	13365.99	0.00	24590.00
SPMKT sott_pilotaggio	13541.98	0.00	24900.00
BUFFER MONTAGGIO	4892.05	0.00	8860.00
BUFFER COLLAUDO	5200.40	0.00	7040.00
Pre assembly	123.02	93.00	480.00
LINEA 57	792.73	740.00	960.00
LINEA 56	767.54	580.00	1000.00
LINEA 55	735.17	510.00	1160.00
LINEA 54	774.82	510.00	1490.00
R1	950.00	950.00	950.00
R2	930.00	930.00	930.00
R3	880.00	880.00	880.00
R4	810.00	810.00	810.00
FINITURA 1	150.00	150.00	150.00
FINITURA 2	150.00	150.00	150.00
Macchina automatica	800.00	800.00	800.00

Average WIP

Object	AverageWIP
SPMKT otturatori	64.00
SPMKT spilli	47.00
SPMKT C	89.10
SPMKT corpi	140.00
SPMKT sott_pilotaggio	143.00
BUFFER MONTAGGIO	36.49
BUFFER COLLAUDO	25.38
Pre assembly	1.00
LINEA 57	0.99
LINEA 56	0.99
LINEA 55	0.99
LINEA 54	1.00
R1	0.98
R2	0.98
R3	0.98
R4	0.97
FINITURA 1	0.87
FINITURA 2	0.82
Macchina automatica	1.00

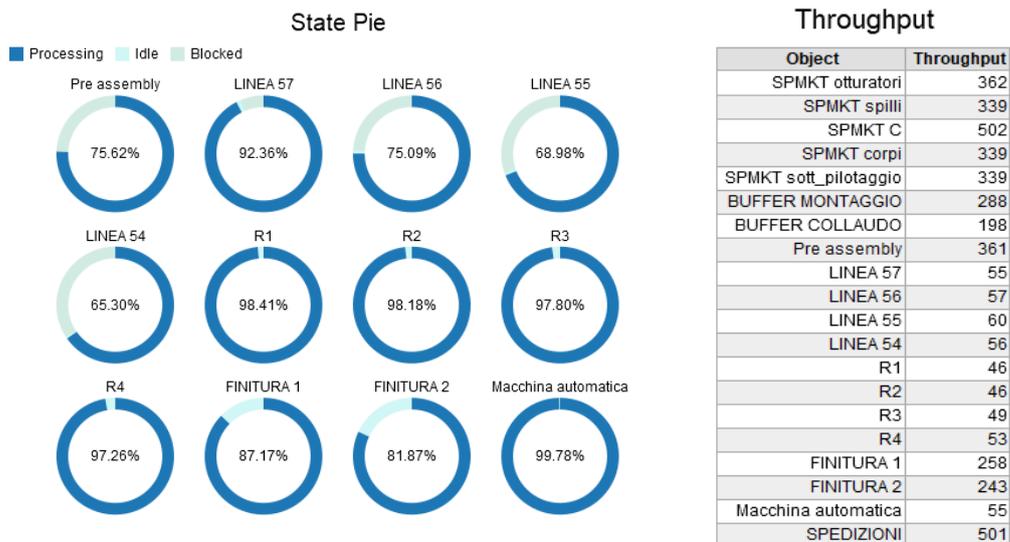


Figura 5.7 : Grafici Flexsim relativi allo Terza analisi

Dall'analisi delle tre simulazioni sviluppate si evince che:

- Nel caso in cui le stazioni operino a pieno regime è necessario rivedere il dimensionamento del supermarket C, o nel caso inserire un ulteriore turno, possibilità ammessa in azienda, al fine di riuscire a produrre maggiori scorte.
- Per mantenere un ritmo costante nella lavorazione degli otturatori è opportuno aumentare il supermarket spilli in modo tale da riuscire a fronteggiare la situazione presente nell'analisi ad un mese

Conclusioni

In conclusione, attraverso l'implementazione della Lean Production nel reparto eCV è stato possibile ottenere diversi vantaggi ed analizzare le eventuali problematiche sopraggiunte.

L'introduzione del sistema kanban permette il miglioramento dell'efficienza attraverso investimenti economici ridotti. L'utilizzo di questi cartellini elettronici e la creazione dei supermarket ha consentito all'azienda di migliorare la gestione delle scorte poste lungo la linea e la gestione degli ordini di approvvigionamento verso il magazzino centrale, con il vantaggio di avere attività meno dispendiose in termini di tempo e fatica. Lo sviluppo di questi nuovi strumenti consente di mettere in luce anche le possibili problematiche. In primo luogo infatti l'introduzione di un nuove procedure di stoccaggio ha provocato diversi errori umani causati dalla mancata esperienza degli operatori; è stato infatti necessario svolgere corsi di formazione a queste persone al fine di coinvolgerli e rendergli più chiaro il nuovo processo.

Un altro aspetto negativo è relativo alla realizzazione dei supermarket in quanto il dimensionamento calcolato non è sicuramente considerabile definitivo. L'utilizzo di questo nuovo strumento Lean prevede che a ogni fluttuazione del mercato o periodicamente, in base alle scelte dell'azienda, vengano analizzati i volumi al fine di ridimensionare i magazzini. In Bosch grazie all'utilizzo del kanban elettronico si sta cercando di sviluppare un sistema interno al gestionale che permetta, in base alle movimentazioni dei cartellini, di calcolare autonomamente il numero di dolly/klt necessari.

L'ambiente di lavoro risulta in ogni modo in miglioramento grazie alla creazione di procedure di standardizzazione del lavoro e permette di ridurre notevolmente i tempi di picking grazie alla vicinanza alle stazioni del materiale necessario.

Ad oggi il sistema reale risulta appena avviato perciò non si è ancora in grado di ottenere dati significati sulle prestazioni; è necessario testare la nuova linea per qualche mese in modo tale da ricavarne tutti i benefici ottenuti e verificare che quanto indicato dalla simulazione effettuata, riguardo il supermarket C, risulti vero.

Si può dunque affermare che all'interno dell'azienda c'è ancora molto da sviluppare come introdotto anche nei capitoli precedenti. In particolare i principali sviluppi futuri riguardano:

- L'installazione presso le linee di finitura di un sistema RFID allo scopo di ottenere un sistema poka yoke, anche detto a prova di errore. La tecnologia RFID consente la rilevazione automatica di oggetti. In particolare, in azienda si intende inserirla presso il reparto di finitura dove viene richiesto l'utilizzo di particolari strumenti. Il funzionamento prevede che quando l'oggetto venga appoggiato su tale sistema, questo rilasci un segnale positivo o negativo a seconda del caso considerato. Infatti, nel caso in cui l'oggetto utilizzato non sia quello corretto per la finitura di quel determinato codice viene indicato un errore.
- L'implementazione del lancio di ODP da pre bolla. Nei capitoli precedenti abbiamo presentato il nuovo flusso relativo alle spedizioni per poter mettere a fuoco la totalità del progetto. Ad oggi però non si è ancora concluso lo sviluppo relativo al flusso del reparto finitura. La modifica di un gestionale, al quale si richiede di passare da un sistema push a uno pull, richiede piuttosto tempo e modifiche ingenti. L'obiettivo dell'azienda è di iniziare tra pochi mesi ad emettere ordini derivanti direttamente da richieste da parte del cliente, che permettono di prelevare presso il supermarket C.
- Lo sviluppo del sistema ship to line con i fornitori. Lo scopo dell'azienda è quello di cercare di eliminare il passaggio intermedio presso il magazzino centrale e fare in modo che la merci venga consegnata direttamente presso il supermarket componenti. Per implementare la logica ship to line viene richiesto un particolare coinvolgimento da parte dei fornitori al quale si richiede di fornire la propria merce in tempi stabiliti in modo tale da non rimanere mai senza giacenza.

L'obiettivo finale è quello di creare un sistema kanban a perdere con i fornitori: una volta finito il materiale il kanban si stacca e viene inviato un ordine di refill al fornitore prima di buttare definitivamente il cartellino. Il fornitore riceve l'ordine, che può essere relativo anche a più kanban, e prepara il materiale da consegnare. Nel momento in cui il materiale è pronto, viene consegnato in azienda e posto direttamente a supermarket. I kanban possono essere stampati direttamente dal fornitore nel momento in cui emette l'ordine o direttamente all'arrivo in azienda nel reparto accettazione.

Bibliografia

- Andrea Chiarini, *Lean Organisation for Excellence. Hoshin Kanri, Value Stream Accounting, Lean Metrics e Toyota Production System e Lean Agile Scru*, Franco Angeli, Milano, 2010.
- Bernardo Nicoletti, *Lean Procurement. Come migliorare gli acquisti, la logistica e la supply chain con l'approccio del pensiero snello*, Franco Angeli, Milano, 2013.
- Alessandro Agnetis, Alessandro Bacci, Elena Giovannoni, Angelo Riccaboni, *Lean thinking nelle aziende di servizi*, Wolters Kluwer, 2015.
- Adriano Torri, *Utilizzo della Simulazione ad Eventi Discreti come Strumento per l'Analisi ed il Re-engineering dei Processi Sanitari*, Università degli Studi di Napoli "FEDERICO II".

Sitografia

- <https://www.nvlean.com/azienda-1-origini>
- http://www.sixsigmaperformance.it/appfondimenti/sprechi_lean.aspx
- <https://www.organizzazioneaziendale.net/lean-production>
- <http://www.encob.net/blog/2009/04/24/muda-muri-mura/>
- <https://www.mecalux.it/blog/just-in-time-jit-logistica>
- <https://www.considi.it/lean-thinking/>
- <http://www.encob.net/blog/2010/08/27/tipi-di-pull/>
- <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/kanban.html>
- <http://www.kanban.it/it/tipi-di-kanban/>
- <http://www.kanban.it/it/kanban-elettronico/>
- <http://www.dis.uniroma1.it/~roma/didattica/SSS09-10/parteH.pdf>
- <https://docs.flexsim.com/en/19.2/Introduction/Welcome/>
- https://dc-corp.resource.bosch.com/media/general_use/products/product_groups/mobile_hydraulics_1/in_focus/compact_hydraulics_1/_technical_sheets_1/Solenoid_Concept_techsheat_2019_.pdf

➤ https://www.hydrover.it/pdf/New_Solenoid_concept.pdf